

**PENGARUH OMEGA-3 TERHADAP DAYA TAHAN KONTRAKSI  
OTOT RANGKA SELAMA KERJA FISIK INTENSITAS SEDANG  
DURASI PANJANG PADA ORANG DEWASA NON-ATLET**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Biomedik**

**YOANITA HIJRIYATI  
NPM: 0706170822**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
PROGRAM MAGISTER ILMU BIOMEDIK  
KEKHUSUSAN FISILOGI  
JAKARTA, DESEMBER 2009**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Yoanita Hijriyati

NPM : 0706170822

Tanggal : 1 Desember 2009

Tanda tangan



*Yoanita Hijriyati*

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh,

Nama : Yoanita Hijriyati  
NPM : 0706170822  
Program Studi : Ilmu Biomedik  
Judul Tesis : Pengaruh Omega-3 terhadap daya tahan kontraksi otot rangka selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada orang dewasa non-atlet.

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Biomedik pada Program Studi Ilmu Biomedik Fakultas Kedokteran Univeristas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : dr. HLM Djauhari Widjajakusumah, PFK (.....)

Pembimbing II : drg. Dwirini Retno Gunarti, MS (.....)

Penguji I : dr. Nani Cahyani Sudarsono, SpKO (.....)

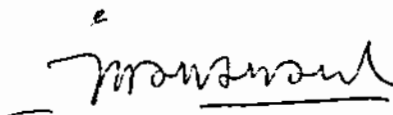
Penguji II : dr. Ani Retno Prijanti, M.Biomed (.....)

Penguji III : Deswati Furqonita, Ssi., M.Biomed (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal :

Ketua Program Studi Magister Ilmu Biomedik



Dr. rer. physiol. dr. Septelia Inawati Wanandi

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Yoanita Hijriyati  
NPM : 0706170822  
Program Studi : Ilmu Biomedik  
Departemen : Fisiologi  
Fakultas : Kedokteran  
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalti-Free Right*) atas karya ilmu ilmiah saya yang berjudul:

Pengaruh Omega-3 terhadap daya tahan kontraksi otot rangka selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada orang dewasa non-atlet,

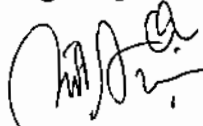
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini maka Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 1 Desember 2009

Yang menyatakan,



(Yoanita Hijriyati)

# PENGARUH OMEGA-3 TERHADAP DAYA TAHAN KONTRAKSI OTOT RANGKA SELAMA KERJA FISIK INTENSITAS SEDANG DURASI PANJANG PADA ORANG DEWASA NON-ATLET

Yoanita Hijriyati

Program Magister Ilmu Biomedik Kekhususan Fisiologi

Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia

Jakarta, Desember 2009

## ABSTRAK

**Latar Belakang:** Omega-3 sebagai salah satu jenis asam lemak takjenuh majemuk, dapat membentuk ikatan dengan fosfolipida membran sekaligus menentukan fluiditasnya. Peningkatan fluiditas membran diduga dapat meningkatkan laju difusi oksigen melewati membran sehingga kecepatan akumulasi laktat akan menurun dan respon kelelahan dapat ditunda. Hal ini ditandai dengan meningkatnya daya tahan kontraksi otot rangka selama melakukan kerja fisik.

**Tujuan:** Mengetahui pengaruh omega-3 suplementasi omega-3 1400mg/hari selama 8 minggu terhadap daya tahan kontraksi otot rangka selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada orang dewasa non-atlet.

**Metode:** Penelitian ini menggunakan desain *pre-post intervention* dengan kontrol diri sendiri pada 10 orang pria dewasa sehat berusia 20-24 tahun. Subyek penelitian diberikan suplemen omega-3 dengan dosis 1400 mg/hari selama 8 minggu. Parameter yang diukur adalah kadar laktat darah dan durasi kerja selama melakukan kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada treadmill sebelum dan setelah perlakuan.

**Hasil:** Kadar laktat darah menurun secara bermakna dari minggu 0 ke minggu 8. Penurunan ini terjadi pada saat *pre-exercise* ( $p=0.003$ ), pada 10 menit *exercise* ( $p=0.001$ ), dan saat lelah ( $p=0.003$ ). Didapati pula adanya peningkatan nilai rerata durasi kerja fisik secara bermakna ( $p=0.005$ ) dari  $24.44 \pm 11.74$  menit di minggu 0 menjadi  $27.99 \pm 12.41$  menit di minggu 8. Selain itu, terdapat respon penurunan denyut jantung yang bermakna pada saat *pre-exercise* ( $p=0.003$ ), pada 10 menit *exercise* ( $p=0.014$ ), dan saat lelah ( $p=0.025$ ) disertai perubahan tekanan darah yang tidak bermakna.

**Kesimpulan:** Penurunan kadar laktat darah secara bermakna setelah suplementasi omega-3 dengan dosis 1400 mg/hari selama 8 minggu mencerminkan adanya perbaikan suplai oksigen di sel otot rangka. Peningkatan durasi kerja fisik yang bermakna pada penelitian ini mencerminkan adanya peningkatan daya tahan kontraksi otot rangka yang disebabkan oleh meningkatnya kemampuan sel otot rangka untuk menyediakan energi melalui metabolisme aerobik. Respon penurunan denyut jantung yang bermakna disertai perubahan tekanan darah yang tidak bermakna pada penelitian ini mencerminkan adanya peningkatan daya pompa jantung yang menyebabkan suplai oksigen ke otot rangka menjadi lebih baik.

**Kata Kunci:** Omega-3, laktat darah, respon kelelahan, durasi kerja fisik.

# EFFECTS OF OMEGA-3 ON SKELETAL MUSCLE ENDURANCE DURING MODERATE PHYSICAL WORK INTENSITY FOR NON-ATHLETE ADULTS

Yoanita Hijriyati

Magister Programme of Biomedical Science in Physiology

Faculty of Medicine University of Indonesia

Jakarta, December 2009

## ABSTRACT

**Background:** Omega-3 as one of polyunsaturated fatty acids (PUFAs), bind to membrane glycerophospholipid and determine its fluidity. The increase of membrane fluidity is thought to improve oxygen diffusion rate through membrane and causing reduction of lactate accumulation rate. Therefore, fatigue response can be delayed. This condition characterized by the improvement of skeletal muscle endurance during physical work activity.

**Objective:** Knowing the effects of 1400 mg/day omega-3 supplementation in 8 weeks on skeletal muscle endurance, during moderate physical work intensity for non-athlete adults.

**Method:** Pre-post intervention design with self control is applied on this research to 10 healthy males in 20-24 years of age. Omega-3 supplementation is given to subjects in 1400 mg/day for 8 weeks. Parameters being measured are blood lactate level and physical work duration before and after treatment, during moderate physical work intensity on treadmill.

**Result:** Blood lactate level decreases significantly from week-0 to week-8. The decrease is found at pre-exercise ( $p=0.003$ ), 10 minutes of exercise ( $p=0.001$ ), and when subjects report tiredness ( $p=0.003$ ). There is also a significant increase ( $p=0.005$ ) on mean value of physical work duration from  $24.44\pm 11.74$  minutes in week-0 into  $27.99\pm 12.41$  minutes in week-8. Moreover, there is a significant decrease in heart rate at pre-exercise ( $p=0.003$ ), 10 minutes of exercise ( $p=0.014$ ), and when subjects report tiredness ( $p=0.025$ ). This condition is accompanied by insignificant changes of blood pressure.

**Conclusion:** Significant decrease of blood lactate level after 8 weeks of 1400 mg/day omega-3 supplementation reflecting improvement of oxygen supply into skeletal muscle. Whereas significant increase of physical work duration in this research reflecting improvement of skeletal muscle endurance. This condition results from the improvement of skeletal muscle ability to supply energy through aerobic metabolism. Significant decrease of heart rate which accompanied by insignificant changes of blood pressure in this research, reflecting improvement of heart pump capacity and providing a better oxygen supply into skeletal muscle.

**Key words:** Omega-3, blood lactate, fatigue response, physical work duration.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah, SWT karena atas rahmat dan kauniaNya saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Biomedik pada Kekhususan Fisiologi Program Magister Ilmu Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa awal perkuliahan hingga sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Untuk itu, saya menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

- (1) dr. H.M Djauhari Widjajakusumah, PFK, selaku pembimbing I, yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran dan dengan kesabarannya membimbing serta mengarahkan saya dalam menyelesaikan tesis ini.
- (2) drg. Dwirini Retno Gunarti, MS, selaku pembimbing II, yang senantiasa memberikan dukungan, bimbingan, serta arahan bagi saya dalam penyusunan tesis ini.
- (3) Dr. dr. Ermita Ilyas, MS, Ketua Departemen Fisiologi, atas kesempatan yang diberikan kepada saya untuk dapat belajar di bagian Fisiologi FKUI.
- (4) dr. Nurhadi Ibrahim, PhD, Ketua Kekhususan Fisiologi, yang senantiasa memperhatikan kemajuan proses pendidikan saya.
- (5) Seluruh staf pengajar Departemen Fisiologi FKUI, atas bimbingan dan arahan yang telah diberikan kepada saya sejak awal perkuliahan hingga dapat menyelesaikan pendidikan. Juga kepada seluruh staf administrasi dan umum yang turut membantu dan memperlancar proses belajar saya di kekhususan Fisiologi.

- (6) Prof. Dr. Azrul Azwar, MPh, Ketua STIKes Binawan, yang telah memberikan kesempatan dan mengizinkan saya untuk melanjutkan pendidikan di Departemen Fisiologi FKUI. Kepada Ibu Widanarti S, SKp. MN, Ka.Prodi Keperawatan STIKes Binawan, yang senantiasa memberikan dukungannya kepada saya untuk segera menyelesaikan pendidikan. Juga kepada Ibu Aliana Dewi, SKp. MN, atas bantuan dan dukungannya untuk terlaksananya penelitian saya. Serta ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada rekan-rekan kerja di STIKes Binawan yang senantiasa memberikan semangat dan dukungannya.
- (7) Kepada ibunda tercinta, yang senantiasa memberikan dukungan dan doanya bagi saya untuk menyelesaikan pendidikan.
- (8) Kepada teman-teman kuliah di biomedik dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, atas bantuan dan dukungannya selama saya menyelesaikan pendidikan.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Saya menyadari bahwa tesis ini masih terdapat kekurangan. Untuk itu saya mengharapkan masukan, kritik, dan saran yang membangun. Semoga tesis ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, Desember 2009.

Pemlis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR DAN TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar belakang .....	1
1.2 Rumusan masalah .....	2
1.3 Hipotesis .....	2
1.4 Tujuan penelitian .....	3
1.5 Manfaat penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Omega-3	
2.1.1 Struktur kimia.....	4
2.1.2 Bahan makanan sumber omega-3.....	4
2.1.3 Kebutuhan tubuh.....	5
2.1.4 Absorpsi, transportasi, inkorporasi.....	7
2.1.5 Omega-3 dan struktur lipid membran.....	10
2.2 Difusi oksigen melewati membran.....	11
2.3 Peran oksigen dalam metabolisme.....	12
2.4 Kerja fisik intensitas sedang	
2.4.1 Definisi .....	14
2.4.2 Sumber energi.....	15
2.4.3 Respon hormonal.....	16
2.4.4 Akumulasi laktat.....	20
2.5 Kerja fisik durasi panjang.....	22
2.7 Mekanisme eksitasi-kontraksi otot rangka .....	23
2.6 Kelelahan ( <i>fatigue</i> ).....	24
2.7 Kerangka teori penelitian.....	26
2.8 Kerangka konsep penelitian.....	27
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Desain penelitian .....	28
3.2 Tempat dan waktu penelitian.....	28
3.3 Variabel dan besar sampel penelitian.....	28
3.4 Cara pengambilan sampel.....	30
3.5 Populasi.....	30
3.6 Subyek .....	30
3.6.1 Kriteria subyek penelitian.....	31

3.7 Bahan dan alat penelitian	
3.7.1 Suplemen .....	31
3.7.2 Peralatan penelitian.....	32
3.8 Cara kerja	
3.8.1 Persiapan pengumpulan data	
A. Inform consent .....	32
B. Wawancara.....	32
C. Seleksi (Screening) .....	32
3.8.2 Prosedur pengumpulan data	
A. Pengukuran antropometri.....	33
B. Pemantauan asupan makanan dan aktivitas fisik.....	34
C. Kerja fisik intensitas sedang .....	34
D. Pengukuran kadar laktat darah dan durasi kerja fisik.....	34
E. Protokol pengambilan data .....	35
3.9 Pengolahan, analisa, dan penyajian data	
3.9.1 Pengolahan data.....	36
3.9.2 Analisa dan interpretasi .....	36
3.9.3 Penyajian data dan laporan.....	36
3.10 Definisi operasional.....	37
3.11 Alur penelitian.....	38
<b>IV. HASIL PENELITIAN.....</b>	<b>39</b>
<b>V. PEMBAHASAN.....</b>	<b>48</b>
<b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>59</b>
DAFTAR PUSTAKA.....	61
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR DAN TABEL

Gambar 2.1	Struktur kimia asam lemak omega-3 .....	4
Gambar 2.2	Jalur metabolik asam lemak omega-3.....	6
Gambar 2.3	Transporter asam lemak rantai panjang.....	8
Gambar 2.4	Jalur transport fosfatidilkolin dan fosfatidiletanolamin.....	9
Gambar 2.5	Gambar diagframatik struktur umum fosfolipid .....	10
Gambar 2.6	Gambar diagframatik fosfolipid membran lapis-ganda.....	11
Gambar 2.7	Glikolisis dan pembentukan laktat.....	13
Gambar 2.8	Kompleks protein pada membran interna mitokondria .....	14
Gambar 2.9	Penggunaan karbohidrat dan lemak sebagai sumber energi seiring dengan peningkatan intensitas kerja.....	15
Gambar 2.10	Pengaruh glukagon dan epinefrin dalam meningkatkan glikogenolisis.....	17
Gambar 2.11	Pengontrolan lipolisis jaringan adiposa.....	18
Gambar 2.12	Lintasan utama pengaturan glikolisis dan glukoneogenesis.....	19
Gambar 2.13	Siklus cori.....	21
Gambar 2.14	Respon kadar laktat darah selama kerja fisik durasi panjang...	23
Gambar 2.15	Mekanisme eksitasi-kontraksi otot rangka .....	24
Tabel 2.1	Bahan makanan sumber omega-3 .....	5
Tabel 2.2	Berbagai rekomendasi untuk jumlah asupan omega-3/hari.....	7
Tabel 4.1	Karakteristik umum subyek penelitian .....	39
Tabel 4.2.1	Perbedaan BB, kec.treadmill, dan pemakaian energi selama kerja fisik sebelum dan setelah perlakuan.....	40
Tabel 4.2.2	Kemaknaan perbedaan nilai rerata BB, kec.treadmill, dan pemakaian energi selama berlari di minggu 0 dan minggu 8 ...	41
Tabel 4.3.1	Perubahan nilai rerata asupan energi, karbohidrat, lemak dan protein pada minggu 2, minggu4, minggu 6, dan minggu 8 ....	42
Tabel 4.3.2	Kemaknaan perubahan nilai rerata asupan energi, karbohidrat, lemak, dan protein selama penelitian .....	43
Tabel 4.4.1	Perubahan keluaran kalori selama aktivitas fisik sehari-hari ...	43
Tabel 4.4.2	Kemaknaan perubahan keluaran kalori selama aktivitas fisik sehari-hari .....	44
Tabel 4.5	Perubahan nilai rerata kadar Hb dan GDS pre exercise sebelum dan setelah perlakuan.....	44
Tabel 4.6.1	Kemaknaan perubahan kadar laktat darah dan durasi kerja fisik sebelum dan setelah perlakuan .....	45
Tabel 4.6.2	Kemaknaan perubahan kecepatan akumulasi laktat darah ( $\Delta$ laktat) sebelum dan sesudah perlakuan .....	46
Tabel 4.7	Kemaknaan perubahan denyut jantung dan tekanan darah selama kerja fisik sebelum dan sesudah perlakuan.....	47

## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1 Keterangan lolos kaji etik.
- LAMPIRAN 2 Lembar informasi penelitian.
- LAMPIRAN 3 Formulir persetujuan menjadi subyek penelitian.
- LAMPIRAN 4 Formulir karakteristik sosio-demografik subyek.
- LAMPIRAN 5 Formulir catatan aktivitas fisik/24 jam.
- LAMPIRAN 6 Daftar keluaran kalori untuk berbagai aktivitas fisik.
- LAMPIRAN 7 Formulir catatan asupan makanan/24 jam.
- LAMPIRAN 8 Tabel klasifikasi intensitas kerja fisik dan jumlah pemakaian energi berdasarkan berat badan.
- LAMPIRAN 9 Pengukuran kadar laktat darah
- LAMPIRAN 10 Draft artikel.



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Di dalam tubuh, aktivitas sistem energi aerobik-anaerobik berperan penting dalam pembentukan ATP sebagai sumber energi. Pembentukan ATP diperlukan untuk mempertahankan kinerja otot rangka selama aktivitas/kerja fisik. Pada rentang kerja fisik intensitas sedang, terdapat suatu titik dimana terjadi transisi metabolisme aerobik-anaerobik. Awalnya, kebutuhan energi yang rendah memungkinkan oksigen tersedia secara adekuat untuk kelangsungan metabolisme aerobik. Seiring dengan meningkatnya intensitas kerja, maka otot yang bekerja membutuhkan lebih banyak ATP dalam waktu yang singkat. Pada kondisi ini, penyediaan energi mulai bergantung kepada metabolisme anaerobik untuk melengkapi pembentukan ATP yang dihasilkan oleh metabolisme aerobik.<sup>1,2</sup>

Peningkatan aktivitas metabolisme anaerobik dapat menyebabkan pembentukan laktat berlangsung lebih cepat dari metabolisme tubuh untuk menyingkirkannya. Kondisi ini menyebabkan peningkatan kadar laktat darah dan dapat diinterpretasikan sebagai refleksi dari adanya hipoksia pada jaringan otot rangka yang bekerja.<sup>3</sup> Respon kelelahan akan timbul seiring dengan meningkatnya kadar laktat sebagai produk dari metabolisme anaerobik. Dengan demikian, aktivitas sistem energi aerobik-anaerobik mempengaruhi batas waktu seseorang untuk dapat mempertahankan kontraksi ototnya.

Suplai oksigen berperan penting dalam meningkatkan kemampuan sel untuk menyediakan energi melalui metabolisme aerobik. Ketersediaan oksigen yang adekuat di dalam sel dapat memperlambat kecepatan pembentukan asam laktat sekaligus memperlambat timbulnya respon kelelahan. Sehingga, kerja fisik dapat dipertahankan dalam waktu yang lebih lama. Salah satu faktor yang mempengaruhi peningkatan suplai oksigen ke sel otot rangka adalah peningkatan difusi oksigen dari sirkulasi mikro ke dalam sel.<sup>3</sup> Dengan demikian, komposisi membran berperan penting.

Pada membran lipid lapis ganda, fosfolipida merupakan unsur dari kelompok fosfolipid yang paling lazim dijumpai dan mengandung asam lemak tak jenuh yang penting untuk mempertahankan fluiditas membran.<sup>4</sup> Peningkatan fluiditas membran

diduga dapat meningkatkan laju difusi oksigen melewati membran.<sup>5</sup> Omega-3 sebagai salah satu jenis asam lemak tak jenuh majemuk, dapat membentuk ikatan dengan tulang punggung (*backbone*) gliserol dari fosfolipida membran sekaligus menentukan fluiditasnya.<sup>4</sup> Pada otot rangka, komposisi membran sel merefleksikan komposisi lemak yang terdapat pada diet yang dikonsumsi.<sup>5</sup>

Pada penelitian yang dilakukan pada hewan percobaan dengan diet omega-3 selama 8 minggu, ditemukan peningkatan kadar total asam lemak takjenuh majemuk omega-3 pada membran sel otot rangka. Selain itu, didapati pula adanya efek langsung pemberian diet omega-3 terhadap peningkatan daya tahan kontraksi otot rangka.<sup>5</sup>

Saat ini, konsumsi suplemen omega-3 di masyarakat semakin meningkat yang dilatarbelakangi oleh adanya motivasi untuk meningkatkan status kesehatan. Pada manusia, belum diketahui apakah konsumsi suplemen omega-3 juga efektif untuk meningkatkan daya tahan kontraksi otot rangka. Penelitian ini menggunakan desain *pre-post intervention* dengan kontrol diri sendiri, yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suplementasi omega-3 1400 mg/hari selama 8 minggu terhadap daya tahan kontraksi otot rangka selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada orang dewasa non-atlet.

## 1.2 Rumusan Masalah

- a. Apakah terdapat pengaruh omega-3 terhadap kecepatan akumulasi laktat darah selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada orang dewasa non-atlet.
- b. Apakah terdapat pengaruh omega-3 terhadap daya tahan kontraksi otot rangka selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada orang dewasa non-atlet.

## 1.3 Hipotesis

- a. Omega-3 dapat menurunkan kecepatan akumulasi laktat darah selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada orang dewasa non-atlet.
- b. Omega-3 dapat meningkatkan daya tahan kontraksi otot rangka selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada orang dewasa non-atlet.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

### **1.4.1 Tujuan Umum**

Mengetahui pengaruh omega-3 terhadap daya tahan kontraksi otot rangka selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada orang dewasa non-atlet, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kebugaran selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang.

### **1.4.2 Tujuan Khusus**

1. Menganalisis pengaruh omega-3 terhadap kecepatan akumulasi laktat darah selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada orang dewasa non-atlet.
2. Menganalisis pengaruh omega-3 terhadap durasi kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada orang dewasa non-atlet.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

### **1.5.1 Manfaat bagi subyek penelitian**

Diharapkan dengan mengonsumsi omega-3, subyek penelitian dapat mencapai status kesehatan yang lebih baik dan meningkatkan kebugaran selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang.

### **1.5.2 Manfaat bagi institusi**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi data dasar bagi penelitian selanjutnya yang terkait dengan suplementasi omega-3 serta pengaruhnya terhadap efektivitas konsumsi oksigen dan kinerja sel otot rangka.

### **1.5.3 Manfaat bagi peneliti**

Penelitian ini diharapkan menjadi sarana untuk meningkatkan pemahaman terhadap ilmu yang didapat selama kuliah, terutama yang terkait dengan fisiologi kerja dan aktivitas fisik, serta melatih untuk menerapkannya kedalam penelitian berdasarkan metodologi yang baik dan benar.

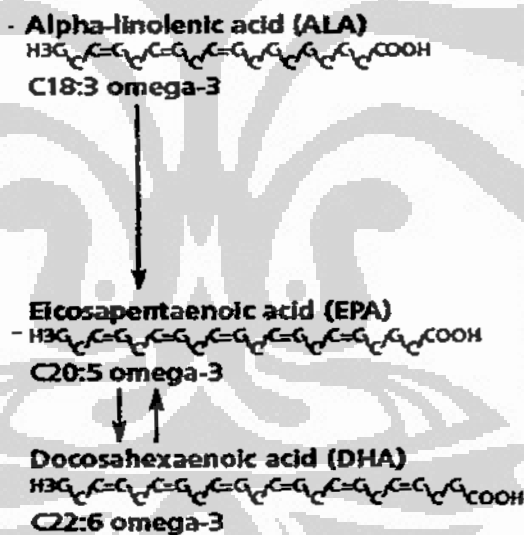
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Omega-3

##### 2.1.1 Struktur kimia

Omega-3 (asam lemak n-3) merupakan salah satu jenis asam lemak takjenuh majemuk yang diketahui esensial bagi manusia, dengan demikian harus didapat dari makanan.<sup>4</sup> Omega-3 memiliki ikatan rangkap karbon-karbon terakhir pada posisi n-3, yang merupakan ikatan ketiga dari ujung metil (*methyl end*) rantai karbon suatu molekul asam lemak.<sup>4,6,7</sup> Pada manusia terdapat tiga jenis asam lemak omega-3 yang esensial, yaitu: asam  $\alpha$ -linolenat/ALA ( $\omega$ 3,18:3), asam eikosapentanoat/EPA ( $\omega$ 3,20:5), dan asam dokosaheksanoat/DHA ( $\omega$ 3,22:6) (Gambar 2.1).<sup>4,6,8</sup> Omega-3 digolongkan sebagai asam lemak rantai panjang (*long chain fatty acid*) karena tersusun atas lebih dari 12 atom karbon.<sup>6</sup>



Gambar 2.1. Struktur kimia asam lemak omega-3.<sup>8</sup>

##### 2.1.2 Bahan makanan sumber omega-3

Asam lemak tak jenuh majemuk dapat ditemukan baik pada tumbuhan maupun hewan. ALA terutama ditemukan pada tumbuhan, sedangkan EPA dan DHA banyak ditemukan pada hewan akuatik. Dengan demikian omega-3 banyak didapati pada ikan laut, kerang, kacang-kacangan, dan minyak tumbuh-tumbuhan (tabel 2.1).<sup>6,8,9</sup>



Food Item	EPA	DHA	ALA
<b>Fish</b>			
Codfish	Trace	0.2	0.1
Cod	Trace	0.1	Trace
Mackerel	0.9	1.4	0.2
<b>Salmon</b>			
Farmed	0.6	1.3	Trace
Wild	0.3	1.1	0.3
Canned	0.9	0.8	Trace
Salmon, Chinook	1.0	0.9	Trace
Swordfish	0.1	0.5	0.2
Tuna, Bluefin	0.3	0.9	-
<b>Tuna, light</b>			
Canned in oil	Trace	0.1	Trace
Canned in water	Trace	0.2	Trace
<b>Tuna, White</b>			
Canned in oil	Trace	0.2	0.2
Canned in water	0.2	0.6	Trace
<b>Shellfish</b>			
Lobster	-	-	-
Mussels	0.2	0.3	Trace
Shrimp	0.3	0.2	Trace
<b>Nuts and seeds</b>			
Butternuts	-	-	8.7
Flaxseed	-	-	18.1
Walnuts	-	-	9.1
<b>Plant oils</b>			
Canola	-	-	9.3
Flaxseed	-	-	53.3

Measurements are expressed in grams per 100 grams (3.5 oz) of food item.

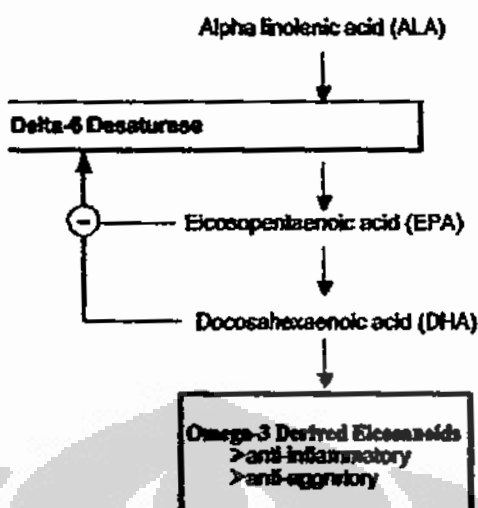
Trace = <0.1; (-) = 0 or no data.

Adapted from the US Department of Health and Human Services.<sup>5</sup>

Tabel 2.1. Bahan makanan sumber omega-3.<sup>9</sup>

### 2.1.3 Kebutuhan tubuh

Pada dasarnya di dalam tubuh manusia, ALA dapat dikonversikan menjadi EPA dan DHA.<sup>4,5,9</sup> Namun demikian, efisiensi dari konversi tersebut didapati sangat rendah (Dyeberg, Bang, and Aagaard 1980; Sanders and Younger 1981).<sup>6</sup> Hal ini disebabkan karena EPA dan DHA memiliki efek inhibisi terhadap aktivitas enzim delta-6 desaturase yang berperan untuk mengkonversikan ALA menjadi EPA dan DHA. Setiap penambahan molekul EPA dan DHA akan semakin meningkatkan inhibisi terhadap delta-6 desaturase. Sehingga, konversi ALA menjadi EPA dan DHA terhambat (gambar 2.2).<sup>9</sup> ALA didapati kurang efektif dibandingkan dengan EPA dan DHA dalam meningkatkan kandungan Omega-3 di jaringan. Ini berarti bahwa makanan laut yang kaya akan EPA dan DHA memiliki efektifitas yang lebih memmaksakan dalam meningkatkan kadar omega-3 bagi kesehatan manusia dibandingkan dengan makanan yang kaya akan ALA, seperti sayuran dan minyak biji-bijian.<sup>6</sup>



Gambar 2.2. Jalur metabolik asam lemak omega-3.<sup>9</sup>

Tidak didapati data yang menyebutkan bahwa konsumsi lebih banyak EPA daripada DHA, atau sebaliknya, akan menimbulkan efek yang lebih baik. Keduanya cenderung untuk bekerja secara sinergis. Konsumsi EPA-DHA dengan ratio 2:1 sampai dengan 1:2 diduga memiliki efek yang sama baiknya.<sup>8</sup> Terdapat berbagai rekomendasi untuk jumlah asupan omega-3/hari (tabel 2.2).<sup>10</sup> Untuk mempertahankan kesehatan, terutama jantung, *American Heart Association* (AHA) merekomendasikan untuk mengkonsumsi EPA-DHA  $\pm 1$  gr/hari.<sup>8,9,10</sup> Nilai *Acceptable/adequate Intake* (AI) omega-3 bagi orang dewasa adalah  $\pm 1.6$  gr/hari untuk pria dan  $\pm 1.1$  gr/hari untuk wanita.<sup>11</sup> *US Food and Drug Administration* (FDA) menetapkan bahwa konsumsi EPA-DHA sampai dengan 3 gr/hari adalah aman.<sup>12</sup> Efek samping yang mungkin timbul akibat konsumsi omega-3 adalah terkait dengan terbentuknya senyawa-senyawa eicosanoid yang diturunkan dari EPA, meliputi prostanoïd (TXA<sub>3</sub>, PGE<sub>3</sub>, PGI<sub>3</sub>) dan leukotrin (LTB<sub>5</sub>, LTC<sub>5</sub>-LTE<sub>5</sub>).<sup>7,8</sup> Terkait dengan hal tersebut, omega-3 memiliki efek menurunkan agregasi platelet. Akibatnya, waktu perdarahan (*bleeding time*) dapat memanjang. Perdarahan yang berlebihan dapat terjadi pada beberapa orang yang mengkonsumsi EPA-DHA lebih dari 3 gr/hari.<sup>12</sup>

\*For secondary prevention of MI.

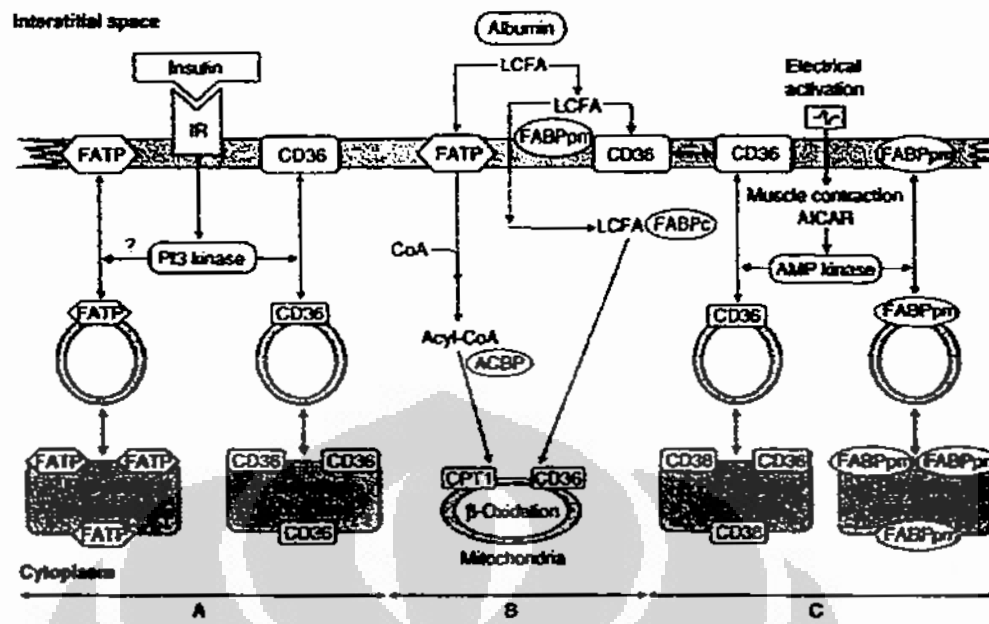
	Recommended intake (g/day)			Total
	EPA	DPA	DHA	
[3] (U.K. Department of Health)	—	—	—	0.2
[105]	—	—	—	0.2
[5] (British Nutrition Foundation)	—	—	—	1.0 to 1.4
[106]	> 0.22	—	> 0.22	0.65
[49] (American Heart Association)*	—	—	—	1.0
[107] (European Society of Cardiology)*	—	—	—	1.0

Tabel 2.2. Berbagai rekomendasi untuk jumlah asupan omega-3/hari.<sup>10</sup>

#### 2.1.4 Absorpsi, transportasi, dan inkorporasi

EPA dan DHA umumnya dikonsumsi dalam bentuk trigliserida dan mengalami rute absorpsi yang umumnya terjadi pada golongan asam lemak rantai panjang, yaitu dengan cara diangkut melalui kilomikron. Kilomikron masuk ke pembuluh limfe, dan memasuki sirkulasi melalui duktus torasikus.<sup>13</sup> Di dalam sirkulasi, enzim lipoprotein lipase yang berasal dari sel-sel endotel kapiler bekerja pada kilomikron untuk melepaskan asam lemak dari trigliserida. Selanjutnya, asam lemak omega-3 kemudian berikatan dengan albumin dan ditransportasikan ke seluruh jaringan perifer.<sup>6</sup>

Asam lemak rantai panjang masuk ke dalam sel menyeberangi membran dengan cara difusi pasif ataupun diperantarai oleh protein membran.<sup>14,15</sup> Protein transporter yang berperan dalam regulasi ambilan asam lemak rantai panjang oleh sel adalah *fatty acid translocase* (FAT/CD36), *fatty acid binding protein* (FABP), dan *fatty acid transport protein* (FATP) (gambar 2.3). Translokasi protein-protein transporter tersebut pada membran sel dipengaruhi oleh adanya stimulasi insulin ataupun kontraksi otot.<sup>15</sup>

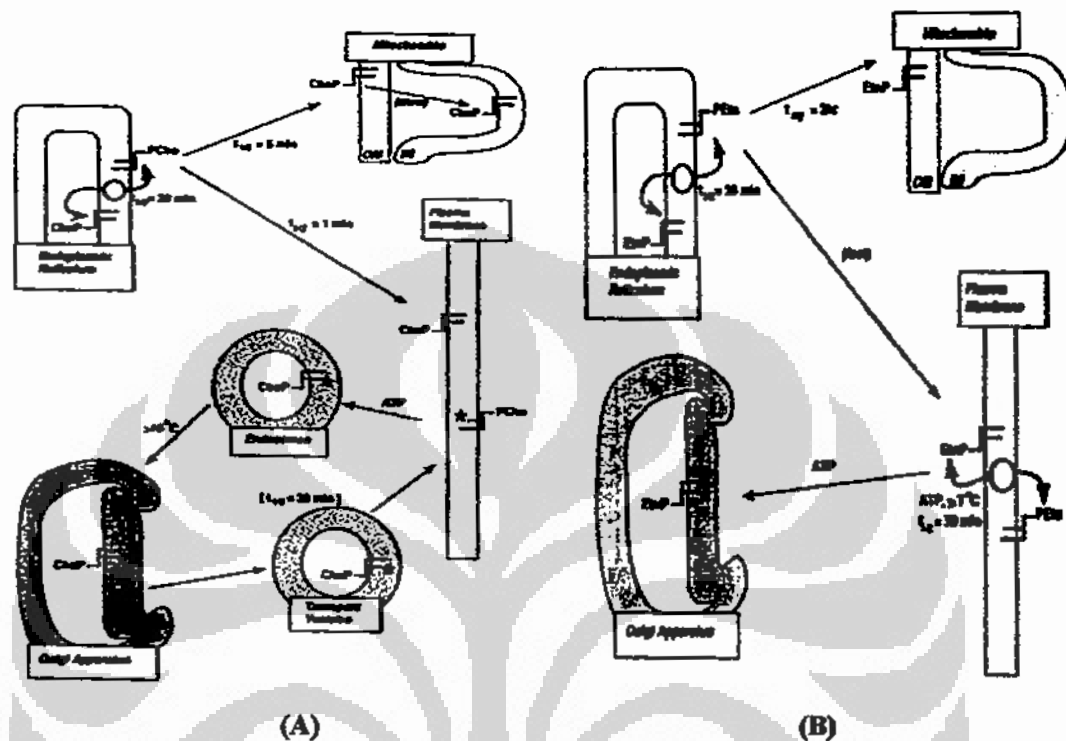


Gambar 2.3. Transporter asam lemak rantai panjang.<sup>15</sup>

Selanjutnya, asam lemak rantai panjang harus diaktivasi oleh enzim *fatty acyl CoA synthetase* untuk membentuk *fatty acyl CoA*. Enzim *Acyl CoA synthetase* rantai panjang terdapat pada tiga lokasi di dalam sel, yaitu pada retikulum endoplasma, membran luar mitokondria, dan membran peroksisom. Sintesis fosfolipid berlangsung di dalam retikulum endoplasma.<sup>14,16</sup> Pembentukan *fatty acyl CoA* merupakan prasyarat untuk berbagai jalur metabolik bagi asam lemak rantai panjang di dalam sel, termasuk sintesis fosfolipid yang merupakan komponen struktural membran. *Fatty acyl CoA* bereaksi dengan gliserol 3-fosfat untuk membentuk asam *phosphatidic* yang selanjutnya berperan dalam pembentukan diasilgliserol (DAG). DAG kemudian berperan untuk membentuk sejumlah fosfolipida (gliserofosfolipid) membran, termasuk fosfatidiletanolamin dan fosfatidilkolin.<sup>16</sup> Pada fosfolipid membran, EPA lebih dominan terdapat dalam fosfatidiletanolamin sedangkan DHA lebih dominan terdapat dalam fosfatidilkolin.<sup>6</sup>

Suatu protein transfer fosfolipid yang tidak tergantung energi (*ATP-independent phospholipid transfer protein*) berperan penting dalam memfasilitasi pergerakan fosfatidiletanolamin dan fosfatidilkolin, yang baru saja disintesis di retikulum endoplasma, ke membran sel dan membran mitokondria. Terjadi proses daur ulang fosfatidilkolin antara membran plasma, endosom, dan kompleks Golgi. Sedangkan pada fosfatidiletanolamin, terjadi proses daur ulang antara membran plasma dan kompleks

Golgi tanpa melibatkan endosom (Gambar 2.4).<sup>17</sup> Fosfatidiletanolamin terutama banyak terdapat pada bagian dalam membran lipid lapis ganda, sedangkan fosfatidilkolin terutama banyak terdapat pada bagian luar membran.<sup>6,16</sup>



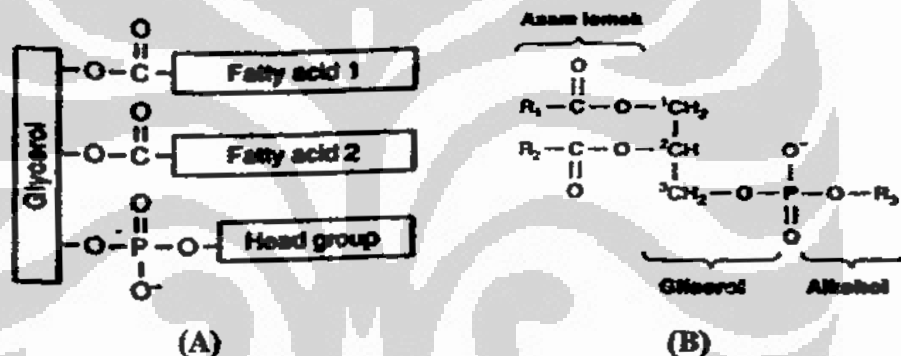
Gambar 2.4. (A). Jalur transport fosfatidilkolin, dan (B). Jalur transport fosfatidiletanolamin dari retikulum endoplasma ke membran plasma dan membran mitokondria.<sup>17</sup>

Kadar maksimum EPA dan DHA pada plasma dapat tercapai setelah  $\pm$  5-9 jam. Akan tetapi, inkorporasi EPA dan DHA secara bermakna ke dalam berbagai membran sel di dalam tubuh membutuhkan waktu yang berbeda-beda. Hal tersebut antara lain bergantung kepada karakteristik jaringan dan jumlah asam lemak yang dikonsumsi.<sup>6</sup> Dibutuhkan waktu  $\pm$  6 hari bagi EPA dan DHA untuk dapat berinkorporasi pada membran platelet.<sup>6,18</sup> Pada membran eritrosit, dibutuhkan waktu  $\pm$  4 minggu untuk inkorporasi.<sup>19</sup> Pada sel otak<sup>20</sup> dan jantung<sup>6</sup>, inkorporasi EPA dan DHA membutuhkan waktu  $\pm$  2 minggu. Dan juga, ditemukan peningkatan kadar EPA dan DHA pada membran sel otot rangka tipe I dan II secara bermakna pada hewan percobaan yang diberikan diet omega-3 selama 8 minggu.<sup>5</sup> Berdasarkan hal tersebut, waktu selama  $\pm$  8 minggu dapat dijadikan acuan untuk memperkirakan inkorporasi EPA dan DHA secara bermakna ke dalam membran sel otot rangka.

### 2.1.5 Omega-3 dan struktur lipid membran

Komposisi membran sangat erat kaitannya dengan sejumlah fungsi selular, diantaranya: fluks ion, difusi gas, fungsi reseptor, dan fungsi transpor molekul.<sup>4</sup> Perubahan pada komposisi lipid membran dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada fluiditas membran. Hal ini akan turut mempengaruhi sejumlah fungsi selular tersebut.

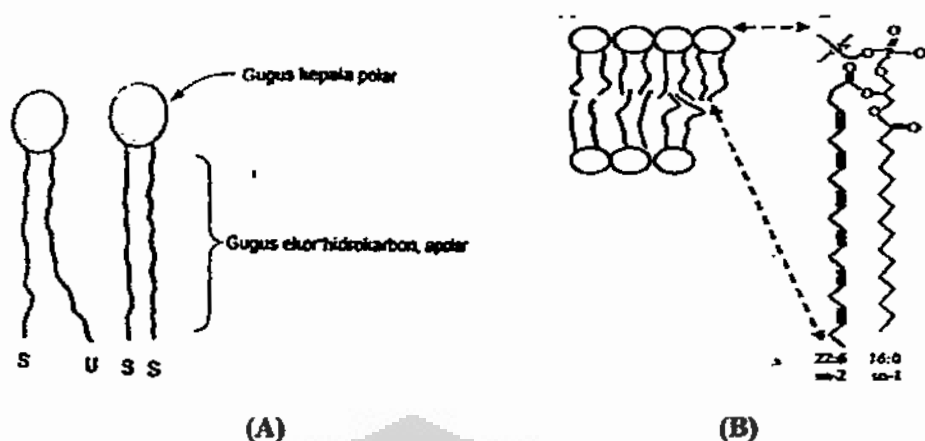
Senyawa asam lemak terutama terikat pada fosfolipid penyusun struktur membran. Fosfoglisericida (gliserofosfolipid) merupakan unsur dari kelompok fosfolipid yang paling lazim dijumpai pada membran dan terdiri atas tulang punggung (*backbone*) gliserol. Pada tulang punggung ini terikat dua asam lemak dalam ikatan ester serta alkohol yang terfosforilasi.<sup>4,16</sup> Senyawa asam lemak ini dapat berupa asam lemak yang jenuh maupun tidak jenuh (gambar 2.5).



Gambar 2.5. (A) Gambar diagramatik struktur umum fosfoglisericida.<sup>16</sup>

(B) Fosfoglisericida terdiri atas komponen asam lemak, gliserol, dan alkohol Terfosforilasi.<sup>4</sup>

Pada dasarnya, unsur-unsur lipid membran yang bersifat amfipatik mempunyai gugus kepala yang polar dan gugus ekor yang non-polar. Karakteristik dari asam lemak tak jenuh majemuk yaitu memiliki lebih dari satu ikatan rangkap pada rantai karbonnya. Asam lemak jenuh membentuk ekor yang lurus, sementara asam lemak tak jenuh membuat ekor yang tertekuk berdasarkan ikatan rangkap yang dimilikinya (gambar 2.6A).<sup>4,21</sup> Semakin banyak fosfoglisericida membran yang mengandung asam lemak takjenuh, maka membran menjadi kurang terpampat padat. Ini berarti bahwa fluiditas membran tersebut akan semakin meningkat.



Gambar 2.6. (A) Gambar diagramatik fosfolipid membran lapis-ganda.<sup>4</sup>

(B) Fosfolipid membran yang tersusun atas fosfatidikolin takjenuh Majemuk.<sup>21</sup>

Omega-3 sebagai salah satu jenis asam lemak takjenuh majemuk, dapat membentuk ikatan dengan tulang punggung (*backbone*) gliserol dari fosfogliserida membran (gambar 2.6B).<sup>21</sup> Dengan demikian, ikatan dengan molekul omega-3 dapat menyebabkan banyak tekukan pada ekor setiap molekul fosfolipid membran. Inilah yang menjadi dasar bahwa semakin banyak komponen fosfolipid membran (fosfatidilkolin dan fosfatidiletanolamin) yang mengandung molekul omega-3, maka akan semakin meningkatkan fluiditas membran tersebut.

## 2.2 Difusi oksigen melewati membran

Oksigen ( $O_2$ ) berdifusi secara sederhana melalui suatu celah membran antar molekul tanpa berinteraksi dengan protein pembawa dalam membran. Gas seperti  $O_2$ , dengan mudah berdifusi melewati regio hidrofobik (lipofilik) membran karena kelarutan  $O_2$  di dalam lipid adalah tinggi.<sup>16,22</sup> Pada dasarnya, kecepatan difusi sederhana suatu molekul menyeberangi membran dapat diketahui berdasarkan Hukum Fick (*Fick's law of diffusion*),<sup>23</sup> yaitu:

$$\text{Kecepatan difusi} = \frac{\text{Luas area permukaan} \times \text{Gradien konsentrasi}}{\text{Resistensi membran} \times \text{Ketebalan membran}}$$

Membran lipid lapis ganda dapat menjadi suatu faktor resisten bagi jalur difusi molekul  $O_2$  (Hook, 1988).<sup>24</sup> Resistensi membran dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah komposisi lapisan lipid membran tempat difusi.<sup>23</sup> Dalam hal ini,

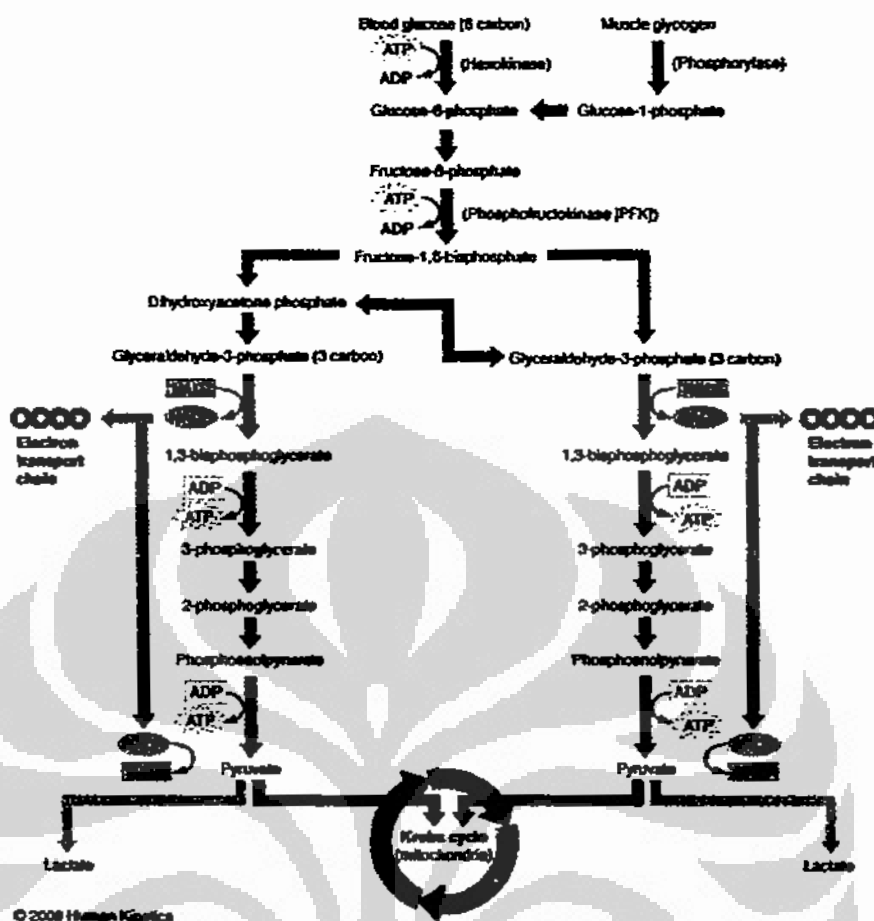
inkorporasi omega-3 pada fosfolipida membran mempengaruhi komposisi lapisan lipid membran dan meningkatkan fluiditasnya. Peningkatan fluiditas akan meningkatkan permeabilitas membran<sup>4</sup> dan menurunkan barrier fisik bagi difusi  $O_2$ .<sup>24</sup> Dengan demikian, resistensi membran menurun dan kecepatan difusi molekul  $O_2$  menyeberangi membran akan meningkat.

### 2.3 Peran oksigen dalam metabolisme energi

Peran penting dari ketersediaan oksigen di dalam sel adalah mempengaruhi perjalanan asam piruvat pada proses metabolisme melalui aktivasi sistem energi aerobik-anaerobik. Pada sistem energi aerobik, oksigen terutama digunakan pada proses oksidasi glukosa. Proses tersebut melibatkan empat rangkaian reaksi, yaitu: glikolisis, pembentukan asetil-koA, siklus asam sitrat, dan rantai transpor elektron. Hasil akhir dari glikolisis adalah 2 ATP, NADH, dan asam piruvat.<sup>25</sup> Peningkatan aktivitas pada jalur glikolisis berperan penting dalam peningkatan produksi laktat. Pada dasarnya proses glikolisis membutuhkan molekul  $NAD^+$  untuk menangkap  $H^+$ , dari reaksi yang dikatalis oleh gliseraldehid-3-fosfat dehidrogenase, dan selanjutnya membentuk NADH (Gambar 2.7).<sup>26</sup>

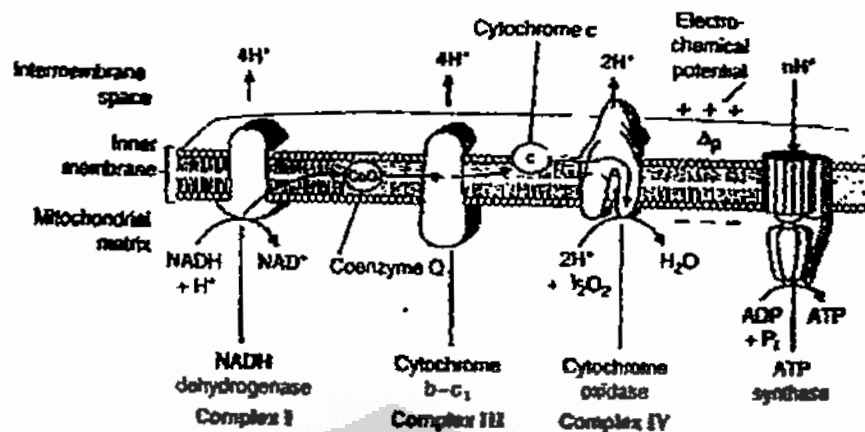
Pada kondisi aerobik, molekul NADH mentransportasikan  $H^+$  ke jalur rantai transport elektron dimana  $H^+$  kemudian digunakan untuk proses re-sintesis ATP di mitokondria. Kecepatan penggunaan  $H^+$  oleh rantai transport elektron sangat dipengaruhi oleh ketersediaan oksigen sebagai akseptor  $H^+$  dari NADH. Proses glikolisis hanya dapat berlangsung apabila tersedia cukup  $NAD^+$  untuk menangkap  $H^+$  dari gliseraldehid-3-fosfat, bila tidak, glikolisis akan terhambat dan bahkan dapat berhenti. Apabila ketersediaan oksigen tidak cukup adekuat (anaerobik), maka NADH tidak dapat melepaskan  $H^+$  untuk rantai transpor elektron. Selanjutnya, piruvat dapat menjadi tempat penampungan sementara untuk menerima  $H^+$  yang berasal dari NADH melalui peran dari enzim *lactate dehidrogenase* (LDH). Piruvat yang menerima  $H^+$  kemudian membentuk laktat. Dengan demikian, NADH dapat dikonversikan kembali menjadi  $NAD^+$  dan glikolisis dapat terus berlangsung.<sup>16</sup> Alasan utama pembentukan laktat adalah agar glikolisis dapat terus berjalan untuk menyediakan ATP sebagai sumber energi bagi otot yang bekerja.





Gambar 2.7. Glikolisis dan pembentukan laktat.<sup>26</sup>

Sistem transport elektron membutuhkan oksigen sebagai molekul akseptor elektron dan  $H^+$ .<sup>3,16</sup> Pada dasarnya, rantai transpor elektron melibatkan 3 kompleks molekul protein yang terdapat pada membran interna mitokondria, yaitu: NADH dehidrogenase, sitokrom  $bc_1$ , dan sitokrom oksidase (Gambar 2.8). Molekul tersebut merupakan *electron carriers* yang bertindak sebagai pompa proton untuk mengeluarkan  $H^+$  dari matriks mitokondria dan membantu menciptakan gradien elektrokimia  $H^+$ . Konsentrasi  $H^+$  menjadi lebih tinggi pada ruang antar membran mitokondria. Konsentrasi  $H^+$  yang tinggi tersebut disertai adanya perbedaan potensial listrik yang besar menyebabkan  $H^+$  mengalir kembali ke dalam matriks mitokondria melalui molekul ATPase. Sintesis ATP muncul pada saat  $H^+$  mengalir balik ke dalam matriks mitokondria melalui kanal  $H^+$  tempat dimana ATPase bekerja.<sup>16,22</sup> Intinya, rantai transpor elektron melibatkan proses oksidasi molekul NADH dan mendonorkan elektronnya kepada  $O_2$  yang selanjutnya tereduksi membentuk  $H_2O$ . Energi yang berasal dari reduksi  $O_2$  digunakan oleh ATPase untuk fosforilasi ADP menjadi ATP.<sup>16</sup>



Gambar 2.8. Kompleks protein pada membran interna mitokondria.<sup>16</sup>

Pada saat suplai oksigen tinggi, piruvat yang tidak menerima  $H^+$  dari NADH dikonversikan menjadi asetil-KoA untuk kemudian masuk dalam siklus asam sitrat/siklus Krebs dan menghasilkan sejumlah ATP (Gambar 2.7).<sup>27</sup> Akibatnya, kecepatan pembentukan laktat akan menurun. Ini berarti bahwa semakin sedikit molekul piruvat yang dikonversikan menjadi laktat, maka semakin banyak molekul piruvat yang tersedia untuk dikonversikan menjadi asetil-KoA. Dengan demikian, ketersediaan oksigen di dalam sel memperlambat kecepatan pembentukan asam laktat. Dan juga, meningkatkan kemampuan sel untuk menyediakan energi melalui metabolisme aerobik.

## 2.4 Kerja Fisik Intensitas Sedang

### 2.4.1 Definisi

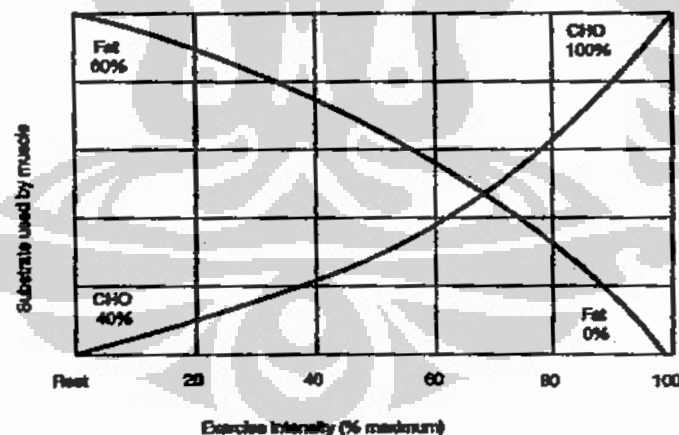
Kerja/ aktivitas fisik merupakan setiap pergerakan tubuh yang dihasilkan oleh kontraksi otot rangka dan meningkatkan pemakaian energi tubuh.<sup>3,28</sup> Intensitas kerja fisik dapat diartikan sebagai jumlah pemakaian energi (*energi expenditure*) dalam satu satuan waktu (kcal/menit) untuk mempertahankan aktivitas otot. Berdasarkan hal tersebut, kerja fisik intensitas sedang dikategorikan sebagai kerja fisik yang dilakukan dengan jumlah pemakaian energi sebesar 5.0-7.4 kcal/mnt pada pria ataupun 3.5-5.4 kcal/mnt pada wanita.<sup>3</sup>

Selain itu, intensitas kerja fisik juga dapat diklasifikasikan berdasarkan *multiples of resting metabolic rate* (MET) dan persentase ambilan oksigen maksimal (%  $VO_2max$ ). Nilai 1 MET menggambarkan jumlah pemakaian energi pada saat istirahat (*resting*

*metabolic rate*). MET dapat dijabarkan dalam jumlah ambilan oksigen per unit massa tubuh (ml/kg/mnt).<sup>3</sup> Nilai MET didapat dengan cara membagi ambilan oksigen dalam ml/kg/mnt dengan 3.5 ml/kg/mnt (1 MET = 3.5 ml/kg/mnt).<sup>28</sup> Kerja fisik intensitas sedang dilakukan pada rentang 4.0–5.9 MET pada pria dan 2.8–4.3 MET pada wanita,<sup>3</sup> atau dengan persentase ambilan oksigen maksimal sebesar 50-70%  $VO_{2max}$ .<sup>1</sup> Secara umum, kerja fisik intensitas sedang durasi panjang akan meningkatkan denyut jantung 75-85% maksimum atau setara dengan 60-70%  $VO_{2maks}$ .<sup>1</sup>

#### 2.4.2 Sumber Energi

Pada saat melakukan kerja fisik, karbohidrat dan lemak merupakan sumber energi primer yang digunakan untuk pembentukan ATP bagi kontraksi otot rangka (Gambar 2.9).<sup>23,29</sup> Penggunaan lemak sebagai mayoritas sumber energi terutama terjadi selama kerja fisik intensitas ringan hingga sedang, dan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan intensitas kerja. Titik terendah penggunaan lemak sebagai sumber energi terjadi pada kerja fisik intensitas berat di atas 85%  $VO_{2max}$ .<sup>29</sup> Penggunaan karbohidrat sebagai mayoritas sumber energi terjadi pada kerja fisik dengan intensitas berat melebihi 70%  $VO_{2max}$ .<sup>23</sup> Ini berarti bahwa seiring dengan peningkatan intensitas kerja, otot rangka mulai menggunakan karbohidrat dalam proporsi yang lebih besar.



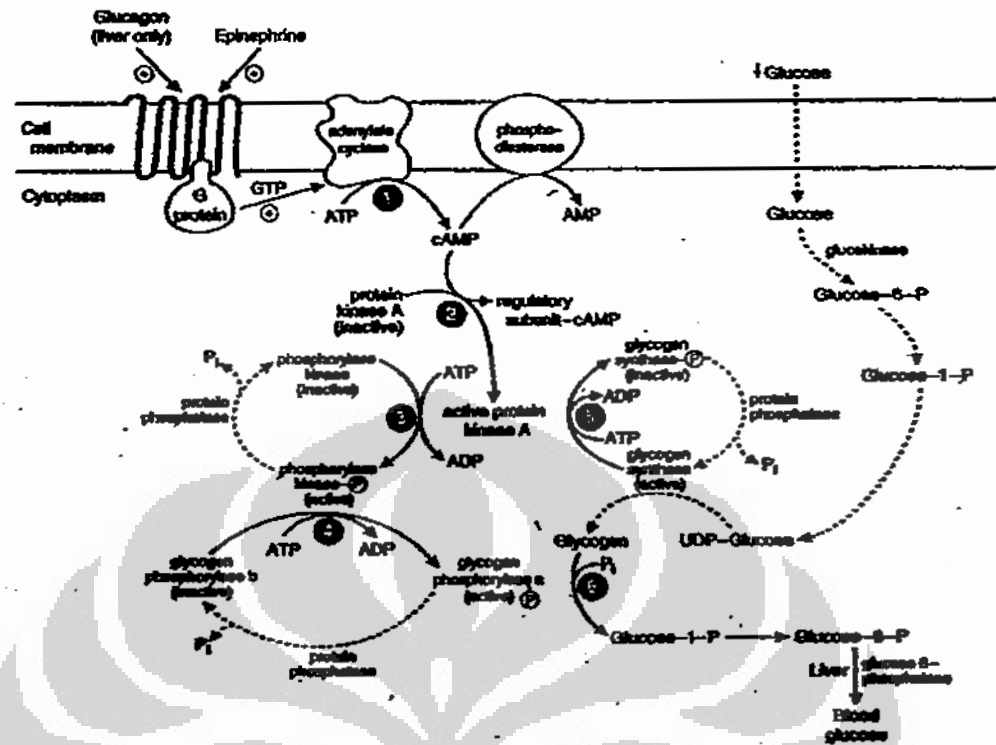
**Gambar 2.9.** Penggunaan karbohidrat dan lemak sebagai sumber energi seiring dengan peningkatan intensitas kerja.<sup>23</sup>

Sumber lemak dapat berasal dari asam lemak bebas di dalam plasma – dari diet ataupun trigliserida adiposa – dan trigliserida otot.<sup>30</sup> Sedangkan glukosa yang digunakan oleh sel otot rangka untuk pembentukan ATP dapat berasal dari glukosa plasma, simpanan glikogen di otot dan hati, serta glukoneogenesis.<sup>23</sup>

### 2.4.3 Respon Hormonal

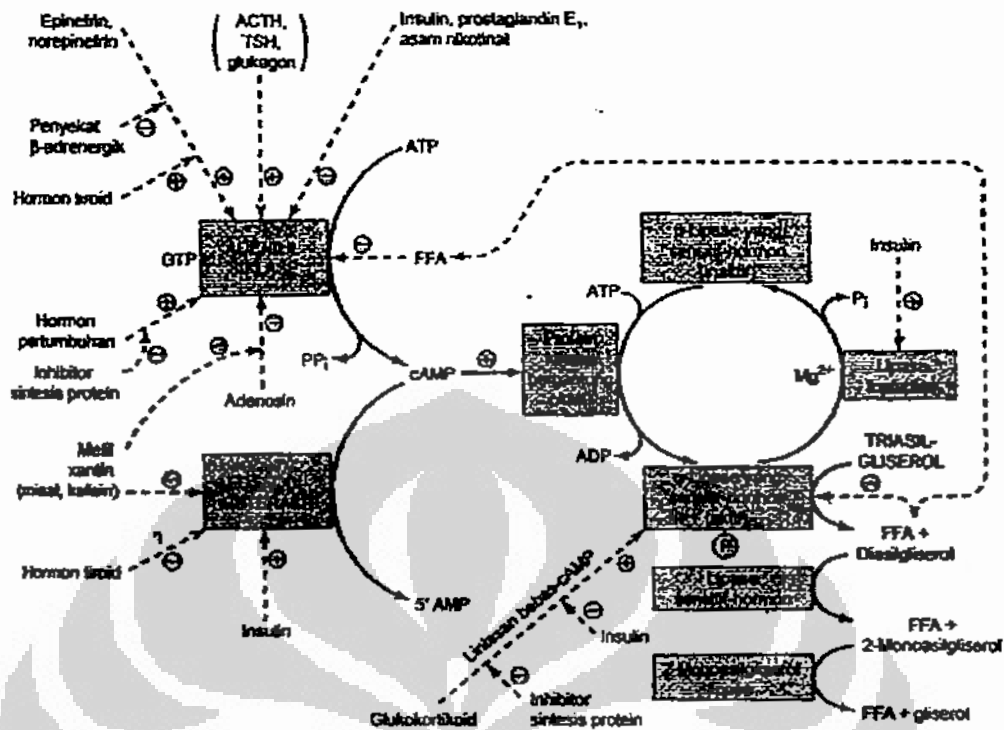
Pada kerja fisik intensitas sedang durasi panjang terjadi perubahan sekresi beberapa hormon yang mempengaruhi metabolisme glukosa dan lemak, terutama: penurunan sekresi insulin, serta peningkatan sekresi glukagon dan katekolamin (epinefrin, norepinefrin). Penurunan sekresi insulin disebabkan oleh karena adanya pengaruh inhibisi simpatis pada sel beta pankreas. Perubahan-perubahan tersebut menstimulasi peningkatan glikogenolisis, lipolisis, dan glukoneogenesis di hati. Kondisi tersebut bertujuan untuk mempertahankan kadar glukosa dan lemak di dalam darah untuk kemudian digunakan dalam proses pembentukan ATP di sel otot rangka.<sup>3,16,23</sup>

Selama kerja fisik intensitas sedang, terjadi peningkatan glikogenolisis di hati dan otot rangka. Di hati, penurunan sekresi insulin dan peningkatan sekresi glukagon menginisiasi kaskade fosforilasi cAMP. Hal tersebut menyebabkan aktivasi enzim glikogen fosforilase dan inaktivasi enzim glikogen sintase, sehingga menstimulasi pemecahan glikogen dan menghambat sintesis glikogen. Selain itu, peningkatan sekresi epinefrin menstimulasi glikogenolisis di hati melalui dua tipe reseptor  $\alpha$  dan  $\beta$ . Stimulasi epinefrin pada reseptor  $\beta$  menginisiasi kaskade fosforilasi cAMP dengan jalur yang sama seperti stimulasi oleh glukagon (Gambar 2.10). Sedangkan stimulasi epinefrin pada reseptor  $\alpha$ , pada prinsipnya meningkatkan pelepasan  $\text{Ca}^{2+}$  dari retikulum endoplasma untuk kemudian berikatan dengan protein kalmodulin. Ikatan tersebut mengaktifkan *calmodulin-dependent protein kinase* dan fosforilase kinase. Hasilnya adalah aktivasi glikogen fosforilase dan inhibisi glikogen sintase sehingga glikogenolisis meningkat dan sintesis glikogen dihambat. Di otot rangka, tidak terdapat efek dari perubahan kadar glukagon. Glikogenolisis pada otot rangka diinisiasi oleh kontraksi otot, impuls saraf, dan epinefrin.<sup>4,16</sup>



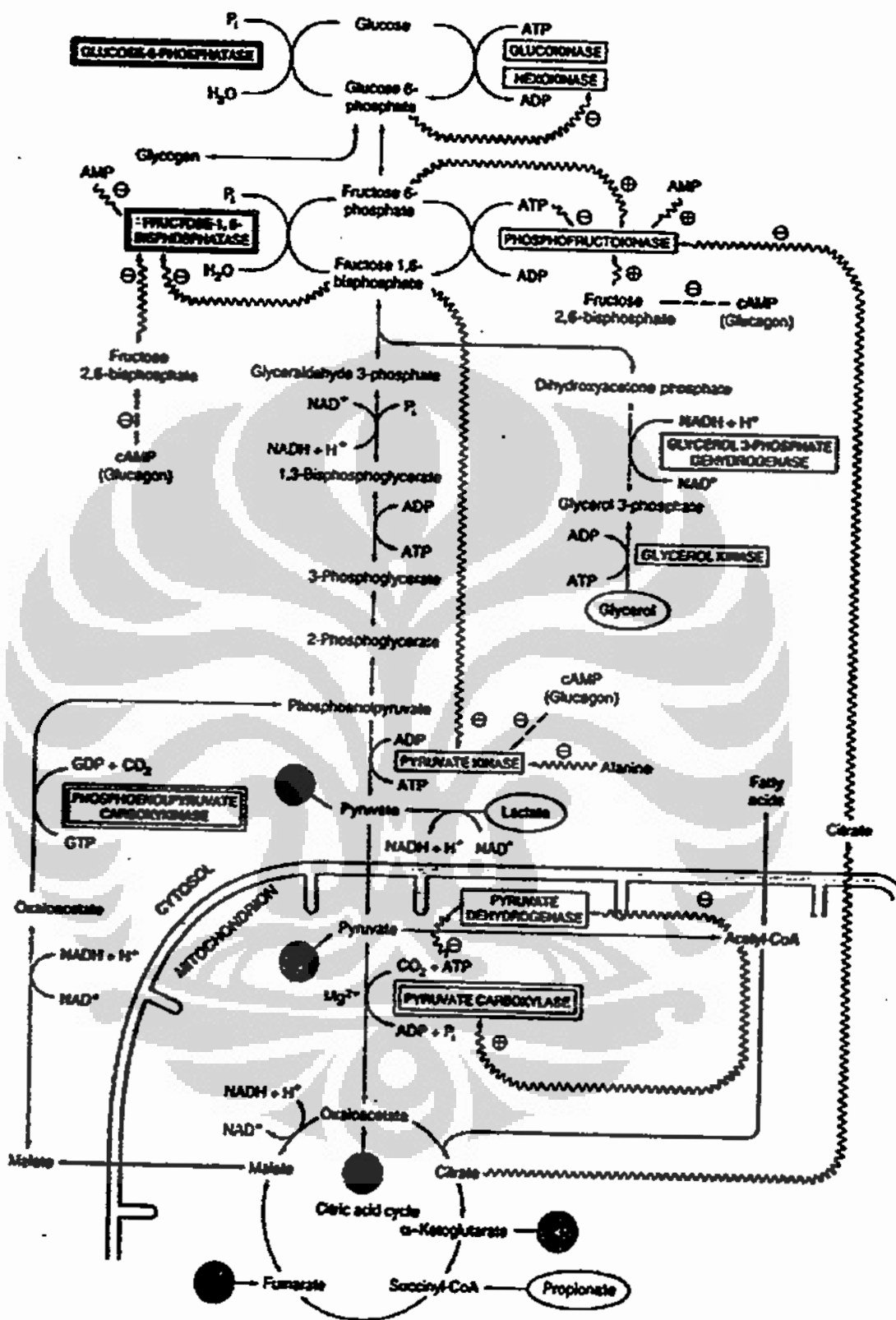
**Gambar 2.10.** Pengaruh hormon glukagon dan epinefrin dalam meningkatkan Glikogenolisis.<sup>16</sup>

Di jaringan adiposa, peningkatan kadar glukagon dan epinefrin serta penurunan kadar insulin mengaktifasi adenilat siklase. Selanjutnya, cAMP akan meningkat dan mengaktifkan protein kinase. Protein kinase kemudian meningkatkan fosforilasi hormon sensitif lipase (HSL-P) dan menginisiasi mobilisasi trigliserida adiposa untuk melepaskan asam lemak dan gliserol (Gambar 2.11).<sup>4,16</sup> Di hati, gliserol digunakan dalam proses glukoneogenesis. Gliserol dikonversikan menjadi gliseraldehid-3-fosfat dan dapat berperan pada jalur glikolisis ataupun glukoneogenesis (Gambar 2.12).<sup>25</sup>



Gambar 2.11. Pengontrolan lipolisis jaringan adiposa (Murray, 2003).

Di hati, peningkatan kadar glukagon dan penurunan kadar insulin berpengaruh besar dalam menstimulasi proses glukoneogenesis. Pada dasarnya, glikolisis dan glukoneogenesis mempunyai lintasan yang sama tetapi dengan arah yang berbeda (Gambar 2.12).<sup>4</sup> Glukagon secara langsung akan menghambat aktivitas dari tiga enzim yang berperan penting dalam glikolisis, yaitu: glukokinase, fosfofruktokinase, dan piruvat kinase.<sup>4,16</sup> Sebaliknya, peningkatan kadar glukagon dan penurunan kadar insulin meningkatkan aktivitas enzim-enzim glukoneogenesis, yaitu: piruvat karboksilase, fosfoenolpiruvat karboksikinase, fruktosa-1,6-bisfosfatase, dan glukosa-6-fosfatase.<sup>4</sup> Dengan demikian, pada kondisi tersebut jalur glikolisis dihambat dan terjadi peningkatan pembentukan glukosa melalui proses glukoneogenesis.



Gambar 2.12. Lintasan utama pengaturan glikolisis dan glukoneogenesis di hati.<sup>4</sup>

#### 2.4.4 Akumulasi laktat

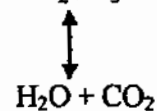
Daya tahan kontraksi otot rangka dipengaruhi oleh intensitas kerja fisik dengan cara mempengaruhi aktivitas sistem energi aerobik-anaerobik di dalam tubuh. Pada rentang kerja fisik intensitas sedang, terdapat suatu titik dimana terjadi transisi metabolisme aerobik-anaerobik. Awalnya, kebutuhan oksigen yang relatif lebih rendah masih memungkinkan pemenuhan energi melalui metabolisme aerobik dengan mengoksidasi sejumlah lemak dan karbohidrat. Akan tetapi seiring dengan meningkatnya intensitas kerja, maka otot yang bekerja membutuhkan lebih banyak ATP dalam waktu yang singkat. Pada kondisi ini, penyediaan energi mulai bergantung kepada metabolisme anaerobik. Transisi tersebut dapat terjadi pada suatu titik saat intensitas kerja fisik mencapai  $\pm 50-70\%$   $VO_{2max}$ , dimana metabolisme anaerobik melengkapi pembentukan ATP yang dilakukan oleh metabolisme aerobik.<sup>1,2</sup> Peningkatan aktivitas pada jalur metabolisme anaerobik dapat menyebabkan produksi laktat berlangsung lebih cepat dari metabolisme tubuh untuk menyingkirkannya. Asam laktat berdifusi keluar sel otot rangka dan masuk ke dalam sirkulasi darah. Salah satu indikator terjadinya transisi metabolisme aerobik-anaerobik pada saat kerja fisik adalah adanya peningkatan kadar laktat darah.<sup>3</sup>

Selain itu, pada kerja fisik intensitas sedang terjadi peningkatan glikogenolisis, lipolisis, dan glukoneogenesis akibat perubahan hormonal.<sup>23</sup> Kondisi ini meningkatkan suplai glukosa bagi sel otot rangka. Semakin banyak molekul glukosa yang tersedia bagi jalur glikolisis di sel otot rangka, maka semakin banyak pula asam piruvat yang terbentuk untuk dikonversikan menjadi asam laktat. Tambahan lagi, peningkatan intensitas kerja menyebabkan lebih banyak serat otot tipe II (*fast-twitch muscle fiber*) yang direkrut. Serat otot ini memiliki kapasitas oksidatif yang rendah, akan tetapi memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menyediakan energi secara anaerobik. Kondisi ini menyebabkan lebih banyak pembentukan asam laktat.<sup>3</sup>

Pada dasarnya, asam-asam organik seperti asam piruvat dan asam laktat akan terionisasi membentuk anion piruvat dan laktat.<sup>23</sup> Dengan kata lain, asam-asam tersebut terdisosiasi dan melepaskan ion hidrogen ( $H^+$ ) ke cairan intraseluler dan ekstraseluler (darah). Semakin banyak asam laktat yang terbentuk selama metabolisme anaerobik, maka semakin meningkatkan kadar  $H^+$  sebagai hasil disosiasi. Hal ini mengakibatkan penurunan pH dan menciptakan lingkungan yang lebih asam.<sup>1</sup> Di dalam sirkulasi, selain



terdisosiasi dan melepaskan  $H^+$ , sebagian besar asam laktat yang terbentuk dari metabolisme anaerobik akan di-*buffer* oleh natrium bikarbonat melalui reaksi sebagai berikut:<sup>3</sup>  $Asam\ laktat + NaHCO_3 \rightarrow Na\ Laktat + H_2CO_3$



Kadar laktat di dalam darah mencerminkan kecepatan produksi dan penyingkirannya di dalam tubuh. Kecepatan produksi laktat antara lain dipengaruhi oleh: (1). keterlibatan serat otot rangka tipe II untuk menghasilkan dan melepaskan laktat, serta (2). peningkatan aktivitas pada jalur glikolisis anaerobik yang disebabkan oleh adanya peningkatan kebutuhan energi dan sekresi katekolamin.<sup>1</sup> Sedangkan oksidasi/penyingkiran laktat meliputi keterlibatan serat otot rangka tipe I, dan juga oksidasi oleh sel-sel hati. Laktat yang terbentuk dari metabolisme anaerobik di sel otot rangka berdifusi keluar dan beredar di sirkulasi. Laktat tersebut kemudian diambil oleh sel-sel jaringan lain (terutama hati, jantung, dan otot rangka) untuk dioksidasi kembali menjadi piruvat. Di hati, laktat digunakan untuk proses glukoneogenesis (gambar 12). Glukosa yang terbentuk dari glukoneogenesis tersebut selanjutnya dikembalikan ke sirkulasi dan digunakan oleh sel otot rangka untuk mensintesis ATP. Siklus perputaran laktat dan glukosa antara jaringan perifer dan hati tersebut disebut dengan siklus Cori (gambar 2.13).<sup>3,4,16</sup>



Gambar 2.13. Siklus Cori.<sup>4</sup>

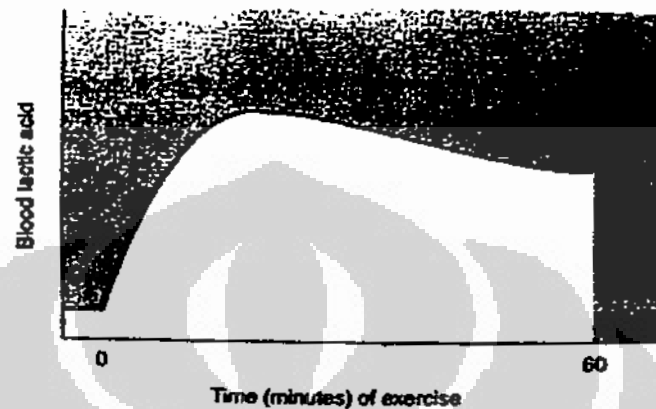
Normalnya, selama kondisi istirahat (*resting*) setiap individu memiliki kadar laktat darah yang stabil, yaitu pada rentang 0.56-2.2 mmol/L.<sup>32</sup> Akumulasi laktat di dalam darah dapat terjadi pada saat produksi laktat berlangsung lebih cepat dari metabolisme tubuh untuk menyingkirkannya. Peningkatan kadar laktat darah yang terjadi selama kerja fisik dapat diinterpretasikan sebagai refleksi dari adanya hipoksia pada jaringan otot rangka yang bekerja.<sup>3</sup> Respon kelelahan akan timbul seiring dengan meningkatnya kadar laktat sebagai produk dari metabolisme anaerobik. Selama kerja fisik intensitas sedang, kinerja otot rangka akan dipertahankan sampai timbul respon kelelahan.

### 2.5 Kerja Fisik Durasi Panjang

Kinerja aerobik otot rangka mengacu kepada kemampuan otot rangka melakukan kerja fisik dengan mengandalkan metabolisme aerobik untuk menghasilkan ATP sebagai sumber energi. Hal tersebut ditandai dengan kemampuan otot rangka untuk bekerja dalam durasi panjang. Kerja fisik durasi panjang adalah kerja fisik submaksimal yang dilakukan selama periode lebih dari 10 menit, dengan pembentukan ATP sebagian besar berasal dari metabolisme aerobik.<sup>1</sup> Ini berarti, kerja fisik durasi panjang dapat dilakukan pada rentang intensitas kerja ringan sampai sedang.<sup>23</sup>

Pada kerja fisik intensitas sedang durasi panjang, pada fase awal (<10 menit), terjadi peningkatan intensitas kerja dari kondisi istirahat (*resting*) ke intensitas sedang. Hal ini menyebabkan peningkatan kebutuhan ATP dalam waktu yang singkat. Sehingga selama kurun waktu kurang dari 10 menit penyediaan ATP sebagian besar dilakukan oleh metabolisme anaerobik, dan pada prinsipnya terjadi akumulasi laktat (Gambar 2.14).<sup>1</sup> Setelah kerja fisik dilakukan lebih dari 10 menit, penyediaan oksigen mulai mencukupi untuk kelangsungan metabolisme aerobik. Sehingga penyediaan ATP sebagian besar mulai dilakukan oleh metabolisme aerobik. Pada kondisi ini, lebih banyak serat otot tipe I (*slow-twitch muscle fibers*) yang direkrut. Serat otot ini memiliki kapasitas oksidatif yang tinggi dengan jumlah mitokondria dan mioglebin yang banyak, tahan terhadap kelelahan (*fatigue resistant*), dan sangat baik dalam menyediakan energi melalui metabolisme aerobik. Serat otot tipe I yang terdekati dengan cepat akan mengoksidasi setiap molekul asam laktat yang terbentuk.<sup>3</sup> Selain itu, di hati, hepatosit menyingkirkan laktat dari darah dan mengkonversikannya kembali menjadi piruvat.<sup>25</sup> Kondisi ini menyebabkan peningkatan mekanisme tubuh untuk menyingkirkan laktat. Sehingga, respon kelelahan akan berlangsung dengan lambat dan kinerja otot rangka dapat

dipertahankan dalam waktu yang lebih lama. Pada kerja fisik intensitas sedang yang dipertahankan hingga 60 menit, dengan kapasitas aerobik yang baik, kecepatan akumulasi laktat akan melambat dan bahkan cenderung mengalami penurunan (Gambar 2.14).<sup>1</sup>

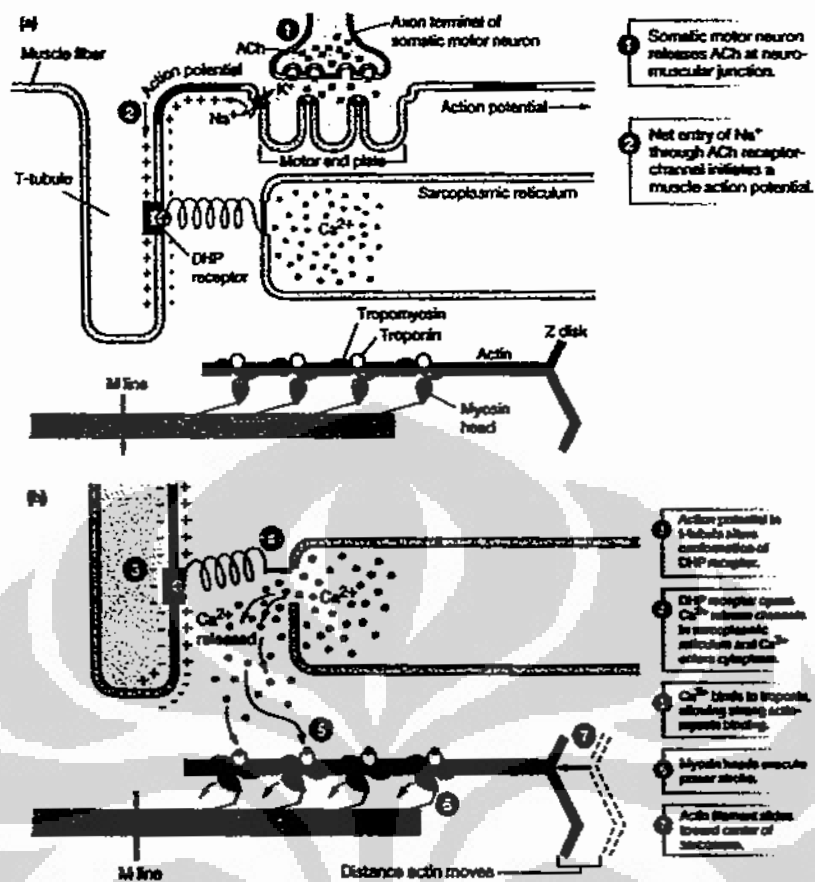


Gambar 2.14. Respon kadar laktat darah selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang.<sup>1</sup>

### 2.7 Mekanisme eksitasi-kontraksi otot rangka

Mekanisme eksitasi-kontraksi otot rangka ditunjukkan oleh gambar 2.15. Peristiwa ini diawali oleh pelepasan asetilkolin ke sinaps taut neuromuskulus yang menyebabkan sejumlah besar  $\text{Na}^+$  menyeberangi membran dan masuk ke dalam sel. Hal tersebut menimbulkan suatu potensial aksi yang dengan cepat menyebar hingga tubulus T dan kemudian menstimulasi reseptor dihidropiridin (DHP) yang terhubung dengan reseptor ryanodin (RyR) pada retikulum sarkoplasma. Hal ini mengakibatkan terbukanya kanal  $\text{Ca}^{2+}$  pada retikulum sarkoplasma, sehingga  $\text{Ca}^{2+}$  dilepaskan ke sitosol.  $\text{Ca}^{2+}$  dengan cepat akan berikatan dengan troponin dan membuka *binding site* bagi aktin dan miosin.<sup>22,23</sup> Pada akhirnya, miosin ATPase menguraikan ATP menjadi ADP dan Pi (fosfat inorganik) sehingga memungkinkan terjadinya pemendekan sarkomer untuk kontraksi otot.<sup>1</sup>

Relaksasi terjadi ketika retikulum sarkoplasma memompa masuk kembali  $\text{Ca}^{2+}$  dengan menggunakan  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase. Dengan demikian jumlah  $\text{Ca}^{2+}$  bebas di sitosol menurun,  $\text{Ca}^{2+}$  terlepas dari troponin, tropomiosin kembali menutupi *binding site*, dan ikatan aktin-miosin terlepas. Terjadilah relaksasi.



Gambar 2.15. Mekanisme eksitasi-kontraksi otot rangka.<sup>23</sup>

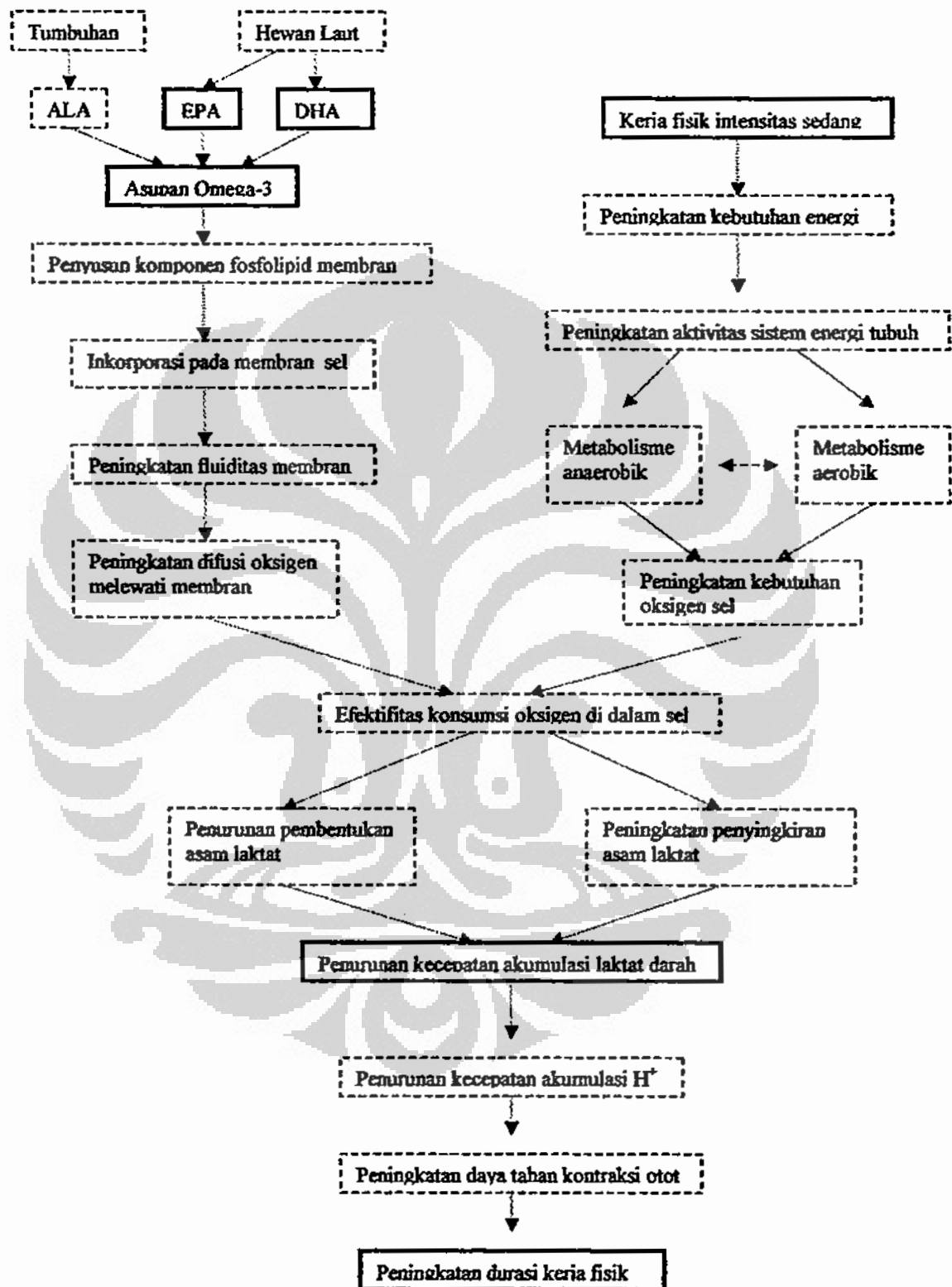
## 2.6 Kelelahan (*fatigue*)

Kelelahan dapat disebabkan oleh berbagai macam faktor. Berdasarkan hal tersebut, kelelahan diklasifikasikan menjadi: (1) kelelahan sentral (*central fatigue*), dimana mekanismenya berasal dari sistem saraf pusat (SSP), dan (2) kelelahan perifer (*peripheral fatigue*), dimana mekanismenya dapat berasal dari taut neuromuskulus ataupun elemen kontraktile pada otot rangka.<sup>23</sup> Kelelahan sentral meliputi perasaan lelah yang subjektif (psikologis) disertai keinginan untuk menghentikan aktivitas. Sedangkan kelelahan yang timbul sebagai akibat dari adanya akumulasi laktat, cenderung untuk diklasifikasikan sebagai kelelahan perifer.

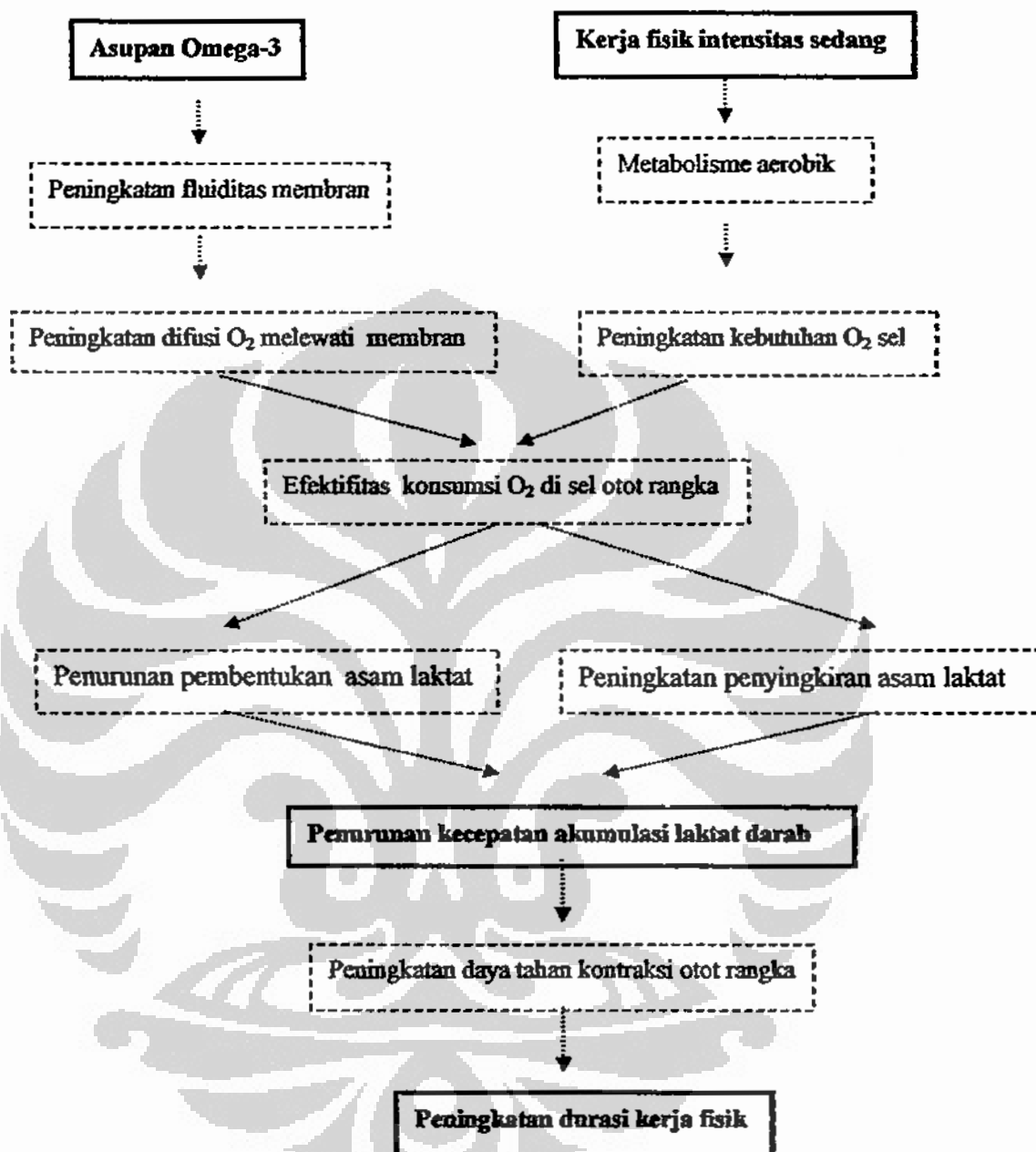
Peningkatan konsentrasi H<sup>+</sup> dan penurunan pH seluler berperan penting dalam menimbulkan respon kelelahan otot. Peningkatan proton (H<sup>+</sup>) mempengaruhi fungsi otot melalui sejumlah mekanisme, antara lain: (1). mengurangi pelepasan Ca<sup>2+</sup> dari retikulum sarkoplasma,<sup>1,3,4</sup> (2). menurunkan aktivitas aktomiosin ATPase,<sup>4</sup> dan (3). menurunkan aktivitas enzim forofruktokinase.<sup>1,3,4</sup>

Peningkatan konsentrasi  $H^+$  menghambat proses *excitation-coupling* dengan cara menurunkan jumlah  $Ca^{2+}$  yang dilepaskan dari retikulum sarkoplasma dan menyebabkan terganggunya ikatan Troponin -  $Ca^{2+}$ . Selanjutnya *binding site* pada filamen aktin tidak dapat terbuka. Akibatnya, pembentukan kompleks jembatan silang (*cross-bridge complex*) antara filamen aktin-miosin terhambat dan terjadi penurunan kekuatan kontraksi otot.<sup>1,23</sup> Selain itu, aktomiosin ATPase merupakan komponen enzim dari filamen miosin. Enzim ini berperan penting dalam memecah ATP menjadi ADP dan Pi (fosfat inorganik) sehingga memungkinkan terjadinya pemendekan sarkomer untuk kontraksi otot.<sup>1</sup> Penurunan aktivitas aktomiosin ATPase menghambat proses pemendekan sarkomer sehingga menurunkan kekuatan kontraksi. Disisi lain, peningkatan konsentrasi  $H^+$  juga akan menghambat aktivitas enzim fosfofruktokinase<sup>1,3,4</sup> yang merupakan enzim penting bagi proses glikolisis untuk mengubah glukosa-6-fosfat menjadi fruktosa-1,6-bisfosfat.<sup>4,16</sup> Akibatnya, aktivitas pada jalur glikolisis melambat dan berdampak pada menurunnya kecepatan untuk menghasilkan ATP yang dibutuhkan untuk kontraksi.<sup>1</sup> Seiring dengan semakin meningkatnya kadar laktat, maka kinerja otot rangka tidak dapat dipertahankan dalam waktu yang lama.

## 2.7 Kerangka Teori Penelitian



## 2.8 Kerangka Konsep Penelitian



Keterangan:

: Diteliti

: Tidak diteliti

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain *pre-post intervention* dengan kontrol diri sendiri pada 10 orang pria dewasa sehat berusia 20-24 tahun, dengan Indeks Massa Tubuh (IMT) berkisar antara 19.61 – 23.63. Subyek penelitian diberikan suplemen Omega-3 dengan dosis 1400 mg/hari selama 8 minggu. Parameter yang diukur adalah kadar laktat darah dan durasi kerja selama melakukan kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada treadmill. Pemeriksaan kadar laktat darah dilakukan dengan menggunakan alat Laktat-Pro *Portable Analyzer* (Arkray, Japan).

Hasil pengukuran merupakan data dengan skala numerik untuk membandingkan kadar laktat darah serta durasi kerja fisik sebelum dan sesudah pemberian suplementasi omega-3 selama 8 minggu. Analisis data dilakukan dengan uji t-berpasangan (*paired t-test*). Sebelum dilakukan uji t-berpasangan, dilakukan uji normalitas dengan uji Shapiro-Wilk. Jika hasil uji normalitas menunjukkan distribusi data tidak normal, dan setelah dilakukan transformasi tetap menunjukkan distribusi data tidak normal, maka uji statistik yang digunakan adalah uji Wilcoxon.<sup>33,34</sup> Data diolah dengan menggunakan program SPSS versi 11.5.

### 3.2 Tempat dan waktu penelitian

Pengambilan data penelitian dilakukan di Laboratorium Fisiologi, Departemen Fisiologi FKUI. Pemberian perlakuan dan pengambilan data penelitian dilakukan mulai bulan April 2009 s.d Juni 2009.

### 3.3 Variabel dan besar sampel penelitian

Variabel yang diukur adalah kadar laktat darah dan durasi kerja selama melakukan kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada treadmill. Sampel darah diambil dari darah kapiler di ujung jari.



Besar sampel penelitian diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:<sup>33</sup>

$$n = \left[ \frac{(z_{\alpha} + z_{\beta})S}{(x_a - x_o)} \right]^2$$

Karena belum ada kepustakaan sebelumnya, peneliti melakukan studi awal terhadap 10 orang subjek untuk mendapatkan nilai S. Nilai S dari studi awal ini digunakan oleh peneliti untuk menentukan besar sampel penelitian. Studi awal dilaksanakan setelah mendapatkan surat keterangan lolos kaji etik (*ethical approval*) dari komisi etik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia (Lampiran 1).

### 3.3.1 Besar sampel berdasarkan suplementasi omega-3 terhadap kecepatan akumulasi laktat darah.

- n = Total jumlah sampel
- $Z_{\alpha}$  = Tingkat kemaknaan. Deviasi relatif yang menggambarkan tingkat kepercayaan dalam pengambilan kesimpulan statistik, untuk  $\alpha = 0.05$  maka  $Z_{\alpha}$  adalah 1.96
- $Z_{\beta}$  = *Power* penelitian. Deviasi relatif yang menggambarkan tingkat kekuatan statistik dalam menentukan kemaknaan, untuk  $\beta = 0.1$  maka  $Z_{\beta}$  adalah 1.282
- S = Simpang baku nilai kecepatan akumulasi laktat darah yaitu 2.1 mmol/L (Studi Awal)
- $(X_a - X_o)$  = Perbedaan nilai kecepatan akumulasi laktat darah yang dianggap bermakna oleh peneliti yaitu 2.76 mmol/L (Studi Awal)

Maka besar sampel adalah:

$$n = \left[ \frac{(1.96 + 1.282) 2.1}{2.76} \right]^2$$

$$= 7 \text{ orang}$$

Dengan perkiraan tingkat *drop out* 20%, maka jumlah sampel adalah 9 orang

### 3.3.2 Besar sampel berdasarkan suplementasi omega-3 terhadap durasi kerja fisik.

- $n$  = Total jumlah sampel  
 $Z_{\alpha}$  = Tingkat kemaknaan. Deviasi relatif yang menggambarkan tingkat kepercayaan dalam pengambilan kesimpulan statistik, untuk  $\alpha = 0.05$  maka  $Z_{\alpha}$  adalah 1.96  
 $Z_{\beta}$  = *Power* penelitian. Deviasi relatif yang menggambarkan tingkat kekuatan statistik dalam menentukan kemaknaan, untuk  $\beta = 0.1$  maka  $Z_{\beta}$  adalah 1.282  
 $S$  = Simpang baku durasi kerja fisik yaitu 2.98 menit (Studi Awal)  
 $(X_a - X_o)$  = Perbedaan nilai durasi kerja fisik yang dianggap bermakna oleh peneliti adalah 3.55 menit (Studi Awal)

Maka besar sampel adalah:

$$n = \left[ \frac{(1.96 + 1.282) 2.98}{3.55} \right]^2$$

$$= 8 \text{ orang}$$

Dengan perkiraan tingkat *drop out* 20%, maka jumlah sampel adalah 10 orang

Jumlah sampel yang dipakai dalam penelitian ini adalah 10 orang

### 3.4 Cara pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan cara *consecutive sampling*, yaitu subyek yang datang dan memenuhi syarat penelitian diambil menjadi subyek penelitian, sampai jumlah sampel terpenuhi.

### 3.5 Populasi

Populasi penelitian adalah semua mahasiswa pria di STIKes Binawan, Jakarta, yang berusia 20-25 tahun.

### 3.6 Subyek

Subyek penelitian diambil dari populasi penelitian yang memenuhi kriteria penerimaan dan kriteria penolakan. Subyek penelitian secara tertulis bersedia ikut serta dalam penelitian ini dengan menandatangani formulir persetujuan.

### 3.6.1 Kriteria subyek penelitian

#### Kriteria penerimaan:

1. Usia : 20-25 tahun; Jenis kelamin: laki-laki
2. Bukan atlet
3. Indeks Massa Tubuh (IMT) berada dalam rentang 19 – 24.
4. Suhu, denyut nadi, pernapasan, tekanan darah dalam rentang normal.
5. Kadar hemoglobin (Hb) dalam rentang normal
6. Menandatangani formulir persetujuan.

#### Kriteria penolakan:

1. Menderita penyakit/ kelainan metabolik (Diabetes Mellitus, kardiovaskular, respiratorik, hati, dan ginjal).
2. Minum suplemen Omega-3 dalam waktu 3 bulan terakhir.
3. Merokok.

#### Kriteria *drop out*:

1. Tidak minum suplemen omega -3 selama lebih dari satu hari dalam satu minggu.
2. Selama periode penelitian, subyek meningkatkan porsi olahraga lebih dari 2x1 jam dalam seminggu, dengan jumlah pemakaian energi masing-masing melebihi 300 kcal .
3. Selama periode penelitian, IMT mencapai nilai lebih besar dari 25 ataupun lebih kecil dari 19.
4. Kadar hemoglobin pada akhir penelitian di bawah normal (anemia).
5. Selama periode penelitian, subyek menderita sakit berat (terutama yang melibatkan gangguan pada fungsi metabolik, kardiovaskular, hati, dan ginjal).

### 3.7 Bahan dan alat penelitian

#### 3.7.1 Suplemen

Suplemen omega-3 dalam bentuk *softgel* dengan kandungan EPA 400mg dan DHA 300mg. Suplemen dikonsumsi sebanyak 2 kali sehari setiap pagi dan malam selama 8 minggu.

### 3.7.2 Peralatan penelitian

- Alat pengukur tinggi badan
- Timbangan berat badan
- Alat treadmill merk Quinton Intrumen (Seattle, USA)
- *Stopwatch*
- Set pengukur kadar laktat darah: *Laktat-Pro Portable Analyzer* (Arkray, Japan)
- Set pengukur kadar glukosa darah: *One Touch Ultra* (PT. Johnson & Johnson, Indonesia)
- Jarum suntik, kapas alkohol

## 3.8 Cara Kerja

### 3.8.1 Persiapan Pengumpulan Data

#### A. Inform Consent

Setelah mendapat persetujuan dari komite Etik Penelitian FKUL, maka subyek yang memenuhi kriteria penerimaan dan penolakan diberi lembar informasi (Lampiran 2) serta dijelaskan mengenai tujuan, manfaat, dan kerugian menjadi subyek penelitian. Subyek selanjutnya diminta persetujuan untuk menjadi subyek penelitian dan menandatangani lembar persetujuan sebagai peserta (Lampiran 3).

#### B. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan menggunakan formulir yang telah disiapkan untuk melihat karakteristik sosio-demografik subyek, meliputi umur, pendidikan, dan pekerjaan (Lampiran 4). Selain itu, wawancara juga ditujukan untuk mengidentifikasi riwayat penyakit yang pernah/sedang diderita.

#### C. Seleksi (*Screening*)

Sebelum penelitian, dilakukan pengukuran tinggi badan dan berat badan untuk menentukan Indeks Massa Tubuh subyek penelitian. Selanjutnya, dilakukan pemeriksaan laboratorium yang meliputi pemeriksaan fungsi jantung (EKG), pengambilan darah untuk pemeriksaan hemoglobin (Hb), fungsi hati (SGOT/SGPT), dan glukosa darah sewaktu (GDS), serta pemeriksaan air seni untuk fungsi ginjal (*creatinin clearance*).

### 3.8.2 Prosedur Pengumpulan Data

#### A. Pengukuran antropometri

Pengukuran antropometri yang dilakukan meliputi pengukuran berat badan (BB), tinggi badan (TB), dan penghitungan Indeks Massa Tubuh (IMT). Pengukuran TB dilakukan satu kali sebelum perlakuan, sedangkan pengukuran BB dilakukan setiap 2 minggu sekali yaitu pada minggu 0 (sebelum perlakuan), minggu ke-2, minggu ke-4, minggu ke-6, dan minggu ke-8. IMT diinterpretasikan berdasarkan klasifikasi pada pria dewasa.

##### 1. Berat badan (BB)<sup>35</sup>

- Timbangan diletakkan di permukaan yang keras, rata, tanpa alas.
- Sebelum penimbangan, skala pada timbangan dipastikan menunjukkan angka 0 Kg.
- Subyek penelitian diminta berdiri ditengah-tengah pijakan timbangan tanpa alas kaki, kaus kaki, dan menggunakan pakaian seminimal mungkin.
- Penimbangan dilakukan sebanyak 2 kali, hasil dibaca dan dicatat.

##### 2. Tinggi badan (TB)<sup>35</sup>

- *Microtoise* ditarik tegak lurus hingga setinggi  $\pm 2$  meter dengan 0 cm tepat pada pijakan yang datar dan rata.
- Subyek penelitian berdiri tegak ditengah-tengah pijakan *microtoise* tanpa alas kaki, kaus kaki dan menggunakan pakaian seminimal mungkin.
- Subyek berdiri tegak, menghadap lurus ke depan, kaki rapat, kedua lengan tergantung bebas di samping badan.
- Bagian yang bergerak dari *microtoise* diturunkan dengan hati-hati hingga menyentuh bagian atas kepala, dan terus diturunkan hingga menekan rambut.
- Pengukuran dilakukan sebanyak 2 kali, hasil dibaca dan dicatat.

##### 3. Penghitungan Indeks Massa Tubuh (IMT)<sup>36</sup>

Penghitungan IMT dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{IMT (Kg/m}^2\text{)} = \frac{\text{BB (Kg)}}{\text{TB}^2 \text{ (m)}}$$

Interpretasi hasil penghitungan IMT dilakukan berdasarkan klasifikasi IMT pada pria dewasa:

- BMI 19.5 – 24.5 : Normal
- BMI 24.5 – 29.5 : Berat badan berlebih (*overweight*)
- BMI  $\geq$  29.5 : *Obese*

#### **B. Pemantauan asupan makanan dan aktivitas fisik**

Penilaian asupan makanan dan aktivitas fisik diperoleh dengan cara *recall* (24 jam) 1x seminggu selama penelitian. Pencatatan aktivitas fisik dilakukan pada formulir catatan aktivitas fisik per-24 jam (lampiran 5 dan lampiran 6). Pencatatan tersebut ditujukan untuk memantau bahwa subyek penelitian tidak boleh meningkatkan porsi olahraga terutama melebihi 2 x 1 jam dalam seminggu, dengan jumlah pemakaian energi masing-masing melebihi 300 kcal. Atau, melakukan aktivitas yang setara dengan itu. Sedangkan pencatatan asupan makanan dilakukan pada formulir catatan asupan makanan per-24 jam (Lampiran 7), dan analisis asupan makanan dilakukan dengan menggunakan program *NutriSurvey* 2007.

#### **C. Kerja fisik intensitas sedang**

Uji kerja fisik intensitas sedang dilakukan dengan cara berlari di treadmill. Kecepatan berlari 3 - 4 mph ditentukan berdasarkan berat badan dan jumlah pemakaian energi sebesar 5.2 - 5.8 kcal/mnt. Pemakaian energi sebesar itu ditentukan berdasarkan klasifikasi kerja fisik intensitas sedang pada pria dewasa (Lampiran 8).<sup>3</sup>

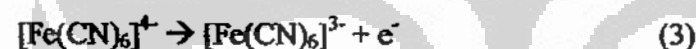
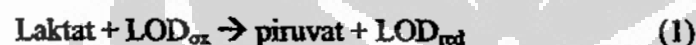
#### **D. Pengukuran kadar laktat dan durasi kerja fisik**

Pengukuran kadar laktat dilakukan dengan cara mengambil sampel darah kapiler di ujung jari  $\pm$ 10  $\mu$ L (2 tetes) melalui tusukan jarum steril. Selanjutnya, sampel laktat darah diukur dengan menggunakan *Laktat-Pro Portable Analyzer* (Arkray, Japan). Pengukuran kadar laktat dilakukan pada saat sebelum perlakuan suplementasi omega-3 (minggu 0) dan setelah perlakuan suplementasi omega-3 (minggu 8). Pada minggu 0 pengambilan sampel darah dilakukan sebanyak tiga kali, yaitu sebelum berlari di treadmill, pada menit ke-10, dan pada saat subyek penelitian merasa kelelahan/ tidak mampu lagi untuk berlari. Pada minggu 8 pengambilan sampel darah juga dilakukan

sebanyak tiga kali, yaitu sebelum berlari di treadmill, pada menit ke-10, dan pada saat subyek penelitian merasa kelelahan/ tidak mampu lagi untuk berlari.

Pengukuran durasi kerja fisik dilakukan pada saat sebelum perlakuan suplementasi omega-3 (minggu 0) dan setelah perlakuan suplementasi omega-3 (minggu 8). Pengukuran dilakukan dengan cara mencatat lamanya subyek penelitian mampu melakukan kerja fisik intensitas sedang – berlari di treadmill. Durasi yang diukur adalah pada saat mulai berlari di treadmill hingga merasa kelelahan/ tidak mampu lagi untuk berlari.

Pengukuran kadar laktat darah dengan menggunakan alat *Laktat-Pro Portable Analyzer* (Arkray, Japan) didasarkan pada prinsip reaksi sebagai berikut (Lampiran 9):



Reaksi 1 dan 2 terjadi secara serentak. Laktat di dalam darah dioksidasi oleh enzim laktat oksidase teroksidasi ( $\text{LOD}_{\text{ox}}$ ) menjadi piruvat;  $\text{LOD}_{\text{ox}}$  direduksi menjadi laktat oksidase tereduksi ( $\text{LOD}_{\text{red}}$ ).  $\text{LOD}_{\text{red}}$  dioksidasi bersama dengan ferrisianida, suatu mediator elektron, untuk menjadi  $\text{LOD}_{\text{ox}}$  yang kemudian mengoksidasi laktat kembali. Ferrisianida menjadi tereduksi membentuk ferrosianida. Ferrosianida pada akhirnya dioksidasi menjadi ferrisianida oleh suatu elektroda dengan potensial +0.5 V, seperti yang terjadi pada persamaan 3. Arus anoda kemudian diukur pada suatu amperometer.<sup>37</sup>

#### E. Protokol pengambilan data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan berdasarkan protokol sebagai berikut:

1. Pengambilan data dilakukan di pagi hari pk. 08.00 – 10.30, sebelum subyek penelitian melakukan aktivitas rutin.
2. Subyek penelitian diharuskan untuk tidur  $\pm$  8 jam pada malam sebelum pengambilan data.
3. Subyek penelitian diharuskan untuk sarapan seperti biasa,  $\pm$  2 jam sebelum pengambilan data.

4. Subyek penelitian diharuskan berbaring (istirahat)  $\pm$  30 menit sebelum berlari di treadmill.
5. Pengukuran gula darah sewaktu (GDS), kadar laktat darah, dan tekanan darah pre exercise dilakukan setelah subyek penelitian berbaring  $\pm$  30 menit  $\rightarrow$  sampel darah 10  $\mu$ l.
6. Kerja fisik intensitas sedang dengan cara berlari di treadmill dilakukan sesuai dengan kecepatan yang telah ditentukan untuk masing-masing individu subyek penelitian (3 - 4 mph), berdasarkan berat badan dan jumlah pemakaian energi.
7. Pengukuran kadar laktat darah, denyut jantung, dan tekanan darah dilakukan pada menit ke 10 exercise  $\rightarrow$  sampel darah 5  $\mu$ l.
8. Pengukuran kadar laktat darah, durasi kerja fisik, denyut jantung, dan tekanan darah dilakukan pada saat adanya keluhan lelah dan subyek penelitian tidak dapat melanjutkan kerja fisik  $\rightarrow$  sampel darah 5  $\mu$ l.
9. Pengambilan data selesai, selanjutnya dilakukan pengolahan dan analisa data.

### **3.9 Pengolahan, analisa, dan penyajian data**

#### **3.9.1 Pengolahan data**

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Statistical Program for Social Science (SPSS)* versi 11.5.

#### **3.9.2 Analisa dan interpretasi**

Uji statistik yang digunakan adalah:

- Menilai sebaran data untuk menentukan data penelitian berdistribusi normal atau tidak. Penilaian sebaran data dilakukan dengan uji Shapiro-Wilk.
- Bila sebaran data mempunyai distribusi normal, maka digunakan uji t berpasangan.
- Bila sebaran data mempunyai distribusi tidak normal, maka digunakan uji Wilcoxon.
- Batas kemaknaan yang digunakan adalah: tidak bermakna bila  $p \geq 0.05$ , dan bermakna bila  $p < 0.05$ .

#### **3.9.3 Penyajian data dan laporan**

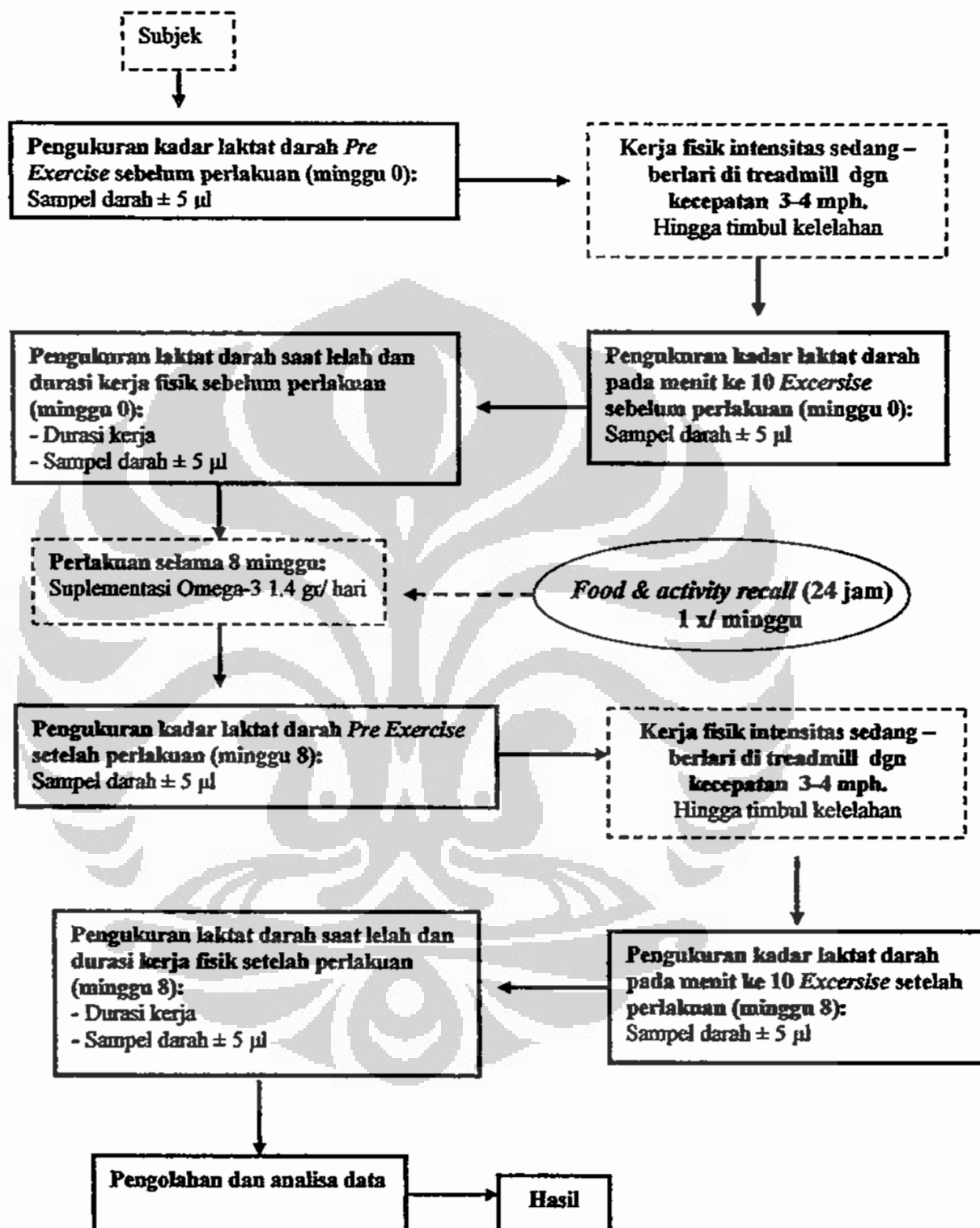
Data akan disajikan dalam bentuk tabular dan grafikal, serta dilaporkan dalam bentuk tesis.



### 3.10 Definisi operasional

1. **Subjek penelitian** adalah populasi sampel yang memenuhi kriteria penerimaan dan bersedia ikut serta dalam penelitian.
2. **Kerja fisik intensitas sedang** adalah aktivitas berlari pada treadmill yang dilakukan oleh subyek penelitian dengan jumlah pemakaian energi sebesar 5.2 – 5.8 kcal/mnt.
3. **Durasi kerja** adalah lamanya waktu yang dibutuhkan oleh subjek penelitian untuk berlari pada treadmill hingga merasa kelelahan.
4. **Kadar laktat darah** adalah nilai yang diperoleh dari hasil pengukuran konsentrasi laktat darah subjek penelitian.
5. **Intensitas kerja** adalah tingkat kerja tertentu untuk mempertahankan aktivitas otot yang dapat dilihat dari jumlah pemakaian energi (*energi expenditure*) selama kurun waktu tertentu, dinyatakan dalam kcal/menit.
6. **Daya tahan kontraksi otot rangka** adalah kemampuan subjek penelitian untuk tetap dapat melakukan kerja fisik intensitas sedang selama kurun waktu tertentu.

## 3.11 Alur penelitian



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

Pengumpulan data dilakukan mulai bulan April 2009 sampai dengan Juni 2009 di Laboratorium Fisiologi FK-UI. Parameter yang diukur adalah kadar laktat darah dan durasi kerja fisik pada subyek penelitian yang diberi suplemen omega-3 1400 mg/hari selama 8 minggu. Pemeriksaan kadar laktat darah dilakukan dengan menggunakan alat *Laktat-Pro Portable Analyzer* (Arkray, Japan).

Populasi penelitian adalah semua mahasiswa pria di STIKes Binawan, Jakarta. Terdapat 12 orang mahasiswa pria yang secara sukarela menyatakan bersedia mengikuti penelitian. Pada tahap seleksi awal berdasarkan kriteria penerimaan, dua orang dikeluarkan. Satu orang dikeluarkan karena hasil pemeriksaan hemoglobin menunjukkan anemia ( $< 13\text{g/dl}$ ), sedangkan satu orang lainnya dikeluarkan karena hasil pemeriksaan EKG menunjukkan adanya *Right Bundle Branch Block* (RBBB). Pada akhirnya, 10 orang responden mengikuti penelitian sampai selesai. Jumlah sampel tersebut sesuai dengan jumlah sampel minimal dalam penelitian.

#### 4.1 Karakteristik umum subyek penelitian

**Tabel 4.1. Karakteristik umum subyek sebelum penelitian**

Karakteristik Umum	Mean $\pm$ SD	Nilai Rujukan
Usia (tahun)	21.4 $\pm$ 1.28	--
Berat Badan (kg)	59.45 $\pm$ 6.06	--
Tinggi Badan (cm)	166.9 $\pm$ 6.35	--
IMT ( $\text{kg/m}^2$ )	21.3 $\pm$ 1.09	19.5 – 24.5
Hasil Laboratorium:		
Hemoglobin (g/dl)	15.31 $\pm$ 0.43	14 – 18
SGOT (U/L)	19.9 $\pm$ 4.33	< 33
SGPT (U/L)	14.6 $\pm$ 8.43	< 50

Tabel 4.1 menggambarkan karakteristik umum subyek penelitian. Subyek penelitian adalah mahasiswa pria di STIKes Binawan, Jakarta. Usia terendah subyek adalah 20 tahun dan usia tertinggi adalah 24 tahun dengan nilai rerata  $21.4 \pm 1.28$ . Nilai rerata Indeks Massa Tubuh (IMT) subyek penelitian adalah  $21.3 \pm 1.09$  dan berada dalam rentang nilai rujukan. Nilai IMT terendah adalah 19.6 dan tertinggi adalah 23.63. Selain itu, hasil pemeriksaan laboratorium yang meliputi pemeriksaan kadar hemoglobin, SGOT, dan SGPT semuanya menunjukkan hasil rerata dalam rentang nilai rujukan. Hal ini menggambarkan bahwa nilai rerata IMT dan hasil pemeriksaan laboratorium adalah normal. Dengan demikian subyek penelitian memenuhi kriteria penerimaan untuk ikut serta dalam penelitian.

#### 4.2 Perbedaan Berat Badan, Kecepatan Treadmill, dan Pemakaian Energi selama berlari pada minggu 0 dan minggu 8

**Tabel 4.2.1. Perbedaan Berat Badan, Kecepatan Treadmill, dan Pemakaian Energi selama kerja fisik sebelum (minggu 0) dan setelah pertakuan (minggu 8).**

Subyek	Berat Badan (Kg)			Kec. Treadmill (mph)			Pemakaian Energi (kcal/mnt)		
	Mgg 0	Mgg 8	Diff (d)	Mgg 0	Mgg 8	Diff (d)	Mgg 0	Mgg 8	Diff (d)
A	59	58.5	0.5	4	4	0	5.7	5.65	0.05
B	62	61	1	3.5	3.5	0	5.3	5.2	0.1
C	73	72.5	0.5	3	3	0	5.4	5.35	0.05
D	66	66	0	3.5	3.5	0	5.7	5.7	0
E	53	54	1	4	4	0	5.2	5.3	0.1
F	56	56.5	0.5	4	4	0	5.4	5.45	0.05
G	57.5	58	0.5	4	4	0	5.6	5.7	0.1
H	53.5	54	0.5	4	4	0	5.3	5.35	0.05
I	56	56	0	4	4	0	5.4	5.4	0
J	59	58	1	4	4	0	5.7	5.6	0.1
<b>Mean</b>	59.5	59.4	0.55	3.8	3.8	0	5.47	5.47	0.06
<b>SD</b>	6.13	5.78	0.37	0.35	0.35	0	0.19	0.18	0.04

Keterangan:

- Diff (d) : Besarnya nilai perubahan yang terjadi antara minggu 0 dan minggu 8.

Tabel 4.2.1 menunjukkan perbedaan berat badan, kecepatan treadmill, dan pemakaian energi selama kerja fisik di minggu 0 dan minggu 8 pada setiap individu subyek penelitian. Terdapat perubahan berat badan antara minggu 0 dan minggu 8 yang dialami oleh setiap individu subyek penelitian, baik berupa peningkatan maupun penurunan. Perubahan tersebut terjadi pada rentang Diff (d) 0.5-1. Sedangkan pada kecepatan treadmill, tidak terjadi perubahan kecepatan berlari yang harus dilakukan oleh setiap individu baik pada minggu 0 dan minggu 8. Hal ini dapat terlihat dari nilai 0 pada Diff (d) kecepatan treadmill setiap individu subyek penelitian. Selain itu, terjadi perubahan jumlah pemakaian energi selama kerja fisik di minggu 0 dan minggu 8, baik berupa peningkatan maupun penurunan. Perubahan jumlah pemakaian energi tersebut terjadi pada rentang Diff (d) 0.5-1.

**Tabel 4.2.2. Kemaknaan perbedaan nilai rerata Berat Badan (BB), Kecepatan Treadmill, dan Pemakaian Energi selama berlari pada minggu 0 dan minggu 8.**

Variabel	Mean ± SD	Mean ± SD	p	Kemaknaan
	Minggu 0	Minggu 8		
Perub BB mgg 0-8	59.5 ± 6.13	59.4 ± 5.78	0.82*	Tidak bermakna
Perub kec.treadmill mgg 0-8	3.8 ± 0.35	3.8 ± 0.35	1.00 <sup>+</sup>	Tidak bermakna
Perub energi mgg 0-8	5.47 ± 0.19	5.47 ± 0.18	1.00*	Tidak bermakna

Keterangan: \* : Berdasarkan hasil uji t-berpasangan  
 + : Berdasarkan hasil uji Wilcoxon  
 Bermakna : p < 0.05  
 Tidak bermakna : p ≥ 0.05

Kemaknaan perbedaan nilai rerata berat badan, kecepatan treadmill, dan pemakaian energi selama berlari pada minggu 0 dan minggu 8 ditunjukkan oleh tabel 4.2.2. Berdasarkan hasil uji t-berpasangan, tidak terdapat perbedaan yang bermakna (p=0.82) pada nilai rerata berat badan dari 59.5±6.13 kg pada minggu 0 menjadi 59.4±5.78 kg pada minggu 8. Sedangkan pada kecepatan treadmill, tidak terjadi perubahan nilai rerata pada minggu 0 dan minggu 8 yaitu tetap pada 3.8±0.35 mph. Dan berdasarkan hasil uji Wilcoxon, tidak didapati adanya perbedaan bermakna (p=1.00) antara nilai rerata kecepatan treadmill pada minggu 0 dan minggu 8. Demikian pula pada jumlah pemakaian energi selama berlari, berdasarkan hasil uji t-berpasangan, tidak terdapat perbedaan bermakna (p=1.00) pada nilai rerata dari 5.47±0.19 kcal/mnt pada minggu 0 menjadi 5.47 ± 0.18 kcal/mnt pada minggu 8.

### 4.3 Perubahan nilai rerata asupan/ diet: energi, karbohidrat, lemak, dan protein pada minggu 2, minggu 4, minggu 6, dan minggu 8 penelitian.

Tabel 4.3.1 menunjukkan perubahan nilai rerata asupan/ diet: energi, karbohidrat, lemak, dan protein pada minggu 2, minggu 4, minggu 6, dan minggu 8 penelitian. Pada dasarnya, dapat terlihat adanya perubahan nilai rerata asupan/ diet: energi, karbohidrat, lemak, dan protein selama penelitian 8 minggu.

**Tabel 4.3.1 Perubahan nilai rerata asupan/ diet: energi, karbohidrat, lemak, dan protein pada minggu 2, minggu 4, minggu 6, dan minggu 8 penelitian.**

Variabel	Minggu 2	Minggu 4	Minggu 6	Minggu 8
Total Energi (kcal)	2044.48 ± 66.54	2006.12 ± 62.64	2011.01 ± 63.03	2014.56 ± 65.98
Karbohidrat (gr)	242.77 ± 23.34	251.37 ± 27.28	236.55 ± 24.38	253.92 ± 26.55
Lemak (gr)	65.14 ± 7.39	62.92 ± 6.68	65.23 ± 7.09	62.43 ± 9.22
Protein (gr)	113.01 ± 17.68	110.74 ± 20.89	110.68 ± 24.63	119.47 ± 14.67

Tingkat kemaknaan dari perubahan tersebut diatas dapat dilihat pada tabel 4.3.2. Berdasarkan hasil uji t-berpasangan, tidak didapati adanya perbedaan yang bermakna antara nilai rerata total energi minggu 2 – minggu 4 ( $p=0.14$ ), nilai rerata total energi minggu 4 – minggu 6 ( $p=0.76$ ), dan nilai rerata total energi minggu 6 – minggu 8 ( $p=0.88$ ). Selain itu, tidak didapati pula adanya perbedaan yang bermakna antara nilai rerata asupan karbohidrat minggu 2 – minggu 4 ( $p=0.113$ ), minggu 4 – minggu 6 ( $p=0.112$ ), dan minggu 6 – minggu 8 ( $p=0.109$ ). Dan juga, tidak terdapat perbedaan yang bermakna antara nilai rerata asupan lemak minggu 2 – minggu 4 ( $p=0.32$ ), nilai rerata asupan lemak minggu 4 – minggu 6 ( $p=0.33$ ), dan nilai rerata asupan lemak minggu 6 – minggu 8 ( $p=0.42$ ). Pada nilai rerata asupan protein, tidak terdapat pula perbedaan bermakna antara nilai rerata asupan protein minggu 2 – minggu 4 ( $p=0.77$ ), nilai rerata asupan protein minggu 4 – minggu 6 ( $p=0.99$ ), dan nilai rerata asupan protein minggu 6 – minggu 8 ( $p=0.21$ ). Dengan demikian, tidak terdapat perubahan yang bermakna pada nilai rerata asupan/ diet: energi, karbohidrat, lemak, dan protein selama penelitian.

**Tabel 4.3.2 Kemaknaan Perubahan nilai rerata asupan/ diet: energi, karbohidrat, lemak, dan protein pada minggu 2, minggu 4, minggu 6, dan minggu 8 penelitian.**

Variabel	p*	Kemaknaan
Tot. Energi minggu 2 – minggu 4 (kcal)	0.14	Tidak bermakna
Tot. Energi minggu 4 – minggu 6 (kcal)	0.76	Tidak bermakna
Tot. Energi minggu 6 – minggu 8 (kcal)	0.88	Tidak bermakna
Asupan karbohidrat minggu 2 – minggu 4 (gr)	0.113	Tidak bermakna
Asupan karbohidrat minggu 4 – minggu 6 (gr)	0.112	Tidak bermakna
Asupan karbohidrat minggu 6 – minggu 8 (gr)	0.109	Tidak bermakna
Asupan lemak minggu 2 – minggu 4 (gr)	0.32	Tidak bermakna
Asupan lemak minggu 4 – minggu 6 (gr)	0.33	Tidak bermakna
Asupan lemak minggu 6 – minggu 8 (gr)	0.42	Tidak bermakna
Asupan protein minggu 2 – minggu 4 (gr)	0.77	Tidak bermakna
Asupan protein minggu 4 – minggu 6 (gr)	0.99	Tidak bermakna
Asupan protein minggu 6 – minggu 8 (gr)	0.21	Tidak bermakna

Keterangan: \* : Berdasarkan hasil uji t-berpasangan  
 Bermakna :  $p < 0.05$   
 Tidak bermakna :  $p \geq 0.05$

#### 4.4 Perubahan keluaran kalori aktivitas fisik sehari-hari

Tabel 4.4.1 menunjukkan perubahan nilai rerata keluaran kalori aktivitas fisik sehari-hari pada minggu 2, minggu 4, minggu 6, dan minggu 8 penelitian. Pada dasarnya, dapat terlihat adanya perubahan nilai rerata perubahan nilai rerata keluaran kalori aktivitas fisik sehari-hari selama penelitian 8 minggu.

**Tabel 4.4.1 Perubahan keluaran kalori selama aktivitas fisik sehari-hari**

Variabel	Minggu 2	Minggu 4	Minggu 6	Minggu 8
Keluaran kalori sehari-hari (kcal)	2095±148.04	2115±190.92	2084±209.51	2076±196.37

Tingkat kemaknaan dari perubahan tersebut diatas dapat dilihat pada tabel 4.4.2. Berdasarkan hasil uji t-berpasangan, tidak didapati adanya perbedaan yang bermakna antara nilai rerata keluaran kalori aktivitas fisik sehari-hari minggu 2 – minggu 4 ( $p=0.69$ ), nilai rerata keluaran kalori aktivitas fisik sehari-hari minggu 4 – minggu 6 ( $p=0.35$ ), dan nilai rerata keluaran kalori aktivitas fisik sehari-hari minggu 6 – minggu 8

( $p=0.91$ ). Dengan demikian, tidak terdapat perubahan yang bermakna pada nilai rerata keluaran kalori aktivitas fisik sehari-hari selama penelitian.

**Tabel 4.4.2 Kemaknaan perubahan keluaran kalori selama aktivitas fisik sehari-hari**

Variabel	$p^*$	Kemaknaan
Keluaran kalori minggu 2 – minggu 4	0.69	Tidak bermakna
Keluaran kalori minggu 4 – minggu 6	0.35	Tidak bermakna
Keluaran kalori minggu 6 – minggu 8	0.91	Tidak bermakna

Keterangan: \* : Berdasarkan hasil uji t-berpasangan  
 Bermakna :  $p < 0.05$   
 Tidak bermakna :  $p \geq 0.05$

#### 4.5 Perubahan nilai rerata kadar hemoglobin (Hb), dan Gula Darah Sewaktu (GDS) *pre-exercise* sebelum dan setelah perlakuan

Tabel 4.5 menunjukkan perubahan nilai rerata kadar Hb sebelum dan sesudah perlakuan. Nilai rerata Hb sebelum perlakuan adalah  $15.31 \pm 0.43$  g/dl dan setelah perlakuan adalah  $15.08 \pm 0.52$  g/dl. Hasil uji t-berpasangan untuk nilai rerata Hb adalah  $p=0.69$ . Selain itu, didapati pula adanya perubahan pada nilai rerata GDS *pre-exercise* dari  $98.9 \pm 7.92$  mg/dl pada minggu 0 menjadi  $99.8 \pm 8.2$  mg/dl di minggu 8, walaupun secara statistik perubahan tersebut tidak bermakna ( $p=0.67$ ). Dengan demikian, tidak terdapat perbedaan yang bermakna pada nilai rerata kadar Hb dan GDS *pre-exercise* sebelum dan sesudah perlakuan.

**Tabel 4.5 Perubahan nilai rerata kadar hemoglobin (Hb), dan Gula Darah Sewaktu (GDS) *pre-exercise* sebelum dan setelah perlakuan.**

Variabel	Minggu 0	Minggu 8	$p^*$	Kemaknaan
Hb (g/dl)	$15.31 \pm 0.43$	$15.08 \pm 0.52$	0.69	Tidak bermakna
GDS (mg/dl)	$98.9 \pm 7.92$	$99.8 \pm 8.2$	0.67	Tidak bermakna

Keterangan: \* : Berdasarkan hasil uji t-berpasangan  
 Bermakna :  $p < 0.05$   
 Tidak bermakna :  $p \geq 0.05$



#### 4.6 Perubahan kadar laktat darah dan durasi kerja fisik sebelum dan sesudah perlakuan

Perubahan kadar laktat darah dan durasi kerja fisik sebelum (minggu 0) dan sesudah (minggu 8) perlakuan ditunjukkan oleh tabel 4.6.1. Berdasarkan hasil uji t-berpasangan, nilai rerata kadar laktat darah pre-exercise mengalami penurunan yang bermakna ( $p=0.003$ ) dari  $3.04 \pm 1.05$  mmol/L di minggu 0 menjadi  $2.45 \pm 0.93$  mmol/L di minggu 8. Demikian pula dengan nilai rerata kadar laktat darah pada 10 menit exercise, didapati adanya penurunan yang bermakna ( $p=0.001$ ) dari  $11.28 \pm 3.89$  mmol/L di minggu 0 menjadi  $7.93 \pm 2.02$  mmol/L di minggu 8. Nilai rerata kadar laktat darah pada saat lelah juga mengalami penurunan secara bermakna ( $p=0.003$ ) dari  $12.67 \pm 3.83$  mmol/L di minggu 0 menjadi  $8.86 \pm 1.71$  mmol/L di minggu 8. Secara keseluruhan, terlihat adanya penurunan nilai rerata kadar laktat darah secara bermakna dari minggu 0 ke minggu 8. Sebaliknya pada durasi kerja fisik, didapati peningkatan nilai rerata yang bermakna ( $p=0.005$ ) dari  $24.44 \pm 11.74$  menit di minggu 0 menjadi  $27.99 \pm 12.41$  menit di minggu 8. Dengan demikian, dapat terlihat bahwa nilai rerata durasi kerja fisik sebelum dan sesudah perlakuan mengalami peningkatan yang bermakna.

**Tabel 4.6.1** Kemaknaan perubahan kadar laktat darah dan durasi kerja fisik sebelum dan setelah perlakuan.

Variabel	Mean $\pm$ SD Minggu 0	Mean $\pm$ SD Minggu 8	P*	Kemaknaan
Kadar laktat darah pre-exercise (mmol/L)	$3.04 \pm 1.05$	$2.45 \pm 0.93$	0.003	Bermakna
Kadar laktat darah 10 menit exercise (mmol/L)	$11.28 \pm 3.89$	$7.93 \pm 2.02$	0.001	Bermakna
Kadar laktat darah saat lelah (mmol/L)	$12.67 \pm 3.83$	$8.86 \pm 1.71$	0.003	Bermakna
Durasi kerja (menit)	$24.44 \pm 11.74$	$27.99 \pm 12.41$	0.005	Bermakna

Keterangan: \* Berdasarkan hasil uji t-berpasangan  
 Bermakna :  $p < 0.05$   
 Tidak bermakna :  $p \geq 0.05$

Selain itu, tabel 4.6.2 menunjukkan adanya penurunan kecepatan akumulasi laktat darah ( $\Delta$  laktat) setelah 8 minggu perlakuan. Kecepatan akumulasi laktat darah ( $\Delta$  laktat) pre exercise – 10 menit exercise menurun dari  $8.24 \pm 3.75$  mmol/L pada minggu 0 menjadi  $5.48 \pm 2.18$  mmol/L pada minggu 8. Dengan uji t-berpasangan diperoleh perbedaan bermakna ( $p = 0.002$ ) antara  $\Delta$  laktat pre exercise – 10 menit exercise di minggu 0 dan minggu 8. Demikian pula, didapati adanya penurunan yang bermakna ( $p = 0.005$ ) pada  $\Delta$  laktat pre exercise – lelah dari  $9.63 \pm 3.90$  mmol/L di minggu 0 menjadi  $6.41 \pm 1.95$  mmol/L di minggu 8. Dengan demikian, dapat terlihat adanya penurunan kecepatan akumulasi laktat darah secara bermakna antara sebelum dan sesudah perlakuan.

**Tabel 4.6.2 Kemaknaan perubahan kecepatan akumulasi laktat darah ( $\Delta$  laktat) sebelum dan sesudah perlakuan.**

Variabel	$\Delta$ Laktat Minggu 0	$\Delta$ Laktat Minggu 8	P*	Kemaknaan
Kec. Akumulasi laktat: Pre exercise – 10 menit (mmol/L)	$8.24 \pm 3.75$	$5.48 \pm 2.18$	0.002	Bermakna
Kec. Akumulasi laktat: pre exercise – lelah (mmol/L)	$9.63 \pm 3.90$	$6.41 \pm 1.95$	0.005	Bermakna
Keterangan:	* : Berdasarkan hasil uji t-berpasangan			
	Bermakna : $p < 0.05$			
	Tidak bermakna : $p \geq 0.05$			

#### 4.7 Perubahan denyut jantung dan tekanan darah selama kerja fisik sebelum dan sesudah perlakuan

Tabel 4.7 menunjukkan adanya perubahan denyut jantung dan tekanan darah selama kerja fisik sebelum dan sesudah perlakuan. Dengan uji t-berpasangan, didapati adanya penurunan yang bermakna ( $p=0.003$ ) pada nilai rerata denyut jantung pre-exercise dari  $102.3 \pm 20.69$  x/mnt di minggu 0 menjadi  $81.6 \pm 13.85$  x/mnt di minggu 8. Demikian pula dengan perubahan nilai rerata denyut jantung pada 10 menit exercise, terjadi penurunan yang bermakna ( $p=0.014$ ) dari  $182.3 \pm 11.24$  x/mnt di minggu 0 menjadi  $172.3 \pm 17.4$  x/mnt di minggu 8. Sedangkan berdasarkan uji Wilcoxon, nilai rerata denyut jantung saat lelah juga mengalami penurunan yang bermakna ( $p=0.025$ ) dari  $188.4 \pm 9.83$  x/mnt di minggu 0 menjadi  $181.7 \pm 14.69$  x/mnt di minggu 8. Dengan demikian, dapat terlihat adanya penurunan denyut jantung secara bermakna sebelum dan sesudah perlakuan.

Dan juga, pada tabel 4.7 dapat terlihat adanya perubahan nilai rerata tekanan darah sebelum dan sesudah perlakuan. Tekanan sistol pre-exercise mengalami penurunan dari  $114.5 \pm 9.56$  mmHg di minggu 0 menjadi  $110 \pm 11.54$  mmHg di minggu 8, walaupun penurunan tersebut adalah tidak bermakna ( $p=0.285$ ). Sedangkan pada tekanan diastol pre-exercise, berdasarkan hasil uji t-berpasangan, tidak terdapat adanya perbedaan yang bermakna ( $p=0.104$ ) pada perubahan dari  $66 \pm 8.43$  mmHg di minggu 0 menjadi  $62 \pm 10.32$  mmHg di minggu 8. Demikian pula pada perubahan tekanan sistol pada saat lelah, berdasarkan hasil uji Wilcoxon, tidak didapati adanya perbedaan yang bermakna ( $p=0.438$ ) dari  $149 \pm 19.12$  mmHg di minggu 0 menjadi  $152 \pm 12.23$  mmHg di minggu 8. Pada perubahan tekanan diastol saat lelah, berdasarkan hasil uji Wilcoxon, tidak didapati adanya perbedaan yang bermakna ( $p=0.655$ ) dari  $63 \pm 6.75$  mmHg di minggu 0 menjadi  $64 \pm 10.75$  mmHg di minggu 8. Dengan demikian, walaupun didapati adanya perubahan pada nilai rerata tekanan darah sebelum dan sesudah perlakuan, akan tetapi secara statistik perubahan tersebut tidak bermakna.

**Tabel 4.7** Kemaknaan perubahan denyut jantung dan tekanan darah selama kerja fisik sebelum dan sesudah perlakuan.

Variabel	Mean $\pm$ SD Minggu 0	Mean $\pm$ SD Minggu 8	P	Kemaknaan
Denyut jantung pre-exercise (x/mnt)	102.3 $\pm$ 20.69	81.6 $\pm$ 13.85	0.603*	Bermakna
Denyut jantung 10 menit exercise (x/mnt)	182.3 $\pm$ 11.24	172.3 $\pm$ 17.4	0.014*	Bermakna
Denyut jantung saat lelah (x/mnt)	188.4 $\pm$ 9.83	181.7 $\pm$ 14.69	0.025 <sup>†</sup>	Bermakna
Tekanan sistol pre-exercise (mmHg)	114.5 $\pm$ 9.56	110 $\pm$ 11.54	0.285 <sup>†</sup>	Tidak bermakna
Tekanan diastol pre-exercise (mmHg)	66 $\pm$ 8.43	62 $\pm$ 10.32	0.104*	Tidak bermakna
Tekanan sistol saat lelah (mmHg)	149 $\pm$ 19.12	152 $\pm$ 12.23	0.438 <sup>†</sup>	Tidak bermakna
Tekanan diastol saat lelah (mmHg)	63 $\pm$ 6.75	64 $\pm$ 10.75	0.655 <sup>†</sup>	Tidak bermakna

Keterangan: \* : Berdasarkan hasil uji t-berpasangan  
<sup>†</sup> : Berdasarkan hasil uji Wilcoxon  
 Bermakna :  $p < 0.05$   
 Tidak bermakna :  $p \geq 0.05$

## BAB V

### PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan berdasarkan pada penelitian yang dilakukan pada hewan percobaan dengan diet omega-3 selama 8 minggu. Pada penelitian tersebut ditemukan peningkatan kadar total asam lemak takjenuh majemuk omega-3 pada membran sel otot rangka. Selain itu, didapati pula adanya efek langsung pemberian diet omega-3 terhadap peningkatan daya tahan kontraksi otot rangka.<sup>5</sup> Sedangkan pada manusia, belum diketahui apakah konsumsi suplemen omega-3 juga efektif untuk meningkatkan daya tahan kontraktilitas otot rangka.

Omega-3 sebagai salah satu jenis asam lemak tak jenuh majemuk, dapat membentuk ikatan dengan tulang punggung (*backbone*) gliserol dari fosfogliserida membran sekaligus menentukan fluiditasnya.<sup>4</sup> Pada otot rangka, komposisi membran sel merefleksikan komposisi lemak yang terdapat pada diet yang dikonsumsi.<sup>5</sup> Inkorporasi omega-3 pada fosfogliserida membran mempengaruhi komposisi lapisan lipid membran dan meningkatkan fluiditasnya. Peningkatan fluiditas akan meningkatkan permeabilitas membran<sup>4</sup> dan menurunkan barrier fisik bagi difusi O<sub>2</sub>.<sup>24</sup> Suplai O<sub>2</sub> yang adekuat berperan penting dalam mempengaruhi aktivitas metabolisme aerobik-anaerobik dalam menyediakan ATP bagi otot yang bekerja.

Penelitian ini menggunakan desain *pre-post intervention* dengan kontrol diri sendiri, yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suplementasi omega-3 1400 mg/hari selama 8 minggu terhadap daya tahan kontraksi otot rangka selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada orang dewasa non-atlet. Jumlah sampel yang dipakai dalam penelitian ini adalah 10 orang dan sesuai dengan jumlah sampel minimal dalam penelitian.

#### 5.1 Karakteristik umum subyek penelitian

Subyek penelitian berusia 20 sampai 24 tahun. Hal ini sesuai dengan teori yang menyebutkan bahwa kekuatan fisik maksimal seseorang tercapai pada usia sekitar 15-20 tahun dan tetap berada dalam kondisi yang baik pada usia sekitar 20-30 tahun. Kekuatan fisik akan mulai mengalami penurunan setelah usia 30 tahun.<sup>1</sup> Dan juga, kekuatan otot pada umumnya mencapai maksimal pada rentang usia 20-30 tahun.

Massa otot dapat mengalami penurunan sebanyak 40-50% antara usia 25-80 tahun, yang disebabkan oleh hilangnya motor unit dan atrofi serat otot.<sup>3</sup> Pada penelitian ini, kelompok usia 20-24 tahun diharapkan akan memperlihatkan fungsi otot dan efek perlakuan yang maksimal.

Berdasarkan perhitungan nilai IMT subyek penelitian terendah adalah 19.6 dan tertinggi adalah 23.63. Nilai tersebut berada dalam rentang nilai normal rujukan (19.5–24.5).<sup>36</sup> Pada dasarnya, nilai IMT yang melebihi rentang normal menunjukkan bahwa terdapat asupan energi yang melebihi kebutuhan total energi tubuh.<sup>22</sup> Dengan demikian, nilai IMT dalam rentang normal menunjukkan adanya keseimbangan antara asupan energi dengan kebutuhan total energi tubuh, yang berarti berada dalam status gizi yang baik. Kriteria penerimaan IMT subyek penelitian pada rentang normal merupakan salah satu cara untuk memastikan bahwa subyek penelitian berada dalam status gizi yang baik. Sehingga, diharapkan efek perlakuan pada penelitian ini bukan disebabkan oleh faktor perbedaan status gizi.

Karakteristik umum lainnya seperti kadar Hb, SGOT, dan SGPT semuanya menunjukkan rerata dalam rentang nilai rujukan. Kadar Hb didalam darah mencerminkan efektivitas sistem pengangkutan oksigen untuk diantarkan ke jaringan, termasuk otot rangka. Hal ini berdasarkan teori yang menyebutkan bahwa 98% oksigen di dalam darah ditransportasikan dengan cara berikatan pada molekul Hb.<sup>23</sup> Pada penelitian ini, kriteria penerimaan dengan kadar Hb dalam rentang nilai normal bertujuan agar efek perlakuan yang timbul bukan disebabkan oleh faktor gangguan pada sistem pengangkutan oksigen di dalam darah. Sedangkan kadar *serum glutamic-oxaloacetic transaminase* (SGOT) dan *serum glutamic-pyruvate transaminase* (SGPT) merupakan indikator penting yang menggambarkan fungsi hati. Peningkatan kadar SGOT dan SGPT dapat mengindikasikan adanya gangguan pada fungsi hati.<sup>32</sup> Hati merupakan organ yang berperan penting dalam metabolisme energi selama kerja fisik, terutama pada proses glikogenolisis dan glukoneogenesis.<sup>3,16,23</sup> Dengan kadar SGOT dan SGPT yang berada dalam rentang nilai normal, diharapkan subyek penelitian memiliki fungsi hati yang normal sehingga efek perlakuan yang timbul bukan disebabkan oleh adanya gangguan pada proses metabolisme energi.

## 5.2 Perbedaan Berat Badan, Kecepatan Treadmill, dan Pemakaian Energi selama berlari pada minggu 0 dan minggu 8

Berat badan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi jumlah pemakaian energi saat melakukan kerja fisik. Pada dasarnya, jumlah kebutuhan energi untuk melakukan kerja fisik akan meningkat seiring dengan peningkatan massa tubuh. Ini berarti, perubahan pada berat badan akan mempengaruhi perubahan intensitas kerja fisik - yang diartikan sebagai jumlah pemakaian energi dalam satu satuan waktu (kcal/mnt) untuk mempertahankan aktivitas otot.<sup>3</sup>

Pada hasil penelitian, didapati adanya perbedaan berat badan sebelum (minggu 0) dan setelah perlakuan (minggu 8) pada setiap individu subyek penelitian, walaupun perbedaan tersebut secara statistik tidak bermakna ( $p=0.82$ ). Penelitian ini menunjukkan bahwa pada saat aktivitas berlari dilakukan dengan kecepatan yang sama (3-4 mph) pada minggu 0 dan minggu 8, adanya perbedaan berat badan turut mempengaruhi perubahan jumlah pemakaian energi selama berlari. Hasil ini sejalan dengan teori yang mengemukakan bahwa berat badan akan mempengaruhi jumlah pemakaian energi tubuh pada saat melakukan kerja fisik,<sup>3</sup> termasuk pada saat berlari di treadmill dengan kecepatan tertentu. Walaupun secara statistik, perubahan jumlah pemakaian energi antara minggu 0 dan minggu 8 tersebut adalah tidak bermakna ( $p=1.00$ ).

Tidak adanya perbedaan yang bermakna pada nilai rerata perubahan berat badan ( $p=0.82$ ), kecepatan treadmill ( $p=1.00$ ), dan jumlah pemakaian energi selama kerja fisik ( $p=1.00$ ) menggambarkan bahwa kerja fisik yang dilakukan di minggu 0 dan minggu 8 berada pada intensitas kerja yang tetap. Selain itu, tidak adanya perbedaan yang bermakna pada perubahan berat badan ( $p=0.82$ ) sebelum dan sesudah penelitian memperlihatkan bahwa salah satu faktor yang dapat mempengaruhi perubahan intensitas kerja sudah dikontrol pada penelitian ini. Sehingga, efek perlakuan – akumulasi laktat darah dan respon kelelahan – yang timbul pada penelitian ini bukan disebabkan oleh perubahan berat badan yang mempengaruhi intensitas kerja.

### 5.3 Perubahan nilai rerata asupan/ diet: energi, karbohidrat, lemak, dan protein pada minggu 2, minggu 4, minggu 6, dan minggu 8 penelitian.

Kebutuhan energi per-hari untuk orang dewasa yang tidak aktif (*sedentary*) adalah  $\pm 2000$  kalori/hari.<sup>22</sup> Pada penelitian ini, nilai rerata asupan total energi terendah adalah  $2006.12 \pm 62.64$  kalori/hari pada minggu 4 dan tertinggi adalah  $2044.48 \pm 66.54$  kalori/hari pada minggu 2. Dengan demikian, asupan total energi pada penelitian ini sudah memenuhi kebutuhan minimal per-hari yang dianjurkan bagi *sedentary people*.

Jumlah asupan karbohidrat minimal yang dianjurkan bagi *sedentary people* adalah  $\pm 200$  gr/hari, lemak  $\pm 30-35$  gr/hari, dan protein  $\pm 50$  gr/hari.<sup>3</sup> Teori tersebut sesuai dengan hasil yang didapati pada penelitian ini, yaitu nilai rerata asupan karbohidrat terendah adalah  $236.55 \pm 24.38$  gr/hari pada minggu 6 dan tertinggi adalah  $253.92 \pm 26.55$  gr/hari pada minggu 8. Sedangkan nilai rerata asupan lemak terendah adalah  $62.43 \pm 9.22$  gr/hari pada minggu 8 dan tertinggi adalah  $65.23 \pm 7.09$  gr/hari pada minggu 6. Nilai rerata asupan protein terendah pada penelitian ini adalah  $110.68 \pm 24.63$  gr/hari pada minggu 6 dan tertinggi adalah  $119.47 \pm 14.67$  gr/hari pada minggu 8. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa asupan karbohidrat, lemak, dan protein pada penelitian ini sudah memenuhi kebutuhan minimal per hari yang dianjurkan bagi *sedentary people*.

Pada dasarnya karbohidrat, lemak, dan protein berperan penting sebagai sumber energi untuk digunakan dalam proses metabolisme tubuh.<sup>1</sup> Dalam proses metabolisme energi, karbohidrat merupakan sumber utama penyediaan glukosa di dalam tubuh dan berperan penting dalam proses glikogenesis. Sedangkan lemak, merupakan sumber utama untuk penyediaan asam-asam lemak dan gliserol serta berperan penting dalam proses lipogenesis dan glukoneogenesis. Protein merupakan sumber utama untuk penyediaan asam-asam amino di dalam tubuh dan dapat digunakan sebagai sumber energi melalui proses glukoneogenesis. Asupan karbohidrat, lemak, dan protein yang tidak adekuat dapat mempengaruhi efektifitas penyediaan sumber energi bagi metabolisme selama kerja fisik. Sehingga, turut berperan penting dalam mempengaruhi timbulnya respon kelelahan.

Pada penelitian ini, tidak didapati adanya perbedaan yang bermakna pada asupan total energi, karbohidrat, lemak, dan protein selama 8 minggu penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa asupan total energi, karbohidrat, lemak, dan protein merupakan faktor yang dapat dikontrol selama penelitian. Sehingga, efek perlakuan – akumulasi laktat darah dan respon kelelahan – yang timbul pada penelitian ini bukan disebabkan oleh perubahan asupan nutrisi yang mempengaruhi penyediaan sumber energi untuk kelangsungan metabolisme tubuh.

#### 5.4 Perubahan keluaran kalori selama aktivitas fisik sehari-hari

Pada penelitian ini didapati hasil nilai rerata keluaran kalori terendah adalah  $2076 \pm 196.37$  kalori/hari pada minggu 8 dan tertinggi adalah  $2115 \pm 190.92$  kalori/hari pada minggu 4. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat keseimbangan antara nilai rerata keluaran kalori per-hari dengan asupan total energi selama penelitian. Hasil ini sesuai dengan teori yang menyebutkan bahwa nilai rerata keluaran energi per-hari pada *sedentary people* adalah  $\pm 2000$  kalori/hari.<sup>22</sup>

Keluaran kalori per-hari mencerminkan beban kerja yang dilakukan selama aktivitas fisik sehari-hari. Sehingga, apabila terjadi peningkatan keluaran kalori secara terus menerus dalam jangka waktu yang panjang, maka dapat menstimulasi timbulnya respon adaptasi tubuh yang meliputi: perubahan pada tingkat seluler (struktural, enzimatik) maupun sistemik (t.u. kinerja sistem kardiorespiratori).<sup>13</sup> Adaptasi tersebut mempengaruhi efektifitas pengantaran oksigen dan nutrisi ke sel otot rangka. Dengan demikian, mempengaruhi pula kemampuan sel untuk menyediakan energi melalui metabolisme aerobik.

Tidak adanya perubahan yang bermakna pada nilai rerata keluaran kalori per-hari selama penelitian ini, menunjukkan bahwa salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kemampuan sel untuk menyediakan energi melalui metabolisme aerobik sudah dikontrol. Dengan demikian, efek perlakuan - akumulasi laktat darah dan respon kelelahan - yang timbul pada penelitian ini bukan disebabkan oleh perubahan beban kerja sehari-hari yang mempengaruhi proses metabolisme aerobik di sel otot rangka.



### 5.5 Perubahan nilai rerata kadar hemoglobin (Hb) dan Gula Darah Sewaktu (GDS) *pre-exercise* sebelum dan setelah perlakuan.

Hemoglobin pada sel darah merah melakukan fungsi pengangkutan  $O_2$  dari organ respirasi ke jaringan perifer,<sup>4</sup> termasuk otot rangka. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan nilai rerata Hb yaitu  $15.31 \pm 0.43$  g/dl di minggu 0 dan  $15.08 \pm 0.52$  g/dl di minggu 8. Namun, perubahan tersebut tetap berada dalam rentang nilai normal. Hal ini berdasarkan teori yang menyebutkan bahwa rentang nilai normal kadar Hb darah adalah pada 14-18 g/dl.<sup>4</sup> Ini berarti, baik di minggu 0 ataupun minggu 8, subyek penelitian memiliki fungsi pengangkutan oksigen yang normal di dalam darah.

Kadar Hb darah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kapasitas difusi oksigen ke dalam sel.<sup>23</sup> Ketersediaan oksigen yang tidak adekuat di dalam sel dapat mempercepat kecepatan pembentukan asam laktat sekaligus mempercepat timbulnya respon kelelahan.<sup>3</sup> Pada penelitian ini, tidak adanya perbedaan yang bermakna ( $p=0.69$ ) pada perubahan nilai rerata kadar Hb di minggu 0 dan minggu 8 memperlihatkan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi kapasitas difusi oksigen ke dalam sel sudah dikontrol. Dengan demikian, efek perlakuan (akumulasi laktat darah dan respon kelelahan) yang timbul pada penelitian ini bukan disebabkan oleh faktor gangguan pada sistem pengangkutan oksigen di dalam darah.

Selain itu, kadar glukosa darah sewaktu (GDS) harus dipertahankan stabil dalam rentang 80 – 120 mg/dl.<sup>32</sup> Hal ini penting untuk menyediakan nutrisi yang cukup bagi proses metabolisme di jaringan, termasuk metabolisme energi di sel otot rangka. Hasil pada penelitian ini menunjukkan adanya perubahan nilai rerata GDS *pre exercise* yaitu dari  $98.9 \pm 7.92$  mg/dl di minggu 0 menjadi  $99.8 \pm 8.2$  mg/dl di minggu 8. Namun, perubahan tersebut tetap berada dalam rentang nilai normal. Ini berarti, baik di minggu 0 ataupun minggu 8, subyek penelitian memiliki kadar glukosa darah *pre exercise* yang cukup adekuat untuk penyediaan nutrisi bagi kelangsungan proses metabolisme energi di sel otot rangka.

Pengaturan kadar gula darah sangat erat hubungannya dengan hormon insulin dan glukagon pankreas<sup>22</sup> yang mempengaruhi proses metabolisme energi (glikogenesis, glikogenolisis, lipogenesis, lipolisis, dan glukoneogenesis). Kadar GDS diatas rentang normal dapat mencerminkan adanya gangguan sekresi hormon insulin (mis: diabetes melitus) yang menyebabkan molekul glukosa tidak dapat masuk ke dalam sel. Sedangkan kadar GDS di bawah rentang normal mencerminkan penurunan sediaan glukosa darah sehingga tidak cukup adekuat untuk dapat diantarkan ke jaringan. Penurunan kadar GDS di bawah rentang normal dapat mempercepat pemakaian cadangan energi (glikogen), terutama untuk memenuhi kebutuhan metabolisme energi. Penurunan cadangan energi akan mempercepat timbulnya respon kelelahan saat melakukan kerja fisik (*nutrient fatigue*).<sup>3</sup>

Hasil penelitian ini menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang bermakna ( $p=0.67$ ) antara nilai rerata kadar GDS *pre exercise* di minggu 0 dan minggu 8. Ini berarti bahwa salah satu faktor yang dapat mempercepat pemakaian cadangan energi sudah dikontrol pada penelitian ini. Dengan demikian, efek perlakuan – terutama respon kelelahan – yang timbul pada penelitian ini bukan disebabkan oleh rendahnya kadar gula darah yang mempercepat pemakaian cadangan energi (glikogen).

#### **5.6 Perubahan kadar laktat darah dan durasi kerja fisik sebelum dan sesudah perlakuan**

Pada penelitian ini, waktu pemberian suplementasi omega-3 selama 8 minggu dijadikan acuan untuk memperkirakan inkorporasi EPA dan DHA secara bermakna ke dalam membran sel otot rangka. Hal ini berdasarkan penelitian yang dilakukan pada hewan percobaan dengan diet omega-3 selama 8 minggu, ditemukan peningkatan kadar EPA dan DHA pada membran sel otot rangka secara bermakna.<sup>5</sup> Sehingga pada penelitian ini diharapkan, setelah suplementasi selama 8 minggu, inkorporasi omega-3 pada fosfolipida membran mempengaruhi komposisi lapisan lipid membran secara bermakna dan meningkatkan fluiditasnya. Peningkatan fluiditas akan meningkatkan permeabilitas membran,<sup>4</sup> dan menurunkan barrier fisik bagi difusi  $O_2$ .<sup>24</sup> Dengan demikian, resistensi membran menurun dan kecepatan difusi molekul  $O_2$  menyeberangi membran akan meningkat. Ketersediaan oksigen yang adekuat di dalam sel meningkatkan kemampuan sel untuk menyediakan energi melalui metabolisme aerobik.

Akibatnya, terjadi peningkatan kapasitas aerobik tubuh. Kondisi ini menyebabkan terjadinya penurunan pembentukan asam laktat dan peningkatan penyingkirannya, sehingga kecepatan akumulasi laktat darah akan menurun.

Teori tersebut diatas sesuai dengan hasil yang didapati pada penelitian ini, yaitu terdapat penurunan nilai rerata kadar laktat darah secara bermakna dari minggu 0 ke minggu 8. Penurunan tersebut didapati pada kadar laktat darah pre-exercise ( $p=0.003$ ), 10 menit exercise ( $p=0.001$ ), dan saat lelah ( $p=0.003$ ). Tambahan lagi, hasil penelitian ini menunjukkan adanya penurunan  $\Delta$  laktat yang bermakna, baik pada saat pre exercise – 10 menit exercise ( $p=0.002$ ) maupun pada saat pre exercise – lelah ( $p=0.005$ ). Hal ini mencerminkan terjadinya penurunan kecepatan akumulasi laktat secara bermakna selama penelitian. Pada dasarnya, kadar laktat di dalam darah mencerminkan kecepatan produksi dan penyingkirannya di dalam tubuh.<sup>1</sup> Sehingga, penurunan kadar laktat darah dan  $\Delta$  laktat secara bermakna yang didapati pada penelitian ini mencerminkan adanya penurunan pembentukan asam laktat dan peningkatan penyingkirannya.

Di dalam tubuh, asam organik seperti asam laktat akan terionisasi membentuk anion laktat.<sup>23</sup> Dengan kata lain, asam tersebut terdisosiasi dan melepaskan ion hidrogen ( $H^+$ ) ke cairan intraseluler dan ekstraseluler (darah) dan meningkatkan kadar  $H^+$  sebagai hasil disosiasi. Hal ini mengakibatkan penurunan pH dan menciptakan lingkungan yang lebih asam.<sup>1</sup> Peningkatan konsentrasi  $H^+$  dan penurunan pH seluler, sebagai akibat dari adanya akumulasi laktat, berperan penting dalam menimbulkan respon kelelahan otot.<sup>1,3,4</sup> Teori tersebut sesuai dengan hasil penelitian ini yang memperlihatkan bahwa pada saat terjadi penurunan kadar laktat darah secara bermakna dari minggu 0 ke minggu 8, didapati adanya peningkatan nilai rerata durasi kerja fisik secara bermakna ( $p=0.005$ ) dari  $24.44 \pm 11.74$  menit di minggu 0 menjadi  $27.99 \pm 12.41$  menit di minggu 8.

Peningkatan durasi kerja fisik yang bermakna pada penelitian ini mencerminkan adanya peningkatan daya tahan kontraksi otot rangka selama melakukan kerja fisik intensitas sedang durasi panjang. Terjadinya hal ini mungkin disebabkan oleh melambatnya respon kelelahan akibat menurunnya kecepatan akumulasi laktat darah setelah mendapat perlakuan selama 8 minggu. Kondisi ini sesuai dengan hasil penelitian pada hewan percobaan yang dilakukan oleh Peoples, yaitu setelah diberikan diet omega-3

selama 8 minggu didapati adanya peningkatan daya tahan kontraksi otot rangka secara bermakna.<sup>5</sup>

Selain itu, berdasarkan tabel 4.6.1 dapat terlihat bahwa respon kelelahan yang terjadi setelah perlakuan (minggu 8) tercapai pada kadar laktat darah yang lebih rendah dibandingkan dengan sebelum perlakuan (minggu 0). Hal ini menunjukkan adanya kemungkinan bahwa kelelahan yang dirasakan oleh subyek penelitian bukanlah semata-mata disebabkan oleh peningkatan kadar laktat darah. Kemungkinan pertama adalah bahwa kelelahan tersebut – terutama pada minggu 8 – bersifat psikologis (kelelahan sentral)<sup>23</sup> dikarenakan subyek merupakan *sedentary people* yang memiliki motivasi relatif lebih rendah untuk mempertahankan kerja fisiknya dibandingkan dengan atlet. Kemungkinan kedua, kelelahan timbul sebagai akibat dari adanya penurunan cadangan energi (glikogen, fosfokreatin, dan ATP) yang umumnya terjadi pada saat melakukan kerja fisik sub maksimal durasi panjang.<sup>3</sup>

#### 5.7 Perubahan denyut jantung selama kerja fisik sebelum dan sesudah perlakuan.

Pada penelitian ini didapati adanya penurunan nilai rerata denyut jantung yang bermakna setelah mendapat perlakuan selama 8 minggu. Penurunan tersebut didapati pada saat pre-exercise ( $p=0.003$ ), pada 10 menit exercise ( $p=0.014$ ), dan saat lelah ( $p=0.025$ ). Respon tersebut sesuai dengan teori yang mengemukakan bahwa EPA dan DHA memiliki efek inhibisi pada reseptor  $Ca^{2+}$  tipe-L (dihydropyridine) dan RyR2 (ryanodine) sehingga menyebabkan pelepasan  $Ca^{2+}$  dari retikulum sarkoplasma sel jantung menjadi terhambat. Kondisi tersebut kemudian mempengaruhi penurunan durasi dan jumlah potensial aksi, serta memperpanjang fase refraktori pada perangsangan sel otot jantung.<sup>38</sup> Teori lain mengemukakan adanya bukti in vitro yang kuat bahwa omega-3 meningkatkan ambang potensial aksi dan memperpanjang fase refraktori di sel otot jantung.<sup>39</sup> Hasil penelitian yang didapati pada penelitian ini juga menyerupai hasil penelitian yang dilakukan oleh Grimsgaard (1998) yang mengemukakan adanya penurunan denyut jantung yang bermakna setelah konsumsi EPA dan DHA 4 g/hari selama 7 minggu.<sup>40</sup> Dengan demikian, respon penurunan denyut jantung yang terjadi pada penelitian ini mungkin disebabkan oleh efek dari konsumsi suplemen omega-3.

Kemungkinan lainnya adalah penurunan denyut jantung yang bermakna pada penelitian ini mungkin disebabkan oleh menurunnya kecepatan akumulasi laktat. Pada dasarnya, peningkatan akumulasi laktat darah mempengaruhi peningkatan  $[H^+]$  di sirkulasi. Adanya peningkatan  $[H^+]$  di sirkulasi menstimulasi kemoreseptor badan aorta dan kemoreseptor sentral di medula. Impuls ini kemudian dihantarkan ke pusat kontrol kardiovaskular di medula, yang selanjutnya menstimulasi peningkatan aktivitas simpatis dan penurunan aktivitas parasimpatis.<sup>1</sup> Dengan demikian, terjadi peningkatan frekuensi denyut jantung untuk mengkompensasi peningkatan  $[H^+]$  akibat meningkatnya kadar laktat darah. Sedangkan apabila kecepatan akumulasi laktat darah menurun, maka yang terjadi adalah sebaliknya. Pada penelitian ini, penurunan denyut jantung secara bermakna yang terjadi setelah mendapat perlakuan (minggu 8) tampaknya dapat disebabkan oleh menurunnya kecepatan akumulasi laktat darah.

Pada penelitian ini juga didapati hasil adanya perubahan nilai rerata tekanan darah sebelum dan sesudah perlakuan. Akan tetapi berdasarkan hasil uji statistik, tidak terdapat perbedaan yang bermakna baik pada perubahan tekanan sistol pre-exercise ( $p=0.285$ ), tekanan diastol pre-exercise ( $p=0.104$ ), tekanan sistol pada saat lelah ( $p=0.438$ ), ataupun tekanan diastol saat lelah ( $p=0.655$ ). Hasil penelitian ini menyerupai dengan hasil penelitian yang didapatkan oleh Grimsgaard (1998) dimana tidak didapati adanya perubahan yang bermakna pada tekanan sistol maupun diastol setelah konsumsi EPA dan DHA 4g/hari selama 7 minggu.<sup>40</sup> Bagaimanapun juga, walaupun tidak terdapat perbedaan yang bermakna, pada penelitian ini didapati hasil adanya penurunan nilai rerata tekanan darah pre-exercise sebelum dan sesudah perlakuan. Kondisi ini sesuai dengan teori yang mengemukakan bahwa omega-3 memiliki efek anti hipertensi yang tampaknya dapat timbul melalui sejumlah mekanisme, diantaranya: (1) inhibisi aktivitas enzim angiotensin converting enzyme (ACE) dan penurunan pembentukan angiotensin II, dan (2) peningkatan produksi nitric oxide endotelial (eNO).<sup>38</sup> Selain itu pada penelitian yang dilakukan oleh Morris (1993) ataupun juga Appel (1993), didapati hasil bahwa konsumsi suplemen EPA dan DHA dengan dosis yang tinggi dapat menurunkan tekanan darah pada penderita hipertensi dan gangguan kardiovaskular.<sup>40</sup>

Respon penurunan denyut jantung yang bermakna disertai perubahan tekanan darah yang tidak bermakna pada penelitian ini mencerminkan adanya kemungkinan peningkatan pada volume akhir diastolik sehingga berdampak pada peningkatan curah sekuncup (stroke volume). Pada akhirnya, kondisi tersebut dapat meningkatkan curah jantung. Teori tersebut berdasarkan pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Mc Lenan (1992), yang mendapati adanya peningkatan pengisian diastolik ventrikel dan juga peningkatan kontraksi ventrikel jantung pada subyek yang mengkonsumsi minyak ikan yang mengandung EPA dan DHA.<sup>40</sup>

Selain itu, beberapa penelitian terkait menunjukkan bahwa EPA dan DHA dapat berinkorporasi pada membran sel miokardium dan meningkatkan fluiditasnya.<sup>6,41</sup> Dan juga, terdapat bukti bahwa protein transporter asam lemak rantai panjang (FAT/CD36, FABP, FATP) yang terdapat pada sel otot rangka juga terdapat pada membran sel otot jantung.<sup>42</sup> Ini berarti bahwa terjadi proses inkorporasi EPA dan DHA pada membran sel miokardium dengan mekanisme yang kurang lebih sama seperti yang terjadi pada membran sel otot rangka.

Inkorporasi EPA dan DHA pada membran miokardium akan meningkatkan fluiditas membran tersebut. Sehingga, mempengaruhi kecepatan difusi oksigen melewati membran dan meningkatkan suplai oksigen ke sel otot jantung. Kondisi tersebut meningkatkan kemampuan sel otot jantung untuk menghasilkan ATP melalui metabolisme aerobik dan meningkatkan efektifitas (kekuatan) kontraksinya. Teori tersebut sesuai dengan hasil yang didapatkan pada penelitian ini, bahwa adanya penurunan denyut jantung yang bermakna setelah perlakuan selama 8 minggu, mencerminkan terjadinya peningkatan efektifitas daya pompa jantung. Sehingga, suplai oksigen ke otot rangka menjadi lebih baik. Selanjutnya, terjadi penurunan pembentukan asam laktat dan peningkatan penyingkirannya, sehingga kecepatan akumulasi laktat dapat menurun.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Setelah pemberian omega-3 dengan dosis 1400 mg/hari selama 8 minggu:

- Penurunan kadar laktat darah secara bermakna pada saat pre-exercise ( $p=0.003$ ), pada 10 menit exercise ( $p=0.001$ ), dan saat lelah ( $p=0.003$ ) mencerminkan adanya perbaikan suplai oksigen di sel otot rangka.
- Peningkatan nilai rerata durasi kerja fisik secara bermakna ( $p=0.005$ ), mencerminkan adanya peningkatan daya tahan kontraksi otot rangka yang tampaknya disebabkan oleh meningkatnya kemampuan sel otot rangka untuk menyediakan energi melalui metabolisme aerobik.
- Respon penurunan denyut jantung yang bermakna pada saat pre-exercise ( $p=0.003$ ), pada 10 menit exercise ( $p=0.014$ ), dan saat lelah ( $p=0.025$ ), disertai perubahan tekanan darah yang tidak bermakna mencerminkan adanya peningkatan efektifitas daya pompa jantung yang menyebabkan suplai oksigen ke otot rangka menjadi lebih baik.

## 6.2 Saran

- Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai efek suplementasi omega-3 terhadap efektivitas konsumsi oksigen dan kinerja sel otot rangka dengan waktu penelitian yang lebih singkat (misal: 4 minggu), agar dapat menetapkan waktu inkorporasi omega-3 ke membran sel otot rangka manusia dengan lebih akurat.
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai efek suplementasi omega-3 terhadap daya tahan kontraksi otot rangka selama kerja fisik dengan menggunakan atlet sebagai subyek penelitian.
- Disarankan melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan metode pengukuran kadar laktat darah yang lain, misal: dengan menggunakan Lactate Assay Kit.

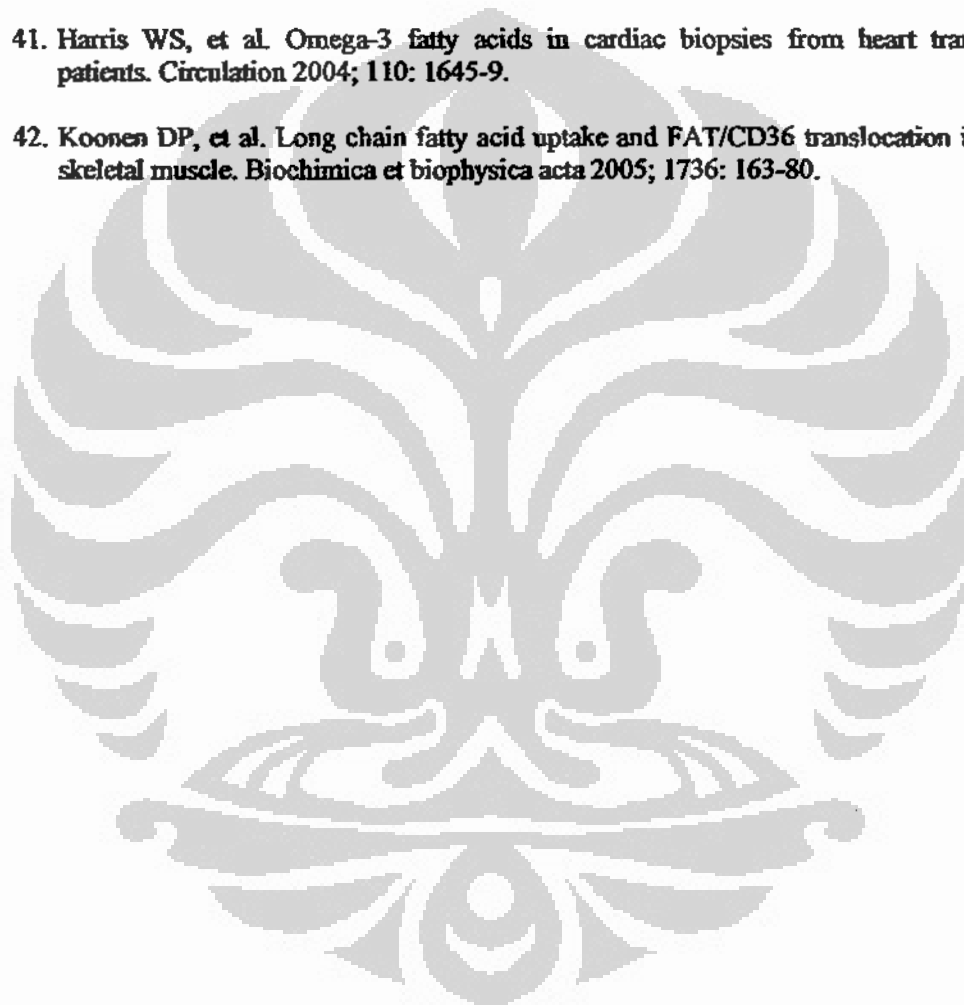


## DAFTAR PUSTAKA

1. Foss ML, Keteyian SJ. Fox's physiological basis for exercise and sport. 6<sup>th</sup> ed. Singapore: Mc Graw-Hill; 1998.
2. Ghosh AK. Anaerobic threshold: its concept and role in endurance sport. *Malaysian Journal of Medical Sciences* 2004 Jan;11(1): 24-36.
3. McArdle W, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance. 6<sup>th</sup> ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 2007.
4. Murray RK, Grammer DK, Mayes PA, Rodwell VW. Biokimia Harper. Edisi 25. Jakarta: EGC; 2003.
5. Peoples GE. Skeletal Muscle Fatigue: Can Omega-3 Fatty Acids Optimize Skeletal Muscle Function?. Thesis. Australia: University of Wollongong; 2004.
6. Nettleton JA. Omega-3 fatty acids and health. USA: Chapman & Hall; 1995
7. Din JN, Newby DE, Flapan AD. Omega-3 fatty acid and cardiovascular disease-fishing for a natural treatment. *BMJ* 2004; 328: 30-35.
8. Harris WS. Fish oil supplementation: evidence for health benefits. *Cleveland Clinic Jurnal of Medicine* 2004; 71 (3): 208-220.
9. DeFillipis AP, Sperling LS. Understanding omega-3's. *Am Heart J* 2006; 151: 564-70.
10. Calder PC. n-3 fatty acid and cardiovascular disease: evidence explained and mechanisms explored. *Clinical science* 2004;107:1-11
11. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine of the National Academies. Dietary Reference intake for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Washington DC: The National Academies Press; 2005. p. 423.
12. Etherton PMK, Harris WS, Lawrence JA. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acid, and cardiovascular disease. *Circulation* 2002; 106: 2747-57.
13. Sherwood L. Fisiologi manusia: dari sel ke sistem. Edisi 2. Jakarta: EGC; 1996.
14. McArthur MJ, et al. Cellular uptake and intracellular trafficking of long chain fatty acids. *J Lipid Res* 1999; 40: 1371-83
15. Pelsers MM, Stelingswerff T, Loon LJC. The role of membrane fatty-acid transporter in regulating skeletal muscle substrate use during exercise. *Sports Med* 2008; 38 (5): 387-99.
16. Smith C, Marks AD, Lieberman M. Mark's basic medical biochemistry: a clinical approach. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Lippincott William & Wilkins; 2005.
17. Voelker DR. Organelle biogenesis and intracellular lipid transport in eukaryotes. *Microbiological Reviews* 1991; 55 (4): 543-60.

18. Schacky VC, Weber PC. Metabolism and effects on platelet function of the purified eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid in humans. *J Clin Invest* 1985; 76: 2446-50.
19. Sun Q, Ma J, Campos H, Hankinson SE, Hu FB. Comparison between plasma and erythrocyte fatty acid content as biomarkers of fatty acid intake in US women. *J Clin Nutr* 2007; 86: 74-81.
20. Rapoport SL, Chang MCJ, Spector AA. Delivery and turnover of plasma-derived essential PUFAs in mammalian brain. *J Lipid Res* 2001; 42: 678-85.
21. Hulbert AJ. Life, death, and membrane bilayers. *The Journal of Experimental Biology* 2003; 206: 2303-11.
22. Guyton AC, Hall JE. *Buku ajar fisiologi kedokteran*. Edisi 11. Jakarta: EGC; 2008.
23. Silverthorn DU. *Human physiology: an integrated approach*. 3<sup>rd</sup> ed. San Fransisco: Pearson Education, Inc.; 2004.
24. Dumas D, et al. Membrane fluidity and oxygen diffusion in cholesterol-enriched erythrocyte membrane. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 1997; 341 (1): 34-9.
25. Tortora GJ, Derrickson B. *Principles of anatomy and physiology*. 11<sup>th</sup> ed. USA: John Wiley & Sons, Inc.; 2006.
26. Baechle TR, editor. *Essentials of strength training and conditioning*. 3<sup>rd</sup> ed. NSCA (USA): Human Kinetics, Inc.; 2008.
27. Ganong WF. *Buku ajar fisiologi kedokteran*. Edisi 20. Jakarta: EGC; 2003.
28. Howley ET. Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33 (6): S364-9.
29. Spriet LL. Regulation of skeletal muscle fat oxidation during exercise in humans. *Med Sci sports Exerc* 2002; 34 (9): 1477-84.
30. Romijn JA, et al. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *Am J Physiol* 1993; 265: E380-91.
31. Coffee CJ. *Metabolism*. 1<sup>st</sup> ed. Connecticut: Fence Creek Publishing; 1998.
32. Lewis SM, Heitkemper MM, Dirksen SR. *Medical surgical nursing: assessment and management of clinical problems*. 5<sup>th</sup> ed. Missouri: Mosby, Inc.; 2000.
33. Sastroasmoro S, Ismael S. *Dasar-dasar metodologi penelitian klinis*. Edisi 2. Jakarta: CV Sagung Seto; 2002.
34. Dahlan SM. *Statistika untuk kedokteran dan kesehatan seri 1*. Cetakan 2. Jakarta: PT Arkans; 2006.
35. Gibson RS. *Principles of nutritional assessment*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Oxford University Press; 2005.
36. Heyward VH, Stolarczyk LM. *Applied Body Composition Assessment*. USA: Human Kinetics; 1996.

37. Shimojo N, et al. Electrochemical assay system with single-use electrode strip for measuring lactate in whole blood. *Clinical chemistry* 1993; 39 (11).
38. Ismail HM. The role of omega-3 fatty acids in cardiac protection: an overview. *Frontiers in bioscience* 2005; 10: 1079-88.
39. Dalongeville J, et al. Fish consumption is associated with lower heart rates. *Circulation* 2003; 108: 820-5.
40. Grimsgaard S, Bonna KH, Hansen JB, Myhre ES. Effects of highly purified eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on hemodynamics in humans. *Am J Clin Nutr* 1998; 68: 52-9.
41. Harris WS, et al. Omega-3 fatty acids in cardiac biopsies from heart transplantation patients. *Circulation* 2004; 110: 1645-9.
42. Koonen DP, et al. Long chain fatty acid uptake and FAT/CD36 translocation in heart and skeletal muscle. *Biochimica et biophysica acta* 2005; 1736: 163-80.



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Yoanita Hijriyati

Tempat/Tanggal Lahir : Jakarta, 26 November 1979

Agama : Islam

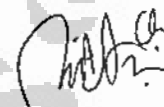
Alamat : Jl. Kampung Melayu Kecil III 005/09 Bukit Duri.  
Jakarta Selatan.

Riwayat Pendidikan : Lulus Fakultas Ilmu Keperawatan  
Universitas Indonesia, Jakarta, tahun 2003.

Riwayat Pekerjaan :

- Perawat magang di ruang rawat penyakit dalam RS Persahabatan, Jakarta, tahun 2005 – 2006.
- Staf pengajar bagian Dasar Keperawatan di STIKes Binawan, Jakarta, tahun 2003 – sekarang.

Biaya Penelitian : Pribadi

  
(Yoanita. H)



# UNIVERSITAS INDONESIA FAKULTAS KEDOKTERAN

Jalan Salemba Raya No. 6 Jakarta Pusat

Pos Box 1358 Jakarta 10430

Kampus Salemba Telp. 31930371, 31930373, Fax : 31930372, e-mail : taus-fk@makara.cso.ui.ac.id

NOMOR : 98 /PT02.FK/ETIK/2009

## KETERANGAN LOLOS KAJI ETIK

### ETHICAL — CLEARANCE

Panitia Tetap Penilai Etik Penelitian, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia dalam upaya melindungi hak asasi dan kesejahteraan subyek penelitian kedokteran, telah mengkaji dengan teliti protokol berjudul:

*The Committee of The Medical research Ethics of the Faculty of Medicine, University of Indonesia, with regards of the Protection of human rights and welfare in medical research, has carefully reviewed the proposal entitled:*

**"PENGURUH OMEGA-3 TERHADAP DAYA TAHAN KONTRAKSI OTOT RANGKA SELAMA KERJA FISIK DURASI PANJANG PADA ORANG DEWASA NON-ATLET".**

Peneliti Utama : Ns. YOANITA HIJRIYATI, Skep  
Name of the principal investigator

Nama Institusi : PROGRAM ILMU BIOMEDIK FKUI

dan telah menyetujui protocol tersebut di atas.  
and approved the above mentioned proposal.

Jakarta, 16 Maret 2009



Chairman  
Ketua

Prof. Dr. Agus Firmansyah, SpA(K)

**-Peneliti wajib menjaga kerahasiaan identitas subyek penelitian.**

## Lembar Informasi Penelitian

Yth. Bapak/saudara

Bersama ini saya, peserta program pascasarjana ilmu biomedik kekhususan fisiologi FKUI, sedang melakukan penelitian untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh omega-3 terhadap daya tahan kontraksi otot rangka selama kerja fisik durasi panjang. Saat ini, konsumsi suplemen omega-3 di masyarakat semakin meningkat yang dilatarbelakangi oleh adanya motivasi masyarakat untuk meningkatkan status kesehatannya. Penelitian pada hewan menunjukkan bahwa terdapat efek langsung pemberian diet omega-3 terhadap efektivitas konsumsi oksigen pada sel otot rangka dan peningkatan daya tahan kontraktilitas otot rangka. Sedangkan pada manusia, belum diketahui apakah konsumsi suplemen omega-3 juga efektif untuk meningkatkan daya tahan kontraktilitas otot rangka.

Penelitian ini akan dilakukan pada dua belas orang laki-laki dewasa, non-atlet, berbadan sehat, dan berumur antara 20-30 tahun. Bapak/saudara adalah laki-laki dewasa, non-atlet, berbadan sehat, dan berumur antara 20-30 tahun. Oleh karena itu, saya meminta kesediaan bapak/saudara untuk ikut serta dalam penelitian ini. Keikutsertaan bapak/saudara di dalam penelitian ini bersifat sukarela dan bapak/saudara dapat menolak atau mengundurkan diri selama proses penelitian berlangsung.

### Prosedur penelitian

Bila bapak/saudara bersedia ikut, maka akan dilakukan:

1. Wawancara mengenai usia, tingkat pendidikan, pekerjaan, dan aktivitas fisik rutin sebelum pelaksanaan penelitian.
2. Wawancara mengenai asupan makanan dan minuman sehari-hari. Selama penelitian (8 minggu), bapak/saudara diminta untuk mencatat jenis dan jumlah semua makanan dan minuman yang dikonsumsi setiap hari. Peneliti akan melakukan wawancara untuk mengkonfirmasi pencatatan tersebut setiap tujuh hari sekali.
3. Wawancara mengenai aktivitas fisik sehari-hari. Selama penelitian (8 minggu), bapak/saudara diminta untuk mencatat jenis dan lamanya aktivitas fisik yang

dilakukan setiap hari. Peneliti akan melakukan wawancara untuk mengkonfirmasi pencatatan tersebut setiap tujuh hari sekali.

4. Pengukuran tinggi badan dilakukan satu kali sebelum penelitian, sedangkan pengukuran berat badan dilakukan setiap tujuh hari sekali.
5. Pemeriksaan laboratorium untuk seleksi dilakukan satu kali pada awal penelitian. Meliputi pemeriksaan fungsi jantung (EKG), pengambilan darah untuk pemeriksaan hemoglobin dan fungsi hati (SGOT/SGPT), serta pemeriksaan air seni (kencing) untuk fungsi ginjal (*creatinin clearance*).
6. Peneliti akan memberikan suplemen omega-3 dalam bentuk *softgel*. Bapak/saudara diharuskan mengonsumsi suplemen omega-3 dua kali satu *softgel* setiap hari selama 8 (delapan minggu).
7. Pada awal dan akhir penelitian, saya akan meminta bapak/saudara untuk melakukan aktivitas fisik yaitu berlari pada treadmill sampai bapak/saudara merasakan kelelahan.
8. Peneliti akan mengambil contoh darah bapak/saudara kira-kira dua tetes (10  $\mu$ L) melalui sedikit tusukan di ujung jari dengan menggunakan jarum steril untuk mengetahui kadar glukosa darah sebelum aktivitas fisik dan untuk mengetahui kadar laktat darah. Pengambilan darah ini dilakukan pada saat sebelum bapak/saudara berlari di treadmill dan setelah bapak/saudara berhenti berlari dikarenakan merasa kelelahan.

Selama bapak/saudara ikut dalam penelitian, setiap informasi baru terkait dengan tindakan/prosedur penelitian yang dapat mempengaruhi pertimbangan bapak/saudara untuk terus ikut atau berhenti dari penelitian ini akan segera disampaikan kepada bapak/saudara. Bila bapak/saudara tidak menaati instruksi yang diberikan oleh peneliti, maka bapak/saudara dapat dikeluarkan setiap saat dari penelitian ini.

#### **Manfaat/keuntungan bagi subyek penelitian**

Bapak/saudara akan mendapatkan suplemen omega-3, serta pemeriksaan laboratorium secara cuma-cuma. Suplemen omega-3 mungkin bermanfaat untuk meningkatkan daya tahan kontraksi otot anda, mungkin juga tidak. Akan tetapi, dengan mengonsumsi omega-3 secara teratur secara umum akan meningkatkan status kesehatan bapak/saudara.

**Efek samping yang mungkin timbul akibat tindakan/prosedur**

- Aktivitas fisik yaitu berlari pada treadmill sampai bapak/saudara merasakan kelelahan pada umumnya aman dan tidak berbahaya. Namun, orang yang memiliki gangguan fungsi jantung terkadang tidak dapat mentoleransi aktivitas ini. Oleh karena itu, saya akan memastikan bapak/saudara memiliki fungsi jantung yang baik melalui pemeriksaan EKG sebelum pelaksanaan penelitian, dan juga melakukan monitoring fungsi jantung (EKG) dan tekanan darah selama bapak/saudara berlari di treadmill.
- Pengambilan darah di ujung jari biasanya hanya menimbulkan rasa nyeri ringan, namun terkadang juga dapat terjadi bengkak, infeksi, dan warna biru yang akan sembuh setelah beberapa hari. Saya akan memastikan penusukan di ujung jari dilakukan dengan sterilitas yang tetap terjaga untuk mencegah terjadinya infeksi.
- Suplemen omega-3 relatif aman dan tidak menimbulkan efek samping bila dikonsumsi sesuai aturan. Efek samping mungkin timbul pada konsumsi omega-3 dengan dosis yang tinggi, yaitu gangguan fungsi pembekuan darah.

Bila timbul efek samping akibat penelitian ini, bapak/saudara akan diberi pertolongan dan dibebaskan dari biaya yang diperlukan untuk itu.

**Kerahasiaan**

Semua data penelitian ini akan diperlakukan secara rahasia sehingga tidak memungkinkan orang lain menghubungkannya dengan bapak/saudara.

Apabila bapak/saudara bersedia untuk ikut serta dalam penelitian ini, maka saya memohon kesediaannya untuk dapat menandatangani surat persetujuan menjadi peserta penelitian:

**Pengaruh Omega-3 terhadap daya tahan kontraksi otot rangka selama kerja fisik durasi panjang pada orang dewasa non-atlet**

Bila terdapat hal-hal yang belum jelas sehubungan dengan penelitian ini, bapak/saudara dapat menghubungi peneliti, Yoanita Hijriyati, telp. 021-80880882.

Atas kesediaan bapak/saudara, saya ucapkan terima kasih.



**FORMULIR PERSETUJUAN MENJADI SUBYEK PENELITIAN**  
**(Inform Consent)**

**Pengaruh Omega-3 terhadap daya tahan kontraksi otot rangka selama kerja fisik durasi panjang pada orang dewasa non-atlet**  
Peneliti: Ns. Yoanita Hijriyati., SKep

---

**Program Pendidikan Pascasarjana Universitas Indonesia**  
**Program Studi Biomedik, Kekhususan Fisiologi**  
**Jl. Salemba Raya 6, Jakarta.**

---

Setelah mendengar dan membaca penjelasan mengenai tujuan dan manfaat dari penelitian diatas, maka yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama :  
Umur :  
Jenis Kelamin :  
Pendidikan :  
Pekerjaan :  
Alamat :

Menyatakan bahwa saya dengan sukarela,

- Bersedia untuk mengikuti penelitian ini selama 8 (delapan) minggu.
- Bersedia untuk diwawancarai mengenai asupan makanan, minuman, dan aktivitas fisik rutin sehari-hari sehari-hari setiap tujuh hari sekali.
- Bersedia untuk mencatat jenis dan jumlah semua makanan dan minuman yang dikonsumsi setiap hari, dan juga mencatat jenis dan lamanya aktivitas rutin setiap hari selama penelitian.
- Bersedia untuk diukur berat badan, tinggi badan, tekanan darah, denyut nadi, suhu, dan pernapasan setiap 14 hari sekali.
- Bersedia untuk menjalani pemeriksaan EKG, dan diperiksa darah untuk mengetahui kadar hemoglobin (Hb), SGOT/SGPT serum, glukosa darah, dan laktat darah.

Saya dan keluarga mengerti bahwa jika masih memerlukan penjelasan, saya akan mendapatkan jawaban dari peneliti Yoanita Hijriyati.

Dengan menandatangani formulir ini, saya setuju untuk ikut dalam penelitian ini.

Mengetahui,  
Penanggung jawab

Jakarta,

2009.

Menyetujui,  
Peserta Penelitian

(Ns. Yoanita.H., Skep)

( )

Kode Peserta :

**Karakteristik Sosio-Demografik Subyek****I. Identitas Subyek Penelitian**

1. Nama : .....
2. Tempat/ Tanggal lahir : .....
3. Usia : .....
4. Alamat : Jl. ....  
Rt. .... Rw. ....  
Kelurahan .....  
Kecamatan .....
5. Telepon : .....
6. Pendidikan terakhir :  1. Tidak sekolah  
2. Tidak tamat SD  
3. Tamat SD/ sederajat  
5. Tamat SLTP/ sederajat  
6. Tamat SLTA/ sederajat  
7. Tamat perguruan tinggi/ sederajat
7. Pekerjaan : .....

**II. Keadaan Penyakit**

8. Penyakit yang pernah diderita : .....
9. Obat obatan yang sekarang sedang digunakan : .....
10. Apakah dokter pernah memberitahu bapak/ saudara menderita penyakit tersebut di bawah ini:
1. Gangguan ginjal : Ya/ tidak, tahun .....
2. Gangguan hati (liver) : Ya/ tidak, tahun .....
3. Penyakit jantung : Ya/ tidak, tahun .....
4. Penyakit diabetes/ kencing manis : Ya/ tidak, tahun .....

Lampiran 5

CATATAN AKTIVITAS FISIK 24 JAM

Nama Responden :

Hari dan Tanggal		Jenis kegiatan	Lama kegiatan (Menit)	Jenis kegiatan	Lama kegiatan (Menit)	Jenis kegiatan	Lama kegiatan (Menit)
Jam							
05.00							
06.00							
07.00							
08.00							
09.00							
10.00							
11.00							
12.00							
13.00							
14.00							
15.00							
16.00							
17.00							

Lampiran 5

Hari dan Tanggal		Jenis kegiatan		Lama kegiatan (Menit)		Jenis kegiatan		Lama kegiatan (Menit)	
Jam									
18.00									
19.00									
20.00									
21.00									
22.00									
23.00									
24.00									
01.00									
02.00									
03.00									
04.00									

### DAFTAR KELUARAN KALORI UNTUK BERBAGAI AKTIVITAS FISIK

Berikut adalah daftar keluaran kalori untuk berbagai aktivitas fisik, dengan asumsi berat badan adalah  $\pm 60$  Kg (sumber: Mc Ardle, 1996):

Jenis Aktivitas	kcal/ kg BB/ menit
Mencuci mobil	4.2
Bersih-bersih	3.5
Memasak	2.9
Menggambar	2.2
Makan	1.4
Memancing	3.8
Belanja	3.8
Sepak bola	7.9
Berkeban	4.6
Mengepel lantai	3.8
Mencuci pakaian	4.0
Menyetrika pakaian	2.0
Menjahit	1.4
Mengendarai sepeda motor	8.0
Mengetik	1.9
Memulis	1.8
Duduk tenang	1.3

Sumber: Mc Ardle, 1996.

#### Cara menggunakan tabel diatas:

Misalkan, seorang individu dengan berat 60 Kg mencuci mobil selama 30 menit. Maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah keluaran kalori} &= \text{nilai kalori per-menit} \times \text{lamanya melakukan aktivitas} \\
 &= 4.2 \text{ kcal} \times 30 \\
 &= 126 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

CATATAN ASUPAN MAKANAN 24 JAM

Nama Responden :

Hari dan Tanggal	Nama makanan	Jumlah yang dimakan (orsi)	Nama makanan	Jumlah yang dimakan (orsi)	Nama makanan	Jumlah yang dimakan (orsi)
Makan pagi Pukul ...	Makanan pokok 1. Nasi 2. Roti 3. ....  Lauk pauk 1. .... 2. .... 3. ....  Sayuran 1. .... 2. ....  Buah-buahan 1. .... 2. ....  Minuman 1. .... 2. ....		Makanan pokok 1. Nasi 2. Roti 3. ....  Lauk pauk 1. .... 2. .... 3. ....  Sayuran 1. .... 2. ....  Buah-buahan 1. .... 2. ....  Minuman 1. .... 2. ....		Makanan pokok 1. Nasi 2. Roti 3. ....  Lauk pauk 1. .... 2. .... 3. ....  Sayuran 1. .... 2. ....  Buah-buahan 1. .... 2. ....  Minuman 1. .... 2. ....	

Lampiran 7

Hari dan Tanggal	Nama makanan	Jumlah yang dimakan (porasi)	Nama makanan	Jumlah yang dimakan (porasi)	Nama makanan	Jumlah yang dimakan (porasi)
Waktu						
Selingan pagi Pukul ...						
Makan siang Pukul ...	<p>Makanan pokok</p> <p>1. Nasi</p> <p>2. Roti</p> <p>3. ....</p> <p>Lauk pauk</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>3. ....</p> <p>Sayuran</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>Buah-buahan</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>Minuman</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p>		<p>Makanan pokok</p> <p>1. Nasi</p> <p>2. Roti</p> <p>3. ....</p> <p>Lauk pauk</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>3. ....</p> <p>Sayuran</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>Buah-buahan</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>Minuman</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p>		<p>Makanan pokok</p> <p>1. Nasi</p> <p>2. Roti</p> <p>3. ....</p> <p>Lauk pauk</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>3. ....</p> <p>Sayuran</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>Buah-buahan</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>Minuman</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p>	

Lampiran 7

Hari dan Tanggal		Jumlah yang dimakan (porisi)		Jumlah yang dimakan (porisi)		Jumlah yang dimakan (porisi)	
Waktu	Nama makanan	Nama makanan	Nama makanan	Nama makanan	Nama makanan	Nama makanan	Nama makanan
Selingan sore Pukul ...							
Makan malam Pukul ...	<p>Makanan pokok</p> <p>1. Nasi</p> <p>2. Roti</p> <p>3. ....</p> <p>Lauk pauk</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>3. ....</p> <p>Sayuran</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>Buah-buahan</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>Minuman</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p>	<p>Makanan pokok</p> <p>1. Nasi</p> <p>2. Roti</p> <p>3. ....</p> <p>Lauk pauk</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>3. ....</p> <p>Sayuran</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>Buah-buahan</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>Minuman</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p>	<p>Makanan pokok</p> <p>1. Nasi</p> <p>2. Roti</p> <p>3. ....</p> <p>Lauk pauk</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>3. ....</p> <p>Sayuran</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>Buah-buahan</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>Minuman</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p>	<p>Makanan pokok</p> <p>1. Nasi</p> <p>2. Roti</p> <p>3. ....</p> <p>Lauk pauk</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>3. ....</p> <p>Sayuran</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>Buah-buahan</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p> <p>Minuman</p> <p>1. ....</p> <p>2. ....</p>			



**TABEL 1: Klasifikasi Intensitas Kerja Fisik Pada Pria Dewasa**  
**Berdasarkan Jumlah Pemakaian Energi Dalam Satu Satuan Waktu (kcal/menit).**

Klasifikasi Intensitas Kerja Fisik	Jumlah Pemakaian Energi Dalam Satu Satuan Waktu (kcal/menit).
Ringan	2.0 – 4.9
Sedang	5.0 – 7.4
Berat	7.5 – 9.9
Sangat Berat	10.0 – 12.4
Sangat Berat Sekali	12.5 ≤

(McArdle, 1996)

**TABEL 2: Kecepatan Berlari Di Treadmill**  
**Berdasarkan Berat Badan Dan Jumlah Pemakaian Energi Pada Saat Berlari**

Kecepatan Berlari	Berat Badan						
	56 Kg	59 Kg	62 Kg	65 Kg	68 Kg	71 Kg	74 Kg
3.0 mph	4.2 kcal/mnt	4.4 kcal/mnt	4.6 kcal/mnt	4.8 kcal/mnt	5.0 kcal/mnt	5.3 kcal/mnt	5.5 kcal/mnt
3.5 mph	4.8 kcal/mnt	5.1 kcal/mnt	5.3 kcal/mnt	5.6 kcal/mnt	6.2 kcal/mnt	6.1 kcal/mnt	6.4 kcal/mnt
4.0 mph	5.4 kcal/mnt	5.4 kcal/mnt	6.0 kcal/mnt	6.3 kcal/mnt	6.6 kcal/mnt	6.9 kcal/mnt	7.2 kcal/mnt

(McArdle, 1996)

Cara menggunakan tabel 2:

1. Lihat pada kolom berat badan sesuai dengan berat badan subyek penelitian.
2. Tentukan jumlah pemakaian energi dalam satu satuan waktu (kcal/mnt) yang sesuai dengan klasifikasi kerja fisik intensitas sedang, yaitu yang termasuk dalam rentang 5.0 – 7.4 kcal/mnt.
3. Lihat pada kolom kecepatan berlari. Tentukan kecepatan berlari berdasarkan jumlah pemakaian energi yang telah ditentukan pada langkah no.2.

## Pengukuran Kadar Laktat Darah

**Sampel** : 5  $\mu$ l darah perifer (*whole blood*)

**Alat** : 1 Set alat Lactate-Pro *Portable Analyzer* (Arkray, Japan)

A. Lactate-Pro test strip, mengandung reagen:

- Lactate Oxidase (LOD) 1.92 Unit
- Potassium ferricyanide 0.096 mg

B. Lactate-Pro test meter

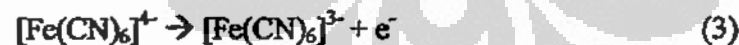
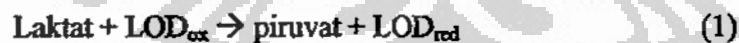
- Rentang pengukuran laktat 0.8 – 23.3 mmol/L
- Waktu pengukuran 60 detik

C. Kalibrasi alat

- Strip kalibrasi (*check strip*) dengan rentang konsentrasi kalibrasi 2.1 – 2.6 mmol/L.

### Prinsip kerja alat:

- Test strip dimasukkan ke lubang strip pada test meter, dan test meter akan menyala secara otomatis. Ketika ujung test strip yang satunya ditetesi sampel darah *whole blood* 5  $\mu$ l, maka sampel akan teraspirasi secara otomatis dan proses pengukuran dimulai. Konsentrasi laktat darah yang diukur ditampilkan setelah 60 detik.
- Pengukuran kadar laktat darah dengan menggunakan alat Laktat-Pro *Portable Analyzer* (Arkray, Japan) didasarkan pada prinsip reaksi sebagai berikut:



Reaksi 1 dan 2 terjadi secara serentak. Laktat di dalam darah dioksidasi oleh enzim laktat oksidase teroksidasi ( $\text{LOD}_{\text{ox}}$ ) menjadi piruvat;  $\text{LOD}_{\text{ox}}$  direduksi menjadi laktat oksidase tereduksi ( $\text{LOD}_{\text{red}}$ ).  $\text{LOD}_{\text{red}}$  dioksidasi bersama dengan ferrisianida, suatu mediator elektron, untuk menjadi  $\text{LOD}_{\text{ox}}$  yang kemudian mengoksidasi laktat kembali. Ferrisianida menjadi tereduksi membentuk ferrosianida. Ferrosianida pada akhirnya dioksidasi menjadi ferrisianida oleh suatu elektroda dengan potensial +0.5 V, seperti yang terjadi pada persamaan 3. Arus anoda kemudian diukur pada suatu amperometer.<sup>37</sup>

## Pengaruh Omega-3 Terhadap Daya Tahan Kontraksi Otot Rangka Selama Kerja Fisik Intensitas Sedang Durasi Panjang Pada Orang Dewasa Non-atlet

Yoanita Hijriyati<sup>1</sup>, Djauhari Widjajakusumah<sup>2</sup>, Dwirini Retno Gunarti<sup>3</sup>

<sup>1</sup> STIKes Binawan, Jakarta.

<sup>2</sup> Departemen Fisiologi, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

<sup>3</sup> Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

### ABSTRAK

**Latar Belakang:** Omega-3 sebagai salah satu jenis asam lemak takjenuh majemuk, dapat membentuk ikatan dengan fosfolipida membran sekaligus menentukan fluiditasnya. Peningkatan fluiditas membran diduga dapat meningkatkan laju difusi oksigen melewati membran sehingga kecepatan akumulasi laktat akan menurun dan respon kelelahan dapat ditunda. Hal ini ditandai dengan meningkatnya daya tahan kontraksi otot rangka selama melakukan kerja fisik.

**Tujuan:** Mengetahui pengaruh omega-3 suplementasi omega-3 1400mg/hari selama 8 minggu terhadap daya tahan kontraksi otot rangka selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada orang dewasa non-atlet.

**Metode:** Penelitian ini menggunakan desain *pre-post intervention* dengan kontrol diri sendiri pada 10 orang pria dewasa sehat berusia 20-24 tahun. Subyek penelitian diberikan suplemen omega-3 dengan dosis 1400 mg/hari selama 8 minggu. Parameter yang diukur adalah kadar laktat darah dan durasi kerja selama melakukan kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada treadmill sebelum dan setelah perlakuan.

**Hasil:** Kadar laktat darah menurun secara bermakna dari minggu 0 ke minggu 8. Penurunan ini terjadi pada saat pre-exercise ( $p=0.003$ ), pada 10 menit exercise ( $p=0.001$ ), dan saat lelah ( $p=0.003$ ). Didapati pula adanya peningkatan nilai rerata durasi kerja fisik secara bermakna ( $p=0.005$ ) dari  $24.44 \pm 11.74$  menit di minggu 0 menjadi  $27.99 \pm 12.41$  menit di minggu 8. Selain itu, terdapat respon penurunan denyut jantung yang bermakna pada saat pre-exercise ( $p=0.003$ ), pada 10 menit exercise ( $p=0.014$ ), dan saat lelah ( $p=0.025$ ) disertai perubahan tekanan darah yang tidak bermakna.

**Kesimpulan:** Penurunan kadar laktat darah secara bermakna setelah suplementasi omega-3 dengan dosis 1400 mg/hari selama 8 minggu mencerminkan adanya perbaikan suplai oksigen di sel otot rangka. Peningkatan durasi kerja fisik yang bermakna pada penelitian ini mencerminkan adanya peningkatan daya tahan kontraksi otot rangka yang disebabkan oleh meningkatnya kemampuan sel otot rangka untuk menyediakan energi melalui metabolisme aerobik. Respon penurunan denyut jantung yang bermakna disertai perubahan tekanan darah yang tidak bermakna pada penelitian ini mencerminkan adanya peningkatan daya pompa jantung yang menyebabkan suplai oksigen ke otot rangka menjadi lebih baik.

**Kata Kunci:** Omega-3, laktat darah, respon kelelahan, durasi kerja fisik.

### PENDAHULUAN

Di dalam tubuh, aktivitas sistem energi aerobik-anaerobik berperan penting dalam pembentukan ATP sebagai sumber energi. Pembentukan ATP diperlukan untuk mempertahankan kinerja otot rangka selama aktivitas/kerja fisik. Pada kerja fisik intensitas sedang, terdapat suatu titik dimana terjadi transisi metabolisme aerobik-anaerobik. Awalnya, kebutuhan energi yang rendah memungkinkan oksigen tersedia secara adekuat untuk kelangsungan metabolisme aerobik. Seiring dengan meningkatnya intensitas kerja, maka otot yang bekerja membutuhkan lebih banyak ATP dalam waktu yang singkat. Pada kondisi ini, penyediaan energi mulai bergantung kepada metabolisme anaerobik untuk melengkapi pembentukan ATP yang dihasilkan oleh metabolisme aerobik.<sup>1,2</sup>

Peningkatan aktivitas metabolisme anaerobik dapat menyebabkan pembentukan laktat berlangsung lebih cepat dari metabolisme tubuh untuk menyingkirkannya. Kondisi ini menyebabkan peningkatan kadar laktat darah dan dapat diinterpretasikan sebagai refleksi dari adanya hipoksia pada jaringan otot rangka yang bekerja.<sup>3</sup> Respon kelelahan akan timbul seiring dengan meningkatnya kadar laktat sebagai produk dari metabolisme anaerobik. Dengan demikian, aktivitas sistem energi aerobik-anaerobik mempengaruhi batas waktu seseorang untuk dapat mempertahankan kontraksi ototnya.

Suplai oksigen berperan penting dalam meningkatkan kemampuan sel untuk menyediakan energi melalui metabolisme aerobik. Ketersediaan oksigen yang adekuat di dalam sel dapat memperlambat kecepatan pembentukan asam laktat sekaligus memperlambat timbulnya respon kelelahan. Sehingga, kerja fisik dapat dipertahankan dalam waktu yang lebih lama. Salah satu faktor yang mempengaruhi peningkatan suplai oksigen ke sel otot rangka adalah peningkatan difusi oksigen dari sirkulasi mikro ke dalam sel.<sup>3</sup> Dengan demikian, komposisi membran berperan penting.

Pada membran lipid lapis ganda, fosfolipida merupakan unsur dari kelompok fosfolipid yang paling lazim dijumpai dan mengandung asam lemak tak jenuh yang penting untuk mempertahankan fluiditas membran.<sup>4</sup> Peningkatan fluiditas membran diduga dapat meningkatkan laju difusi oksigen melewati membran.<sup>5</sup> Omega-3 sebagai salah satu jenis asam lemak tak jenuh majemuk, dapat membentuk ikatan dengan tulang punggung (*backbone*) gliserol dari fosfolipida membran sekaligus menentukan fluiditasnya.<sup>4</sup> Pada otot rangka, komposisi membran sel merefleksikan komposisi lemak yang terdapat pada diet yang dikonsumsi.<sup>5</sup>

Pada penelitian yang dilakukan pada hewan percobaan dengan diet omega-3 selama 8 minggu, ditemukan peningkatan kadar total asam lemak takjenuh majemuk omega-3 pada membran sel otot rangka. Selain itu, didapati pula adanya efek langsung pemberian diet omega-3 terhadap peningkatan daya tahan kontraksi otot rangka.<sup>5</sup>

Saat ini, konsumsi suplemen omega-3 di masyarakat semakin meningkat yang dilatarbelakangi oleh adanya motivasi untuk meningkatkan status kesehatan. Pada manusia, belum diketahui apakah konsumsi suplemen omega-3 juga efektif untuk meningkatkan daya tahan kontraksi otot rangka. Penelitian ini menggunakan desain *pre-post intervention* dengan kontrol diri sendiri, yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suplementasi omega-3 1400 mg/hari selama 8 minggu terhadap daya tahan kontraksi otot rangka selama kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada orang dewasa non-atlet.

#### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain *pre-post intervention* dengan kontrol diri sendiri pada 10 orang pria dewasa sehat berusia 20-24 tahun, dengan Indeks Massa Tubuh (IMT) berkisar antara 19.61 – 23.63. Subyek penelitian diberikan suplemen Omega-3 dengan dosis 1400 mg/hari selama 8 minggu. Parameter yang diukur adalah kadar laktat darah dan durasi kerja selama melakukan kerja fisik intensitas sedang durasi panjang pada treadmill. Pemeriksaan kadar laktat darah dilakukan dengan menggunakan alat Laktat-Pro *Portable Analyzer* (Arkray, Japan). Pengumpulan data dilakukan di Laboratorium Fisiologi FK-UI.

Hasil pengukuran merupakan data dengan skala numerik untuk membandingkan kadar laktat darah serta durasi kerja fisik sebelum dan sesudah pemberian suplementasi omega-3 selama 8 minggu. Analisis data dilakukan dengan uji t-berpasangan (*paired t-test*). Jika hasil uji normalitas dengan uji Shapiro-Wilk menunjukkan distribusi data tidak normal, dan setelah dilakukan transformasi tetap menunjukkan distribusi data tidak normal, maka uji statistik yang digunakan adalah uji Wilcoxon.<sup>33,34</sup> Data diolah dengan menggunakan program SPSS versi 11.5.

**HASIL**

Kemaknaan perbedaan nilai rerata berat badan, kecepatan treadmill, dan pemakaian energi selama berlari pada minggu 0 dan minggu 8 ditunjukkan oleh tabel 1. Berdasarkan hasil uji t-berpasangan, tidak terdapat perbedaan yang bermakna ( $p=0.82$ ) pada nilai rerata berat badan dari  $59.5 \pm 6.13$  kg pada minggu 0 menjadi  $59.4 \pm 5.78$  kg pada minggu 8. Sedangkan pada kecepatan treadmill, tidak terjadi perubahan nilai rerata pada minggu 0 dan minggu 8 yaitu tetap pada  $3.8 \pm 0.35$  mph. Dan berdasarkan hasil uji Wilcoxon, tidak didapati adanya perbedaan bermakna ( $p=1.00$ ) antara nilai rerata kecepatan treadmill pada minggu 0 dan minggu 8. Demikian pula pada jumlah pemakaian energi selama berlari, berdasarkan hasil uji t-berpasangan, tidak terdapat perbedaan bermakna ( $p=1.00$ ) pada nilai rerata dari  $5.47 \pm 0.19$  kcal/mnt pada minggu 0 menjadi  $5.47 \pm 0.18$  kcal/mnt pada minggu 8.

Tabel 1. Kemaknaan perbedaan nilai rerata Berat Badan (BB), Kecepatan Treadmill, dan Pemakaian Energi selama berlari pada minggu 0 dan minggu 8.

Variabel	Mean $\pm$ SD Minggu 0	Mean $\pm$ SD Minggu 8	p	Kemaknaan
Perub BB mgg 0-8	$59.5 \pm 6.13$	$59.4 \pm 5.78$	0.82*	Tidak bermakna
Perub kec.treadmill mgg 0-8	$3.8 \pm 0.35$	$3.8 \pm 0.35$	1.00 <sup>+</sup>	Tidak bermakna
Perub energi mgg 0-8	$5.47 \pm 0.19$	$5.47 \pm 0.18$	1.00*	Tidak bermakna

Keterangan: \* : Berdasarkan hasil uji t-berpasangan  
+ : Berdasarkan hasil uji Wilcoxon

Tabel 2 menunjukkan perubahan nilai rerata kadar Hb sebelum dan sesudah perlakuan. Nilai rerata Hb sebelum perlakuan adalah  $15.31 \pm 0.43$  g/dl dan setelah perlakuan adalah  $15.08 \pm 0.52$  g/dl. Hasil uji t-berpasangan menunjukkan nilai  $p \geq 0.05$ . Dengan demikian, tidak terdapat perubahan bermakna pada nilai rerata kadar Hb sebelum dan sesudah perlakuan.

Tabel 2. Perubahan nilai rerata kadar hemoglobin (Hb) sebelum dan setelah perlakuan.

Hb (g/dl) Minggu 0	Hb (g/dl) Minggu 8	p*	Kemaknaan
$15.31 \pm 0.43$	$15.08 \pm 0.52$	0.69	Tidak bermakna

Keterangan: \* : Berdasarkan hasil uji t-berpasangan

Tabel 3. Kemaknaan perubahan kadar laktat darah dan durasi kerja fisik sebelum dan setelah perlakuan.

Variabel	Mean $\pm$ SD Minggu 0	Mean $\pm$ SD Minggu 8	P*	Kemaknaan
Kadar laktat darah pre-exercise (mmol/L)	$3.04 \pm 1.05$	$2.45 \pm 0.93$	0.003	Bermakna
Kadar laktat darah 10 menit exercise (mmol/L)	$11.28 \pm 3.89$	$7.93 \pm 2.02$	0.001	Bermakna
Kadar laktat darah saat lelah (mmol/L)	$12.67 \pm 3.83$	$8.86 \pm 1.71$	0.003	Bermakna
Durasi kerja (menit)	$24.44 \pm 11.74$	$27.99 \pm 12.41$	0.005	Bermakna

Keterangan: \* : Berdasarkan hasil uji t-berpasangan

Perubahan kadar laktat darah dan durasi kerja fisik sebelum (minggu 0) dan sesudah (minggu 8) perlakuan ditunjukkan oleh tabel 3. Berdasarkan hasil uji t-berpasangan, nilai rerata kadar laktat darah pre-exercise mengalami penurunan yang bermakna ( $p=0.003$ ) dari  $3.04 \pm 1.05$  mmol/L di minggu 0 menjadi  $2.45 \pm 0.93$  mmol/L di minggu 8. Demikian pula dengan nilai rerata kadar laktat darah pada 10 menit exercise, didapati adanya penurunan yang bermakna ( $p=0.001$ ) dari  $11.28 \pm 3.89$  mmol/L di minggu 0 menjadi  $7.93 \pm 2.02$  mmol/L di minggu 8. Nilai rerata kadar laktat darah pada saat lelah juga mengalami penurunan secara bermakna ( $p=0.003$ ) dari  $12.67 \pm 3.83$  mmol/L di minggu 0 menjadi  $8.86 \pm 1.71$  mmol/L di minggu 8. Secara keseluruhan, terlihat adanya penurunan nilai rerata kadar laktat darah secara

**HASIL**

Kemaknaan perbedaan nilai rerata berat badan, kecepatan treadmill, dan pemakaian energi selama berlari pada minggu 0 dan minggu 8 ditunjukkan oleh tabel 1. Berdasarkan hasil uji t-berpasangan, tidak terdapat perbedaan yang bermakna ( $p=0.82$ ) pada nilai rerata berat badan dari  $59.5 \pm 6.13$  kg pada minggu 0 menjadi  $59.4 \pm 5.78$  kg pada minggu 8. Sedangkan pada kecepatan treadmill, tidak terjadi perubahan nilai rerata pada minggu 0 dan minggu 8 yaitu tetap pada  $3.8 \pm 0.35$  mph. Dan berdasarkan hasil uji Wilcoxon, tidak didapati adanya perbedaan bermakna ( $p=1.00$ ) antara nilai rerata kecepatan treadmill pada minggu 0 dan minggu 8. Demikian pula pada jumlah pemakaian energi selama berlari, berdasarkan hasil uji t-berpasangan, tidak terdapat perbedaan bermakna ( $p=1.00$ ) pada nilai rerata dari  $5.47 \pm 0.19$  kcal/mnt pada minggu 0 menjadi  $5.47 \pm 0.18$  kcal/mnt pada minggu 8.

**Tabel 1. Kemaknaan perbedaan nilai rerata Berat Badan (BB), Kecepatan Treadmill, dan Pemakaian Energi selama berlari pada minggu 0 dan minggu 8.**

Variabel	Mean $\pm$ SD Minggu 0	Mean $\pm$ SD Minggu 8	P	Kemaknaan
Perub BB mgg 0-8	$59.5 \pm 6.13$	$59.4 \pm 5.78$	0.82*	Tidak bermakna
Perub kec.treadmill mgg 0-8	$3.8 \pm 0.35$	$3.8 \pm 0.35$	1.00 <sup>+</sup>	Tidak bermakna
Perub energi mgg 0-8	$5.47 \pm 0.19$	$5.47 \pm 0.18$	1.00*	Tidak bermakna

Keterangan: \* : Berdasarkan hasil uji t-berpasangan  
+ : Berdasarkan hasil uji Wilcoxon

Tabel 2 menunjukkan perubahan nilai rerata kadar Hb sebelum dan sesudah perlakuan. Nilai rerata Hb sebelum perlakuan adalah  $15.31 \pm 0.43$  g/dl dan setelah perlakuan adalah  $15.08 \pm 0.52$  g/dl. Hasil uji t-berpasangan menunjukkan nilai  $p \geq 0.05$ . Dengan demikian, tidak terdapat perubahan bermakna pada nilai rerata kadar Hb sebelum dan sesudah perlakuan.

**Tabel 2. Perubahan nilai rerata kadar hemoglobin (Hb) sebelum dan setelah perlakuan.**

Hb (g/dl) Minggu 0	Hb (g/dl) Minggu 8	p*	Kemaknaan
$15.31 \pm 0.43$	$15.08 \pm 0.52$	0.69	Tidak bermakna

Keterangan: \* : Berdasarkan hasil uji t-berpasangan

**Tabel 3. Kemaknaan perubahan kadar laktat darah dan durasi kerja fisik sebelum dan setelah perlakuan.**

Variabel	Mean $\pm$ SD Minggu 0	Mean $\pm$ SD Minggu 8	P*	Kemaknaan
Kadar laktat darah pre-exercise (mmol/L)	$3.04 \pm 1.05$	$2.45 \pm 0.93$	0.003	Bermakna
Kadar laktat darah 10 menit exercise (mmol/L)	$11.28 \pm 3.89$	$7.93 \pm 2.02$	0.001	Bermakna
Kadar laktat darah saat lelah (mmol/L)	$12.67 \pm 3.83$	$8.86 \pm 1.71$	0.003	Bermakna
Durasi kerja (menit)	$24.44 \pm 11.74$	$27.99 \pm 12.41$	0.005	Bermakna

Keterangan: \* : Berdasarkan hasil uji t-berpasangan

Perubahan kadar laktat darah dan durasi kerja fisik sebelum (minggu 0) dan sesudah (minggu 8) perlakuan ditunjukkan oleh tabel 3. Berdasarkan hasil uji t-berpasangan, nilai rerata kadar laktat darah pre-exercise mengalami penurunan yang bermakna ( $p=0.003$ ) dari  $3.04 \pm 1.05$  mmol/L di minggu 0 menjadi  $2.45 \pm 0.93$  mmol/L di minggu 8. Demikian pula dengan nilai rerata kadar laktat darah pada 10 menit exercise, didapati adanya penurunan yang bermakna ( $p=0.001$ ) dari  $11.28 \pm 3.89$  mmol/L di minggu 0 menjadi  $7.93 \pm 2.02$  mmol/L di minggu 8. Nilai rerata kadar laktat darah pada saat lelah juga mengalami penurunan secara bermakna ( $p=0.003$ ) dari  $12.67 \pm 3.83$  mmol/L di minggu 0 menjadi  $8.86 \pm 1.71$  mmol/L di minggu 8. Secara keseluruhan, terlihat adanya penurunan nilai rerata kadar laktat darah secara

bermakna dari minggu 0 ke minggu 8. Sebaliknya pada durasi kerja fisik, didapati peningkatan nilai rerata yang bermakna ( $p=0.005$ ) dari  $24.44 \pm 11.74$  menit di minggu 0 menjadi  $27.99 \pm 12.41$  menit di minggu 8. Dengan demikian, dapat terlihat bahwa nilai rerata durasi kerja fisik sebelum dan sesudah perlakuan mengalami peningkatan yang bermakna.

Tabel 4 menunjukkan adanya perubahan denyut jantung dan tekanan darah selama kerja fisik sebelum dan sesudah perlakuan. Dengan uji t-berpasangan, didapati adanya penurunan yang bermakna ( $p=0.003$ ) pada nilai rerata denyut jantung pre-exercise dari  $102.3 \pm 20.69$  x/mnt di minggu 0 menjadi  $81.6 \pm 13.85$  x/mnt di minggu 8. Demikian pula dengan perubahan nilai rerata denyut jantung pada 10 menit exercise, terjadi penurunan yang bermakna ( $p=0.014$ ) dari  $182.3 \pm 11.24$  x/mnt di minggu 0 menjadi  $172.3 \pm 17.4$  x/mnt di minggu 8. Sedangkan berdasarkan uji Wilcoxon, nilai rerata denyut jantung saat lelah juga mengalami penurunan yang bermakna ( $p=0.025$ ) dari  $188.4 \pm 9.83$  x/mnt di minggu 0 menjadi  $181.7 \pm 14.69$  x/mnt di minggu 8. Dengan demikian, dapat terlihat adanya penurunan denyut jantung secara bermakna sebelum dan sesudah perlakuan.

Dan juga, pada tabel 4 dapat terlihat adanya perubahan nilai rerata tekanan darah sebelum dan sesudah perlakuan. Tekanan sistol pre-exercise mengalami penurunan dari  $114.5 \pm 9.56$  mmHg di minggu 0 menjadi  $110 \pm 11.54$  mmHg di minggu 8, walaupun penurunan tersebut adalah tidak bermakna ( $p=0.285$ ). Sedangkan pada tekanan diastol pre-exercise, berdasarkan hasil uji t-berpasangan, tidak terdapat adanya perbedaan yang bermakna ( $p=0.104$ ) pada perubahan dari  $66 \pm 8.43$  mmHg di minggu 0 menjadi  $62 \pm 10.32$  mmHg di minggu 8. Demikian pula pada perubahan tekanan sistol pada saat lelah, berdasarkan hasil uji Wilcoxon, tidak didapati adanya perbedaan yang bermakna ( $p=0.438$ ) dari  $149 \pm 19.12$  mmHg di minggu 0 menjadi  $152 \pm 12.23$  mmHg di minggu 8. Pada perubahan tekanan diastol saat lelah, berdasarkan hasil uji Wilcoxon, tidak didapati adanya perbedaan yang bermakna ( $p=0.655$ ) dari  $63 \pm 6.75$  mmHg di minggu 0 menjadi  $64 \pm 10.75$  mmHg di minggu 8. Dengan demikian, walaupun didapati adanya perubahan pada nilai rerata tekanan darah sebelum dan sesudah perlakuan, akan tetapi secara statistik perubahan tersebut tidak bermakna.

**Tabel 4.5. Kemaknaan perubahan denyut jantung dan tekanan darah selama kerja fisik sebelum dan sesudah perlakuan.**

Variabel	Mean $\pm$ SD Minggu 0	Mean $\pm$ SD Minggu 8	P	Kemaknaan
Denyut jantung pre-exercise (x/mnt)	102.3 $\pm$ 20.69	81.6 $\pm$ 13.85	0.003*	Bermakna
Denyut jantung 10 menit exercise (x/mnt)	182.3 $\pm$ 11.24	172.3 $\pm$ 17.4	0.014*	Bermakna
Denyut jantung saat lelah (x/mnt)	188.4 $\pm$ 9.83	181.7 $\pm$ 14.69	0.025 <sup>+</sup>	Bermakna
Tekanan sistol pre-exercise (mmHg)	114.5 $\pm$ 9.56	110 $\pm$ 11.54	0.285 <sup>+</sup>	Tidak bermakna
Tekanan diastol pre-exercise (mmHg)	66 $\pm$ 8.43	62 $\pm$ 10.32	0.104*	Tidak bermakna
Tekanan sistol saat lelah (mmHg)	149 $\pm$ 19.12	152 $\pm$ 12.23	0.438 <sup>+</sup>	Tidak bermakna
Tekanan diastol saat lelah (mmHg)	63 $\pm$ 6.75	64 $\pm$ 10.75	0.655 <sup>+</sup>	Tidak bermakna

Keterangan

\*

<sup>+</sup>

: Berdasarkan hasil uji t-berpasangan

: Berdasarkan hasil uji Wilcoxon



## DISKUSI

Tidak adanya perbedaan yang bermakna pada nilai rerata perubahan berat badan ( $p=0.82$ ), kecepatan treadmill ( $p=1.00$ ), dan jumlah pemakaian energi selama kerja fisik ( $p=1.00$ ) menggambarkan bahwa kerja fisik yang dilakukan di minggu 0 dan minggu 8 berada pada intensitas kerja yang tetap. Selain itu, tidak adanya perbedaan yang bermakna pada perubahan berat badan ( $p=0.82$ ) sebelum dan sesudah penelitian memperlihatkan bahwa salah satu faktor yang dapat mempengaruhi perubahan intensitas kerja sudah dikontrol pada penelitian ini. Sehingga, efek perlakuan – akumulasi laktat darah dan respon kelelahan – yang timbul pada penelitian ini bukan disebabkan oleh perubahan berat badan yang mempengaruhi intensitas kerja.

Hemoglobin pada sel darah merah melakukan fungsi pengangkutan  $O_2$  dari organ respirasi ke jaringan perifer,<sup>4</sup> termasuk otot rangka. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan nilai rerata Hb yaitu  $15.31 \pm 0.43$  g/dl di minggu 0 dan  $15.08 \pm 0.52$  g/dl di minggu 8. Namun, perubahan tersebut tetap berada dalam rentang nilai normal. Hal ini berdasarkan teori yang menyebutkan bahwa rentang nilai normal kadar Hb darah adalah pada 14–18 g/dl.<sup>4</sup> Ini berarti, baik di minggu 0 ataupun minggu 8, subyek penelitian memiliki fungsi pengangkutan oksigen yang normal di dalam darah.

Kadar Hb darah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kapasitas difusi oksigen ke dalam sel.<sup>23</sup> Ketersediaan oksigen yang tidak adekuat di dalam sel dapat mempercepat kecepatan pembentukan asam laktat sekaligus mempercepat timbulnya respon kelelahan.<sup>3</sup> Pada penelitian ini, tidak adanya perbedaan yang bermakna pada perubahan nilai rerata kadar Hb di minggu 0 dan minggu 8 ( $p=0.69$ ) memperlihatkan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi kapasitas difusi oksigen ke dalam sel sudah dikontrol. Dengan demikian, efek perlakuan (akumulasi laktat darah dan respon kelelahan) yang timbul pada penelitian ini bukan disebabkan oleh faktor gangguan pada sistem pengangkutan oksigen di dalam darah.

Terdapat penurunan nilai rerata kadar laktat darah secara bermakna dari minggu 0 ke minggu 8. Penurunan tersebut didapati pada kadar laktat darah pre-exercise ( $p=0.003$ ), 10 menit exercise ( $p=0.001$ ), dan saat lelah ( $p=0.003$ ). Pada dasarnya, kadar laktat di dalam darah mencerminkan kecepatan produksi dan penyingkirannya di dalam tubuh.<sup>1</sup> Sehingga, penurunan kadar laktat darah secara bermakna yang didapati pada penelitian ini mencerminkan adanya penurunan pembentukan asam laktat dan peningkatan penyingkirannya.

Di dalam tubuh, asam organik seperti asam laktat akan terionisasi membentuk anion laktat.<sup>23</sup> Dengan kata lain, asam tersebut terdisosiasi dan melepaskan ion hidrogen ( $H^+$ ) ke cairan intraseluler dan ekstraseluler (darah) dan meningkatkan kadar  $H^+$  sebagai hasil disosiasi. Hal ini mengakibatkan penurunan pH dan menciptakan lingkungan yang lebih asam.<sup>1</sup> Peningkatan konsentrasi  $H^+$  dan penurunan pH seluler, sebagai akibat dari adanya akumulasi laktat, berperan penting dalam menimbulkan respon kelelahan otot.<sup>1,3,4</sup> Teori tersebut sesuai dengan hasil penelitian ini yang memperlihatkan bahwa pada saat terjadi penurunan kadar laktat darah secara bermakna dari minggu 0 ke minggu 8, didapati adanya peningkatan nilai rerata durasi kerja fisik secara bermakna ( $p=0.005$ ) dari  $24.44 \pm 11.74$  menit di minggu 0 menjadi  $27.99 \pm 12.41$  menit di minggu 8.

Peningkatan durasi kerja fisik yang bermakna pada penelitian ini mencerminkan adanya peningkatan daya tahan kontraksi otot rangka selama melakukan kerja fisik intensitas sedang durasi panjang. Terjadinya hal ini mungkin disebabkan oleh melambatnya respon kelelahan akibat menurunnya kecepatan akumulasi laktat darah setelah mendapat perlakuan selama 8 minggu. Kondisi ini sesuai dengan hasil penelitian pada hewan percobaan yang dilakukan oleh Peoples, yaitu setelah diberikan diet omega-3 selama 8 minggu didapati adanya peningkatan daya tahan kontraksi otot rangka secara bermakna.<sup>5</sup>



Pada penelitian ini didapati adanya penurunan nilai rerata denyut jantung yang bermakna setelah mendapat perlakuan selama 8 minggu. Penurunan tersebut didapati pada saat pre-exercise ( $p=0.003$ ), pada 10 menit exercise ( $p=0.014$ ), dan saat lelah ( $p=0.025$ ). Hasil penelitian ini menyerupai hasil penelitian yang dilakukan oleh Grimsgaard (1998), yang mengemukakan adanya penurunan denyut jantung yang bermakna setelah konsumsi EPA dan DHA 4 g/hari selama 7 minggu.<sup>40</sup> Dengan demikian, respon penurunan denyut jantung yang terjadi pada penelitian ini mungkin disebabkan oleh efek dari konsumsi suplemen omega-3. Pada penelitian ini juga didapati hasil adanya perubahan nilai rerata tekanan darah sebelum dan sesudah perlakuan, walaupun berdasarkan hasil uji statistik, tidak terdapat perbedaan yang bermakna.

Kondisi tersebut mencerminkan adanya peningkatan efektifitas sistem kardiovaskular dalam melakukan pengantaran oksigen dan nutrisi ke jaringan sehingga suplai oksigen ke otot juga menjadi lebih baik. Hal ini tentunya meningkatkan kemampuan sel untuk menyediakan energi melalui metabolisme aerobik. Selanjutnya, terjadi penurunan pembentukan asam laktat dan peningkatan penyingkirannya, sehingga kecepatan akumulasi laktat dapat menurun.

#### **KESIMPULAN**

Setelah pemberian omega-3 dengan dosis 1400 mg/hari selama 8 minggu, adanya penurunan kadar laktat darah secara bermakna mencerminkan adanya perbaikan suplai oksigen di sel otot rangka. Peningkatan nilai rerata durasi kerja fisik secara bermakna, mencerminkan adanya peningkatan daya tahan kontraksi otot rangka yang tampaknya disebabkan oleh meningkatnya kemampuan sel otot rangka untuk menyediakan energi melalui metabolisme aerobik. Selain itu, respon penurunan denyut jantung yang bermakna, disertai perubahan tekanan darah yang tidak bermakna mencerminkan adanya peningkatan efektifitas daya pompa jantung yang menyebabkan suplai oksigen ke otot rangka menjadi lebih baik.