

**LAPORAN HASIL PENELITIAN BIDANG ILMU  
TAHUN ANGGARAN 2017**

**JUDUL PENELITIAN  
RESPON MOLEKULER PADA ENDORFINE TERHADAP LATIHAN INTERVAL  
PADA ATLET *SPRINTER* UKM ATLETIK UNY**



Oleh

**Dr. Drs. Eddy Purnomo, M. Kes.  
Prof. Dr. Djoko Pekik Irianto, M.Kes.  
Dr. Or. Mansur, M.S.  
Dena Risky Noor Sesar  
Isna Indrayani**

---

**Dibiayai Oleh Dana DIPA BLU Tahun 2017  
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Kegiatan  
Universitas Negeri Yogyakarta  
Nomor Kontrak 477e/UN34.16/PL/2017**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN JASMANI KESEHATAN DAN REKREASI  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
TAHUN 2017**

LEMBAR PENGESAHAN  
HASIL PENELITIAN PENGEMBANGAN BIDANG ILMU KEOLAHRAGAAN

1. Judul Penelitian : Respons Molekuler -Endorfin terhadap Latihan Interval Pada Sprinter UKM Atletik UNY Tahun 2017
2. Ketua Peneliti :
- a. Nama Lengkap : Dr. Eddy Purnomo, M.Kes.  
b. NIP : 196203101990011001  
c. Jabatan/Pangkat/Gol : Pembina/Lektor Kepala /IVa  
d. Program Studi : PJKR  
e. Alamat : Jl. Monjali, Gemawang RT04 RW 44 No.93 SIA, Mlati Sleman, Yogyakarta  
f. Telepon/HP : 0274-625239/ 08122762432  
g. E-Mail : eddy\_ [purnomo@uny.ac.id](mailto:purnomo@uny.ac.id)
3. Bidang Keilmuan : Ilmu Keolahragaan  
4. Tema Penelitian Payung : Olahraga Prestasi  
5. Kelompok Peneliti

No	Nama Peneliti	NIP	Bidang Keahlian
1.	Prof.Dr.Djoko Pekik Irianto, M.Kes.	196208151987021001	Ilmu Gizi Olahraga
2.	Dr.Or. Mansur, MS.	195705191985021001	Kepelatihan Olahraga

8. Mahasiswa Yang Terlibat :

No	Nama Mahasiswa	NIM	Prodi
1.	Dena Risky Noor Sesar	14604221032	PGSD Penjas
2.	Isna Indrayani	14604221027	PGSD Penjas

9. Lokasi Penelitian : FIK UNY  
10. Waktu Penelitian : 2 Mei s/d 30 Oktober 2017  
11. Dana yang Diusulkan : Rp 10.000.000,-

Yogyakarta, 31 Oktober 2017

Mengetahui  
Dekan FIK UNY

Peneliti

Prof. Dr. Wawan S.Suherman, M.Ed.  
NIP 196407071988121001

Dr. Eddy Purnomo, M.Kes.  
NIP 196203101990011001

# Respons Molekuler $\beta$ -Endorfin Terhadap Latihan Interval Dengan Berbagai Macam Intensitas Pada Sprinter

Eddy Purnomo, Joko Pekik Irianto, dan Mansur

## Abstrak

**Latar belakang.** Latihan Interval (LI) merupakan salah satu metode latihan untuk meningkatkan dan mempertahankan kemampuan/kecepatan berlari dalam jarak dan waktu tempuh yang sudah ditentukan. Penelitian ini bertujuan menemukan gambaran respons fisiologis dan biokemis kadar  $\beta$ -endorfin terhadap LI dengan berbagai macam intensitas latihan (tinggi, sedang, dan rendah) pada *sprinter* dan *non-sprinter*

**Metode.** Penelitian ini menggunakan metode eksperimen semu yang terdiri dari tiga tahap pelaksanaan pengukuran. Subjek penelitian ini adalah sprinter UKM 17 orang dan kelompok non-sprinter 15 orang. Setiap kelompok dibagi menjadi tiga kelompok yang lebih kecil berdasarkan intensitas latihan, yaitu kelompok latihan intensitas tinggi, sedang, dan rendah. Penelitian dilakukan dengan pengukuran karakteristik fisik berupa TB, BB, dan tes kecepatan lari 100 m serta pengambilan sampel darah sebanyak 3 kali 5 ml, untuk mengukur respons  $\beta$ -endorfin pada kondisi intensitas tinggi, sedang dan rendah sebelum, Data diambil sebelum diberi LI, selama LI, dan setelah istirahat 30 menit. Analisis data dilakukan menggunakan metode ELISA dengan uji statistik *anova*.

**Hasil dan kesimpulan.** Hasil penelitian menunjuk bahwa dalam kelompok sprinter dan non sprinter dan non-sprinter tidak terdapat perbedaan yang bermakna terhadap peningkatan kadar  $\beta$ -endorfin. Akan tetapi terdapat peningkatan bermakna persentase kadar  $\beta$ -endorfin pada kelompok intensitas tinggi dibandingkan kelompok intensitas sedang dan rendah. Baik untuk kelompok *sprinter* maupun *non-sprinter*. Waktu istirahat 30 menit setelah LI belum cukup untuk mengembalikan kadar  $\beta$ -endorfin ke tingkat awal.

**Kata kunci:** latihan latihan, respons fisiologis dan biokemis pada sprinter.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	1
HALAMAN PENGESAHAN	2
ABSTRAK	3
DAFTAR ISI	4
DAFTAR TABEL	5
DAFTAR GAMBAR	6
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	8
1.2 Rumusan Masalah .....	9
1.3 Tujuan Penelitian .....	9
1.4 Manfaat Penelitian .....	10
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKAN</b>	
2.1 Pengertian Latihan .....	11
2.2 Prinsip-Prinsip Latihan .....	11
2.3 Metode Latihan .....	15
2.4 Latihan Interval .....	15
2.5 Metabolisme Energi Dalam Olahraga .....	18
2.6 Proses Metabolisme Energi Secara Anaerob .....	20
2.7 Proses Metabolisme Energi Secara Aerob .....	19
2.8 Oksidasi Beta Asam Lemak .....	20
2.9 Glukosa dan Asam Laktat .....	22
2.10 Stress Pada Latihan .....	23
2.11 <i>Hypoxia Inducible Factor-1</i> (HIF-1) .....	24
2.12 <i>Vascular Endothelial Growth Factor</i> (VEGEF) .....	25
2.13 <i>Brain Derived Neurothropic Factor</i> (BDNF) .....	26
2.14 Insulin Like Growth Factor-1 (IGF-1) .....	27
2.15 Endorfine $\beta$ .....	26
2.16 Endorfin Opioid Endogen .....	28
2.17 Latihan Dapat Meningkatkan Pelepasan Endorfin .....	28
<b>BABA III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Rancangan Penelitian .....	31
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	32
3.3 Populasi dan Sampel Penelitian .....	32
3.4 Variabel Penelitian .....	33
3.5 Definisi Operasional .....	33

3.6. Bahan dan Metode .....	34
3.7 Teknik dan Analisa Data .....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Data Fisik Subyek Penelitian .....	35
4.2 Kadar $\beta$ -Endorfin Berdasarkan Intensitas Latihan Pada Sprinter dan Non-Sprinter .....	38
4.3 Profil Subyek Penelitian .....	42
4.4 Respons Kadar $\beta$ -Endorfin Terhadap LI .....	43
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Profil Fisik Sprinter UKM Atletik UNY.....	45
5.2 Perbedaan Respons $\beta$ -Endorfin Terhadap LI antara Sprinter dan Non-Sprinter .....	45
5.3 Saran .....	45
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Intensitas Latihan Berdasarkan Persentase .....	13
Tabel 2.2 Informasi Pembuatan Program Latihan Interval .....	16
Tabel 3.1 Pengelompokkan Sampel Penelitian .....	31
Tabel 4.1 Subyek Berdasarkan TB, BB dan Kecepatan Lari <b>100 m</b> .....	35
Tabel 4.2 Rerata TB, BB dan Kecepatan Lari 100 m Sprinter dan Non-Sprinter Berdasarkan Intensitas .....	36
Tabel 4.3 Perbedaan Rerata Kadar $\beta$ -Endorfin Sebelum, Selama, dan Istirahat 30 menit antara Sprinter dan Non Sprinter Berdasarkan Intensitas .....	39
Tabel 4.4 Rerata Kenaikkan dan Penurunan Kadar $\beta$ -Endorfin Pada Sprinter .....	41
Tabel 4.5 Rerata Kenaikkan dan Penurunan Kadar $\beta$ -Endorfin Pada Sprinter .....	42

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hukum Beban .....	12
Gambar 2.2 Hukum Reversibility .....	12
Gambar 2.3 Penyimpanan ATP-PC Otot Yang Pengisian Ulang Sistim Aerob .....	17
Gambar 2.4 Proses Metabolisme Secara Aerob .....	20
Gambar 2.5 Peran Karnitin Sebagai Alat Transportasi Asam Lemak Rantai Panjang .....	21
Gambar 2.6 Oksidasi Beta Asam Lemak .....	22
Gambar 2.7. Siklus Cori .....	23
Gambar 3.1 Rancangan Penelitian .....	31
Gambar 4.1 Gambaran Rerata TB, BB Sprinter dan Non-Sprinter .....	35
Gambar 4.2 Gambaran Rerata Kecepatan Lari 100 m Sprinter dan Non- Sprinter .....	36
Gambar 4.3 Perbedaan Rerata TB, BB, dan Prestasi Lari 100 m Sprinter dan Non-Sprinter .....	37
Gambar 4.4 Rerata TB antara Sprinter dan Non-Sprinter Berdasarkan Intensitas Latihan .....	37
Gambar 4.5 Rerata BB Anantara Sprinter dan Non-Sprinter Berdasarkan Intensitas Latihan .....	38
Gambar 4.6 Rerata Kecepatan 100 m antara Sprinter dan Non-Sprinter Berdasarkan Intensitas Latihan .....	38
Gambar 4.7 Perbedaan Kadar $\beta$ -Endorfin Sprinter dan Non-Sprinter Sebelum, Selama dan Setelah Istirahat 30 menit Pada Intensitas Tinggi, Sedang, dan Rendah .....	39
Gambar 4.8 Perbedaan Kadar $\beta$ -Endorfin Sprinter Sebelum, Selama dan Setelah Istirahat 30 menit Pada Intensitas Tinggi, Sedang, dan Rendah .....	40
Gambar 4.9 Perbedaan Kadar $\beta$ -Endorfin Non-Sprinter Sebelum, Selama dan Setelah Istirahat 30 menit Pada Intensitas Tinggi, Sedang, dan Rendah .....	40
Gambar 4.10 Rerata Peningkatan dan Penurunan Kadar $\beta$ -Endorfin Sprinter Sebelum, Selama, dan Setelah Istirahat 30 menit ...	42
Gambar 4.11 Rerata Peningkatan dan Penurunan Kadar $\beta$ -Endorfin Non- Sprinter Sebelum, Selama, dan Setelah Istirahat 30 menit ...	43

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Latihan interval merupakan salah satu aktivitas fisik yang teratur dalam jangka waktu, jarak, istirahat, dan intensitas tertentu, yang bertujuan menjaga tubuh agar dalam keadaan sehat dan bugar. Latihan interval sangat dianjurkan untuk program preventif, kuratif dan rehabilitatif dalam upaya menjaga dan meningkatkan kesehatan terutama kesehatan jantung (Astrand, 2003). Selain untuk meningkatkan kesehatan jantung, beberapa penelitian sekarang ini menyebutkan bahwa latihan interval mempunyai efek positif terhadap peningkatan kesehatan tubuh dan otak (Erickson *et al.*, 2013).

Latihan fisik/ interval pada lansia akan meningkatkan umur harapan hidup dan juga menurunkan resiko terhadap penyakit alzheimer dan demensia. Latihan fisik mempunyai kemampuan protektif terhadap neurodegeneratif pada lansia. Neuroprotektif dari latihan interval tersebut meningkatkan fungsi kognitif pada lansia dan memperlambat terjadinya demensia pada lansia. Latihan interval menurunkan resiko demensia atau gangguan kognitif yang muncul pada lansia dikarenakan penurunan neurodegeneratif (Wang *et al.*, 2013).

Selain meningkatkan fungsi kognitif, latihan interval juga dapat meningkatkan kesehatan mental. Beberapa penelitian menunjukkan adanya hubungan antara latihan interval dengan pengeluaran endorfin. Terjadi peningkatan endorfin setelah latihan interval. Pengeluaran endorfin berpengaruh terhadap rasa euforia dan menurunkan rasa nyeri (Goldfarb *et al.*, 1998). Endorfin berperan penting dalam *depersonalization disorder*. Stress dan nyeri merupakan faktor yang berperan dalam peningkatan sekresi endorfin. Endorfin berinteraksi dengan reseptor opiat di otak untuk mengurangi persepsi tentang rasa sakit dan bertindak seperti obat-obatan penghilang rasa nyeri (Alkhaini *et al.*, 2015). Penelitian yang dilakukan oleh Pierce *et al.*, 1993 menunjukkan bahwa, peningkatan sekresi endorfin pada latihan interval yang berat tidak hanya memberikan efek analgetik tetapi juga memperbaiki *mood*. Penelitian yang dilakukan oleh Koseoglu (2003) untuk mengevaluasi efek dari kadar plasma *endorfin* dan latihan aerobik pada sakit kepala migrain, menyebutkan bahwa latihan fisik memiliki



efek manfaat pada semua parameter migrain ( $p < 0,0001$ ). Latihan fisik aerobik dapat melepaskan *endorfin*, suatu zat kimia saraf yang menyebabkan efek relaks, kondisi yang mendukung kesadaran penuh, dan mengurangi gejala depresi.

Endorfin adalah endogen opioid peptide yang berfungsi sebagai inhibitor neurotransmitter, diproduksi oleh kelenjar hipofisis dari hipotalamus di vertebrata selama latihan (Oswald Steward, 2000). Manfaat endorfin adalah sebagai penghilang rasa sakit (Jonathan, 1992). Penelitian yang di buat ilmuan Skolandia menunjukkan adanya perasaan enak setelah berolahraga 30 menit sampai 1 jam. Senyawa endorfin yang di bentuk dari proopiocortin ini, berperan dalam mengontrol persepsi rasa nyeri secara endogen sehingga dapat berperan analgesik yang kuat untuk rasa sakit pada tubuh selama beberapa jam, potensi analgesik senyawa 18-30 kali lebih kuat dari morphin (Murray R.K *et al*,2000).

Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian tersebut diketahui bahwa terjadi adaptasi molekuler pada otak sebagai respon terhadap latihan fisik/interval, sehingga latihan fisik dapat berdampak terhadap kesehatan otak dan mental. Akan tetapi belum diketahui apakah terdapat perbedaan sekresi endorfin pada latihan interval dengan intensitas yang berbeda-beda (tinggi, sedang dan rendah). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui respons molekuler endorfin sebagai respon terhadap latihan interval dengan intensitas yang berbeda-beda (tinggi, sedang dan rendah) pada atlet sprinter.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: apakah terdapat perbedaan respons endorfin di plasma darah pada latihan interval dengan intensitas latihan yang berbeda-beda?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

### **1.2.1. Tujuan Umum**

Untuk mengetahui perbedaan respons endorfin di plasma darah pada latihan interval dengan intensitas latihan yang berbeda-beda

### **1.2.2. Tujuan Khusus**

Tujuan khusus penelitian ini adalah untuk: a. Mengukur konsentrasi endorfin pada sprinter yang diberi latihan interval dengan intensitas tinggi, sedang, dan rendah selama, sebelum dan setelah selesai latihan 30 menit.

b. Membandingkan respon adaptasi molekuler yang terjadi di plasma darah pada latihan interval dengan intensitas tinggi, sedang, dan rendah selama, sebelum dan setelah selesai latihan 30 menit.

### **1.3. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

- 1.3.1. Dasar molekuler adaptasi terhadap hipoksia yang disebabkan oleh latihan interval dengan intensitas yang berbeda-beda, sehingga sangat berguna untuk memahami dan menjelaskan teori tentang respons molekuler yang terjadi pada plasma darah selama latihan interval.
- 1.3.2. Pada bidang kesehatan olahraga penelitian ini bermanfaat dalam memberikan informasi tentang mekanisme molekuler dan pengaruh latihan fisik/interval dengan intensitas yang berbeda-beda terhadap kesehatan otak, sehingga dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam menjelaskan fungsi olahraga bagi peningkatan kesehatan otak dan kemampuan kognitif.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Latihan**

Latihan adalah suatu proses berlatih yang sistematis, terencana, menurut jadwal, menurut pola dan sistem tertentu, metodis, dari mudah kesukar, teratur, dari sederhana ke yang lebih kompleks yang dilakukan secara berulang-ulang dan yang kian hari jumlah beban latihannya kian bertambah. (Ron m. Michael G, 2004) Adapun maksud dari pengertian sistematis adalah berencana, menurut jadwal, menurut pola dan system tertentu. Berulang-ulang maksudnya adalah agar gerakan-gerakan yang semula sukar dilakukan menjadi semakin mudah, otomatis, dan reflektif pelaksanaannya sehingga semakin hemat energi. Kian hari maksudnya ialah setiap kali, secara periodik, segera setelah tiba saatnya untuk ditambah bebannya, jadi bukan berarti setiap hari.

Oleh karena itu, antara atlet dan pelatih harus dapat memahami tujuan latihan yang mereka lakukan setiap kali latihan yaitu untuk membantu atlet meningkatkan ketrampilan dan prestasinya semaksimal mungkin. Untuk mencapai hal tersebut, ada 4 aspek yang perlu diperhatikan dan dilatih secara seksama oleh atlet yaitu:

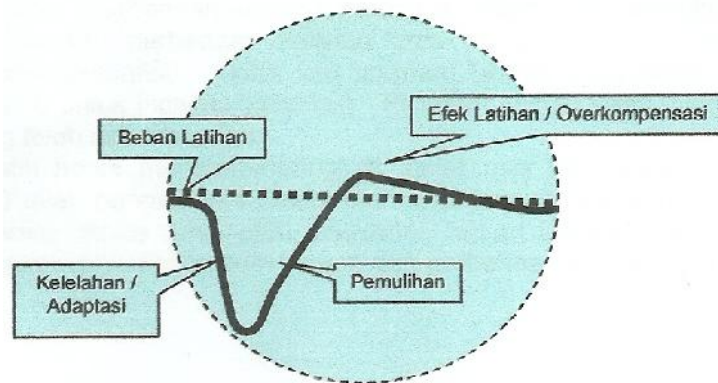
- a. Latihan fisik, yaitu latihan untuk meningkatkan dan mengembangkan komponen fisik yaitu dayatahan kardiovaskular, daya tahan kekuatan, kekuatan otot, kelentukan, kecepatan, stamina, kelincahan, power. Komponen tersebut adalah hal utama yang harus dilatih dan dikembangkan oleh atlet.
- b. Latihan Teknik, latihan untuk mempermahir teknik-teknik gerakan yang diperlukan untuk mampu melakukan cabang olahraga yang dilakukan atlet.
- c. Latihan taktik, ialah latihan yang bertujuan untuk menumbuhkan perkembangan daya tafsir pada atlet.
- d. Latihan mental, Latihan yang lebih menekankan pada perkembangan kedewasaan atlet serta perkembangan emosional.

#### **2.2 Prinsip-Prinsip Latihan**

Prinsip-prinsip latihan harus dipahami oleh setiap atlet untuk mencapai tujuan latihan (performa dan prestasi). Prinsip latihan terdiri dari hukum beban lebih (*law of overload*), hukum reversibilitas (*law of reversibility*), hukum kekhususan (*law of specificity*), individu (*individual*), dan variasi (*variety*). (Sherwood' 1996; Sodique NO, 2000, Sadikin M, 2002)

### 2.2.1 Hukum Beban Lebih (*Law of Overload*)

Tubuh manusia memiliki sifat adaptasi terhadap setiap perlakuan (contoh : pembebanan) yang diberikan melalui rangkaian proses. Proses awal setelah pembebanan adalah kelelahan dan memerlukan jeda. Setelah diberikan jeda dengan kurun waktu tertentu tubuh akan kembali dengan tingkat kebugaran yang lebih tinggi dari sebelumnya. Peningkatan kebugaran melalui adaptasi dari hukum beban lebih ini disebut *overcompensation* yang dapat dilihat pada gambar 2.3 (Baron W, 2003)

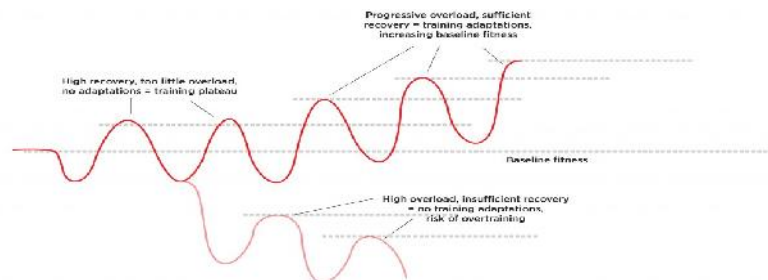


Gambar 2.1 Hukum Beban Lebih. [27]

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa pemberian beban latihan harus sesuai dan seimbang dengan waktu pemulihan sehingga mendapatkan tingkat kebugaran lebih tinggi dibandingkan sebelum beban latihan diberikan (*overcompensation*).

### 2.2.2 Hukum Reversibilitas (*Law of Reversibility*)

Hukum reversibilitas mengharuskan atlet berlatih secara kontinu dan progresif agar menghasilkan kebugaran yang semakin meningkat. Bila latihan tidak dilakukan secara kontinu dan progresif, kebugaran atlet akan menurun seperti yang ditunjukkan Gambar 2.2 (Balque A, 1997) .



Gambar 2.2 Hukum *Reversibility*-Kebugaran yang Meningkat

### 2.2.3 Hukum Kekhususan (*Law of Specificity*)

Hukum kekhususan menyatakan bahwa beban latihan yang sesuai dengan kemampuan atlet akan mempengaruhi tujuan latihan. Oleh karena itu, latihan harus direncanakan secara khusus menggunakan beban yang tepat untuk mencapai tujuan. (Balque A, 1997) Hukum kekhususan dapat dilihat pada intensitas dan volume latihan.

Intensitas latihan adalah kualitas atau kesulitan beban latihan. Cara mengukur intensitas tergantung pada atribut khusus yang dikembangkan atau diujikan. Misalnya : kecepatan berlari diukur dalam meter per detik (m/dtk), kekuatan diukur dalam pound/kilogram/ton, lompat dan lempar diukur dengan tinggi dan jarak (Keast D. Cameron, 1988) Penerapan hukum kekhususan bisa dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Intensitas Latihan Berdasarkan Persentase. (Baron W., 2003)

Intensitas	Persentase			<i>Endurance</i> <i>VO2Max</i>
	Latihan	Kekuatan	Denyut nadi	
Maksimal	96 – 100	90 – 100	190	100
Submaksimal	86 – 95	80 – 90	180 – 190	90
Tinggi	76 - 85		165	75
Sedang	66 – 75	70 – 80	150	60
Ringan	50 - 65	50 – 70		
Rendah	30 - 49	30 – 50	130	50

Volume latihan adalah jumlah seluruh latihan yang dilakukan (akumulasi waktu, jarak, berat dan sebagainya). Sedangkan, durasi beban adalah jumlah beban yang harus disesuaikan oleh atlet dalam jangka waktu tertentu. Misalnya, jika atlet pelari menyelesaikan satu unit program latihan selama 60 menit sejauh 10 km, maka volume latihannya adalah 60 menit dan 10 km. Contoh lain : Jika atlet berlatih kekuatan dalam satu unit latihan dengan *Leg Squat* 150 kg x 5 rep x 3 set, maka volumenya 2250 kg. (Baron W, 2003)

### 2.2.4 Prinsip Individu (*Individual*)

Tanggapan atau respons tiap-tiap atlet terhadap suatu rangsangan latihan berbeda-beda. Pada dasarnya, perbedaan itu timbul karena usia, jenis kelamin, dan faktor konstitutif (faktor genetik yang diwujudkan secara jelas dengan perawakan). Oleh karena itu, dalam merencanakan latihan, perlu dipertimbangkan perbedaan individu dalam kemampuan, kebutuhan, dan potensi. Dengan demikian, tidak ada program latihan yang dapat disalin secara utuh dari satu individu untuk individu yang lain.

Program latihan yang efektif hanya sesuai untuk individu yang telah direncanakan. Pelatih harus mempertimbangkan faktor usia kronologis dan usia biologis (kematangan fisik)

atlet, pengalaman dalam olahraga, tingkat keterampilan (*skill*), kapasitas usaha dan prestasi, status kesehatan, kapasitas beban latihan (*training load*) dan pemulihan, jenis antropometrik dan sistem saraf, dan perbedaan seksual (terutama pada saat pubertas).

Tidak ada dua individu (atlet) yang memiliki kesamaan yang sempurna (tepat sama) di dunia ini. Konsekuensi logisnya, setiap individu bereaksi dengan cara yang berbeda terhadap beban latihan yang sama. Bagi pelatih, hal ini perlu menjadi pertimbangan dalam memberikan pelatihan kepada para atlet.

Menurut Bompa (1994), individu juga dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti faktor keturunan, umur latihan, dan umur perkembangan. Prinsip ini juga berkaitan dengan hukum kekhususan dan berimplementasi pada latihan yang khusus bagi atlet. Hukum dan prinsip inilah yang memunculkan adanya beban luar dan beban dalam. (Guyton AC.Hall. 2006) Beban luar adalah beban yang diberikan dari luar atlet, misalnya oleh pelatihnya atlet diprogram untuk melakukan latihan lari 5 x 150 m dengan waktu @ 25 detik, sedangkan beban dalam adalah beban fisiologis dan psikologis atlet setelah mendapatkan beban luar sebagai reaksi dan adaptasi internalnya, seperti denyut nadi. (Balque A, 1997)

### **2.2.5 Prinsip Variasi (*Variety*)**

Latihan Interval yang dilakukan dengan bentuk dan metode latihan yang sama dengan frekuensi lama akan menimbulkan masalah. Oleh karena itu, perlu ada variasi dalam bentuk dan metode latihan agar tidak terjadi kebosanan, seperti pada gerakan lari yang secara teknik tidak begitu kompleks (terbatas) dan membutuhkan faktor fisiologik, dapat sesekali diberikan selingan dalam bentuk lari sambung (estafet).

Bompa (1994) mengatakan bahwa variasi latihan yang diberikan oleh pelatih dapat berupa hal-hal sebagai berikut:

- a. Tempat latihan berganti-ganti, misal stadion, ruang latihan beban, alam bebas, atau tempat rekreasi yang dapat memberikan suasana baru bagi atlet.
- b. Latihan interval (*interval training*) dengan metode variasi. Pelatih bisa menggunakan metode latihan yang berbeda untuk mencapai tujuan latihan yang sama, misalnya latihan kecepatan dapat menggunakan metode repetisi/ulangan atau dengan metode bermain, dan latihan kekuatan dapat diberikan dengan metode pembebanan (besi) atau *partnerwork*.
- c. Suasana latihan dibuat berbeda, misalnya dengan mendatangkan klub lain untuk berlatih bersama atau berlatih dalam kondisi keramaian yang ada di lapangan. (Balque A, 1997).

### 2.3 Metode Latihan

Usaha untuk meningkatkan kemampuan komponen fisik atlet, misalnya kecepatan, kekuatan dan daya tahan banyak metode latihan yang dapat di gunakan. Salah satunya adalah metode latihan interval.

Prinsip latihan interval (LI) merupakan prinsip latihan berdasarkan suatu penggantian periode/tahap dari pembebanan ke pemulihan atau dari bekerja ke istirahat. Secara sederhana dapat disimpulkan bahwa metode LI adalah suatu sesi latihan yang dilakukan dengan adanya selang waktu antara latihan dan istirahat. Metode ini sudah digunakan oleh banyak pelatih guna meningkatkan kecepatan, kekuatan dan daya tahan atlet. (Ron M. At.al., 2004). Satu hal yang harus diingat bahwa latihan harus memberikan pembebanan yang cukup atau intensitas yang sesuai dengan tujuan latihan. Sehingga dapat meningkatkan kapasitas aerobik maupun anerobik dari atlet tersebut.

### 2.4 Latihan Interval (*Interval Training*)

Latihan interval (*interval training*), disingkat menjadi LI, merupakan bentuk latihan yang diselingi dengan jeda atau yang lazim disebut waktu pemulihan (*recovery*). Pada LI volume, jarak tempuh, intensitas, dan jumlah ulangan latihan sudah ditentukan. LI merupakan aktivitas fisik yang dapat dilakukan dengan intensitas rendah, sedang, atau tinggi, tergantung pada tujuan latihan itu sendiri.

Fox L, *et al*, (1998) mengatakan dalam merancang program LI, khususnya lari interval, terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan, antara lain :

- a. Interval kerja (*work interval*) disebut juga intensitas kerja yaitu kecepatan atau tempo lari (*pace*) pada jarak tertentu (misalnya 50 meter dan 100 meter) yang diperhitungkan dari kecepatan maksimal, misalnya jarak 100 meter ditempuh dalam waktu 11 detik maka intensitas kerjanya  $90\% = 100/90 \times 11$  detik.
- b. Interval jeda (*reliase interval*) merupakan periode atau lamanya jeda yang dapat dilakukan dengan aktif atau pasif. Lamanya interval jeda sangat erat hubungannya dengan interval kerja dan dapat dibedakan dalam 3 (tiga) kategori, yaitu:
  - 1) Jika intensitas kerja rendah, dengan waktu tempuh lebih lama atau jarak tempuh lebih jauh (*longer work intervals*), maka perbandingan (rasio latihan) antara intensitas kerja dengan jeda adalah  $1 : \frac{1}{2}$  atau  $1 : 1$ .
  - 2) Jika intensitas kerja sedang (*middle duration intervals*), maka perbandingan antara intensitas kerja dengan jeda adalah 1:2.

- 3) Jika intensitas kerja tinggi, contohnya lari jarak pendek (*shorter work intervals*), maka perbandingan antara intensitas kerja dengan jeda adalah 1 : 3 atau 1 : 5 .
- c. Set merupakan kelompok ulangan kerja, seperti set 1 yang terdiri dari lari 5 x 50 m.
- d. Jumlah ulangan (*repetition*) yaitu banyaknya ulangan yang harus dilakukan, misalnya 10 -20 kali.
- e. Lamanya latihan (*training time*) merupakan rentangan waktu tempuh setiap repetisi, misalnya untuk lari 50 meter adalah 6 detik.
- f. Jarak latihan (*training distance*) yaitu jarak yang ditempuh dalam satu kali ulangan, misalnya lari 1 x 50 m.
- g. Frekuensi latihan (*training frequency*) yaitu jumlah latihan yang dilakukan setiap minggu, misalnya 3 atau 4 kali perminggu. (Murray RK., at.al., 2009)

Salah satu contoh program LI yaitu latihan interval 6 x 200 m dapat ditulis dengan singkatan 33 detik, jeda 5 menit. Maksudnya latihan interval dengan jarak tempuh 200 m, mempunyai jumlah ulangan 6 kali, dengan jeda 5 menit setiap ulangan, dan waktu tempuh 33 detik.

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah prinsip penambahan beban latihan. Tujuan dari penambahan beban latihan untuk meningkatkan respons atau ambang rangsang atlet sehingga performa dan prestasi atlet dapat meningkat. Adapun komponen penambahan beban latihan berupa tempo lari, repetisi, jeda dan jarak. Hal itu tergambar dalam tabel 2.1.

**Tabel 2.2** Informasi Pembuatan Program Latihan Lari Interval. (Murray RK., at.al., 2009)

Major energy system	Training time (min:sec)	Repetitions Per workout	Set per workout	Repetition per set	Work-relief ratio	Type of relief interval
ATP-PC	0.10	50	5	10	1:3	Rest-relief (e.g., walking, flexing)
	0.15	45	5	9		
	0.20	40	4	8		
	0.25	32	4	5		
ATP-C, LA	0.30	25	5	5	1:3	Work-relief (e.g., light to mild exercise, jogging)
	0.40-0.50	20	4	5		
	1:00-1:10	15	3	5		
	1:20	10	2	5		
LA, O <sub>2</sub>	1:20-2:00	8	2	4	1:2	Work-relief
	2:10-2:40	6	1	6	1:1	
	2:50-3:00	4	1	4		
O <sub>2</sub>	3:00-4:00	4	1	4	1:1	Work- or rest-relief
	4:00-5:00	3	1	3	1:½	

Pada tabel 2.2 dapat dilihat bahwa jika LI dengan waktu tempuh antara 10 detik sampai dengan 25 detik dan jumlah repetisinya 50 – 32, maka lebih banyak menggunakan sistem energi *Adenosine Tri Phosphate-Phospo Creatine* (ATP-PC). Sistem energi ini dinamakan sebagai

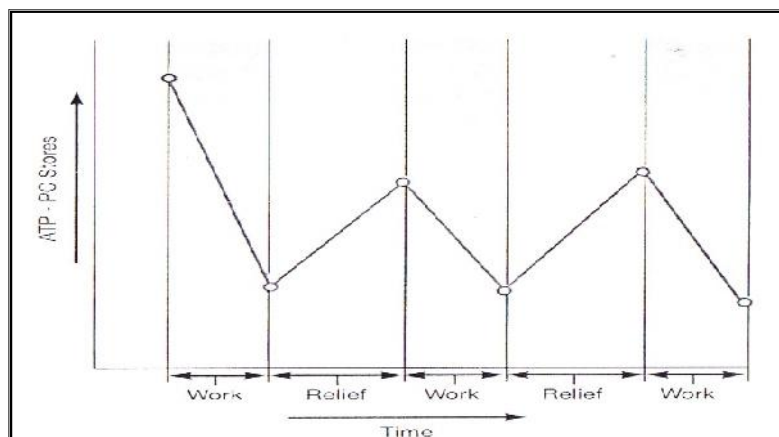


sistem *phosphagen* yang mengambil energi dari ATP dalam otot. Agar otot dapat berkontraksi berulang-ulang dengan cepat dan kuat, maka ATP harus dibentuk dengan cepat. Pembentukan kembali ATP (*resistesis* ATP) memerlukan energi yang berasal dari PC (*Phospho Creatine*) dalam otot. Pemecahan PC akan menghasilkan energi tanpa memerlukan oksigen. Berdasarkan penjelasan di atas, sistem energi ATP-PC dapat ditingkatkan dengan LI.

Metode LI merupakan bentuk latihan *intermittent* (terputus) yang bila ditinjau dari sistem energi memiliki perbedaan produksi energi dengan latihan kontinu. Sebagai ilustrasi, seorang atlet berlari secara kontinu sejauh dan secepat mungkin selama 1 menit, kemudian pada saat lain, atlet tersebut berlari secara terputus-putus dengan total aktifitas fisik selama 1 menit (setiap setelah berlari 10 detik, jeda 30 detik), dengan kecepatan yang sama saat berlari kontinu. Jika lari 10 detik itu diulang hingga enam kali, maka jumlah intensitas kerja terputus ini sama dengan kerja kontinu (enam kali lari 10 detik sama dengan lari satu menit).

Secara fisiologis pada latihan *intermittent* (terputus) dan latihan kontinu terdapat perbedaan interaksi antara sistem *phosphagen* (ATP-PC) dan glikolisis anaerob. Pada latihan *intermittent*, energi yang disuplai oleh sistem glikolisis anaerob akan lebih sedikit daripada sistem fosfat (ATP-PC) sehingga akumulasi asam laktat lebih rendah dan kelelahan menjadi lebih kecil.

Selama interval jeda pada latihan *intermittent*, cadangan ATP-PC otot akan diproduksi kembali melalui sistem aerob seperti terlihat pada Gambar 2.2. Cadangan molekul ATP, PC, dan O<sub>2</sub>-mioglobin akan kembali menjadi sumber energi yang siap pakai. Akibatnya, energi dari sistem asam laktat akan 'disimpan sebagai cadangan' sehingga asam laktat tidak terakumulasi dalam otot dan darah. Sebaliknya, pada latihan kontinu otot akan mengalami kelelahan akibat penimbunan asam laktat. (Rodney B., 1999).



**Gambar 2.3** Penyimpanan ATP-PC Otot yang Pengisian Ulang Sistem Aerob. (Murray RK., at.al., 2009)

Pahaman tersebut merupakan kunci dari keunggulan metode LI yang akan menghasilkan kinerja dengan tingkat intensitas dua atau satu setengah kali lipat daripada kerja kontinu sebelum keduanya mencapai tingkat asam laktat darah setara. Interaksi antara sistem ATP-PC dengan asam laktat dalam kerja terputus juga bervariasi, mengikuti jenis atau tingkat aktivitas interval pemulihan yang diterapkan. Interval jeda dapat berupa jeda penuh (pasif), kerja ringan atau sedang (aktif). Hal ini tergantung pada tujuan latihan sehingga pelatih bisa memilih dengan tepat bentuk jeda.

## **2.5 Metabolisme Energi dalam Olahraga**

Proses metabolisme energi di tubuh berfungsi untuk meresintesis molekul ATP yang prosesnya dapat berjalan secara aerob maupun aneorob. Proses hidrolisis ATP yang akan menghasilkan energi ini dapat dituliskan melalui persamaan reaksi kimia sederhana sebagai berikut:



Di jaringan otot, hidrolisis 1 mol ATP akan menghasilkan energi sebesar 31 kJ (7.3 kkal) dan akan menghasilkan produk lain berupa ADP dan Pi (fosfat inorganik). Pada saat beraktivitas fisik, terdapat tiga jalur metabolisme energi yang dapat digunakan oleh tubuh untuk menghasilkan ATP, yaitu hidrolisis PC, glikolisis glukosa dan glikogen, dan glukoneogenesis, yaitu sintesis glukosa non-karbohidrat. [28,29,30] Pada aktivitas fisik, metabolisme energi secara aerob berjalan dominan untuk menghasilkan ATP melalui pembakaran karbohidrat, lemak, dan sebagian kecil ( $\pm 5\%$ ) protein yang terdapat di tubuh. Proses metabolisme ini akan berlangsung dengan kehadiran oksigen ( $\text{O}_2$ ). Pada aktivitas yang bersifat anaerob, energi yang diperlukan oleh tubuh untuk melakukan aktivitas secara cepat akan diperoleh melalui hidrolisis PC dan melalui glikolisis glukosa secara anaerob. Proses metabolisme energi secara anaerob ini dapat berjalan tanpa kehadiran oksigen ( $\text{O}_2$ ). (Acevedo EO at.al.,1989; Morgan N., 2005; Thomas Jr; 2005).

Metabolisme energi secara anaerob dapat menghasilkan ATP dengan laju yang lebih cepat jika dibandingkan dengan metabolisme energi secara aerob. Oleh karena itu, untuk gerakan-gerakan dalam olahraga yang membutuhkan energi dalam waktu cepat, ATP dapat dihasilkan melalui proses metabolisme energi secara anaerob. Metabolisme anaerob hanya dapat menyediakan ATP dalam waktu yang terbatas, yaitu sekitar sembilan puluh detik. Walaupun prosesnya dapat berjalan secara cepat, metabolisme energi secara anaerob hanya

menghasilkan jumlah molekul ATP yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan metabolisme energi secara aerob (2 ATP vs 36 ATP per 1 molekul glukosa). (Acevedo EO at.al.,1989).

Metabolisme energi secara aerob menghasilkan produk lain berupa karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Hal ini berbeda dengan proses metabolisme energi secara anaerob yang menghasilkan produk lain berupa asam laktat yang apabila terakumulasi dapat menghambat kontraksi otot dan menyebabkan kelelahan pada otot. Hal inilah yang menyebabkan aktivitas fisik tidak dapat dilakukan secara kontinu dalam jangka waktu yang panjang, tetapi harus diselingi dengan interval istirahat. [Thomas Jr; 2005Tirtayasa K; 2001; Reily, 1985).

## **2.6 Proses Metabolisme Energi secara Anaerob**

### **2.6.1 Phospho Creatine (PC)**

Bentuk *creatine* yang sudah terfosforilasi (PC) mempunyai peranan penting dalam metabolisme energi secara anaerob untuk menghasilkan ATP di dalam otot. PC dengan bantuan enzim *creatine* kinase akan dipecah menjadi *Phosphat inorganic* (Pi) dan *creatine*. Proses ini akan disertai dengan pelepasan energi sebesar 43 kJ (10.3 kkal) untuk tiap 1 mol PC. Pi akan berikatan kembali dengan ADP melalui fosforilasi untuk membentuk molekul ATP. [Valeria MN.,at al., 2003).

### **2.6.2 Glikolisis**

Glikolisis adalah proses pemecahan 1 molekul glukosa menjadi 2 molekul asam piruvat yang terjadi di sitosol (sitoplasma) dalam keadaan anaerob. Proses ini menggunakan cadangan glukosa yang sebagian besar berasal dari glikogen otot atau dalam darah untuk menghasilkan ATP. [38] Jumlah ATP yang dihasilkan dalam proses ini tergantung pada asal molekul glukosa. Misal glukosa darah akan menghasilkan 2 ATP, namun dari glikogen otot akan dihasilkan 3 ATP.

Molekul asam piruvat yang terbentuk dari proses glikolisis dapat mengalami proses metabolisme lanjut baik secara aerob maupun secara anaerob, bergantung pada ketersediaan oksigen di dalam tubuh. Pada saat berolahraga dengan intensitas rendah, karena ketersediaan oksigen di dalam tubuh cukup besar, molekul asam piruvat yang terbentuk dapat diubah menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  di dalam mitokondria. Jika ketersediaan oksigen terbatas di dalam tubuh atau pembentukan asam piruvat terjadi secara cepat seperti pada saat melakukan sprint, asam piruvat tersebut akan dikonversi menjadi asam laktat.

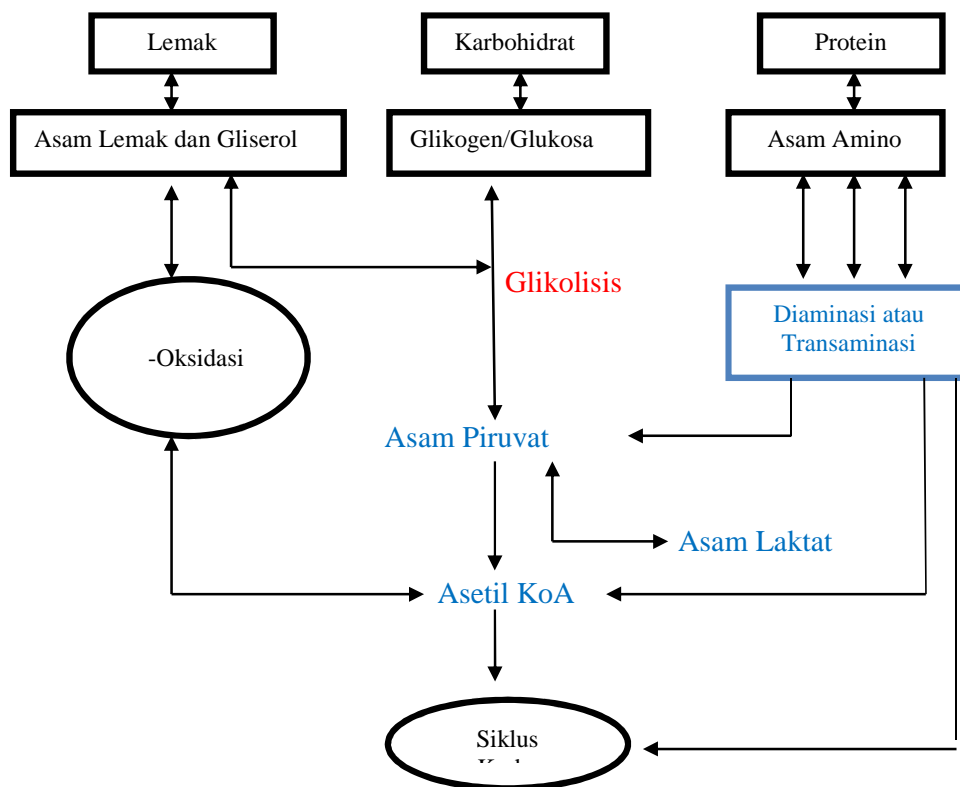
## **2.7 Metabolisme Energi secara Aerob**

Pada jenis olahraga yang bersifat ketahanan (*endurance*), seperti lari maraton, bersepeda jarak jauh (*road cycling*), atau lari 10 km, produksi energi di dalam tubuh bergantung pada sistem metabolisme energi secara aerob melalui pembakaran karbohidrat, lemak, dan

pemecahan protein. Oleh karena itu, atlet yang berpartisipasi dalam kompetisi yang bersifat ketahanan harus mempunyai kemampuan dalam mengirim oksigen ke dalam tubuh agar proses metabolisme energi secara aerob dapat berjalan dengan sempurna.

Pada saat latihan, cadangan energi tubuh, yaitu karbohidrat (glukosa darah, glikogen otot, dan hati) dan lemak (trigeliserida), akan memberikan kontribusi terhadap laju produksi energi secara aerob di dalam tubuh. Namun, hal ini bergantung pada intensitas latihan yang dilakukan, karena kedua cadangan energi ini dapat memberikan jumlah kontribusi yang berbeda. [Leij GB.,at al., 2006)

Secara singkat proses metabolisme energi secara aerob dapat dilihat pada Gambar 2.4. Untuk meregenerasi ATP, cadangan karbohidrat dan lemak merupakan sumber energi utama saat berolahraga. Atlet dengan latihan berat memerlukan pengeluaran energi 2-3 kali lebih besar daripada non atlet.



Gambar 2.4 Proses Metabolisme secara Aerob.

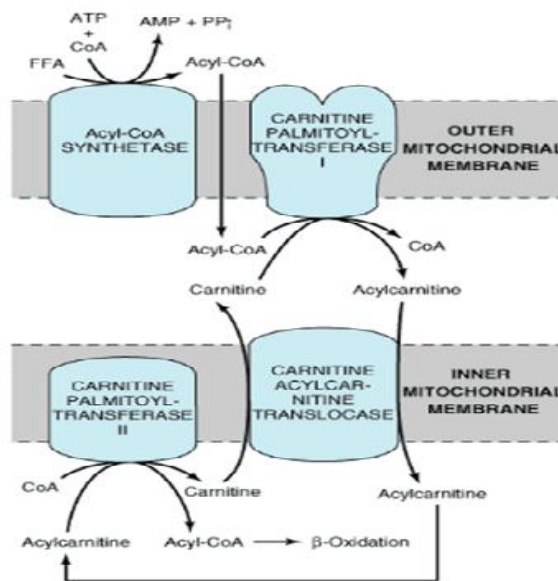
## 2.8 Oksidasi Beta Asam Lemak

Oksidasi beta asam lemak berlangsung di mitokondria. Asam lemak akan diubah menjadi suatu zat aktif, dengan menggunakan ATP, sebelum dikatabolisme. Dengan adanya

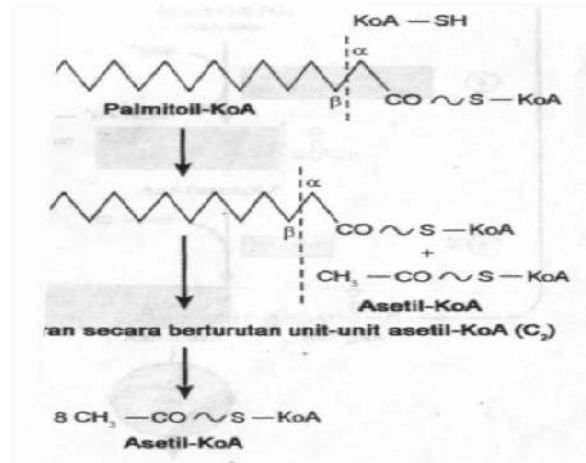
ATP dan koenzim A, enzim asetil-koA sintetase mengatalis perubahan asam lemak menjadi asam lemak aktif atau asetil-koA yang menggunakan satu fosfat yang berenergi tinggi disertai pembentukan AMP dan *Phospo-Phospate inorganic* (PPi), (Gambar 2.5). PPi dihidrolisis oleh pirofosfatase inorganik disertai hilangnya fosfat berenergi tinggi lainnya yang memastikan bahwa seluruh reaksi berlangsung hingga selesai. Asetil-koA sintetase ditemukan di retikulum endoplasma, peroksisom, serta di mitokondria. (Tirtayasa K., 2001).

Proses selanjutnya, asetil-koA yang dibantu oleh *carnitine palmitoltransferase-I*, yang terdapat di membran luar mitokondria mengubah asetil-koA rantai panjang menjadi *asetilcarnitine* yang mampu masuk ke membran dalam dan memperoleh akses ke sistem oksidasi-beta dengan bantuan *carnitine-asetilcarnitine translokase*. *Asetilcarnitine* diangkut masuk dan disertai *carnitine palmitoltransferase -II* yang terletak di bagian dalam membran dalam, asetil-koA terbentuk kembali di matriks mitokondria dan *carnitine* dibebaskan. (Thomas Jr. 2005)

Pada oksidasi-beta (Gambar 2.6) terjadi pemutusan tiap dua atom karbon dari molekul asetil-koA-beta yang dimulai dari ujung karboksil. Rantai diputus antara atom karbon – (2) dan – (3), maka pemutusan itu dinamai oksidasi beta. Unit dua karbon yang terbentuk adalah asetil-koA. Jadi, palmitil koA menghasilkan delapan molekul asetil-koA. Setelah itu, asetil-koA dioksidasi menjadi CO<sub>2</sub> dan di siklus Krebs menghasilkan ATP serta NADH dan FADH<sub>2</sub> yang lebih banyak. [40,41]



Gambar 2.5 Peran Karnitin sebagai Alat Transportasi Asam Lemak Rantai Panjang.



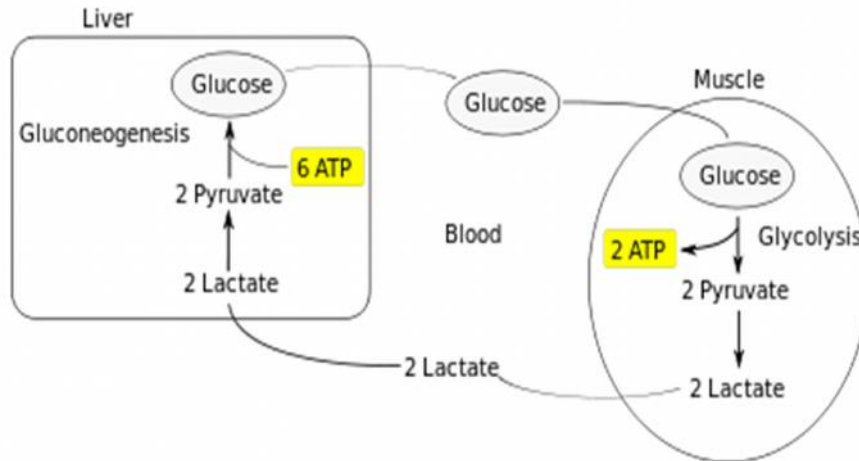
Gambar 2.6. Oksidasi Beta Asam Lemak.

## 2.9 Glukosa dan Asam Laktat

Glukosa merupakan produk utama yang dibentuk dari hidrolisis karbohidrat kompleks dalam proses pencernaan dan merupakan bentuk gula yang biasanya terdapat dalam peredaran darah. Kadar glukosa dalam darah akan meningkat setelah penyerapan makanan (karbohidrat). Kelebihan kadar glukosa akan disimpan dalam hati dan otot sebagai glikogen melalui mekanisme glikogenesis. Jumlah glikogen yang dapat disimpan di hati dan otot masing-masing sekitar 5-8 % dan 1-3 %.(Jack HW., at.al., 2004)

Glukosa secara khusus diperlukan oleh sebagian besar jaringan tubuh, namun setiap makanan yang dikonsumsi tidak harus mengandung glukosa, karena jenis karbohidrat lainnya mudah diubah menjadi glukosa (selama proses pencernaan, misalnya pati, maupun proses pengolahan selanjutnya di dalam hati, misalnya fruktosa dan galaktosa). Glukosa juga dapat dibentuk dari gliserol lemak dan senyawa glukogenik yang dapat digolongkan ke dalam dua kategori, yaitu : (1) senyawa yang meliputi konversi neto langsung menjadi glukosa tanpa daur ulang yang berarti, seperti beberapa asam amino serta propionate, (2) senyawa yang merupakan hasil metabolisme parsial glukosa dalam jaringan tertentu yang diangkut ke dalam hepar serta ginjal untuk disintesis kembali menjadi glukosa melalui mekanisme glukoneogenesis, seperti laktat dan alanin. [39]

Jika otot mengalami hipoksia saat latihan, glikogen diubah menjadi glukosa, selanjutnya glukosa akan diubah menjadi laktat, lalu laktat melalui aliran darah masuk ke hati. Di dalam hati, laktat diubah kembali menjadi glukosa. Glukosa kembali masuk ke dalam darah yang selanjutnya digunakan di dalam otot. Di dalam otot, glukosa diubah kembali menjadi glikogen. Peristiwa tersebut dikenal dengan siklus Cori yang dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.7 Siklus Cori

Fungsi utama glukosa adalah menghasilkan energi untuk jaringan tubuh. Energi dari glukosa dihasilkan melalui proses glikolisis. Proses glikolisis berlangsung di dalam sitoplasma dan dikatalisis oleh enzim-enzim protein yang bekerja pada tiap-tiap tahap.

Pada proses glikolisis akan dihasilkan ion hidrogen yang mengalami 2 proses berbeda. Pada keadaan anaerob, ion hidrogen dihasilkan dalam glikolisis dan kelebihan ion hidrogen ini kemudian digunakan untuk mengonversi asam piruvat menjadi asam laktat. Sedangkan pada keadaan aerob, ion hidrogen diterima oleh senyawa pembawa  $H^+$  yaitu Nikotinamida Adenin Dinukleotida teroksidasi ( $NAD^+$ ), menjadi  $NADH$  yang akan mengalami transpor elektron di mitokondria sehingga menghasilkan 3 molekul ATP.

## 2.10 Stres Pada Latihan

### 2.10.1. Beban Kerja Fisik sebagai Stress

Setiap aktivitas yang dilakukan oleh fisik merupakan beban bagi fisik itu sendiri. Misalnya berjalan, semakin jauh jarak tempuh, semakin besar beban kerja fisik dalam melakukan aktivitas tersebut. Dalam hal ini, beban kerja fisik diukur dari jarak tempuh. Demikian juga dengan latihan yang memiliki dimensi beban kerja berupa jarak tempuh (dalam meter) dan waktu tempuh (dalam menit dan detik) saat melakukan satu unit latihan. Fisik mengalami stress saat melakukan latihan, semakin berat latihan yang dilakukan, semakin besar stress yang dialami fisik.

Fisik berespons terhadap stres saat melakukan aktivitas fisik. Respons tersebut timbul secara psikologis maupun fisiologis. Secara fisiologis, efek yang ditimbulkan saat melakukan aktivitas fisik yaitu meningkatnya panas tubuh, denyut jantung, tekanan darah, dan terjadi perubahan terhadap biokimia tertentu, misalnya, protein. (ankor, 2007).

Respons meningkatnya denyut jantung dan tekanan darah terjadi saat fisik melakukan latihan berintensitas rendah hingga sedang. Namun, ketika intensitas latihan semakin meningkat, tubuh membutuhkan semacam dorongan atau semangat sehingga sistem tetap berjalan dengan baik dan responsif. Dorongan atau semangat ini dapat diukur dari kenaikan hormon epinefrin (adrenalin). Epinefrin bekerja sebagai reaksi terhadap tekanan dan kecepatan gerak tubuh. Selain itu, hormon ini bereaksi terhadap efek lingkungan seperti suara derau tinggi atau intensitas cahaya yang tinggi. Reaksi yang sering dirasakan adalah frekuensi detak jantung meningkat, keringat dingin dan keterkejutan/shok. (Mc MorisT., 2006)

Produksi hormon epinefrin dapat meningkat saat stres. Hormon yang timbul sebagai respons dari stimulasi otak ini, akan membuat indra menjadi lebih sensitif serta menjadi waswas dan siaga. Jika produksinya tidak berlebihan, hormon epinefrin akan memberikan respons positif seperti membuat fisik lebih terpacu untuk bekerja atau lebih fokus. Tetapi, jika hormon diproduksi berlebihan akibat stres berkepanjangan, maka akan terjadi kondisi kelelahan bahkan depresi, selain itu penyakit fisik mudah berdatangan, akibat dari darah yang terpompa lebih cepat, sehingga mengganggu fungsi metabolisme dan proses oksidasi di dalam tubuh.

Sekresi hormon epinefrin dipengaruhi oleh sistem persarafan simpatis. Cara kerja hormon ini dengan meningkatkan kerja sistem pernafasan yang mengakibatkan paru-paru bekerja untuk mengambil oksigen lebih banyak, serta meningkatkan peredaran darah di seluruh bagian tubuh (dari otot-otot hingga otak). Beberapa riset menyebutkan peningkatan kerja tersebut bisa mencapai 300% melebihi batas normal. Akibatnya, bukan jantung saja yang dapat terasa berdebar, namun keseluruhan sistem tubuh termasuk pengeluaran keringat juga akan meningkat dengan cepat. Aliran darah di kulit akan berkurang untuk dialihkan ke organ lain yang lebih penting sehingga orang-orang yang menghadapi stress biasanya gampang berkeringat, dimana dalam pengertian awam sering disebut keringat dingin. Sekresi ini menaikkan konsentrasi gula darah dengan menaikkan kecepatan glikogenolisis di dalam liver.

## **2.11. Hypoxia Inducible Factor-1 (HIF-1)**

HIF-1 merupakan protein heterodimer yang terdiri atas sub unit HIF-1 $\alpha$  dan sub unit HIF-1 $\beta$  (juga dikenal sebagai *aryl hydrocarbon receptor nuclear translocator* atau ARNT) yang berperan dalam respon sistemik dan seluler terhadap perubahan kadar oksigen (Zagorska, 2004 & Semenza, 2004). Protein ini diisolasi oleh Semenza pada tahun 1995. HIF-1 $\alpha$  terdiri dari dua subunit, sub unit  $\alpha$  yang diregulasi oleh hipoksia dan sub unit  $\beta$



yang merupakan protein konstitutif (disistesis secara terus-menerus). Sub unit  $\alpha$  terdiri dari 3 isoform, yaitu HIF-1 $\alpha$ , HIF-2 $\alpha$  (endothelial pAS protein) dan HIF-3 $\alpha$ . HIF-1 $\alpha$  dan HIF-2 $\alpha$  secara struktur dan fungsi mempunyai kemiripan, namun ekspresi HIF-2 $\alpha$  terbatas dan hanya berperan dominan pada pengaturan ekspresi eritropoetin, serta juga ditemukan di plasenta, paru dan sel endotel. Fungsi protein HIF-3 $\alpha$  belum banyak diketahui, diduga protein ini berperan sebagai inhibitor jalur HIF (Chun, 2002 dan Chan 2002).

Pada kondisi normoksia HIF-1 $\alpha$  akan mengalami degradasi. Hal ini terjadi karena HIF-1 $\alpha$  mengalami modifikasi pasca translasi, yang menyebabkan tidak stabil, sehingga dengan cepat dan kontinyu didegradasi (Chun, 2002).

### **2.11.1. Peran HIF-1 $\alpha$ dalam aktivitas fisik**

Pada saat melakukan aktivitas fisik, konsumsi oksigen di otot meningkat 50 kali dibandingkan saat istirahat, dan aliran darah ke mikrovaskuler meningkat 25 kali untuk mengkompensasi kebutuhan O<sub>2</sub> yang meningkat. Jumlah O<sub>2</sub> yang meningkat diperlukan dalam proses metabolisme untuk memenuhi kebutuhan energi selama aktivitas fisik. Ketidakseimbangan antara tingginya kebutuhan oksigen dan terbatasnya suplai oksigen mengakibatkan jaringan menjadi hipoksia (Feilim, 2007).

Adanya HIF-1 $\alpha$  dalam mekanisme adaptasi terhadap hipoksia pada aktivitas fisik memberikan efek menguntungkan bagi atlet. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kondisi hipoksia dapat mengakibatkan peningkatan daya tahan atlet (*endurance performance*). Metode hipoksia dengan latihan di dalam chamber hipoksia atau di dataran tinggi terbukti meningkatkan daya tahan atlet. Hipoksia mengakibatkan terjadinya peningkatan eritropoetin, jumlah sel darah merah, kadar Hb dan konsumsi oksigen yang berdampak pada daya tahan atlet (Wilmore, 2004).

### **2.12. Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF)**

VEGF merupakan glikoprotein pengikat heparin yang disekresi dalam bentuk homodimer (45 kDa). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa heparin berinteraksi dengan VEGF melalui pembentukan kompleks Heparin-VEGF yang menyebabkan terjadinya

perubahan konformasi molekul sehingga VEGF menjadi lebih stabil, lebih resisten terhadap inaktivasi dan memiliki waktu paruh yang lebih panjang.

Pembentukan kompleks Heparin-VEGF juga menyebabkan terjadinya peningkatan afinitas reseptor VEGF yang terdapat pada permukaan sel sehingga terbentuk signal intraseluler sebagai bentuk aktivasi terjadinya proliferasi (Berman,2000).

Dalam keadaan normal, VEGF diekspresikan dalam kadar yang bervariasi oleh berbagai jaringan, termasuk di antaranya otak, ginjal, hati, dan limpa (Polverini,2002).

Tekanan oksigen dapat

cepat. Sebaliknya, dalam kondisi kadar oksigen normal (normoksia), ekspresi VEGF menurun dan mengalami stabilisasi. Tingkat ekspresi VEGF juga bergantung pada jumlah sitokin inflamatori dan hormon pertumbuhan, termasuk di antaranya *Epidermal Growth Factor* (EGF), Interleukin-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), *platelet derived growth factor* (PDGF), *tumor necrosis factor- $\alpha$*  (TNF- $\alpha$ ), dan *transforming growth factor- $\beta$ 1* (TGF-  $\beta$ 1) (Goren,1992).

VEGF beraksi sebagai mitogen yang terbatas pada sel endotel vaskular (Folkman, 1992). VEGF terlibat dalam banyak tahap respon angiogenik, antara lain menstimulasi degradasi matriks ekstraseluler di sekitar sel endotel; meningkatkan proliferasi dan migrasi sel endotel; membantu pembentukan struktur pembuluh darah (Folkman, 1992).

### **2.13. Brain Derived Neurothropic Factor BDNF)**

*Brain Derived Neurothropic Factor* (BDNF) adalah suatu neurotropin yang berperan dalam perkembangan sinaps, plastisitas sinaps, dan fungsi kognitif (Pinila, 2008). BDNF adalah protein yang dikodekan oleh gen BDNF. BDNF merupakan neurotrophin (*growth factor*) yang termasuk di dalam *Nerve Growth Factor* (NGF) dan dapat ditemukan pada otak, sistem saraf perifer dan plasma darah (Matsumoto, 2008). BDNF berfungsi untuk mendorong pertumbuhan dan diferensiasi neuron baru (neurogenesis) serta mendukung kemampuan neuron untuk bertahan hidup. BDNF aktif di otak pada area korteks, prekorteks, dan dominan pada hipokampus. Area tersebut adalah area yang sangat penting untuk proses *learning* dan memori (gorsky, 2003). BDNF dapat memengaruhi proses *learning* dan memori melalui ekspresi mRNA BDNF dan sintesa protein BDNF di hipokampus. Proses

neurogenesis akan terjadi apabila terdapat stimulasi dari neurotrophin. BDNF merupakan neurotrophin yang paling aktif menstimulasi dan mengendalikan proses neurogenesis (Jeuroski,2008).

BDNF berperan dalam *Long-term Memory* (LTM), Penyimpanan informasi jangka panjang merupakan salah satu kemampuan fungsi otak. Memori yang tersimpan dan bertahan selama beberapa hari bahkan seumur hidup disebut sebagai LTM. LTM memerlukan ekspresi gen dan sintesis protein untuk sebuah proses yang disebut konsolidasi. Proses konsolidasi tersebut terjadi pada area tertentu di otak, terutama dihipokampus (Vaynman *et al*, 2004). Regulasi fisiologis ekspresi gen BDNF mungkin sangat penting dalam perkembangan otak .

#### **2.14. *Insulin Like Growth Factor-1* (IGF-)**

*Insulin Like Growth Factor-1* (IGF-1) adalah suatu rantai polipeptida tunggal yang terdiri dari 70 residu asam amino dengan berat molekul 1760 Da (Cordain *et al*, 2002). Sistesisi IGF-1 distimulasi oleh GH dan asupan makanan (Kaymak, et al (2007). *Insulin-like growth factor-1* yang bersirkulasi dalam darah disintesis di hati. Hormon pertumbuhan menstimulasi sintesis dan sekresi IGF-1 hepatik. Sebaliknya, IGF-1 mengatur sekresi GH dari hipofisis melalui mekanisme umpan balik negatif mempunyai peranan penting yang luas dalam mengatur fungsi-fungsi di dalam tubuh manusia. Hampir semua sel dalam tubuh manusia dipengaruhi oleh IGF-1, khususnya sel otot, tulang rawan, tulang, hepar, ginjal, saraf, kulit dan paru-paru. Peranan IGF-1 secara garis besar adalah merangsang proliferasi dan pertumbuhan sel, anabolik protein, inhibisi apoptosis, menurunkan kadar GH dan hormon insulin. Peranan ini akan terhambat atau berkurang bila IGF-1 berada dalam ikatan dengan IGFBP-3 (Badger, 2009). IGF-1 reseptor terlokalisir di berbagai jaringan otot, ovarium, hipofisis dan otak (Bondy,1992). IGF-1 disintesis melalui otak dan sumsum tulang belakang (Depablo, 1995).

#### **2.15. Endorfin**

Endorfin adalah endogen opioid peptide yang berfungsi sebagai inhibitor neurotransmitter, diproduksi oleh kelenjar hipofisis dari hipotalamus di vertebrata selama latihan (Oswald Steward,2000). Manfaat endorfin adalah sebagai penghilang rasa sakit (Jonathan, 1992). Penelitian yang di buat ilmuan Skolandia menunjukkan adanya

perasaan enak setelah berolahraga 30 menit sampai 1 jam. Senyawa endorfin yang di bentuk dari proopiocortin ini, berperan dalam mengontrol persepsi rasa nyeri secara endogen sehingga dapat berperan analgesik yang kuat untuk rasa sakit pada tubuh selama beberapa jam, potensi analgesik senyawa 18-30 kali lebih kuat dari morphin (Murray R.K *et al*,2000).

### **2.16. Endorfin: Opioid Endogen**

Endorfin adalah bagian dari kelas umum hormon yang dikenal sebagai opioid endogen, sebuah kelompok yang juga termasuk enkephalins dan dynorphins. The opioid endorfin terdiri dari urutan asam 31-amino tertentu, dibelah dari peptida yang lebih besar dikenal sebagai proopiomelanocortin (POMC) (Goldfarb *et al*, 1987;.. Harbach *et al*,2000). Endorfin yang dilepaskan dari kelenjar pituitari ke dalam sistem peredaran darah. Neuron memproduksi endorfin yang terletak terutama di inti arkuata ventomedial, yang proyek ke hipotalamus dan sistem limbik (Oswald & Wand, 2004). peptida opioid mengaktifkan tiga jenis reseptor, mu ( $\mu$ ), kappa, dan delta reseptor, yang semuanya bertindak melalui utusan kedua (McKim, 2003; Zalewska-Kaszubska dan Czarnecka, 2005). Afinitas yang masing-masing opioid mengikat tiga reseptor yang berbeda dapat bervariasi; endorfin terutama mengoperasikan melalui  $\mu$ -opioid reseptor (McKim, 2003). reseptor ini dikenal untuk menengahi efek analgesik serta berperan dalam sistem reward dalam otak. Bukti yang menunjukkan bahwa endorfin dapat mengganggu pelepasan neurotransmitter lainnya, termasuk norepinefrin, dopamin, dan asetilkolin, telah menyebabkan keyakinan bahwa mereka bekerja dengan modulasi membran presinaptik sinapsis selain mereka sendiri (McKim, 20)

### **2.17 Latihan Dapat Meningkatkan Pelepasan Endorphin.**

Banyak studi telah meneliti hubungan antara olahraga dan pelepasan endorfin, mempelajari peran peptida ini di euforia akibat latihan serta pengurangan rasa sakit (Farrell, 1985; Goldfarb *et al*,1987; Goldfarb *et al*., 1998 Langenfeld *et al*.,1987, Pierce dkk., 1993). Endorfin sering terlibat dalam euforia yang dikenal sebagai "*runner high*," keadaan psikologis santai kadang-kadang dialami selama atau setelah olahraga berat seperti menjalankan (Pierce dkk., 1993). bukti tidak konsisten untuk kenaikan signifikan dalam pelepasan endorfin, bagaimanapun, membuatnya sangat sulit untuk hanya menyimpulkan bahwa endorfin dilepaskan karena olahraga adalah penyebab perasaan euforia.

Studi penelitian klinis mengukur endorphin tingkat sebelum, selama, dan setelah latihan fisik adalah: beberapa menunjukkan peningkatan yang signifikan di mana orang lain tidak. komplikasi tambahan terjadi ketika peneliti berbeda dalam definisi mereka untuk apa

yang merupakan akut, olahraga berat. Masih tetap dipertanyakan seperti apa kondisi tertentu, jika ada, menginduksi pelepasan endorfin. Ada kemungkinan bahwa ambang VO<sub>2</sub>max tertentu harus dipenuhi atau dipertahankan, jarak tertentu atau lamanya waktu harus diselesaikan, atau bentuk tertentu latihan harus dilakukan agar respon fisiologis pelepasan endorfin terjadi.

Farrell (1985) menilai bahwa ambang batas dengan melihat efek dari intensitas dan jarak berjalan pada saat pelepasan endorphin- pada subjek putra dengan menyusun hasil dari beberapa penelitian dengan waktu bervariasi dan jarak berjalan. Analisis data ini menunjukkan tren tingkat endorphin meningkat setelah latihan di semua studi, meskipun tidak semua yang signifikan. Pierce dkk. (1993) melakukan penelitian mengukur kadar endorphin plasma sebelum dan setelah latihan daya tahan, yang didefinisikan sebagai 45 menit dari intensitas tinggi aerobik. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam tingkat endorphin setelah latihan dibandingkan dengan tingkat sebelumnya. temuan tersebut mendukung gagasan bahwa peptida opioid dapat dilepaskan sebagai hasil dari latihan keras untuk jumlah waktu tertentu. Sebuah studi oleh Goldfarb et al. (1998) setuju dengan kesimpulan, tetapi mengklaim bahwa intensitas kritis latihan harus dicapai untuk menginduksi peningkatan kadar endorphin plasma. Namun, bertentangan dengan data dengan Goldfarb et al. (1998), (1985) bukti Farrell menyimpulkan bahwa peningkatan pelepasan endorfin tampaknya tidak tergantung pada intensitas latihan.

Goldfarb et al. (1987) memilih untuk menguji tingkat endorphin selama latihan di mana subjek mengalami peningkatan resistensi sepeda setiap 3 menit sampai kelelahan atau VO<sub>2</sub>max masing-masing tercapai. Endorfin diukur sebelum, selama, dan setelah berolahraga. Hasilnya kadar endorphin pada setiap individu sangat bervariasi, sehingga sulit untuk menemukan hubungannya. Beberapa menunjukkan peningkatan yang signifikan di awal tes, yang lain di akhir tes, dan beberapa tidak sama sekali. Sementara tingkat keseluruhan endorphin meningkat tidak membuktikan signifikan selama latihan dan pada berbagai intensitas, peneliti menemukan peningkatan yang signifikan setelah periode latihan. Namun, jumlah besar variabilitas antara subjek dapat menunjukkan respon individu yang berbeda untuk berbagai jenis olahraga.

Faktor lain yang dapat menyebabkan variabilitas dalam pengukuran tingkat endorphin adalah teknik yang digunakan untuk mengukur kadar hormon dalam plasma darah. Umumnya, radioimmunoassay (RIA) adalah metode yang diterima pengukuran. Dalam meneliti studi, ada perbedaan dicatat dalam prosedur pengujian dari studi yang berbeda, yang bisa sangat mudah memiliki efek pada data. Ketidakmampuan untuk menemukan hubungan yang konsisten antara peningkatan kadar endorphin dan olahraga dapat menunjukkan bahwa kadar plasma darah tidak

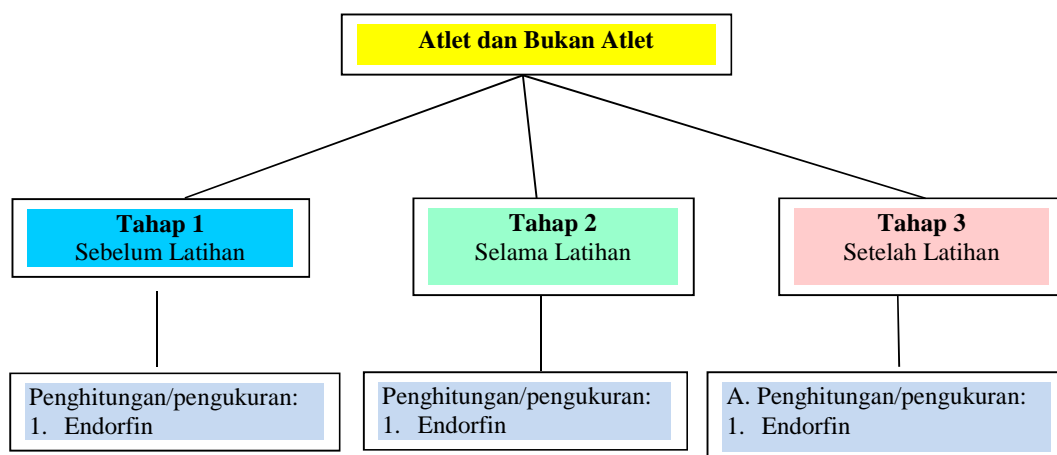
ukuran terbaik dari tingkat endorphan. Dengan demikian, metode plasma tes darah mungkin tidak cukup untuk menentukan jumlah endorphan dilepaskan oleh hipofisis

## BAB III METODE PENELITIAN

### 4.1 Rancangan Penelitian

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Karena, penelitian ini melakukan pengukuran terhadap kadar endorfin, pada kondisi latihan interval yang berbeda-beda, yakni intensitas rendah (50%), sedang (70%), dan tinggi (90%), dan menggunakan alat statistik dalam menganalisisnya, Oleh karena itu, metode penelitian ini adalah metode kuantitatif.

Dengan demikian, penelitian ini dilakukan dengan 3 tahapan (Gambar 3.1.). Tahapan pertama adalah penghitungan kadar endorfin pada saat sebelum latihan dilakukan. Tahapan kedua adalah penghitungan endorfin pada saat atau selama latihan dilakukan. Dan, tahapan ketiga adalah penghitungan endorfin setelah latihan dan telah beristirahat selama 30 menit. Rancangan ini bisa dilihat pada Gambar 3.1. di bawah ini.



**Gambar 3.1.** Rancangan Penelitian

Pengukuran dilakukan di lapangan, tempat dilakukannya latihan interval tersebut dan kemudian dilakukan pengukuran terhadap endorfin Untuk keperluan penelitian ini, juga dilakukan pengambilan darah yang mana pengamatan terhadap darah ini dilakukan di laboratorium. Kemudian, baru dilakukan analisis terhadap darah sampel tersebut. Dan, diperoleh hasil penelitian sesuai dengan tujuan penelitian. Dari penelitian ini dapat diketahui adanya perbedaan yang timbul akibat perbedaan intensitas pada latihan interval.

### 3.2 Lokasi dan Waktu

Untuk pengamatan dan pemeriksaan (pengukuran) endorfin dilakukan di lapangan atletik Stadion Atletik UNY, tempat diadakannya latihan interval dan pengambilan darah. Sedangkan, untuk analisis darah tersebut dilakukan di Laboratorium Paramitha, jalan Cik di Tiro, penelitian dilakukan pada bulan Mei sampai dengan Juni 2017.

### 3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

#### 3.3.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh atlet atletik sprinter yogyakarta yang berumur 15 – 23 tahun yang aktif dalam kegiatan olahraga. Populasi ini berjumlah 30 orang yang terdiri dari 15 orang sprinter, dan 15 orang non atlet (siswa yang aktif berolahraga).

#### 3.3.2 Sampel

Sampel adalah bagian (subset) dari populasi yang dipilih dengan cara tertentu hingga dianggap dapat mewakili populasinya (Sudigdo Sastroasmoro dan Sofyan Ismael, 2011).

Karena populasi dalam penelitian ini tidak terlalu besar, yakni sebanyak 30 orang, maka sampel dalam penelitian ini adalah seluruh populasi tersebut. Sampel dalam penelitian ini mempunyai kriteria inklusi sebagai berikut: a) atlet sprinter yang pernah ikut perlombaan di tingkat kabupaten, provinsi/ nasional, b) berdomisili di yogyakarta, c) bersedia mengikuti penelitian sampai selesai dengan menandatangani surat kesanggupan mengikuti penelitian di atas materai Rp 6000, d) untuk atlet dan non atlet mereka bersedia serta sanggup mengikuti latihan interval 10 x 100 m, e) bersedia diambil darahnya sebanyak 3 x 5 mg.( sebelum latihan, selama latihan, dan setelah istirahat 30 menit). Ternyata jumlah atlet yang bersedia mengikuti dan menandatangani surat pernyataan berjumlah 15 orang dan non atlet berjumlah 15 orang.

Sampel ini dibagi ke dalam 3 (tiga) kelompok secara random. Pengelompokan ini bisa dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

**Tabel 3.1** Pengelompokan Sampel Penelitian

Intensitas	Atlet	Non Atlet
Tinggi	6	5
Sedang	6	5
Rendah	5	5



### **3.4 Variabel Penelitian**

- 3.4.1 Variabel bebas (*Independent variabel*) adalah latihan interval dengan intensitas 50%, 70%, dan 100% dengan jarak tempuh 100 meter dengan waktu istirahat untuk masing-masing kelompok ( atlet dan non-atlet) dengan mempergunakan perhitungan denyut nadi (110 – 120 denyut per menit).
- 3.4.2 Variabel terikat (*Dependent variabel*), yaitu hitung leukosit dan hitung jenis leukosit, hitung kadar endorfin, sebelum, selama, dan setelah istirahat 30 menit.

### **3.5 Definisi Operasional**

- 3.5.1 Latihan interval intensitas rendah (50%) adalah latihan yang menempuh jarak tertentu dengan kecepatan dan waktu istirahat yang ditentukan sebelumnya. Jarak untuk latihan interval intensitas rendah (50%) ini adalah 100 m dan dilakukan sebanyak 10 kali dengan waktu istirahat antara DP 110 – 120 kali/menit dengan waktu tempuh 50% kali prestasi maksimal (tercepat 100 m), diukur sebelum, selama latihan, dan istirahat setelah 30 menit. Misal: prestasi terbaik lari 100 m 11.5 det, maka waktu tempuhnya adalah  $100/50 \times 11.5 \text{ det} = 23 \text{ det}$ .
- 3.5.2 Latihan interval intensitas sedang (70%) adalah latihan yang menempuh jarak tertentu dengan kecepatan dan waktu istirahat yang ditentukan sebelumnya. Jarak untuk latihan interval intensitas rendah (50%) ini adalah 100 m dan dilakukan sebanyak 10 kali dengan waktu istirahat antara DP 110 – 120 kali/menit dengan waktu tempuh 70% kali prestasi maksimal (tercepat 100 m), diukur sebelum, selama latihan, dan istirahat setelah 30 menit.
- 3.5.3 Latihan interval intensitas tinggi (90%) adalah latihan yang menempuh jarak tertentu dengan kecepatan dan waktu istirahat yang ditentukan sebelumnya. Jarak untuk latihan interval intensitas rendah (90%) ini adalah 100 m dan dilakukan sebanyak 10 kali dengan waktu istirahat antara DP 110 – 120 kali/menit dengan waktu tempuh 90% kali prestasi maksimal (tercepat 100 m), diukur sebelum, selama latihan, dan istirahat setelah 30 menit.
- 3.5.4 Kadar endorfin adalah jumlah hormon endorfin yang terkandung dalam darah, yaitu yang terlibat dalam pertahanan tubuh dihitung dengan *coulter 550 cell counter (coulter electronics, hialeah, FL)* untuk *full blood*; diferensiasi endorfin diukur dengan *flow cytometry*; Kadar endorfin ini diukur sebelum, selama latihan, dan istirahat setelah 30 menit.

## **3.6 Bahan dan Metode**

### **3.6.1 Subjek**

Jumlah keseluruhan subjek penelitian ini sebanyak 32 orang, terdiri dari 17 orang atlet sprinter dan 15 orang non atlet sprinter. Subjek ini dibagi ke dalam 3 kelompok perlakuan yang berbeda, yaitu kelompok intensitas tinggi, sedang, dan rendah.

Semua subjek penelitian membaca dan menandatangani dokumen persetujuan yang diberikan (dokumen ini sesuai dengan panduan yang diberikan oleh komisi etika dari Universitas Indonesia).

### **3.7 Teknik Analisis Data**

Teknik analisis yang digunakan untuk mengolah data dari hasil tes dan pengukuran adalah analisis statistik. Teknik analisis ini digunakan untuk menguji:

3.7.1 Apakah terdapat perbedaan kadar endorfin kelompok atlet sprinter dengan bukan atlet, sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit pada intensitas rendah (50%), sedang (70%), dan tinggi (90%)?.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Fisik Subjek Penelitian

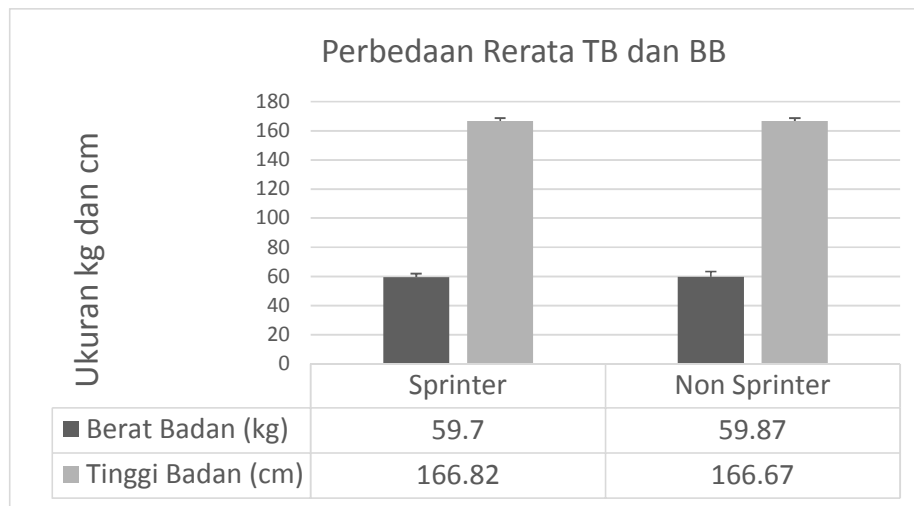
Data fisik subjek penelitian berdasarkan usia, TB, BB dan kecepatan lari 100 m, tercantum pada tabel 4.1. Jumlah subjek penelitian ini adalah 32 orang yang terdiri atas 17 orang atlet *sprint* UKM Atletik UNY dan 15 orang bukan atlet (mahasiswa semester I (pertama) yang aktif dalam kegiatan fisik minimal 3 kali seminggu) sebagai pembanding (konfirmasi bukan atlet) dan bersedia menjadi subjek penelitian.

Tabel 4.1 Subjek Berdasarkan TB, BB, dan Kecepatan lari 100 m  
*Sprinter* dan Non-*Sprinter*

Data Subjek	Atlet <i>Sprint</i> (n=17)	Bukan Atlet (n=15)	P
Tinggi Badan (cm)	166.87 ± 2.17	166.1 ± 1.09	0,086 <sup>ns</sup>
Berat Badan (kg)	59.7 ± 3,46	59.87 ± 1.96	0,432 <sup>ns</sup>
Kecepatan Lari 100 m	11.29 ± 0.13	12,16 ± 0.21	0,035 <sup>*</sup>

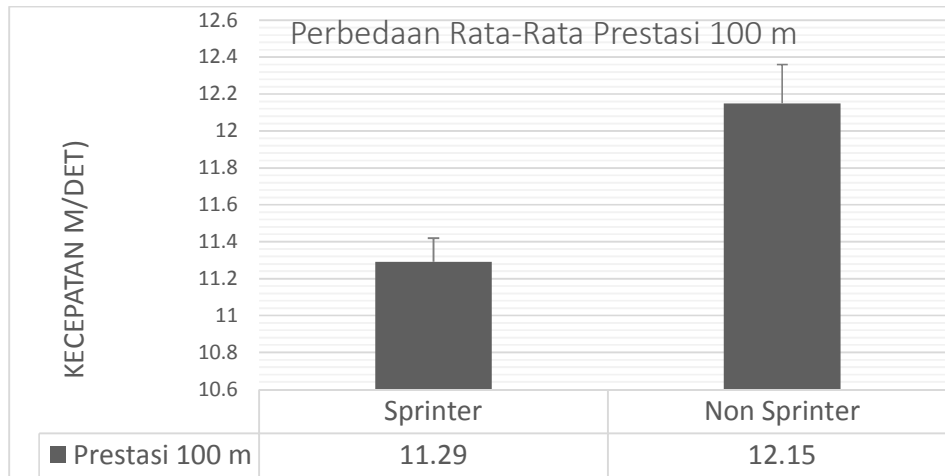
Keterangan: t : Uji tidak berpasangan, \* : p < 0,05

Pada tabel 4.1 terlihat hasil analisis statistik tinggi badan dan berat badan atlet *sprint* dan bukan atlet tidak terdapat perbedaan yang bermakna dengan p > 0,05. Sedangkan pada kecepatan lari 100 m terdapat perbedaan yang bermakna dengan p < 0,05. Gambaran TB dan BB subjek penelitian diperjelas pada gambar 4.1. Sedangkan untuk melihat perbedaan kecepatan lari 100 m dapat dilihat pada gambar 4.2



Keterangan: t: uji tidak berpasangan, \*p<0,05; pTB:0,026; pBB:0,432;

Gambar 4.1 Gambaran Rerata TB dan BB  
(*Sprinter* dan Non-*Sprinter*)



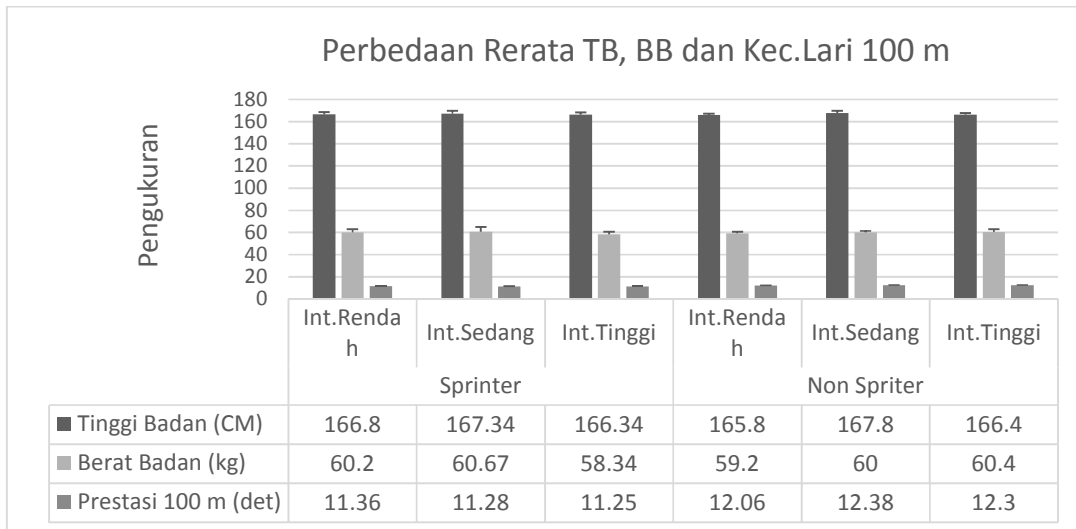
Gambar 4.2 Gambaran Perbedaan Rerata Kecepatan Lari 100 m (*Sprinter* dan *Non-Sprinter*)

Selanjutnya pengelompokan gambaran fisik berdasarkan intensitas latihan dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rerata TB, BB dan Kecepatan Lari 100m *Sprinter* dan *Non-Sprinter* Berdasarkan Intensitas Latihan.

Int.Lat	Atlet Sprint			Non- Atlet		
	TB	BB	100 m	TB	BB	100 m
Tinggi	166.34±2.05	58,34±2.21	11,25±0.09	166.4±1.36	60.4±2.57	12.13±0,2
Sedang	167.8± 2.34	60.67±2.21	11,28±0,17	167.8±2.03	60.0±1.41	12.38±0,17
Rendah	166.8±1.83	60.2±2.99	11,36±0,09	165.8±1.6	59.2±1.47	12.06±0,2

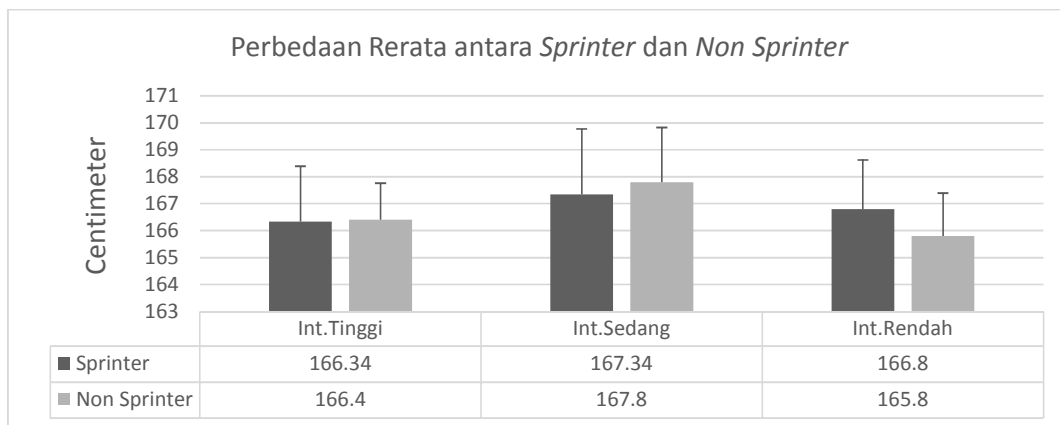
Tabel 4.2 merupakan gambaran rata-rata TB, BB dan kecepatan lari 100m subjek penelitian yang dibagi berdasarkan intensitas latihan (tinggi, sedang, dan rendah) yang dilakukan secara random. Gambaran tersebut tersaji pada gambar 4.3



Keterangan: t= uji beda rata-rata antar kelompok, \*  $p < 0,05$

**Gambar 4.3 Perbedaan Rerata TB, BB Prestasi 100 m (Atlet *Sprinter* dan Bukan Atlet)**

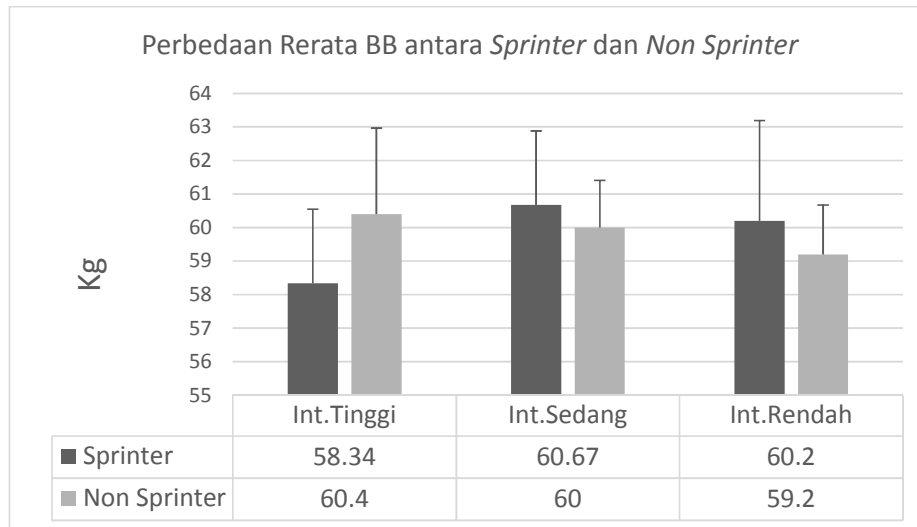
Selanjutnya bila di lihat dari pengelompokan TB berdasarkan intensitas latihan di dapatkan rata-rata di masing-masing kelompok, yang disajikan pada tabel 4.2. Bila dihitung selisih TB antara *sprinter* dan *non sprinter* terdapat perbedaan, akan tetapi bila dianalisis secara statistik tidak terdapat perbedaan TB yang bermakna dengan  $p = 0,788$ . Hasil perhitungan disajikan pada gambar 4.4.



Keterangan: F = uji beda rata-rata antar kelompok, \*  $p < 0,05$

**Gambar 4.4 Rerata TB antara *Sprinter* dan *Non-Sprinter* Berdasarkan Intensitas latihan.**

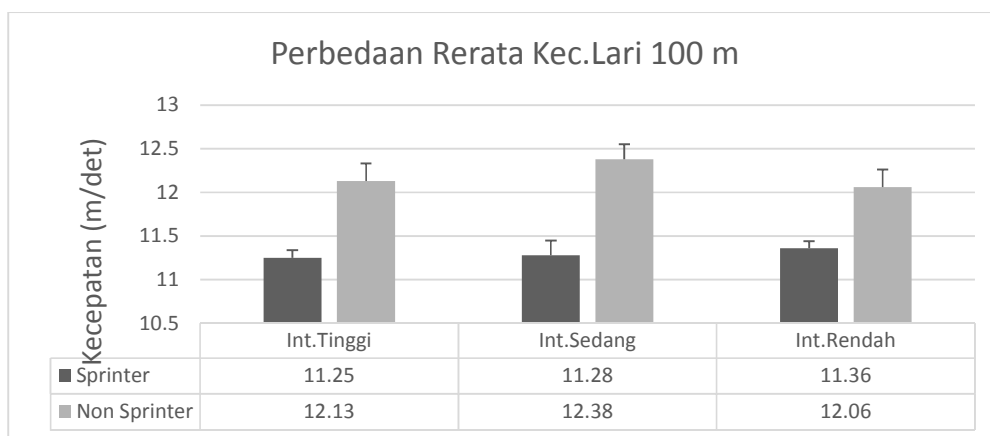
Hasil pengelompokan BB antara atlet *sprint* junior dan bukan atlet berdasarkan intensitas tinggi, sedang dan rendah didapatkan rerata BB seperti pada tabel 4.2. Adapun hasil uji statistik tidak terdapat perbedaan yang bermakna antara BB atlet *sprint* junior dan bukan atlet dengan sebesar  $p = 0,632$ . Hal ini tersaji pada gambar 4.5.



Keterangan: F = uji beda rata-rata antar kelompok, \*  $p < 0,05$

**Gambar 4.5 Rerata BB antara *Sprinter* dan *Non Sprinter* Berdasarkan Intensitas latihan**

Hasil tes kecepatan lari 100 m antara atlet *sprinter* dan *non sprinter* tersaji pada tabel 4.2, dari tabel tersebut tampak, bahwa kecepatan lari *sprinter* berbeda dengan *non sprinter*, yaitu kecepatan lari *sprinter* lebih cepat dibandingkan *non sprinter*. Pada hasil uji statistik kecepatan lari 100 m, terdapat perbedaan yang bermakna antara atlet *sprinter* dengan *non sprinter* dengan  $p$  sebesar 0,025. Selanjutnya, bila dilihat dari perbedaan intensitas latihan, hasil uji statistik menyimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna antara *sprinter* junior dan *non sprinter* dengan  $p = 0,043$ , yang berarti kemampuan berlari antara *sprinter* berbeda dengan *non sprinter*. Untuk memperjelas gambaran kecepatan lari 100 m tersaji pada gambar 4.6.



Keterangan: F Uji Beda Rata-Rata, \*  $p < 0,05$

**Gambar 4.6 Rerata Kecepatan Lari 100 M *Sprinter* dan *Non-Sprinter* Berdasarkan Intensitas Latihan**

## 4.2 Kadar $\beta$ -Endorfin Berdasarkan Intensitas Latihan Pada *Sprinter* Dan *Non Sprinter*

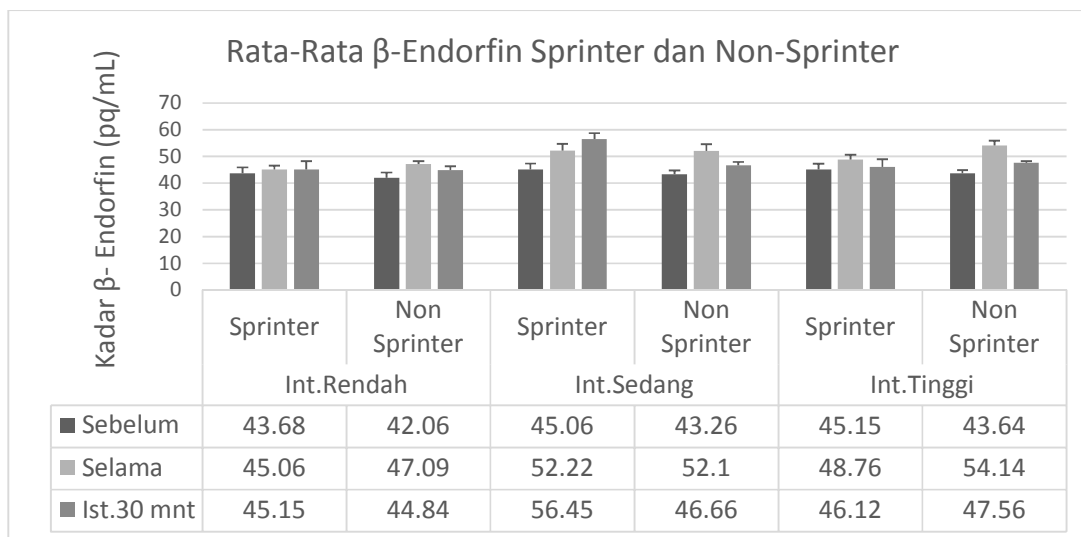
Hasil analisis  $\beta$ -endorfin sebelum, selama LI dan setelah istirahat 30 menit antara sprinter dan non-sprinter tertuang dalam table 4.3

Tabel 4.3 Perbedaan Rerata **Kadar  $\beta$ -Endorfin** Sebelum, Selama, dan Istirahat 30 menit *Sprinter* dan *Non-Sprinter* Berdasarkan Intensitas

Int.Lat	<i>Sprinter</i>			<i>Non- sprinter</i>		
	Sebelum	Selama	Istirahat	Sebelum	Selama	Istirahat 30 mnt
Rendah	43.68±2.15	47.39±2.26	45.66±2.05	42.06±1.94	47.09±1.12	41.84±1.52
Sedang	45.06± 1.45	52.22±2.45	48.76±1.89	43.26±1.45	52.1±2.49	46.66±1.30
Tinggi	45.15±3.14	56.45±2.45	46.12±2.78	43.64±1.18	54.14±1.82	47.56±0,71

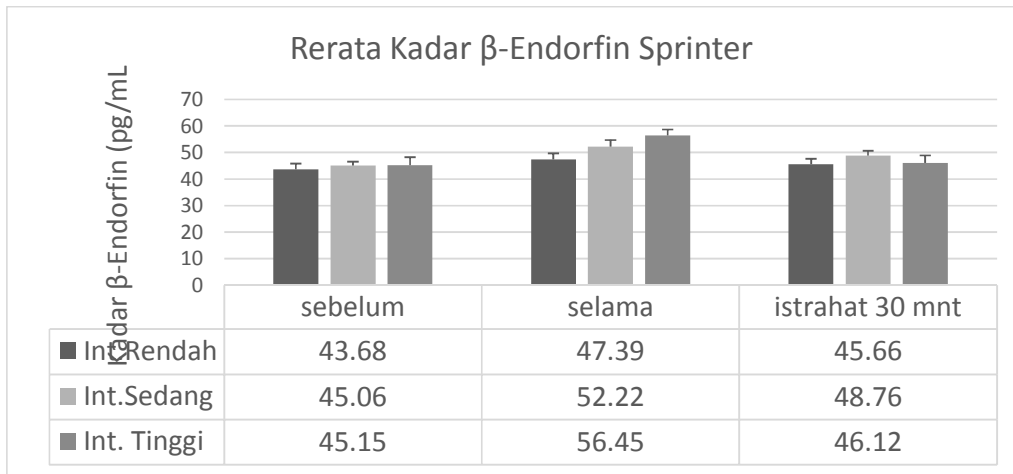
Keterangan: t: uji tidak berpasangan, \* p 0,05

Berdasarkan tabel 4.3, tampak bahwa terjadi perbedaan kenaikan **Kadar  $\beta$ -Endorfin** pada intensitas sedang dan tinggi selama LI dan begitu juga setelah istirahat 30 menit terjadi penurunan **Kadar  $\beta$ -Endorfin dibandingkan selama LI**, antara atlet *sprinter* dan *non sprinter* dengan p sebesar 0,050. Hal ini tersaji pada gambar 4.6.



Gambar 4.7 Perbedaan Kadar  $\beta$ -Endorfin Antara *Sprinter* dan *Non-Sprinter* Sebelum. Selama LI, dan Setelah Istirahat 30 Menit pada Intensitas Tinggi, Sedang dan Rendah

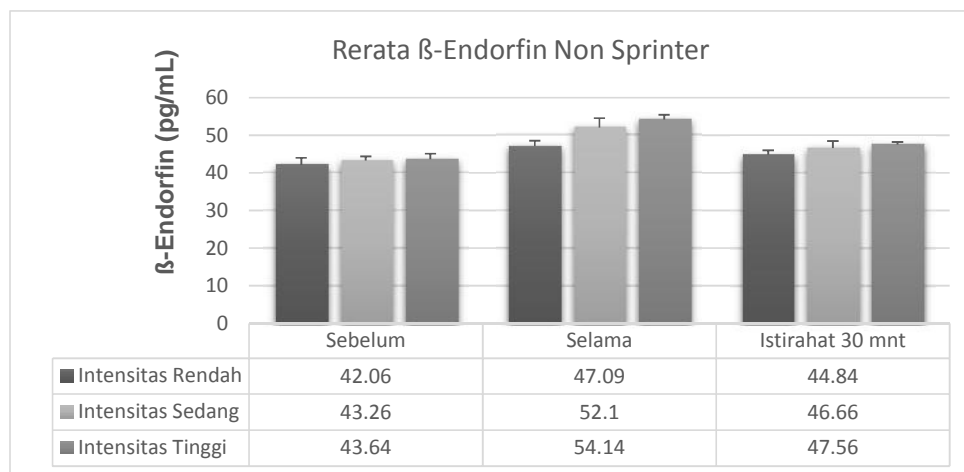
Selanjutnya bila di lihat dari pengelompokan kadar  $\beta$ -endorfin berdasarkan pada intensitas latihan di dapatkan rata-rata di masing-masing kelompok, yang disajikan pada tabel 4.3. Bila dihitung selisih kadar  $\beta$ -endorfin antara *sprinter* dan *non sprinter* terdapat perbedaan, akan tetapi bila dianalisis secara statistik tidak terdapat perbedaan yang bermakna dengan  $p=0,87$ . Hasil perhitungan untuk masing-masing kelompok disajikan pada gambar 4.7.



Gambar 4.8 Perbedaan Kadar  $\beta$ -Endorfin Berdasarkan Intensitas latihan Pada *Sprinter* Sebelum, Selama LI, dan Setelah Istirahat 30 Menit

Pada gambar 4.7 terdapatnya kenaikan kadar  $\beta$ -endorfin yang tinggi selama latihan LI. Sedangkan pada intensitas rendah kenaikan kadar  $\beta$ -endorfin tidak begitu tinggi dibandingkan pada intensitas tinggi. Begitu juga setelah istirahat selama 30 menit penurunan kadar  $\beta$ -endorfin pada kelompok intensitas tinggi penurunannya masih lambat yang berarti bahwa waktu istirahat saat melakukan latihan dengan intensitas tinggi kembalinya kadar  $\beta$ -endorfin ke tingkat yang normal membutuhkan waktu yang lebih dari 30 menit.

Selanjutnya pada table 4.3 juga didapatkan gambaran bahwa kadar  $\beta$ -endorfin pada atlet *non-sprinter* tersaji pada gambar 4.8.



Gambar 4.9 Perbedaan Kadar  $\beta$ -Endorfin Berdasarkan Intensitas latihan Pada atlet *non-Sprinter* Sebelum, Selama LI, dan Setelah Istirahat 30 Menit

Pada gambar 4.8 tampak bahwa atlet non-sprinter pada intensitas latihan tinggi terjadi peningkatan yang lebih besar dibandingkan dengan kelompok lainnya. Sedangkan setelah



istirahat 30 menit terjadi penurunan kadar  $\beta$ -endorfin dibandingkan selama melakukan LI, tetapi masih lebih tinggi kadarnya dibandingkan sebelum melakukan LI. Dengan demikian istirahat selama 30 menit belum cukup untuk mengembalikan kadar  $\beta$ -endorfin ke tingkat normal sehingga membutuhkan waktu lebih dari 30 menit.

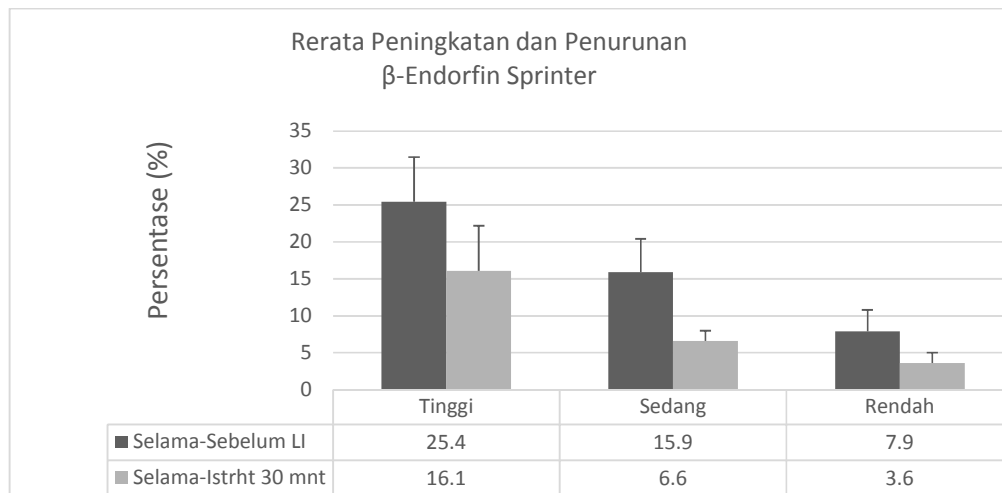
Selanjutnya bila dilihat kenaikan kadar  $\beta$ -endorfin antara selama latihan dan sebelum LI serta penurunan setelah istirahat 30 menit dibandingkan selama LI terhadap respons kadar  $\beta$ -endorfin *sprinter* dengan berbagai macam intensitas (rendah, sedang dan tinggi) yang dihitung dalam persen di sajikan dalam table 4.4.

Tabel 4.4 Rerata Kenaikan Dan Penurunan Kadar  $\beta$ -Endorfin Pada *Sprinter*

Subjek	Intensitas	Sebelum LI	Selama LI	Selisih %	Istirahat 30 mnt	Selisih %
Sprinter	Rendah	43.68±2.15	47.38±2.26	7.87	45.66±2.04	3.62
	Sedang	45.06±1.45	52.22±2.45	15.89	48.76±1.89	6.57
	Tinggi	45.15±3.14	56.45±2.22	25.38	46.11±2.78	18.14
Uji beda dalam Kelompok		P=0.43	P=0.36	P=0.026*	P=0.37	P=0.03*

Keterangan \*p 0.05 = bermakna

Hasil perhitungan rata-rata kadar  $\beta$ -endorfin sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit yang tertera dalam table 4.4. Selanjutnya hasil perhitungan perbedaan kadar  $\beta$ -endorfin antara intensitas tinggi, sedang dan rendah dalam kelompok sprinter dan hasilnya menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang bermakna dengan p=0.43 sebelum LI, p=0.36 selama LI, dan p=0.37 setelah istirahat 30 menit. Hal ini berarti, bahwa tidak terjadi perbedaan respons fisiologis dan biokemis pada jumlah kadar  $\beta$ -endorfin akibat perlakuan LI pada sprinter dengan berbagai variasi intensitas latihan. Akan tetapi sebaliknya, bila dilihat dari selisih kadar  $\beta$ -endorfin selama dan sebelum LI, hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna dengan nilai p=0.026. Selanjutnya bila dilihat selisih antara setelah istirahat 30 menit dan selama LI tidak terdapat perbedaan yang bermakna dengan nilai p sebesar 0.03. Untuk memperjelas perbedaan respons masing-masing tersaji pada gambar 4.9.



Gambar 4.10. Rerata Peningkatan dan Penurunan kadar  $\beta$ -endorfin *Sprinter* Sebelum, Selama, dan Setelah Istirahat 30 menit

Hal yang sama bila dilihat kenaikan kadar  $\beta$ -endorfin antara selama latihan dan sebelum LI serta penurunan setelah istirahat 30 menit dibandingkan selama LI terhadap respons kadar  $\beta$ -endorfin *non-sprinter* dengan berbagai macam intensitas (rendah, sedang dan tinggi) yang dihitung dalam persen di sajikan dalam table 4.5.

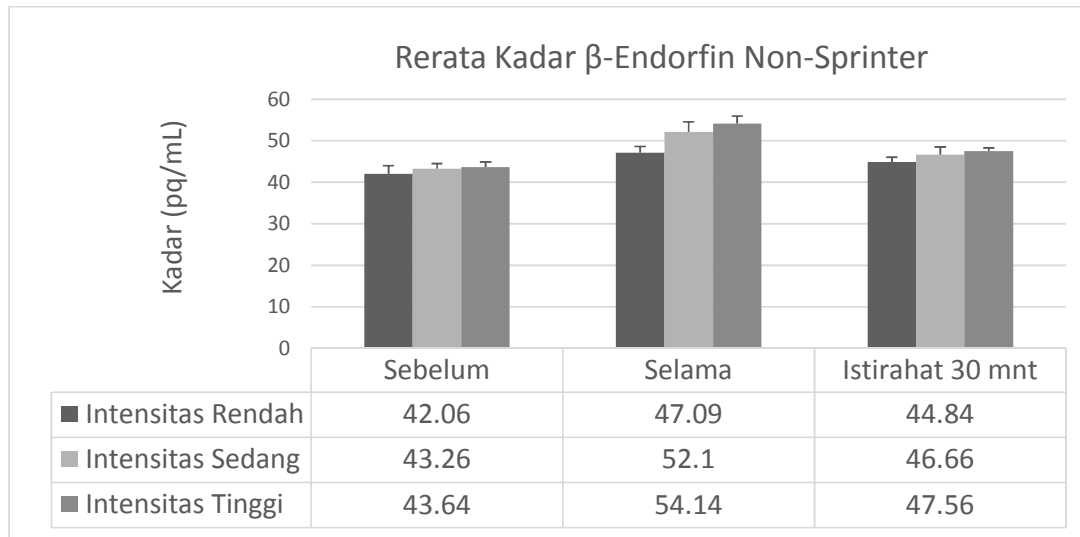
Tabel 4.5 Rerata Kenaikan Dan Penurunan Kadar  $\beta$ -Endorfin Pada *Non-Sprinter*

Subjek	Intensitas	Sebelum LI	Selama LI	Selisih %	Istirahat 30 mnt	Selisih %
<i>Non-Sprinter</i>	Rendah	42.1±1.9	47.1±1.2	12.1±3.2	44.8±1.5	4.8±1.6
	Sedang	43.3±1.5	52.1±2.5	20.5±4.9	46.7±1.3	10.3±3.2
	Tinggi	43.6±1.2	54.1±1.8	24±1.7	47.6±0.7	12.1±1.8
Uji beda dalam Kelompok		P=0.62	P=0.54	P=0.03*	P=0.73	P=0.02*

Keterangan \*p 0.05 = bermakna

Hasil perhitungan rata-rata kadar  $\beta$ -endorfin sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit yang tertera dalam table 4.5, menunjukkan hasil perhitungan perbedaan kadar  $\beta$ -endorfin antara intensitas tinggi, sedang dan rendah dalam kelompok *non-sprinter* dan hasilnya menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang bermakna dengan p=0.62 sebelum LI, p=0.54 selama LI, dan p= 0.73 setelah istirahat 30 menit. Hal ini berarti, bahwa tidak terjadi perbedaan respons fisiologis dan biokemis pada jumlah kadar  $\beta$ -endorfin akibat perlakuan LI pada *non-sprinter* dengan berbagai variasi intensitas latihan. Akan tetapi sebaliknya, bila dilihat dari selisih kadar  $\beta$ -endorfin selama dan sebelum LI, hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna dengan nilai p=0.03. Selanjutnya bila dilihat selisih antara setelah istirahat 30

menit dan selama LI tidak terdapat perbedaan yang bermakna dengan nilai p sebesar 0.02. Untuk memperjelas perbedaan respons masing-masing tersaji pada gambar 4.10.



Gambar 4.11. Rerata Peningkatan dan Penurunan kadar  $\beta$ -endorfin *Non-Sprinter* Sebelum, Selama, dan Setelah Istirahat 30 menit

#### 4.3 Profil Fisik Subyek Penelitian

Jumlah subyek penelitian yang diteliti berjumlah 17 orang atlet sprinter junior dan 15 orang bukan atlet, sehingga jumlah semua subyek penelitian ialah 32 orang. Semua subyek penelitian di masing-masing kelompok masih dibedakan lagi berdasarkan intensitas latihan, yaitu intensitas tinggi, sedang dan rendah dan dilakukan secara random.

Berdasarkan hasil perhitungan BB ideal dengan menggunakan rumus  $[(TB - 100) - 10\% (TB - 100)]$  didapatkan bahwa, *sprinter* BB nya sudah ideal yang dimana standar TB rata-rata  $(169,3 \pm 2,2)$  maka, BB idealnya berada pada angka  $(62,4 - 64,4)$  kg. dan hasil perhitungan berada pada  $(59,71 - 63,1)$  kg. Sedangkan *non-sprinter* yang mempunyai TB rata-rata  $(166.7 \pm 1.9)$  mempunyai BB ideal antara  $(60 - 61,9)$  kg, dan hasil pengukuran didapatkan BB berada pada  $(59,9 - 61,8)$  kg. Dengan demikian BB ideal non-sprinter ada dalam kelompok berat badan ideal. Dengan demikian, *sprinter* dan *non-sprinter* mempunyai BB yang ideal. Hal ini salah satu disebabkan ialah hampir semua *sprinter* dan *non-sprinter* adalah mahasiswa UNY dan mereka semua tergabung dalam kegiatan UKM (Unit Kegiatan Mahasiswa) UNY, mereka telah memahami nilai gizi yang seimbang, dimana para subyek penelitian harus dapat menjaga kondisi mereka masing-masing agar mereka tidak terkena penyakit kurang gizi dan lebih parah lagi kena *over training*.

## 5.2 Respons kadar -Endorfin Terhadap LI (Latihan Interval)

Besarnya respons kadar -endorfin terhadap LI selama dan setelah istirahat, hasil peningkatan selama latihan LI, rata-rata peningkatan kadar -endorfin pada kelompok *sprinter* antara intensitas tinggi 25.4%, sedang 15.9 % dan rendah sebesar 7.9 %. Sedangkan selama istirahat 30 menit setelah melakukan LI, terjadi penurunan kadar -endorfin, pada intensitas tinggi sebesar 16.1 %, sedang 6.6 %, dan rendah 3.6 %. Hal tersebut sesuai yang dikatakan oleh Goldfarb, A.H., Hatfield, B.D (1990) yang mengatakan bahwa peningkatan kadar -endorfin tergantung dari rangsangan respon, rangsangan respon dengan intensitas tinggi akan meningkatkan lebih besar kadar -endorfin di dalam darah dibandingkan rangsangan intensitas yang rendah. Akan tetapi rangsangan intensitas yang rendah membutuhkan waktu yang panjang untuk meningkatkan kadar -endorfin. Hal yang sama dikemukakan oleh Ferlaso, A, dkk (2012) dan Cravana, C. dkk (2010) kadar -endorfin akan meningkat cepat apabila latihan dilakukan dengan intensitas tinggi dalam waktu yang pendek serta jumlah asam laktat yang tinggi di dalam darah. Hal ini akan mendorong tubuh untuk lebih berusaha menyelesaikan latihannya dengan baik.

Cuhna, G.S dkk. (2008) mengatakan bahwa makin tinggi konsentrasi laktat dalam darah dan latihan dilakukan dengan gembira juga akan meningkatkan kadar -endorfin dalam darah.

Dengan demikian, latihan dengan intensitas tinggi baik sprinter maupun non-sprinter akan meningkatkan kadar -endorfin dalam darah, sehingga para atlet umumnya dan sprinter khususnya akan dapat mengikuti latihan dengan gembira dan senang hati.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Profil Fisik *Sprinter***

1. BB sprinter UKM atletik UNY sudah ideal (59.7 – 63.1) kg
2. TB sprinter UKM atletik UNY sudah ideal (166.8 – 169.5) cm

#### **5.2. Perbedaan Respons -Endorfin terhadap LI antara *Sprinter* dan *Non-Sprinter* .**

1. Secara statistik terdapat perbedaan peningkatan respons kadar -endorfin secara bermakna selama LI antara *sprinter* dan *non-sprinter* berdasarkan intensitas latihan.
2. Perbedaan rerata peningkatan kadar -endorfin selama LI dan setelah istirahat 30 menit, kelompok sprinter jauh lebih tinggi peningkatannya dibandingkan non sprinter.
3. Perbedaan rerata peningkatan kadar -endorfin pada *sprinter* dikelompok intensitas tinggi jauh lebih besar dibandingkan *non-sprinter*.
4. Waktu yang dibutuhkan untuk kembali pulih seperti sebelum melakukan latihan lebih dari 30 menit.
5. Pengaruh kadar -endorfin dalam darah cukup lama pada diri atlet maupun bukan atlet.

#### **5.3. Saran**

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai profil fisik atlet untuk semua cabang olahraga mengenai BB, TB, IMT, Somatotipe dengan penggunaan pengukuran tebal lemak baik secara manual maupun secara *ultra sound* .

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan subyek penelitian yang lebih banyak dengan membandingkan respons biokimia pada plasma/serum darah dengan jaringan otot yang diberi perlakuan dengan intensitas yang berbeda-beda.

## Kepustakaan

1. Fehrenbach E, Niess AM, Pohla H, Weinstock C, Dickhuth HH, Northoff H. Heat shock protein expression in human leucocytes is modulated by endurance exercise. *Medical Sciences of Sport Exercise* 2000; 32(3): 592–600.
2. Cranava,C.dkk. Effect competitive and noncompetitive show jumping on total and free iodothyronines,  $\beta$ -endorphin, ACTH and cortisol level of horses. *Equine Vet.J.Suppl* 2010; 38:179-184.
3. Ferlazzo,A. dkk. Circulating  $\beta$ -endorphin, adrenocorticotropin, and cortisol concentration of horse before and after competitive show jumping with different fence heights. *J.Equine Vet.Sci.*2010; 32(11):740-746
4. Prior BM, Yang HT, Terjung RL. What makes vessel grow with exercise training. *Journal of Applied Physiology* 2005; 97: 1119–1128.
5. Young OS, Hyun SS, Jun SB. Expression of exercise induced HSP70 in long distance runner's leucocytes. *Journal of Thermal Biology* 2004; 29: 769–774.
6. Fox L, Foss LM, Late E. *The physiological basis for exercise and sport.* 2<sup>nd</sup> ed. Chicago: Mc Graw Hill; 1998.
7. Pitney WA. *Fundamentals of athletics training.* Sidney: Human Kinetics; 2005.
8. Harsono. *Prinsip-prinsip latihan dan kondisi fisik.* Jakarta: PIO KONI Pusat; 1997.
9. McMorris T, Hale T. *Coaching science theory into practice.* London: John Wiley & Sons Ltd; 2006.
10. Pate RR, McClenaghan B, Rotella R. *Scientific foundations of coaching.* Philadelphia: Saunders College Publishing; 1984.
11. Lankor. *Teori kepelatihan dasar.* Jakarta: Menpora Publisher; 2007, p. 44–45.
12. Boyer R. *Concepts in biochemistry.* Toronto: Brooks-Cole Publishing Company; 1999.
13. Jack HW, David LC. *Physiology of Sport and Exercise.* Kingswood: Human Kinetics; 2004.
14. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise Physiology.* 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia: Lea and Febiger; 2001.
15. Michael EH. *Biochemistry primer for exercise science.* Virginia: Human Kinetics; 2006.

16. Liberman M, Marks AD. Basic medical biochemistry. A clinical approach. 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia: Lippincott William and Wilkins; 2009.
17. Houston ME. Biochemistry primer for exercise science. Sydney: Human Kinetics; 2006.
18. Guyton AC, Hall JE. Fisiologi kedokteran. Jakarta: EGC Medical Publisher; 2006.
19. Foss LM, Fox L, Late E, Bowers. The physiological basis for exercise and sport. Chicago: Mc Graw Hill; 1989.
20. Newsholme EA, Leech AR. Biochemistry for the medical sciences. New York: John Wiley & Sons Publishing; 1983.
21. Wilmore JH., Costil DL. Physiology of sport and exercise. New York: Human Kinetics; 1994.
22. Murray RK, Granner DK, Rodwell VW. Biokimia Haper. 27<sup>th</sup> ed. Jakarta: EGC Medical Publisher; 2009.
23. Balque A, Barbany JR. Endocrine control of carbohydrate and lipid metabolic change during exercise. *Apintes de Medicina Deportiva*. 1979; 16(6): 9 – 17.
24. Ron M, Michael G. The biochemical basis of sports performance. Oxford: Oxford University Press; 2004.
25. Rodney B. Concepts in biochemistry. London: International Thomson Publishing Europe; 1999.
26. Sherwood. Fisiologi manusia: dari sel ke sistem. Jakarta: EGC Medical Publisher; 1996.
27. Sodique NO, Enyikwola O, Ekani AU. Exercise induced leucocytosis in some healthy adult. *African Journal of Biomedical Research* 2000; 3: 85-88.
28. Sadikin M. Biokimia darah. Jakarta: Penerbit Widya Medika; 2002.
29. Baron W, Boulpep EL. Medical Physiology. Philadelphia: Saunders College Publishing; 2003.
30. Keast D, Cameron K, Morton AR. Exercise and the immune respons. *Sports Medicine* 1988; 5(4): 248-267.
31. Christian ES, Liang YY, Benyamin IJ. Heat shock factor 1 and heat shock protein: Critical partners in protection against acute cell injury. *Critical Care Medicine* 2002; 30(1): 43-50.

32. Lelj GB, Mauk AG. Self-association and chaperone activity of HSP27 are thermally activated. *Journal of Biological Chemistry* 2006; 281: 8169-8174.
33. Acevedo EO, Goldfarb AH. Increased training intensity effect on plasma lactate, ventilatory threshold, and endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1989; 29(5): 563–568.
34. Morgan N. Should we train like the Kenyas? A study of lactate threshold running. *Journal NSC Track and Field*: 2005; 27(7): 34–38.
35. Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ. *Research methods in physical activity*. Toronto: Human Kinetics; 2005.
36. Tirtayasa K. Penyebab kelelahan otot pada eksersais dengan intensitas dan durasi berbeda. *Majalah Kedokteran Udayana*. 2001; 32: 73–77.
37. Reilly. *Sport fitness and sports injuries*. London: Faber and Faber Ltd; 1985.
38. Valeria MN, Ingrid KN, Andrei LM, Paris V, Pang S, Roy JS. Effect of three different types of exercise on blood leucocyte count during and following exercise. *Sao Paulo Medical Journal* 2003; 121(1): 9 – 14.