

1. EXERCISE

2. IR-PEPRUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

KK
TKO 02/01
hez
p

TESIS

**PENGARUH LATIHAN AEROBIK BERAT DAN
SEDANG TERHADAP JUMLAH LEUKOSIT DARAH**

PENELITIAN EKSPERIMENTAL LABORATORIK



BERTY LEGI

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

SURABAYA

2000

TESIS

**PENGARUH LATIHAN AEROBIK BERAT DAN
SEDANG TERHADAP JUMLAH LEUKOSIT DARAH**

PENELITIAN EKSPERIMENTAL LABORATORIK



BERTY LEGI

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA**

2000

ii

PENGARUH LATIHAN AEROBIK BERAT DAN SEDANG TERHADAP JUMLAH LEUKOSIT DARAH

PENELITIAN EKSPERIMENTAL LABORATORIK

TESIS

**Untuk Memperoleh Gelar Magister
Dalam Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga
Pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga**

Oleh :

BERTY LEGI

NIM. 099712668/M

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

SURABAYA

2000

iii

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis ini telah diuji dan dinyatakan lulus
tanggal: 14 April 2000

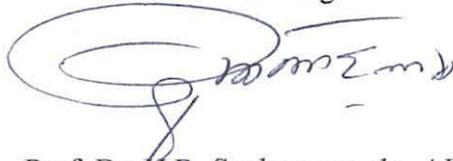
Oleh :

Pembimbing Ketua



Moch. Cholil Munif, dr., AIF.

Pembimbing



Prof. Dr. H.R. Soekarman, dr., AIF.

Mengetahui

Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga
Program Pascas Sarjana Universitas Airlangga



Prof. Martin Setiabudi, dr., PhD AIF
NIP. 130 246 650

Panitia Penguji Tesis

Ketua : Prof. Martin Setiabudi, dr., PhD.

- Anggota :
1. Moch. Cholil Munif, dr., AIF.
 2. Prof. Dr. H.R. Soekarman, dr., AIF.
 3. Choesnan Effendi, dr., AIF.
 4. Bachtiar Hermawan dr, MS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama saya panjatkan puji syukur ke hadirat Allah yang maha kuasa lagi pengasih dan penyayang atas segala rahmat, karunia dan bimbingannya, sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis ini. Tesis ini merupakan bagian akhir dari seluruh kegiatan pendidikan Program Pasca Sarjana Universitas Airlangga pada program studi Ilmu Kesehatan Olahraga.

Dengan selesainya penulisan tesis ini., maka dengan ketulusan hati saya menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

Moch. Cholil Munif, dr., AIF., sebagai pembimbing ketua yang telah banyak memberikan petunjuk, bimbingan, dorongan semangat dan layanan konsultasi yang tidak henti-hentinya sejak awal penulisan proposal hingga akhir penulisan tesis ini.

Prof. Dr. H. R. Soekarman, dr., AIF., sebagai pembimbing yang telah mendorong dan melayani konsultasi serta memberikan masukan bahkan membimbing sejak awal penulisan proposal hingga akhir penulisan tesis ini.

Pemerintah Republik Indonesia c.q. Menteri Pendidikan dan Kebudayaan melalui Tim Managemen Program Doktor yang telah memberikan bantuan finansial, sehingga meringankan beban saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Prof. H. Soedarto, dr., DTMH., Ph.D., selaku Rektor Universitas Airlangga, yang telah memberikan kesempatan untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan program Magister.

Prof. Dr. H. Soedijono, dr., Sp.THTCK., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Airlangga yang telah memberi kesempatan kepada saya untuk mengikuti pendidikan program magister.

Prof. Martin Setiabudi, dr., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga Program Pascarsajana Universitas Airlangga, yang selalu memberikan bimbingan, dorongan serta arahan kepada saya.

Prof. Dr. Jan Turang, selaku Rektor IKIP Manado di Tondano, yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengikuti pendidikan di Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.

Charles Gerungan, Drs., selaku Dekan FPOK IKIP Manado di Tondano yang telah memberi kesempatan kepada saya mengikuti pendidikan di Program Pascarsajana Universitas Airlangga Surabaya.

Seluruh Pimpinan Jurusan di FPOK IKIP Manado di Tondano yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk melakukan penelitian.

Seluruh staf pengajar pada Program Pascasarjana di Universitas Airlangga Surabaya, khususnya Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga, yang telah membimbing dan memberikan motivasi bahkan telah membekali ilmu kepada saya.

Dr. H. E. Rogi, Mpd., Staf Pengajar FPOK IKIP Manado di Tondano sebagai Pembimbing (Konsultan) Pelaksanaan Penelitian di lapangan yang telah memberikan petunjuk, bimbingan dan arahan.

Sri Purwaning, dr., MS., dan seluruh staf Analisis Laboratorium Kesehatan Manado yang telah memberikan ijin dan petunjuk bahkan arahan dalam melakukan analisis di Laboratorium.

Seluruh staf dan karyawan laboratorium Ilmu Faal Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya, atas bantuan dan kerjasama yang telah diberikan kepada saya.

Seluruh staf perpustakaan Universitas Airlangga Surabaya atas bantuan dan kerjasama yang telah diberikan kepada saya.

Semua teman seangkatan di Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga yang telah membantu dan saling memberikan motivasi guna penyelesaian penelitian dan penulisan tesis ini.

Jemmy Mangindaan, Drs., Mkes., Maudy Sarapung, drs., Mkes., Rudy F. Supit, Drs., Mpd., Staf pengajar FPOK IKIP Manado di Tondano dengan tulus hati telah membantu saya dalam pelaksanaan penelitian.

Mahasiswa FPOK IKIP Manado di Tondano yang telah menjadi sampel dalam penelitian, sehingga pelaksanaan penelitian dapat diselesaikan dengan baik.

Ibu yang tercinta yang telah bersusah payah dan penuh penderitaan mengasuh, mendidik, dan membesarkan saya, penuh tanggung jawab serta penuh kasih sayang bahkan mendoakan saya dalam mencampuh pendidikan program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.

Ibu mertua yang penuh tanggung jawab dan cinta kasih mendidik saya yang senantiasa memberi semangat dan doanya sehingga saya dapat menyelesaikan pendidikan saya di program pendidikan Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.

Istriku yang tercinta Margaretha Sepang, SPd., dan anak-anakku tersayang Christofel, Cristian, dan Fricilia yang telah memberi cinta dan semangat serta pengorbanan, dorongan bahkan rela ditinggalkan untuk sementara. Kesemuanya ini dilakukan dengan ikhlas dan diiringi doa kehadiran Allah yang penuh kasih sayang guna menyelesaikan pendidikan Program Magister.

Dan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Semoga segala amal dan perbuatan baik mendapat limpahan rahmat dari Allah. Akhir kata semoga Allah sumber berkat dan kasih senantiasa memberkati kita semua. Amiiin.

Surabaya, Maret 2000

Penulis

RINGKASAN

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbedaan pengaruh latihan aerobik intensitas berat dan sedang terhadap jumlah leukosit darah. Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian *Randomized Control Group Pretest-posttest Design*.

Penelitian ini menggunakan 60 sampel yang diambil secara acak (random) dari populasi sebanyak 98 orang yang dibagi menjadi 3 kelompok dan diberi perlakuan yang berbeda, yaitu: (1) kelompok 1 diberi perlakuan berupa program latihan aerobik intensitas berat, (2) kelompok 2 diberi perlakuan berupa program latihan aerobik intensitas sedang, dan (3) Kelompok 3 tidak diberi perlakuan apapun (kelompok kontrol). Data jumlah leukosit darah diambil 1 minggu sebelum perlakuan (*pretest*) dan 1 hari setelah perlakuan yang terakhir (*posttest*).

Data hasil pengukuran diolah dengan menggunakan statistik deskriptif dan statistik inferensial (uji normalitas, uji homogenitas, uji t berpasangan, uji anava, dan LSD) dengan taraf signifikan 5%. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa:

1. Latihan aerobik intensitas berat meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet ($p=0,000$).
2. Latihan aerobik intensitas sedang meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet ($p=0,000$).
3. Latihan aerobik intensitas berat lebih meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet, dibandingkan dengan latihan aerobik intensitas sedang ($p=0,000$).

ABSTRACT

The goal of this study was to observe the different influence of high intensity aerobic exercise and moderate intensity aerobic exercise toward the amount of blood leukocyte. The study applied Randomized Control Group Pretest-Posttest Design as framework.

The study used 60 samples chosen randomly from 98 people in the population. The samples were divided into 3 groups and obtained different treatments. The treatments were : (1) Group 1 obtained high intensity aerobic exercise, (2) Group 2 obtained moderate intensity aerobic exercise and (3) Group 3 did not obtain any treatment (Control Group). Data of blood leukocyte amount were taken a week before treatments (pretest) and a day after treatment (posttest).

The data processed using descriptive statistic and inferential statistic (normality test, homogeneity test, paired t test, anava test) with significant level 1%. If there was differences in anava test, then the data were processed with LSD test with significant level 5%. The obtained result shown that :

1. High intensity aerobic exercise increased the amount of blood leukocyte of non-athletes ($p = 0,000$)
2. Moderate intensity aerobic exercise increased the amount of blood leukocyte of non-athletes ($p = 0,000$)
3. High intensity aerobic exercise more increased the amount of blood leukocyte of non-athletes than moderate intensity aerobic exercise ($p = 0,000$)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SAMPUL DALAM	ii
HALAMAN PRASYARAT	iii
HALAMAN PENGESAHAN	vi
HALAMAN PANITIA PENGUJI	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
RINGKASAN	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Darah	7
2.2 Fungsi Darah	7

2.3 Leukosit	8
2.3.1 Sifat Umum Leukosit	9
2.3.2 Pembentukan Leukosit	10
2.4 Peranan Leukosit Dalam Sistem Pertahanan Tubuh	10
2.5 Latihan Fisik	14
2.5.1 Aktivitas Fisik dan Latihan Fisik.....	14
2.5.2 Program Latihan Fisik	15
2.5.3 Prinsip Pembebanan Latihan Fisik	16
2.5.4 Kesegaran Jasmani	18
2.5.5 Dosis Latihan Fisik.....	19
2.6 Konsep Latihan Fisik	20
2.6.1 Frekuensi Latihan	20
2.6.2 Intensitas Latihan.....	2
2.6.3 Tipe atau Bentuk Latihan	23
2.6.4 Lama Latihan.....	24
2.6.5 Respons-Dosis Latihan Fisik	24
2.6.6 Pengamatan Respons-Dosis Kardiovaskuler.....	26
2.6.7 Respons dan Adaptasi Tubuh.....	26
2.6.8 Bentuk Latihan Fisik Aerobik dan Anaerobik.....	28
2.7 Dampak Latihan Fisik	30
2.8 Adaptasi Hormonal Pada Latihan Fisik	31
2.9 Ketahanan Tubuh.....	32

2.9.1	Proliferasi dan Diferensiasi Limposit pada Organ Limfoid.....	33
2.9.2	Sistem Peredaran Limposit.....	33
2.10	Homeostasis dan Ketahanan Tubuh	34
2.10.1	Timbulnya Konsep Homeostasis	34
2.10.2	Kegagalan Homeostasis.....	35
2.10.3	Status Homeostasis pada Latihan Fisik	36
2.10.4	Peranan Sistem Ketahanan Tubuh dalam Homeostasis.....	36
2.10.5	Latihan Fisik dan Respons Ketahan Tubuh	37
2.11	Pendekatan Psiconeuroimunologi Pada Latihan Fisik	41
2.12	Menentukan Tempat Parameter Respons Ketahan Tubuh.....	43
BAB 3	KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS.....	45
3.1	Kerangka Konsep.....	45
3.2	Hipotesis Penelitian	46
BAB 4	METODE PENELITIAN.....	47
4.1	Jenis Penelitian	47
4.2	Rancangan Penelitian	47
4.3	Populasi dan Sampel.....	48
4.3.1	Populasi	49
4.3.2	Sampel	48
4.3.3	Teknik Penentuan Sampel dan Kelompok Perlakuan.....	50
4.4	Variabel Penelitian	50
4.4.1	Variabel Bebas	50

4.4.2 Variabel Tergantung	50
4.4.3 Variabel Kendali	50
4.4.4 Variabel Modcrator	51
4.5 Definisi Operasional Variabel	51
4.5.1 Latihan Fisik Aerobik Intensitas Berat	51
4.5.2 Latihan Fisik Aerobik Intensitas Sedang	51
4.5.3 Jumlah Leukosit	51
4.5.4 Jenis Kelamin	51
4.5.5 Umur	52
4.5.6 Kesehatan	52
4.5.7 Tinggi Badan	52
4.5.8 Berat Badan	53
4.6 Waktu dan Lokasi Penelitian	53
4.6.1 Waktu Penelitian	53
4.6.2 Lokasi Penelitian	53
4.7 Metode Pemeriksaan	54
4.7.1 Metode Pengambilan Data	54
4.7.2 Metode Pemeriksaan Darah	55
4.8 Alat dan Prasarana	55
4.8.1 Alat-Alat yang Digunakan	55
4.8.2 Prasarana	56
4.9 Teknik analisa Data	56

BAB 5 HASIL DAN ANALISIS DATA	57
5.1 Hasil Statistik Deskriptif	57
5.2 Uji Normalitas Distribusi dan Homogenitas Varian Data Awal	58
5.3 Uji “t” Sepasang Terhadap Variabel Jumlah Leukosit.....	61
5.4 Uji Anava Satu Jalur Terhadap Variabel Jumlah Leukosit	62
BAB 6 PEMBAHASAN.....	64
6.1 Pembahasan Metode Penelitian	64
6.2 Pembahasan Hasil.....	66
6.2.1 Uji Normalitas Distribusi dan Homogenitas Varian	66
6.2.2 Pengaruh Latihan Aerobik Intensitas Berat dan Sedang Terhadap jumlah Leukosit.....	67
6.3 Keterbatasan Penelitian	71
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN.....	73
7.1 Kesimpulan	73
7.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	Hasil statistik Deskriptif (n=20) Variabel tinggi Badan (cm), Berat Badan (kg), Umur (tahun), dan Jumlah Leukosit (sel/mm ³) pada Kelompok 1	57
Tabel 5.2	Hasil statistik Deskriptif (n=20) Variabel tinggi Badan (cm), Berat Badan (kg), Umur (tahun), dan Jumlah Leukosit (sel/mm ³) pada Kelompok 2	58
Tabel 5.3	Hasil statistik Deskriptif (n=20) Variabel tinggi Badan (cm), Berat Badan (kg), Umur (tahun), dan Jumlah Leukosit (sel/mm ³) pada Kelompok 3 (Kontrol)	58
Tabel 5.4	Hasil Uji Normalitas Distribusi (n=20) Variabel tinggi Badan (cm), Berat Badan (kg), Umur (tahun), dan Jumlah Leukosit (sel/mm ³) pada Kelompok 1	59
Tabel 5.5	Hasil Uji Normalitas Distribusi (n=20) Variabel tinggi Badan (cm), Berat Badan (kg), Umur (tahun), dan Jumlah Leukosit (sel/mm ³) pada Kelompok 2	60
Tabel 5.6	Hasil Uji Normalitas Distribusi (n=20) Variabel tinggi Badan (cm), Berat Badan (kg), Umur (tahun), dan Jumlah Leukosit (sel/mm ³) pada Kelompok 3	60
Tabel 5.7	Hasil Uji Homogenitas Varian (n=60) Variabel tinggi Badan (cm), Berat Badan (kg), Umur (tahun), dan Jumlah Leukosit (sel/mm ³)	61
Tabel 5.8	Hasil Uji "t" Sepasang (n=20) Variabel Jumlah Leukosit pada Kelompok 1, 2, dan 3	62
Tabel 5.9	Hasil Uji Anava Satu Jalur (n=20) Variabel Jumlah leukosit <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> (sel/mm ³)	63

BAB I

PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang Masalah

Dewasa ini latihan fisik dan olahraga banyak dihubungkan dengan peningkatan kebugaran jasmani dan kesehatan seseorang dalam upaya meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Oleh karena itu, bidang olahraga masih memerlukan banyak penelitian ilmiah guna mendukung pernyataan di atas. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa penelitian-penelitian di bidang olahraga lebih diarahkan pada peningkatan prestasi yang berdasarkan pada kemampuan kinerja fisik (Rushall, 1992; Nieman, 1993). Kualitas sumber daya manusia sangat diharapkan dan bukan hanya sekedar mempunyai kemampuan kinerja fisik yang baik saja, tetapi juga membutuhkan tingkat kesehatan yang baik pula (Bouchard, 1990). Sehat artinya bukan hanya bebas dari penyakit saja, tetapi memiliki daya tahan (imun) terhadap patogen (Virus, 1995).

Penerapan latihan fisik terkadang menimbulkan masalah mendasar, yaitu terabaikannya kondisi kesehatan atlet (Solomon, 1987). Oleh karena itu, upaya untuk meningkatkan ketahanan tubuh merupakan upaya sentral yang memerlukan kajian yang mendalam. Hal ini sangat diperlukan untuk mengetahui secara rasional pengaruh latihan fisik terhadap peningkatan ketahanan tubuh, yang dapat meletakkan dasar-dasar pengembangan latihan fisik untuk tujuan pencegahan dan pengobatan.

Dosis latihan yang terlalu menekankan pada peningkatan kemampuan kinerja fisik dan kurang memperhatikan kondisi sistem imun dapat menimbulkan gangguan homeostasis pada sistem imun. Gangguan sistem homeostasis dapat mempengaruhi kinerja sistem tubuh yang lain, yaitu tubuh menjadi rentan terhadap penyakit. Keadaan yang demikian memungkinkan tidak tercapainya kemampuan kinerja fisik yang optimal.

Bila dosis latihan yang optimal untuk meningkatkan kemampuan kinerja fisik tanpa menurunkan kinerja sistem imun sudah diketemukan, maka tujuan latihan fisik untuk meningkatkan kesegaran jasmani dan kesehatan akan dapat terwujud. Latihan fisik pada hakekatnya adalah stressor yang diberikan kepada tubuh untuk memperoleh adaptasi tubuh yang dapat meningkatkan kapasitas fungsional berbagai sistem di dalam tubuh (Lamb, 1984).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa program latihan fisik pada orang yang bukan atlet menurunkan total limfosit pada satu bulan pertama. Latihan fisik dengan intensitas berat (80% HR maksimal) dapat menekan sistem imun (Strasner, 1997). Penelitian yang lain menunjukkan bahwa latihan fisik dengan intensitas 80-90% HR maksimal dengan frekuensi latihan 3 kali per minggu dapat meningkatkan sistem imun yang lebih baik. Menurut beberapa pakar, latihan dengan intensitas 55-65% HR maksimal kurang efektif untuk meningkatkan kemampuan kinerja fisik. Oleh karena itu, dalam penelitian akan menggunakan latihan dengan *ergocycle (monart)* selama 12 menit dengan frekuensi latihan 3 kali per minggu.

Bentuk latihan tersebut sangat menguntungkan, terutama untuk menghindari cedera (Pollock, 1972).

Lamanya latihan fisik yang digunakan untuk mengetahui efek latihan tergantung pada bagian tubuh dilatih. Peningkatan kardiovaskuler dan kapasitas aerobik sudah tampak setelah 1-2 minggu latihan (Hixon, 1977). Peningkatan kinerja fisik akan terjadi setelah diberi latihan selama 6 minggu atau lebih (Fox, 1984). Otot yang dilatih akan menghasilkan peningkatan jumlah filamin aktin dan miosin serta meningkatkan kadar enzim, terutama yang berfungsi untuk menyediakan energi serta meningkatkan kemampuan sistem saraf. Peningkatan tersebut akan terjadi setelah menjalani latihan selama 3-6 minggu (Lamb, 1984). Pengaruh latihan pada sistem imun sudah mulai nampak setelah diberikan program latihan selama 6 minggu (Putera, 1992; Setiyawan, 1994). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan waktu perlakuan selama 6 minggu.

Upaya penetapan indikator penelitian memerlukan kelengkapan proses biologik yang terkait langsung dengan sistem homeostatis, yaitu sistem *immunologik* (Bellanti, 1985). Konsep keilmuan di bidang *immunologik* meliputi berbagai komponen ketahanan tubuh beserta indikator kimianya tercakup dalam konsep *psikoneuroimmunologik*. Indikator ketahanan tubuh yang berkonsep *psikoneuroimmunologik* dapat digunakan sebagai standarisasi respons dosis latihan fisik atas dasar respons kardiovaskuler. Melalui bentuk pola ketahanan tersebut maka diharapkan dapat membedakan pengaruh dosis latihan fisik yang berbeda terhadap respon imun yang ditimbulkan. Dalam penelitian ini akan mengkaji kualitas pola respons

ketahanan tubuh sebagai pengaruh dosis latihan yang berbeda, yaitu dosis latihan fisik aerobik intensitas sedang dan dosis latihan fisik aerobik intensitas berat. Pola respons ketahanan tubuh diukur melalui pengukuran terhadap konsentrasi leukosit darah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dirumuskan masalah sebagai berikut:

- 1.2.1 Apakah latihan aerobik intensitas sedang meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet?
- 1.2.2 Apakah latihan aerobik intensitas berat meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet?
- 1.2.3 Apakah latihan aerobik intensitas berat lebih meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet, dibandingkan dengan latihan aerobik intensitas sedang?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Untuk mengetahui dosis latihan yang efektif meningkatkan jumlah leukosit pada tubuh, di antara latihan aerobik intensitas sedang dan latihan aerobik intensitas berat.

1.3.2 Tujuan khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui latihan aerobik intensitas sedang meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet.

2. Untuk mengetahui latihan aerobik intensitas berat meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet.
3. Untuk mengetahui latihan aerobik intensitas berat lebih meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet, dibandingkan dengan latihan aerobik intensitas sedang.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini meliputi:

1. Penelitian ini diharapkan memberi sumbangan terhadap pengembangan IPTEK dan pemanfaatannya dalam membantu peningkatan kualitas sumber daya manusia.
2. Hasil penelitian ini mengungkapkan keterkaitan antara latihan fisik dengan perubahan neuropeptida-hormonal yang memodulasi peningkatan/penurunan respons imun dalam tubuh. Hasil penelitian ini memberikan penjelasan bahwa perubahan respons imun dalam tubuh dapat dimodulasi melalui perubahan perilaku (aktivitas fisik). Hal ini memberikan peluang untuk membuka pengembangan fisiobiologik, terutama yang berkonsep pada *psikoneuroimunologik* di bidang olahraga.
3. Hasil berupa peningkatan ketahanan tubuh alami sebagai akibat dari latihan fisik aerobik akan sangat bermanfaat untuk meningkatkan kualitas ketahanan tubuh. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menunjang usaha pemerintah dalam peningkatan kualitas sumber daya manusia.

4. Hasil penelitian ini memberikan dasar pengetahuan bahwa pelaksanaan program latihan fisik untuk mencapai prestasi yang maksimal harus tetap mengutamakan kondisi sehat atlet. Konsep prestasi yang dilandasi kondisi sehat merupakan aktualisasi sumber daya manusia berkualitas sepanjang umur.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memberikan dasar kepustakaan mengenai pengaruh latihan aerobik intensitas sedang dan berat terhadap jumlah leukosit, maka pada bab 2 akan dijabarkan beberapa sub bab, meliputi: darah, fungsi darah, leukosit, peranan leukosit dalam sistem ketahanan tubuh, latihan fisik, program latihan fisik, prinsip pembebanan latihan fisik, dosis latihan fisik, konsep latihan fisik, latihan dan sistem energi, peranan sistem ketahanan dalam homeostasis, dan latihan fisik dan ketahanan tubuh.

2.1 Darah

Darah terdiri dari unsur-unsur padat, yaitu: eritrosit, leukosit dan trombosit yang tersuspensi di dalam suatu media cair, yaitu plasma. Pada manusia normal atau sehat memiliki darah kira-kira 1/13 dari berat badan atau kira-kira 4 sampai 5 liter (Harper, 1995). Jumlah darah normal pada setiap orang berbeda-beda, tergantung pada usia, status kesehatan, pekerjaan, dan keadaan jantung atau pembuluh darah (Guyton & Hall, 1996).

2.2 Fungsi Darah

Semua fungsi darah dilaksanakan oleh plasma dan konstitusinya, kecuali fungsi seluler yang spesifik, yaitu: pengangkutan oksigen dan karbondioksida, pertahanan imunologik (sistem kekebalan tubuh), dan proses pembekuan darah (Guyton & Hall, 1996). Darah memiliki fungsi umum sebagai berikut: (Harper, 1995)

- a. Respirasi, yaitu pengangkutan oksigen dari paru ke jaringan dan pengangkutan korbondioksida dari jaringan ke paru.
- b. Pengangkutan bahan-bahan makanan yang diserap ke seluruh jaringan tubuh yang membutuhkan.
- c. Ekskresi, yaitu pengangkutan sampah metabolik (sisa hasil metabolisme) ke ginjal, paru, kulit, dan intestenum untuk di dikeluarkan dari dalam tubuh.
- d. Mempertahankan keseimbangan asam basa cairan tubuh.
- e. Pengaturan keseimbangan air, yaitu melalui efek darah terhadap penukaran air antara cairan yang bersirkulasi dengan cairan jaringan.
- f. Pengaturan suhu tubuh melalui sirkulasi dan anti bodi yang beredar terhadap infeksi.
- g. Pertahanan tubuh oleh sel darah putih dan antibodi yang beredar terhadap infeksi.
- h. Pengangkutan hormon.
- i. Pengangkutan metabolik.
- j. Koagulasi (sistem pembekuan darah).

3.3 Leukosit

Leukosit adalah unit yang mobil atau aktif dari sistem pertahanan tubuh (Guyton & Hall, 1996). Sistem pertahanan tubuh ini sebagian dibentuk di dalam sumsum tulang (granulosit, monosit dan sedikit limposit) dan sebagian lagi dibentuk

di dalam jaringan limfe (limposit dan sel-sel plasma) (Harper, 1995). Sel-sel yang telah terbentuk diangkut di dalam darah menuju berbagai macam bagian tubuh untuk digunakan sebagai sistem pertahanan tubuh. Fungsi yang sebenarnya dari sel-sel darah putih adalah melaksanakan pertahanan secara cepat dan kuat terhadap setiap agen infeksi yang menyebabkan peradangan pada bagian tubuh. Sel-sel granulosit dan monosit mempunyai kemampuan khusus, yaitu untuk “mencapai dan merusak” setiap benda asing yang menyerbu/masuk ke dalam tubuh (Guyton & Hall, 1996).

3.3.1 Sifat umum leukosit

Dalam keadaan normal di dalam darah dapat ditemukan enam macam sel-sel darah putih, yaitu: netrofil, eosinofil, basofil, monosit, limposit, sel-sel plasma, dan platelet. Platelet merupakan fragmen atau pecahan ke tujuh dari sel darah putih yang dapat dijumpai dalam sumsum tulang pada megakariosit (Guyton & Hall, 1996).

Sifat umum dari leukosit lebih banyak dicerminkan oleh bagian-bagian sel leukosit itu sendiri, yaitu: (Guyton & Hall, 1996)

- a. Granulosit dan monosit mempunyai sifat untuk mempertahankan tubuh terhadap organisme penyerang dengan cara mencerna atau fagositosis.
- b. Limposit berfungsi sebagai mekanisme pertahanan tubuh atau kekebalan tubuh.
- c. Netrofil berperan dalam proses hemostasis, sedangkan basofil dan eosinofil, berperan dalam pertahanan diri terhadap invasi kuman penyakit.
- d. Platelet berperan dalam proses pembekuan darah.

Konsentrasi leukosit normal pada manusia dewasa kira-kira $7000/\text{mm}^3$ darah (Guyton & Hall, 1996). Prosentase bermacam-macam sel darah putih kira-kira sebagai berikut: (a) netrofil polimorfonuklir 62,0%, (b) eosinofil polimorfonuklir 2,3%, (c) basofil polimorfonuklir 0,4%, (d) monosit 5,3%, dan (e) limposit 30,0% (Ganong, 1996).

2.3.2 Pembentukan leukosit

Sel-sel polimorfonuklir dan monosit dalam keadaan normal hanya dibentuk dalam sumsum tulang. Sebaliknya sel-sel limposit dan sel-sel plasma diproduksi oleh bermacam-macam organ, meliputi: kelenjar limfe, timus, tonsil dan bermacam-macam sel limfoid lain di dalam sumsum tulang. Dalam proses pembentukan sel leukosit dibutuhkan asam amino, terutama asam folat dan vitamin (seperti vitamin B kompleks) (Guyton & Hall, 1996).

2.4 Peranan Leukosit Dalam Sistem Pertahanan Tubuh

Secara anatomik, sistem ketahanan tubuh berbeda dengan sistem organ tubuh lain. Komponen sistem ketahanan tubuh terdapat pada tempat yang berbeda, yaitu: jaringan limfoid primer (sumsum tulang dan timus), jaringan limfoid sekunder limfe, kelenjar getah bening, jaringan atau kelenjar limfoid mukosa, dan darah yang terdapat hampir pada semua jaringan organ tubuh. Komponen tersebut dapat mengadakan komunikasi melalui pesan sekresi senyawa kimia, berupa: hormon, neurotransmitter, neuropeptida dan sitokin (Male, 1991).

Hampir semua sel yang berinti dalam tubuh dapat berfungsi sebagai komponen sel ketahanan tubuh, kecuali sel sperma. Komponen sel ketahanan tubuh dapat dibagi menjadi 2 kelompok besar, yaitu: limfosit dan *antigen presenting cell* (APC) (Male, 1991). Pengelompokan sel ketahanan tubuh yang lain, meliputi: limfosit, sel monoclear fagositik, polimorfonuklear granulosit, trombosit, dan sel tubuh yang lain (Roitt, 1992).

Limfosit merupakan sel ketahanan tubuh yang dapat memberikan respon imunologik yang spesifik. Limfosit diproduksi pada jaringan limfoid primer (sumsum tulang dan timus). Setelah diproduksi, limfosit bermigrasi melalui sirkulasi darah menuju ke jaringan limfoid sekunder (limfe, kelenjar getah bening, tonsil dan kelenjar limfoid mukosa). Limfosit yang beredar dalam sirkulasi darah kira-kira berjumlah 20% dari jumlah seluruh leukosit pada darah orang dewasa. Populasi limfosit dibedakan 2 jenis, yaitu: limfosit B dan limfosit T (Roitt, 1992; Kuby, 1992).

Limfosit B diproduksi dan mengalami pendewasaan dalam sumsum tulang, dan meninggalkan sumsum tulang masuk ke peredaran darah dengan menyangang reseptor antibodi-membran. Apabila sel tersebut bertemu dengan imunogen yang spesifik, maka mengalami proliferasi dan berdeferensiasi menjadi sel plasma (*effector cells*) dan limfosit memori. Sel limfosit B plasma tidak memiliki reseptor antibodi-membran, tetapi dapat mengsekresi antibodi (*immunoglobulin*). Sel plasma hanya hidup beberapa hari, tetapi satu sel plasma pada fase respon sekunder dapat memproduksi antibodi 100-1000 kali lebih tinggi (2000 molekul antibodi per detik) sebagai respon imun humoral (Roitt, 1992).

Limfosit T juga dibuat di jaringan hemopoisis pada sumsum tulang. Limfosit T akan meninggalkan jaringan hemopoisis dan mengalami maturasi di kelenjar timus. Berbagai macam sub tipe limfosit T mempunyai alur fungsi pengendalian dan efektor serta limfosit memori. Selama proses maturasi di kelenjar timus, limfosit T dapat mengekspresikan reseptor untuk antigen yang dikenal dengan molekul *major histocompatibility complex* (MHC) (Baratawijaya, 1997).

Sel fagosit mononuclear mempunyai 2 bentuk, yaitu sel fagositik yang professional berfungsi untuk menghilangkan benda asing yang berfungsi mempresentasikan antigen pada limfosit. Monosit sebagai sel fagosit mononuclear dalam sirkulasi darah akan berubah bentuk dalam jaringan *Reticuloendothelial System* (RES). Contoh jaringan *Reticuloendothelial System* (RES) antara lain: sel Kupffer (hati), intraglomeruler, mesangium (ginjal), alveolar makrofag (paru), serosal makrofag (peritonium), mikroglia (otak), sinusoid makrofag (limfa), makrofag dan sel retikulum hitiositik, sel retikulum dendrit dan sel retikulum interdigitik pada kelenjar getah bening (Male, 1991)

Granulosit polimorponuklear (PMN) diproduksi oleh sumsum tulang dengan kecepatan 80 juta per menit. PMN berumur relatif pendek (2-3 hari), bila dibandingkan dengan sel monuklear yang berumur sampai bulanan bahkan mencapai tahunan (Roitt, 1992). Di dalam sirkulasi darah terdapat PMN berjumlah 60-70%, tetapi juga didapatkan yang mengalami ekstravasasi (Male, 1991). Berdasarkan reaksi pengecatan granula dalam sitoplasma, maka dapat dibedakan menjadi tiga macam sel, yaitu: neutrofil, basofil dan eosinofil (Roitt, 1992).



Netrofil berjumlah 70-90% lebih dari jumlah seluruh leukosit dalam sirkulasi. Netrofil akan mengeluarkan bahan dari granul sitoplasma. Beberapa bahan tersebut adalah mediator kimia (faktor kemotaksis, fibrinolitik, sistem kinin) dan bahan sitotoksik (asam hidrolase, mieloperoxidase dan laktoferin) (Male, 1991). Selanjutnya bila sel ini telah mencerna mikroorganisme, maka benda itu disimpan dalam vakuol yang disebut fagosom (Baratawijaya, 1996).

Eosinofil berjumlah kira-kira 2-5% dari jumlah leukosit (pada orang dewasa yang tidak menginap penyakit alergi). Sel tersebut berkemampuan fagositik (Roitt, 1992). Eosinofil diduga mempunyai 3 efek terhadap infeksi cacing, yaitu fagositosis kompleks antigen-antibodi, modulasi hipersensitivitas melalui inaktivasi mediator dan membunuh cacing tertentu (*in vitro*) melalui perantaraan IgG (Baratawijaya, 1996). Eosinofil mengandung berbagai granul, yaitu *major basic protein* (MBP), dan *eosinophil peroxidase*.

Basofil sering disebut sebagai sel mediator dan diduga berfungsi sebagai fagosit. Basofil kira-kira berjumlah kurang dari 0,2% dari total leukosit. Sedangkan *mast cells* tidak dapat ditemukan dalam darah, tetapi hanya terdapat pada jaringan (Stites, 1991; Baratawijaya, 1997).

Monosit berjumlah kira-kira 5% dari leukosit total dalam darah. Setelah diproduksi di sumsum tulang, monosit masuk ke aliran darah. Sel monosit akan tinggal di jaringan tubuh lain menjadi makrofag, yaitu: sel dendritik di kelenjar betah bening, sel glia di otak, sel Kuffer di hati, dan sel Langherhans di kulit (Male, 1991; Playfair, 1992).

2.5 Latihan Fisik

2.5.1 Aktivitas fisik dan latihan fisik

Upaya mempertahankan kelangsungan hidup berhubungan erat dengan kuantitas dan kualitas aktivitas fisik (*physical activity*) sehari-hari (Bouchard, 1990). Gerak merupakan salah satu ciri dasar dari suatu kehidupan (Seaton, 1974). Pernyataan dinyatakan dalam suatu konsep hidup, yaitu "*life is activity*". Aktivitas fisik adalah pergerakan tubuh sebagai akibat dari kontraksi otot rangka (Bouchard, 1990). Aktivitas fisik dapat dikemas dalam suatu bentuk latihan fisik (*exercise*) (Nieman, 1993).

Dalam kamus Websters, *exercise* berarti suatu aktifitas atau kegiatan yang ditujukan untuk latihan (*activity for the purpose of training*) atau suatu latihan yang sistematis (*systematic practice*) atau suatu rangkaian gerakan spesifik yang dirancang secara teratur (*regular series of specific movements to designed*) (Nneufeldt, 1991). Bauchard (1990) menyampaikan batasan bahwa *exercise* adalah aktivitas fisik yang dilakukan pada waktu luang untuk mencapai suatu tujuan. Sedangkan Nieman (1993) menyampaikan batasan *exercise* sebagai suatu aktivitas fisik yang tersusun dalam suatu program, berupa aktivitas fisik berulang dan bertujuan untuk memelihara atau meningkatkan kebugaran jasmani (*physical fitness*). Jadi, istilah *exercise* yang diartikan "latihan fisik", terkandung unsur aktivitas fisik, terukur dan sistematis serta bertujuan. Sasaran latihan fisik adalah perbaikan sistem organ tubuh (Seaton, 1974; Nieman, 1986). Pemasyarakatan latihan fisik telah berkembang pesat sejak akhir abad

delapan belas (Nieman, 1986). Saat ini latihan fisik telah berkembang untuk tujuan rekreasi maupun kompetisi (Getchel, 1979).

Perkembangan konsep kajian tentang aktivitas fisik telah mendasari terapan beberapa jenis latihan fisik, terutama ditujukan untuk rekreasi, *physical fitness* dan kompetisi atau prestasi (Bouchard, 1993). Pada perkembangan berikutnya latihan fisik tidak hanya dikaji sebagai sasaran terapan saja, tetapi juga sebagai lahan kajian ilmunan (*sport science*) (Bouchard, 1990).

2.5.2 Program latihan fisik

Program latihan fisik diambil dari istilah *physical training*. Sebelum dijabarkan mengenai istilah *physical training* akan dijelaskan terlebih dahulu istilah *training*. *Training* dalam kamus Websters adalah “*action or method of one that trains*”, sedangkan *trains* berarti “*a series of event or condition*” (Neufeldt, 1990). Bouchard (1990) menyampaikan batasan bahwa *training* adalah “*repetitive about of exercise*”. Jadi, *training* adalah latihan yang diulang-ulang secara terprogram. Selanjutnya, pengertian *training* pada aktivitas fisik dapat disebut *physical training*. Dengan demikian, *physical training* memiliki unsur ulangan latihan fisik, dan merupakan program untuk mencapai tujuan tertentu. Secara singkat, *physical training* dapat diartikan sebagai serangkaian latihan fisik (Nieman, 1993). *Physical training* bertujuan untuk *physical fitness* dan rekreasi (Bouchard, 1993). *Physical training* dapat diangkat dalam bentuk program latihan fisik.

2.5.3 Prinsip pembebanan latihan fisik

Bentuk latihan fisik pada cabang olahraga yang dipilih harus menyenangkan dan disesuaikan dengan kondisi tubuhnya (Scaton, 1974). Bentuk latihan fisik yang akan dilakukan memiliki empat tahapan, yaitu: peregangan, pemanasan, pelaksanaan latihan (latihan inti) dan pendinginan (Bompa, 1994). Sedangkan prinsip-prinsip program latihan fisik meliputi:

a. Beban bertambah (*overload*)

Masing-masing individu memiliki kemampuan fisik berbeda-beda. Oleh karena itu, pada kondisi awal latihan atlet tidak boleh diberi beban latihan yang sama. Puncak kondisi fisik dapat diraih dengan pemberian beban bertambah secara bertahap dan tidak melebihi beban latihan maksimal (Fox, 1993; Bompa, 1994). Jadi, dosis (beban terukur) latihan fisik yang diberikan harus memperhatikan intensitas kerja tubuh, frekuensi dan lama latihan (Brooks, 1987).

b. Menghindari dosis yang berlebih (*overtraining*)

Dosis latihan fisik yang melebihi kemampuan maksimal tubuh dapat mengakibatkan cedera, baik pada tingkat seluler maupun pada tingkat jaringan/organ (Dirix, 1988). Dosis latihan fisik yang melebihi kemampuan maksimal tidak akan meningkatkan kemampuan tubuh, tetapi akan menyebabkan tubuh menjadi sakit (Rushall, 1992). Setiap latihan fisik yang memerlukan energi melewati kebutuhan basal memerlukan waktu pulih asal (*recovery*). Latihan fisik dengan intensitas berat membutuhkan waktu pulih asal kira-kira 46 jam (Bompa, 1994). Otot dan sistem

tubuh lainnya tidak sama dengan mesin yang kehabisan bahan bakar, dan dapat dipacu kembali setelah diberi tambahan bahan bakar (Dirix, 1988; IOC, 1990).

c. Prinsip kekhususan

Bentuk dan dosis latihan yang dilaksanakan harus sesuai dengan kondisi tubuh dan jenis olahraga yang ditekuni (Bompa, 1994). Misalnya, cabang olahraga ketahanan (*endurance*) harus diberikan dosis latihan yang bertujuan utama untuk meningkatkan kemampuan aerobik (Dirix, 1988).

d. Mempertahankan dosis latihan fisik

Dosis latihan fisik tidak terus ditingkatkan pada setiap kali latihan. Mempertahankan dosis latihan fisik dapat meningkatkan kemampuan fisik, baik untuk pencapaian prestasi maupun mempertahankan kondisi tubuh (Dirix, 1988; IOC, 1990).

e. Periodisasi latihan

Physical training yang bertujuan untuk pencapaian prestasi harus dilakukan secara periodik dan harus disesuaikan dengan kebutuhan kompetisi atau pertandingan (IOC, 1990). Periodisasi latihan fisik harus memperhatikan bobot persiapan fisik, teknik dan taktik serta mental (psikis) (Bompa, 1994). Sedangkan, *Physical training* yang bertujuan untuk *physical fitness* harus dilakukan dengan teratur (Seaton, 1974).

g. Individual

Setiap jenis aktivitas fisik harus disesuaikan dengan kondisi dan kemampuan tubuh, baik pada tingkat seluler maupun jaringan/organ. Selain itu, faktor kesenangan juga tidak boleh diabaikan (Bompa, 1994).

2.5.4 Kesegaran Jasmani

Peningkatan kualitas kesegaran jasmani (*physical fitness*) merupakan salah satu sasaran pembinaan sumberdaya manusia di Indonesia (GBHN, 1993; Soekarman, 1993). Kondisi *physical fitness* seseorang antara individu yang satu dengan yang lain tidak sama. Oleh karena itu, perlu adanya jenjang/tingkatan pembinaan kesegaran jasmani yang jelas (Katch, 1983).

Batasan tentang *physical fitness* beraneka ragam tergantung pada sudut pandang yang dipakai. Ada yang melihat dari sudut pandang kualitas hidup yang divokuskan pada batas kinerja gerak fisik atau "*physical performance of movement*" (Rushall, 1992) dan ada yang melihat dari sudut pandang kinerja gerak fisik disertai dengan kondisi sehat (Nieman, 1993). Pada penulisan ini, *physical fitness* diartikan "kesegaran jasmani". Status kesegaran jasmani merupakan kebutuhan dari suatu aktivitas fisik. Oleh karena itu, upaya pembinaan kesegaran jasmani harus meningkatkan kualitas kesegaran jasmani dan mengangkat derajat kesehatan seseorang (Bouchard, 1990). Pada olahraga prestasi, kualitas kesegaran jasmani digunakan sebagai dasar untuk menyusun program latihan fisik yang bertujuan untuk mencapai prestasi (Gledhill, 1990).

Pelaksanaan pembinaan kesegaran jasmani dan prestasi harus merupakan jenjang dan bersifat individu. Status kesegaran jasmani dan kecepatan respons adaptasi tidak sama pada tiap individu dalam waktu tertentu (Bompa, 1994). Jenjang pembinaan kesegaran jasmani dan prestasi lebih ditujukan untuk menghindari terjadinya *injury micro* (cedera pada tingkat seluler). Sebagai contoh, dosis latihan yang terlalu berat dapat menyebabkan kerusakan otot skelet dan mengurangi kekuatan total kontraksi, sehingga kekuatan maksimal yang diharapkan tidak tercapai (Dick, 1992).

2.5.5 Dosis latihan fisik

Menyusun program latihan fisik bukanlah pekerjaan yang mudah, sebab tidak semua bentuk latihan fisik dapat menimbulkan “*stimulator*” fungsi organ tubuh. Salomon (1987) mengatakan bahwa tidak semua jenis aktivitas fisik dapat memberikan keuntungan bagi tubuh, bahkan bisa menyebabkan kerusakan pada tubuh. Besarnya beban fisik harus diperhatikan dengan baik, sehingga tidak menimbulkan *injury micro* atau stressor yang terlalu berat terhadap organ tubuh. Beban latihan fisik yang diberikat kepada seseorang harus terukur (Bouchard, 1990). Ukuran beban latihan fisik dinamakan “dosis latihan fisik “. Jadi, dosis latihan adalah beban latihan fisik yang terukur dan mengandung unsur intensitas, frekuensi, waktu dan jenis latihan (Fox, 1993).

2.6 Konsep Latihan Fisik

2.6.1 Frekwensi latihan

Frekwensi latihan adalah jumlah ulangan latihan yang dilakukan dalam jangka waktu seminggu. Frekuensi latihan bergantung pada status kesehatan dan kebugaran jasmani seseorang. Agar dapat memberikan efek latihan terhadap peningkatan kebugaran jasmani, maka frekuensi latihan yang dilakukan 3-5 kali per minggu dan didasarkan pada prinsip latihan berselang seling antara latihan berat dan latihan ringan (Bompa, 1994).

2.6.2 Intensitas latihan

Intensitas latihan dapat diartikan sebagai tingkat kualitas (berat ringannya) beban latihan, dan merupakan faktor utama yang mempengaruhi efek latihan terhadap faal tubuh. Pemberian beban latihan yang melebihi nilai ambang kemampuan tubuh akan menimbulkan stress. Oleh karena itu, perlu adanya pengukuran beban latihan yang baik agar latihan yang dilakukan tidak menimbulkan kondisi patologik (menimbulkan penyakit). Intensitas latihan yang dilakukan harus disesuaikan dengan status kesehatan dan tujuan yang akan dicapai.

Intensitas latihan dapat diukur dengan berbagai cara. Cara paling mudah adalah dengan mengukur denyut jantung (*heart rate*). Intensitas latihan didasarkan pada sasaran pencapaian denyut jantung ($\text{Target Heart Rate} = \text{THR}/\text{target denyut jantung}$) (Janssens, 1987). Sockarman (1989) menyatakan bahwa ada dua macam cara untuk menentukan THR, yaitu:

a. Cadangan denyut jantung (*Heart Rate Reserve*=HRR).

HRR ditentukan dengan cara menghitung denyut jantung maksimal dikurangi denyut jantung istirahat. Rumus yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{HRR} = \text{MHR} - \text{RHR}$$

Keterangan:

HRR = *Heart rate reserve* (cadangan denyut jantung)

MHR = *Maximal heart rate* (denyut jantung maksimal)

RHR = *Rest of heart rate* (denyut jantung istirahat)

b. Denyut jantung maksimal (*Maximal Heart Rate*=MHR)

Denyut jantung maksimal dipengaruhi oleh umur seseorang. MHR ditentukan dengan menggunakan rumus: $\text{MHR} = 220 - \text{umur}$.

Kedua cara penentuan intensitas latihan di atas lebih menekankan pada kemampuan kerja sistem jantung-paru. Cara lain yang menentukan intensitas latihan didasarkan pada kemampuan otot, yaitu menentukan nilai ambang anaerobik. Cara ini sulit diterapkan dilapangan dan hanya dapat dikerjakan di laboratorium (Soekarman, 1989).

Intesitas latihan memberikan efek berupa implikasi hormon sebagai mediator dan distribusi perubahan-perubahan (adaptasi) tubuh. Hormon *epinephrine* dan kortisol mempengaruhi distribusi leukosit pada sirkulasi dan berbagai kompartemen tubuh, seperti: hati, ginjal dan sumsum tulang. Leukositosis yang terjadi selama

latihan merangsang *epinephrine eksogen* pada konsentrasi yang tepat (Muir, 1984). Dengan demikian, peningkatan jumlah leukosit sebagai efek dari latihan disebabkan oleh perubahan jumlah limposit yang beredar sehingga menyebabkan perubahan relatif proporsi sel-sel limposit dan sel-sel NK (Young, 1989). Berkaitan dengan orientasi kebugaran jasmani, maka sampai saat ini penetapan beban latihan fisik lebih mengutamakan pada indikator biologik yang berkaitan dengan kerja fisik, yaitu metabolisme energi (Janssen, 1987).

Latihan dengan beban latihan fisik yang berat akan menurunkan IgA (Scholten, 1988). Penelitian yang lain menyatakan bahwa latihan fisik berat akan meningkatkan *respons limposit blastogenesis* (Oshida, 1988), peningkatan jumlah dan aktivitas sel NK, sedangkan *immoglobulin* relatif konstan (Edward, 1984). Selain itu, ada beberapa peneliti lain yang menyatakan bahwa latihan fisik dapat meningkatkan ketahanan tubuh.

Penelitian Garagiola (1995) memberikan hasil bahwa latihan fisik yang dilakukan sekali (*acute exercise*) menyebabkan perubahan respons ketahanan tubuh pada orang non-atlit, meliputi: peningkatan IgG, IgA dan memperbaiki pola respons ketahanan tubuh. Sedangkan Mackinnon (1992) menyatakan bahwa beban aktivitas atau latihan fisik berat yang diterima tubuh seseorang yang terlatih masih didapatkan kerawanan kemungkinan terjadinya cedera pada sistem ketahanan tubuh.

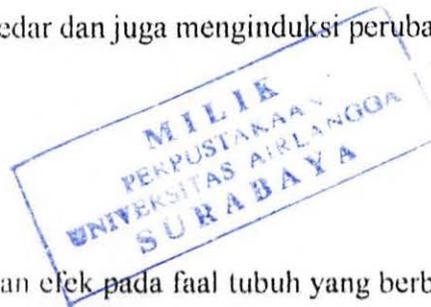
Pengaruh latihan fisik terhadap peningkatan ketahanan tubuh pada atlit tidak banyak yang dapat dilaporkan. Pernah dilaporkan bahwa pada kelompok atlit dengan beban yang sama pada program latihan fisik masih memberikan gambaran respons

yang tidak lama. Latihan intensitas berat memberikan efek perubahan yang mendalam terhadap jumlah dan distribusi leukosit yang beredar dan juga menginduksi perubahan *proliferasi limposit* (McCarthy and Dale, 1998).

2.6.3 Tipe atau bentuk latihan

Tipe atau bentuk latihan akan memberikan efek pada faal tubuh yang berbeda sesuai dengan bentuk-bentuk latihan yang dilakukan. Dalam kegiatan olahraga ada dua tipe latihan, yaitu: latihan aerobik dan latihan anaerobik. Pembagian tipe latihan ini didasarkan pada penggunaan sistem energi utama untuk melakukan aktivitas tersebut. Latihan fisik aerobik adalah latihan fisik dengan menggunakan energi utama yang berasal dari sistem energi aerobik, sedangkan latihan fisik anaerobik adalah latihan fisik yang menggunakan energi utama yang berasal dari sistem energi anaerobik.

Latihan aerobik bertujuan untuk mengembangkan sistem energi predominan aerobik, kualitas daya tahan jantung-paru, meningkatkan mioglobin dan jumlah mitokandria, cadangan glikogen, serta meningkatkan konsentrasi enzim oksidatif kualitas anaerobik (ATP dan PC) dan peningkatan jumlah dan ukuran serabut otot lambat (Fox, 1993). Dan latihan fisik anaerobik bertujuan untuk mengembangkan sistem energi predominan anaerobik dan kualitas kemampuan anaerobik, meliputi: kecepatan, daya ledak otot, kelincahan dan stamina (*anaerobic power*) serta meningkatkan kapasitas aerobik (Fox, 1993; Bompa, 1994).



2.6.4 Lama latihan

Lama latihan mempunyai hubungan terbalik dengan intensitas latihan. Intensitas latihan semakin berat, maka lama latihan harus lebih singkat dan sebaliknya. Latihan dengan waktu yang pendek harus berisi padat dengan kegiatan-kegiatan yang bermanfaat dan menunjang komponen yang akan dibentuk. Latihan dengan waktu yang pendek akan memberikan keuntungan, yaitu membawa atlet dalam alam berfikir tentang latihan yang dilakukan, sehingga proses pembentukan konsep gerak menuju otomatisasi dapat dicapai. Lamanya waktu latihan yang dibutuhkan berbeda antara atlet dan bukan atlet (non-atlet). Lama waktu latihan untuk non-atlet dianjurkan minimal 45 menit, dengan perincian: pemanasan 5 menit, latihan inti 12-35 menit, dan pendinginan 5 menit (Moclock, 1984; Lisa, 1997).

Dari penjelasan tentang konsep latihan fisik (frekuensi, intensitas, tipe dan lama waktu latihan) dapat disimpulkan pelaksanaan program latihan fisik pada dasarnya bertujuan untuk memperoleh efek positif, berupa peningkatan kualitas sistem tubuh (Bompa, 1994).

2.6.5 Respons-dosis latihan fisik

Tujuan dari respons-dosis latihan fisik adalah kesiapan tubuh terhadap dosis yang diberikan (Bouchard, 1993). Latihan fisik yang diberikan merupakan beban pada tubuh dan akan menimbulkan respons atau reaksi sistem tubuh. Beban latihan fisik yang diukur dan dikemas sebagai dosis latihan akan menyebabkan reaksi tubuh berupa respons yang dapat diukur (Weidner, 1994). Dosis latihan fisik diupayakan

untuk dapat diukur pada respons tubuh. Beberapa konsep tolok ukur tersebut meliputi: muskuloskeletal, kardiovaskuler, kardio-respirasi dan metabolisme (energi). Ketepatan dosis latihan fisik terhadap respons tubuh diharapkan langsung memberikan respons adaptasi tubuh. Dosis latihan fisik dianggap tepat jika dosis tersebut merupakan "*stimulator*" organ tubuh (Rushall, 1992). Dosis latihan identik dengan dosis obat, yaitu dapat diukur takarannya dan dapat diamati besarnya respons yang terjadi pada tubuh. Dosis yang tepat dapat memberikan respons rangsang (*stimulator*) sistem tubuh, tetapi tidak melebihi kemampuan fisiologik atau stressor (Lamb, 1984).

Pembebanan dengan pendekatan konsep muskuloskeletal dapat dilakukan dengan cara mengukur kekuatan kontraksi sekelompok otot secara maksimal dan pembebanan ditentukan dengan presentase di bawah kekuatan maksimal tersebut. Pembebanan kardiovaskuler dapat dilakukan dengan mengukur atau prakiraan denyut jantung maksimal dan pembebanan didasarkan pada prosentase dari besarnya denyut jantung. Gabungan pembebanan dengan konsep kardiorespirasi dan metabolisme energi didapatkan tolok ukur VO_2 maksimal (ambilan oksigen maksimal). Secara langsung konsep gabungan tersebut dapat dicari melalui pengukuran kebutuhan oksigen dan kadar karbondioksida. Akhir-akhir ini telah dikembangkan suatu konsep yang didasarkan pada metabolisme penyediaan energi predominan dengan menggunakan parameter kadar asam laktat darah (Janssen, 1987).

2.6.6 Pengamatan respons-dosis kardiovaskuler

Dosis latihan fisik dapat dipantau melalui respons sistem kardiovaskuler. Respons sistem kardiovaskuler dapat diamati pada pembebanan latihan fisik yang berlangsung sangat cepat (10-15 detik). Besarnya respons tersebut dapat diamati dan diukur melalui denyut jantung ataupun denyut nadi. Target respons-dosis denyut jantung dapat ditakar dengan prosentase nilai prediksi maksimal (Shephard, 1990).

Prediksi pada respons denyut jantung maksimal (HR maksimal) dapat dihitung dengan cara mengurangi angka denyut jantung maksimal (220) dengan umur yang diperiksa (Nieman, 1994). Namun, ketepatan nilai prediksi respons denyut jantung maksimal dapat dihitung melalui formulasi *heart rate reserve* (HRR).

2.6.7 Respons dan adaptasi tubuh

Latihan fisik tubuh dapat digunakan sebagai bentuk “stress” fisiologik yang dapat menimbulkan perubahan aktivitas fisiologik. Perubahan aktivitas tersebut diharapkan masih di bawah batas kapasitas maksimal fisiologik. Perubahan fisiologik menimbulkan suatu konsep kajian tentang *exercise-physiology* (Wilmore, 1994). Konsep tersebut merupakan bagian fisiologi yang mempelajari semua respons fisiologik setelah adanya aktivitas fisik. Di dalam tubuh akan terjadi perubahan kualitas mekanisme homeostasis atau keseimbangan yang terjadi tidak hanya waktu istirahat, tetapi juga mempunyai kemampuan homeostasis-dinamik antar sistem tubuh selama adanya peningkatan aktivitas fisik atau adaptasi fisiologik (Glassford, 1990).

Jadi, aktivitas fisik merupakan pemacu untuk menimbulkan tingkat adaptasi fisiologik (Brooks, 1987).

Penyesuaian respons tubuh dapat menentukan status atau kemampuan kondisi (awal) tubuh. Kapasitas jawaban yang segera pada kontraksi otot merupakan jenis reaksi sistem tubuh terhadap beban yang dicerminkan oleh status adaptasi tubuh. Proses adaptasi pada tiap sistem tubuh tidak sama (Lamb, 1984). Sebagai contoh, waktu terjadinya proses adaptasi terhadap program latihan fisik, pada denyut jantung hanya membutuhkan beberapa minggu saja, tetapi pada kekuatan otot membutuhkan waktu beberapa bulan (Lamb, 1984). Dengan demikian, status kondisi awal tubuh sangat menentukan respons tubuh sebagai pengaruh dari pemberian dosis latihan fisik (Morehouse, 1976). Kualitas penyesuaian tersebut tidak hanya dapat dilihat dari besarnya jawaban (respons) saja, tetapi juga dapat diamati pada kecepatan pemulihan setelah beban (dosis) dihentikan (Bompa, 1994).

Dari gambaran tentang respons tubuh sebagai pengaruh dari latihan fisik, maka dapat dijelaskan bahwa beban latihan fisik yang terlalu berat pada tahap awal dapat menimbulkan kondisi *shock* pada sistem organ tubuh (Rushall, 1992). Beban latihan fisik yang berbeda (berat, sedang, dan ringan) akan memberikan gambaran respons adaptasi yang berbeda pula. Beban latihan fisik yang berat akan lebih cepat memberikan respons adaptasi dengan pencapaian adaptasi yang lebih rendah. Beban latihan fisik sedang/ringan akan memberikan respons adaptasi yang lebih lambat. Permasalahan yang timbul adalah bagaimana menentukan besarnya beban yang

optimal untuk menghindari respons pemanjangan waktu yang menyebabkan reaksi berbahaya atau respons berlebihan secara dini (Pyke, 1991).

2.6.8 Bentuk latihan fisik anaerobik dan aerobik

Metabolisme erobik adalah rangkaian proses metabolisme penyediaan energi (ATP) yang memerlukan oksigen, sedangkan metabolisme anaerobik adalah rangkaian proses metabolisme penyediaan energi (ATP) tanpa memerlukan oksigen (Brooks, 1987).

a. Konsep metabolisme enersi

Konsep metabolisme energi merupakan salah satu faktor menunjang mekanisme kontraksi otot. Kemampuan kontraksi otot skelet tidak hanya ditentukan oleh kemampuan penyediaan energi saja, tetapi juga dipengaruhi oleh kualitas mekanisme persarafan, pelepasan ion kalsium dari retikulum sarkoplasma, dan kualitas struktur otot terutama pada miofilamen (Fox, 1993).

Setiap rangsangan yang diterima tubuh akan menimbulkan peningkatan aktivitas metabolik dan mekanisme homeostasis. Mekanisme homeostasis merupakan bentuk interaksi (respons) sistem dalam tubuh

b. Metabolisme energi anaerobik dan aerobik

Metabolisme adalah proses pokok yang terjadi pada organisme hidup untuk menghasilkan energi. Energi (ATP) yang diperlukan oleh tubuh tidak dapat diciptakan secara langsung, tetapi harus melalui proses konvensi dari bahan sumber

energi. Proses tersebut tidak berjalan efisien, dimana selama proses metabolisme penyediaan energi, dilepaskan juga energi panas yang besarnya tergantung dari jenis sumber energi (karbohidrat, lemak atau protein) yang dikatabolisme. Namun demikian, kenaikan metabolisme energi tubuh dapat diamati dari besarnya panas tubuh yang dihasilkan.

Kenaikan panas tubuh tersebut akibat dari proses oksidasi biologik yang memerlukan oksigen (Brooks, 1987). Dasar dari konsep metabolisme energi adalah proses oksidasi biologik. Pada dasarnya metabolisme penyediaan energi secara keseluruhan dipenuhi melalui proses aerobik, sedangkan metabolisme energi anaerobik hanya merupakan bagian kecil saja (Janssen, 1987).

Metabolisme aerobik dalam tubuh tergantung dari kemampuan tubuh dalam menyediakan oksigen. Seluruh kebutuhan nilai ambilan oksigen maksimal atau VO_2 maksimal tergantung kemampuan sistem kardiorespirasi yang dapat diukur pada kemampuan faal paru dan denyut jantung (Brooks, 1987). Faktor-faktor yang mempengaruhi VO_2 maksimal, meliputi: kualitas paru, kapasitas kerja otot jantung, transportasi oksigen dalam darah (hemoglobin), perbedaan tekanan oksigen antara arteri-vena dan myoglobin (Fox, 1993). VO_2 maksimal tidak hanya digunakan untuk parameter metabolisme, tetapi juga dipakai untuk mengetahui tingkat kesegaran jasmani. Proses oksidasi biologik bertujuan utama untuk memenuhi kebutuhan energi yang diperlukan untuk aktivitas biologik (Lamb, 1984).

2.7 Dampak Latihan Fisik

Latihan fisik dapat menimbulkan proses penyesuaian pada tingkat sistem, yaitu: sistem saraf, sistem hormon, sistem kardiorespirasi, sistem metabolisme, sistem neuro-muskuloskeletal dan sistem ketahanan tubuh (Virus, 1995).

Peningkatan kemampuan fisiologik pada sistem kardiorespirasi dapat ditunjukkan melalui efisiensi denyut jantung dan cardiac-output. Penyesuaian sistem metabolik dan saraf dapat tercermin pada kualitas neuromuskuloskeletal yang mendukung kekuatan, kecepatan, ketahanan kontraksi, kelicahan dan koordinasi (Bouchard, 1990). Respons sistem saraf-hormon terhadap sistem ketahanan tubuh akan menyebabkan peningkatan sistem ketahanan tubuh. Keuntungan dari aktivitas fisik yang terprogram adalah mempengaruhi pencapaian aspek kesehatan dan kesegaran jasmani yang baik.

Fakta lain menunjukkan bahwa latihan fisik yang terprogram dapat meningkatkan kemampuan fisiologik organ tubuh 25% lebih tinggi dibandingkan dengan orang yang tidak aktif. Orang yang melakukan aktivitas fisik yang teratur pada saat umur 50 tahun didapatkan kemampuan fungsi neuromuskuloskeletal dan kardiorespirasi yang hampir sama dengan orang yang berumur 20-30 tahun (McArdle, 1983). Menurut Sharkey (1984) kemampuan aerobik seseorang akan mengalami penurunan setelah 30 tahun. Penurunan tersebut kira-kira 8% per dekade (orang yang tidak aktif latihan fisik).

Kenyataan yang lain menunjukkan bahwa latihan fisik dapat meningkatkan ketahanan tubuh (Putra, 1992). Tetapi, efek dosis latihan fisik terhadap peningkatan

ketahanan tubuh belum jelas, sebab beban latihan masih sering menimbulkan kerawanan terhadap penyakit infeksi (Bouchard, 1990). Selain itu, latihan fisik juga dapat digunakan untuk mengatasi kecepatan kemunduran kemampuan organ dan pengembangan terapi biologik pada beberapa macam penyakit (Bouchard, 1993).

2.8 Adaptasi Hormonal Pada Latihan Fisik

Latihan fisik sekali (*acute exercise*) dapat menimbulkan peningkatan atau penurunan kadar beberapa hormon dalam plasma. Salah satu respons neurohormonal sebagai akibat dari latihan fisik adalah peningkatan aktivitas simpatoadrenal. Peningkatan aktivitas simpatoadrenal menyebabkan peningkatan sekresi hormon adrenokortikotropin, kortisol, renin, aldosteron, hormon pertumbuhan dan glukagon, tetapi menyebabkan penurunan sekresi insulin (Mackinnon, 1992).

Adaptasi aktivitas sistem saraf simpatik sebagai efek dari latihan fisik ditunjukkan pada sekresi norepineprin dalam plasma darah. Hasil penelitian Kjaer (1992) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan norepineprin plasma darah pada keadaan istirahat pada atlet melakukan program latihan ketahanan aerobik, sedangkan penelitian Jennings (1986) menunjukkan adanya penurunan respons norepineprin. Respons adaptasi pada hormon epineprin juga dapat diamati pada kadar dalam plasma darah dalam kondisi istirahat (Kicman, 1992).

2.9 Ketahanan Tubuh

Imunologi adalah ilmu yang mempelajari tentang ketahanan tubuh (*immunity*). Ilmu tersebut bermula dari studi penyakit infeksi dan respons tubuh. Imunologi berkembang pada aspek-aspek dasar ilmu terapan. Memahami tentang mekanisme seluler dan molekuler sistem ketahanan tubuh dapat dipelajari pada imunobiologi (Subowo, 1993).

Ketahanan tubuh merupakan aspek tubuh yang berfungsi sebagai pertahanan tubuh, homeostasis dan perondaan. Pertahanan tubuh tersebut dapat digunakan untuk melindungi terjadinya infeksi oleh mikroorganisme (virus, bakteri, jamur, dan parasit). Sedangkan *immune surveillance* adalah bagian mekanisme pertahanan khusus yang mengatasi pertumbuhan sel kanker, sel tubuh yang rusak dan sel tubuh yang sudah tua (eritrosit) (Janeway, 1994).

Ketahanan tubuh juga bagian dari mekanisme homeostasis tubuh melalui keterkaitan antara sitokin dan neurohormonal. Pada respons ketahanan tubuh terdapat dua kategori, yaitu: non spesifik (*innate immunity*) dan spesifik (*adaptive immunity*). Tetapi, kedua mekanisme respons tersebut sering berintegrasi bila terjadi pemaparan imunogen (Roitt, 1993). Respons ketahanan tubuh non spesifik tidak mempunyai mekanisme reaktif yang khusus terhadap benda asing dan tidak mempunyai *immunological memory*. Sedangkan respons ketahanan tubuh spesifik merupakan mekanisme reaktif yang tergantung pada proses pengenalan benda asing melalui eliminasi atau suatu imunogen (Stites, 1994). Respons ketahanan tubuh spesifik terdiri dua tahap, yaitu: respons primer dan respons sekunder. Respons primer

bertujuan untuk menimbulkan mekanisme komponen ketahanan tubuh yang bersifat *immunological memory* yang spesifik, dan respons sekunder merupakan bentuk reaksi ketahanan tubuh yang lebih baik untuk mengeliminasi imunogen yang telah dikenal pada saat respons primer (Janeway, 1994).

2.9.1 Proliferasi dan diferensiasi limposit pada organ limfoid

Limposit berasal dari *stem cells* di sumsum tulang, kemudian berkembang dan mengalami pendewasaan di timus (limposit T) dan di sumsum tulang sendiri (limposit B). Limposit “muda” masuk ke sistem sirkulasi kira-kira 10 per hari (Stites, 1994). Setelah itu, limposit akan mengalami peredaran melalui aliran darah dan aliran getah bening yang menuju atau kembali ke jaringan limfoid sekunder (Male, 1991).

Dalam jaringan limfoid sekunder, limposit dapat berproliferasi dan berdiferensiasi bila terjadi pemaparan imunogen. Limposit T akan mengalami proliferasi dan diferensiasi pada bagian parakorteks di kelenjar getah bening pada *periarterolar lymphatic sheath* di limfe. Sedangkan pada jaringan limfoid sekunder mukosa, susunan area limposit T dan limposit B kurang spesifik (Kuby, 1992).

2.9.2 Sistem peredaran limposit

Berdasarkan aspek produksi dan pendewasaan, limfosit akan mengalami dua fase peredaran. Pertama, peredaran limposit yang terjadi di tempat produksi (jaringan limfoid primer) ke jaringan limfoid sekunder. Pada jaringan limfoid sekunder, limposit juga akan mengalami proliferasi dan diferensiasi. Kedua, peredaran limposit dari jaringan limfoid sekunder ke dalam sirkulasi darah kira-kira sebesar 90% dan

aliran getah bening kira-kira sebesar 10%. Sejumlah limposit yang masuk ke dalam aliran darah akan menuju keseluruhan jaringan tubuh, kemudian sebagian akan kembali ke jaringan limfoid sekunder atau ke sumsum tulang (tetapi tidak terjadi pada timus) melalui aliran balik peredaran darah dan aliran getah bening. Limposit akan mengalami sirkulasi ulang selama 2 hingga 24 jam (Chapel, 1993).

Pada jaringan limfoid sekunder, aliran darah maupun getah bening memungkinkan limposit untuk menghimpun suatu imunogen. Pemaparan imunogen tersebut merangsang terjadinya proliferasi maupun diferensiasi limposit. Tetapi umur limposit B dalam sistem sirkulasi tidak sepanjang umur limposit T. Respons kinerja limposit B diperlihatkan dengan reservoir sel plasma dan produksi antibodi (Roitt, 1993).

Mekanisme peredaran dan migrasi pada jaringan limfoid sekunder didasarkan pada reseptor yang dimiliki oleh limposit, yaitu reseptor homing. Reseptor homing dapat terikat pada vascular addressin di jaringan limfoid sekunder, sedangkan reseptor integrin dapat terikat pada *cell-adhesion molecules* (Stites, 1994).

2.10 Homeostasis Dan Ketahanan Tubuh

2.10.1 Timbulnya konsep homeostasis

Mekanisme pengendalian antar sel pada kehidupan organisme multiseluler terdiri dua aspek pokok, yaitu: kualitas proses aktivitas kehidupan tiap sel dan kualitas mekanisme integritas antara sel untuk stabilitas kondisi dalam tubuh atau *internal environment*. Vander (1990) menyatakan bahwa dalam kehidupan

multiseluler terdapat gambaran upaya untuk mempertahankan keseimbangan *internal environment*. Mekanisme keseimbangan tersebut ditegaskan dalam konsep homeostasis (Lamb, 1984).

Homeostasis merupakan mekanisme interaksi fungsional timbal balik antara sistem saraf dan neurotransmitter, hormon dan bahan kimia produksi dari sel (sitokin) serta sistem jaringan atau organ tubuh lainnya (Vander, 1990). Berbagai mediator yang dikenal sebatas neurotransmitter adalah neurohormonal. Hampir semua neurotransmitter dapat mempengaruhi sel serta berperan sebagai homeostasis (Greenspan, 1994).

2.10.2 Kegagalan homeostasis

Kegagalan homeostasis dapat terjadi bila kondisi seluruh mekanisme integritas pengendalian secara normal tidak mampu bekerja dengan sempurna. Proses kegagalan ini dapat dianalogikan dengan timbulnya bentuk kelelahan pada kontraksi otot. Bentuk kelelahan kontraksi otot terjadi sebagai akibat dari ketidak mampuan proses penyediaan energi anaerobik dan aerobik. Jadi, penyebab kegagalan homeostasis merupakan gambaran ketidak mampuan tubuh mengatasi penyelenggaraan pengendalian sebagai akibat dari pengaruh beban yang besar dan mendadak. Kedua, kegagalan homeostasis dapat terjadi karena kelelahan penyelenggaraan pengendalian akibat pengaruh beban terus-menerus (Brooks, 1987). Kegagalan homeostasis tersebut akan memberikan respons bentuk adaptasi yang patologik (Vander, 1990).

2.10.3 Status homeostasis pada latihan fisik

Bentuk konsep homeostasis pada latihan fisik meliputi: (1) setiap bentuk aktivitas dalam tubuh mempunyai sistem pengendalian homeostasis yang khusus, (2) terdapat perbedaan kuantitas dan kualitas homeostasis pada saat istirahat dan aktivitas fisik, (3) mekanisme homeostasis melibatkan seluruh sistem dalam tubuh yang sangat kompleks, (4) setiap peningkatan aktivitas tubuh akan terjadi homeostasis pemulihan sebagai upaya mengembalikan pada kondisi awal (Clemens, 1991). Beberapa contoh mekanisme homeostasis pada latihan fisik, meliputi: mempertahankan gula darah, mempertahankan panas tubuh, dan mempertahankan cairan tubuh. Kualitas homeostasis dapat meningkat maupun menurun. Dengan latihan fisik (olahraga) diharapkan terjadi peningkatan kualitas homeostasis. Ketahanan tubuh juga merupakan bentuk adaptasi homeostasis (Clemens, 1991).

2.10.4 Peranan sistem ketahanan tubuh dalam homeostasis

Kehidupan pertubuhan sel tubuh selalu beresiko terhadap kerusakan oleh mikroorganisme. Sistem ketahanan tubuh mempunyai mekanisme *inflammatory respons* dan *specific immune respons*. Kedua bentuk mekanisme ketahanan tubuh tersebut bertujuan untuk menjaga dan mempertahankan homeostasis tubuh. Kedua mekanisme tersebut tidak hanya dikendalikan oleh sistem imunologik saja, tetapi juga dipengaruhi oleh hormon endogen (Dean, 1990). Hubungan timbal balik antara sistem ketahanan dengan sistem saraf atau sistem organ lainnya merupakan dasar respons imunologik.

Respon imunologik tidak selalu berjalan otonomik dan dapat dipengaruhi oleh integritas sistem somatik. Secara konseptual, sistem ketahanan tubuh merupakan sistem kesatuan homeostasis tubuh (Sigal, 1994). Sebagai contoh, konsep *immun surveillance* yang diperkenalkan dan, berorientasi pada netralisasi dan eliminasi sel kanker akan mempunyai mekanisme integritas homeostasis somatik yang dapat dimanipulatif secara sadar dan di bawah sadar (Chandrasoma, 1991).

2.10.5 Latihan fisik dan respons ketahanan tubuh

Latihan fisik yang terprogram, bersifat individual dan menyenangkan dapat memperbaiki dan memperlambat penurunan fungsi organ-organ tubuh, menyehatkan tubuh dan meningkatkan daya tahan terhadap penyakit infeksi (Kumae, 1987). Pemberian rangsangan berupa aktivitas fisik yang berulang pada sistem tubuh dapat menyebabkan proses penyesuaian yang mencerminkan peningkatan kemampuan fungsional. Jika besarnya rangsangan tidak cukup untuk proses pembebanan tubuh, maka tidak akan terjadi proses adaptasi. Sebaliknya, jika rangsangan terlalu besar yang tidak dapat ditoleransi oleh tubuh, maka akan mengakibatkan gangguan terhadap keadaan homeostasis pada sistem tubuh. Beban rangsangan fisik yang terlalu berat dinamakan stressor (Rushall, 1992).

Beberapa hasil penelitian belum ada kesepakatan mengenai beban dan bentuk latihan fisik yang dapat meningkatkan atau menurunkan ketahanan tubuh (Mackinnon, 1992). Namun, beberapa penelitian dalam bentuk latihan sekali (*acute exercise*) maupun program latihan fisik telah dikaji dengan berbagai macam variabel

ketahanan tubuh. Secara umum hasil penelitian menunjukkan, bahwa latihan fisik dengan intensitas tinggi menimbulkan kerusakan respons ketahanan tubuh, sedangkan pada bentuk beban latihan fisik sedang belum ada kesamaan hasil penelitian (Hoffman-Goetz, 1994).

Sejak tahun 1918, Cowles telah mengungkapkan bahwa latihan fisik berat memberikan fenomena penurunan aktivitas ketahanan tubuh. Model penelitian tersebut telah menjadi perhatian orang dan telah berkembang dengan pesat sejak tahun 1970 (Mackinnon, 1992).

a. Respons ketahanan tubuh pada sekali latihan fisik (*acute exercise*)

Fenomena pengaruh beban *acute* terhadap ketahanan tubuh telah diamati pada orang bukan atlet (non-atlet). Sekali latihan fisik berat menurunkan IgA. Selain itu, sekali latihan fisik sedang menurunkan aktivitas limfosit B (Mackinnon, 1989), fungsi limfosit T dan kemampuan fagositik neutrofil sesaat.

Hasil penelitian yang lain menyatakan bahwa latihan fisik meningkatkan respons limfosit blastogenesis (Oshida, 1988), peningkatan jumlah dan aktivitas sel NK. Sedangkan sekali latihan berat dapat menimbulkan kerentanan tubuh terhadap infeksi saluran nafas atas, serta menimbulkan penurunan IgG dan rasio T-helper. Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa latihan fisik dapat meningkatkan ketahanan tubuh. Penelitian sekali latihan fisik menyebabkan perubahan respons ketahanan tubuh pada orang non-atlit yang meliputi; peningkatan IgG, IgA dan memperbaiki pola respons ketahanan tubuh (Putra, 1993).

b. Respons ketahanan tubuh pada program latihan fisik

Pada orang non-atlit yang mengikuti program latihan fisik menurunkan IgG dan IgM (Putra, 1992), limposit total dan rasio serta menurunkan aktivitas sel NK. Sedangkan pada atlet yang mengikuti program latihan fisik didapati timbulnya kerentanan penyakit infeksi (Nirman, 1988), penurunan IgG dan IgM, dan aktivitas fagositik sel mononukleus (Garagiola, 1995). Hasil penelitian tersebut di atas menunjukkan bahwa beban latihan fisik yang diterima tubuh bagi orang terlatihpun masih ditemui kerawanan cedera dari sistem ketahanan tubuh (Mackinnon, 1992).

Sedikit hasil penelitian yang menyatakan bahwa latihan fisik dapat meningkatkan ketahanan tubuh pada atlit. Pernah dilaporkan bahwa pada kelompok atlit dengan latihan sekali beban sedang didapatkan peningkatan fungsi dan kemampuan proliferasi sel NK (Frisina, 1993). Jadi, ketahanan tubuh dengan beban yang sama pada program latihan fisik masih memberikan gambaran respons yang tidak sama.

c. Latihan fisik dan respons hormonal

Latihan fisik memberikan efek perubahan sekresi kelenjar hormon pada hipofisis, tiroid, pankreas, adrenal dan kelamin. Salah satu respons neurohormonal pada latihan fisik adalah peningkatan aktivitas simpatoadrenal. Terjadinya perubahan respons tersebut berhubungan erat dengan kebutuhan proses metabolisme dan homeostasis tubuh (Bernath, 1985; Bouchard, 1993).

Latihan fisik sekali dapat memberikan perubahan “stress hormon“, meliputi: peningkatan kortisol, beta endorpin, enkepalin, tiroksin, katekolamin dan penurunan hormon anabolik insulin dan testosteron (Perhonen, 1995). Sedangkan pada orang yang terlatih didapatkan respons berupa: penurunan katekolamin, peningkatan kortisol, testosteron estradiol, progesteron, *follicle stimulating hormone* (FSH), dan beta endorpin (Metivier, 1985).

d. Mekanisme interaksi latihan fisik dan ketahanan tubuh

Latihan fisik merupakan bentuk stress fisik. Bentuk stress fisik tersebut menyebabkan peningkatan sekresi berbagai hormon (kortisol, endorpin, katekolamin) yang dapat menimbulkan *imunomodulato*. Pertumbuhan hormon-hormon tiroid akan mempengaruhi pertumbuhan dan proses diferensiasi limfosit (Stites, 1987). Enkepalin dan endorpin mempengaruhi aktivitas proliferasi dan sintesa antibodi limfosit B.

Glukokortikoid mempunyai efek dualisme sebagai imunosupresan, tetapi dapat memberikan efek proliferasi limfosit B menjadi sel plasma dan merangsang sintesa imunoglobulin katekolamin, sehingga dapat menekan sistem imun (Wolfsdorf, 1992). Selain itu, interaksi sistem saraf dan neurohormonal terhadap sistem ketahanan tubuh terjadi bukan satu arah, tetapi dapat menunjukkan bentuk mekanisme alur ganda, dan endokrin dapat mempengaruhi sistem imun melalui reseptor yang dimiliki sel ketahanan tubuh. Mekanisme umpan baliknya mungkin disebabkan sekresi hormon dan limfokin oleh sel ketahanan tubuh yang dapat mempengaruhi sistem saraf.

2.11 Pendekatan Psikoneuroimunologi Pada Latihan Fisik

Hubungan antara sistem ketahanan tubuh dengan latihan fisik sudah banyak dilaporkan di bidang imunologi olahraga. Ketahanan tubuh sangat peka terhadap perubahan dosis latihan fisik (Weidner, 1994). Kepekaan perubahan pada parameter ketahanan tubuh itu disebabkan suatu mekanisme “stress” yang terjadi pada beban latihan fisik. Oleh karena itu, parameter ketahanan tubuh perlu dipikirkan sebagai salah satu bentuk respons inti sistem tubuh.

Sejak permulaan tahun enam puluhan, sistem ketahanan tubuh telah mengembangkan konsep kajiannya yang tidak terbatas pada sistem imunologik (Stein, 1976). Kajian pengaruh sistem saraf dan hormon terhadap ketahanan tubuh menimbulkan konsep neuroimunologi dan imunoneuroendokrinologi (Falaschi, 1994). Selain itu, bentuk kajian lain menunjukkan bahwa fenomena stress, perilaku dan status emosi dapat mempengaruhi ketahanan tubuh. Kajian tersebut menimbulkan konsep psikoimunologi (Atkinson, 1987).

Rieley (1981) mengkomplementasikan kedua model pemikiran kajian, yaitu imunoneuroendokrinologi dan psikoimunologi ke dalam kajian psikoneuroimunologi. Bentuk komplementasi perilaku, sistem saraf, neurohormonal dan imunologi merupakan era baru dalam kajian ketahanan tubuh (Basedowsky, 1992). Era baru kajian tersebut dapat berkembang dan memberikan nalar pada manipulasi sistem ketahanan tubuh yang dapat dilakukan secara sadar atau memberikan gambaran, bahwa ketahanan tubuh bukan merupakan sistem yang tertutup (Ander, 1991). Atas

dasar kenyataan tersebut, psikoneuroimunologi dapat menjangkau pada pola pemikiran yang mendasari kondisi homeostasis tubuh (Stites, 1991).

Latihan fisik dapat memperbaiki mekanisme homeostasis melalui titik tangkap sentral, yaitu sistem saraf pusat. Melihat hipotalamus sebagai respons neurohormonal, maka aktivitas rangsangan pada sistem saraf pusat akan menimbulkan sekresi beberapa neurotransmitter dan hormon untuk langkah operasionalisasi terhadap reaksi adaptasi pada sel atau subseluler (Smith, 1995). Respons ketahanan tubuh juga dapat dikendalikan melalui titik tangkap sistem saraf pusat. Kesamaan titik tangkap ini telah dibuktikan bahwa beban stres pada latihan fisik dapat dihubungkan dengan sistem ketahanan tubuh. Bentuk beban stres tersebut sukar dipisahkan dengan aspek psikobiologik (Greenspan, 1994).

Adanya kesamaan titik tangkap pada tingkat sistem saraf pusat antara aspek fisik dan aspek psikologik, maka setiap beban (stres) yang mengenai tubuh akan memberikan respons biologik pada sistem saraf. Respons sistem saraf tersebut dapat dicerminkan melalui sekresi neurohormonal. Salah satu contoh alur sistem saraf dan hormon adalah hipotalamus hipofisis-adrenal. Dengan demikian, aspek fisik dan psikologik dapat menimbulkan aktivitas biologik tubuh, termasuk respons ketahanan tubuh (Smith, 1995).

Intergritas pengendalian tubuh antara alur hipotalamus-hipofisis-adrenal dengan sistem ketahanan tubuh merupakan bagian dari mekanisme homeostasis tubuh. Oleh karena itu, psikoneuroimunologi dapat melihat kajian respons tubuh yang holistik (Mackinnon, 1992). Psikoneuroimunologi dapat digunakan untuk melihat

hasil pemberian program latihan fisik terhadap adaptasi ketahanan tubuh (La Perriere,1994).

2.12 Menentukan Tempat Parameter Respons Ketahanan Tubuh

Respons dosis latihan fisik dapat dimonitor pada sistem ketahanan tubuh. Pengamatan melalui tolok ukur ketahanan tubuh ditujukan untuk melihat respons dan besarnya dosis latihan fisik guna mencegah terjadinya *overtraining* (Smith,1995). Sel ketahanan tubuh setelah diproduksi di jaringan limfoid primer dan akan disalurkan ke jaringan limfoid sekunder maupun ke jaringan tubuh yang lain melalui peredaran darah.

Penyaluran ulang sel ketahanan tubuh dari jaringan limfoid sekunder sebesar 90% melalui peredaran darah. Selain itu, imunoglobulin dan sitokin serta sekresi beberapa hormon juga disalurkan melalui peredaran darah (Chapel,1993). Kumae (1987) mengatakan bahwa ketahanan tubuh dapat digambarkan pada darah. Gambaran ketahanan tubuh dalam darah merupakan cermin kesehatan jasmani. Berdasarkan pendapat tersebut, maka darah merupakan arus lalu lintas yang peka terhadap perubahan sistem ketahanan tubuh. Untuk memperoleh gambaran ketahanan tubuh untuk penelitian pada manusia, maka darah merupakan salah satu unit analisis yang relatif mudah untuk dilaksanakan (Mackinnon, 1992).

Secara konseptual unit analisis darah dapat digunakan untuk memenuhi konsep psikoneuroimunologi, sebab semua variabel penelitian dapat diwakili dari sejumlah variabel dalam darah. Selain itu, darah juga merupakan tempat yang dapat

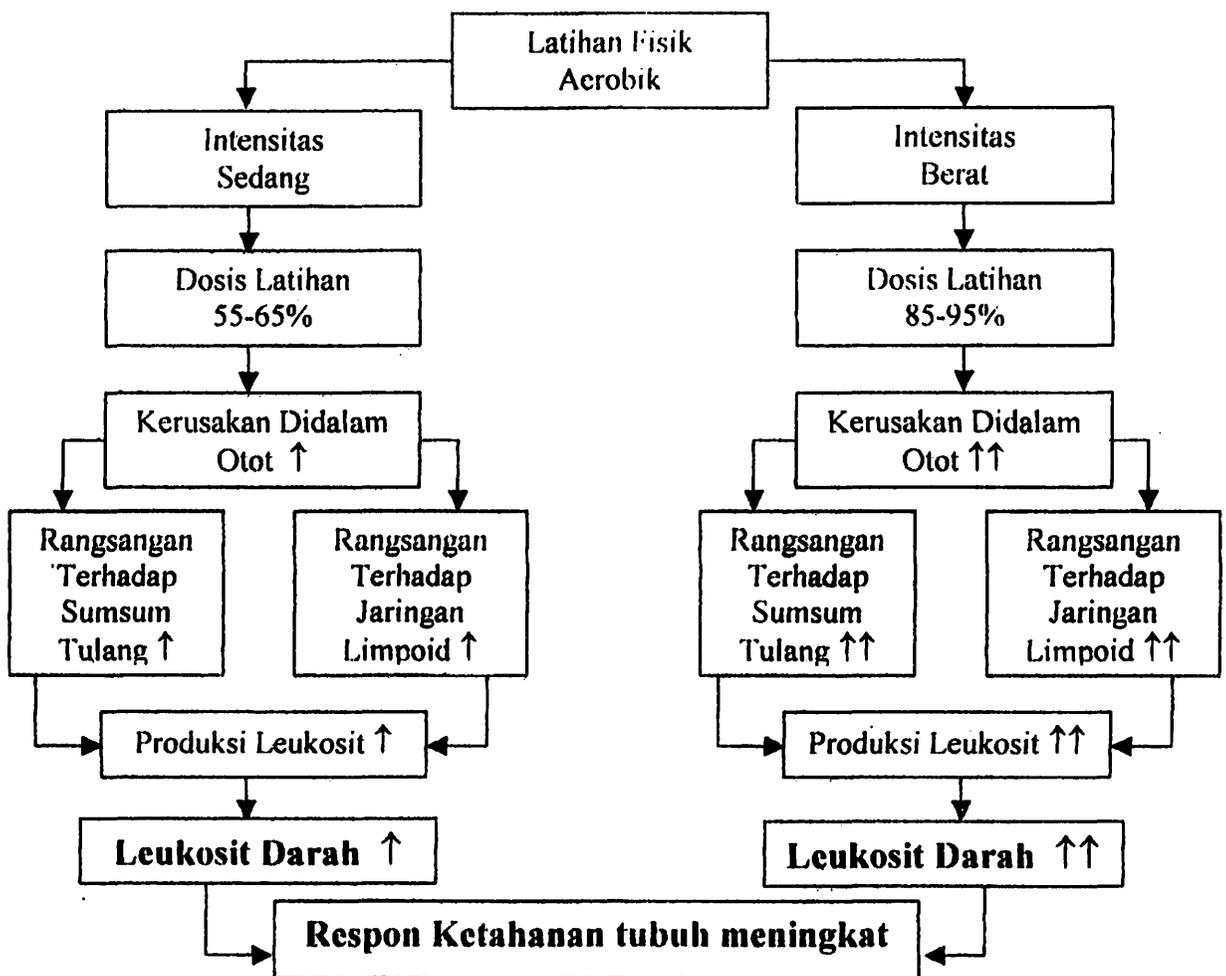
menggambarkan cermin respons ketahanan tubuh (Smith, 1995). Prinsip pengukuran variabel di dalam darah diperlukan adanya gambaran volume darah yang konstan. Parameter kadar bahan/zat dalam darah sangat ditentukan oleh perubahan volume (plasma) darah, apalagi bila bahan/zat tersebut berjumlah sangat rendah. Dengan demikian, maka penggunaan parameter respons ketahanan tubuh dengan menggunakan darah perlu mempertimbangkan parameter volume plasma (Putra, 1993).

BAB 3

KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS

Latihan fisik aerobik yang dilaksanakan dengan memperhatikan penerapan prinsip-prinsip latihan dalam jangka waktu tertentu akan memberikan efek positif bagi peningkatan kualitas seluruh sistem tubuh, yaitu: sistem otot, sistem peredaran darah-jantung, sistem pernafasan, sistem saraf, sistem hormon dan sistem darah (Fox, 1988). Beban latihan intensitas berat dan sedang memberikan gambaran respons adaptasi yang berbeda. Beban latihan fisik intensitas berat akan lebih cepat memberikan respons adaptasi.

3.1 Kerangka Konsep



3.2 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini meliputi:

- 3.2.1 Latihan aerobik intensitas sedang meningkatkan jumlah leukosit pada bukan atlet.
- 3.2.2 Latihan aerobik intensitas berat meningkatkan jumlah leukosit pada bukan atlet.
- 3.2.3 Latihan aerobik intensitas berat lebih meningkatkan jumlah leukosit pada bukan atlet dibandingkan latihan aerobik intensitas sedang.

BAB 4

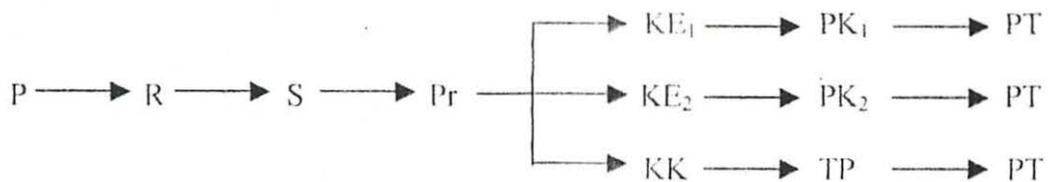
METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis latihan terhadap jumlah leukosit pada kelompok perlakuan yang dibandingkan dengan kelompok kontrol. Beberapa prinsip yang harus dipenuhi dalam penelitian eksperimental, meliputi: (1) replikasi, yaitu suatu kondisi perlakuan yang sama terhadap sampel dalam kelompok perlakuan, (2) randomisasi, yaitu penentuan sampel pada masing-masing kelompok dilakukan dengan sistem undian/acak (random) (Zainudin, 1988).

4.2 Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Randomized Control Group Pretest-posttest Design*.



Keterangan :

P = Populasi

R = Randomisasi



S = Sampel

Pr = *Pretest* (Test Awal)

KE₁ = Kelompok Perlakuan Pertama

KE₂ = Kelompok Perlakuan Kedua

KK = Kelompok Kontrol

PK₁ = Perlakuan Kelompok pertama (Latihan Aerobik Intensitas Berat)

PK₂ = Perlakuan Kelompok Kedua (Latihan Aerobik Intensitas Sedang)

TP = Tanpa Perlakuan (Kelompok Kontrtol)

PT = *Posttest* (Test Akhir)

4.3 Populasi dan sampel

4.3.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah mahasiswa laki-laki FPOK IKIP Manado semester 2 dan 4, tahun ajaran 1998/1999 berbadan sehat (tidak cacat fisik, mental), dan bukan atlet (non-atlet) sebanyak 98 orang.

4.3.2 Sampel

Pada penelitian ini menggunakan sampel sebanyak 60 orang yang dibagi menjadi 3 kelompok, masing-masing kelompok 20 orang. Untuk mengetahui apakah penggunaan sampel sebanyak 20 orang pada masing-masing kelompok sudah memenuhi syarat penelitian, maka data hasil penelitian ini diuji dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Higgins & Kleinbaum (1985) sebagai berikut:

$$n = \frac{1 - \alpha}{1 - f} \cdot x \cdot \frac{2(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 \cdot SD^2}{(\bar{X}_k - \bar{X}_e)^2}$$

Keterangan :

n = besar sampel hasil penghitungan

\bar{X}_k = rata-rata kelompok kontrol

\bar{X}_e = rata-rata kelompok eksperimen

SD = simpangan baku yang memiliki koefisien varian terbesar di antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan

f = proporsi yang gagal (saat pengambilan data)

α = nilai kesalahan dari suatu penelitian yang menyebabkan penelitian tersebut dapat diterima.

β = nilai kebenaran dari suatu penelitian yang menyebabkan penelitian tersebut ditolak

Z_{α} = nilai tabel Z dari α

Z_{β} = nilai tabel Z dari β

Dari hasil penghitungan besar sampel dengan menggunakan data hasil penelitian ini diperoleh hasil n terbesar = 2,272 orang dan dibulatkan menjadi 3 orang. Jadi, penggunaan sampel sebanyak 20 orang setiap kelompok pada penelitian ini sudah memenuhi syarat penelitian. Data hasil penghitungan besar sampel terdapat pada lampiran 10.

4.3.3 Tehnik Penentuan Sampel dan Kelompok Perlakuan

Semua anggota populasi yang memenuhi kriteria sebagai sampel sebanyak 98 orang diundi (random) untuk menentukan sampel penelitian. Penentuan sampel menggunakan teknik random sampling (undian) dengan pola pengembalian. Jadi, masing-masing anggota populasi memiliki kesempatan yang sama untuk menjadi sampel (Zainuddin, 1988).

Setelah sampel penelitian ditentukan, maka selanjutnya diadakan pengukuran awal (*pretest*) terhadap sampel. Data hasil *pretest* diranking, dan digunakan untuk menentukan 3 kelompok dengan menggunakan teknik *ordinal pairing*. Dari ketiga kelompok yang terbentuk dilakukan undian untuk menentukan perlakuan terhadap kelompok.

4.4 Variabel Penelitian

4.4.1 Variabel Bebas:

- Latihan fisik aerobik intensitas berat
- Latihan fisik aerobik intensitas sedang

4.4.2 Variabel terikat:

- Jumlah leukosit

4.4.3 Variabel kendali:

- Jenis kelamin
- Kesehatan

4.4.4 Variabel moderator:

- Tinggi badan
- Berat badan
- Umur

4.5 Dfinisi Operasional Variabel

4.5.1 Latihan fisik aerobik intensitas berat

Latihan fisik aerobik intensitas berat adalah program latihan yang dilakukan dengan *ergocycle* hingga denyut nadi mencapai 85-90% denyut nadi maksimal (DNM). Program latihan aerobik ini dilaksanakan selama selama 6 minggu dengan frekuensi latihan 3 kali per minggu.

4.5.2 Latihan fisik aerobik intensitas sedang

Latihan fisik aerobik intensitas sedang adalah program latihan yang dilakukan dengan *ergocycle* hingga denyut nadi mencapai 55-65% denyut nadi maksimal (DNM). Program latihan aerobik ini dilaksanakan selama selama 6 minggu dengan frekuensi latihan 3 kali per minggu.

4.5.3 Jumlah leukosit

Jumlah leukosit adalah banyaknya leukosit yang terdapat dalam 1 mm³ darah. Darah diambil dari pembuluh vena kubiti pada lengan. Metode pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui jumlah leukosit adalah teknik kamar hitung (Depkes,

1992). Teknik pengukuran jumlah leukosit ini dijelaskan secara lengkap pada lampiran.

4.5.4 Jenis kelamin

Jenis kelamin mahasiswa yang digunakan sebagai sampel adalah jenis kelamin laki-laki.

4.5.5 Kesehatan

Kesehatan yang dimaksud adalah sehat jasmani berdasarkan pemeriksaan fisik yang dilakukan oleh dokter.

4.5.6 Umur

Umur mahasiswa yang digunakan sebagai sampel adalah umur yang didasarkan atas kronologis, yaitu mahasiswa semester 2 dan 4, tahun ajaran 1998/1999 yang berusia antara 20-22 tahun.

4.5.7 Tinggi Badan

Yang dimaksud dengan tinggi badan adalah hasil pengukuran tinggi badan yang dilakukan pada posisi berdiri tegak tanpa alas kaki, diukur dengan menggunakan stadiometer, dan dinyatakan dalam satuan centimeter (cm) dengan taraf ketelitian satu angka di belakang koma.

4.5.8 Berat Badan

Yang dimaksud dengan berat badan adalah hasil pengukuran berat badan yang dilakukan dengan pakaian seminim mungkin (hanya celana dalam saja) dengan menggunakan alat timbangan stadiometer, dan hasil pengukuran dinyatakan dalam kilogram dengan taraf ketelitian satu angka di belakang koma.

4.6 Waktu dan Lokasi Penelitian

4.6.1 Waktu Penelitian

- *Pretest* dilaksanakan pada tanggal 21 Juni 1999.
- Penentuan beban latihan dilaksanakan pada tanggal 25 Juni-2 Agustus 1999.
- *Posttest* dilaksanakan pada tanggal 2 Agustus 1999.

Pelaksanaan penelitian secara lengkap terdapat pada jadwal/kalender penelitian (terlampir).

4.6.2 Lokasi Penelitian

- a. Pemberian perlakuan dilaksanakan di Laboratorium FPOK IKIP Manado di Tondano.
- b. Pemeriksaan darah dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan Manado, Jl. 17 Agustus, Manado.

4.7 Metode Pemeriksaan

4.7.1 Metode Pengambilan Data

a. Data *pretest*

Semua sampel diambil darahnya secara bersama-sama untuk mengetahui jumlah leukosit sebagai data *pretest*. Data *pretest* digunakan untuk menentukan kelompok perlakuan melalui sistem *ordinal pairing*. Pengambilan data *pretest* dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- Mulai pukul 21.00 wib sebelum pengambilan data, sampel diinstruksikan untuk berpuasa.
- Pukul 07.00 wib sampel dikumpulkan dan diambil darahnya pada pembuluh darah vena kubiti di bagian lengan sebanyak 5 ml.
- Darah diperiksa jumlah leukositnya sebagai data *pretest*.

b. Data *posttest*

Sebelum dilakukan pengambilan data *posttest*, sampel diberi perlakuan (*treatment*) selama 6 minggu. Hal ini didasarkan pada pendapat Brooks (1987) yang menyatakan bahwa program latihan selama 6 minggu sudah memberikan perubahan secara fisiologis pada tubuh. Masing-masing kelompok diberi perlakuan yang berbeda-beda, yaitu: (1) Kelompok 1 sebagai kelompok perlakuan pertama diberi perlakuan berupa latihan fisik aerobik intensitas berat, (2) kelompok 2 sebagai kelompok perlakuan kedua diberi perlakuan berupa latihan fisik aerobik intensitas sedang, dan (3) kelompok 3 sebagai kelompok kontrol tidak diberi perlakuan apapun.

Satu hari setelah perlakuan terakhir dilakukan pengukuran data *posttest*. Langkah-langkah pengukuran data *posttest* sama dengan pelaksanaan pengukuran data *pretest*, yaitu:

- Mulai pukul 21.00 wib sebelum pengambilan data, sampel diinstruksikan untuk berpuasa.
- Pukul 07.00 wib sampel dikumpulkan dan diambil darahnya pada pembuluh darah vena kubiti di bagian lengan sebanyak 5 ml.
- Darah diperiksa jumlah leukositnya sebagai data *pretest*.

4.7.2 Metode Pemeriksaan Darah

Pemeriksaan terhadap darah untuk menghitung jumlah leukosit diserahkan kepada Balai Laboratorium Kesehatan Manado, Jln. 17 Agustus Manado. Metode pemeriksaan yang dilakukan untuk mengukur jumlah leukosit adalah teknik kamar hitung (Depkes, 1992). Langkah-langkah pengukuran jumlah leukosit secara lengkap dijelaskan pada lampiran.

4.8 Alat dan Prasarana

4.8.1 Alat-alat yang digunakan adalah:

- a. Alat-alat untuk pelaksanaan perlakuan (*treatment*), meliputi:
 - *Bicycle ergometer (ergocycle)*
 - *Stop Watch*
 - Alat tulis menulis
 - *Heart rate monitor*

- Tensi meter gantung
- *Stethoscope*
- Metronom
- Meja dan kursi untuk petugas

b. Alat-alat untuk pengukuran jumlah leukosit, meliputi:

- Pipet leukosit (dengan sebutir kaca putih pada bagian bola dari pipet) dengan skala 5-11.
- Kamar hitung (*improved Neubauer*)
- Mikroskop
- *Counter tally*
- Botol dan anti koagulan EDTA

4.8.2 Prasarana

Prasarana yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi:

- Ruangan untuk pemberian perlakuan (program latihan) selama 6 minggu.
- Ruang laboratorium untuk pemeriksaan jumlah leukosit.

4.9 Teknik Analisa Data

Uji statistik yang digunakan untuk menganalisa data adalah uji “t” sepasang (*paired “t” test*) dan uji Anava satu jalur (*one-way Anova*) yang dilanjutkan dengan uji *Least Significant Difference (LSD)*, dengan taraf signifikan 5% ($\alpha=0,05$).

BAB 5

HASIL DAN ANALISIS DATA

Dari hasil penelitian diperoleh data berupa variabel tinggi badan (meter), berat badan (kg), umur (tahun) dan jumlah leukosit (sel/mm^3). Selanjutnya data hasil penelitian diolah dengan statistik deskriptif dan statistik inferensial (uji normalitas distribusi, uji homogenitas varian, uji T, uji anava dan LSD) menggunakan program SPSS/PC + V6.0, uji secara komputerisasi dan didapat hasil sebagai berikut:

5.1 Hasil Statistik Deskriptif

Hasil statistik deskriptif variabel tinggi badan (meter), berat badan (kg), umur (tahun) dan jumlah leukosit (sel/mm^3) dapat dilihat pada tabel 5.1, tabel 5.2 dan tabel 5.3 di bawah ini (secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 6a dan 6b).

Tabel 5.1.
Hasil Statistik Deskriptif (n=20)
Variabel Tinggi Badan (meter), Berat Badan (kg), Umur (tahun),
dan Jumlah Leukosit (sel/mm^3) pada Kelompok I

Variabel	Mean	\pm SD	Minimal	Maksimal
TB	165,825	5,694	158,600	179,000
BB	59,875	5,635	50,500	75,300
Umur	21,250	0,970	19,000	22,000
Leukosit <i>pretest</i>	8.060,000	960,890	6.300,000	9.800,000
Leukosit <i>posttest</i>	12.405,000	1.230,840	9.700,000	14.200,000

Tabel 5.2.
Hasil Statistik Deskriptif (n=20)
Variabel Tinggi Badan (meter), Berat Badan (kg), Umur (tahun),
dan Jumlah Leukosit (sel/mm³) pada Kelompok 2

Variabel	Mean	±SD	Minimal	Maksimal
TB	166,755	4,476	158,500	175,000
BB	60,865	6,152	49,600	70,200
Umur	21,150	0,810	20,000	22,000
Leukosit <i>pretest</i>	8.210,000	772,83	6.750,000	9.400,000
Leukosit <i>posttest</i>	11.937,500	1.141,89	9.500,000	13.200,000

Tabel 5.3.
Hasil Statistik Deskriptif (n=20)
Variabel Tinggi Badan (meter), Berat Badan (kg), Umur (tahun),
dan Jumlah Leukosit (sel/mm³) pada Kelompok 3 (Kontrol)

Variabel	Mean	±SD	Minimal	Maksimal
TB	165,860	4,992	158,500	178,400
BB	60,840	4,997	54,600	73,200
Umur	21,200	0,830	20,000	22,000
Leukosit <i>pretest</i>	8.150,000	770,510	6.450,000	9.700,000
Leukosit <i>posttest</i>	8.255,000	1.083,600	6.500,000	10.900,000

5.2 Uji Normalitas Distribusi dan Homogenitas Varian Data Awal

Uji normalitas distribusi terhadap data awal (*pretest*) memberikan hasil bahwa: (1) variabel tinggi badan (TB) pada kelompok 1 mempunyai

distribusi normal ($p=0,919$), berat badan (BB) pada kelompok 1 mempunyai distribusi normal ($p=0,976$), umur pada kelompok 1 mempunyai distribusi tidak normal ($p=0,025$), jumlah leukosit pada kelompok 1 mempunyai distribusi normal ($p=0,999$) (lihat tabel 5.4 dan lampiran 5a), (2) variabel tinggi badan (TB) pada kelompok 2 mempunyai distribusi normal ($p=0,933$), berat badan (BB) pada kelompok 2 mempunyai distribusi normal ($p=0,765$), umur pada kelompok 2 mempunyai distribusi normal ($p=0,157$), jumlah leukosit pada kelompok 2 mempunyai distribusi normal ($p=0,800$) (lihat tabel 5.5 dan lampiran 5b), dan (3) variabel tinggi badan (TB) pada kelompok 3 mempunyai distribusi normal ($p=0,991$), berat badan (BB) pada kelompok 3 mempunyai distribusi normal ($p=0,859$), umur pada kelompok 3 mempunyai distribusi normal ($p=0,084$), jumlah leukosit pada kelompok 3 mempunyai distribusi normal ($p=0,924$) (lihat tabel 5.6 dan lampiran 5b).

Tabel 5.4.
 Hasil Uji Normalitas Distribusi ($n=20$)
 Variabel Tinggi Badan (meter), Berat Badan (kg), Umur (tahun),
 dan Jumlah Leukosit *pretest* (sel/mm^3) pada Kelompok 1

Variabel	Mean	\pm SD	K-S Z	P
TB	165,825	5,694	0,553	0,919
BB	59,875	5,635	0,478	0,976
Umur	21,250	0,970	1,481	0,025
Leukosit <i>Pretest</i>	8.060,000	960,890	0,379	0,999

Tabel 5.5.
 Hasil Uji Normalitas Distribusi (n=20)
 Variabel Tinggi Badan (meter), Berat Badan (kg), Umur (tahun),
 dan Jumlah Leukosit *pretest* (sel/mm³) pada Kelompok 2

Variabel	Mean	±SD	K-S Z	P
TB	166,755	4,476	0,540	0,933
BB	60,865	6,152	0,667	0,765
Umur	21,150	0,810	1,128	0,157
Leukosit <i>Pretest</i>	8.210,000	772,830	0,625	0,800

Tabel 5.6.
 Hasil Uji Normalitas Distribusi (n=20)
 Variabel Tinggi Badan (meter), Berat Badan (kg), Umur (tahun),
 dan Jumlah Leukosit *pretest* (sel/mm³) pada Kelompok 3 (Kontrol)

Variabel	Mean	±SD	K-S Z	P
TB	165,860	4,992	0,438	0,991
BB	60,840	4,997	0,604	0,859
Umur	21,200	0,830	1,259	0,084
Leukosit <i>Pretest</i>	8.150,000	770,510	0,549	0,924

Uji homogenitas varian terhadap data awal (*pretest*) memberikan hasil bahwa variabel tinggi badan mempunyai varian yang homogen (p=0,749), berat badan mempunyai varian yang homogen (p=0,425), umur mempunyai varian yang homogen (p=0,540), dan jumlah leukosit

mempunyai varian yang homogen ($p=0,508$) (lihat tabel 5.7 dan lampiran 6a dan 6b).

Tabel 5.7.
Hasil Uji Homogenitas Varian (n=60)
Tinggi Badan (meter), Berat Badan (kg), Umur (tahun),
dan Jumlah Leukosit *pretest* (sel/mm³)

Variabel	Levene Test	p
TB	0,291	0,749
BB	0,686	0,425
Umur	0,622	0,540
Leukosit <i>Pretest</i>	0,684	0,508

5.3 Uji “t” Sepasang Terhadap Variabel Jumlah Leukosit

Uji “t” sepasang (*paired t test*) memberikan hasil bahwa ada perbedaan yang sangat bermakna ($p=0,000$) antara jumlah leukosit *pretest* dengan jumlah leukosit *posttest* pada kelompok 1, ada perbedaan yang sangat bermakna ($p=0,000$) antara jumlah leukosit *pretest* dengan jumlah leukosit *posttest* pada kelompok 2, tetapi tidak ada perbedaan yang bermakna ($p=0,578$) antara jumlah leukosit *pretest* dengan jumlah leukosit *posttest* pada kelompok 3 (lihat tabel 5.8 dan lampiran 7).

Tabel 5.8.
 Hasil Uji "t" sepasang (n=20)
 Variabel Jumlah Leukosit pada Kelompok 1,2 dan 3.

Kel.	Leukosit Pre		Leukosit Post		Mean Dif	± SD Dif	T Value	P
	Mean	± SD	Mean	± SD				
K1	8.060,00	960,89	12.405,00	1.230,84	-4.345,0	881,37	-22,047	0,000
K2	8.210,00	772,83	11.937,50	1.141,89	-3.727,5	809,07	-20,604	0,000
K3	8.150,00	770,51	8.255,00	1.083,60	-105,0	828,74	-0,567	0,578

5.4 Uji Anava Satu Jalur Terhadap Variabel Jumlah Leukosit

Uji anava satu jalur (*one-way anova*) terhadap data *pretest* variabel jumlah leukosit pada kelompok 1, 2 dan 3 memberikan hasil bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna ($p > 0,851$) antara kelompok 1, kelompok 2, dan kelompok 3, dan uji anava satu jalur (*one-way anova*) terhadap data *posttest* variabel jumlah leukosit pada kelompok 1, 2 dan 3 memberikan hasil bahwa ada perbedaan yang sangat bermakna ($p=0,000$) antara kelompok 1, kelompok 2, dan kelompok 3 (lihat tabel 5.9, lampiran 6a dan 6b).

Tabel 5.9.
 Hasil Uji Anava Satu Jalur (n=20)
 Variabel Jumlah Leukosit *Pretest* dan *Posttest* (sel/mm³)

Variabel	Mean \pm SD			F	P
	K1	K2	K3		
Leukosit <i>Pretest</i>	8.060,000 \pm 960,890	8.210,000 \pm 772,830	8.150,000 \pm 770,510	0,162	0,851
Leukosit <i>Posttest</i>	12.405,00 \pm 1.230,84	11.937,50 \pm 1.141,89	8.255,00 \pm 1.083,60	146.298	0.000

Uji LSD (*Least Significant Difference*) memberikan hasil bahwa jumlah leukosit *posttest* pada kelompok 1 berbeda secara bermakna ($p=0,027$) dengan jumlah leukosit *posttest* pada kelompok 2, jumlah leukosit *posttest* pada kelompok 1 berbeda secara sangat bermakna ($p=0,000$) dengan jumlah leukosit *posttest* pada kelompok 3, dan jumlah leukosit *posttest* pada kelompok 2 berbeda secara sangat bermakna ($p=0,000$) dengan kelompok 3 (lihat lampiran 8).

BAB 6

PEMBAHASAN

6.1 Pembahasan Metode Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental laboratorik. Penelitian eksperimental laboratorik memiliki validitas internal yang dapat dipertanggungjawabkan, serta dapat menjelaskan hubungan sebab akibat. Hasil penelitian ini akan memberikan penjelasan tentang pengaruh latihan aerobik intensitas berat dan sedang terhadap jumlah leukosit darah. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *randomized control group pre-test post-test design* (Arikunto, 1989).

Pada penelitian ini menggunakan sampel 60 orang mahasiswa laki-laki berusia 20-22 tahun, sehat fisik (tidak cacat fisik) dan bukan atlet (non-atlet). Sampel diambil secara random (acak) dari populasi mahasiswa FPOK IKIP Manado semester 2 dan 4 sebanyak 98 orang. Teknik pengelompokan sampel dilakukan dengan secara *matched subject design ordinal pairing* berdasarkan data *pretest* variabel jumlah leukosit. Teknik pengelompokan yang dilakukan tersebut bertujuan untuk memperoleh tiga kelompok yang seimbang (homogen). Hasil uji statistik dengan uji anava satu jalur terhadap data *pretest* memberikan hasil bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna antara variabel jumlah leukosit *pretest* pada kelompok 1, 2 dan 3 (lihat tabel 5.9, lampiran 6a dan 6b). Hal ini memberikan gambaran bahwa antara kelompok 1, 2 dan 3 memiliki nilai yang seimbang

sebelum mendapatkan perlakuan. Dengan demikian, maka teknik *ordinal pairing* yang dilakukan untuk membentuk kelompok yang seimbang memberikan hasil yang baik.

Setelah terbentuk 3 kelompok, selanjutnya sampel diberi perlakuan berupa program latihan (*training*) yang berbeda-beda sesuai dengan kelompoknya masing-masing. Kelompok 1 diberi perlakuan latihan fisik aerobik intensitas berat, yaitu program latihan dengan *ergocycle* hingga denyut nadi mencapai 85-90% denyut nadi maksimal (DNM) selama 6 minggu dengan frekuensi 3 kali per minggu. Kelompok 2 diberi perlakuan latihan fisik aerobik intensitas sedang, yaitu program latihan dengan *ergocycle* hingga denyut nadi mencapai 55-65% denyut nadi maksimal (DNM) selama 6 minggu dengan frekuensi 3 kali per minggu. Dan kelompok 3 tidak diberi perlakuan apapun sebagai kelompok kontrol.

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini termasuk rancangan yang baik dari segi metodologi. Namun demikian, rancangan ini tidak terlepas dari kelemahan-kelemahan yang ada, yaitu: (Pujiraharjo, 1993)

- a. Rancangan penelitian yang digunakan tidak dapat menganalisa kemungkinan masuknya variabilitas yang disebabkan oleh *contemporary history*. Pada penelitian ini kelemahan tersebut dapat dikurangi dengan cara memberikan nasihat kepada orang coba (sampel) untuk tidak melakukan hal-hal/aktivitas yang bukan kegiatan penelitian, tetapi mengikuti aturan-aturan yang telah ditetapkan sebagai kegiatan penelitian, misalnya istirahat yang cukup atau tidak begadang



pada malam hari, tidak merokok, tidak melakukan aktivitas fisik yang melebihi aktivitas-aktivitas fisik sehari-hari, serta makan dan minum secukupnya.

- b. Rancangan penelitian yang digunakan tidak dapat menganalisa kemungkinan masuknya pengaruh proses maturasi orang coba terhadap penelitian. Waktu yang digunakan untuk pemberian perlakuan terhadap orang coba pada penelitian ini adalah 6 minggu. Penulis belum menemukan literatur yang memberikan penjelasan tentang adanya proses maturasi yang terjadi selama kurun waktu latihan tersebut. Oleh karena itu, penulis berasumsi bahwa proses maturasi pertumbuhan fisik dalam kurun waktu 6 minggu dapat diabaikan.

Metode pemeriksaan yang digunakan untuk mengukur jumlah leukosit adalah metode kamar hitung (Depkes, 1992). Pemeriksaan jumlah leukosit dilakukan oleh Balai Laboratorium Kesehatan Manado, Jln. 17 Agustus, Manado.

6.2 Pembahasan Hasil

Dari berbagai macam kegiatan penelitian yang telah dilakukan, meliputi: pengumpulan data dan dilanjutkan dengan analisis data secara statistik, maka diperoleh hasil penelitian sebagai berikut:

6.2.1 Uji Normalitas Distribusi dan Homogenitas Varian

Melalui uji normalitas distribusi terhadap data awal (*pretest*) variabel tinggi badan (meter), berat badan (kg), umur (tahun) dan jumlah leukosit (sel/mm^3)

pada kelompok 1, 2 dan 3 diperoleh hasil bahwa semua variabel berdistribusi normal, kecuali variabel umur pada kelompok 1 (lihat tabel 5.4, tabel 5.5, tabel 5.6, lampiran 5a dan 5b). Uji homogenitas varian terhadap data awal (*pretest*) diperoleh hasil bahwa variabel variabel tinggi badan (meter), berat badan (kg), umur (tahun), dan jumlah leukosit (sel/mm^3) mempunyai varian yang homogen (tabel 5.7, lampiran 6a dan 6b).

Meskipun variabel umur berdistribusi tidak normal, tetapi variabel umur mempunyai varian yang homogen, sehingga seluruh variabel pada penelitian ini memenuhi syarat untuk dianalisis dengan menggunakan statistik inferensial (Hadi, 1993).

6.2.2 Pengaruh latihan Aerobik Intensitas Berat dan Sedang Terhadap Jumlah Leukosit

Pada keadaan normal darah normal dapat ditemui 6 macam sel-sel darah putih (leukosit), yaitu: netrofil, eosinofil, basofil, monosit, limfosit, dan sel-sel plasma, serta ditambah satu jenis lagi, yaitu platelet yang merupakan fragmen/pecahan dari jenis ketujuh sel darah putih yang dapat dijumpai dalam sumsum tulang (megakariosit) (Guyton & Hall, 1996).

Sehubungan dengan pengaruh latihan terhadap peningkatan jumlah leukosit sebagai indikasi untuk mendeteksi peningkatan sistem imun dalam tubuh, Nieman (1994) menyatakan bahwa latihan fisik tingkat sedang merangsang sistem imun, tetapi latihan fisik yang intensif dapat menyebabkan defisiensi (penurunan) imun. Lebih lanjut Nieman mengatakan

bahwa masih belum jelas aspek-aspek latihan yang manakah yang paling merusak sistem imun dan yang lebih predisposisi (lebih rawan) terhadap infeksi. Jadi, penurunan respon-respon imun pada tubuh sebagai akibat dari latihan belum diketahui dengan jelas (Nieman, 1994). Latihan yang digunakan Nieman adalah latihan treadmill selama 45 menit pada intensitas tinggi (80% VO_2 maksimal) dan intensitas sedang (50% VO_2 maksimal).

Latihan yang berat akan menyebabkan banyak kerusakan pada sel-sel, terutama sel-sel yang aktif (otot rangka, tendon, ligamen, kapiler darah, dan sebagainya) (Fox, 1993). Hal ini mengakibatkan banyak leukosit yang harus diangkut (dimobilisasi) selama latihan ke sel-sel otot yang mengalami kerusakan setelah latihan (Smith, 1989). Bukti histologi menunjukkan bahwa monosit dan sel-sel T_H menjadi sel-sel utama yang melokalisasi ke serabut otot rangka yang rusak setelah latihan (Round, 1987).

Latihan berat juga akan menyebabkan peradangan pada saluran pernapasan bagian atas secara kronis dan terjadi kerusakan fungsi fagosit (Muns, 1993). Muns mengamati atlet setelah mengikuti lomba lari sejauh 20 km. Neutrofil mengalami peningkatan 2 jam setelah lari 20 km dan akan kembali ke kondisi normal setelah 1 minggu.

Kemungkinan karena adanya peradangan-peradangan yang diakibatkan oleh latihan, maka setelah latihan akan terjadi peningkatan jumlah limfosit yang beredar pada darah, dan diikuti limfositopenia (kekurangan limfosit) 30 menit sampai 4 jam setelah latihan (Gabriel, 1994). Lebih lanjut, Gabriel

menjelaskan bahwa latihan intensitas sedang justru merangsang limfositosis (peningkatan jumlah limfosit) dan hanya sedikit merangsang limfositopenia. Selain meningkatkan limfosit, latihan juga meningkatkan netrofil 2 jam setelah latihan dan akan kembali normal setelah 1 minggu (Muns, 1996).

Dari latihan-latihan di atas (latihan sekali) dapat disimpulkan bahwa latihan akan menyebabkan respon imun akan menurun setelah latihan. Jika latihan dilakukan terus menerus secara teratur (sebagai program latihan), maka akan menyebabkan adaptasi tubuh berupa peningkatan respon pada tubuh. Latihan yang berat (latihan sekali) akan menyebabkan penurunan respon imun yang lebih besar dibandingkan dengan latihan sedang. Pada program latihan yang terus menerus, maka latihan berat justru akan memberikan adaptasi berupa peningkatan imun yang lebih tinggi dibandingkan dengan latihan sedang. Hal ini terbukti dari hasil penelitian ini.

Dari hasil penelitian didapati bahwa latihan aerobik intensitas berat menyebabkan peningkatan jumlah leukosit secara sangat bermakna ($p=0,000$), dan latihan aerobik intensitas sedang juga menyebabkan peningkatan jumlah leukosit secara sangat bermakna ($p=0,000$) (lihat tabel 5.8 dan lampiran 7). Jadi, hipotesis yang menyatakan bahwa latihan aerobik intensitas berat meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet dan latihan aerobik intensitas sedang meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet dalam penelitian ini terbukti.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian McCarthy & Dale (1988). Hasil penelitian McCarthy & Dale (1988) menunjukkan bahwa latihan

meningkatkan jumlah leukosit hingga 4 kali lipat. Jumlah leukosit akan terus meningkat meskipun latihan telah dihentikan. Peningkatan jumlah leukosit terutama disebabkan oleh kenaikan jumlah netrofil dan limfosit (McCarthy & Dale, 1988). Mekanisme yang sebenarnya tentang bagaimana leukosit-leukosit dilepaskan ke dalam sirkulasi darah selama latihan belum diketahui. Hal tersebut kemungkinan melibatkan faktor-faktor mekanik, seperti kenaikan curah jantung dan perubahan interaksi antara leukosit dan sel-sel endotel dalam kapiler (Muir, 1984; McCarthy & Dale, 1988).

Pada penelitian ini didapati rata-rata jumlah leukosit (*posttest*) yang berbeda secara bermakna ($p=0,000$) antara kelompok 1 (12.405,00) dan kelompok 2 (11.937,50) (lihat tabel 5.9, lampiran 6a dan 6b), dan juga ada perbedaan yang sangat bermakna antara selisih rata-rata antara *pretest* dan *posttest* pada kelompok 1 (4.345,00) dengan selisih rata-rata antara *pretest* dan *posttest* pada kelompok 2 (3.727,50) (lihat tabel 5.9, lampiran 6a dan 6b). Dari kedua hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa latihan aerobik intensitas berat lebih meningkatkan jumlah leukosit, dibandingkan dengan latihan aerobik intensitas sedang. Jadi, hipotesis yang menyatakan bahwa latihan aerobik intensitas berat lebih meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet dibandingkan dengan latihan aerobik intensitas sedang dalam penelitian ini terbukti.

Hasil penelitian ini sesuai dengan pendapat McCarthy & Dale (1988). McCarthy & Dale (1988) menyatakan bahwa besarnya leukositosis (peningkatan jumlah leukosit) tampaknya berbanding lurus/langsung dengan

intensitas dan durasi latihan, dan berbanding terbalik/tak langsung dengan tingkat kebugaran. McCarthy & Dale lebih menekankan bahwa durasi latihan merupakan faktor yang terpenting.

6.3. Keterbatasan Penelitian

Untuk menentukan beban latihan pada sampel harus didasarkan pada gabungan antara denyut nadi (*heart rate*) dan konsentrasi asam laktat (*lactate acid*) darah (Janssen, 1987). Karena keterbatasan peneliti, maka penentuan beban latihan hanya didasarkan pada denyut nadi maksimal saja. Penentuan denyut nadi maksimal pada sampel didasarkan pada rumus: $220 - \text{umur}$. Penggunaan rumus di atas sudah kurang tepat, karena masing-masing sampel mempunyai kemampuan kondisi fisik yang berbeda-beda. Hal tersebut merupakan kelemahan dalam penelitian ini, sehingga memungkinkan tidak terbuktinya hipotesis dalam penelitian ini.

Pada penelitian ini sampel juga tidak diasramakan sehingga segala aktivitas di luar kegiatan penelitian tidak dapat diawasi (dikontrol). Hal ini memberikan peluang kepada sampel untuk melakukan aktivitas-aktivitas (latihan olahraga) yang berbeda-beda diluar kegiatan penelitian, sehingga kemungkinan akan diperoleh hasil yang kurang memuaskan terhadap variabel yang diukur.

Keterbatasan yang lain dari penelitian ini adalah tidak dikontrolnya diet makanan sampel selama pelaksanaan penelitian. Hal ini menyebabkan sampel mengkonsumsi makanan yang berbeda-beda, baik mutu, kualitas maupun variasinya.

Diet makanan yang berbeda-beda pada sampel memungkinkan hasil yang berbeda-beda pada variabel yang diukur dalam penelitian ini.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian pada bab 5 dan 6, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 7.1.1 Latihan aerobik intensitas berat meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet.
- 7.1.2 Latihan aerobik intensitas sedang meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet.
- 7.1.3 Latihan aerobik intensitas berat lebih meningkatkan jumlah leukosit pada orang non-atlet, dibandingkan dengan latihan aerobik intensitas sedang.

7.2 Saran

Berdasarkan pengamatan selama pelaksanaan dan hasil yang didapat dari penelitian ini, peneliti menyampaikan saran sebagai berikut :

- 7.2.1 Perlu diadakan penelitian dengan menggunakan sampel yang (atlet), sebab pada penelitian ini menggunakan sampel yang tidak terlatih (non-atlet).
- 7.2.2 Penentuan beban latihan pada penelitian ini hanya didasarkan pada denyut nadi maksimal dengan menggunakan rumus $DNM=220-\text{umur}$. Penentuan

beban latihan yang tepat harus didasarkan pada perpaduan antara denyut nadi dan kadar asam laktat darah dan ditentukan secara individual. Oleh karena itu, perlu diadakan penelitian tentang pengaruh latihan dengan beban latihan yang didasarkan pada perpaduan antara denyut nadi dan kadar asam laktat darah terhadap jumlah leukosit.

- 7.2.3 Pada penelitian ini sampel tidak diasramakan dan tidak dikontrol diet makanannya. Hal ini memungkinkan sampel untuk melakukan aktivitas dan mengkonsumsi makanan yang berbeda-beda, sehingga akan memberikan hasil penelitian yang kurang memuaskan. Dalam penelitian-penelitian selanjutnya akan lebih baik jika sampel diasramakan dan dikontrol diet makanannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto S, 1989. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktis*, Cetakan ke-6. Jakarta: Bina Aksara, pp. 78-79.
- Ander R, and Chohen N, 1991. *The Influence of Conditioning on Immune Responses*, in (Ander R, et al., eds), *Psychoneuroimmunology*, 2nd edition. San Diego: Academic Press Inc., p. 611.
- Astrand, P.O, Rodahl K., 1986. *Text Book of Work, Physiology: Physiological Basis of Exercise*. Third Edition, New York. Mc Graw Hill Bokk Company. pp 107-109
- Atkinson RL, Atkinson RC and Hilgard ER, 1987. *Psychology*, 7th . pp. 483-486.
- Baratawidjaja AG, 1996. *Imunologi Dasar*, Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, hal. 39-57.
- Basedowsky OH, 1992. *Introduction: Psychoneuroimmunology an Overview*, in (Schmoll HJ, eds), *Psychoneuroimmunology*. Lewiston: Hogrefe and Huber Publishers, pp. 13-16
- Bellanti JA, 1985. *Immunology III*. Philadelphia: WB> Saunders Co., pp. 1-15.
- Bernath GA, Duthie EH, and Gambert CR, 1993. *Age Exercise and The Endocrine System*, in (Fotherby K, and Pal SB, eds), *Exercise Endocrinology*. New York: Walter de Gruyter, p. 99.
- Bompa TO, 1994, *Theory and Methodology of Training*, 2nd edition. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Co., pp 51-94.
- Bouchard C, 1990. *The Field of The Physical Activity Sciences*. In (Bouchard C, McPherson BD and Taylor Aw, eds). *Physical Activity Sciences*. Campaign: Human Kinetics Book, pp. 3-7.
- Bouchard C, 1993. *Discussion : Heredity, Fitness and Health*. In (Bouchard C, McPherson BD and Taylor Aw, eds). *Physical Activity Sciences*. Campaign: Human Kinetics Book, pp. 147-153.

- Bouchard C, Shepard RJ and Stephens T, 1993. *Physical Activity, Fitness and Health Consensus Statement*. Kongwood, South Australia: Human Kinetics Publishers, pp. 11-23, 41-60, 74-83, 93-102.
- Brooks GA and Fahey TD, 1987. *Exercise Physiology*. New York: MacMillan Publishing Co., pp. 1-15, 16-31.
- Chandrasoma P, and Taylor HG, 1991. *Concise Pathology*. London: Prentise-Hall International Inc., pp. 48-70.
- Chapel H, and Haeney M, 1993. *Essentials of Clinical Immunology*, 3rd editions. London: Blackwell Scientific Publications, pp. 1-48.
- Clemens MJ, 1991. *Cytokines*. Oxford: Bios Scientific Publisher Limited, pp. 1-10
- Dean JH, Cornacoff JB and Luster MI, 1990, *Toxicity to The Immune System: A Review*. In: Hadden JW and Sentivanyi. *Immunopharmacology Review*. New York: Plenum Press 1:377.
- Dick FW, 1992. *Sports Training Principles*. London: Avon the Bath Press, pp. 162-170.
- Dirix A, Knuttgen HG and Tittle K, 1988. *The Olympic Book of Sports Medicine (Volume I)*. Victoria: Blackwell Scientific Publications , pp. 107-108
- Edwards AJ, Bacon TH, 1984. *Change in the Population of Lymphoid Cells in Human Peripheral Blood Following Physical Exercise*, *Clin. Exp. Immunology*, 58: 420-427.
- Falaschi P, Martocchi A, 1994. *Neuroendocrinoimmunology*, *Ann. Ital. Med. Int.* 9: 96-99.
- Fox EL, Bowers RW and Foss ML, 1993. *The Physiological Basis Of Exercise and Sport*, 5th edition. Iowa: Brown & Benchmark, pp. 411-445.
- Frisina JP, Gaudieri S, Cable T, Keast D, Palmer TN, 1993. *Effect of Acute Exercise on Lymphocyte Sub Sets and Metabolic Activity*, *Int. J. Sports Med.*, 15 (1): 36-41.
- Gabriel H, Brechtel L, Urhausen A, Kindermann W, 1994. *Recruitment and Recirculation of Leukocyte After an Ultramarathon Run: Preferential Homing of Cell Expresssing High Levels of The Adhesion Molecule LFA-1*, *Int. J. Sports Med.*, vol. 15: S148-S153.

- Galun E, 1987. Changes of White Blood Cell Count During Prolonged Exercise. *Internasional Journal of Sports Medicine*, pp. 252-255.
- Ganong WF, 1996. *Review of Medical Physiology*, 17th Edition. USA: Appleton & Large A Simon & Schuster Company.
- Garagiola U, Buzeti M, Chardella E, Confalancier F, Giani E, Polini V, Ferrante P, Mencuso R, Montanari M, Grossi E and Pecori A, 1995. Immunological Patterns During Regular Intensive Training in Athletes: Quantification and Evaluation Of a Preventive Pharmacological Approach. *J of Int. Med. Res.* 23: 85-95.
- Gatchel B, 1979. *Physical Fitness: a way of life*. New York: John Wiley and Sons Inc., xi, 4, 20, 207, 276.
- GBHN, 1993. *Garis-Garis Besar Haluan Negara*. Jakarta: BP-7 pusat, p. 179.
- Glassford RG, 1990 *History of The Physical Activity Sciences*, in: Bouchard C, McPherson BD, and Taylor AU. *Physical Activity Sciences*. Champaign: Human Kinetics Books, p. 9.
- Gledhil N, 1990. *The Physical Activity and High Performance*, in (Bouchard C, McPherson BD and Taylor AW, eds). *Physical Activity Sciences*. Champaign: Human Kinetics Books, pp. 149-154.
- Greenspan FS, and Baker BI, 1994. *Basic and Clinical Endocrinology*, 4th edition. London: Prentise-Hall International, pp. 1-7, 71, 72.
- Guyton AC and Hall JE (1996), *Text Book of Medical Physiology*. Terjemahan Indonesia oleh Key Ariata Tengadi dkk. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran EGC Jakarta, pp. 64-65, 66-67, 68-70.
- Hadi S, 1993. *Statistik*. Yogyakarta: Andi Offset
- Harper, HA. *Review of Physiological Chemistry Terjemahan Indonesia Oleh Martin Mualiawan, dr. Biokimia Penerbit Buku Kedokteran E.G.C. P.O Box 4276 Jakarta 1995* pp. 198-200.
- Higgins JE and Klinbaum AP, 1985. *Design Methodology for Randomized Clinical Trial's*, Part II of The Series of The Basis of Randomized Clinical Trial's With a Emphasis on Contraceptive Research, New York: Family Health International, pp. 24-25.

- Hixon RC, et al., 1977. Linear Increases In Aerobic Power Included by a strenous Program of Endurance Exercise, *J. Appl. Physiol.*, 48, 274.
- Hoffman-Goetz L, and Pedersen BK, 1994. Exercise and The Immune System: Model of The Stress Response *Immunology Today*, 15 (8): 382.
- IOC, 1990. Sports Medicine Manual. Canada: Huford Enterprised Ltd., pp. 41-44.
- Janeway CA, and Travers P, 1994. Immunobiology. Oxford: Blacwell Scientific Publications, pp. 1.19-1.22, 1.31-1.34. 2.2, 2.56-2.58, 3.28, 3.29, 5.13-5.25. 8.1-8.6, 9.12-9.23.
- Jenings G, Nelson L, Nestel P, et al., 1986. The Effect of Change in Physical Activity on Major Cardiovascular Risk Fators, Hemodynamics, Sympatheric Fungtion and Glucose Utilization in Man: A Controlled Study of Four Levels of Activity, *Circulation*, 73: 30-40.
- Jenssen P, 1987. Training Lactate Pulse-rate Finland: Qy Liitto, 25-29.
- Katch FI and McArdle WD, 1983. Nutrition, Weight Control and Exercise, 2nd edition. Philadelphia: Lea and Febiger, pp. 187, 239-256.
- Kicman AT, and Cowan DA, 1992. Peptide Hormone and Sport: Misuse and Detection, *British Med. Bulletin*, 48 (3): 496-517.
- Kjear M, 1992. Regulation Of Hormonal and Metabolic Respons Duration Exercise In Human . *Exerc . Sport Sci. Rev.* 20: 161.
- Kuby J, 1992. Immunology. New York: Freeman and Company, pp. 1.1-1.12, 2.2-2.20, 9.1-9.13.
- Kumae T, Sugawara K, Machida K, Shimaoka A, et al., 1987. Change in Serum Immunoglobulin Levels and Neutrophilic Phagocytosis After Exercise, *J. Phys. Fitness Sports Med.*, 36: 61-71.
- Lamb DR, 1984. Physiology of Exercise, 2nd edition. Ner York: Macmillan Publishing Co., pp. 1-30.
- La Perriera A, Ivonson G, 1994. Exercise and Psychoneuroimmunology, *Med. Sci. Sports. Exerc.* 26 (2): 182-190.
- Lisa B, Gorley J. (1997). Basic and General Aerobic Exercise Principles. Body Trends Health and Fitness. Santa Barbara, USA.

- Lockey and Bukantz, 1987. *Fundamentals of Immunology and Allergy*. Philadelphia: WB Saunders CO., pp. 7-37.
- Mackinnon LT, 1992. *Exercise and Immunology*. Champaign: Human Kinetics Publisher Inc., pp. 9-23, 25-40, 41-57, 59-84, 85-90.
- Male D, 1991. *Immunology*, 2nd Edition. London: Gower Medical Publishing . pp. 1-20, 27, 28, 47-73.
- McArdle Wd and Katch WD, 1983. Philadelphia: Lea and Febiger, pp. 240-241.
- McCharty and Dale, 1988. *The Leucocytosis of Exercise: A review and Model Sports Medicine* pp. 6, 333-363.
- Metivier G, 1985. *Pituitary and Gonadal Secretary Variation and Control Mechanism During Physical Exercise in (Fotherby K, and Pal SB, eds). Exercise Endocrinology*. New York: Walter de Cruyter, p. 225.
- Moclock, D (1984). *Dasar Fisiologi Kesegaran Jasmani dan Latihan Fisik*. Dalam: *Kesehatan Olah Raga*. Jakarta. Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. hal: 87-91.
- Morehouse LE, and Miller AT, 1976. *Physiology of Exercise*, 7th editions. St. Louis: The Cr Mosby Co., pp. 223-238.
- Muir AL, Cruz A, Martin BA, Thommasen H, Belzberg A, et al., 1984. *Leukocyte Kinetics in The Human Lung: Role of Exercise and catecholamine*. *Journal of Applied Physiology*, 57: 711-719.
- Muns G, 1994. *Effect of Long-Distance Runing on Polymorphonuclear Neutrophil Phagocytic Function of the Upper Airways*. *Int. J. Sport Med.* 15 (2): 96-99.
- Muns G, Rubinstein I, Singer P, 1996. *Neutrophil Chemotactic Activity is Increased in Nasal Secretions of Long-Distance Runners*. *Int. J. Sports Med.*, 17: 56-59.
- Nieman DC, 1986. *The Sport Medicine Fitness Course*. California: Bull Publishing Co., p. 32.
- Nieman DC, 1993. *Fitness and Your Health*. California: Bull Publishing Co., pp. 23-31, 111-122.

- Nieman DC, Buckley KS, Itenson DA, et al., 1995. Immune Function in Marathon Runners Versus Sedentary Control. *Med Sci Sports Exerc*, 27 (7): 986-992.
- Oshida Y, Yamanouchi K, Haymizu S, Hiruta S and Sato Y, et. al., 1988. Effect Of Acute Physical Exercise On Immunity Of Untrained Subjects: Studies On Relationship Between Physical Training And Immunity. *J Phys. Fitness Sports Med.* 36: 72-77.
- Perhonen M, Takals T, Huttunen P, and Leppaluoto J, 1995. Stress Hormone After Prolonged Physical Training in Normo- and Hypobaric Conditions in Rats, *Int. J. Sport. Med.*, 16: 73-77.
- Playfair JHL, 1992. *Immunology at a Glance*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, pp. 1-2, 4, 9-11, 16, 17, 19, 22, 23.
- Pollock ML, Wilmore JH, Fox SM, 1985. *Health and Fitness Through Physical Activity*. New York: Macmillan Publishing Co., 1-30.
- Pyke PS. and Woodman LR. 1991. Principles of Sports Training. In (Phyke FS, eds). *Better Coaching*. Belconner; Australian Coaching Council Incorporated, pp: 115-123.
- Rieley V, 1981. Psychoneuroendocrine Influence On Immunocompetence And Neoplasia 212: 1100-1109.
- Roitt IM, 1992. *Essential Immunology*, 8th edition. Oxford: Blackwell Scientific Publication, pp. 1-63, 194-214.
- Roitt IM, Brostoff J, and Male DK, 1993. *Immunology*, 3rd Edition. London: Mogby, pp. 1.1-1.12, 2.1-2.20, 3.1-3.8, 5.1-5.8, 8.1-8.9, 9.1-9.6.
- Round JM, Jones DA and Cambridge G, 1987. Cellular Infiltrates in Human Skeletal Muscle: Exercise Induced Damage as a model for Inflammatory Muscle Disease. *J Neuro Scien*, 82: 1-11.
- Rushall BS and Pyke FS, 1992. *Training for Sports and Fitness*. Melbourne: The Macmillan Co. Of Australia PTY LTD, pp 3-5, 27-72.
- Schouten WJ., Verschuur R and Kemper HCG (1988). Habitual Physical Activity Strenous Exercise and Salivary Immunoglobulin A Levels in Young Adult The Amsterdam Growth and Health Study. *International Journal od Sports Medicene* 9: 289-293.

- Seaton DC, Clayton TA, Leibee HC and Messersmith LL, et. al., 1974. *Physical Education Handbook*, 7th edition New York : Prentice-Hall Inc, pp. 21-34.
- Setyawan S, Elyana ATP, Sutikno D, Soekarman R, 1994. *Metode mencari denyut jantung Maksimal dengan Naik Turun Bangku, Sepeda Statik, dan Treadmill*. Jakarta: KONI Pusat.
- Sharkey BJ, 1984. *Coaches Guides to Sport Physiology*. Champaign: Human Kinetics Publisher, Inc., pp. 1-32,89-113, 181-189.
- Shephard RJ, 1990. *Medicine and Physical Activity*, in: Bouchard C, McPherson BD, and Taylor AW, *Physical Activity Sciences*. Champaign: Human Kinetics Books, pp. 57-64.
- Sigal LH and Ron Y, 1994, *Immunology and Inflammation* New York: McGraw-Hill, Inc., pp. 465-494.
- Simon HB. 1985. *The Immunology Of Exercise*. JAMA SEA 7: 53-56
- Smith JA, 1995. *Guidelines, Standarts and Perspectives in Exercise Immunology*, Med. Sci. Sport Exerc., 27 (4): 497-506
- Smith LL, McCammon M, Smith S, Chamness M, Israel RG and Brien KF, 1989. *White Blood Cell Response to Uphill Walking and Downhill Jogging at Similar Metabolic Loads*. Eur J App Phys, 58: 833-837.
- Soekarman R, 1989. *Peran Pendidikan Jasmani dan Ilmu Kesehatan Olahraga Dalam Pembentukan Watak dan Kepribadian*. Surabaya, Inpress.
- Soekarman R, dan Suhantoro, 1993. *Buku Panduan Medik Dalam Olahraga*. Jakarta: KONI-Pusat.
- Solomon HA, 1987. *Health and Fitness are not The Something*. World Health Forum 8: 149.
- Stanitski. CL, and Zdziarski, U 1981. *Immune Function in Marathon Runners*. Annals of Allergy, 47. 73-75.
- Stein M, Schiadi RC, and Camerino M, et al., 1976. *Influence of Brain and Behavior on the Immune System*, 191: 435-440.

- Stites DP, Terr AI, and Parslow TG, 1991. *Basic and Clinical Immunology*, 8th edition. London: Prentice-Hall International, pp. 22-29, 40-49, 58-123, 137-142.
- Strasner RH, 1997. *Sport Medicine and Physiology*. Philadelphia: WB. Saunders Co.
- Subowo, 1993. *Imunobiologi*. Bandung: Angkasa, hal. 11-12.
- Vander AJ, Sherman JH and Luciano DS, 1990. *Human Physiology*, 4th edition. New York: McGraw-Hill Book Co., pp. 8-21, 599-655.
- Viru A, and Smirnova T, 1995. Health Promotions and Exercise Training, *Sport Med.*, 19 (2): 121.
- Weidner TG, 1994. Upper Respiratory Illness and Sports and Exercise. *International J. Medicine* 15: 1-9.
- Wilmore JH and Costill DL, 1994. *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign: Human Kinetics, pp. 4-5.
- Wolfsdorf GF, Born J, nagel D, Zenz H and Fehm HL, 1992. Coerticosteroid as Modulators of Sensory Processing in Man. In (Schmoll HJ, eds). *Psychoneuroimmunology*. Lewiston: Hogrefe and Huber Publishers. pp 48-59.
- Young MR. 1989. Corticotropin-releasing Factor Stimulation of Adrenocorticortopin and β -Endheorphin Release: Effects of Acute and Chronic Stress. *Endocrinology* 117 (1): 23-30.
- Zainuddin M, 1988. *Metodologi Penelitian*. Surabaya: Impress, pp. 25-29, 56-76.

Lampiran 1

JADWAL KEGIATAN PENELITIAN

KEGIATAN	1989				1999											
	Bulan				Bulan											
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DI KEMERDEKAAN	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
NYUSUNAN USUL PENELITIAN	X	X	X	X	X											
SIAPAN PENELITIAN						X	X	X								
LAKSANAAN PENELITIAN								X	X	X						
NYUSUNAN DATA								X	X	X	X					
ALISA DATA											X	X				
MULISAN THESIS								X	X	X	X	X				
NSULTASI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
AN THESIS												X	X			
VISI THESIS												X	X	X		



Hasil Pemeriksaan Jumlah Leukosit *Pretest*
Tanggal, 25 Juni 1999

Kelompok Kontrol		Kelompok 80%		Kelompok 65 %	
KODE	HASIL	KODE	HASIL	KODE	HASIL
AI.1	6750	BI.1	7000	CI.1	9000
AI.2	8100	BI.2	8100	CI.2	8200
AI.3	7750	BI.3	8500	CI.3	8550
AI.4	7200	BI.4	8450	CI.4	8600
AI.5	8200	BI.5	8100	CI.5	6450
AI.6	9450	BI.6	7900	CI.6	7700
AI.7	8000	BI.7	9100	CI.7	8400
AI.8	8700	BI.8	6750	CI.8	8200
AI.9	6300	BI.9	8000	CI.9	8000
AI.10	6500	BI.10	8250	CI.10	9700
AI.11	9050	BI.11	8900	CI.11	7750
AI.12	7100	BI.12	7400	CI.12	7200
AI.13	7650	BI.13	9200	CI.13	8500
AI.14	9200	BI.14	8400	CI.14	8800
AI.15	9800	BI.15	8400	CI.15	7650
AI.16	8350	BI.16	9350	CI.16	9100
AI.17	8600	BI.17	6800	CI.17	8000
AI.18	8600	BI.18	8000	CI.18	8500
AI.19	7900	BI.19	8400	CI.19	6800
AI.20	8000	BI.20	8900	CI.20	8400

A.H. Kepala Balai Laboratorium

Manado

Kantor bagian tatausaha





DEPARTEMEN KESEHATAN RI
IR-PEPRUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA
BALAI LABORATORIUM KESEHATAN MANADO
JL. 17 AGUSTUS TELP. 862522 FAX. 841042
MANADO 95117

Hasil Pemeriksaan Jumlah Leukosit *Posttest*
Tanggal, 2 Agustus 1999

Kelompok Kontrol		Kelompok 80%		Kelompok 65 %	
KODE	HASIL	KODE	HASIL	KODE	HASIL
AII.1	11400	BII.1	11500	CII.1	10900
AII.2	13000	BII.2	11800	CII.2	8000
AII.3	11700	BII.3	10200	CII.3	8300
AII.4	12400	BII.4	12000	CII.4	8600
AII.5	13600	BII.5	12200	CII.5	7000
AII.6	12350	BII.6	10600	CII.6	7900
AII.7	14000	BII.7	13200	CII.7	8000
AII.8	13200	BII.8	9500	CII.8	8100
AII.9	9700	BII.9	11200	CII.9	9500
AII.10	10500	BII.10	12700	CII.10	8000
AII.11	12050	BII.11	12400	CII.11	7700
AII.12	12500	BII.12	11650	CII.12	7200
AII.13	10900	BII.13	13000	CII.13	9100
AII.14	14200	BII.14	12600	CII.14	8000
AII.15	13300	BII.15	12400	CII.15	7700
AII.16	12300	BII.16	12300	CII.16	10900
AII.17	12800	BII.17	9700	CII.17	8200
AII.18	13400	BII.18	12500	CII.18	8000
AII.19	12200	BII.19	12900	CII.19	6500
AII.20	12900	BII.20	12800	CII.20	7600

A.N. Kepala Balai Laboratorium

Manado

bagian tata usaha



Lampiran 3

MENGHITUNG JUMLAH LEUKOSIT

1. Prinsip

Darah diencerkan lalu dihitung jumlah leukosit (sel darah putih) yang ada dalam volume tertentu.

2. Tujuan

Menghitung jumlah leukosit dalam darah.

3. Alat-alat yang diperlukan:

- a. Pipet leukosit (dengan sebutir kaca putih pada bagian bola dari pipet) dengan skala 5-11.
- b. Kamar hitung (*improved Neubauer*).
- c. Mikroskop.
- d. *Counter tally* (bila ada).

4. Reagen

Larutan *turk*.

5. Cara pemeriksaan:

- a. Hisaplah darah kapilar/darah EDTA dengan pipet leukosit sampai tepat pada garis 0,5.
- b. Hapuslah kelebihan darah yang melekat pada ujung luar pipet dengan cara menghapus dari pertengahan pipet ke bawah dengan kertas saring/tissue secara cepat.

- c. Masukkan ujung pipet dalam larutan turk sambil menahan darah pada garis tadi. Pipet dipegang dengan sudut 45° dan larutan turk dihisap perlahan-lahan (jangan sampai timbul gelembung udara) sampai garis 11.
- d. Angkatlah pipet dari cairan dan tutup ujungnya dengan ujung jari lalu lepaskan karet penghisap.
- e. Kocoklah pipet dengan penutup ujung-ujung pipet dengan ibu jari dan jari tengah selama 2-3 menit. Bila tidak akan segera diperiksa, letakkan pipet tersebut dalam posisi hirizontal.
- f. Ambillah kamar hitung *Improved Neubauer* yang bersih, letakkan kamar hitung ini dengan kaca penutup terpasang mendatar di atasnya.
- g. Kocoklah kembali pipet yang telah diisi tadi, kemudian buanglah cairan dalam batang kapiler pipet sebanyak 3-4 tetes dan segera sentuhkan ujung pipet dengan sudut 30° pada permukaan kamar hitung serta menyinggung pinggir kaca penutup. Biarkan kamar hitung terisi secara perlahan-lahan dengan sendirinya.
- h. Biarkan kamar hitung di atas mikroskop selama 2 menit agar leukosit mengendap. Bila tidak segera dihitung, kamar hitung dapat disimpan dalam *petridist* tertutup yang berisi kapas basah.
- i. Cara menghitung jumlah leukosit dalam kamar hitung adalah:
 - Meja mikroskop harus dalam posisi horizontal/posisi rata air. Turunkan lensa atau kecilkan diaphragma.
 - Aturilah fokus terlebih dahulu dengan memakai lensa objektif 10x sampai garis bagi dalam bidang besar tampak jelas.
 - Hitung semua leukosit yang terdapat dalam 4 bidang besar pada sudut-sudut seluruh permukaan.
 - Mulailah menghitung dari sudut kiri atas terus ke kanan, kemudian turun ke bawah, dari kanan ke kiri, lalu turun lagi ke bawah dan mulai lagi dari kiri

ke kanan dan seterusnya. Cara seperti ini berlaku untuk keempat bidang besar.

- Kadang-kadang ada sel-sel yang letaknya menyinggung garis batas. Untuk sel-sel yang menyinggung garis batas sebelah atas dan sebelah kiri harus dihitung. Sebaliknya sel-sel yang menyinggung garis batas sebelah bawah dan sebelah kanan tidak boleh dihitung.

6. Menghitung jumlah leukosit

Pengenceran darah dalam pipet = 20 x, sedangkan luas tiap bidang besar = 1 mm² dan tinggi kamar hitung 1/10 mm. Leukosit dihitung dalam 4 bidang besar sehingga jumlah luasnya = 4 x 1 mm² = 4 mm².

$$\text{Faktor perkalian} = \frac{20}{4 \times 1/10} = 50$$

Jadi, Jumlah leukosit = jumlah leukosit yang dihitung dalam 4 bidang x 50.

7. Pelaporan

Dinyatakan jumlah leukosit per mm³ darah.

8. Catatan:

- a. Supaya lebih teliti, dianjurkan memakai pipet sahli (volume 0,02 ml/20 µl).
- b. Cara:
 - Pipetlah 0,38 ml larutan *turk* dengan pipet berskala. Masukkan dalam botol/tabung kecil dari kaca/plastik.
 - Hisaplah darah kapiler/EDTA dengan pipet sahli sampai tepat pada garis 20.
 - Hapuslah kelebihan darah yang melekat pada ujung luar pipet, dengan cara menghapus dari pertengahan pipet ke bawah dengan kertas saring/tissue secara cepat.

- Masukkan ujung pipet tersebut ke dalam botol yang berisi larutan *turk*. Bilaslah pipet tersebut dengan larutan *turk* sebanyak minimal 3 kali. Kemudian botol ditutup dengan karet penutup/kertas parafilm dan kocok dengan membolak-balik botol minimal 2 menit.
 - Selanjutnya leukosit dapat diperiksa dan dihitung dengan cara seperti di atas. Penghitungan jumlah leukosit sama seperti penghitungan di atas.
- c. Setiap kali habis dipakai, pipet leukosit dan pipet sahli harus selalu dicuci. Sekali-kali bersihkan dengan *acetone* untuk menghilangkan kotoran dan zat warna yang melekat pada dinding kapiler. Bila ada bekuan darah dalam pipet, cucilah dengan air saja, jangan dengan alkohol atau didorong dengan benda tajam.
- d. Nilai normal
5.000-10.000/mm³.
- e. Kesalahan umum yang sering terjadi:
- Jumlah darah/larutan *turk* yang dihisap ke dalam pipet tidak tepat.
 - Memakai pipet yang basah.
 - Berkurangnya darah pada pipet pada waktu penghapusan darah yang melekat pada ujung pipet.
 - Terjadinya gelembung udara dalam pipet pada waktu menghisap darah/larutan pengencer.
 - Terjadinya bekuan darah karena lambat bekerja.
 - Pengocokan darah tidak sempurna.
 - Cairan terbuang sedikit pada waktu mencabut karet penghisap.
 - Kamar hitung/kaca penutup kotor.
 - Ada gelembung udara yang masuk pada waktu pengisian kamar hitung.
 - Letak kaca penutup salah.
 - Meja mikroskop tidak horizontal.
 - Salah menghitung sel yang menyinggung garis batas.
 - Kaca penutup tergeser karena disentuh dengan lensa mikroskop.

- Menghitung leukosit memakai lensa objektif 10x sehingga sangat tidak teliti hasilnya.
- Larutan *turk* kotor.

Lampiran 4

	lekopre	lekopos	kel	bedlek	tb	bb	umur
1	6750	11400	EROBIK 80	4650	165,4	50,5	19
2	8100	13000	EROBIK 80	4900	167,5	65,0	20
3	7750	11700	EROBIK 80	3950	177,1	75,3	22
4	7200	12400	EROBIK 80	5200	179,0	60,2	22
5	8200	13600	EROBIK 80	5400	164,2	57,1	21
6	9450	12850	EROBIK 80	3400	168,3	62,0	22
7	8000	14000	EROBIK 80	6000	159,6	52,1	20
8	8700	13200	EROBIK 80	4500	166,2	56,3	22
9	6300	9700	EROBIK 80	3400	170,4	64,5	22
10	6500	10000	EROBIK 80	3500	172,0	66,0	21
11	9050	12050	EROBIK 80	3000	160,0	55,7	22
12	7100	12300	EROBIK 80	5200	170,4	56,3	22
13	7650	10500	EROBIK 80	2850	162,3	59,5	20
14	9200	14200	EROBIK 80	5000	165,5	63,7	22
15	9800	13000	EROBIK 80	3200	158,6	59,2	22
16	8350	12900	EROBIK 80	4550	163,1	57,6	21
17	8600	12800	EROBIK 80	4200	160,3	63,0	20
18	8600	13400	EROBIK 80	4800	164,1	62,3	22
19	7900	12200	EROBIK 80	4300	160,0	54,2	22
20	8000	12900	EROBIK 80	4900	162,5	57,0	21
21	7000	11500	EROBIK 65	4500	169,5	65,3	20
22	8400	11800	EROBIK 65	3400	167,1	63,0	20
23	8500	10200	EROBIK 65	1700	169,1	65,1	20
24	8450	12000	EROBIK 65	3550	165,5	55,1	22
25	8100	12900	EROBIK 65	4800	162,3	50,4	21
26	7900	10300	EROBIK 65	2400	174,4	65,0	22
27	9400	13200	EROBIK 65	3800	164,2	65,2	22

	lekopre	lekopos	kel	bedlek	tb	bb	umur
28	6750	9500	EROBIK 65	2750	170,2	62,8	21
29	8000	11900	EROBIK 65	3900	163,0	55,6	22
30	8250	12700	EROBIK 65	4450	170,0	65,0	22
31	8900	12400	EROBIK 65	3500	175,0	70,2	20
32	7400	11650	EROBIK 65	4250	158,5	49,6	21
33	9200	13000	EROBIK 65	3800	170,2	70,1	21
34	8400	12600	EROBIK 65	4200	160,2	56,5	22
35	8400	12400	EROBIK 65	4000	163,5	56,3	21
36	9350	12800	EROBIK 65	3450	163,0	62,0	22
37	6800	9700	EROBIK 65	2900	168,0	60,7	22
38	8000	12500	EROBIK 65	4500	168,4	58,6	21
39	8100	12900	EROBIK 65	4800	163,0	53,2	21
40	8900	12800	EROBIK 65	3900	170,0	67,6	20
41	9000	10500	KONTROL	1500	167,2	65,0	21
42	8200	8000	KONTROL	-200	165,0	58,2	20
43	8350	8300	KONTROL	-50	173,0	63,1	20
44	8600	8600	KONTROL	0	158,5	55,3	20
45	6450	7000	KONTROL	550	167,0	67,5	22
46	7700	7900	KONTROL	200	160,3	62,0	21
47	8400	8000	KONTROL	-400	170,1	63,7	22
48	8200	8100	KONTROL	-100	178,4	73,2	20
49	8000	9500	KONTROL	1500	168,4	60,0	22
50	9700	8000	KONTROL	-1700	162,3	55,1	22
51	7750	7700	KONTROL	-50	158,5	54,6	22
52	7200	7200	KONTROL	0	163,2	59,2	21
53	8500	9400	KONTROL	900	165,2	62,3	22
54	8800	8000	KONTROL	-800	161,0	58,7	22

	lekopre	lekopos	kel	bedlek	lb	bb	umur
55	7650	7700	KONTROL	50	163,3	60,0	21
56	9100	10900	KONTROL	1800	168,1	59,7	22
57	8000	8200	KONTROL	200	166,0	55,0	22
58	8500	8000	KONTROL	-500	162,3	55,3	21
59	6800	6500	KONTROL	-300	169,4	60,4	21
60	8100	7600	KONTROL	-500	170,0	68,5	20

Keterangan:

Lekopre = Leukosit *pretest*Lekopos = Leukosit *posttest*

Kel = Kelompok

Bedlek = Beda leukosit antara leukosit *pretest* dan leukosit *posttest*

Tb = Tinggi badan

Bb = Berat badan

Lampiran 5a

JUMLAH LEKOSIT PRA DAN POS LATIHAN PADA KETIGA KELOMPOK LATIHAN

	KELOMPOK LATIHAN					
	EROBIK 80 %		EROBIK 65 %		KONTROL	
	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
LEKOSIT PRE LATIHAN	8060	961	8210	773	8150	771
LEKOSIT POS LATIHAN	12405	1231	11838	1142	8255	1084

TINGGI BADAN, BERAT BADAN DAN UMUR RESPONDEN PADA KETIGA KELOMPOK LATIHAN

	KELOMPOK LATIHAN					
	EROBIK 80 %		EROBIK 65 %		KONTROL	
	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
TINGGI BADAN	165,8	5,7	166,8	4,5	165,9	5,0
BERAT BADAN	59,9	5,6	60,9	6,2	60,8	5,0
UMUR	21	1	21	1	21	1

NPar Tests

KELOMPOK LATIHAN = EROBIK 80 %

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		TINGGI BADAN	BERAT BADAN	UMUR	LEKOSIT PRE LATIHAN	LEKOSIT POS LATIHAN
N		20	20	20	20	20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	165,825	59,875	21,25	8060,00	12405,00
	Std. Deviation	5,694	5,635	,97	980,89	1230,84
Most Extreme Differences	Absolute	,124	,107	,331	,085	,176
	Positive	,124	,107	,219	,065	,089
	Negative	-,102	-,079	-,331	-,085	-,176
Kolmogorov-Smirnov Z		,553	,478	1,481	,379	,786
Asymp. Sig. (2-tailed)		,919	,976	,025	,999	,566

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. KELOMPOK LATIHAN = EROBIK 80 %

KELOMPOK LATIHAN = EROBIK 65 %

Lampiran 5b

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		TINGGI BADAN	BERAT BADAN	UMUR	LEKOSIT PRE LATIHAN	LEKOSIT POS LATIHAN
N		20	20	20	20	20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	166,755	60,865	21,15	8210,00	11937,50
	Std. Deviation	4,476	6,152	,81	772,83	1141,89
Most Extreme Differences	Absolute	,121	,149	,252	,144	,207
	Positive	,121	,111	,173	,104	,134
	Negative	-,110	-,149	-,252	-,144	-,207
Kolmogorov-Smirnov Z		,540	,687	1,128	,645	,927
Asymp. Sig. (2-tailed)		,933	,765	,157	,800	,357

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. KELOMPOK LATIHAN = EROBIK 65 %

KELOMPOK LATIHAN = KONTROL

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		TINGGI BADAN	BERAT BADAN	UMUR	LEKOSIT PRE LATIHAN	LEKOSIT POS LATIHAN
N		20	20	20	20	20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	165,860	60,840	21,20	8150,00	8255,00
	Std. Deviation	4,992	4,997	,83	770,51	1083,60
Most Extreme Differences	Absolute	,098	,135	,281	,123	,233
	Positive	,098	,135	,175	,080	,233
	Negative	-,070	-,106	-,281	-,123	-,123
Kolmogorov-Smirnov Z		,438	,604	1,259	,549	1,044
Asymp. Sig. (2-tailed)		,991	,859	,084	,924	,226

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. KELOMPOK LATIHAN = KONTROL

Oneway

Descriptives

LEKOSIT PRE LATIHAN

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Minimum	Maximum
EROBIK 80 %	20	8060,00	960,89	214,86	6300	9800
EROBIK 65 %	20	8210,00	772,83	172,81	6750	9400
KONTROL	20	8150,00	770,51	172,29	6450	9700
Total	60	8140,00	827,48	108,83	6300	9800

Test of Homogeneity of Variances

LEKOSIT PRE LATIHAN

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,884	2	57	,508

ANOVA

LEKOSIT PRE LATIHAN

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	228000,0	2	114000,0	,162	,851
Within Groups	4,0E+07	57	704754,4		
Total	4,0E+07	59			

Oneway

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Minimum	Maximum
TINGGI BADAN	EROBIK 80 %	20	165,825	5,694	1,273	158,6	179,0
	EROBIK 65 %	20	166,755	4,476	1,001	158,5	175,0
	KONTROL	20	165,860	4,992	1,116	158,5	178,4
	Total	60	166,147	5,010	,647	158,5	179,0
BERAT BADAN	EROBIK 80 %	20	59,875	5,635	1,260	50,5	75,3
	EROBIK 65 %	20	60,865	6,152	1,376	49,6	70,2
	KONTROL	20	60,840	4,997	1,117	54,6	73,2
	Total	60	60,527	5,538	,715	49,6	75,3
UMUR	EROBIK 80 %	20	21,25	,97	,22	19	22
	EROBIK 65 %	20	21,15	,81	,18	20	22
	KONTROL	20	21,20	,83	,19	20	22
	Total	60	21,20	,86	,11	19	22

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
TINGGI BADAN	,291	2	57	,749
BERAT BADAN	,868	2	57	,425
UMUR	,622	2	57	,540

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TINGGI BADAN	Between Groups	11,114	2	5,557	,215	,807
	Within Groups	1469,995	57	25,789		
	Total	1481,109	59			
BERAT BADAN	Between Groups	12,748	2	6,373	,202	,818
	Within Groups	1796,811	57	31,523		
	Total	1809,557	59			
UMUR	Between Groups	,100	2	5,000E-02	,066	,937
	Within Groups	43,500	57	,763		
	Total	43,600	59			

Oneway

Descriptives

LEKOSIT POS LATIHAN

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Minimum	Maximum
EROBIK 80 %	20	12405,00	1230,84	275,22	9700	14200
EROBIK 65 %	20	11937,50	1141,89	255,33	9500	13200
KONTROL	20	8255,00	1083,60	242,30	6500	10900
Total	60	10865,83	2188,36	282,52	6500	14200

Test of Homogeneity of Variances

LEKOSIT POS LATIHAN

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,300	2	57	,742

ANOVA

LEKOSIT POS LATIHAN

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,1E+08	2	1,0E+08	77,639	,000
Within Groups	7,6E+07	57	1331024		
Total	2,8E+08	59			

KELOMPOK LATIHAN = EROBIK 80 %**Paired Samples Statistics^a**

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	LEKOSIT PRA LATIHAN	8060,00	20	960,89	214,86
	LEKOSIT POS LATIHAN	12405,00	20	1230,84	275,22

a. KELOMPOK LATIHAN = EROBIK 80 %

Paired Samples Test^a

		Paired Differences			t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean			
Pair 1	LEKOSIT PRA LATIHAN - LEKOSIT POS LATIHAN	-4345,00	881,37	197,08	-22,047	19	,000

a. KELOMPOK LATIHAN = EROBIK 80 %

KELOMPOK LATIHAN = EROBIK 65 %**Paired Samples Statistics^a**

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	LEKOSIT PRA LATIHAN	8210,00	20	772,83	172,81
	LEKOSIT POS LATIHAN	11937,50	20	1141,89	255,33

a. KELOMPOK LATIHAN = EROBIK 65 %

Paired Samples Test^a

		Paired Differences			t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean			
Pair 1	LEKOSIT PRA LATIHAN - LEKOSIT POS LATIHAN	-3727,50	809,07	180,91	-20,604	19	,000

a. KELOMPOK LATIHAN = EROBIK 65 %

KELOMPOK LATIHAN = KONTROL

Paired Samples Statistics^a

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	LEKOSIT PRA LATIHAN	8150,00	20	770,51	172,29
	LEKOSIT POS LATIHAN	8255,00	20	1083,60	242,30

a. KELOMPOK LATIHAN = KONTROL

Paired Samples Test^a

		Paired Differences			t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean			
Pair 1	LEKOSIT PRA LATIHAN - LEKOSIT POS LATIHAN	-105,00	828,74	185,31	-,567	19	,578

a. KELOMPOK LATIHAN = KONTROL

Lampiran 8

IR-PEPRUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

HASIL ANALISIS KOVARIAN : VARIABEL GAYUT : LEKOSIT POS LATIHAN
VARIABEL KONFOUND : LEKOSIT PRE LATIHAN
VARIABEL BEBAS : KELOMPOK LATIHAN

LEVELS ENCOUNTERED DURING PROCESSING ARE:

KEL
1.000 2.000 3.000

DEP VAR: LEKOPOS N: 60 MULTIPLE R: 0.926 SQUARED MULTIPLE R: 0.858

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	SUM-OF-SQUARES	DF	MEAN-SQUARE	F-RATIO	P
KEL	.209611E+09	2	.104806E+09	146.298	0.000
LEKOPRE	.357508E+08	1	.357508E+08	49.904	0.000
ERROR	.401176E+08	56	716385.568		

ADJUSTED LEAST SQUARES MEANS.

		ADJ. LS MEAN	SE	N	
KEL	=	1.000	12480.470	189.561	20
KEL	=	2.000	11871.463	189.491	20
KEL	=	3.000	8245.566	189.265	20

COL/

ROW	KEL
1	1.000
2	2.000
3	3.000

USING LEAST SQUARES MEANS.

POST HOC TEST OF LEKOPOS

USING MODEL MSE OF 716385.568 WITH 56. DF.

MATRIX OF PAIRWISE MEAN DIFFERENCES:

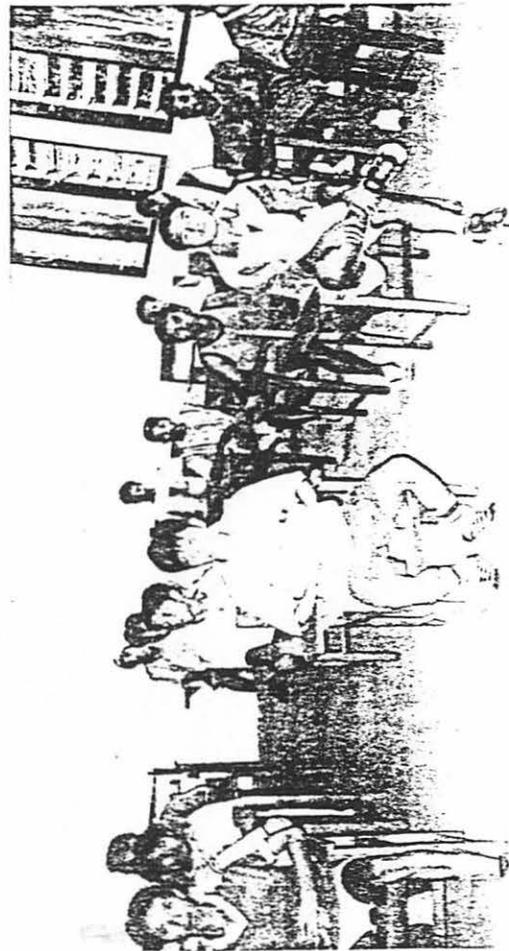
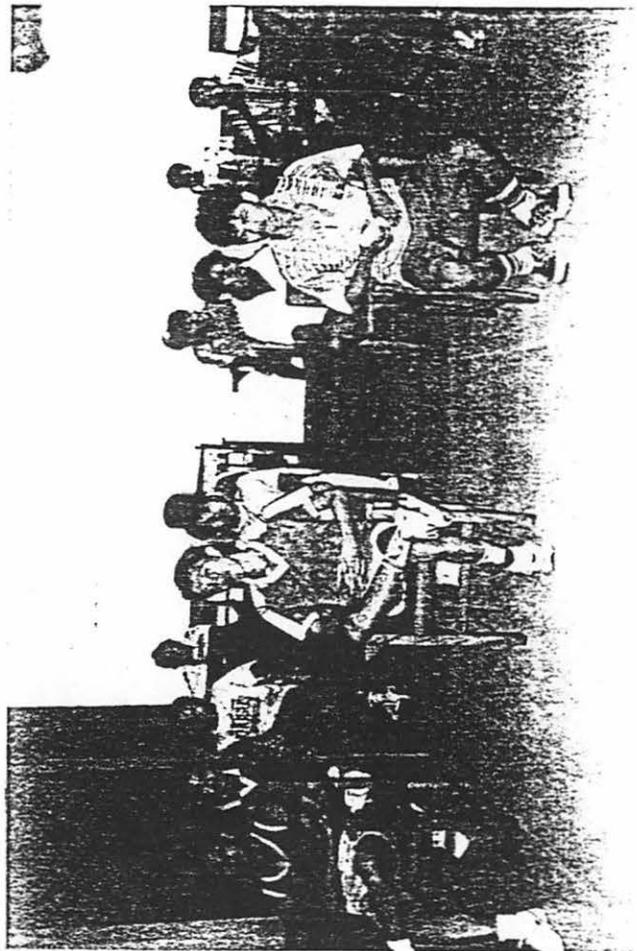
	1	2	3
2	-609.007	0.000	
3	-4234.904	-3625.897	0.000

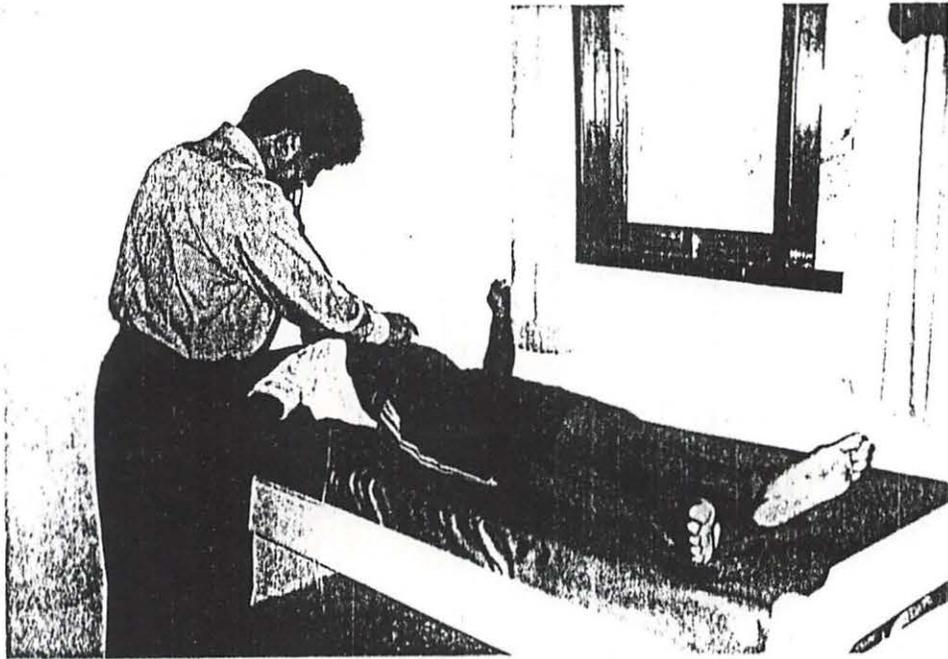
FISHER'S LEAST-SIGNIFICANT-DIFFERENCE TEST.

MATRIX OF PAIRWISE COMPARISON PROBABILITIES:

	1	2	3
2	0.027	1.000	
3	0.000	0.000	1.000

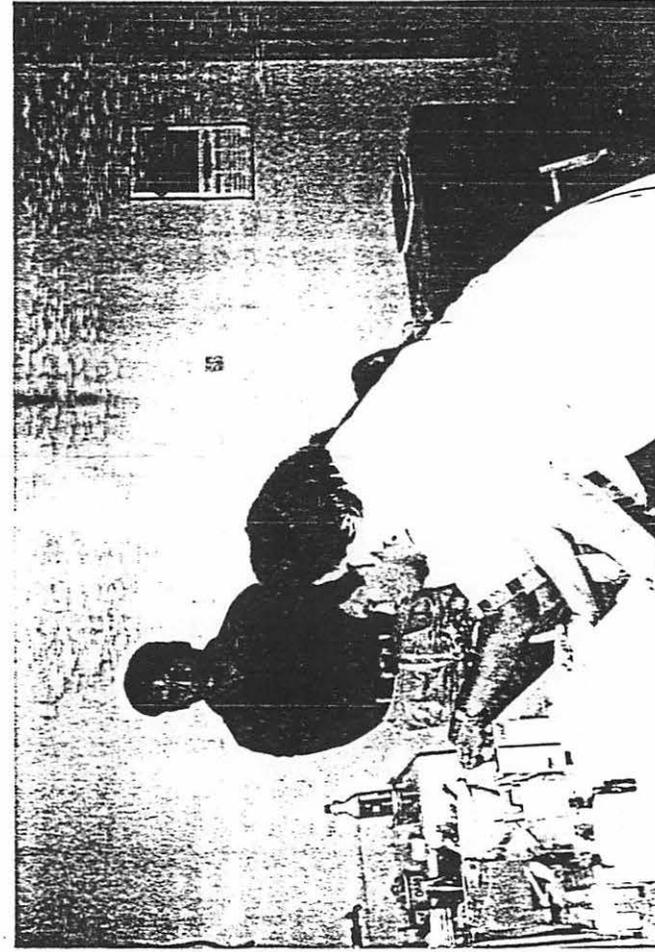
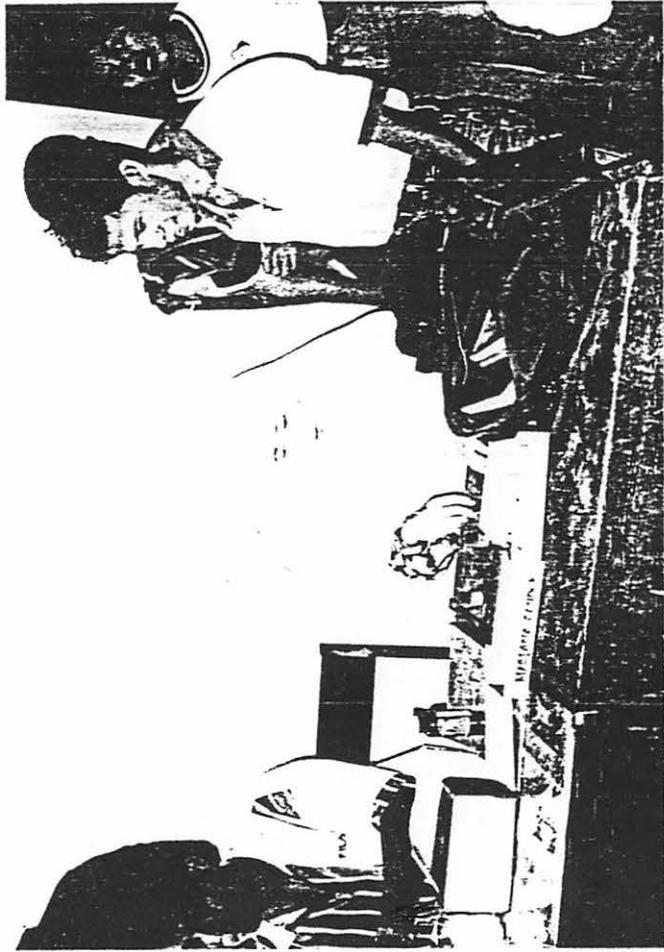
Lampiran 9

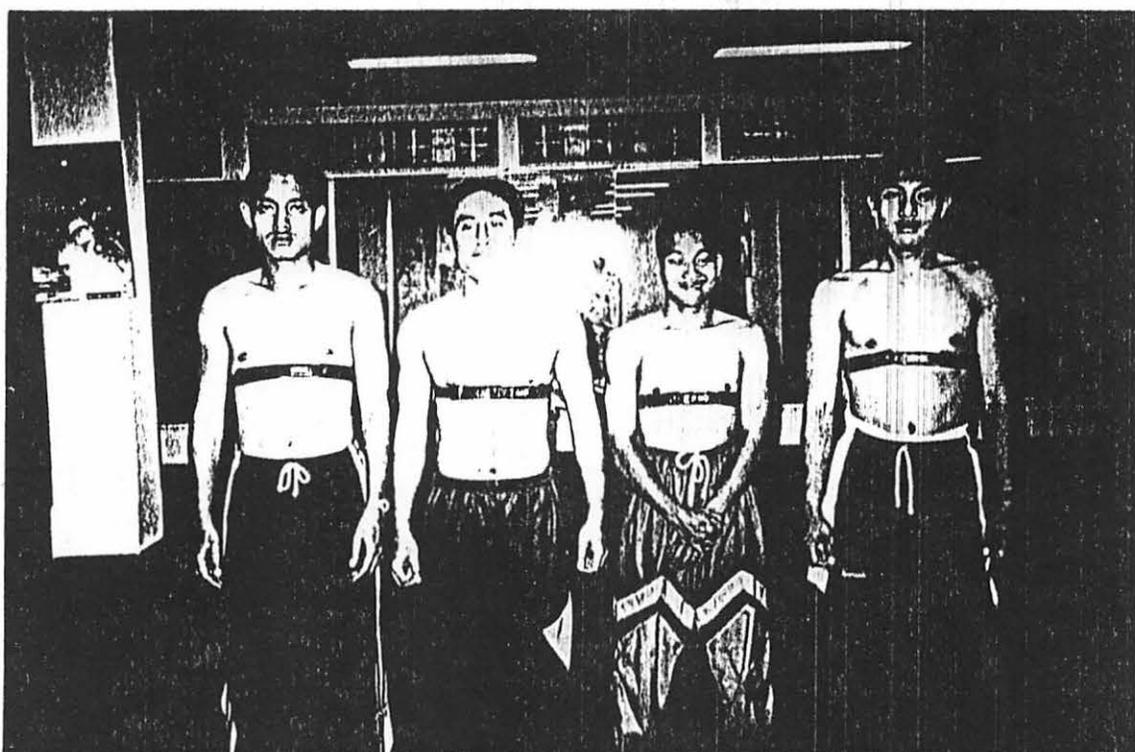


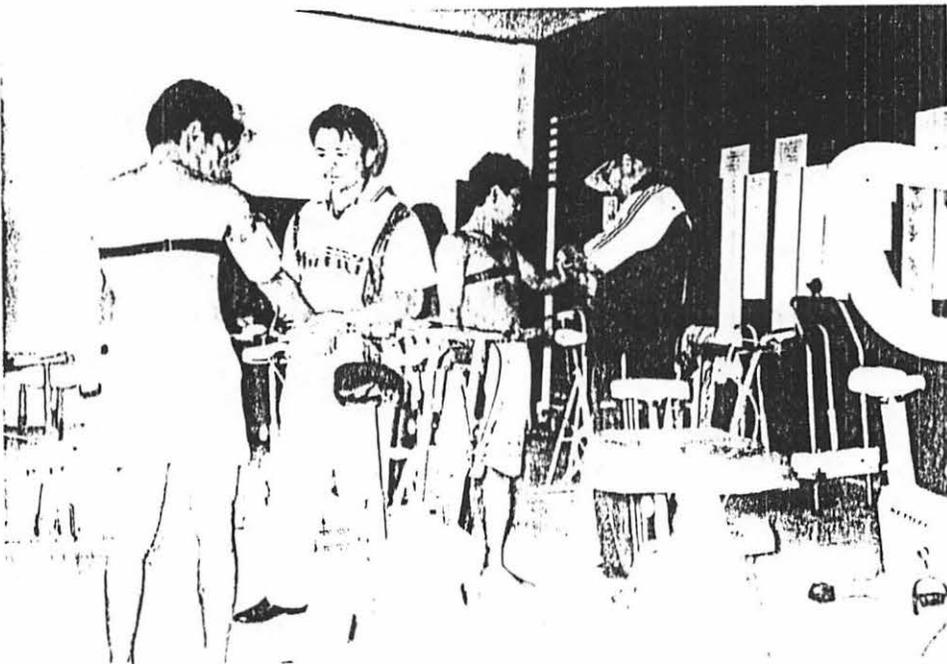
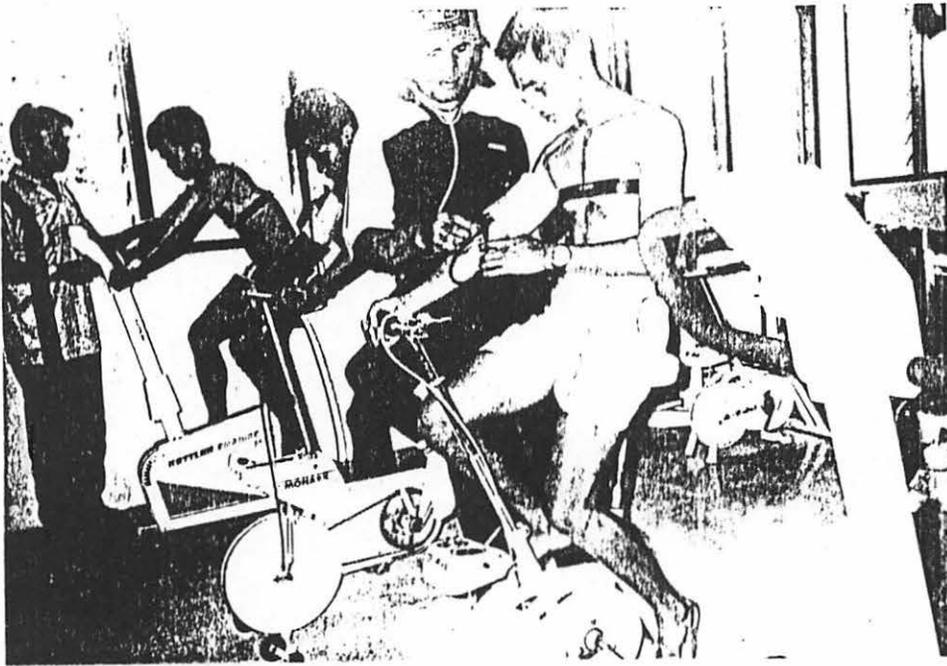


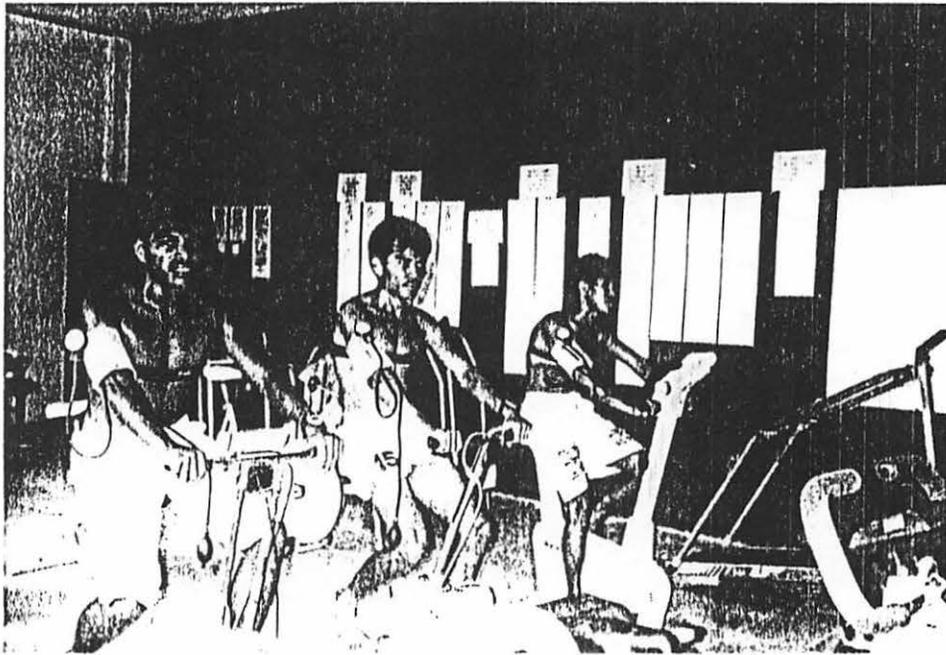
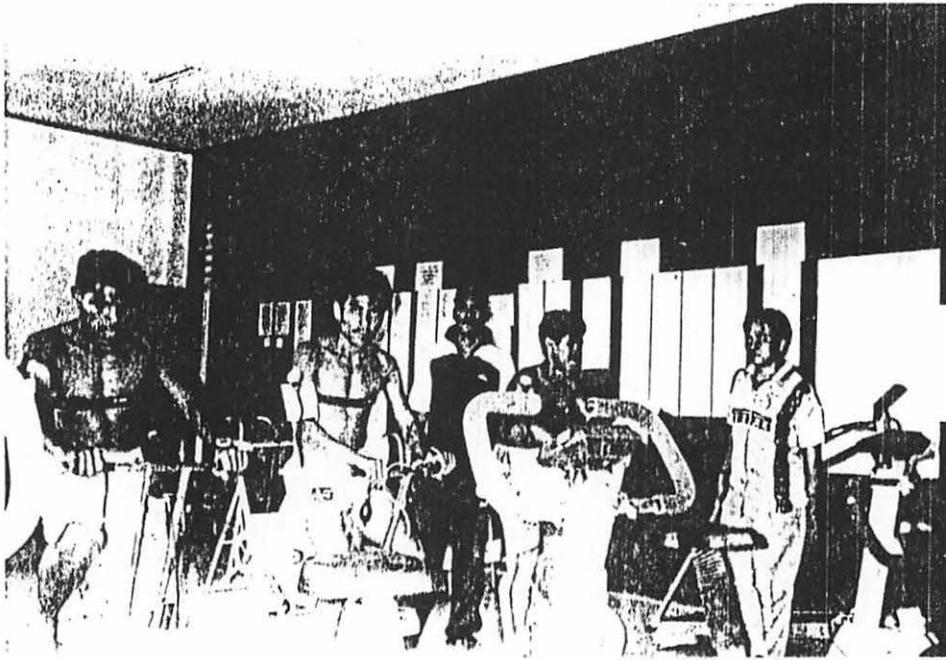
MILIK
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA

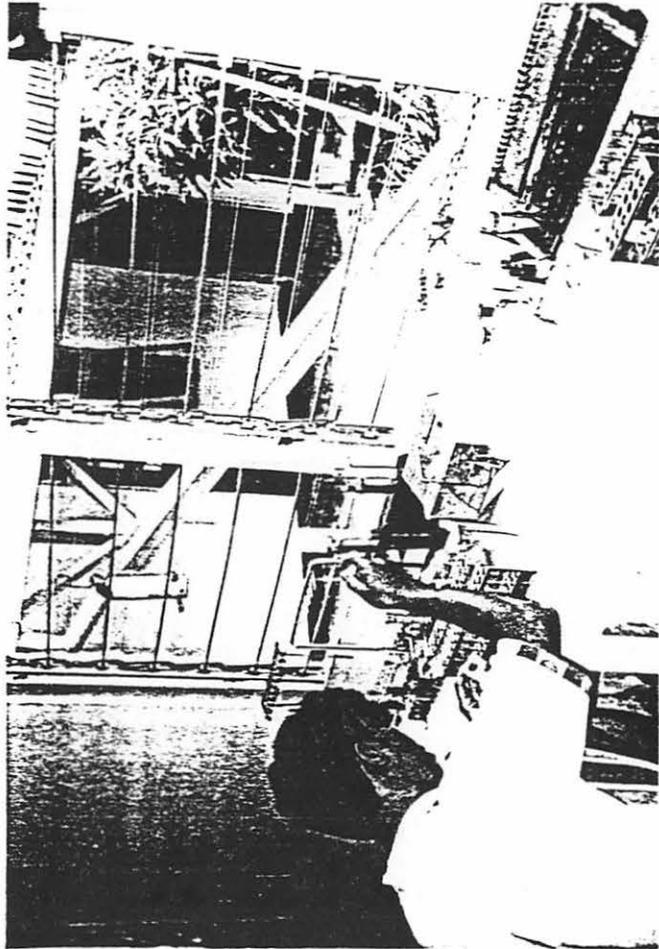














Lampiran 10

Menghitung Besar Sampel

Dari hasil penelitian diperoleh data jumlah leukosit sebagai berikut:

1. Kelompok perlakuan pertama (kelompok aerobik 80%):

$$\bar{X}_{T1} = 12.405,00$$

$$SD = 1.230,84$$

$$\frac{SD}{\bar{X}_{T1}} = 0,099221281$$

2. Kelompok perlakuan kedua (kelompok aerobik 65%):

$$\bar{X}_{T2} = 11.937,50$$

$$SD = 1.141,89$$

$$\frac{SD}{\bar{X}_{T2}} = 0,095655706$$

3. Kelompok kontrol:

$$\bar{X}_k = 8.255,00$$

$$SD = 1.083,60$$

$$\frac{SD}{\bar{X}_k} = 0,131265899$$

Selanjutnya data di atas dihitung dengan rumus dari Higgins & Kleinbaum (1985) sebagai berikut :

$$n = \frac{1}{1 - \Gamma} \times \frac{2 (Z\alpha + Z\beta)^2 \cdot SD^2}{(X_k - X_1)^2}$$

Hasil penghitungan besar sampel dengan menggunakan rumus Higgins di atas seperti tertera pada tabel sebagai berikut:

No.	Pembandingan	α	β	$Z\alpha$	$Z\beta$	SD	r	X_k	X_t	n
1.	Kelompok 1 dengan Kelompok 3	0,05	0,10	1,96	1,28	1.083,6	0,20	8.255,0	12.405,0	1.789
2.	Kelompok 2 dengan Kelompok 3	0,05	0,10	1,96	1,28	1.083,6	0,20	8.255,0	11.937,5	2.272