

kk  
TKO 10/02

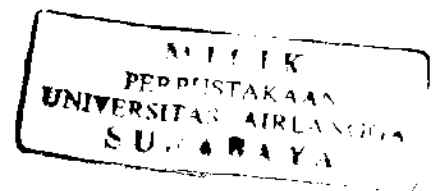
# TESIS

dit

p

## PENGARUH LATIHAN ANAEROBIK INTERVAL TERHADAP PENINGKATAN JUMLAH MITOKONDRIA PADA OTOT SKELET TIKUS

PENELITIAN EKSPERIMENTAL LABORATORIS



OLEH

**SISWANTOYO**

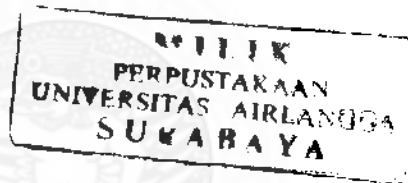
**PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA**

**2002**

# **T E S I S**

## **PENGARUH LATIHAN ANAEROBIK INTERVAL TERHADAP PENINGKATAN JUMLAH MITOKONDRIA PADA OTOT SKELET TIKUS**

**PENELITIAN EKSPERIMENTAL LABORATORIS**



OLEH

**SISWANTOYO**

**PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA  
2002**

**PENGARUH LATIHAN ANAEROBIK INTERVAL  
TERHADAP PENINGKATAN JUMLAH MITOKONDRIA  
PADA OTOT SKELET TIKUS**

**PENELITIAN EKSPERIMENTAL LABORATORIS**

**TESIS**

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

Oleh

**SISWANTOYO**

**NIM. 090014128/M**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA  
2002**

## UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Pertama-tama saya panjatkan puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Kuasa atas segala rahmat dan karunia Nya, sehingga penelitian ini dapat selesai pada waktunya.

Terima kasih yang tak terhingga dan penghargaan yang setinggi-tingginya saya sampaikan kepada Prof Dr. H. R. Soekarman, dr. AIF. ( Almarhum) selaku pembimbing ketua yang dengan penuh perhatian dan kesabaran selalu memberikan bimbingan, kritik, saran serta dorongan dan motivasi sejak penyusunan pra-proposal, namun ditengah perjalanan penyusunan proposal ini beliau meninggal dunia.

Terima kasih tak terhingga dan penghargaan yang setinggi-tingginya juga saya sampaikan kepada Prof. Martin Setiabudi, dr. Ph.D. AIF. yang telah berkenan menggantikan dan melanjutkan sebagai Pembimbing ketua, dan RM.Tauhid-al- Amien, dr. AIF. sebagai pembimbing II yang dengan penuh kesabaran membimbing dalam pelaksanaan penelitian hingga selesainya tesis ini.

Dalam kesempatan ini pula, perkenankan saya mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah berkenan membantu saya yakni:

1. Rektor Universitas Airlangga Prof Dr. Med Puruhito, dr, SpBP dan mantan rektor Universitas Airlangga Prof H. Soedarto, dr, DTM&H, Ph.D, Direktur Progam pascasarjana Universitas Airlangga Prof Dr H. Muhammad Amin, dr,

SpP yang telah memberikan kesempatan menjadi mahasiswa di program Pascasarjana Universitas Airlangga.

2. Rektor Universitas Negeri Yogyakarta, Prof Dr Suyanto, Ph.D. yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan program pasca sarjana di Universitas Airlangga Surabaya.
3. Dekan Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Yogyakarta, Dr. Setyo Nugroho yang telah memberikan kesempatan untuk studi lanjut S2 dan selalu memberikan motivasi.
4. dr Soetjipto, MS, PhD. selaku Kepala Laboratorium Biokimia yang banyak membantu dalam perijinan dan penggunaan fasilitas laboratorium Biokimia selama penelitian.
5. Prof. Martin Setiabudi, dr. Ph.D. AIF. selaku Ketua program Studi Ilmu kesehatan Olahraga sampai periode akhir tahun 2001 dan dilanjutkan oleh Dr. Sunarko Setyawan, dr. MS. yang telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan selama menempuh pendidikan di Program Pascasarjana universitas Airlangga.
6. Kepala Laboratorium Anatomi dan Histologi dr H. Abdul kamid, MS, drh Choirul Anwar, MS dan segenap karyawan laboratorium yang telah banyak membantu dalam perijinan, penggunaan fasilitas di laboratorium Anatomi dan Histologi, pembuatan preparat histologis serta melakukan pemotretan preparat histologis selama penelitian.

7. drh. Eduardus Bimo AII, M.kes dan drh. Nove Hidajati, M.kes selaku penanggung jawab pengelolaan kandang percobaan Laboratorium Biokimia FK Unair dan membantu menyediakan fasilitas untuk pelaksanaan penelitian.
8. Panitia penguji proposal dan tesis: Prof.Dr. Martin Setiabudi, dr.AIF. Dr. RM.Tauhid Al Amien, AIF., dr Choesnan Effendi, AIF, Dr sunarko Setyawan,dr. MS, Dr Elyana STP Asnar ,dr, MS yang telah memberikan masukan dan saran untuk perbaikan tesis saya.
9. Seluruh Dosen pengajar Program Studi Ilmu Kesehatan Olah Raga yang banyak membantu selama menempuh pendidikan.
10. Kepada Dr. IG. Ketut Suidiana, MS dan Tania AS Haryadi, Dra. MS. selaku Konsultan Histologi dan seluruh staf elektron Mikroskop Universitas Airlangga, yang telah berkenan memberikan bantuan dan layanan fasilitas sampai penyusunan tesis ini selesai.
11. Kepada bapak Herry Soemantoro, mbak Lenny dan bapak Soejitno yang telah banyak membantu dalam penyediaan dan pemeliharaan hewan coba, pengambilan dan preparasi unit analisis penelitian di Laboratorium Ilmu Biokimia dan Ilmu Anatomi dan Histologi Fakultas Kedokteran Unair.
12. Rekan-rekan mahasiswa IKOR-2000 yang telah banyak bekerja sama dan membantu dalam pendidikan program magister.
13. Terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada isteri tercinta Herni Rahayu, SE. yang dengan tulus ikhlas telah membantu dan memberikan dukungan baik moril maupun materiil, serta selalu setia dikala suka dan duka.

14. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian penelitian dan penyusunan tesis ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

**Akhirnya ku persembahkan gelar kesarjanaan Magister Kesehatan ini untuk Bapak dan Ibu disertai ucapan terima kasih yang tak terhingga atas segala doa, jerih payah dan pengorbanan yang tidak mungkin akan dapat terbalaskan. Untuk mbak Dhani sekeluarga, Wanti sekeluarga dan adikku Rini sekeluarga, terima kasih untuk segala bantuan dan dukungan baik moril maupun material yang di berikan dari awal hingga akhir pendidikan ini.**

Untuk Mas Jendhoel, Opeal, dan Dik Lala, yang selalu menunggu dan merindukan kepulanganku setiap akhir pekan, mudah-mudahan kelak besar kalian dapat meraih lebih tinggi dari apa yang kudapatkan saat ini.

Dengan segenap kerendahan hati penulis mohon maaf atas segala kekurangan.  
Billahit taufik wal hidayah, wassalamu'alaikum wr . wb

Surabaya , Juni 2002

**P e n u l i s**

## ABSTRACT

The influence of anaerobic interval training to increase numbers mitochondria remains controversial. Physiobiological approach was used in this study to investigate the effect of anaerobic interval training to increase the numbers of mitochondria. The purpose this study to observe the influence of anaerobic interval training toward numbers mitochondria. The study applied "*Randomized Posttest Only Control Group Design*". The samples were 42 male and 10 weeks old wistar strain *rattus norvegicus* rats. The samples divide into 3 groups: (1) control group, no treatment, (2) the first group (4 weeks), (3) the second group (8 weeks). The treatment swimming program during 8 weeks with frequency 3 per weeks, 2 repetition. The data of mitochondria count were taken after training program. The mitochondria count conducted manually on a light microscope. The result showed that after anaerobic interval training program there was an increase the numbers of mitochondria as indicated in control group ( $8.21 \pm 1.19$ ), the first group, 4 weeks ( $11.64 \pm 0.93$ ) and the second group, 8 weeks ( $15.14 \pm 1.23$ ). Analize showed in mitochondria variabel revealed significant difference ( $p < 0.05$ ). In general, effect of anaerobic interval training presenting as change the numbers of mitochondria (1) anaerobic interval training program during 4 weeks, 3/weeks, 2 repetition, increase the numbers mitochondria 29.47%. (2) anaerobic interval training program during 8 weeks, 3/weeks, 2 repetition, increase the numbers mitochondria 45.77%. (3) anaerobic interval training program during 8 weeks more increase the numbers of mitochondria than the anaerobic interval training program during 4 weeks. The everage increase the numbers of mitochondria per-4 weeks 26.29%. In conclusion, anaerobic interval training program can increase numbers of mitochondria.

**Keywords:** anaerobic, interval training, mitochondria.



## RINGKASAN

Latihan dibedakan menjadi dua macam yaitu latihan yang bersifat aerobik dan latihan yang bersifat anaerobik. Latihan aerobik dapat meningkatkan jumlah mitokondria pada otot skelet tikus. Namun pengaruh latihan anaerobik interval terhadap peningkatan jumlah mitokondria belum terungkap dengan jelas. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan bahwa latihan anaerobik interval dapat meningkatkan jumlah mitokondria pada otot skelet tikus (*Rattus Norvegicus* strain *Wistar*).

Rancangan penelitian adalah *randomized posttest only control group design*. Hewan coba yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus putih *Rattus norvegicus* strain *wistar*, jantan berumur 2,5 bulan. Hewan coba sebanyak 42 ekor dibagi secara acak dalam tiga kelompok (kelompok kontrol, kelompok perlakuan I, dan kelompok perlakuan II). Kelompok kontrol tidak diberi perlakuan. Kelompok perlakuan I diberi perlakuan berupa renang selama 4 minggu, frekuensi 3 kali/minggu (senin, rabu dan jum'at), 2 set/pertemuan dan dimulai pada awal minggu kelima. Kelompok perlakuan II diberi perlakuan berupa renang selama 8 minggu, frekuensi 3 kali/minggu (senin, rabu dan jum'at) . 2 set/pertemuan. Jumlah mitokondria diukur setelah selesai program latihan. Metode pewarnaan histologi yang digunakan adalah dengan Mallory Azan (MA) dan penghitungan jumlah mitokondria dengan menggunakan mikroskop cahaya. Data hasil pengukuran diolah dengan menggunakan statistik deskriptif dan statistik inferensial (uji normalitas, uji homogenitas, uji t antar waktu, anava satu jalur dan LSD) dengan taraf signifikansi 5%.

Setelah latihan jumlah mitokondria pada kelompok kontrol ( $X=8.21$   $SD=1.19$ ), kelompok perlakuan I ( $X=11.64$   $SD=0.93$ ), dan kelompok perlakuan II ( $X=15.14$   $SD=1.23$ ). Hasil uji anava satu jalur pada variabel jumlah mitokondria memberikan hasil bahwa ada perbedaan yang bermakna ( $p=0.000$ ). Uji LSD menunjukkan bahwa jumlah mitokondria kelompok kontrol dan kelompok perlakuan I terdapat ada perbedaan yang bermakna ( $p<0.05$ ), jumlah mitokondria antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan II terdapat ada perbedaan yang bermakna ( $p<0.05$ ), dan jumlah mitokondria antara kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II terdapat ada perbedaan yang bermakna ( $p<0.05$ ).

Latihan anaerobik interval selama 4 minggu meningkatkan jumlah mitokondria pada otot skelet tikus ( $X=11.64$   $SD=0.93$ ), dibandingkan dengan kelompok kontrol ( $X=8.21$   $SD=1.19$ ). Latihan anaerobik interval selama 8 minggu meningkatkan jumlah mitokondria pada otot skelet tikus ( $X=15.14$   $SD=1.23$ ), dibandingkan dengan kelompok kontrol ( $X=8.21$   $SD=1.19$ ). Latihan anaerobik interval selama 8 minggu lebih meningkatkan jumlah mitokondria pada otot skelet tikus ( $X=15.14$   $SD=1.23$ ) dibandingkan dengan kelompok perlakuan I ( $X=11.64$   $SD=0.93$ ). Jadi latihan anaerobik interval selama 4 minggu meningkatkan jumlah mitokondria pada otot skelet sebesar 41.78%. Latihan anaerobik interval selama 8 minggu meningkatkan jumlah mitokondria pada otot skelet sebesar 84.41%. Latihan anaerobik interval selama 8 minggu lebih meningkatkan jumlah mitokondria pada otot skelet (*gastrocnemius*) dibandingkan dengan latihan anaerobik interval selama 4 minggu. Dengan demikian latihan anaerobik interval dapat meningkatkan jumlah mitokondria.

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Sampul Dalam.....	ii
Prasyarat Gelar.....	iii
Halaman Persetujuan.....	iv
Halaman panitia Penguji .....	v
Ucapan terimakasih.....	vi
Abstract.....	x
Ringkasan.....	xi
Daftar Isi.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR GRAFIK.....	xx
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
DAFTAR SINGKATAN.....	xxii

### BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6

**BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Latihan Aerobik.....	7
2.2 Latihan Anaerobik.....	8
2.3 Sistem Penyediaan Energi.....	9
2.3.1 Sistem ATP – PC.....	10
2.3.2 Sistem Glikolisis Anaerobik.....	11
2.3.3 Sistem Aerobik.....	13
a. Glikolisis Aerobik.....	14
b. Siklus Krebs.....	15
c. Sistem Transport Elektron.....	16
2.4 Metode Latihan Interval.....	17
2.5 Dosis Latihan (Intensitas, Frekuensi, Durasi, Jenis latihan )....	18
2.6 Adaptasi Tubuh Terhadap Dosis Latihan.....	20
2.7 Struktur Otot Rangka.....	23
2.8 Mekanisme Kontraksi dan Relaksasi Otot Rangka.....	25
2.8.1 Mekanisme Kontraksi Otot Rangka.....	25
2.8.2 Mekanisme Relaksasi.....	28
2.9 Karakteristik Mitokondria.....	29
2.9.1 Anatomi dan Histologi Mitokondria.....	29
2.9.2 Fungsi Mitokondria.....	32
2.10 Hormon Yang Berpengaruh Pada Mitokondria.....	34
2.11 Mekanisme Replikasi DNA Mitokondria.....	35

2.12 Hubungan Latihan Terhadap Jumlah Mitokondria.....	38
--	----

**BAB 3 KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS**

3.1 Kerangka Konseptual.....	41
3.2 Hipotesis.....	43

**BAB 4 METODE PENELITIAN**

4.1 Jenis Penelitian.....	44
4.2 Rancangan Penelitian.....	44
4.3 Sampel.....	45
4.4 Variabel Penelitian.....	46
4.5 Definisi Operasional.....	47
4.5.1 Latihan Anaerobik Interval.....	47
4.5.2 Jumlah Mitokondria.....	47
4.5.3 Hewan Coba.....	48
4.5.4 Kesehatan Fisik Hewan Coba.....	48
4.5.5 Diet Hewan Coba.....	48
4.5.6 Kandang Hewan Coba.....	58
4.5.7 Berat Badan Hewan Coba.....	59
4.6 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	59
4.6.1 Waktu Penelitian.....	59
4.6.2 Lokasi Penelitian.....	59

4.7	Cara Pemeriksaan.....	49
4.7.1	Cara Pengambilan Data.....	49
4.7.2	Langkah Pemeriksaan Jumlah Mitokondria.....	50
4.8	Alat dan Bahan Penelitian.....	50
4.9	Teknik Analisis Data.....	52
<b>BAB 5 HASIL PENELITIAN</b>		
5.1	Hasil Statistik Deskriptif.....	53
5.1.1	Variabel Berat Badan.....	53
5.1.2	Variabel Jumlah Mitokondria.....	55
5.2.	Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas Varians	
	Variabel Jumlah Mitokondria dan Berat Badan.....	56
5.2.1	Uji Normalitas.....	56
A.	Uji Normalitas Kelompok Kontrol.....	56
B.	Uji Normalitas Kelompok Perlakuan I (4 minggu).....	57
C.	Uji Normalitas Kelompok Perlakuan II (8 Minggu).....	58
5.3.	Hasil Uji Anava Satu Jalur Variabel Jumlah Mitokondria	
	dan Berat Badan.....	59
5.3.1	Hasil Uji Anava Satu Jalur Variabel jumlah Mitokondria...	59
5.3.2	Hasil Uji Anava Satu Jalur Variabel Berat Badan.....	64
5.4.	Hasil Uji T Antar Waktu Variabel Berat Badan.....	63

**BAB 6 PEMBAHASAN**

6.1. Pembahasan Metode Penelitian.....	65
6.2 Pembahasan Program Latihan.....	66
6.3. Pembahasan Perhitungan Jumlah Mitokondria.....	68
6.4. Pembahasan Hasil Penelitian.....	70
6.4.1 Hasil Uji Normalitas Distribusi dan Homogenitas Varian...	70
6.4.2 Variabel Berat Badan.....	72
6.4.3 Pengaruh latihan Pada Zona Aerobik Interval Terhadap Jumlah Mitokondria.....	76

**BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN**

7.1 Kesimpulan.....	81
7.2 Saran.....	81

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>83</b>
----------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>88</b>
----------------------	-----------

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Berbagai bentuk latihan berdasarkan asam laktat dan denyut nadi.....	9
Gambar 2.2	: Sistem ATP-PC (Phospagen system).....	10
Gambar 2.3	: Glikolisis Anaerobik.....	12
Gambar 2.4	: Serangkaian proses glikolisis aerobik.....	13
Gambar 2.5	: Skematis glikolisis aerobik.....	14
Gambar 2.6	: Siklus Krebs .....	15
Gambar 2.7	: Sistem Transport elektron. ....	17
Gambar 2.8	: Pola respon adaptasi tubuh pada pemberian dosis latihan fisik... ..	22
Gambar 2.9	: Adaptasi dari frekuensi dan durasi latihan.....	23
Gambar 2.10	: Struktur mitokondria.....	30
Gambar 2.11	: Model replikasi mtDNA .....	36
Gambar 6.1	: Overkompensasi latihan.....	75



## DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	: Hasil penghitungan jumlah mitokondria.....	55
Tabel 5.3	: Hasil uji normalitas distribusi kelompok kontrol .....	56
Tabel 5.4	: Hasil uji normalitas distribusi kelompok perlakuan I.....	57
Tabel 5.5	: Hasil uji normalitas distribusi kelompok perlakuan II.....	58
Tabel 5.5	: Hasil uji anava satu jalur variabel jumlah mitokondria dan berat badan .....	60



## DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1	: Berat badan kelompok kontrol, Kp I dan Kp II.....	54
Grafik 6.1	: Perbandingan peningkatan jumlah mitokondria pada kelompok kontrol, Kp I dan Kp II.....	77



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	: Skema pelaksanaan penelitian.....	88
Lampiran 2	: Penghitungan besar sampel.....	89
Lampiran 3	: Berat badan kelompok perlakuan I (4 minggu).....	91
Lampiran 4	: Berat badan kelompok perlakuan II (8 minggu).....	92
Lampiran 5	: Berat badan kelompok kontrol.....	93
Lampiran 6	: Diagram variabel berat badan kelompok kontrol.....	94
Lampiran 7	: Daftar hasil penimbangan berat badan, berat beban, dan Kemampuan renang maksimal.....	96
Lampiran 8	: Teknik pembuatan sediaan histologi pewarnaan M-A.....	98
Lampiran 9	: Cara pengambilan jaringan.....	101
Lampiran 10	: Data penghitungan jumlah mitokondria kelompok kontrol, Kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II.....	103
Lampiran 11	: Uji normalitas distribusi kelompok kontrol.....	104
Lampiran 12	: Uji normalitas distribusi kelompok perlakuan I.....	105
Lampiran 13	: Uji normalitas distribusi kelompok perlakuan II.....	106
Lampiran 14	: Uji normalitas distribusi variabel mitokondria.....	107
Lampiran 15	: Hasil uji anava satu jalur variabel jumlah mitokondria kelompok kontrol, Kp I dan Kp II.....	108
Lampiran 16	: Hasil uji LSD variabel jumlah mitokondria kelompok kontrol, Kp I dan Kp II.....	109

Lampiran 17 : Hasil uji anava satu jalur variabel berat badan pengukuran ke 1 s/d ke 8 kelompok kontrol, Kp I, dan Kp II ..	110
Lampiran 18 : Hasil uji T antar waktu kelompok kontrol.....	118
Lampiran 19 : Hasil uji T antar waktu kelompok perlakuan I.....	123
Lampiran 20 : Hasil uji T antar waktu kelompok perlakuan II.....	128
Lampiran 21 : Hasil uji T antar waktu variabel jumlah mitokondria dan berat badan pengukuran ke 8.....	133
Lampiran 22 : Dokumentasi pelaksanaan penelitian.....	134
Lampiran 23 : Hasil pemotretan preparat histologi .....	137



## DAFTAR SINGKATAN

- AchE* : *acetilkoliterase*
- ACTH* : *adrenocorticotropin*
- ADP* : *Adenosin diphosphate*
- ATP* : *Adenosin triphosphate*
- CNS* : *Central Nervous System*
- DNA* : *Dioxyribo nucleid Acid*
- GTP* : *Guanosin triphospate*
- GAS* : *General Adaptation Sindrome*
- GH* : *Growth Hormone*
- H-Strand*: *Heavy Strand*
- IGF* : *Insulin Like Growth Factor*
- LA* : *Lactid Acid*
- L-Strand*: *Light Strand*
- Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> pump*: *Natrium Kalium Pump*
- PC* : *Phospho Creatine*
- STE* : *Sistem Transport elektron*
- TCA* : *Tricarboxylic acid*
- VO<sub>2</sub>max*: *Volume Oksigen Maksimal*

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Pada hakekatnya keberhasilan suatu pembinaan olahraga untuk menuju ke prestasi puncak tidak akan lepas dari sumbangan keilmuan yang mendukung. Keilmuan yang mendukung dalam proses pembinaan antara lain: ilmu anatomi, fisiologi, biomekanika, statistika, tes dan pengukuran, *sport medicine*, psikologi, belajar gerak, gizi, *pedagogy*, sejarah dan sosiologi (Bompa, 1994). Berbagai keilmuan di atas sangat mendukung dalam pelaksanaan pembinaan untuk mencapai puncak prestasi yang diinginkan. Dalam pelaksanaan pelatihan di lapangan, ditemukan berbagai cara untuk meningkatkan *performance* (penampilan, prestasi) atlet. Secara garis besar kemampuan fisik atlet dapat ditingkatkan secara aerobik dan anaerobik. Untuk dapat menampilkan *performance* yang baik, atlet harus memiliki cadangan energi yang memadai. Dengan melakukan latihan diharapkan tubuh mampu beradaptasi terhadap beban yang diberikan. Ada dua macam adaptasi dalam sel otot setelah latihan yaitu: 1). adanya peningkatan jumlah dan daerah permukaan membran mitokondria. 2). adanya peningkatan aktivitas atau konsentrasi enzim yang terlibat dalam siklus kreb's dan sistem transport elektron (Fox and Bowers, 1993). Berkaitan dengan proses adaptasi tersebut, latihan daya tahan aerobik (*aerobic endurance*) menyebabkan peningkatan jumlah mitokondria pada otot yang dilatih (Lamb, 1984). Selain terjadi perubahan jumlah dan atau ukuran mitokondria juga terdapat

adanya perubahan yang menyertai besarnya kapasitas mitokondria yang terlatih untuk memproduksi ATP sebagai hasil dari tingginya aktivitas enzim pada siklus kreb's, sistem transport elektron, dan sistem metabolisme yang lain yang berhubungan dengan produksi ATP. Namun sampai saat ini pengaruh latihan yang bersifat anaerobik seperti latihan anaerobik Interval terhadap peningkatan persentase jumlah mitokondria masih memerlukan pembuktian.

Latihan dapat meningkatkan regulasi *Central Nervous System (CNS)*, kapasitas sistem transport oksigen, proses oksidasi dan jumlah *Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup> pump* (Perdesen, 1997). Latihan yang dilakukan teratur, terarah dan terprogram mempengaruhi bentuk dan fungsi fisiologis otot. Beberapa perubahan fisiologis yang terjadi dalam otot antara lain: peningkatan kepadatan kapiler darah, jumlah serabut syaraf, konsentrasi myoglobin, ukuran dan jumlah mitokondria (Fox, 1993). Latihan anaerobik akan meningkatkan kekuatan otot dan produksi energi glikolitik, serta mempengaruhi kapasitas aerobik dalam otot (Willmore and Costile, 1988). Untuk dapat melakukan aktivitas anaerobik dibutuhkan ATP yang banyak, sedangkan persediaan energi tinggi ATP-PC di dalam tubuh sangat terbatas. Dengan demikian latihan anaerobik tersebut akan semakin merangsang aktivitas kerja enzim ATPase dan pembentukan tempat pembuatan ATP yang lebih banyak, dalam rangka memenuhi kebutuhan ATP yang diperlukan.

Pada dasarnya tubuh mempunyai kemampuan untuk homeostasis dan adaptasi terhadap *stimulus* (rangsangan) yang diberikan. Bila tubuh membutuhkan energi dalam jumlah yang melebihi persediaan, maka tubuh akan beradaptasi dengan menambah jumlah produksi energi sesuai dengan yang diperlukan.

Adapun latihan fisik yang diberikan bertujuan untuk pencapaian penyesuaian biologis agar dapat tampil secara optimal dalam melaksanakan tugas khusus (McArdle, 1981). Untuk dapat tampil secara maksimal, maka latihan harus dilakukan secara berulang dan beban latihan ditingkatkan agar diperoleh peningkatan kekuatan dan daya tahan otot. Peningkatan kekuatan dan daya tahan otot akan terbentuk setelah terjadi perubahan fisiologis didalam otot sebagai akibat dari latihan. Selama ini pendekatan latihan aerobik lebih dikembangkan dibanding dengan bentuk latihan anaerobik interval, yang bertujuan untuk merangsang peningkatan jumlah mitokondria sebagai tempat pembuatan energi tinggi ATP, dalam upaya memenuhi kebutuhan energi yang diperlukan. Meskipun demikian, sejauh ini secara *histokimia* peningkatan persentase jumlah mitokondria dengan bentuk latihan Anaerobik Interval belum sepenuhnya dapat dijelaskan.

Penelitian ini akan menguji peningkatan jumlah mitokondria sebagai tempat pembuatan energi tinggi ATP yang merupakan efek dari pemberian latihan Anaerobik Interval. Walaupun pada dasarnya latihan anaerobik secara langsung dapat mempengaruhi kemampuan aerobik, namun hal tersebut belum merupakan pengaruh suatu dosis tertentu terhadap variabel tersebut. Paradigma yang akan digunakan adalah fisiobiologi. Secara konseptual latihan fisik dapat merupakan *stressor* terhadap kinerja organ dalam sel khususnya dalam mitokondria. Oleh karena itu latihan anaerobik yang membutuhkan energi ATP lebih banyak, mampu merangsang organ sel khususnya mitokondria untuk menyediakan ATP lebih banyak pula, dan bila tidak mencukupi maka akan melakukan replikasi. Hal ini dapat dipakai untuk memprediksi adaptasi *respons* latihan yang diberikan, dan



dapat digunakan sebagai konsep pada kondisi awal individu, sebelum kajian lebih lanjut dalam kajian eksperimen dapat dilakukan. Konsep ini tampaknya memberikan peluang untuk menjelaskan peningkatan jumlah mitokondria sebagai tempat pembuat ATP pada otot skelet tikus sebagai akibat dari latihan anaerobik interval. Dengan mencermati bentuk hubungan yang tergambar pada alur pikir dalam kerangka konseptual penelitian, diharapkan dapat menghasilkan solusi dalam menjelaskan peningkatan jumlah mitokondria sebagai akibat dari pemberian latihan anaerobik interval.

## 1.2. Rumusan Masalah

Pada dasarnya latihan dapat dikategorikan menjadi dua yaitu latihan yang bersifat aerobik dan latihan anaerobik. Latihan yang terarah, teratur, dan terprogram dapat mempengaruhi bentuk dan fungsi fisiologis otot. Latihan aerobik lebih dikembangkan dibandingkan dengan latihan anaerobik, yang bertujuan untuk merangsang peningkatan jumlah mitokondria. Latihan daya tahan aerobik (*aerobic endurance*) menyebabkan peningkatan jumlah mitokondria pada otot yang dilatih (Lamb, 1984).

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

Apakah ada peningkatan persentase jumlah mitokondria pada otot skelet tikus (*Gastrocnemius*) akibat latihan anaerobik interval ?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

#### **1.3.1 Tujuan Umum**

Untuk membuktikan peningkatan persentase jumlah mitokondria pada otot skelet tikus (*Gastrocnemius*) sebagai akibat dari latihan anaerobik interval.

#### **1.3.2 Tujuan Khusus**

1. Membuktikan bahwa latihan anaerobik interval selama 4 minggu dapat meningkatkan persentase jumlah mitokondria pada otot skelet (*Gastrocnemius*) tikus.
2. Membuktikan bahwa latihan anaerobik interval selama 8 minggu dapat meningkatkan persentase jumlah mitokondria pada otot skelet (*Gastrocnemius*) tikus.
3. membuktikan bahwa latihan anaerobik interval selama 8 minggu dapat lebih meningkatkan persentase jumlah mitokondria pada otot skelet (*Gastrocnemius*) tikus dibandingkan dengan latihan anaerobik interval selama 4 minggu..

#### 1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui peningkatan jumlah mitokondria pada otot skelet tikus (*Gastrocnemius*) sebagai akibat latihan Anaerobik Interval.
2. Memberikan sumbangan dalam pengembangan ilmu pengetahuan tentang kesehatan olahraga, dan dapat memperluas cakrawala berpikir bagi para pelatih, pembina olahraga dalam upaya meningkatkan kesegaran jasmani dan meningkatkan kemampuan tubuh untuk memproduksi energi tinggi ATP dalam jumlah yang lebih banyak.
3. Dapat dijadikan dasar acuan untuk penelitian yang relevan.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memberikan gambaran secara jelas tentang peningkatan jumlah mitokondria pada otot skelet akibat latihan anaerobik interval, maka dalam tinjauan pustaka ini akan diuraikan tentang: Latihan Aerobik, Latihan Anaerobik, Sistem Penyediaan Energi, Metode Latihan Interval, Dosis Latihan, Adaptasi Tubuh Terhadap Dosis Latihan, Struktur dan Fungsi Otot Rangka, Mekanisme Kontraksi dan Rileksasi Otot Rangka, Karakteristik Mitokondria, Hormon yang Berpengaruh pada Mitokondria, Mekanisme Replikasi DNA Mitokondria, dan Hubungan Latihan Terhadap Peningkatan Jumlah Mitokondria.

#### 2.1. Latihan Aerobik

Pada kegiatan olahraga, latihan atau *exercise* dengan *training* atau pelatihan merupakan dua istilah yang masing-masing memiliki makna tersendiri. Latihan (*exercise*) dapat diartikan sebagai gerakan atau aktivitas fisik manusia yang menyangkut penggunaan kelompok-kelompok otot yang besar agar lebih baik dalam gerakan tanpa membebani kelompok otot kecil (Kent, 1994), sedangkan *training* merupakan latihan yang terprogram dan direncanakan dalam waktu yang panjang untuk membantu mempelajari kemampuan, meningkatkan kebugaran, dan lebih lanjut untuk mempersiapkan atlet pada suatu kompetisi, termasuk *conditioning*, latihan teknik khusus dan persiapan psikologis (Kent, 1994, Neufeldt, 1996). Latihan yang dilaksanakan dalam penelitian termasuk

*training* (pelatihan) sebab program latihan dilaksanakan secara terprogram dan teratur selama 8 minggu, frekuensi 3 kali perminggu, 2 repetisi.

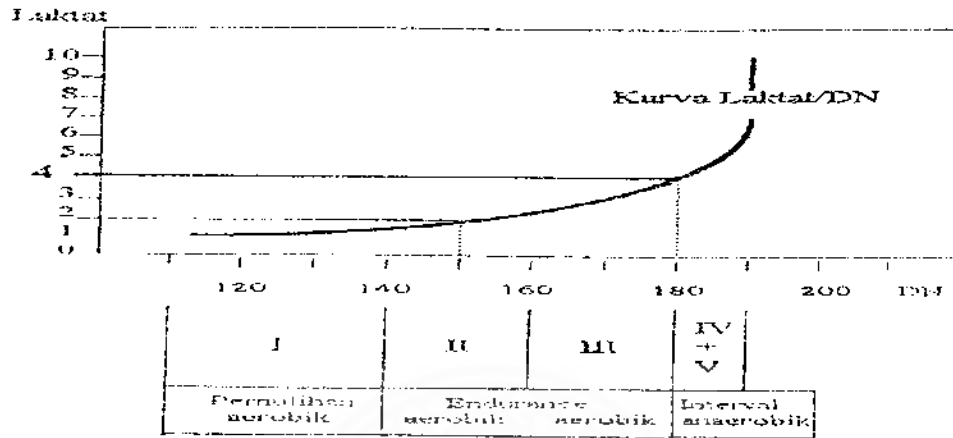
Latihan aerobik adalah suatu aktivitas fisik dapat dilakukan dalam waktu yang relatif cukup lama, yaitu lebih dari 3 menit (Fox and Bowers, 1993). Kemampuan kerja secara aerobik ditentukan oleh kemampuan kerja paru dan kerja jantung, di samping itu juga ditentukan oleh unsur kemampuan metabolisme dalam tubuh. Paru merupakan tempat difusi oksigen dan karbon dioksida di antara *alveolus* dan darah, adapun jantung bekerja untuk memompa darah ke seluruh tubuh sehingga dapat mengedarkan oksigen ke seluruh tubuh dan mengangkut sisa-sisa hasil metabolisme untuk dikeluarkan dari tubuh (Guyton and Hall, 1996).

Kapasitas kerja aerobik dapat ditingkatkan melalui bentuk-bentuk latihan dengan beban ringan dan waktu yang cukup lama (Bompa, 1994). Selain itu, kemampuan aerobik atlet dikembangkan berdasarkan sistem energi predominan yang digunakan (Soekarman, 1989). Sistem yang berperan dalam menyediakan energi untuk resistensi ATP-PC adalah sistem aerobik, dan oleh karena itu disebut dengan latihan aerobik.

## **2.2. Latihan Anaerobik**

Latihan anaerobik adalah suatu bentuk latihan yang dilakukan dalam waktu relatif singkat dengan beban berat (submaksimal–maksimal). Di tinjau dari sistem penyediaan energi predominan yang digunakan, bentuk latihan tersebut

menggunakan bahan bakar karbohidrat. Latihan pada zona anaerobik interval indikator yang digunakan adalah denyut nadi antara 180–200 per menit (Janssen, 1989). Adapun latihan fisik menurut Janssen dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar : 2.1 Berbagai bentuk latihan berdasarkan kadar asam laktat darah dan denyut nadi (DN), (Janssen, 1989).

Latihan dengan intensitas 80%-90% maksimal adalah juga termasuk dalam kategori latihan anaerobik (Fox, 1994). Lebih lanjut menurut Mc.Sherry (2001) latihan yang termasuk anaerobik apabila menggunakan intensitas 85% maksimal.

Terdapat perubahan yang terjadi di dalam otot dengan latihan anaerobik, antara lain: a) peningkatan kapasitas sistem phosphagen (ATP-PC), dan b). peningkatan glikolisis anaerobik.

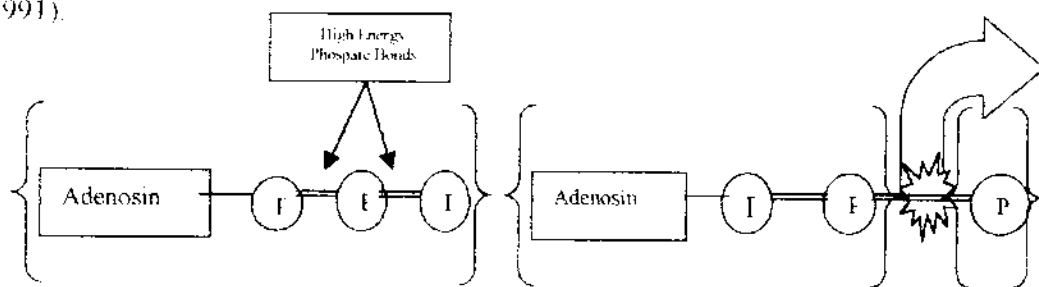
### 2.3. Sistem Penyediaan Energi

Kontraksi atau kerja otot membutuhkan energi yang berbentuk *Adenosine triphosphate* (ATP). Bahan makanan yang dimakan tidak dapat secara langsung untuk digunakan sebagai energi, tetapi harus diubah menjadi energi kimia yang berbentuk ATP (Soekarman, 1991). ATP yang terbentuk dalam sel otot kemudian

diangkut ke setiap bagian sel yang membutuhkan. Adapun ATP tersebut dapat disediakan dengan tiga cara yaitu: 1). Dengan sistem ATP-PC (*Phosphagen System*), 2). Sistem glikolisis anaerobik (*Lactid Acid System*), dan 3). Sistem aerobik (*Aerobic system*).

### 2.3.1 Sistem ATP-PC (*Phosphagen System*)

Di dalam otot ATP yang tersedia jumlahnya sangat terbatas. Apabila otot berkontraksi dengan cepat dan kuat maka diperlukan ATP yang jumlahnya relatif banyak. ATP yang terdapat di otot hanya cukup untuk penyajian energi selama 5 –10 detik (Fox and Bowers, 1993). Untuk itu perlu adanya pembentukan ATP baru dengan cepat. PC jumlahnya sangat sedikit, dan merupakan cadangan energi tingkat tinggi yang tercepat untuk pembentukan ATP kembali. Reaksi pemecahan ATP dan PC berlangsung sangat cepat, segera setelah ATP digunakan, PC langsung dipecah dan ditambah ADP menghasilkan energi untuk resintesa ATP yang telah digunakan (Fox and Bowers, 1993). Untuk meningkatkan kualitas sistem ATP-PC tersebut diperlukan latihan yang cepat dan berat (Soekarman, 1991).



Gambar 2.2: Sistem ATP-PC (*Phosphagen System*) (Fox and Bowers, 1993)

Sistem ATP-PC ini merupakan sistem penyediaan energi yang paling cepat dan banyak digunakan pada cabang olahraga yang memerlukan kecepatan (Fox and Bowers, 1993). Sedangkan Schumacker, (1999) menyatakan bahwa *phosphocreatine* akan mengalami penurunan pada saat awal latihan, karena sistem *phosphocreatine* digunakan untuk menopang kadar ATP dari percepatan respirasi mitokondria.

Cepatnya proses penyediaan energi melalui sistem phosphagen ini disebabkan karena: 1) Tidak melalui proses reaksi kimia yang panjang, 2) Tidak membutuhkan oksigen, 3) ATP-PC tertimbun di dalam otot (Soekarman, 1991).

### 2.3.2 Sistem Glikolisis Anaerobik

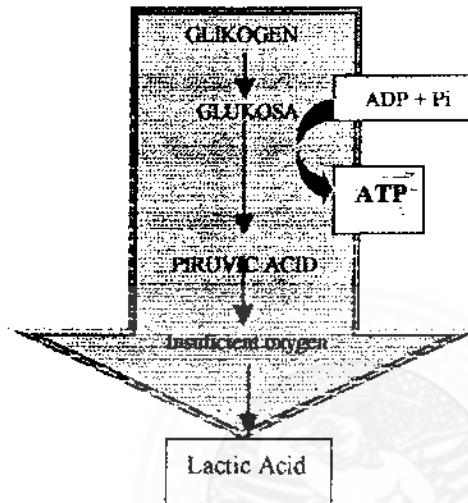
Setelah melakukan latihan yang berat maka cadangan ATP-PC akan menipis karena aktivitas tersebut, maka berikutnya adalah dengan melakukan pemecahan glikogen. Glikolisis anaerobik dapat diartikan sebagai pemecahan glikogen yang tersimpan di dalam sel otot untuk memperoleh energi yang akan digunakan untuk meresintesa ATP. Proses ini lebih rumit dan lebih lambat bila dibanding dengan sistem phosphagen, sebab pada proses ini lebih banyak membutuhkan reaksi kimia yang secara berurutan sampai terbentuknya ATP (Brooks, 1987). Pembentukan energi ini lebih lambat, menurut Bompa (1994) karena proses ini membutuhkan reaksi kimia secara berurutan yang lebih banyak.

Glikolisis anaerobik memiliki ciri-ciri sebagai berikut : 1). Menyebabkan terbentuknya asam laktat yang dapat menyebabkan kelelahan, 2). Tidak



membutuhkan oksigen, 3). Hanya menggunakan karbohidrat, 4). menghasilkan energi untuk meresintesa ATP (Fox and Bowers, 1993).

Secara sederhana proses glikolisis anaerobik dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.3 : Glikolisis Anaerobik (Fox and Bowers, 1993).

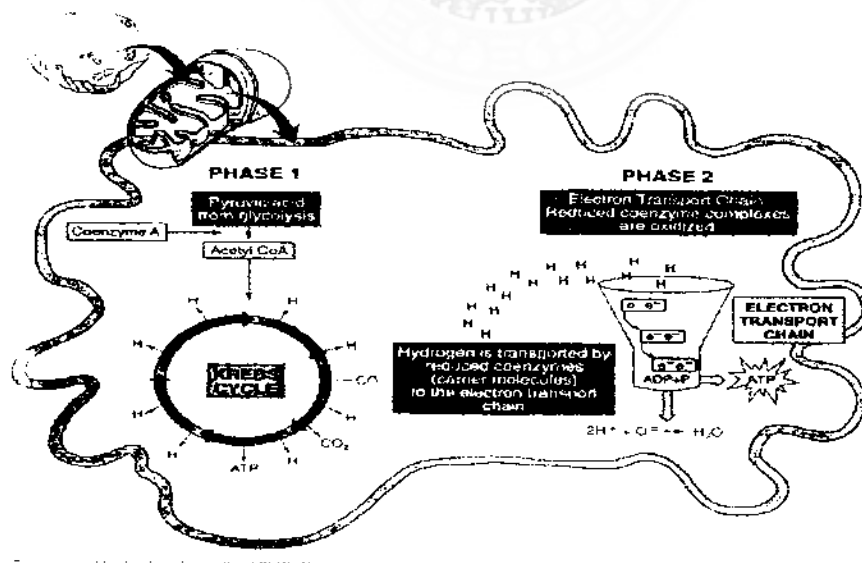
Dalam sistem ini glukosa yang ada di sitoplasma sel otot diubah menjadi energi dan asam piruvat. Dikarenakan tidak cukup oksigen di mitokondria, maka asam piruvat tersebut diubah menjadi asam laktat (Brooks, 1987, Fox and Bowers, 1993). Penumpukkan asam laktat di dalam sel otot akan dapat menyebabkan penurunan *pH* otot, sehingga akan menghambat reaksi kimia didalam sel otot. Menurut Janssen (1989) keadaan yang seperti ini akan menyebabkan terjadinya kelelahan pada otot dan aktivitas otot tidak dapat dilanjutkan kembali.

Asam laktat hasil glikolisis anaerobik, pada waktu *recovery* atau istirahat akan ditransfer ke otot-otot tubuh yang kurang aktif dan ke hati untuk diubah

menjadi asam piruvat (Fox and Bowers, 1993). Proses selanjutnya asam piruvat masuk kedalam aliran darah untuk dikirim ke otot-otot yang aktif, dan dapat digunakan sebagai sumber energi untuk aktivitas aerobik.

### 2.3.3. Sistem Aerobik (*Aerobic System*)

Sistem aerobik adalah suatu sistem penyediaan ATP dalam otot yang berasal dari metabolisme lemak. Sistem aerobik dapat digunakan untuk menyediakan ATP bila oksigen dalam otot mencukupi. Sistem aerobik ini terjadi dalam mitokondria. Proses penyediaan energi dalam sistem ini merupakan suatu proses rangkaian yang panjang dan sangat kompleks, sehingga sistem ini dapat digunakan untuk melakukan aktivitas dalam waktu yang cukup lama. Proses oksidasi yang berlangsung di mitokondria melalui serangkaian proses glikolisis aerobik, siklus Kreb's dan sistem transport elektron.

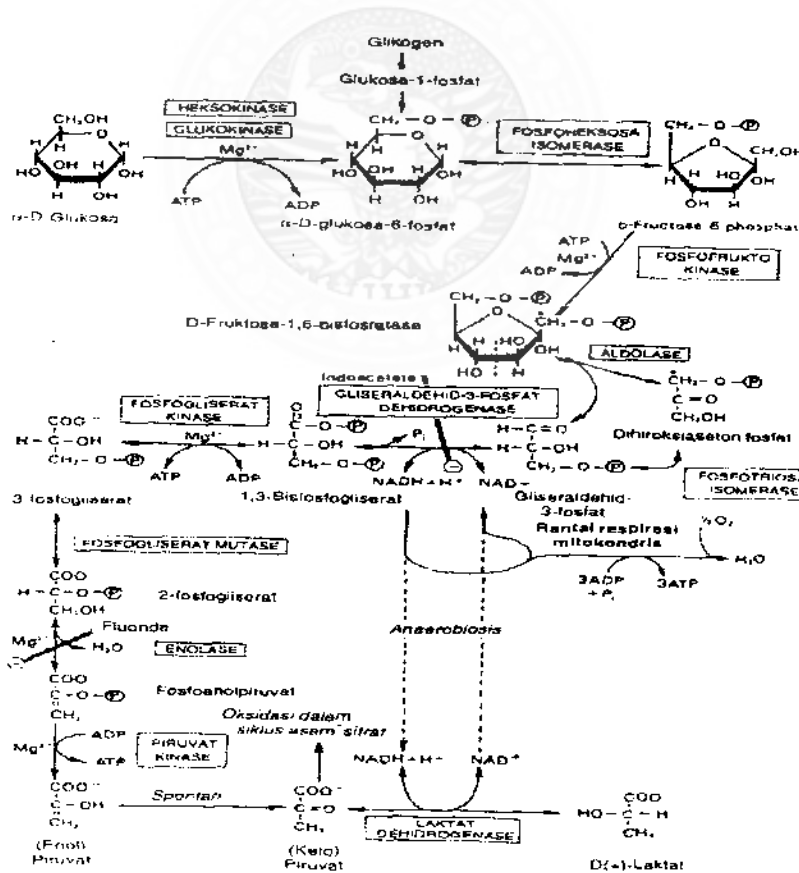


Gambar 2.4 : Serangkaian proses glikolisis aerobik. Phase 1, siklus Kreb's dan Phase 2, sistem transport elektron ( Mc. Ardle, 1994 ).

Untuk lebih jelasnya akan diuraikan sebagai berikut :

a). Glikolisis Aerobik

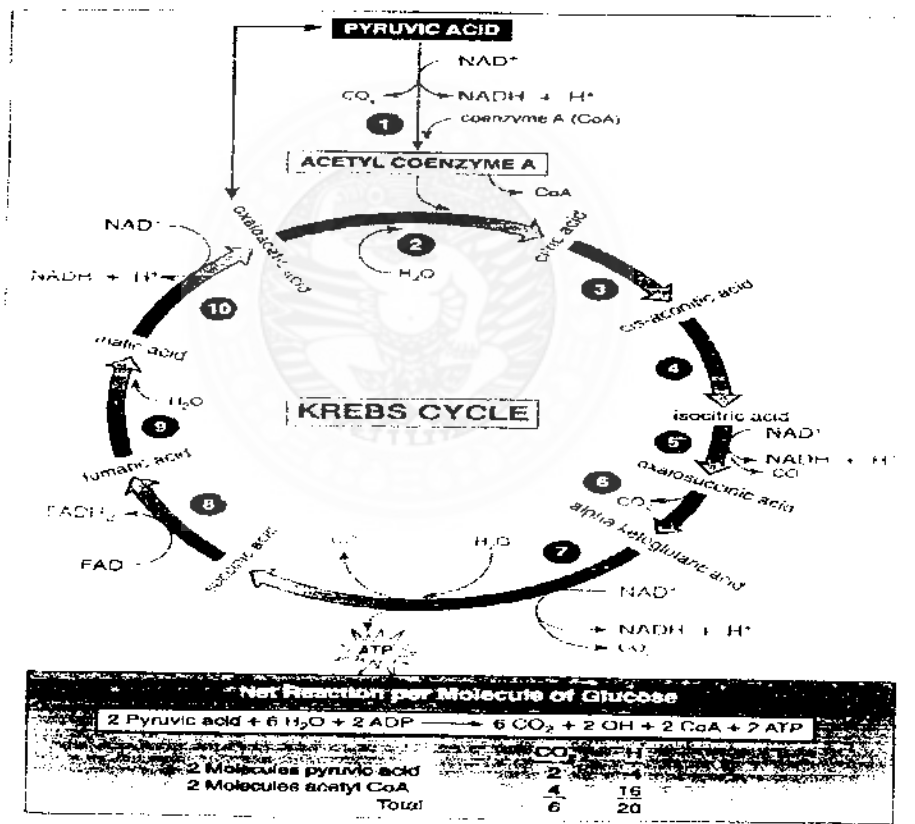
Perbedaan antara glikolisis aerobik dan anaerobik adalah bahwa dalam glikolisis anaerobik asam piruvat tidak masuk ke dalam mitokondria melainkan akan membentuk asam laktat di sitoplasma. Sedangkan bila oksigen mencukupi, asam piruvat akan masuk ke dalam mitokondria melalui sistem enzim yang kompleks dan mengalami serangkaian reaksi kimia yang dikenal dengan siklus kreb's (Lamb, 1984. Fox and Bowers, 1993). Secara skematis glikolisis aerobik dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.5 : Skematis glikolisis aerobik (Murray, 1997)

b). Siklus Kreb's

Pada siklus Kreb's atau siklus asam trikarboksilat (Siklus asam sitrat) terjadi dua perubahan kimia yang terbentuk yaitu CO<sub>2</sub> dan terjadi oksidasi atau terbebasnya elektron-elektron (Mc.Ardle, 1986). Ditinjau dari proses produksi ATP, fungsi utama siklus ini adalah menghasilkan elektron dan selanjutnya, elektron tersebut diikat oleh NAD dan FAD. Gambar siklus kreb's dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar : 2.6 Siklus Kreb's (Mc. Ardle, 1994)

Metabolisme karbohidrat (glikolisis aerobik) adalah setiap asetil yang turut serta dalam siklus ini akan menghasilkan ikatan dehidrogenase dengan

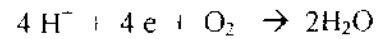
tiga buah NAD dan sebuah FAD serta terbentuk pula GTP (*guanosin triphosphate*) yang mengandung sejumlah energi yang sepadan dengan ATP. Adapun koenzim *NADH* dan *FADH* yang terdiri atas berbagai langkah dehidrogenase akan masuk ke rantai pernafasan atau sistem transportasi elektron.  $\text{CO}_2$  yang terbentuk akan berdifusi ke darah, dibawa ke paru dan selanjutnya dikeluarkan dari tubuh (Astrand dan Rohald, 1986).

c). Sistem Transport elektron

Sistem transportasi elektron ini juga disebut sistem rantai angkut elektron atau rantai pernafasan (*respiratory chain*). Sistem ini sangat rumit, terdiri dari lipoprotein dengan berbagai macam sitokrom dan pembantu lainnya. Rangkaian reaksi yang terjadi sangat kompleks dan dikenal sebagai fosforilasi oksidasi (Mayes, 1985). Pengaliran elektron melalui sistem ini akan membebaskan energi guna fosforilasi ADP menjadi ATP pada tiga titik yang berbeda, dan pada akhir rangkaian tersebut setiap pasang elektron akan bergabung dengan dua proton ( $\text{H}^+$ ) dan  $\text{O}_2$  membentuk molekul air ( $\text{H}_2\text{O}$ ).  $\text{NADH}^2$  masuk ketitik pertama dan menghasilkan NAD dan 3 molekul ATP (Mc. Ardle, 1986). Sedangkan *FADH* akan masuk ke titik kedua menghasilkan FAD dan 2 molekul ATP. Koenzim-koenzim yang baru saja terbebaskan dapat kembali berperan serta dalam proses dehidrogenase lagi.

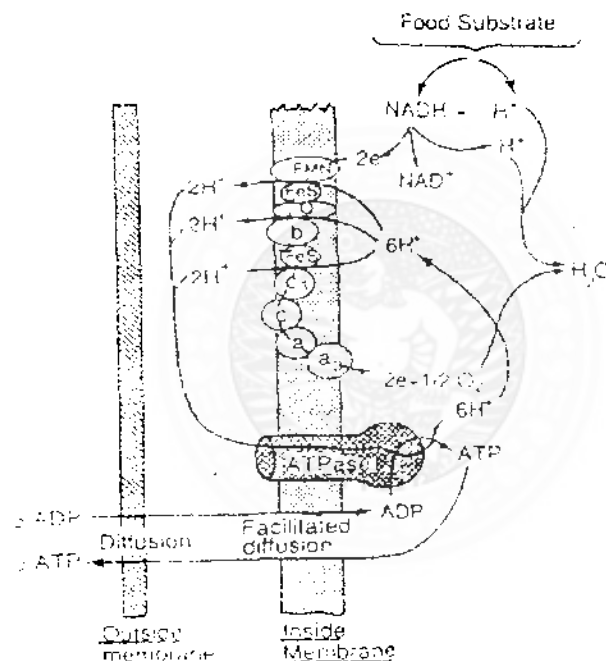
Pada metabolisme karbohidrat atau kelanjutan dari pemecahan glikogen pada tahap ini terbentuk  $\text{H}_2\text{O}$  yang dihasilkan dari persenyawaan  $\text{H}^+$  yang terjadi dalam siklus kreb's serta  $\text{O}_2$  yang kita hirup.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



( Fox and Bowers, 1993 )

Sewaktu terjadi transportasi elektron dalam rantai pernafasan sejumlah energi dilepaskan. Berikut di sajikan gambar system transport elektron.



Gambar: 2.7 Sistem Transport Elektron

## 2.4 Metode Latihan Interval

Latihan interval adalah suatu metode latihan dengan kinerja berulang dan berlangsung silih berganti antara fase melakukan kerja atau latihan dan fase

istirahat (Lamb, 1984. Fox and Bowers, 1993).

Ditinjau dari sistem energi predominan yang digunakan, bentuk latihan Anaerobik Interval menggunakan ATP-PC dan LA-Oksigen (Fox, 1993). Latihan interval terbukti lebih dapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas sistem energi aerobik dan anaerobik secara berimbang. Latihan interval dapat digunakan untuk mengembangkan kapasitas aerobik dan anaerobik (Rushall, 1990). Latihan interval juga dapat digunakan untuk meningkatkan jumlah mitokondria (Mc Shery, 2001). Dalam metode interval ini, pada fase istirahat dapat dilakukan secara "istirahat aktif" dan "istirahat pasif".

Rasio waktu antara kerja dan istirahat (*work-relief ratio*) disesuaikan dengan penggunaan sistem energi utama. Untuk penggunaan sistem energi utama ATP PC *work-relief ratio* yang digunakan dengan perbandingan sebesar 1:3, ATP-PC:LA menggunakan *work-relief ratio* dengan perbandingan 1:3 atau 1:2, sedangkan yang menggunakan sistem energi utama LA-O<sub>2</sub> *work-relief ratio* sebesar 1:2 atau 1:1, serta yang menggunakan sistem energi utama O<sub>2</sub> *work-relief ratio* yang digunakan dengan perbandingan 1:  $\frac{1}{2}$  (Fox and Bowers, 1993). Dengan memperhatikan perbandingan *work-relief ratio* dan sistem energi utama yang digunakan, maka hal tersebut akan dapat lebih memudahkan dalam pembuatan atau pengaturan dosis latihan sesuai dengan yang diharapkan.

## 2.5 Dosis Latihan

Dosis latihan merupakan takaran dan pemberian beban latihan terhadap tubuh. Faktor yang mempengaruhi latihan antara lain :a). intensitas latihan, b).

frekuensi latihan , c).durasi latihan, d). jenis latihan atau bentuk latihan (Fox and Bowers, 1993).

a. Intensitas latihan

Intensitas menunjukkan sebuah kualitas elemen latihan. Intensitas dapat diartikan sebagai tingkatan kualitas (ringan, sub maksimal, maksimal) (Bompa, 1994). Pada latihan interval training intensitas merupakan satu elemen kunci dalam *maximizing improvement* (Fox and Bowers, 1993).

b. Frekwensi latihan

Frekuensi latihan dapat dilakukan 1 kali, 2 kali, 3 kali, 4 kali, dan 5 kali perminggu tergantung tujuan yang ingin dicapai (Fox and Bowers, 1993), sedangkan menurut Mc. Shary (2001), rata-rata frekuensi latihan untuk latihan interval adalah tiga kali per minggu (*the everage frequency for interval training is three times per week*).

c. Durasi (Lama latihan)

Lama latihan dapat diartikan sebagai rentang waktu dapat berupa berapa menit atau berapa jam latihan dilakukan dalam setiap kali latihan dan dapat pula diartikan berapa minggu atau berapa bulan suatu program latihan



berlangsung (Nossek, 1983. Fox, 1993. Bompa, 1994). Terdapat dua hal penting untuk dipertimbangkan dalam durasi dan *relief interval*; 1). Waktu (durasi) dari *relief interval*, dan 2). Tipe aktivitas selama *relief interval* (Fox and Bowers, 1993).

d. Jenis latihan (*type of training program*)

yang dimaksud jenis latihan adalah karakteristik latihan dari intensitas, frekuensi, dan waktu (Setyawan, 1995).

## 2.6 Adaptasi tubuh terhadap dosis latihan.

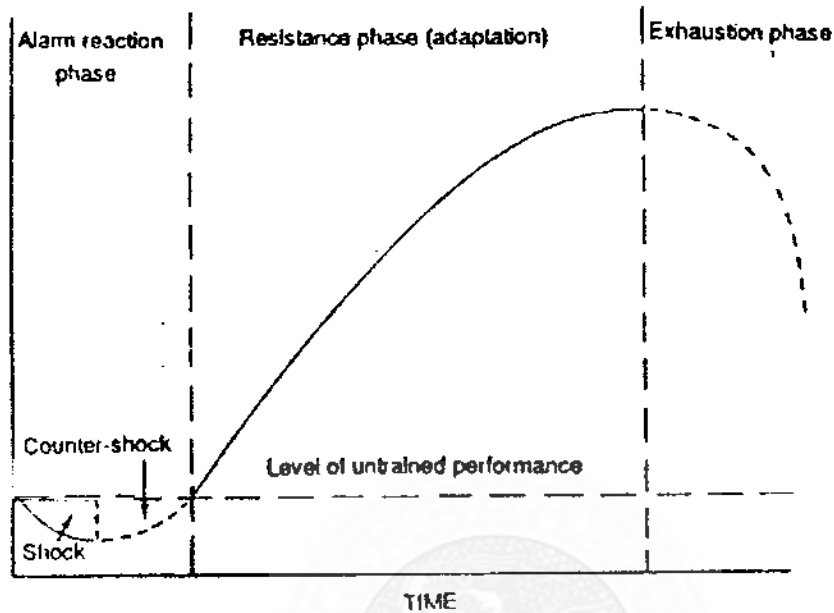
Dosis latihan identik dengan dosis obat yang dapat diukur takarannya dan dapat diamati besarnya *respons* pada tubuh (Bouchard, 1990). Dosis latihan merupakan beban fisik yang dapat diterima oleh sistem neuromuskuler yang diteruskan keseluruh tubuh (Dick, 1992). Latihan fisik tubuh dapat digunakan sebagai bentuk "*stress*" fisiologik yang dapat menimbulkan perubahan aktivitas fisiologik (Shangold, 1983. Heyward, 1984). Oleh sebab itu didalam tubuh akan terjadi perubahan kualitas mekanisme homeostasis atau keseimbangan yang terjadi tidak hanya pada waktu istirahat, tetapi juga mempunyai kemampuan homeostasis dinamik antar sistem tubuh selama adanya peningkatan aktivitas fisik atau adaptasi fisiologik (Lamb, 1984; Arnheim, 1985; Glassford, 1990 dalam Setyawan, 1995).

Kualitas adaptasi tidak hanya dilihat dari besarnya jawaban (*respons*) saja, tetapi juga dapat dilihat pada kecepatan pemulihan setelah beban (dosis) dihentikan (Rushall, 1992; Bompa, 1994). Ketepatan dosis latihan fisik terhadap *respons* tubuh diharapkan langsung memberikan *respons* adaptasi, sehingga dosis latihan fisik yang dianggap tepat merupakan "*stimulator*" organ tubuh (Pike, 1991; Rushall, 1992 dalam Setyawan, 1995).

Bentuk *respons* adaptasi dapat berupa fenomena *respons* "sindrom adaptasi umum" atau "*General Adaptation Syndrome*" yang disingkat *GAS*. *Respons* *GAS* tersebut meliputi tiga tahap yaitu: tahap *shok* (*the alarm reaction*), tahap adaptasi dan tahap kelelahan atau *overtrained* (Rushal, 1990).

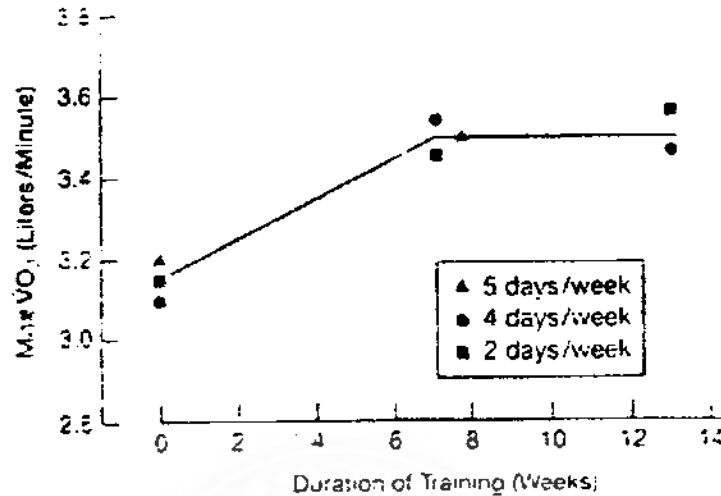
Dari gambar 2.8 menunjukkan, bahwa beban latihan fisik yang terlalu berat pada tahap awal dapat menimbulkan kondisi *shok* pada sistem organ tubuh (Rushal, 1990; Pike, 1991). Beban latihan fisik "berat" akan lebih cepat memberikan *respons* adaptasi, tetapi pencapaian adaptasi lebih rendah, sedangkan beban latihan fisik "sedang" menunjukkan *respons* adaptasi yang lebih lambat (Setyawan, 1995). Untuk itu tolok ukur dosis dan *respons* tubuh yang tepat masih perlu dicari untuk menghindari kerusakan *respons* adaptasi tubuh maupun sistem organ tubuh (Heyward, 1984; Pike, 1991, Rushall, 1992 dalam Setyawan, 1995). Fenomena pola *respons* tubuh pada pemberian dosis latihan fisik dapat dilihat

sebagai-berikut:



Gambar 2.8 : Pola respons adaptasi tubuh pada pemberian dosis latihan fisik (Rushal, 1990).

Melalui latihan secara umum dan intensif, dengan pengulangan yang tinggi, sel akan beradaptasi dengan membentuk mitokondria lebih banyak (NFPT, 1999). Latihan dengan jumlah frekuensi pada setiap minggunya berbeda, maka akan menghasilkan adaptasi yang berbeda pula. Frekuensi latihan 2 kali, 4 kali, dan lima kali perminggu akan memberikan *respons* adaptasi tubuh yang berbeda-beda, seperti yang digambarkan Fox (1993) dibawah ini:



Gambar 2.9 : Adaptasi dari Frekuensi Latihan dan Durasi latihan (Fox,1993)

## 2.7 Struktur Otot Rangka

Untuk dapat melakukan gerak (*movement*) manusia dilengkapi dengan sistem otot, tulang dan sendi. Otot terdiri dari berbagai jenis yaitu: otot polos, otot jantung dan otot rangka, yang masing-masing otot tersebut mempunyai struktur dan fungsi tersendiri. Otot rangka dalam tubuh manusia terdiri lebih kurang 40 sampai 50 % dari keseluruhan massa tubuhnya (Tortora, 1994). Sedangkan 5 – 10 % yang lainnya merupakan otot polos dan otot jantung.

Penampang otot kalau dilihat secara seksama terdiri ratusan bahkan ribuan serabut otot. Setiap serabut otot terbungkus dengan suatu lapisan, bungkus yang paling luar disebut *epimisium*. *Epimisium* berfungsi menyediakan permukaan yang lembut untuk menghalangi otot meluncur serta memberikan

bentuk otot. Di dalam otot terdapat kumpulan besar serabut otot yang disebut *fascikuli*, yang dibungkus oleh suatu jaringan yang disebut *perimisium*. Dalam setiap bundel atau fascikulus terdapat serabut atau sel otot yang masing-masing dibungkus oleh jaringan penghubung yang sangat tipis (*endomisium*). Pada fascikulus ini terdapat 10 sampai 100 sel otot atau serabut otot, dimana serabut otot ini satu dengan lainnya dipisahkan oleh lapisan *endomisium* (Tortora, 1994; Willmore and Costile, 1994). Di dalam setiap serabut otot terdapat sejumlah elemen kontraktile (myofibril) yang merupakan unit yang berfungsi sebagai kontraksi otot. Sarkolema merupakan membran sel dari sebuah serabut otot khususnya pada serabut otot rangka, sedangkan sarkoplasma merupakan sitoplasma pada sebuah serabut otot. Miofibril membentuk beberapa sarkomere yang didalamnya terdapat dua jenis myofilamin protein kontraktile yaitu filamen aktin dan filamen miosin (Guyton and Hall, 1991; Willmore and Costil, 1994; Tortora, 1994; Mc Comas, 1996).

Filamen aktin atau filamen tipis kelihatan terdiri dari dua tali atau rantai yang berpilin secara memanjang yang terbuat dari bahan polipeptida globuler dan fibrous. Pada bagian ini juga terdapat rangkaian suatu tempat yang aktif (*active site*). Pada globuler ini juga terdapat unit yang berfungsi sebagai regulator hubungan aktin-miosin yaitu, tropomyosin, merupakan rangkaian protein yang berpilin memanjang dan berperan sebagai penutup *active site*, dan troponin. Troponin merupakan unit kecil dari globular dengan jarak tertentu di sepanjang molekul tropomiosin. Troponin T mengikat troponin lain pada tropomiosin. Troponin I menghalangi interaksi miosin dengan aktin, sedangkan troponin C

merupakan tempat pengikatan untuk ion  $Ca^{++}$  yang akan menimbulkan kontraksi. Setiap filamin aktin ini memiliki satu ujung yang masuk ke disk-Z sedangkan ujung yang lainnya memanjang ke arah pusat sarkomere. Daerah yang aktif pada setiap filamin aktin ini terdapat suatu jembatan silang (*cross bridge*) sebagai tempat berikatannya kepala miosin, daerah ini disebut dengan miosin binding site (Willmore and Costile, 1994; Tortora, 1994; Guyton and Hall, 1996; Ganong, 1999)

Myosin filamen terbentuk dari senyawa molekul protein yang berikatan dengan aktin. Molekul miosin terdiri dari enam rantai polipeptida, dua rantai tebal dan empat rantai tipis (Guyton, 1991). Pada rantai yang tipis, dua rantai dapat mengalami posporilasi dan dua rantai alkali. Dua rantai tebal saling melilit untuk membentuk helix ganda. Salah satu ujung dari rantai ini melekok menjadi sebuah massa protein globular yang disebut kepala myosin. Pada kepala globular ini terdapat tempat-tempat yang dapat berikatan dengan aktin (*actin binding site*). Kemampuan ini menyebabkan kepala miosin memecah ATP dan menggunakan energi yang berasal dari ikatan fosfat berenergi tinggi ATP untuk memberikan energi pada proses kontraksi (Guyton, 1991; Ganong, 1999).

## **2.8. Mekanisme Kontraksi dan Relaksasi Otot Rangka**

### **2.8.1 Mekanisme Kontraksi Otot Rangka.**

Dalam proses terjadinya gerakan tidak terlepas dari dua unsur yang saling berpengaruh yaitu sistem saraf dan sistem otot. Proses terjadinya kontraksi otot

tidak bisa terlepas dari peranan koordinasi dari susunan saraf pusat, motor neuron, motor unit, Synaps, *neuromucular junction*, acetilcholine, dan myofibril. Adapun mekanisme kontraksi otot tersebut secara singkat dapat di jelaskan sebagai berikut:

a. Rangsangan saraf dan pelepasan asetilkolin.

Proses rangsangan listrik pada saraf atau *nerve impulse* dari otak dan sumsum tulang belakang melalui motor neuron dibawa oleh axon terus ke terminal akson dan berakhir pada fiber otot. Rangsangan listrik yang sampai di akson terminal ini menyebabkan terjadinya potensial aksi, potensial aksi ini menyebabkan terlepasnya neurotransmitter berupa asetilkolin reseptor dari vesicle-vesicle yang ada pada presynaptic ke dalam postsynaptic.

b. Penyebaran asetilkolin dan potensial aksi membran sel otot.

Acetilcholin yang terlepas dari visikel pada presinaptik menyebar melewati klep sinaptik selanjutnya akan berikatan dengan receptornya pada postsynaptic (pada sarkolemma). Keadaan demikian menyebabkan terjadinya depolarisasi membran sel otot rangka. Depolarisasi dalam hal ini adalah perubahan permeabilitas membran dengan masuknya ion natrium kedalam sarcoplasma serta keluarnya ion kalsium. Dengan terjadinya depolarisasi sarkolema ini akan menimbulkan terjadinya potensial aksi pada membran sel, seterusnya potensial aksi ini disebarkan ke seluruh membran sel dan ke sistem T-tubule. Untuk mencegah agar tidak terjadi pelepasan asetilkolin

secara terus menerus dari motor neuron (postsinaptik) maka sinaptik klep mengeluarkan acetilkolinesterase.

c. Pelepasan ion kalsium dari sarkoplasmic retikulum

Penyebaran potensial aksi dari membran sel otot rangka dimana potensial aksi ini juga diteruskan melalui T-tubule, peristiwa tersebut akan menyebabkan terangsangnya terminal sisterna-sarkoplasmic retikulum melepaskan ion kalsium untuk keluar dari "depo"-nya. Selanjutnya kalsium ini akan berikatan dengan filamin aktin tepatnya pada troponin C, akibatnya ikatan antara troponin I dengan aktin akan melemah dan hal ini memungkinkan tropomiosin tergeser kearah lateral. Pada keadaan istirahat molekul tropomiosin berada di atas *active sites*. Ketika tropomiosin bergerak ke arah lateral maka tempat berikatan kepala miosin akan terbuka dan memungkinkan kepala miosin menyentuh *active site* pada filamen aktin.

d. Terjadi kontraksi dengan teori sliding filamen

Akibat terbukanya celah *active site* maka menyebabkan terjadinya miosin *cross bridge* yang bebas berikatan dengan tempat aktif dari filamin aktin. Tiap kepala miosin memiliki tempat terbuka untuk mengikat ATP, bila ATP masuk kedalamnya dan terhidrolisis celah akan menutup, proses demikian menyebabkan celah akan mendistorsi sisa kepala miosin yang akan menghasilkan tenaga kayuhan atau "*power stroke*". Selanjutnya menyebabkan terjadinya pergerakan miosin menuju aktin. Akhirnya filamin aktin akan maju



ke sentral sarkomer dan kelihatan serabut (sarkomer) memendek, proses demikian dinamakan mekanisme kontraksi otot rangka (Guyton, 1994; Tortora, 1994, Effendi, 2001).

### 2.8.2 Mekanisme relaksasi.

Ada dua perubahan yang menyebabkan serabut otot dapat relaksasi setelah berkontraksi yaitu :

- a. asetilkolin secepatnya dihancurkan oleh enzim acetilkoliterase (AchE). Ketika potensial aksi berhenti pada motor neuron, tidak terjadi pelepasan Ach yang baru dan AchE secepatnya menghancurkan Ach yang ada pada klep sinaptik.
- b. Pompa transpor  $Ca^{++}$  secepatnya memindahkan ion kalsium dari sarkoplasma ke sarkoplasmic retikulum. Pompa ini sangat kuat sehingga dapat menjaga konsentrasi ion kalsium pada sarkoplasma serabut otot yang lebih rendah dari pada sarkoplasmic retikulum.. Jika kadar ion kalsium menurun pada sarkoplasma, tropomiosin dan troponin kembali menutup *active site* pada aktin. Hal ini mencegah ikatan silang lebih lanjut dengan aktin dan filamin tipis kembali ke posisi rileknya. (Tortora, 1994).

## 2.9 Karakteristik Mitokondria

### 2.9.1 Anatomi dan Histologi Mitokondria

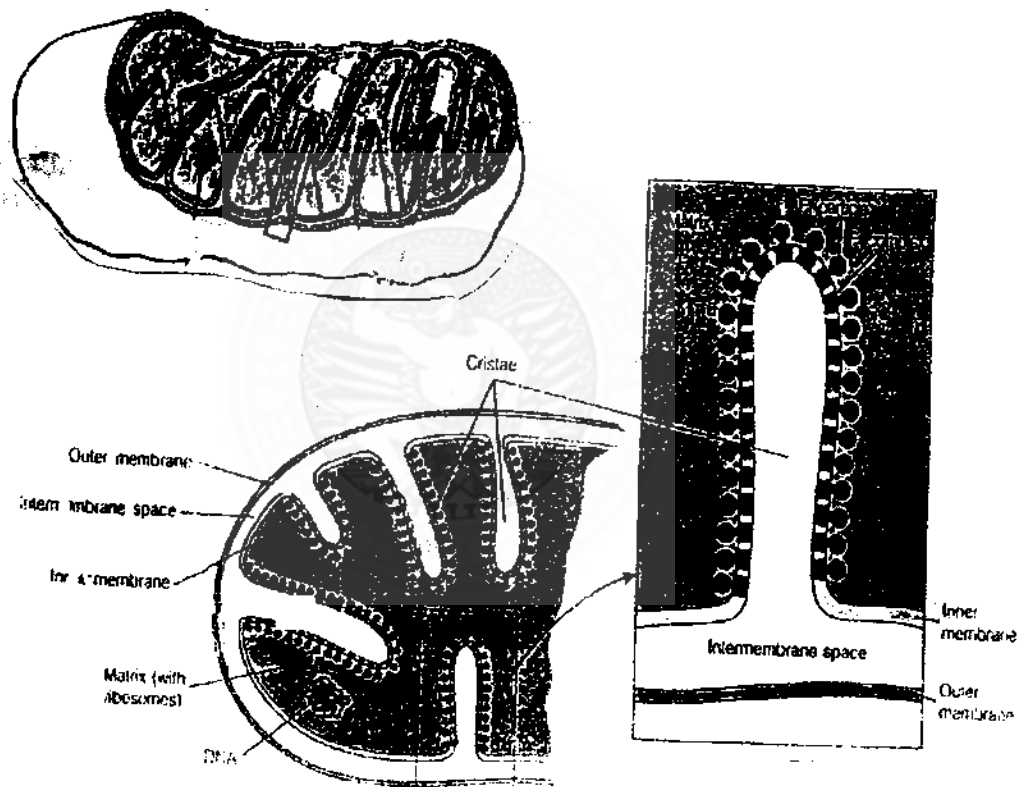
Secara anatomis mitokondria pada sel otot skelet terletak pada sitoplasma (Vander, 2001). Pada dasarnya mitokondria itu merupakan struktur yang dapat memperbanyak dirinya sendiri, yang berarti bahwa satu mitokondria dapat membentuk mitokondria kedua, ketiga dan seterusnya, hal ini diperlukan oleh sel untuk meningkatkan jumlah ATPnya (Guyton and Hall, 1996).

Mitokondria adalah satuan unit sel yang mempunyai peranan sebagai penghasil tenaga, serta memiliki bentuk yang paling sempurna pada bagian-bagian sel yang memerlukan proses penyediaan energi (Ganong, 1999). Ukuran dan bentuk mitokondria ternyata berbeda-beda, beberapa diantaranya hanya berdiameter sebesar beberapa ratus milimikron, dan bentuknya globular, sedangkan yang lain diameternya dapat mencapai 1 mikron hingga 7 mikron dan berbentuk filamen (Guyton and Hall, 1996). Meskipun morfologi mitokondria dari sel ke sel bervariasi, namun tiap mitokondria pada dasarnya mempunyai struktur yang menyerupai sosis, yang mempunyai membran luar (*outer membrane*) dan membran dalam (*inner membrane*) dan yang terlipat-lipat disebut *cristae*. Ruang yang terdapat diantara dua membran dinamakan ruang *intra crista* atau *inter membrane* dan ruang yang terdapat di sisi dalam pada *inner membrane* disebut ruang *matriks* (Ganong, 1999).

Pada membran dalam mitokondria terdapat F kompleks, yang tampak terlihat seperti bola di atas tangkai yang berada pada membran dalam (Brooks, 1987). Di

dalam ruang matriks terdapat cairan yang lebih pekat dari sitoplasma dan mengandung butir-butir matriks. Cairan partikel-partikel dalam matriks mitokondria berisikan protein (65%-70%), lipid (25%-30%), *RNA* (0,5%), dan *DNA* dalam jumlah yang kecil.

Berikut disajikan gambaran secara skematis dari mitokondria:



Gambar 2.9: Struktur Mitokondria (Becker WM, Reece JN, Poenie MF, (1996)

Secara histologis mitokondria mempunyai beberapa komponen pembentuknya, dan terdapat isi di dalam komponen tersebut. Adapun komponen dan isi tersebut antara lain : ruang antar membran (*inter space membrane*) berisi ion  $H^+$ , pada membran dalam (*inner membrane*) sebagai tempat terjadinya rantai transport elektron, sedangkan pada kompartemen matriks terdapat enzim-enzim siklus Tricarboxylic acid (TCA), enzim-enzim  $\beta$ -oksidasi asam lemak, DNA, mRNA, tRNA, rRNA, (kecuali suksinat dehidrogenase) (Tambayong , 2001).

Komposisi enzim dalam mitokondria di masing-masing kompartemen menurut Devlin TM, ( 1986) adalah sebagai berikut :

- 1). Pada *Outer Membrane* : Monomine oxidase, Kinurenine hidroxyfase, Nucleoside diphosphate kinase, Phospholipase A, Fatty acyl CoA synthetase, NADH:Cytocrome C reductase (rotenone insensitive), Choline phosphotranferase,
- 2). Pada *Intermembrane Space* : Adenylate kinase, Nucleoside diphosphate kinase.
- 3). Pada *Inner Membrane* : Succinate dehidrogenase, F1 ATPase, NADH dehidrogenase,  $\beta$  hidroxybutirate dehidrogenase, Cytochrom b, c, a, a<sub>3</sub>, Carnitine : acyl coA tranferase, Adenine Nukleotide translocase, Mono-di- and tricarboxilate translocase, Glutamate-aspartate translocase.
- 4). Pada Matriks : Piruvate dehidrogenase, Cytrate sinthesa, Isocitrate dehidrogenase,  $\alpha$  Ketoglutarate dehidrogenase, Acunitase, Fumarase, Succinyl coA synthase, Malate dehidrogenase, Fatty Acid  $\beta$  oxidation

system, Glutamate, Oxalo acetate transaminase, Arnithine transcarbamoxlase.

Dalam proses replikasi mitokondria, kebanyakan protein dan lipid yang telah dibentuk di dalam sitoplasma itu akan bergabung di dalam mitokondria sewaktu membesar dan kemudian membentuk mitokondria baru (Guyton and Hall, 1996).

Mitokondria akan mengalami morfologi dengan melihat tingkat status metabolik selnya. Sel-sel yang aktif melakukan metabolisme kaya akan mitokondria (Handojo, 2000). Pada tingkat fosforilasi oksidatif rendah maka mitokondria akan nampak pada krista menonjol, dan kompartemen matrik besar, sedangkan pada tingkat fosforilasi oksidatif tinggi maka morfologi pada mitokondria akan nampak terutama pada krista tidak menonjol, kompartemen matriks akan lebih kecil, dan ruang antar membran besar (Tambayong , 2001).

### **2.9.2 Fungsi Mitokondria**

Mitokondria merupakan unit pembentuk kekuatan sel, serta paling banyak dan terbaik berkembang dalam bagian sel, tempat terjadinya proses untuk membentuk tenaga (Ganong,1999). Disamping itu mitokondria disebut juga sebagai pembangkit tenaga listrik di dalam sel (Guyton and Hall, 1996). Ini berarti tanpa mitokondria, maka sel-sel tak mampu menyadap jumlah energi yang banyak dari makanan yang dimakan dan oksigen, dan sebagai akibat adalah fungsi-fungsi yang penting dari sel akan terhenti.

Mitochondria merupakan "*power house*" dari sel, dan energi itu diperoleh dari proses aerobik untuk pembentukan ATP, dengan lebih banyak mengkonsumsi oksigen dan menghasilkan karbondioksida. Terdapat 99 % *eukaryotic DNA* yang terdapat di Nukleus dan dalam jumlah persentase kecil DNA terdapat di mitokondria (Vander, 2001). Menurut Lackshon D, et al. (1995) menyatakan bahwa perubahan dalam struktur mtDNA dapat dihitung peningkatan miotiknya yang hilang dari mtDNA dan mengubah pola pemisahan mtDNA dari Zigot, dalam mengendalikan bertambah besar jumlah tiruannya, molekul DNA mitokondria melakukan pemisahan sedikit dari jumlah unit sifat menurunnya. Lebih lanjut dikatakan enzim yang bekerja dalam hal ini adalah *recombination junction resolving enzym*, yang akan berpengaruh terhadap jumlah unit sifat menurunnya dari mtDNA. Mitokondria selalu mengikuti dinamika sel. Gelombang-gelombang yang ada di mitokondria disebabkan oleh ion  $Ca^{2+}$  dan beberapa hormon. Oleh sebab itu mitokondria selalu menunjukkan pertukaran volume dan bentuk yang berhubungan dengan fungsinya.

Adapun fungsinya adalah penyalur energi dan orientasi di dalam sel dipengaruhi oleh organisasi sitoplasmik matriks. Josse and Carlo, (1996) menyatakan bahwa biogenesis mitokondria diatur oleh perbedaan mekanisme molekuler gen. Sohal, (1991) menjelaskan pada proses penuaan, usia yang relatif meningkat mengakibatkan meningkatnya tingkat tekanan oksidasi yang menyebabkan peningkatan secara progresif produksi  $H_2O_2$  oleh mitokondria. Peningkatan produksi  $H_2O_2$  oleh mitokondria terjadi pada *inner* mitokondria yang dapat sedikit merusak mitokondria itu sendiri. Lebih lanjut Nagley et al. (1995)

menjelaskan bahwa mtDNA dapat mudah terkena kerusakan oleh radikal bebas oksigen, dan kemudian mtDNA akan terkumpul dalam sel yang akan merusak kehidupannya, bahkan menyebabkan efek kematian sel. Menurut Ray Peat (2001), bahwa mitokondria akan mengalami degenerasi akibat dari penuaan dan akibat adanya beberapa penyakit, disamping itu latihan yang terlalu berlebihan, akan dapat menyebabkan pendeknya umur kromosom pada nuklear, dan juga merusak gen mitokondria.

### 2.10 Hormon Yang Berpengaruh pada Mitokondria

Hormon adalah *messenger* (perantara) kimia tubuh, yang menghantarkan informasi penting untuk pengaturan fungsi bermacam-macam organ dan sel (Handoyo Y, 2000). Hormon pertumbuhan disebut juga *somatotropin*, yang merupakan protein kecil terdiri dari 191 asam amino (Guyton and Hall, 1996). *Growth Hormone* melalui IGF-1 dapat berfungsi untuk berbagai hal, antara lain; untuk sintesa protein, pertumbuhan epifisis, aktivitas anti lipolisis dan aktivitas mirip insulin (Ganong, 1999).

Ada beberapa hormon terdapat lebih dari satu protein receptor dalam sel target ( Handoyo Y, 2000). Konsentrasi protein receptor adalah bervariasi. Lebih lanjut dikatakan bahwa sesudah pembentukannya, kompleks protein receptor hormon pindah ke dalam inti sel (translokasi), dimana sesudah berikatan dengan receptor inti sel, ia merangsang pembentukan *mRNA* sehingga transkripsi *DNA-mRNA* dipengaruhi oleh kompleks receptor hormon. Penghasil *mRNA* atau disebut gen struktural suatu kromosom “dihidupkan dan dimatikan” oleh gen operator.

Dengan menghidupkan gen operator akan menghasilkan lebih banyak *mRNA*, kemudian *mRNA* meninggalkan inti sel untuk pindah ke ribosom tempat sintesis protein, sehingga disini peningkatan jumlah cetakan *mRNA* memungkinkan peningkatan salinan (translasi) protein.

Latihan fisik dapat menimbulkan peningkatan atau penurunan kadar beberapa hormon dalam plasma. Sebagai salah satu kunci respons *neurohormonal* terhadap latihan fisik adalah peningkatan aktivitas *simpatoadrenal*, yang mengakibatkan peningkatan sekresi hormon *adrenocorticotropin (ACTH)*, *kortisol*, *renin*, *angiotensin aldesteron*, hormon pertumbuhan (*GH*), dan *glukagon*, tetapi penurunan sekresi *insulin* (Viru, 1985; Ritcher, 1989; Kicman, 1992; Mackinon, 1992 dalam Setyawan, 1995).

Beban latihan yang ringan tidak akan menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi hormon pertumbuhan, namun pada latihan yang lebih berat dan ditingkatkan secara bertahap akan menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi hormon pertumbuhan (Fox and Bowers, 1993). Selain faktor intensitas dan durasi latihan, juga terdapat faktor lain yang mempengaruhi sekresi hormon pertumbuhan, seperti faktor kesegaran jasmani seseorang, dan sirkulasi metabolik (Rodensky, 1998).

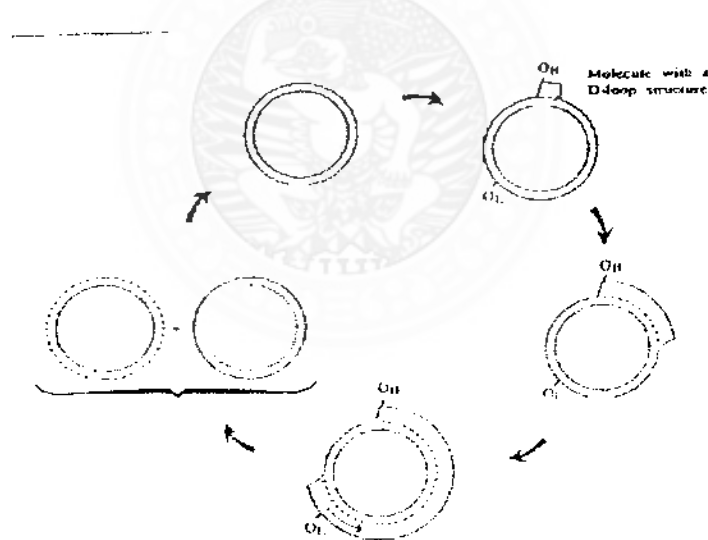
## 2.11 Mekanisme Replikasi DNA Mitokondria

Sebagian besar DNA dalam sel terdapat di dalam inti (*nucleus*), tetapi sejumlah kecil juga ditemukan di mitokondria. DNA mitokondria manusia mengandung 16.569 *nucleotide*, yang mengkode 13 protein dalam rantai



pernafasan dan sistem penghasil ATP mitokondria, tetapi sebagian besar protein mitokondria di kode oleh DNA inti, tetapi tidak dibuat di dalam sitoplasma, dan dipindahkan kedalam mitokondria (Ganong, 1999). Dilihat dari asal-usulnya replikasi mtDNA dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. *Heavy Strand (H-Strand)* , dalam proses ini terjadi sintesa awal polinucleotide untuk membentuk struktur *Triple Strand* sebagai syarat untuk membentuk *D-Loop*.
2. *Light Strand (L-Strand)* , proses ini dimulai hanya pada saat replikasi origin kedua yang dibuka oleh adanya kenaikan sintesa dari *H-Strand* (Lawrence et al, 1993). Seperti terlihat pada gambar di bawah ini;



Gambar : Model Replikasi mtDNA (Lawrence, 1993)

Pada *L-Strand* ditandai dengan sintesa transkripsi yang *full Length* oleh DNA Polimerase Gamma, untuk sintesis dari *H-Strand*. Pada *H-Strand* asal mula replikasi ditandai oleh kemampuan untuk membentuk sebuah struktur seperti penjepit rambut yang dikenal dengan mitokondria polimerase, yang dapat

merespon untuk memulai RNA Primer yang selanjutnya digunakan oleh DNA Polimerase Gamma untuk sintesa *L-Strand*.

Replikasi kedua strand dimulai oleh sintesa RNA Primer dengan menggunakan mekanisme enzim yang beda. Dalam replikasi mtDNA ada lima jenis protein yang esensial antara lain: 1). mtDNA Polimerase (DNA Polimerase Gamma), 2). Mitokondria RNA Processing (MRP) RNase, 3). Mitokondria Topoisomerase, 4). Mitokondria Primase, 5). Mitokondria Single Strand Binding Protein (Lawrence, et al, 1993) .

Langkah-langkah yang dilalui dalam pola replikasi secara kronologis sebagai berikut : a). DNA *Winding*, b). pergeseran atau perubahan dari RNA Primer ke sintesis DNA, c). *Elongation* (Pemanjangan), d). mengakhiri sintesa protein. Selama proses replikasi pemindahan H-Strand selalu diselubungi dengan protein.

Mitokondria RNA Processing RNase (MRP RNase) berhubungan dengan komponen RNA Nukleus, dimana hal tersebut dibutuhkan untuk aktivitas endonukleolitik. Aktivitas tersebut melibatkan RNA Primer dari mtDNA Replikasi, dan enzim yang bekerja juga ditemukan dalam jumlah yang banyak (Lawrence et al, 1993). Sintesis DNA mitokondria pada vertebrata dapat di lihat secara molekuler dan secara selluler. ). Pada tingkat molekuler model replikasi mtDNA secara umum tidak berbeda, sedangkan pada tingkat selluler mitokondria tidak memiliki otonomik (*mitochondrial are not autonomous*). Selama protein tersebut terlibat dalam metabolisme mtDNA maka akan dikode oleh Nukleus ((Lawrence et al, 1993).

Hubungan Nukleus dan Mitokondria adalah sangat kompleks, melibatkan jumlah gen nukleus yang banyak, dimana hal tersebut dibuat untuk fungsional mitokondria dan untuk ekspresi gen mitokondria. Sementara nukleus juga mengontrol aktivitas mitokondria (Butow and Xinsheng, 1993). Menurut Clayton (1992), MRP RNA dapat berfungsi dalam dua organel yang berbeda, yaitu pada Mitokondria dan pada Nukleus. Dikatakan bahwa *site-specific* endoribonuclease MRP, dimana berisi nuclear mengkode MRP RNA sebagai komponen yang penting, kemudian enzim mitokondria berfungsi dalam proses RNA Primer selama DNA Mitokondria melakukan replikasi. MRP RNA dan rangkaian protein didatangkan atau di *import* dari sitoplasma masuk ke dalam matriks mitokondria. Kebanyakan, protein mitokondria di kode oleh kromosom nukleus, dan dibawa masuk ke matriks melalui kedua membran mitokondria.

### **2.12 Hubungan Latihan Terhadap Jumlah Mitokondria**

Latihan yang berat dan membutuhkan pemenuhan ATP yang cukup banyak akan menyebabkan terjadinya adaptasi otot untuk memenuhi kebutuhan tersebut dengan cara memperbanyak jumlah mitokondria. Perubahan yang terjadi pada jaringan merupakan salah satu perubahan yang diakibatkan oleh latihan aerobik maupun anaerobik (Fox and Bowers, 1993).

Perubahan akibat latihan aerobik yang terjadi dalam sel otot diantaranya adalah: jumlah kapiler otot meningkat, jumlah dan ukuran mitokondria meningkat, meningkatkan aktivitas enzim-enzim oksidatif, sedangkan perubahan

akibat latihan anaerobik antara lain : terjadi adaptasi dalam sistem energi ATP-PC, adaptasi terhadap sistem glikolisis, dan meningkatnya kapasitas toleransi asam laktat (Willmore and Costile, 1994). Menurut Deschenes, et al, (1995) menegaskan bahwa latihan aerobik dengan lari *treadmill* dengan intensitas rendah akan menyebabkan adaptasi pada serabut otot tipe I, sedangkan latihan dengan intensitas tinggi akan beradaptasi pada serabut otot tipe IIa, pada otot rangka tikus. Seekor tikus setelah diberi latihan selama 28 minggu dengan frekuensi 5 kali/minggu terjadi peningkatan 120% jumlah mitokondria di otot *Gastrocnemius* (Fox and Bowers, 1993).

Disamping itu program latihan aerobik juga menyebabkan peningkatan massa mitokondria,  $VO_2 \max$  pada mitokondria dan jumlah mitokondria (Lamb, 1984).  $VO_2 \max$  dapat meningkat melalui latihan aerobik atau latihan *intermittent* intensitas tinggi, berkaitan dengan itu ditemukan bahwa terdapat perbedaan *mtDNA variant* yang berhubungan dengan  $VO_2 \max$  pada seorang terlatih dan tidak terlatih. Ini berarti variasi deretan mitokondria dapat mendukung perbedaan dalam  $VO_2 \max$  karena latihan (Dionne et al. 1991)

Terdapat perbedaan pengaruh latihan aerobik dan anaerobik terhadap proses glikolisis di dalam mitokondria (Jeukendrup et al, 1998). Latihan anaerobik (intensitas tinggi) menyebabkan proses lipolisis dan oksidasi asam lemak mengalami penurunan, sedangkan pada latihan aerobik terjadi peningkatan proses lipolisis dan oksidasi lemak. Tetapi pada akhir program latihan baik pada latihan aerobik maupun anaerobik terjadi peningkatan suplai asam lemak ke dalam mitokondria, peningkatan enzim oksidatif, dan peningkatan jumlah mitokondria

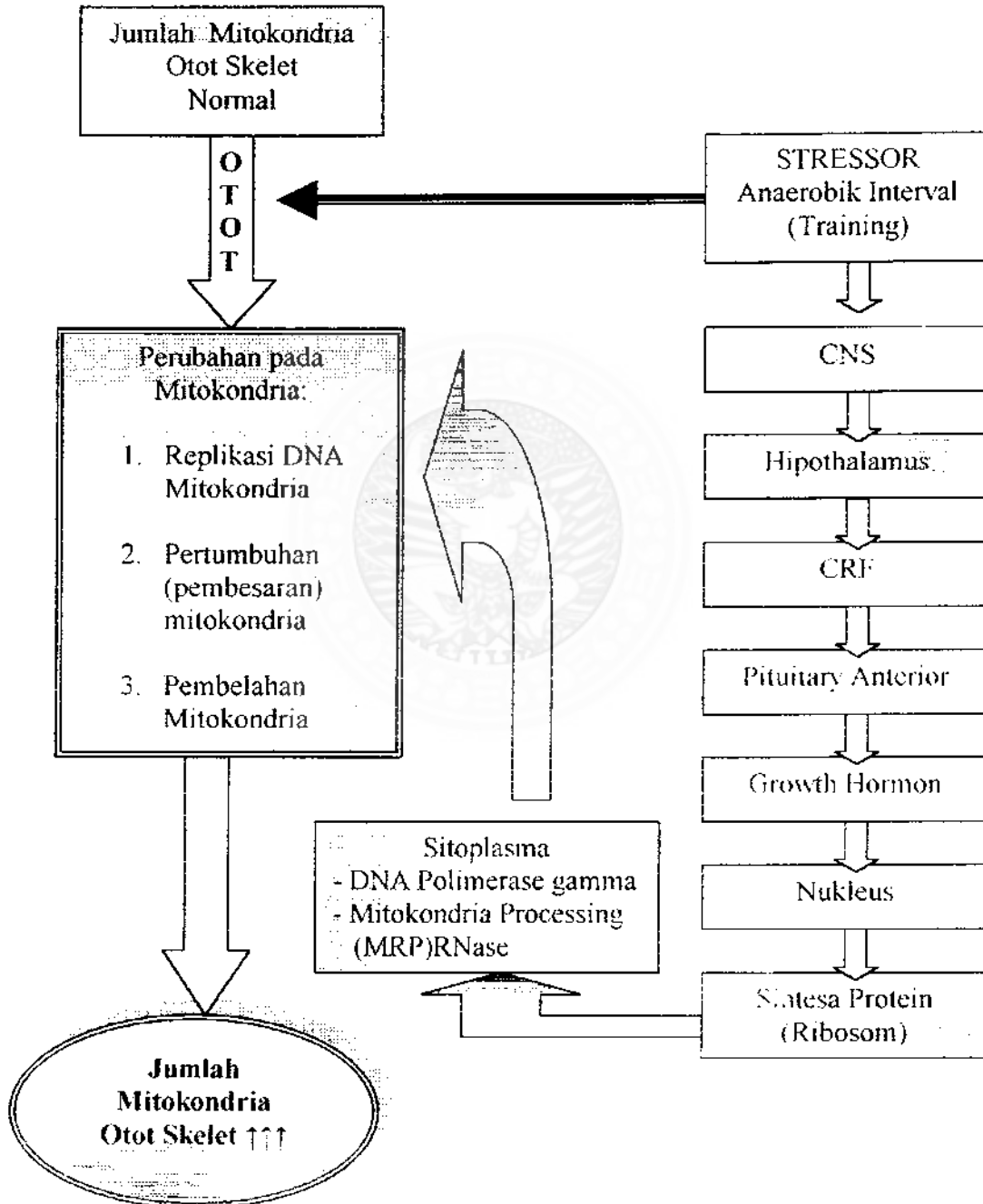
(Jeukendrup, 1998). Lebih ditegaskan lagi oleh Mc Shery (2001), bahwa latihan interval dengan frekuensi tiga kali per minggu akan dapat meningkatkan ukuran dan jumlah mitokondria.

Latihan yang teratur, terarah dan terprogram dapat dijadikan sebagai stressor fisik untuk merangsang terjadinya adaptasi secara fisiologis dalam tubuh. Stressor dengan bentuk latihan anaerobik interval dapat meningkatkan jumlah mitokondria pada otot skelet tikus. Peningkatan jumlah mitokondria biasanya diiringi dengan peningkatan ukuran mitokondria (Lamb, 1984, Fox and Bower, 1993, Mc Sherry, 2001). Sehubungan dengan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui dan membuktikan peningkatan persentase jumlah mitokondria, maka peningkatan ukuran mitokondria dalam penelitian ini tidak diadakan pengukuran. Secara konseptual mekanisme peningkatan jumlah mitokondria akibat latihan akan diuraikan pada bab III.

### BAB III

## KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS

### 3.1 Kerangka Konseptual



### 3.2 Narasi Kerangka Konseptual

Pada dasarnya tubuh mampu mencukupi kebutuhan energi yang akan digunakan untuk aktivitas keseharian. Mitokondria sebagai tempat pembuatan energi pada otot skelet diasumsikan dalam keadaan normal. Setelah diberikan latihan yang teratur, terarah dan terprogram dengan beban latihan anaerobik interval, maka tubuh akan terjadi homeostasis atau terjadi adaptasi secara fisiologis. Secara garis besar perubahan yang terjadi pada mitokondria antara lain: adanya replikasi DNA mitokondria, selanjutnya terjadi pertumbuhan atau pembesaran mitokondria dan kemudian mitokondria akan mengalami pembelahan. Latihan anaerobik interval membutuhkan ATP dalam jumlah yang banyak. Stress anaerobik dapat mempengaruhi kerja otot skelet dan akan merangsang sistem saraf pusat (*Central Nervous System*), dan selanjutnya merangsang hipotalamus. Mekanisme yang terjadi selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Hipotalamus melalui *CRF* (*Corticotropin Releasing Factor*) merangsang *Pituitary Anterior* untuk mensekresi beberapa hormon, salah satunya adalah hormon pertumbuhan, yang mempunyai organ target pada seluruh sel di dalam tubuh.
2. Hormon Pertumbuhan yang di keluarkan oleh *Pituitary Anterior* dapat meningkatkan jumlah mitokondria dengan jalur sebagai berikut:
  - a. Hormon Pertumbuhan melalui Nukleus dan nukleus mengaktivasi ribosom untuk meningkatkan sintesa protein. Dari ribosom, protein tersebut dikeluarkan ke sitoplasma.
  - b. Nukleus mengkode protein yang didatangkan dari sitoplasma dibawa masuk kedalam mitokondria melalui kedua membran mitokondria.

- c. Jenis protein yang esensial dalam replikasi DNA Mitokondria antara lain; *DNA Polimerase Gamma*, dan *Mitokondria RNA Processing (MRP) RNase*.

Kebutuhan ATP yang berlebihan yang disebabkan oleh adanya latihan anaerobik yang berat akan memacu kerja mitokondria dalam menyediakan ATP. Apabila mitokondria kurang dapat mencukupi kebutuhan ATP, maka akan melakukan peningkatan aktivitas. Dalam proses replikasi, kebanyakan protein yang telah dibentuk didalam sitoplasma akan masuk ke dalam mitokondria dengan melewati kedua membran (*outer and inner membrane*), kemudian mitokondria akan mengalami pembesaran dan selanjutnya akan melakukan pembelahan untuk membentuk mitokondria baru, sehingga mitokondria akan bertambah banyak jumlahnya.

### 3.3 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan Kerangka Konseptual diatas, hipotesis dari penelitian ini adalah :

1. Latihan Anaerobik Interval selama 4 minggu meningkatkan persentase jumlah mitokondria pada otot skelet (*gastrocnemius*) tikus.
2. Latihan Anaerobik Interval selama 8 minggu meningkatkan persentase jumlah mitokondria pada otot skelet (*gastrocnemius*) tikus.
3. Latihan Anaerobik Interval selama 8 minggu dapat lebih meningkatkan persentase jumlah mitokondria dibandingkan dengan latihan Anaerobik Interval selama 4 minggu pada otot skelet (*gastrocnemius*) tikus.



## BAB 4

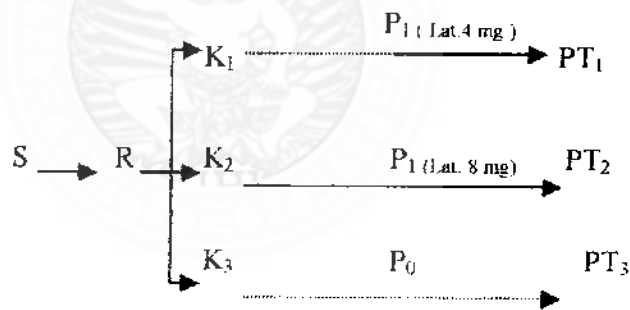
### METODE PENELITIAN

#### 4.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan eksperimen sungguhan. Perlakuan dan pemeriksaan dilakukan di Laboratorium, sehingga penelitian ini digolongkan sebagai jenis penelitian sungguhan (Arikunto, 1989).

#### 4.2 Rancangan Penelitian

Penelitian ini untuk mengetahui peningkatan jumlah mitokondria akibat latihan Anaerobik Interval. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Randomized posttest only control group design* (Zainuddin, 2000).



Keterangan:

- S : Sampel (Hewan Coba)
- R : Randomisasi untuk menentukan kelompok perlakuan
- K<sub>1</sub> : Kelompok pertama (Kp I 4 minggu)
- P<sub>1</sub> : Perlakuan Anaerobik Interval frekuensi 3 kali/minggu selama 4 minggu
- PT<sub>1</sub> : *Post test* kelompok pertama
- K<sub>2</sub> : Kelompok kedua (Kp II 8 minggu)
- P<sub>1</sub> : Perlakuan Anaerobik Interval frekuensi 3 kali/minggu selama 8 minggu
- PT<sub>2</sub> : *Post test* kelompok kedua

## 4.5 Definisi Operasional Variabel

### 4.5.1 Latihan Anaerobik Interval

Yang dimaksud latihan anaerobik interval adalah suatu bentuk program latihan yang dilakukan dengan intensitas 80% dari maksimal, dan diselingi dengan waktu istirahat. Perbandingan kerja yang digunakan adalah 1:3. Program latihan dilakukan selama 8 minggu dengan frekuensi 3 kali / minggu, 3 set, dan beban latihan 80 % kemampuan kerja maksimal (waktu renang maksimal) untuk setiap hewan coba. Masing-masing hewan coba memiliki waktu latihan yang berbeda-beda sesuai dengan waktu renang maksimalnya. Pada saat renang tikus diberikan pembebanan seberat 9% dari berat badannya yang diikatkan pada ekor dengan jarak 5 cm dari pangkal ekornya. Setelah minggu keempat dilakukan tes kemampuan maksimal untuk mendapatkan kemampuan maksimal yang baru. Dari hasil tersebut digunakan untuk menentukan pembebanan latihan setelah minggu keempat.

### 4.5.2 Jumlah Mitokondria

Yang dimaksud dengan jumlah mitokondria adalah jumlah mitokondria sel otot tikus *musculus Gastrocnemius*. Pengambilan *musculus Gastrocnemius* dilakukan pada waktu setelah hewan coba di istirahatkan satu hari dari latihan terakhir, kemudian hewan coba dikorbankan (dimatikan).

Jumlah mitokondria yang dihitung adalah mitokondria yang tampak pada mikroskop cahaya dengan pembesaran 1000x, yang dilengkapi dengan *Graticule* untuk membatasi lapangan pandang.

#### 4.5.3 Hewan Coba

Jenis hewan coba yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus putih jenis *Rattus norvegicus strain wistar*, berkelamin jantan dan sudah berumur 2,5 bulan.

#### 4.5.4 Kesehatan fisik hewan coba

Dalam penelitian ini hewan coba yang digunakan berbadan sehat dengan ciri-ciri: bermata jernih, bulu mengkilap, lincah, dan kotoran atau *faeces* baik (tidak lembek).

#### 4.5.6 Diet hewan coba

Makanan (*diet*) yang diberikan pada hewan coba dalam penelitian ini adalah jenis PAR.G Pellet produksi Japta Comfeed Indonesia Sidoarjo dengan takaran 20 gram/hari/hewan coba dan ditambah dengan air minum (air PDAM) yang diberikan berkesinambungan dengan menggunakan botol khusus. Botol khusus ini akan mengeluarkan air yang ada di dalamnya jika disedot oleh hewan coba.

#### 4.5.7 Kandang Hewan Coba

Kandang hewan coba yang digunakan sebagai tempat tinggal berupa kandang yang terbuat dari bahan kawat ram berukuran (30 x 40 x 15 cm), dengan ventilasi yang cukup dan suhu ruangan sekitar 32<sup>o</sup>C. Masing-masing kandang ditempati oleh satu ekor hewan coba.

#### 4.5.8 Berat Badan Hewan Coba

Dalam penelitian ini berat badan yang dimaksud adalah berat badan hewan coba yang ditentukan dengan menggunakan timbangan *Torbal merk Tomson Balance* buatan Jepang dengan menggunakan satuan gram.

#### 4.6 Waktu dan Lokasi Penelitian

##### 4.6.1 Waktu Penelitian

###### Penelitian Inti

- Persiapan penelitian inti pada tanggal 7 –13 Januari 2002
- Pemberian perlakuan terhadap hewan coba dilaksanakan pada tanggal 14 Januari 2002 s/d 8 Maret 2002.
- Tikus dikorbankan (dimatikan) pada tanggal 10 Maret 2002

##### 4.6.2 Lokasi Penelitian

- a. Lokasi pemberian perlakuan dilaksanakan di Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya.
- b. Penghitungan jumlah mitokondria dilakukan di Laboratorium Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya.

#### 4.7 Cara Pemeriksaan

##### 4.7.1 Cara Pengambilan Data

Seluruh hewan coba diambil datanya setelah memperoleh perlakuan sesuai dengan kelompok masing-masing, dan diistirahatkan satu hari setelah

latihan terakhir. Dalam penelitian ini terdapat dua kelompok perlakuan dan satu kelompok tanpa perlakuan (kelompok kontrol). Hewan coba dikorbankan (dimatikan) dengan metode pembiusan (*ether*), dan diambil *musculus Gastrocnemius*-nya. Selanjutnya otot tersebut di bawa ke laboratorium Histologi untuk dibuat prerarasi dengan pewarnaan mallory azan (M-A) dan selanjutnya diperiksa untuk mengetahui jumlah mitokondria. Jumlah mitokondria sebagai hasil penghitungan merupakan data hasil penelitian.

#### 4.7.2 Langkah Pemeriksaan Jumlah Mitokondria

Pemeriksaan untuk menghitung jumlah mitokondria pada otot dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya dilengkapi dengan graticule yang dipasang pada lensa ocular untuk membatasi lapangan pandang. pembesaran pada lensa mikroskop adalah 10x100. Satuan yang digunakan pada graticule adalah micron. Penghitungan jumlah mitokondria dilakukan di Laboratorium Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya.

Langkah-langkah pengukuran jumlah mitokondria dimulai dari pembuatan sediaan, pewarnaan dan pengamatan dengan menggunakan mikroskop cahaya. Adapun teknik pembuatan sediaan dapat dilihat pada lampiran 7.

#### 4.8 Alat dan Bahan Penelitian

- a. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:
  1. kandang tikus ukuran 30 x 40 x 15 cm sebanyak 45 buah

2. tempat makanan dan minuman tikus sebanyak 45 buah
3. timbangan Torbal merk Tomson Balance buatan Jepang untuk menimbang berat badan tikus dengan satuan gram.
4. Timah (untuk memberi beban)
5. Ember besar untuk tempat berenang tikus (tinggi 60 cm, diameter 55cm)
6. Stopwatch digital
7. Object glass
8. Cover glass
9. Rotary mikrotom
10. Incubator
11. Lembaran kaca
12. Mikroskop cahaya, merk Nikon buatan Jepang
13. Perlengkapan dokumentasi (foto)
14. Garticule
15. Botol penyimpan jaringan
16. Lain-lain: pinset, pisau bedah, gunting, papan bedah, pisau silet.

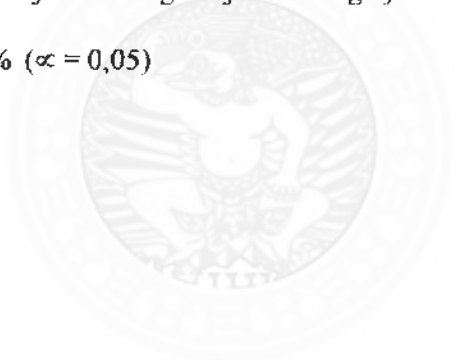
b. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Zenker
2. Xilol PA
3. Alkohol
4. Maluri Arsan (MA)
5. Parafin

6. Perekat entelan
7. Water bath
8. Tinta warna untuk memberi tanda pada tikus
9. Ether Anaestheticus untuk pembiusan
10. Kertas label, kapas dan tissue

#### 4.9 Teknik Analisa Data

Uji statistik yang digunakan untuk menganalisa data adalah statistik deskriptif dan statistik inferensial (uji normalitas, homogenitas varian, uji t antar waktu, dan uji anava satu jalur). Jika pada uji anava satu jalur diperoleh ada perbedaan, maka dilanjutkan dengan uji *Least Significant Difference (LSD)*, dengan taraf signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ )



## **BAB 5**

### **HASIL PENELITIAN**

Setelah pelaksanaan penelitian selesai dilakukan, didapatkan hasil penelitian yaitu: data jumlah mitokondria dan data berat badan. Dalam penelitian ini terdapat tiga kelompok yaitu 1). Kelompok perlakuan I (diberikan latihan berupa renang selama 4 minggu), 2). Kelompok perlakuan II (diberikan latihan berupa renang selama 8 minggu) 3). Kelompok Kontrol (tanpa perlakuan).

Data hasil penelitian selanjutnya diolah dengan statistik deskriptif dan statistik inferensial (Uji Normalitas, Uji Homogenitas, Uji T antar waktu, dan Uji Anava satu jalur) dengan menggunakan program SPSS/PC Versi.10 secara komputerisasi. Hasil analisa data dari berbagai uji statistik diatas akan diuraikan pada sub bab di bawah ini dalam bentuk naratif, grafik dan tabel.

#### **5.1 Hasil Statistik Deskriptif**

Pada subbab ini akan dijelaskan hasil dari analisis statistik tentang dua variabel yaitu variabel berat badan dan jumlah mitokondria.

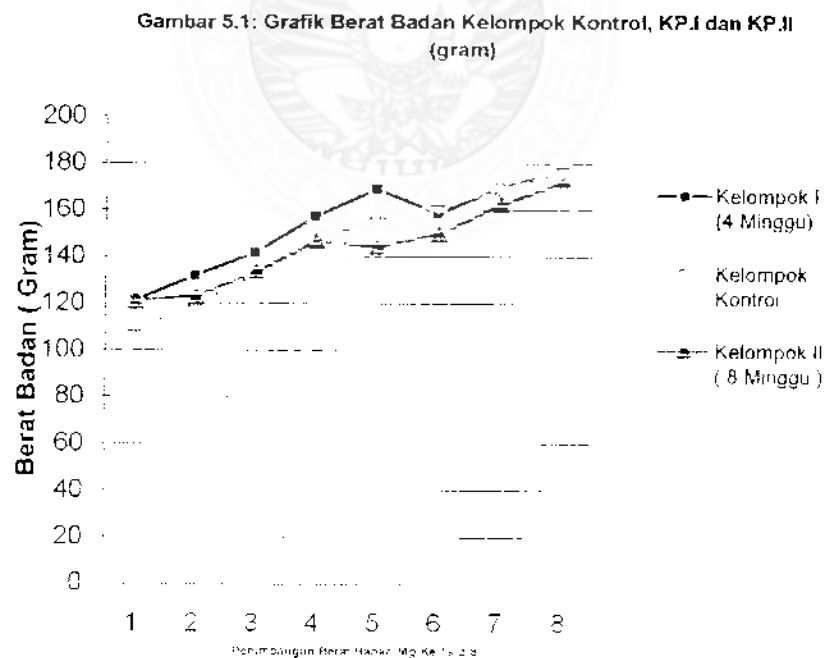
##### **5.1.1 Variabel Berat Badan**

Data deskriptif dari variabel berat badan kelompok perlakuan I (4 minggu), kelompok perlakuan II (8 minggu) dan kelompok kontrol pada pengukuran 1 sampai dengan pengukuran ke 8 menunjukkan bahwa peningkatan



dan penurunan rerata berat badan dari masing-masing kelompok terdapat perbedaan yang sangat jelas, dan perbedaan tersebut terjadi pada kurun waktu pengukuran yang berbeda.

Pada kelompok perlakuan I, rerata berat badan pada pengukuran ke 1 sampai ke 5 mengalami peningkatan, tetapi pada pengukuran ke 6 mengalami penurunan dan selanjutnya pada pengukuran ke 7 dan ke 8 terjadi peningkatan rerata berat badannya. Pada kelompok perlakuan II, rerata berat badan yang mengalami penurunan terjadi pada pengukuran ke 5, sedangkan kelompok kontrol rerata berat badan pada setiap pengukuran mengalami peningkatan yang baik tanpa adanya penurunan rerata berat badan. Hasil pengukuran berat badan dapat dilihat pada gambar 5.1 dibawah ini:



### 5.1.2 Variabel Jumlah Mitokondria

Jumlah mitokondria sebagai variabel tergantung dalam penelitian ini secara deskriptif dapat dilihat pada tabel 5.1 di bawah ini :

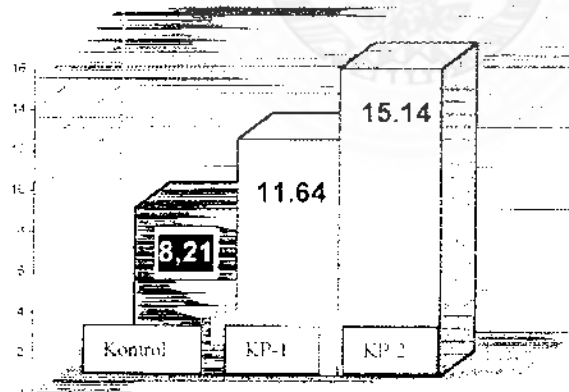
**Tabel 5.1**  
Hasil Penelitian Jumlah Mitokondria ( buah/sel)  
Kelompok Perlakuan I, Kelompok Perlakuan II, dan Kelompok Kontrol

Variabel	Mean	$\pm$ SD	Min	Maks	Prop.
$\Sigma$ Mito- Kt	8.21	1.19	6	10	Kk-Kpl =0.000
$\Sigma$ Mito- Kp I	11.64	0.93	10	13	Kpl-KplI =0.000
$\Sigma$ Mito- Kp II	15.14	1.23	13	17	Kk-KplI =0.000

Keterangan :

- $\Sigma$  Mito- Kt : Jumlah Mitokondria kelompok Kontrol
- $\Sigma$  Mito- Kp I : Jumlah Mitokondria kelompok perlakuan I ( 4 minggu )
- $\Sigma$  Mito- Kp II : Jumlah Mitokondria kelompok perlakuan II ( 8 minggu )
- Min : Jumlah minimal mitokondria dalam kelompok
- Maks : Jumlah maksimal mitokondria dalam kelompok

**Gambar 5.2:** Diagram perbedaan rata-rata jumlah mitokondria setelah latihan pada kelompok kontrol, Kp.1 dan Kp.2



Kelompok Kontrol, KP.1, KP.2

## 5.2. Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas Varians Variabel Jumlah Mitokondria dan Berat Badan.

### 5.2.1 Uji Normalitas

#### A. Uji Normalitas Kelompok Kontrol

Untuk lebih memperjelas hasil uji normalitas distribusi variabel jumlah mitokondria dan berat badan pengukuran ke 1 s/d ke 8 pada kelompok kontrol dapat dilihat pada tabel 5.2 dibawah ini:

**Tabel 5.2**  
Hasil Uji Normalitas Distribusi (N= 14 )  
Variabel Jumlah Mitokondria (buah/sel) dan Berat Badan (gram)  
Pengukuran ke 1 s/d ke 8 Kelompok Kontrol

Variabel	Mean	SD	K-S Z	Prob.
Jum-Mito	8.2143	1.1883	0.652	0.788
Pbb- Ke 1	108.0714	27.2636	0.764	0.603
Pbb- Ke 2	119.4286	23.0642	0.594	0.873
Pbb- Ke 3	131.5000	22.7080	0.561	0.911
Pbb- Ke 4	146.3571	25.1384	0.493	0.968
Pbb- Ke 5	155.9286	27.1533	0.585	0.834
Pbb- Ke 6	162.3571	25.5060	0.580	0.890
Pbb- Ke 7	168.4286	25.0744	0.603	0.860
Pbb- Ke 8	177.5714	23.1441	0.600	0.864

Keterangan :

- Jum-Mito : Jumlah Mitokondria
- Pbb-Ke 1 : Pengukuran Berat badan ke satu
- Pbb-Ke 2 : Pengukuran Berat badan ke dua
- Pbb-Ke 3 : Pengukuran Berat badan ke tiga
- Pbb-Ke 4 : Pengukuran Berat badan ke empat
- Pbb-Ke 5 : Pengukuran Berat badan ke lima
- Pbb-Ke 6 : Pengukuran Berat badan ke enam
- Pbb-Ke 7 : Pengukuran Berat badan ke tujuh
- Pbb-Ke 8 : Pengukuran Berat badan ke delapan

Berdasarkan tabel 5.2 diatas, uji normalitas distribusi pada variabel jumlah mitokondria dan berat badan pada kelompok kontrol secara keseluruhan berdistribusi normal.

### B. Uji Normalitas Kelompok Perlakuan I ( 4 Minggu )

Untuk lebih memperjelas hasil uji normalitas distribusi variabel jumlah mitokondria dan berat badan pengukuran ke 1 s/d ke 8 pada kelompok perlakuan I ( 4 minggu) dapat dilihat pada tabel 5.3 dibawah ini:

**Tabel 5.3**  
Hasil Uji Normalitas Distribusi (N= 14 )  
Variabel Jumlah Mitokondria(buah/sel) dan Berat Badan (gram)  
Pengukuran ke 1 s/d ke 8 Kelompok Perlakuan I ( 4 minggu)

Variabel	Mean	SD	K-S Z	Prob.
Mito	11.6429	0.9288	1.095	0.182
Pbb- Ke 1	121.3571	11.1466	0.488	0.971
Pbb- Ke 2	131.7857	11.8138	0.489	0.997
Pbb- Ke 3	141.7857	14.0065	0.489	0.971
Pbb- Ke 4	157.2857	13.7585	0.581	0.888
Pbb- Ke 5	168.8571	14.4694	0.481	0.975
Pbb- Ke 6	158.7143	14.8967	0.327	1.000
Pbb- Ke 7	169.7143	14.5730	0.475	0.978
Pbb- Ke 8	176.7857	15.7782	0.623	0.833

Keterangan :

- Mito : Jumlah Mitokondria  
Pbb-Ke 1 : Pengukuran Berat badan ke satu  
Pbb-Ke 2 : Pengukuran Berat badan ke dua  
Pbb-Ke 3 : Pengukuran Berat badan ke tiga  
Pbb-Ke 4 : Pengukuran Berat badan ke empat  
Pbb-Ke 5 : Pengukuran Berat badan ke lima  
Pbb-Ke 6 : Pengukuran Berat badan ke enam  
Pbb-Ke 7 : Pengukuran Berat badan ke tujuh  
Pbb-Ke 8 : Pengukuran Berat badan ke delapan

Berdasarkan pada tabel 5.3 diatas, uji normalitas distribusi pada variabel jumlah mitokondria dan berat badan pada kelompok perlakuan I (4 minggu) secara keseluruhan berdistribusi normal.

### C. Uji Normalitas Distribusi Kelompok Perlakuan II ( 8 Minggu )

Untuk lebih memperjelas hasil uji normalitas distribusi variabel jumlah mitokondria dan berat badan pengukuran ke 1 s/d ke 8 pada kelompok perlakuan II (8 minggu) dapat dilihat pada tabel 5.4 dibawah ini :

**Tabel 5.4**  
Hasil Uji Normalitas Distribusi (N= 14)  
Variabel Jumlah Mitokondria (buah/lpg) dan Berat Badan (gram)  
Pengukuran ke 1 s/d ke 8 Kelompok Perlakuan II (8 minggu)

Variabel	Mean	SD	K-S Z	Prob.
Mito	15.1429	1.2315	0.694	0.722
Pbb- Ke 1	120.7143	11.8998	0.674	0.754
Pbb- Ke 2	122.8571	13.6993	0.502	0.962
Pbb- Ke 3	133.1429	17.6149	0.502	0.962
Pbb- Ke 4	146.4286	19.6771	0.526	0.945
Pbb- Ke 5	144.2857	17.9890	0.532	0.940
Pbb- Ke 6	149.5000	17.7146	0.431	0.992
Pbb- Ke 7	162.2143	17.1517	0.726	0.667
Pbb- Ke 8	171.9286	16.4479	0.458	0.985

Keterangan :

- Mito : Jumlah Mitokondria  
Pbb-Ke 1 : Pengukuran Berat badan ke satu  
Pbb-Ke 2 : Pengukuran Berat badan ke dua  
Pbb-Ke 3 : Pengukuran Berat badan ke tiga  
Pbb-Ke 4 : Pengukuran Berat badan ke empat  
Pbb-Ke 5 : Pengukuran Berat badan ke lima  
Pbb-Ke 6 : Pengukuran Berat badan ke enam  
Pbb-Ke 7 : Pengukuran Berat badan ke tujuh  
Pbb-Ke 8 : Pengukuran Berat badan ke delapan

Berdasarkan pada tabel 5.4 diatas, uji normalitas distribusi pada variabel jumlah mitokondria dan berat badan pada kelompok perlakuan II (8 minggu) berdistribusi normal.

### **.5.3 Hasil Uji Anava Satu Jalur Variabel Jumlah Mitokondria**

Uji anava satu jalur pada variabel jumlah mitokondria memberikan hasil bahwa ada perbedaan yang sangat bermakna ( $p=0.000$ ) antara jumlah mitokondria dari kelompok kontrol, kelompok perlakuan I (4 minggu) dan kelompok perlakuan II (8 minggu), lihat lampiran 15.

Uji LSD (*Least Significant Different*) terhadap variabel jumlah mitokondria pada kelompok kontrol, kelompok perlakuan I (4 minggu) dan kelompok perlakuan II (8 minggu) memberikan hasil sebagai berikut: 1). Jumlah mitokondria pada kelompok kontrol dan jumlah mitokondria pada kelompok perlakuan I (4 minggu) terdapat ada perbedaan yang sangat bermakna ( $p=0.000$ ), 2). Jumlah mitokondria pada kelompok kontrol dan jumlah mitokondria pada kelompok perlakuan II (8 minggu) terdapat ada perbedaan yang sangat bermakna ( $p=0.000$ ), 3). Jumlah mitokondria pada kelompok perlakuan I (4 minggu) dan jumlah mitokondria pada kelompok perlakuan II (8 minggu) terdapat ada perbedaan yang sangat bermakna ( $p=0.000$ ), lihat lampiran 16.

Disamping itu berdasarkan analisis dengan komputerisasi anava satu jalur variabel jumlah mitokondria dengan berat badan (pengukuran berat badan ke 8) sebagai variabel moderator memberikan hasil bahwa jumlah mitokondria tidak dipengaruhi oleh berat badan ( $p=0.195$ ).

Berikut disajikan tabel tentang hasil analisis statistik anava satu jalur secara lebih terperinci.

**Tabel 5.5**  
 Hasil Uji Anava Satu Jalur  
 Variabel Jumlah Mitokondria (buah/sel) dan Berat Badan (gram).

Variabel	F Rasio	F Prob.
Jumlah Mitokondria	132.958	0.000
Pbb-Ke 1	2.336	0.110
Pbb-Ke 2	1.989	0.150
Pbb-Ke 3	1.255	0.296
Pbb-Ke 4	1.375	0.265
Pbb-Ke 5	4.995	0.012
Pbb-Ke 6	1.555	0.224
Pbb-Ke 7	0.595	0.556
Pbb-Ke 8	0.372	0.692

#### 5.4 Hasil Uji Anava Satu Jalur Variabel Berat Badan

- 1) Uji anava satu jalur variabel berat badan pada pengukuran ke satu memberikan hasil bahwa tidak ada perbedaan yang nyata ( $p=0.110$ ) antara berat badan kelompok kontrol, kelompok perlakuan I (4 minggu) dan kelompok perlakuan II (8 minggu).
- 2) Uji anava satu jalur variabel berat badan pada pengukuran ke dua memberikan hasil bahwa tidak ada perbedaan yang nyata ( $p=0.150$ ) antara berat badan kelompok kontrol, kelompok perlakuan I (4 minggu) dan kelompok perlakuan II (8 minggu).
- 3) Uji anava satu jalur variabel berat badan pada pengukuran ke tiga memberikan hasil bahwa tidak ada perbedaan yang nyata ( $p=0.296$ ) antara berat badan kelompok kontrol, kelompok perlakuan I (4 minggu) dan kelompok perlakuan II (8 minggu).

- 4). Uji anava satu jalur variabel berat badan pada pengukuran ke empat memberikan hasil bahwa tidak ada perbedaan yang nyata ( $p=0.265$ ) antara berat badan kelompok kontrol, kelompok perlakuan I (4 minggu) dan kelompok perlakuan II (8 minggu).
- 5). Uji anava satu jalur variabel berat badan pada pengukuran ke lima memberikan hasil bahwa ada perbedaan yang bermakna ( $p=0.012$ ) antara berat badan kelompok kontrol, kelompok perlakuan I (4 minggu) dan kelompok perlakuan II (8 minggu).

Uji LSD (*Least Significant Different*) terhadap variabel berat badan pada pengukuran ke lima memberikan hasil sebagai berikut: (1). Ada perbedaan yang bermakna ( $p<0.05$ ) antara berat badan kelompok kontrol dan berat badan kelompok perlakuan I (4 minggu). (2). Ada perbedaan yang bermakna ( $p<0.05$ ) antara berat badan kelompok kontrol dan berat badan kelompok perlakuan II (8 minggu). (3). Tidak terdapat perbedaan yang bermakna ( $p>0.05$ ) antara berat badan kelompok perlakuan I (4 minggu) dan berat badan kelompok perlakuan II (8 minggu).

- 6). Uji anava satu jalur variabel berat badan pada pengukuran ke enam memberikan hasil bahwa tidak ada perbedaan yang nyata ( $p=0.224$ ) antara berat badan kelompok kontrol, kelompok perlakuan I (4 minggu) dan kelompok perlakuan II (8 minggu).
- 7). Uji anava satu jalur variabel berat badan pada pengukuran ke tujuh memberikan hasil bahwa tidak ada perbedaan yang nyata ( $p=0.556$ ) antara



berat badan kelompok kontrol, kelompok perlakuan I (4 minggu) dan kelompok perlakuan II (8 minggu).

- 8). Uji anava satu jalur variabel berat badan pada pengukuran ke delapan memberikan hasil bahwa tidak ada perbedaan yang nyata ( $p=0.692$ ) antara berat badan kelompok kontrol, kelompok perlakuan I (4 minggu) dan kelompok perlakuan II (8 minggu) ( tabel 5.5).

Disamping hasil yang telah dipaparkan tersebut diatas, uji anava satu jalur variabel berat badan juga memberikan hasil sebagai berikut: a). variabel berat badan pada pengukuran ke 2 dengan pengukuran berat badan ke 1 sebagai variabel moderator memberikan hasil bahwa pengukuran berat badan ke 2 tidak dipengaruhi oleh berat badan ke 1 ( $p=0.423$ ). b). variabel berat badan pada pengukuran ke 3 dengan pengukuran berat badan ke 2 sebagai variabel moderator memberikan hasil bahwa pengukuran berat badan ke 3 dipengaruhi oleh berat badan ke 2 ( $p=0.000$ ). c). variabel berat badan pada pengukuran ke 4 dengan pengukuran berat badan ke 3 sebagai variabel moderator memberikan hasil bahwa pengukuran berat badan ke 4 dipengaruhi oleh berat badan ke 3 ( $p=0.000$ ) d). variabel berat badan pada pengukuran ke 5 dengan pengukuran berat badan ke 4 sebagai variabel moderator memberikan hasil bahwa pengukuran berat badan ke 5 dipengaruhi oleh berat badan ke 4 ( $p=0.000$ ). e). variabel berat badan pada pengukuran ke 6 dengan pengukuran berat badan ke 5 sebagai variabel moderator memberikan hasil bahwa pengukuran berat badan ke 6 dipengaruhi oleh berat badan ke 5 ( $p=0.006$ ) f). variabel berat badan pada pengukuran ke 7 dengan pengukuran berat badan ke

6 sebagai variabel moderator memberikan hasil bahwa pengukuran berat badan ke 7 dipengaruhi oleh berat badan ke 6 ( $p=0.000$ ). g). variabel berat badan pada pengukuran ke 8 dengan pengukuran berat badan ke 7 sebagai variabel moderator memberikan hasil bahwa pengukuran berat badan ke 8 dipengaruhi oleh berat badan ke 7 ( $p=0.000$ ).

#### **5.4 Hasil Uji T Antar Waktu Variabel Berat Badan**

Untuk melihat adanya hasil penimbangan berat badan, apakah di pengaruhi oleh berat badan sebelumnya atau tidak, maka dilakukan Uji T antar waktu. Uji T antar waktu terhadap berat badan pada kelompok kontrol, dengan mencermati lampiran 18, probabilitas semua pasangan memberikan hasil  $p=0.000$ . Hal tersebut dapat diartikan bahwa semua pasangan pada kelompok kontrol memberikan hasil ada perbedaan yang bermakna ( $p=0.000$ ).

Uji T antar waktu terhadap berat badan pada kelompok perlakuan I (4 minggu), dengan mencermati lampiran 19, probabilitas sebagian besar pasangan memberikan hasil  $p<0.05$ . Sedangkan pada pasangan berat badan pengukuran ke 4 dan berat badan pengukuran ke 6 mempunyai probabilitas 0.638, ini berarti  $p>0.05$ . Untuk pasangan berat badan pada pengukuran ke 5 dan berat badan pada pengukuran ke 7 memberikan hasil  $p=0.577$ . Kedua hasil dari pengukuran bb4 – bb6 dan pengukuran bb5 – bb7 memiliki probabilitas lebih besar dari 0.05, maka kedua pasangan tersebut diatas dapat diartikan bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna pada kedua pengukuran tersebut.

Uji T antar waktu terhadap berat badan pada kelompok perlakuan II (8 minggu), dengan mencermati lampiran 20, hasil probabilitas sebagian besar pasangan adalah

$p=0.000$ , dengan demikian uji T antar waktu terhadap variabel berat badan tersebut memberikan hasil bahwa ada perbedaan dalam pengukuran berat badan antara pengukuran yang satu dan pengukuran yang lainnya. Pasangan berat badan pengukuran ke 1 dan berat badan pengukuran ke 2 menunjukkan  $p=0.604$ , jadi hal tersebut memberikan hasil bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna dalam pengukuran berat badan ke 1 dan pengukuran berat badan ke 2. Untuk pasangan berat badan pada pengukuran ke 4 dan berat badan pada pengukuran ke 5 memberikan hasil  $p=0.109$ , jadi hal tersebut tidak ada perbedaan yang bermakna ( $p>0.05$ ) dalam pengukuran berat badan antara pengukuran berat badan ke 4 dan pengukuran berat badan ke 5. Sedangkan untuk pasangan berat badan pada pengukuran ke 4 dan berat badan pada pengukuran ke 6 memberikan hasil  $p=0.109$ , jadi hal tersebut juga tidak ada perbedaan yang bermakna ( $p>0.05$ ) dalam pengukuran berat badan antara pengukuran berat badan ke 4 dan pengukuran berat badan ke 6.

## BAB 6

### PEMBAHASAN

#### 6.1 Pembahasan Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini adalah penelitian eksperimental sungguhan. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan *Randomized Posttest Only Control Group Design* (Zainuddin, 2000). Penelitian eksperimental laboratorik yang dilakukan bertujuan untuk dapat menjelaskan adanya hubungan sebab-akibat dari pemberian perlakuan stress fisik. Beberapa alasan dengan memilih rancangan ini karena: 1) secara metodologis dapat dipertanggung jawabkan, 2) mempunyai validitas internal yang memadai dengan beberapa "probable error" dapat diestimasi, 3) secara teknis lebih sederhana dan lebih ekonomis dibandingkan dengan rancangan penelitian yang lain, 4) pada rancangan ini "history effect" dapat dihindari setara karena setiap kelompok hewan coba mendapat kandang, minum dan lingkungan yang sama serta "maturation effect" terjadi setara bagi setiap kelompok (Zainuddin, 2000).

Hewan coba yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus putih *Rattus norvegicus* strain wistar, berjenis kelamin jantan, berumur  $\pm$  2,5 bulan dan sehat. Latar belakang penggunaan hewan coba tikus putih *Rattus norvegicus* strain wistar adalah karena hewan tersebut diasumsikan memiliki karakteristik dalam mekanisme fisiologis yang mendekati sama dengan manusia dalam hubungannya dengan variabel dalam penelitian ini.

Jumlah hewan coba yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 42 ekor. Jumlah hewan coba yang digunakan dalam penelitian ini ditentukan melalui penghitungan kembali jumlah mitokondria dari hasil penelitian Ramadi (2000). Data hasil penelitian tersebut selanjutnya diolah dengan rumus yang dikembangkan oleh Higgins & Kleinsbaum (1985) untuk menentukan besar hewan coba masing masing kelompok perlakuan. Dalam penelitian ini hewan coba dibagi menjadi 3 kelompok secara acak.

Hewan coba dibagi menjadi kelompok: 1). kelompok perlakuan 1, yaitu kelompok yang diberikan perlakuan berupa renang selama 4 minggu, tetapi perlakuan renang baru dilakukan setelah akhir minggu keempat. Hal ini dimaksudkan agar terjadinya perubahan secara fisiologis yang diharapkan tersebut benar-benar sebagai akibat dari adanya latihan yang terprogram, teratur dan terarah, dan hewan coba berada dalam lingkungan yang sama serta mempunyai pengalaman hidup relatif sama. 2). kelompok perlakuan 2, yaitu kelompok perlakuan yang diberikan latihan berupa renang selama 8 minggu. 3). kelompok kontrol, yaitu kelompok yang tidak diberi latihan dalam bentuk apapun. Jumlah hewan coba masing-masing kelompok adalah 14 ekor.

## **6.2 Pembahasan Program Latihan**

Stress fisik yang digunakan dalam penelitian ini adalah anaerobik interval berbentuk renang. Anaerobik interval yang dimaksudkan adalah besarnya beban/intensitas yang diberikan sebagai stressor fisik dan adanya selang waktu untuk istirahat diantara aktifitas. Perbandingan *Work-relief* yang digunakan adalah

1:3. Program latihan tersebut dilakukan dengan frekuensi 3 kali/minggu, 2 set/perlakuan hari itu dan beban latihan sebesar 80% dari kemampuan kerja maksimal. Kemampuan kerja maksimal atau lebih dikenal dengan 1 RM (*One Repetition Maximal*) dilakukan dengan tujuan untuk tolok ukur kemampuan maksimal dari hewan coba tersebut dan digunakan untuk menentukan besar atau berat beban yang akan diberikan pada latihan berikutnya. Dalam penelitian ini dilakukan tes kemampuan maksimal sebanyak dua kali yaitu pada awal sebelum program latihan dimulai dan yang kedua dilakukan pada akhir minggu keempat. Hal tersebut dilakukan untuk menentukan berat beban selama 4 minggu berikutnya.

Setiap hewan coba setelah diberikan latihan selama 4 minggu dengan frekuensi 3 kali/minggu dan 2 set/perlakuan hari itu, mengalami peningkatan kemampuan maksimalnya. Terjadinya peningkatan tersebut sejalan dengan yang diungkapkan oleh Willmore and Costile (1988) bahwa latihan anaerobik akan meningkatkan kekuatan otot. Mc.Sherry (2001) juga menyatakan bahwa latihan anaerobik interval dengan frekuensi 3 kali/per minggu juga dapat meningkatkan  $VO_2$  maks.

Hewan coba setelah diberi latihan selama 8 minggu dengan frekuensi 3 kali/minggu dan 2 set/perlakuan hari itu, mengalami peningkatan kemampuan maksimalnya. Peningkatan tersebut baik pada kelompok perlakuan I maupun kelompok perlakuan II sangat bervariasi, hal ini disebabkan karena program yang diberikan kepada setiap hewan coba bersifat individual (Bompa, 1994). Walaupun bersifat individual tetapi mempunyai sasaran yang sama, sehingga progresivitas

kemampuan kerja maksimal masing-masing hewan coba akan berlainan. Perbedaan progresivitas tersebut dipengaruhi oleh banyak faktor yang kompleks. Hasil tes kemampuan maksimal ke-1 dan ke-2 pada kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II dapat dilihat pada lampiran.....

Di samping interval training meningkatkan jumlah dan ukuran mitokondria Mc Sherry, (2001) mengungkapkan pula bahwa interval training juga meningkatkan *VO<sub>2</sub> max*, *muscle mass* (massa otot), *strenght* (kekuatan), *power*, dan *speed* (kecepatan).

Di samping berbagai pengaruh yang telah disebutkan diatas, program latihan yang dibuat bervariasi juga dapat mempengaruhi adanya perubahan hormon. Seperti yang diungkapkan Kremer dalam Michelle and Naama (2000) bahwa respon hormonal dari latihan tergantung pada kepastian intensitas threshold, volume, dan aktivasi massa otot. Kinderman dalam Michelle and Naama (2000) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan respon hormon pada latihan anaerobik dan latihan aerobik. Jadi latihan anaerobik interval yang dilakukan dalam penelitian ini dapat menunjang atau memacu sekresi hormon pertumbuhan dan dapat memacu terjadinya replikasi mitokondria.

### 6.3 Pembahasan Penghitungan Jumlah Mitokondria

Penghitungan jumlah mitokondria dilakukan di Laboratorium Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya. Penghitungan jumlah mitokondria dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya (*light microscope*) pada pembesaran 10 x 100 dilengkapi *granule* yang dipasang

pada lensa *ocular* dengan tujuan untuk membatasi lokasi pengamatan pada area lapangan pandang. Jumlah kotak yang ada pada graticule 5 x 5, dengan luas keseluruhan 10.000 micron<sup>2</sup>. Satuan untuk jumlah mitokondria adalah buah /sel, dalam penghitungan dibatasi oleh lapangan pandang graticule.

Metode pewarnaan yang digunakan agar organel mitokondria dapat tampak terlihat adalah dengan pewarnaan Mallory Azan (MA). Ada 2 cara untuk memperlihatkan mitokondria yaitu dengan teknik pewarnaan supravital. Mitokondria yang masih hidup dapat langsung diamati, dan dengan teknik fiksasi, dengan membuat sediaan preparat (Suntoro, 1983). Larutan Helly dengan fiksasi formalin dapat digunakan untuk memperlihatkan mitokondria, tetapi pewarnaan buatan Mallory tahun 1900 adalah sangat baik untuk memperlihatkan mitokondria (Suntoro, 1983). Seiring dengan perkembangan teknologi, ada metode untuk mengetahui jumlah mitokondria dengan cara menghancurkan organel yang lain dan tinggal tersisa mitokondria saja. Selain itu juga ada teknik penghitungan mitokondria secara komputerisasi. Mitokondria terletak di subsarkolema dan termasuk pada tingkat subseluler, sedangkan mikroskop cahaya biasa digunakan untuk melihat jaringan pada tingkat seluler. Untuk dapat melihat mitokondria tersebut dibutuhkan pembesaran 1000 kali dan diperlukan sebuah cairan khusus yaitu imersi minyak (Lesson et al. 1993) yang berfungsi untuk lebih menjernihkan jaringan disaat dilihat dibawah mikroskop cahaya.

Mitokondria pada jaringan tersebut biasanya terdapat di daerah yang aktif untuk aktivitas Nukleus yang di lihat adalah nukleus yang mempunyai



bentuk ideal atau mendekati sempurna, yang biasanya berbentuk lonjong. Mitokondria yang dapat terwarnai berwarna biru toluidin. Dalam penghitungan jumlah mitokondria pada *slide* yang diamati dibawah mikroskop cahaya dilakukan pada tiga lapangan pandang. Penghitungan jumlah mitokondria peneliti selalu didampingi oleh konsultan histologi. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan agar dapat lebih *reliable* dalam penghitungan.

#### **6.4 Pembahasan Hasil Penelitian**

Serangkaian proses penelitian yang dilakukan dari awal perlakuan, pengumpulan data dan dilanjutkan dengan analisis data statistik secara komputerisasi, maka didapatkan hasil sebagai berikut dibawah ini :

##### **6.4.1 Hasil Uji Normalitas Distribusi Dan Homogenitas Varian**

Uji normalitas data dilakukan dilakukan untuk melihat gambaran normalitas distribusi data pada variabel dalam penelitian ini. Uji normalitas dilakukansebagai syarat untuk analisis selanjutnya. Dalam penelitian ini, uji normalitas distribusi memberikan hasil bahwa:

- 1). Variabel jumlah mitokondria dan berat badan kelompok kontrol pada pengukuran ke 1 sampai dengan pengukuran ke 8 berdistribusi normal.
- 2). Variabel jumlah mitokondria dan berat badan kelompok perlakuan I(4 minggu) pada pengukuran ke 1 sampai dengan pengukuran ke 8 berdistribusi normal.

3). Variabel jumlah mitokondria dan berat badan kelompok perlakuan II (8 minggu) pada pengukuran ke 1 sampai dengan pengukuran ke 8 berdistribusi normal.

Uji Homogenitas varian terhadap variabel jumlah mitokondria dan berat badan pada kelompok kontrol, kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II adalah sebagai berikut :

1). Variabel jumlah mitokondria memiliki varian yang homogen ( $p=0.451$ ), 2). berat badan pada pengukuran minggu ke satu memiliki varian yang tidak homogen ( $p=0.000$ ), 3). berat badan pada pengukuran minggu ke dua memiliki varian yang tidak homogen ( $p=0.011$ ), 4). berat badan pada pengukuran minggu ke tiga memiliki varian yang homogen ( $p=0.088$ ), 5). berat badan pada pengukuran minggu ke empat memiliki varian yang homogen ( $p=0.061$ ), 6). berat badan pada pengukuran minggu ke lima memiliki varian yang tidak homogen ( $p=0.010$ ), hal ini disebabkan karena satu hari sebelumnya dilakukan tes kemampuan maksimal, sehingga hewan coba tersebut mengalami kelelahan dan mengakibatkan penurunan berat badan. Namun pada pengukuran berikutnya rerata berat badan terjadi kenaikan kembali. 7). berat badan pada pengukuran minggu ke enam memiliki varian yang tidak homogen ( $p=0.026$ ), 8). berat badan pada pengukuran minggu ke tujuh memiliki varian yang tidak homogen ( $p=0.034$ ), 9). berat badan pada pengukuran minggu ke delapan memiliki varian yang homogen ( $p=0.096$ ).

Dari uraian di atas variabel jumlah mitokondria dan berat badan dalam penelitian ini berdistribusi normal dan memiliki varian yang homogen, kecuali berat badan pada pengukuran minggu ke satu, kedua, kelima, keenam dan ketujuh.

#### 6.4.2 Variabel Berat Badan

Uji anava satu jalur terhadap variabel berat badan dengan melakukan pengukuran sebanyak delapan kali memberikan hasil tidak terdapat perbedaan yang nyata ( $p > 0.05$ ) rentang  $p = 0.110$  s/d  $0.692$ . kecuali pada uji anava satu jalur pengukuran berat badan kelima memberikan hasil bahwa ada perbedaan yang nyata ( $p = 0.012$ ) antara berat badan kelompok kontrol, kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II. Selanjutnya dilakukan uji LSD (*Least Significant Difference*) dan didapatkan hasil : (1). Tidak ada perbedaan yang bermakna ( $p = 0.104$ ) antara berat badan kelompok kontrol dan berat badan kelompok perlakuan I (4 minggu). (2). Tidak ada perbedaan yang bermakna ( $p = 0.142$ ) antara berat badan kelompok kontrol dan berat badan kelompok perlakuan II (8 minggu). (3). terdapat perbedaan yang bermakna ( $p = 0.003$ ) antara berat badan kelompok perlakuan I (4 minggu) dan berat badan kelompok perlakuan II (8 minggu).

Selain uji anava satu jalur terhadap variabel berat badan, juga dilakukan uji T antar waktu. Seperti pada tabel 5.8 variabel berat badan pada kelompok kontrol memberikan hasil bahwa ada perbedaan yang bermakna ( $p = 0.000$ ). sedangkan kelompok perlakuan I pada pengukuran berat badan ke-4 dan ke-6 mempunyai probabilitas  $0.634$ , dan pada pengukuran berat badan ke-5 dan ke-7 mempunyai probabilitas  $0.577$ . Hal tersebut diartikan bahwa kedua pasangan

pengukuran tersebut diatas memberikan hasil tidak ada perbedaan yang nyata ( $p > 0.05$ ). Sementara kelompok perlakuan II pada pasangan pengukuran berat badan ke-1 dan ke-2 mempunyai probabilitas 0.604, pada pasangan pengukuran berat badan ke-4 dan ke-5 mempunyai probabilitas 0.109, dan pada pasangan pengukuran berat badan ke-4 dan ke-6 mempunyai probabilitas 0.109. Pasangan kedua pengukuran tersebut diatas diartikan tidak ada perbedaan yang nyata ( $p > 0.05$ ).

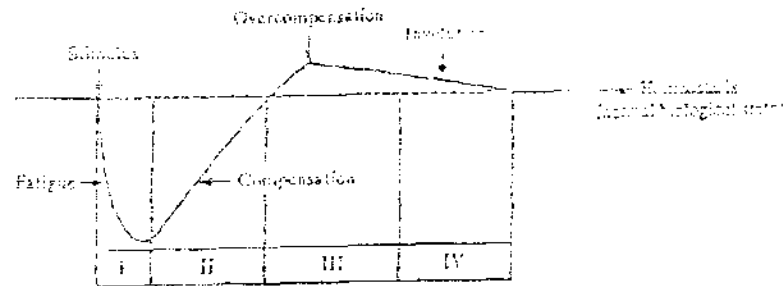
Selain hal tersebut di atas, dengan mencermati angka rerata berat badan setiap kelompok (tabel 5.1 dan grafik 5.1) terdapat *mean* yang bervariasi. Pada pengukuran ke-1 rerata berat badan kelompok kontrol 108.07 gram, kelompok perlakuan I: 121.36 gram, dan rerata berat badan kelompok perlakuan II: 120.71 (tabel 5.1). Hasil pengukuran diatas memberikan gambaran bahwa pada kelompok kontrol memiliki rerata berat badan lebih rendah dibandingkan dengan kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II, rerata berat badan kelompok perlakuan I lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol dan kelompok perlakuan II. Hal tersebut disebabkan karena dalam pembagian kelompok dilakukan dengan menggunakan teknik random dan tidak berdasarkan berat badan. Meskipun berat badan pada kelompok tersebut bervariasi, tetapi kemampuan kerja maksimal tidak jauh berbeda.

Selama 8 kali dilakukan pengukuran berat badan, pada kelompok kontrol rerata berat badan terjadi peningkatan (grafik 5.1). hal ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor yang antara lain: faktor pertumbuhan (*growth*

*hormone*), maturasi, faktor perilaku dan kondisi lingkungan serta kelompok ini tidak mendapatkan perlakuan fisik secara terprogram, teratur dan terarah.

Sedangkan pada kelompok perlakuan I rerata berat badan mengalami peningkatan sampai pada pengukuran ke lima. Peningkatan sampai pada pengukuran ke lima ini disebabkan karena kelompok tersebut belum masuk pada program latihan. Pada pengukuran minggu keenam rerata berat badan mengalami penurunan yang disebabkan oleh adanya stres fisik, selanjutnya secara adaptif berat badan terjadi kenaikan kembali. Penurunan berat badan ini disebabkan karena kelompok tersebut diberi perlakuan fisik berupa renang. Mc.Cance (1994) menyebutkan bahwa adanya stress pada fisiologik juga akan terjadi atau mempengaruhi adanya respons stress psikologik maupun emosional. Jadi stres fisik berupa renang mungkin juga menyebabkan penurunan berat badan. karena nafsu makan menurun.

Pada kelompok perlakuan II rerata berat badan dari pengukuran ke-1 dan ke-2 mengalami peningkatan lebih rendah dibandingkan dengan rerata berat badan kelompok kontrol dan kelompok perlakuan I, tetapi sampai pengukuran ke-4 tetap mengalami peningkatan. Pada pengukuran ke-5 rerata berat badan mengalami penurunan, dan selanjutnya terjadi kenaikan lagi. Penurunan berat badan tersebut disebabkan oleh adanya stress fisik yang terprogram, teratur dan terarah. Kejadian semacam ini sesuai dengan prinsip GAS (*general adaptation syndrome*) dan prinsip overkompensasi latihan seperti yang diungkapkan oleh Bompa. (1994) dibawah ini:



Gambar 6.1: overkompensasi latihan (Bompa, 1994)

Apabila tubuh diberikan stress fisik, pada awalnya akan mengalami shock, *fatigue* dan penurunan pada kemampuan kondisi fisik, tetapi setelah diberikan *treatment* berupa renang yang sesuai dengan prinsip-prinsip latihan akan terjadi adaptasi dan akan mengalami peningkatan yang lebih baik dari kemampuan awal atau terjadi kompensasi baik secara fisik maupun secara fisiologis (Mc.Cance, 1994. Bompa, 1994). Peningkatan secara fisik dapat terlihat pada hasil test kemampuan kerja maksimal antara test pertama dan test yang kedua. Hal tersebut secara tidak langsung juga terjadi peningkatan kualitas kerja otot, jantung dan paru-paru.

Di samping hal tersebut diatas, uji anava satu jalur variabel berat badan juga memberikan hasil bahwa variabel berat badan pada pengukuran ke-2 dengan berat badan pada pengukuran ke-1 sebagai variabel moderator memberikan hasil bahwa pengukuran berat badan ke-2 tidak dipengaruhi oleh berat badan ke-1 ( $p=0.423$ ). Sedangkan pengukuran berat badan ke-3 dipengaruhi oleh berat badan ke-2. Pengaruh tersebut disebabkan karena adanya latihan fisik yang teratur, terarah dan terprogram. Uji anava satu jalur variabel jumlah mitokondria dan berat badan pada pengukuran ke-8 sebagai variabel moderator juga memberikan hasil bahwa jumlah mitokondria tidak dipengaruhi oleh berat badan ( $p=0.195$ ).

### 6.4.3 Pengaruh Latihan Anaerobik Interval Terhadap Jumlah Mitokondria

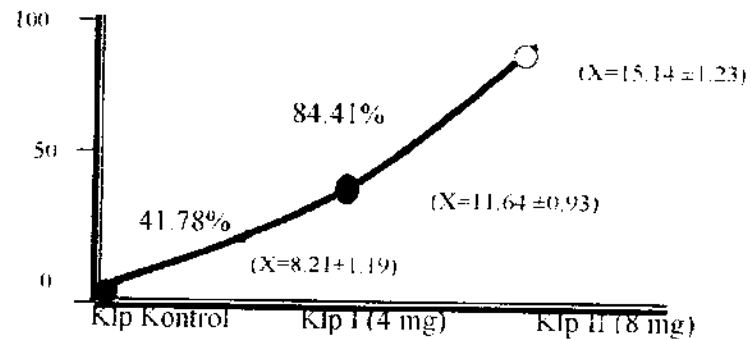
Latihan anaerobik interval yang dimaksud adalah latihan dengan pemberian beban yang berat dan dalam melakukan kerja ada selang waktu untuk *recovery*. Janssen (1989), mengemukakan bahwa latihan anaerobik interval sebagai salah satu tolok ukurnya adalah denyut nadi berada pada 180-200 per menit. Sedangkan dalam penelitian ini, untuk menentukan besar beban latihan dilakukan dengan mengambil waktu kerja sebesar 80% dari kemampuan kerja maksimalnya.

Dalam penelitian ini hasil uji anava satu jalur jumlah mitokondria memberikan hasil bahwa ada perbedaan yang sangat bermakna ( $p=0.000$ ) antara jumlah mitokondria dari kelompok kontrol, kelompok perlakuan I (4 minggu) dan kelompok perlakuan II (8 minggu).

Uji LSD (*Least Significant Different*) terhadap variabel jumlah mitokondria pada kelompok kontrol, kelompok perlakuan I (4 minggu) dan kelompok perlakuan II (8 minggu) memberikan hasil sebagai berikut: 1). Jumlah mitokondria pada kelompok kontrol dan jumlah mitokondria pada kelompok perlakuan I (4 minggu) terdapat ada perbedaan yang bermakna ( $p<0.05$ ). 2). Jumlah mitokondria pada kelompok kontrol dan jumlah mitokondria pada kelompok perlakuan II (8 minggu) terdapat ada perbedaan yang bermakna ( $p<0.05$ ). 3). Jumlah mitokondria pada kelompok perlakuan I (4 minggu) dan jumlah mitokondria pada kelompok perlakuan II (8 minggu) terdapat ada perbedaan yang bermakna ( $p<0.05$ ).

Dengan mencermati hasil rerata jumlah mitokondria pada kelompok kontrol ( $X=8.21, SD=1.19$ ), kelompok perlakuan I ( $X=11.64, SD=0.93$ ), kelompok perlakuan II ( $X=15.14, SD=1.23$ ) menunjukkan bahwa: 1). Kelompok kontrol memiliki jumlah mitokondria lebih rendah dibandingkan dengan kelompok perlakuan I (4 minggu), 2). Kelompok kontrol memiliki jumlah mitokondria lebih rendah dibandingkan dengan kelompok perlakuan II, 3). Kelompok perlakuan I memiliki jumlah mitokondria lebih rendah dibandingkan dengan kelompok perlakuan II.

Peningkatan jumlah mitokondria dari kelompok kontrol sampai ke kelompok perlakuan I (4 minggu) sebesar 41.78%. Peningkatan dari kelompok kontrol sampai ke kelompok perlakuan II (8 minggu) sebesar 84.41%. sedangkan peningkatan dari kelompok 4 minggu sampai ke kelompok 8 minggu sebesar 30.55%. Peningkatan jumlah mitokondria rata-rata setiap 4 minggu sebesar 35.97%. Peningkatan jumlah mitokondria pada kelompok tersebut dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut:



Grafik: 6.1 Perbandingan peningkatan jumlah mitokondria pada kelompok kontrol, kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II.



Lama waktu program yang diberikan untuk mengetahui peningkatan jumlah mitokondria sampai maksimal, dalam penelitian ini belum dapat terungkap.

Terjadinya peningkatan jumlah mitokondria akibat lama waktu latihan tersebut sejalan dengan yang diungkapkan oleh Fox (1993), bahwa latihan selama 4 minggu telah terjadi peningkatan, dan peningkatan akan lebih baik lagi terjadi setelah latihan selama 6 sampai 8 minggu. Disamping hal tersebut, terjadinya peningkatan jumlah mitokondria akibat latihan anaerobik interval, sejalan dengan yang diungkapkan oleh Mc. Sherry (2001) bahwa latihan anaerobik interval dengan frekuensi 3 kali perminggu meningkatkan jumlah mitokondria.

Dari hasil penelitian ini dapat di buat kesimpulan sebagai berikut:

1. Hipotesis yang menyatakan bahwa latihan anaerobik interval selama 4 minggu dapat meningkatkan jumlah mitokondria, berdasarkan data yang terkumpul dan analisis statistik yang telah dilakukan, ternyata hipotesis dalam penelitian ini terbukti.
2. Hipotesis yang menyatakan bahwa latihan anaerobik interval selama 8 minggu dapat meningkatkan jumlah mitokondria. berdasarkan data yang terkumpul dan analisis statistik yang telah dilakukan, ternyata hipotesis dalam penelitian ini terbukti.
3. Hipotesis yang menyatakan bahwa latihan anaerobik interval selama 8 minggu dapat lebih meningkatkan jumlah mitokondria dibandingkan latihan anaerobik interval selama 4 minggu, berdasarkan data yang

terkumpul dan analisis statistik yang telah dilakukan, ternyata hipotesis dalam penelitian ini terbukti.

Latihan yang bersifat aerobik dan anaerobik secara fisiologis terdapat perbedaan dalam proses glikolisis di dalam mitokondria, tetapi pada akhir program latihan, baik pada latihan aerobik maupun latihan anaerobik terjadi peningkatan suplai asam lemak ke dalam mitokondria, peningkatan enzim oksidatif, dan peningkatan jumlah mitokondria ( Jeukendrup et al, 1998).

Mekanisme replikasi mitokondria telah diuraikan di bab II, tetapi secara hormonal latihan anaerobik maupun latihan aerobik dapat mempengaruhi sekresi hormon di dalam tubuh. Bang and Swartz et al. dalam Michelle and Namma, (2000), menyatakan bahwa *growth hormone* meningkat secara signifikan hanya pada latihan dengan intensitas tinggi dan IGF-I meningkat pada latihan dengan intensitas rendah dan intensitas tinggi. Ditegaskan pula oleh Hagberg and Coworkers dalam Michelle and Namma, (2000), ditemukan bahwa peningkatan IGF-I terjadi setelah 60 menit melakukan treadmill dengan beban 70% dari  $VO_2$  max untuk umur muda dan *old adult*. Salah satu komponen penting dalam replikasi mitokondria adalah adanya peran aktif protein antara lain: DNA Polimerase gamma, dan Mitochondria Processing (MRP) RNase.

Latihan anaerobik membutuhkan pemenuhan ATP yang lebih banyak dibanding dengan latihan aerobik. Latihan dengan beban berat dan dilakukan secara kontinyu serta progresif akan memacu kerja mitokondria dalam pemenuhan energi ATP. Pada latihan anaerobik interval terjadi mekanisme antagonis, disaat melakukan kerja anaerobik otot membutuhkan pemenuhan ATP yang cukup

banyak, sedangkan pada saat interval hewan coba mendapatkan kesempatan untuk memasukkan  $O_2$  ke dalam tubuhnya. Ketercukupan oksigen yang dihirup akan lebih memacu siklus Krebs dan sistem transport elektron, sehingga akan terbentuk ATP yang lebih banyak dalam rangka penyediaan energi. Stres fisik yang dilakukan secara teratur, terarah dan terprogram serta progresif seperti ini akan memacu adanya kompensasi mitokondria melakukan replikasi atau pembelahan.

Latihan anaerobik interval selama 4 minggu dengan frekuensi 3 kali per minggu, 2 set/perlakuan hari itu cukup memacu kerja mitokondria, sehingga dapat meningkatkan jumlah mitokondria ( $X_{kpl}=11,64 \pm 0,93$ ;  $X_{kk}=8,21 \pm 1,19$ ), sedangkan latihan anaerobik interval selama 8 minggu dengan frekuensi 3 kali/minggu, 2 set/perlakuan hari itu lebih memacu kerja mitokondria, sehingga peningkatan jumlah mitokondria lebih banyak dibandingkan dengan kelompok latihan yang lainnya ( $X_{kplII}=15,14 \pm 1,23$ ;  $X_{kpl}=11,64 \pm 0,93$ ;  $X_{kk}=8,21 \pm 1,19$ ).

electron mikroskop), untuk membuktikan apakah peningkatan jumlah mitokondria selalu diiringi dengan peningkatan luas atau besarnya ukuran mitokondria.

2. Karena bentuk latihan dalam penelitian ini bersifat anaerobik maka perlu dilakukan pengukuran variabel yang lain seperti kadar laktat, depo glikogen otot, dan enzim yang terlibat lebih dominan dalam perlakuan penelitian ini, sebab variabel tersebut merupakan mata rantai mekanisme yang terjadi didalam tubuh sebagai akibat adanya stres fisik.
3. Untuk mengetahui progresivitas kemampuan fisik hewan coba, maka perlu dilakukan pencatatan progresivitas yang lebih terperinci, seperti pengukuran berat badan dari sebelum diberikan perlakuan sampai hewan coba tersebut akan dimatikan serta kemampuan kerja maksimalnya.
4. Perlu dicobakan dengan bentuk rancangan penelitian yang lain, seperti dengan rancangan *pretest-posttest control group design* atau rancangan yang lainnya. dengan tujuan agar lebih dapat mengetahui terjadinya perubahan jumlah mitokondria.
5. Untuk dapat mengetahui kapan terjadinya peningkatan jumlah mitokondria sampai maksimal sebagai akibat latihan anaerobik interval, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah kelompok dengan lama program yang lebih bervariasi, (kelompok 4 minggu---8 minggu--- 12 minggu dan seterusnya).

## DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto S, 1989. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktis*, edisi 6. Jakarta: Bina Aksara, pp.78-79.
- Arnheim DD, 1985. *Modern Principles of Athlete Training*. St.Louis: Times Mirror / Mosby College Publishing. pp 78-92.
- Astrand PO, and Rohald K, 1986. *Text Book of Work Physiology Bases of Exercise*, 3<sup>rd</sup> Ed. New York: Mc Graw-Hill Book Company, pp 139, 198, 263
- Becker WM, Jane BR., Martin FP, 1996. *The World of The Cell*. 3<sup>rd</sup> Ed. The Benjamin / Cumming Publ. Co.pp.295 – 388.
- Bizeau ME., Willis WT, and Hazel JR, 1998. *Differential Responses to Endurance Training in Subsarcolemmal and Internmyofibrillar Mitochondria*. *J Appl Physiol*, 85 (4): 1279-1284.
- Bompa TO, 1994. *Theory and Methodology of Training*. 3<sup>rd</sup> Ed. Iowa: Kendall / Hunt Publising Company, pp 2, 14-35, 51, 79-80, 373.
- Bouchard C, 1990. *The Field of The Physical Activity Sciences*. In (Bouchard C, Mc Pherson BD and Taylor Aw,eds), *Physical Activity Sciences*. Champaign: Human Kinetics Books. pp 3-7.
- Brooks GA, and Fahey TD. 1987. *Exercise Physiology. Human Bioenergies and Its Applications*.New York: Mc Milan Publishing Company. Pp 238 - 239, 280 – 292.
- Ceretelli P, 1991. *Energy Sources for Muscular Exercise*. *J Sport Med*.13: S106-S110.
- Dick FW, 1992. *Sport Training Principles*. London: Avon The Bath Press. pp 162-170.
- Deschenes MR, Kraemer WJ, Maresh CM, and Covault J. 1995. *The Effect of Different Treadmill Running Programs on the Muscle Morphology of Adult Rats*. *Int.J.Sport Med*. Vol.16,(5): pp273-277

- Dionne FT, Turcotte L, Thibault MC, Boulay MR, Skinner JS, and Bouclard C. 1991. Mitochondria DNA Sequence Polymorphism,  $VO_2$  Max, and Respons to Endurance Training. *Med Sci Sport Exerc*. Vol.2 pp 177-185
- Faris EJ. 1962. *The Rat in Laboratory Investigation*, 2<sup>nd</sup> Ed. New York: Hafner Publisher Company. pp 1-5.
- Finn Gencser, 1994. *Buku Teks Histologi*. Jilid I. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Fox EL and Bower WR, 1992. *Sports Physiology* 3<sup>rd</sup> Ed. Saunders Company. Wm.C.Brown Publisher. pp 108-110.
- Fox EL, and Bower WR, 1993. *The Physiological Basis for Exercise and Sport*. 5<sup>th</sup> Ed. WBC.Brown & Benchmark Publisher. Pp.127, 159, 160, 261, 188.
- Ganong WF. 1999. *Review of Medical Physiology*. New Jersey: Prentice Hall. pp.4-7, 393-398.
- Glassford RG. 1990. History of The Physical Activity Sciences. In: Bouchard C, Mc Pherson BD and Taylor AU. *Physical Activity Sciences*. Campaign: Human Kinetics Books. pp 9.
- Guyton AC, & Hall JE. 1996. *Teks Books of Medical Physiology*. 9<sup>th</sup> Ed. Philadelphia. WB Saunders Company, pp. 14, 223-228, 425-434
- Handojo Y. 2000. *Atlas Berwarna dan Teks Fisiologi*. Cetakan I. Terjemahan. Penerbit Hipokrates. pp.3-4, 20, 46-49. (Despopoulos A and Silbernagl S. 1991). *Color Atlas of Physiology*. Germany: Georg Thieme Verlag).
- Heyward VH. 1984. *Design for Fitness*. New York. Mc Millan Publishing Co. pp 1-6, 151
- Higgins JE and Klansbaum AP. 1985. *Design Methodology for Randomized Clinical Trial*. Part II of the series of the Basic of Randomized Clinical Trial with Emphasis on Contraceptive Research. New York: Family Health International. pp 24 - 25

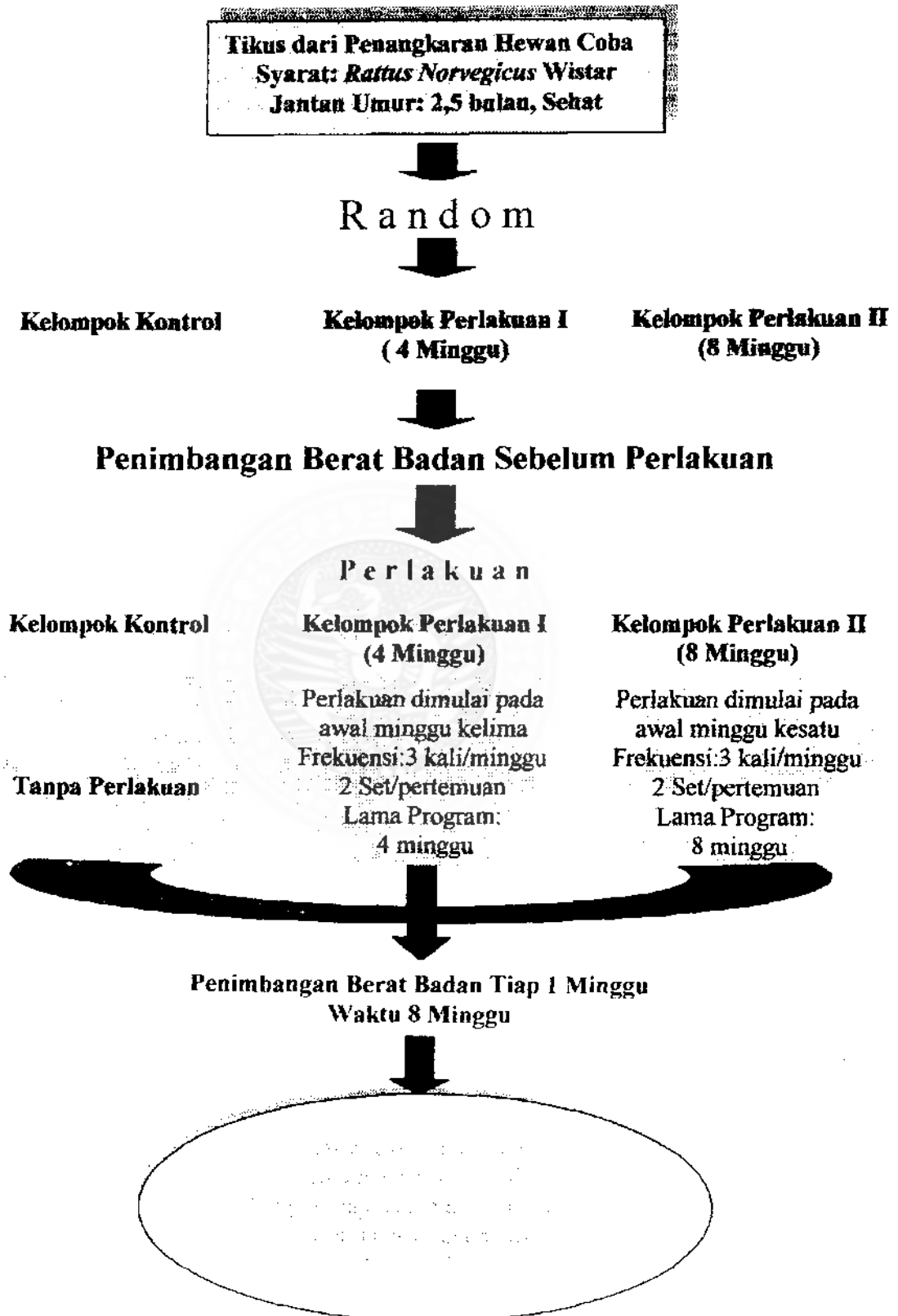
- Janssen PGJM, 1989. Training Lactate Pulse Rate. Finland; Polar Electro Oy, pp.13.
- Josse M, Carlo M, 1996. Mammalian Mitochondrial Biogenesis. *Int J Sport Med* Mei, pp. 1-4
- Jeukendrup AE, Saris WH, and Wagenmaker AJ, 1998. Fat Metabolism During Exercise: a view part II: Regulation of Metabolism and the Effect of Training. *Int J Sport Med* 19 (5): 293-302.
- Kicman AT, and Cowan DA. 1992. Peptide Hormone and Sport: Misuse and Detection. *British Med Bulletin* 48(3): 496-517.
- Kuipers H, Drukker J, Frederik P, Geurten, Kranenburg GV, 1983. Muscle Degeneration After Exercise in Rats. *J Sport Med* Vol.4 No.1. pp.49-55
- Lackshon D, Sweifel SG, Cook FL, Lorimer HE, Brewer BJ, and Fangman WL, 1995. A roll for Recombination Junction in the Segregation of Mitochondria DNA in Yeast. *Cell*, Vol.81. pp. 947-955.
- Lamb DR, 1984. *Physiology of Exercise, Respon and Adaptations*, 2<sup>nd</sup> Ed. New York: Mc Millan Publising Company. pp. 213-214, 219, 238.
- Leeson CR, Leeson TS, Paparo AA. 1993. *Atlas Berwarna Histologi*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Mackinon LT. 1992. *Exercise and Immunology*. Champaign: Human Kinetics Publisher Inc. pp 1-9. 23
- Mayer A, Neupert W, and Lill R. 1985. Mitochondrial Protein Import: Reversible Binding of the Presequence at the trans side of the Outer Membrane Drivers Partial Translocation and Unfolding. *Cell*, Vol.80. pp.127-137.
- Mc. Ardle WD, Katch DK. and Katch VL. 1986. *Exercise Physiology, Energy, Nutrition, and Human Performance*. Piladelphia: Lea and Fibiger. pp 123-357.

- Mc. Cance KL, and Huether SE, 1994. Pathophysiology: The Biologic for Disease in Adult and Children. 2<sup>nd</sup>. Toronto, Mosby-Year Book, Inc. pp 10-29.
- Mc. Sherry, 2001. Interval Training Program. Web Master pp. 1-2. On Line
- Michelle PW, and Naama WC, 2000. Sport Endocrinology. Torowa, New Jersey: Humana Press Inc. pp. 81-90.
- Nagley P, Mackay JR, Baumer A, Maxwell RJ, Vailant F, Wang ZX, Zhang C and Linnane AW, 1995. Mitochondrial DNA Mutation Associated with Aging and Degenerative Desease. Center for Molecular Biology and Medicine, and Departement of Biochemistry, pp 92-102.
- Nossek J, 1983. General Theory of Training. Logos: Pan African Press Ltd. Pp 11-19, 54-58, 69-76, 99-101.
- Perdesen BK and Bruunsgaard H, 1995. How Physical Exercise influences the Establishment of Infections. Sport Med. 19(6): 394-400.
- Ritcher EA, 1989. Hormonal Adaptations to Exercise Training. In (Williams RS and Wallace AG, Eds). Biological Effect of Physical Activity. Champaign: Human Kinetics Books. pp25-44.
- Rushall BS and Pyke FS, 1990. Training for Sports and Fitness. Melbourne: The Mc Millan Co. of Australia PTY LTD 50-53.
- Schumacker P, 1999. Organismal Biology. Int. J Sports Med. pp 1-6.
- Setyawan S, 1996. Pengaruh latihan fisik Aerobik dan Anaerobik Terhadap Respon Ketahanan Tubuh. Program Pasca Sarjana Universitas Airlangga Surabaya.
- Shangold MM, 1983. Exercise and The Adult Female. Hormonal and Endocrine Effect. Exercise and Sport Sciences Review 11: pp53-79.



- Santoso S, 2001. *SPSS Versi 10, Mengolah Data Statistik Secara Profesional*. Jakarta, PT. Elex Media Komputindo.
- Soekarman R, 1989. *Dasar Olahraga Untuk Pembina, Pelatih dan Atlet*. Penerbit Haji Masagung . Jakarta, pp. 21-30.
- Soekarman R, 1991. *Energi dan Sistem Energi Predominan pada Olahraga*. Jakarta: KONI, pp. 3-8.
- Sohal RS, and Sohal BH, 1991. *Hydrogen Peroxide Release By Mitochondria Increase During Aging*. *Mechanism of Aging and Development*, Vol. 57, pp 187-202.
- Suntoro SH, 1983. *Metode Pewamaan (Histologi & Histokimia)*. Jakarta: Bhratara Karya Aksara –Jakarta.
- Vander A, Sherman J, Luciano D, 2001. *Human Physiology; The Mechanisms of Body Funtion*. New York: Mc GrawHill Companies Inc. pp. 45-50
- Viru A, 1985. *Hormones in Muscular Activity (Volume I and II)*. Florida: CRC Press,Inc. pp 1-59.
- Willmore JH, and Costile DI. 1988. *Training for Sports and Activity; The Physiological Basis of the Conditioning Process*. Iowa: WmC. Brown Publisher, pp.154.
- Willmore JH. and Costile DI., 1994. *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign: Human Kinetics. pp 258
- Zainuddin M, 2000. *Metodologi Penelitian*. Surábaya: Pasca Sarjana Universitas Airlangga Surabaya.

### Skema Pelaksanaan Penelitian



## Lampiran: 2

## PENGHITUNGAN BESAR SAMPEL

Besar sampel yang digunakan dalam penelitian ini di dapat dari penelitian sejenis, yang dilakukan Ramadi (2000) dengan judul penelitian "Pengaruh Latihan Renang Intensitas Sedang Frekuensi 3 Kali per minggu dan Intensitas Rendah Frekuensi 5 Kali per minggu Terhadap Jumlah Mitokondria Otot Skelet Tikus. Data hasil penelitian adalah sebagai berikut :

Kelompok Kontrol, Kelompok Perlakuan I dan II

No	Kode sampel	$\Sigma$ Mit K Kontrol	Kode sampel	$\Sigma$ Mit Klp I	Kode sampel	$\Sigma$ Mit Klp II
1.	Kk 1	9	Kp1- 1	10	Kp2- 1	15
2.	Kk2	7	Kp1-2	11	Kp2- 2	14
3.	Kk 3	10	Kp1-3	11	Kp2- 3	14
4.	Kk 4	9	Kp1-4	10	Kp2- 4	15
5.	Kk 5	6	Kp1- 5	11	Kp2- 5	15
6.	Kk 6	6	KpI- 6	9	Kp2- 6	13
7.	Kk 7	6	Kp1- 7	14	Kp2- 7	16
8.	Kk 8	7	Kp1- 8	11	Kp2- 8	17
9.	Kk 9	6	Kp1- 9	12	Kp2- 9	14
10.	Kk 10	7	Kk1-10	13	Kp2- 10	18

Dari data tersebut, selanjutnya dihitung dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Higgins & Kleinsbaum (1985) sebagai berikut:

$$n = \frac{1}{1-f} \times \frac{2(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 \cdot SD^2}{(X_k - X_c)^2}$$

Keterangan:

n : jumlah sampel

$X_k$  : rata-rata kelompok kontrol

## Lanjutan Lampiran: 2

- $X_e$  : rata-rata kelompok eksperimen
- SD : simpangan baku yang memiliki koefisien varian terbesar diantara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan
- $P'$  : proporsi yang gagal (saat pengambilan data)
- $\alpha$  : nilai kesalahan dari suatu penelitian yang menyebabkan penelitian tersebut dapat diterima
- $\beta$  : nilai kebenaran dari suatu penelitian yang menyebabkan penelitian tersebut ditolak
- $Z_\alpha$  : nilai table Z dari  $\alpha$
- $Z_\beta$  : nilai table Z dari  $\beta$

Dari hasil penelitian diperoleh penghitungan besar sampel sebagai berikut:

- Untuk variabel jumlah mitokondria antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan I, diketahui :  $X_k = 7,3$  ,  $X_e = 11,2$  ,  $SD = 1,494$  ,  $Z_\alpha = 1,96$  ,  $Z_\beta = 1,28$  ,  $F = 0,20$  , kemudian di masukkan kerumus Higgins & Kleinsbaum diperoleh sampel sebesar 9,24 dan dibulatkan menjadi 10 ekor.
- Untuk variabel jumlah mitokondria antara kelompok Kontrol dengan kelompok perlakuan II, diketahui :  $X_k = 7,3$  ,  $X_e = 15,1$  ,  $SD = 1,476$  ,  $Z_\alpha = 1,96$  ,  $Z_\beta = 1,28$  ,  $F = 0,20$  , kemudian di masukkan kerumus Higgins & Kleinbaum diperoleh sampel sebesar 0,9628 ekor.
- Diketahui :  $X_k = 7,3$  ,  $X_e = 9,4$  ,  $SD = 1,494$  ,  $Z_\alpha = 1,96$  ,  $Z_\beta = 1,28$  ,  $F = 0,20$  , kemudian di masukkan kerumus Higgins & Kleinsbaum diperoleh sampel sebesar 13,28 dan dibulatkan menjadi 14 ekor.

Jadi dalam penelitian ini menggunakan sampel sebanyak  $14 \times 3$  kelompok = **42 ekor** tikus, yang dibagi secara acak dalam 3 kelompok masing-masing 14 ekor.

## Lampiran: 3

**BERAT BADAN  
KELOMPOK PERLAKUAN I (4 Minggu )  
LATIHAN ANAEROBIK INTERVAL**

No	Berat badan (gram)							
	Mg 1 15/1/02	Mg 2 22/1/02	Mg 3 29/1/02	Mg 4 5/2/02	Mg 5 12/2/02	Mg 6 19/2/02	Mg 7 26/2/02	Mg 8 5/03/02
1	125	136	150	158	163	158	162	168
2	110	127	130	132	156	150	159	165
3	123	135	157	172	186	183	193	200
4	130	125	145	150	166	155	165	168
5	134	145	156	160	184	173	183	190
6	115	122	127	150	158	135	152	165
7	100	130	138	155	165	162	170	185
8	126	120	130	155	168	145	159	170
9	119	130	135	160	180	165	180	200
10	103	140	158	180	191	180	195	197
11	123	105	111	131	134	137	145	146
12	121	150	157	170	172	147	165	168
13	135	145	148	165	173	170	175	178
14	135	135	143	164	168	162	173	175
<b>Mean:</b>	<b>121,36</b>	<b>131,79</b>	<b>141,79</b>	<b>157,29</b>	<b>168,86</b>	<b>158,71</b>	<b>169,71</b>	<b>176,79</b>

Catatan: Penimbangan berat badan dilakukan setiap satu minggu sekali

**Lampiran: 4**

**BERAT BADAN  
KELOMPOK PERLAKUAN II (8 Minggu )  
LATIHAN ANAEROBIK INTERVAL**

No	Berat badan (gram)							
	Mg 1 15/1/02	Mg 2 22/1/02	Mg 3 29/1/02	Mg 4 5/2/02	Mg 5 12/2/02	Mg 6 19/2/02	Mg 7 26/2/02	Mg 8 5/03/02
1	100	114	105	109	107	110	117	135
2	115	125	140	156	152	157	166	180
3	132	150	170	185	172	175	180	193
4	125	120	140	160	153	158	165	175
5	135	104	118	135	130	132	146	157
6	99	122	127	136	133	138	155	159
7	135	115	120	131	133	138	160	165
8	110	95	104	125	130	145	165	171
9	113	120	132	142	137	145	158	165
10	118	128	138	141	144	148	160	170
11	127	132	140	155	155	160	172	180
12	128	135	145	170	171	177	190	202
13	124	125	135	143	140	145	160	170
14	129	135	150	162	163	165	177	185
<b>Mean:</b>	<b>120,71</b>	<b>122,86</b>	<b>133,14</b>	<b>146,43</b>	<b>144,29</b>	<b>149,50</b>	<b>162,21</b>	<b>171,93</b>

**Catatan:** Penimbangan berat badan dilakukan setiap satu minggu sekali

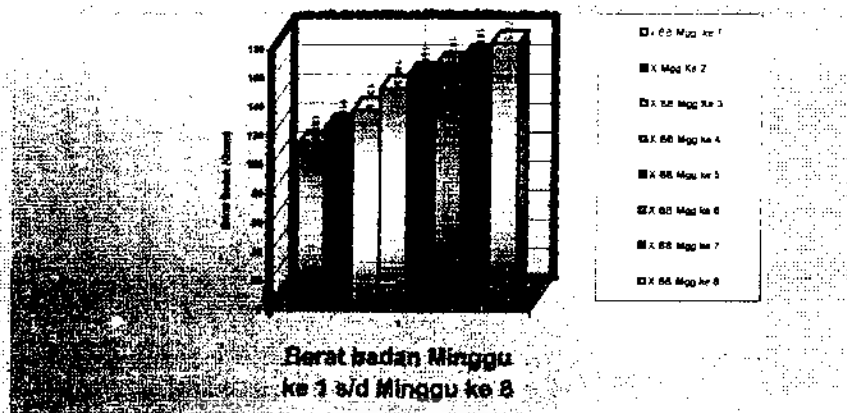
## Lampiran: 5

**BERAT BADAN  
KELOMPOK KONTROL**

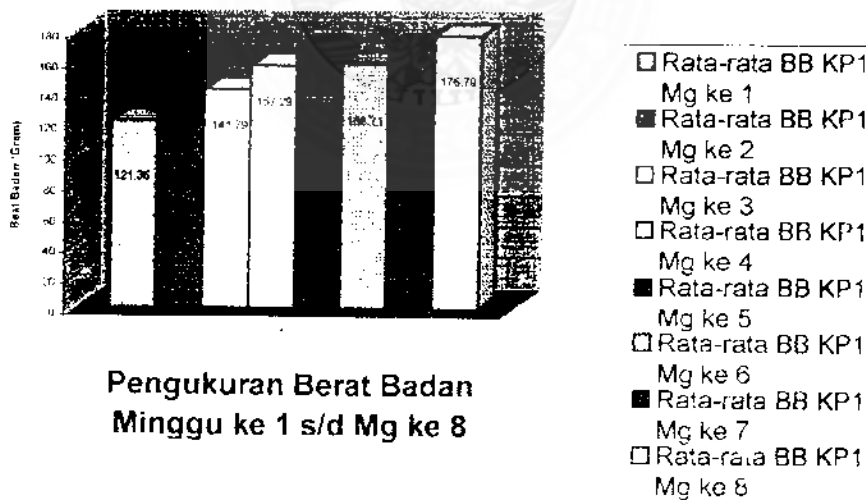
No	Berat badan (gram)							
	Mg 1 15/1/02	Mg 2 22/1/02	Mg 3 29/1/02	Mg 4 5/2/02	Mg 5 12/2/02	Mg 6 19/2/02	Mg 7 26/2/02	Mg 8 5/03/02
1	79	95	103	110	132	145	153	162
2	74	95	120	145	160	170	173	183
3	145	154	157	180	196	202	208	218
4	103	125	140	150	170	182	190	200
5	136	130	150	172	193	195	198	205
6	138	140	153	175	182	187	195	200
7	70	88	103	120	128	134	140	145
8	89	106	120	130	130	140	158	165
9	93	108	117	140	140	145	152	160
10	116	120	127	135	145	153	155	168
11	139	142	155	165	168	170	176	180
12	92	110	126	141	145	147	150	160
13	142	160	170	180	185	185	188	195
14	97	99	100	106	109	118	122	145
<b>Mean:</b>	<b>108,07</b>	<b>119,42</b>	<b>131,5</b>	<b>146,36</b>	<b>155,92</b>	<b>162,36</b>	<b>168,43</b>	<b>177,57</b>

**Catatan:** Penimbangan berat badan dilakukan setiap satu minggu sekali

**Diagram Variabel Berat Badan Kelompok Kontrol,  
Kelompok Perlakuan I (4 Minggu) dan Kelompok Perlakuan II (8 Minggu)**



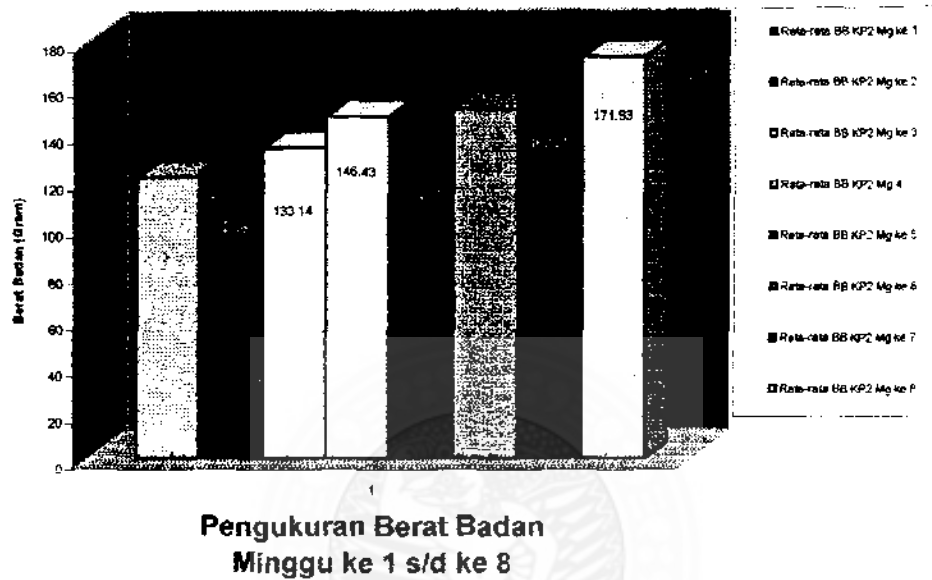
Gambar. 1. Diagram Rerata Berat Badan Kelompok Kontrol



Gambar. 2 Rata-rata Berat badan kelompok Perlakuan I (4 Minggu)



Lanjutan Lampiran: 6



Gambar: 3 Rata-rata Berat Badan Kelompok Perlakuan II (8Minggu)

**DAFTAR HASIL  
PENIMBANGAN BB, BERAT BEBAN,  
DAN KEMAMPUAN RENANG MAKSIMAL I & II**

**KELOMPOK PERLAKUAN I (4 Minggu)**

**Tanggal : 14 Januari 2002 & 11 Pebruari 2002**

No	BB (Gram)	9 % BB	KRM I	BB (Gram)	9 % BB	KRM II
1.	125	11,25	1,52	158	14,20	3,09
2.	110	9,90	1,03	132	11,90	1,57
3.	123	11,07	1,05	172	15,48	1,52
4.	130	11,70	1,11	150	13,50	2,29
5.	134	12,06	2,07	160	14,40	2,56
6.	97	8,73	1,33	140	12,60	3,03
7.	115	10,35	1,32	150	13,50	2,27
8.	100	9,00	1,00	155	13,95	2,41
9.	126	11,34	1,06	155	13,95	2,31
10	119	10,71	2,06	160	14,40	2,34
11	103	9,27	2,21	180	16,20	2,28
12	123	11,07	1,10	131	11,80	2,41
13	121	10,89	1,38	170	15,30	2,50
14	135	12,15	1,23	165	14,85	2,34

**KELOMPOK PERLAKUAN II ( 8 Minggu)**

**Tanggal : 14 januari 2002 & 11 Pebruari 2002**

No	BB (Gram)	9 % BB	KRM I	BB (Gram)	9 % BB	KRM II
1.	100	9,00	2,54	109	9,81	4,30
2.	115	10,35	1,33	156	14,04	3,26
3.	132	11,88	3,54	185	16,65	5,15
4.	125	11,25	2,07	160	14,40	5,20
5.	135	12,15	3,33	135	12,15	4,01
6.	121	10,89	1,43	160	14,40	3,37
7.	99	8,91	1,32	136	12,24	4,27
8.	135	12,15	2,29	131	11,79	3,53
9.	110	9,90	2,28	125	11,25	4,19
10	113	10,17	2,50	142	12,78	4,42
11	127	11,43	1,10	155	13,95	3,25
12	128	11,52	1,36	170	15,30	5,30
13	124	11,16	1,01	143	12,87	2,30
14	129	11,61	1,23	162	14,58	4,34

Lampiran : Lanjutan Lamp. 7

### PROSENTASE PENINGKATAN KRM KP 1 (4MG)

1	1.52	3.09	1.57	103.29
2	1.03	1.57	0.54	52.43
3	1.05	1.52	0.47	44.76
4	1.11	2.29	1.18	106.31
5	2.07	2.56	0.49	23.67
6	1.33	3.03	1.70	127.82
7	1.32	2.27	0.95	71.97
8	1.00	2.41	1.41	141.00
9	1.06	2.31	1.25	117.92
10	2.06	2.34	0.28	13.59
11	2.21	2.28	0.07	3.17
12	1.10	2.41	1.31	119.09
13	1.38	2.50	1.12	81.16
14	1.23	2.34	1.11	90.24

### PROSENTASE PENINGKATAN KRM KP 2 (8MG)

1	2.54	4.30	1.76	69.29
2	1.33	3.26	1.93	145.11
3	3.54	5.15	1.61	45.48
4	2.07	5.20	3.13	151.21
5	3.33	4.01	0.68	20.42
6	1.43	3.37	1.94	135.66
7	1.32	4.27	2.95	223.48
8	2.29	3.53	1.24	54.15
9	2.28	4.19	1.91	83.77
10	2.50	4.42	1.92	76.80
11	1.10	3.25	2.15	195.45
12	1.36	5.30	3.94	289.71
13	1.01	2.30	1.29	127.72
14	1.23	4.34	3.11	252.85

## **Teknik Pembuatan Sediaan Histologi**

### **Pewarnaan Mallory-Azan (M-A)**

Langkah pembuatan sediaan secara kronologis diuraikan sebagai berikut:

#### **1. Pengambilan Bahan**

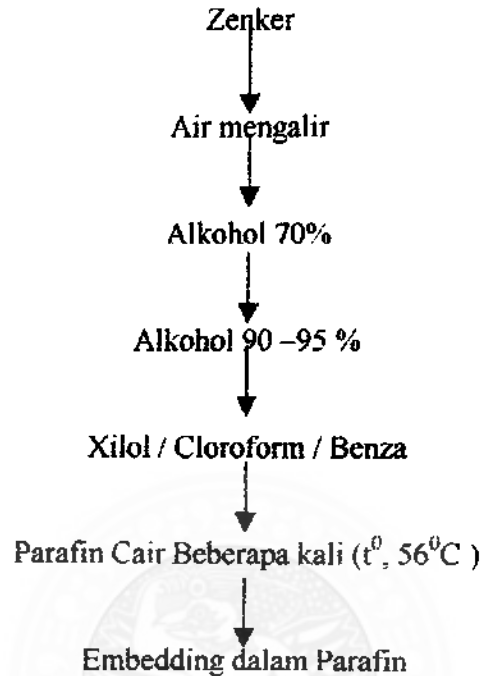
Pengambilan bahan paling lambat 4 jam postmortem, untuk menghindari degenerasi oleh autolisis.

Pemotongan dilakukan dengan menggunakan pisau tajam dan tidak boleh ditekan pada saat pemotongannya. Tebal potongan antara 2 sampai 5 mm.

#### **2. Fiksasi**

Fiksasi bertujuan untuk menghindari terjadinya perubahan-perubahan postmortem, mengeraskan agar mudah melakukan pemotongan, membunuh kuman penyakit yang mungkin masih ada, menonjolkan perbedaan refraksi komponen-komponen jaringan, meningkatkan affinitas protoplasma terhadap bahan-bahan cat tertentu. Bahan-bahan yang dipakai adalah larutan zenker, terdiri dari: mercurri chlorida 2,5 gr, potassium chlorida 2,5 gr, sodium sulfit 1 gr, dan aquades tilata 100 cc.

### 3. Secara skematis garis besar pemrosesan jaringan :



### 4. Dehidrasi

Untuk menghindari dehidrasi, masukkan bahan kedalam alkohol dengan konsentrasi yang meningkat mulai 70% sampai larutan yang absolut.

### 5. Clearing

*Clearing* bertujuan agar bahan menjadi transparan.

### 6. Embedding

*Embedding* merupakan suatu penyangga agar bahan dapat dipotong dengan mikrotom tanpa menimbulkan distorsi yang berarti terhadap susunan jaringan. Oleh karena itu diperlukan proses infiltrasi kedalam jaringan dengan menggunakan Parafin.

### **7. Sectioning**

*Sectioning* atau pemotongan dengan menggunakan mikrotom dan hasil irisannya disebut ribbon. Hasil irisan ditempatkan pada gelas obyek yang sudah diberi perekat dengan putih telur + gliserin dan dikeringkan didalam oven selama satu hari. Hasil penempelan dimasukkan kedalam oven kembali selama 1 jam sampai dingin.

### **8. Staining**

*Staining* berguna untuk meningkatkan kontras alamiah untuk menunjukkan sel, komponen jaringan dan bahan ekstrinsik yang hendak diteliti. Oleh karena itu dilakukan deparafinisasi dengan xilol, hidrasi dengan menggunakan alkohol dari konsentrasi tinggi ke rendah dan akhirnya dimasukkan kedalam air untuk dilakukan pengecatan.

### **9. Mounting**

*Mounting* dilakukan setelah selesai pengecatan. Kelebihan bahan cat dihilangkan dengan air atau alkohol. Dehidrasi alkohol dengan konsentrasi meningkat, kemudian dimasukkan kedalam xylol. tetesi dengan entelan dan tutup dengan gelas penutup.

**Lampiran: 9****Cara Pengambilan Jaringan  
dan Penghitungan Jumlah Mitokondria****A. Cara Pengambilan Jaringan.**

Pengambilan jaringan ini dilakukan setelah latihan terakhir dan hewan coba diistirahatkan satu hari. Selanjutnya hewan coba dimatikan dengan cara dimasukkan kedalam kotak kaca yang ada tutupnya dan diberi *Ether Anaesthesi* secukupnya. Setelah hewan coba dinyatakan mati (hewan coba sudah tak bergerak dan mata redup) kemudian hewan coba dikuliti pada kaki bagian belakang sebelah kanan dan diambil otot *Gastrocnemeus*-nya.

Otot tersebut selanjutnya di masukkan kedalam botol (pot) yang telah diisi dengan cairan *Zenker*. Cairan *zenker* diharapkan sampai dapat merendam seluruh jaringan yang diambil. Setelah semua hewan coba selesai diambil otot *gastrocnemeus*-nya dan otot tersebut direndam dalam cairan *zenker*, kemudian jaringan tersebut dikirim ke laboratorium Histologi untuk diproses. Secara kronologis pembuatan preparasi tersebut telah diuraikan di dalam bab IV tentang teknik pembuatan sediaan.

**B. Cara Penghitungan Jumlah Mitokondria**

Setelah pembuatan preparasi yang dilakukan di Laboratorium Histologi selesai, maka selanjutnya dilakukan pengamatan slide tersebut dengan menggunakan Mikroskop Cahaya dan dilengkapi dengan *gratikule* untuk membatasi lapangan pandang. Untuk pengamatan Mitokondria diperlukan pembesaran 1000x pada mikroskop cahaya tersebut, dan untuk lebih jelas dan terang dalam pengamatan diperlukan bahan khusus yang disebut imersi minyak

(*Emercy Oil*). *Emercy Oil* adalah suatu cairan bening yang berfungsi untuk lebih menjernihkan slide yang diamati dibawah mikroskop cahaya tersebut.

Untuk dapat menampakkan mitokondria yang diambil dari jaringan otot *Gastrocnemeus* perlu dilakukan dengan metode pewarnaan khusus yaitu dengan pewarnaan *Mallory Azan (M-A)*. Tebal irisan 6 micron (Suntoro, 1983). Setelah pewarnaan dengan *Mallory Azan (M-A)* mitokondria akan tampak berwarna biru toluidin dan berbentuk bulatan kecil dan ditemukan didaerah-daerah dengan kegiatan metabolik seperti pada daerah kontraktile sel otot. (Lesson et al., 1987).

Sebelum jumlah mitokondria dihitung, terlebih dahulu dicari *nukleus* (inti sel) yang mempunyai bentuk ideal (bulat agak lonjong). Selanjutnya dilakukan penghitungan jumlah mitokondria.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penghitungan ini adalah kecermatan dan ketelitian pengamat dalam melakukan pengamatan untuk membedakan antara mitokondria dan "artefak". Adapun teknik untuk lebih meyakinkan bahwa yang diamati tersebut adalah mitokondria, maka pengamat menggerakkan lensa mikro kearah depan dan belakang beberapa kali dan apabila bintik yang ada sekitar ujung inti sel tersebut tetap nampak sebagai bintik dan tidak ikut "kabur" maka dinyatakan sebagai "artefak", sebaliknya apabila bintik yang ada sekitar ujung inti sel tersebut, setelah lensa mikro digerakkan dan bintik tersebut ikut hilang atau "kabur" maka hal tersebut dinyatakan mitokondria.

Setelah pengamat yakin dengan hal tersebut, maka barulah dilakukan penghitungan dengan seksama. Penghitungan ini dilakukan berulang kali dengan tujuan untuk memperkecil kesalahan dalam penghitungan. Setiap slide dilakukan pengamatan dan penghitungan pada tiga lapangan pandang. Untuk lebih meyakinkan dalam penghitungan jumlah mitokondria, peneliti selalu melakukan *cross-check* dengan hasil pengamatan konsultan dari histologi. Demikian pengamatan dan penghitungan dilakukan sampai seluruh slide (sejumlah sampel) terhitung dengan baik.



## Lampiran: 10

**Data Penghitungan Jumlah Mitokondria  
Kelompok Kontrol, Kelompok I (4 mg) dan Kelompok II (8 mg)  
Latihan Anaerobik Interval**

No	Jumlah Mitokondria Kelompok Kontrol	Jumlah Mitokondria Kelompok I (4 minggu)	Jumlah Mitokondria Kelompok II (8 minggu)
1	9	12	16
2	9	11	14
3	10	11	16
4	7	12	14
5	9	10	17
6	7	13	13
7	6	12	15
8	8	12	14
9	8	10	16
10	8	12	15
11	7	13	17
12	9	11	15
13	10	12	16
14	8	12	14
	$\Sigma$ : 115	$\Sigma$ : 163	$\Sigma$ : 212

- Alat Mikroskop Cahaya Pembesaran 10 X 100
- Dilihat pada otot *Gastrocnemeus*

**Lampiran: 11****Uji Normalitas Kelompok Kontrol****Descriptive Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
BB1	14	108.0714	27.26357	70.00	145.00
BB2	14	119.4286	23.06417	88.00	160.00
BB3	14	131.5000	22.70801	100.00	170.00
BB4	14	146.3571	25.13841	106.00	180.00
BB5	14	155.9286	27.15331	109.00	196.00
BB6	14	162.3571	25.50598	118.00	202.00
BB7	14	168.4286	25.07439	122.00	208.00
BB8	14	177.5714	23.14408	145.00	218.00
MITO	14	8.2143	1.18831	6.00	10.00

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

	BB1	BB2	BB3	BB4	BB5	BB6	BB7	BB8	MITO
N	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Normal Parameters									
Mean	108.0714	119.4286	131.5000	146.3571	155.9286	162.3571	168.4286	177.5714	8.2143
Std. Deviation	27.26357	23.06417	22.70801	25.13841	27.15331	25.50598	25.07439	23.14408	1.18831
Most Extreme Differences									
Absolute	.204	.159	.150	.132	.156	.155	.161	.160	.174
Positive	.158	.159	.150	.093	.156	.155	.161	.160	.143
Negative	-.204	-.099	-.150	-.132	-.117	-.137	-.140	-.131	-.174
Kolmogorov-Smirnov Z	.764	.594	.561	.493	.585	.580	.603	.600	.652
Asymp. Sig. (2-tailed)	.603	.873	.911	.968	.884	.890	.860	.864	.788

a. Test distribution is Normal

b. Calculated from data.

## Lampiran: 12

## Uji Normalitas Kelompok Perlakuan I ( 4 Minggu)

## Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
BB1	14	121.3571	11.14663	100.00	135.00
BB2	14	131.7857	11.81380	105.00	150.00
BB3	14	141.7857	14.00647	111.00	158.00
BB4	14	157.2857	13.75851	131.00	180.00
BB5	14	168.8571	14.46937	134.00	191.00
BB6	14	158.7143	14.89671	135.00	183.00
BB7	14	169.7143	14.57304	145.00	195.00
BB8	14	176.7857	15.77817	146.00	200.00
MITO	14	11.6429	.92878	10.00	13.00

## One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

	BB1	BB2	BB3	BB4	BB5	BB6	BB7	BB8	MITO
N	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Normal Parameters									
Mean	121.3571	131.7857	141.7857	157.2857	168.8571	158.7143	169.7143	176.7857	11.6429
Std. Deviation	11.14663	11.81380	14.00647	13.75851	14.46937	14.89671	14.57304	15.77817	.92878
Most Extreme Differences									
Absolute	.131	.107	.131	.155	.129	.087	.127	.166	.293
Positive	.110	.075	.124	.110	.102	.078	.127	.166	.207
Negative	-.131	-.107	-.131	-.155	-.129	-.087	-.088	-.156	-.293
Kolmogorov-Smirnov Z	.488	.401	.489	.581	.481	.327	.475	.623	1.095
Asymp. Sig. (2-tailed)	.971	.997	.971	.888	.975	1.000	.978	.833	.182

<sup>a</sup> Test distribution is Normal.

<sup>b</sup> Calculated from data.

## Lampiran: 13

## Uji Normalitas Distribusi Kelompok Perlakuan II

## Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
BB1	14	120.7143	11.89976	99.00	135.00
BB2	14	122.8571	13.69928	95.00	150.00
BB3	14	133.1429	17.61493	104.00	170.00
BB4	14	146.4286	19.67706	109.00	185.00
BB5	14	144.2857	17.98901	107.00	172.00
BB6	14	149.5000	17.71462	110.00	177.00
BB7	14	162.2143	17.15171	117.00	190.00
BB8	14	171.9286	16.44789	135.00	202.00
MITO	14	15.1429	1.23146	13.00	17.00

## One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

	BB1	BB2	BB3	BB4	BB5	BB6	BB7	BB8	MITO
N	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Normal Parameters									
Mean	120.7143	122.8571	133.1429	146.4286	144.2857	149.5000	162.2143	171.9286	15.1429
Std. Deviation	11.89976	13.69928	17.61493	19.67706	17.98901	17.71462	17.15171	16.44789	1.23146
Most Extreme Differences									
Absolute	.180	.132	.134	.141	.142	.115	.194	.123	.185
Positive	.115	.116	.134	.141	.094	.105	.127	.098	.180
Negative	-.180	-.132	-.117	-.097	-.142	-.115	-.194	-.123	-.185
Kolmogorov-Smirnov Z	.674	.493	.502	.526	.532	.431	.726	.458	.694
Asymp. Sig. (2-tailed)	.754	.968	.962	.945	.940	.992	.667	.985	.722

<sup>a</sup> Test distribution is Normal.

<sup>b</sup> Calculated from data.

## Lampiran: 14

## Uji Normalitas Variabel Mitokondria

## Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
MITO	42	11.6667	3.06568	6.00	17.00

## One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		MITO
N		42
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	11.6667
	Std. Deviation	3.06568
Most Extreme Differences	Absolute	.094
	Positive	.094
	Negative	-.091
Kolmogorov-Smirnov Z		.606
Asymp. Sig. (2-tailed)		.856

<sup>a</sup>. Test distribution is Normal.

<sup>b</sup>. Calculated from data.

## Lampiran: 15

**Hasil Uji Anava Satu Jalur**  
**Variabel Jumlah Mitokondria Kelompok Kontrol,**  
**Kp I (4 minggu), dan Kp II (8 minggu)**

**Descriptives**

MITO

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	5% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.00	14	8.2143	1.18831	.31759	7.5282	8.9004	6.00	10.00
4.00	14	11.6429	.92878	.24823	11.1066	12.1791	10.00	13.00
8.00	14	15.1429	1.23146	.32912	14.4318	15.8539	13.00	17.00
Total	42	11.6667	3.06568	.47304	10.7113	12.6220	6.00	17.00

**Test of Homogeneity of Variances**

MITO

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.813	2	39	.451

**ANOVA**

MITO

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups (Combined)	336.048	2	168.024	132.958	.000
Linear Term Contrast	336.036	1	336.036	265.907	.000
Deviation	.012	1	.012	.009	.923
Within Groups	49.286	39	1.264		
Total	385.333	41			

## Lampiran: 16

**Hasil Uji LSD Variabel Jumlah Mitokondria  
Kelompok Kontrol, Kp I dan Kp II**

## Multiple Comparisons

Dependent Variable: MITO

	(I) KLP	(J) KLP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	.00	4.00	-3.4286*	.42489	.000	-4.4637	-2.3934
		8.00	-6.9286*	.42489	.000	-7.9637	-5.8934
	4.00	.00	3.4286*	.42489	.000	2.3934	4.4637
		8.00	-3.5000*	.42489	.000	-4.5352	-2.4648
LSD	.00	4.00	-3.4286*	.42489	.000	-4.2880	-2.5691
		8.00	-6.9286*	.42489	.000	-7.7880	-6.0691
	4.00	.00	3.4286*	.42489	.000	2.5691	4.2880
		8.00	-3.5000*	.42489	.000	-4.3594	-2.6406
	8.00	.00	6.9286*	.42489	.000	6.0691	7.7880
	4.00	8.00	3.5000*	.42489	.000	2.6406	4.3594

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Lampiran : 17

**Hasil Uji Anava Satu Jalur Variabel Berat Badan  
Pengukuran Ke 1 s/d ke 8 Kelompok Kontrol, Kp I dan Kp II**

**Descriptives**

BB1

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.00	14	108.0714	27.28357	7.28850	92.3299	123.8129	70.00	145.00
4.00	14	121.3571	11.14663	2.97906	114.9213	127.7930	100.00	135.00
8.00	14	120.7143	11.89976	3.18035	113.8436	127.5850	99.00	135.00
Total	42	116.7143	18.92899	2.92081	110.8156	122.6130	70.00	145.00

**Test of Homogeneity of Variances**

BB1

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
14.689	2	39	.000

**ANOVA**

BB1

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		1571.571	2	785.786	2.336	.110
	Linear Term	Contrast	1118.893	1	1118.893	3.326	.076
		Deviation	452.679	1	452.679	1.346	.253
Within Groups			13119.000	39	336.385		
Total			14690.571	41			



## Lanjutan Lampiran : 17

**Hasil Uji Anava satu jalur variabel berat badan  
pada pengukuran ke 2 kelompok kontrol, Kp I, dan Kp II**

**Descriptives**

BB2

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	5% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.00	14	119.4286	23.06417	6.16416	106.1117	132.7454	88.00	160.00
4.00	14	131.7857	11.81380	3.15737	124.9646	138.6068	105.00	150.00
8.00	14	122.8571	13.69928	3.66129	114.9474	130.7669	95.00	150.00
Total	42	124.6905	17.32683	2.67359	119.2911	130.0899	88.00	160.00

**Test of Homogeneity of Variances**

BB2

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5.108	2	39	.011

**ANOVA**

BB2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	139.476	2	569.738	1.989	.150
(Combined)					
Linear Term Contrast	82.286	1	82.286	.287	.595
Deviation	57.190	1	1057.190	3.691	.062
Within Groups	1169.500	39	286.397		
Total	1308.976	41			

## Lanjutan Lampiran : 17

**Hasil Uji Anava satu jalur variabel berat badan  
pada pengukuran ke 3 kelompok kontrol, Kp I, dan Kp II**

## Descriptives

BB3

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	5% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.00	14	31.5000	22.70801	6.06897	118.3888	144.6112	100.00	170.00
4.00	14	41.7857	14.00647	3.74339	133.6986	149.8728	111.00	158.00
8.00	14	33.1429	17.61493	4.70779	122.9723	143.3134	104.00	170.00
Total	42	35.4762	18.57252	2.86580	129.6886	141.2638	100.00	170.00

## Test of Homogeneity of Variances

BB3

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.594	2	39	.088

## ANOVA

BB3

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)	854.905	2	427.452	1.255	.296
	Linear Term Contrast	18.893	1	18.893	.055	.815
	Deviation	836.012	1	836.012	2.454	.125
Within Groups		3287.571	39	340.707		
Total		4142.476	41			

## Lanjutan Lampiran : 17

**Hasil Uji Anava satu jalur variabel berat badan  
pada pengukuran ke 4 kelompok kontrol, Kp I, dan Kp II**

**Descriptives**

BB4

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.00	14	146.3571	25.13841	6.71852	131.8427	160.8716	106.00	180.00
4.00	14	157.2857	13.75851	3.67712	149.3418	165.2296	131.00	180.00
8.00	14	146.4286	19.67706	5.25892	135.0674	157.7898	109.00	185.00
Total	42	150.0238	20.25266	3.12505	143.7126	156.3350	106.00	185.00

**Test of Homogeneity of Variances**

BB4

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.016	2	39	.061

**ANOVA**

BB4

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)	1107.476	2	553.738	1.375	.265
	Linear Term Contrast	.036	1	.036	.000	.993
	Deviation	1107.440	1	1107.440	2.749	.105
Within Groups		5709.500	39	402.808		
Total		6816.976	41			

## Lanjutan Lampiran : 17

**Hasil Uji Anava satu jalur variabel berat badan  
pada pengukuran berat badan ke 5 kelompok kontrol, Kp I, dan Kp II**

**Descriptives**

BB5

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	5% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.00	14	55.9286	27.15331	7.25703	140.2507	171.6064	109.00	196.00
4.00	14	68.8571	14.46937	3.86710	160.5028	177.2115	134.00	191.00
8.00	14	44.2857	17.98901	4.80776	133.8992	154.6723	107.00	172.00
Total	42	56.3571	22.49317	3.47077	149.3478	163.3665	107.00	196.00

**Test of Homogeneity of Variances**

BB5

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5.134	2	39	.010

**ANOVA**

BB5

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)	4230.143	2	2115.071	4.995	.012
	Linear Term Contrast	948.893	1	948.893	2.241	.142
	Deviation	3281.250	1	3281.250	7.749	.008
Within Groups		5513.500	39	423.423		
Total		9743.643	41			

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: BB5

LSD

(I) KLP	(J) KLP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
.00	4.00	-12.9286	7.77747	.104	-28.6600	2.8028
	8.00	11.6429	7.77747	.142	-4.0886	27.3743
4.00	.00	12.9286	7.77747	.104	-2.8028	28.6600
	8.00	24.5714*	7.77747	.003	6.8400	40.3028
8.00	.00	-11.6429	7.77747	.142	-27.3743	4.0886
	4.00	-24.5714*	7.77747	.003	-40.3028	-8.8400

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

## Lanjutan Lampiran : 17

**Hasil Uji Anava satu jalur variabel berat badan  
pada pengukuran ke 6 kelompok kontrol, Kp I, dan Kp II**

**Descriptives**

BB6

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	5% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.00	14	62.3571	25.50598	6.81676	147.6304	177.0839	118.00	202.00
4.00	14	58.7143	14.89671	3.98131	150.1132	167.3154	135.00	183.00
8.00	14	49.5000	17.71462	4.73443	139.2719	159.7281	110.00	177.00
Total	42	56.8571	20.15255	3.10961	150.5772	163.1371	110.00	202.00

**Test of Homogeneity of Variances**

BB6

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.001	2	39	.026

**ANOVA**

BB6

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1229.571	2	614.786	1.555	.224
(Combined)					
Linear Term Contrast	1157.143	1	1157.143	2.926	.095
Deviation	72.429	1	72.429	.183	.671
Within Groups	5421.571	39	395.425		
Total	6651.143	41			

## Lanjutan Lampiran : 17

**Hasil Uji Anava satu jalur variabel berat badan  
pada pengukuran ke 7 kelompok kontrol, Kp I, dan Kp II**

**Descriptives**

BB7

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	5% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.00	14	168.4286	25.07439	6.70141	153.9510	182.9061	122.00	208.00
4.00	14	169.7143	14.57304	3.89481	161.3001	178.1285	145.00	195.00
8.00	14	162.2143	17.15171	4.58399	152.3112	172.1174	117.00	190.00
Total	42	166.7857	19.26014	2.97190	160.7838	172.7876	117.00	208.00

**Test of Homogeneity of Variances**

BB7

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.709	2	39	.034

**ANOVA**

BB7

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		450.429	2	225.214	.595	.556
	Linear Term Contrast		270.321	1	270.321	.714	.403
	Deviation		180.107	1	180.107	.476	.494
Within Groups			4758.643	39	378.427		
Total			5209.071	41			

## Lanjutan Lampiran : 17

**Hasil Uji Anava satu jalur variabel berat badan  
pada pengukuran berat badan ke 8 kelompok kontrol, Kp I, dan Kp II**

**Descriptives**

BB8

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.00	14	177.5714	23.14408	6.18552	164.2084	190.9344	145.00	218.00
4.00	14	176.7857	15.77817	4.21689	167.6757	185.8958	146.00	200.00
8.00	14	171.9286	16.44789	4.39588	162.4318	181.4253	135.00	202.00
Total	42	175.4286	18.46439	2.84912	169.6747	181.1825	135.00	218.00

**Test of Homogeneity of Variances**

BB8

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.495	2	39	.096

**ANOVA**

BB8

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	261.571	2	130.786	.372	.692
(Combined)					
Linear Term	222.893	1	222.893	.634	.431
Contrast					
Deviation	38.679	1	38.679	.110	.742
Within Groups	3716.714	39	351.711		
Total	3978.286	41			

## Lampiran: 18..

Hasil Uji T Antar Waktu  
Variabel Berat Badan Kelompok Kontrol

Variabel	Mean Diff.	Std. Deviasi	t-value	Prob.
Pbb1 – Pbb 2	- 11.3571	8.8186	-4.818	0.000
Pbb1 – Pbb 3	-23.4286	12.0684	-7.264	0.000
Pbb1 – Pbb 4	-38.2857	15.0201	-9.537	0.000
Pbb1 – Pbb 5	-47.8571	17.8750	-10.018	0.000
Pbb1 – Pbb 6	-54.2857	19.0805	-10.645	0.000
Pbb1 – Pbb 7	-60.3571	19.6961	-11.466	0.000
Pbb1 – Pbb 8	-69.5000	18.6083	-13.975	0.000
Pbb2 – Pbb 3	-12.0714	6.3786	-7.081	0.000
Pbb2 – Pbb 4	-26.9286	11.2691	-8.941	0.000
Pbb2 – Pbb 5	-36.5000	14.9756	-9.120	0.000
Pbb2 – Pbb 6	-42.9286	15.6424	-10.268	0.000
Pbb2 – Pbb 7	-42.0000	15.8405	-11.574	0.000
Pbb2 – Pbb 8	-58.1429	14.8679	-14.632	0.000
Pbb3 – Pbb 4	-14.8571	6.9266	-8.026	0.000
Pbb3 – Pbb 5	-24.4286	11.1335	-8.210	0.000
Pbb3 – Pbb 6	-30.8571	12.2151	-9.452	0.000
Pbb3 – Pbb 7	-36.9286	12.5051	-11.049	0.000
Pbb3 – Pbb 8	-46.0714	12.5236	-13.765	0.000
Pbb4 – Pbb 5	-9.5714	7.8222	-4.578	0.000
Pbb4 – Pbb 6	-16.0000	10.0842	-5.937	0.000
Pbb4 – Pbb 7	-22.0714	10.8235	-7.630	0.000
Pbb4 – Pbb 8	-31.2143	11.8852	-9.827	0.000
Pbb5 – Pbb 6	-6.4286	4.0518	-5.936	0.000
Pbb5 – Pbb 7	-12.5000	6.7908	-6.887	0.000
Pbb5 – Pbb 8	-21.6429	8.4635	-9.568	0.000
Pbb6 – Pbb 7	-6.0714	4.0471	-5.613	0.000
Pbb6 – Pbb 8	-15.2143	5.2649	-10.812	0.000
Pbb7 – Pbb 8	-9.1429	4.6880	-7.297	0.000



Lanjutan Lampiran: 18

### Hasil Uji "T" antar waktu Kelompok Kontrol

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	BB1 & BB2	14	.952	.000
Pair 2	BB1 & BB3	14	.899	.000
Pair 3	BB1 & BB4	14	.839	.000
Pair 4	BB1 & BB5	14	.784	.001
Pair 5	BB1 & BB6	14	.740	.002
Pair 6	BB1 & BB7	14	.720	.004
Pair 7	BB1 & BB8	14	.739	.003
Pair 8	BB2 & BB3	14	.961	.000
Pair 9	BB2 & BB4	14	.894	.000
Pair 10	BB2 & BB5	14	.834	.000
Pair 11	BB2 & BB6	14	.797	.001
Pair 12	BB2 & BB7	14	.787	.001
Pair 13	BB2 & BB8	14	.793	.001
Pair 14	BB3 & BB4	14	.963	.000
Pair 15	BB3 & BB5	14	.916	.000
Pair 16	BB3 & BB6	14	.878	.000
Pair 17	BB3 & BB7	14	.868	.000
Pair 18	BB3 & BB8	14	.851	.000
Pair 19	BB4 & BB5	14	.958	.000
Pair 20	BB4 & BB6	14	.921	.000
Pair 21	BB4 & BB7	14	.907	.000
Pair 22	BB4 & BB8	14	.882	.000
Pair 23	BB5 & BB6	14	.990	.000
Pair 24	BB5 & BB7	14	.969	.000
Pair 25	BB5 & BB8	14	.956	.000
Pair 26	BB6 & BB7	14	.987	.000
Pair 27	BB6 & BB8	14	.981	.000
Pair 28	BB7 & BB8	14	.964	.000

**Paired Samples Test**

		Pair 1	Pair 2	Pair 3
		BB1 - BB2	BB1 - BB3	BB1 - BB4
Paired Differences	Mean	-11.3571	-23.4286	-38.2857
	Std. Deviation	8.81962	12.06849	15.02013
	Std. Error Mean	2.35714	3.22544	4.01430
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-16.4494	-30.3967	-46.9581
	Upper	-6.2648	-16.4604	-29.6133
t		-4.818	-7.264	-9.537
df		13	13	13
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000

**Paired Samples Test**

		Pair 4	Pair 5	Pair 6	Pair 7
		BB1 - BB5	BB1 - BB6	BB1 - BB7	BB1 - BB8
Paired Differences	Mean	-47.8571	-54.2857	-60.3571	-69.5000
	Std. Deviation	17.87502	19.08051	19.69618	18.60831
	Std. Error Mean	4.77730	5.09948	5.26403	4.97328
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-58.1779	-65.3025	-71.7294	-80.2441
	Upper	-37.5364	-43.2690	-48.9849	-58.7559
t		-10.018	-10.645	-11.466	-13.975
df		13	13	13	13
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000

**Paired Samples Test**

		Pair 8	Pair 9	Pair 10	Pair 11
		BB2 - BB3	BB2 - BB4	BB2 - BB5	BB2 - BB6
Paired Differences	Mean	-12.0714	-26.9286	-36.5000	-42.9286
	Std. Deviation	6.37862	11.26918	14.97562	15.64247
	Std. Error Mean	1.70476	3.01182	4.00240	4.18063
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-15.7543	-33.4352	-45.1467	-51.9603
	Upper	-8.3885	-20.4219	-27.8533	-33.8969
t		-7.081	-8.941	-9.120	-10.268
df		13	13	13	13
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000

Paired Samples Test

		Pair 12	Pair 13	Pair 14	Pair 15
		BB2 - BB7	BB2 - BB8	BB3 - BB4	BB3 - BB5
Paired Differences	Mean	-49.0000	-58.1429	-14.8571	-24.4286
	Std. Deviation	15.84055	14.86792	6.92662	11.13355
	Std. Error Mean	4.23357	3.97362	1.85122	2.97557
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-58.1461	-66.7273	-18.8565	-30.8569
	Upper	-39.8539	-49.5584	-10.8578	-16.0002
t		-11.574	-14.632	-8.026	-8.210
df		13	13	13	13
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000

Paired Samples Test

		Pair 16	Pair 17	Pair 18	Pair 19
		BB3 - BB6	BB3 - BB7	BB3 - BB8	BB4 - BB5
Paired Differences	Mean	-30.6571	-36.9286	-46.0714	-9.5714
	Std. Deviation	12.21511	12.50516	12.52360	7.82220
	Std. Error Mean	3.26462	3.34215	3.34707	2.09057
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-37.9099	-44.1488	-53.3023	-14.0876
	Upper	-23.8044	-29.7083	-38.8405	-5.0550
t		-9.452	-11.049	-13.765	-4.578
df		13	13	13	13
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.001

Paired Samples Test

		Pair 20	Pair 21	Pair 22	Pair 23
		BB4 - BB6	BB4 - BB7	BB4 - BB8	BB5 - BB6
Paired Differences	Mean	-16.0000	-22.0714	-31.2143	-6.4286
	Std. Deviation	10.08426	10.82351	11.88521	4.05186
	Std. Error Mean	2.69513	2.89270	3.17646	1.08291
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-21.8225	-28.3207	-38.0766	-8.7680
	Upper	-10.1775	-15.8221	-24.3520	-4.0891
t		-5.937	-7.630	-9.827	-5.936
df		13	13	13	13
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000

		Pair 24	Pair 25	Pair 26	Pair 27
		BB5 - BB7	BB5 - BB8	BB6 - BB7	BB6 - BB8
Paired Differences	Mean	-12.5000	-21.6429	-6.0714	-15.2143
	Std. Deviation	6.79083	8.46356	4.04711	5.26496
	Std. Error Mean	1.81493	2.26198	1.08164	1.40712
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-16.4209	-26.5296	-8.4082	-16.2542
	Upper	-8.5791	-16.7561	-3.7347	-12.1744
t		-6.887	-9.568	-5.613	-10.812
df		13	13	13	13
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000

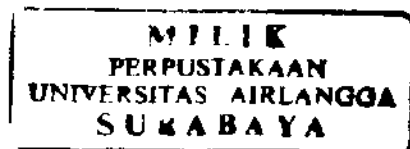
**Paired Samples Test**

		Pair 28
		BB7 - BB8
Paired Differences	Mean	-9.1429
	Std. Deviation	4.68807
	Std. Error Mean	1.25294
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-11.8497
	Upper	-6.4360
t		-7.297
df		13
Sig. (2-tailed)		.000

## Lampiran: 19

Hasil Uji T Antar Waktu Variabel  
Berat Badan Kelompok Perlakuan I (4 minggu).

Variabel	Mean Diff.	Std. Deviasi	t-value	Prob.
Pbb1 – Pbb 2	-10.4286	14.9805	-2.605	0.022
Pbb1 – Pbb 3	-20.4286	16.6535	-4.590	0.001
Pbb1 – Pbb 4	-35.9286	17.2870	-7.776	0.000
Pbb1 – Pbb 5	-47.5000	18.1775	-9.777	0.000
Pbb1 – Pbb 6	-37.3571	18.3412	-7.621	0.000
Pbb1 – Pbb 7	-48.3571	18.7395	-9.655	0.000
Pbb1 – Pbb 8	-55.4286	20.7835	-9.979	0.000
Pbb2 – Pbb 3	-10.0000	6.2388	-5.997	0.000
Pbb2 – Pbb 4	-25.5000	9.0956	-10.490	0.000
Pbb2 – Pbb 5	-37.0714	9.8329	-14.107	0.000
Pbb2 – Pbb 6	-26.9286	12.0221	-8.381	0.000
Pbb2 – Pbb 7	-37.9286	11.3778	-12.473	0.000
Pbb2 – Pbb 8	-45.0000	13.6832	-12.302	0.000
Pbb3 – Pbb 4	-15.5000	7.9493	-7.296	0.000
Pbb3 – Pbb 5	-27.0714	8.3340	-12.154	0.000
Pbb3 – Pbb 6	-16.9286	10.3289	-6.132	0.000
Pbb3 – Pbb 7	-27.9286	9.6990	-10.774	0.000
Pbb3 – Pbb 8	-35.0000	13.0147	-10.062	0.000
Pbb4 – Pbb 5	-11.5714	7.3454	-5.894	0.000
Pbb4 – Pbb 6	-1.4286	11.1058	-0.481	<b>0.638</b>
Pbb4 – Pbb 7	-12.4286	8.9847	-5.176	0.000
Pbb4 – Pbb 8	-19.5000	11.2026	-6.513	0.000
Pbb5 – Pbb 6	10.1429	8.6099	4.408	0.001
Pbb5 – Pbb 7	-0.8571	5.6002	-5.573	<b>0.577</b>
Pbb5 – Pbb 8	-7.9286	6.7077	-4.423	0.001
Pbb6 – Pbb 7	-11.0000	4.2607	-9.660	0.000
Pbb6 – Pbb 8	-18.0714	7.9562	-8.499	0.000
Pbb7 – Pbb 8	-7.0714	5.6902	-4.650	0.000



## Lampiran: 19

**Hasil Uji "T" antar waktu  
Kelompok Perlakuan I ( 4 Minggu)**

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	BB1 & BB2	14	.150	.610
Pair 2	BB1 & BB3	14	.138	.638
Pair 3	BB1 & BB4	14	.048	.871
Pair 4	BB1 & BB5	14	.010	.973
Pair 5	BB1 & BB6	14	.029	.921
Pair 6	BB1 & BB7	14	-.045	.879
Pair 7	BB1 & BB8	14	-.167	.568
Pair 8	BB2 & BB3	14	.897	.000
Pair 9	BB2 & BB4	14	.757	.002
Pair 10	BB2 & BB5	14	.738	.003
Pair 11	BB2 & BB6	14	.616	.019
Pair 12	BB2 & BB7	14	.646	.013
Pair 13	BB2 & BB8	14	.540	.046
Pair 14	BB3 & BB4	14	.836	.000
Pair 15	BB3 & BB5	14	.829	.000
Pair 16	BB3 & BB6	14	.746	.002
Pair 17	BB3 & BB7	14	.770	.001
Pair 18	BB3 & BB8	14	.624	.017
Pair 19	BB4 & BB5	14	.866	.000
Pair 20	BB4 & BB6	14	.702	.005
Pair 21	BB4 & BB7	14	.800	.001
Pair 22	BB4 & BB8	14	.720	.004
Pair 23	BB5 & BB6	14	.828	.000
Pair 24	BB5 & BB7	14	.926	.000
Pair 25	BB5 & BB8	14	.905	.000
Pair 26	BB6 & BB7	14	.958	.000
Pair 27	BB6 & BB8	14	.867	.000
Pair 28	BB7 & BB8	14	.933	.000

		Pair 1	Pair 2	Pair 3
		BB1 - BB2	BB1 - BB3	BB1 - BB4
Paired Differences	Mean	-10.4286	-20.4286	-35.9286
	Std. Deviation	14.98057	16.65355	17.28701
	Std. Error Mean	4.00373	4.45085	4.62015
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-19.0781	-30.0440	-45.9098
	Upper	-1.7790	-10.8131	-25.9473
t		-2.605	-4.590	-7.776
df		13	13	13
Sig. (2-tailed)		.022	.001	.000

**Paired Samples Test**

		Pair 4	Pair 5	Pair 6	Pair 7
		BB1 - BB5	BB1 - BB6	BB1 - BB7	BB1 - BB8
Paired Differences	Mean	-47.5000	-37.3571	-48.3571	-55.4286
	Std. Deviation	18.17754	18.34124	18.73954	20.78355
	Std. Error Mean	4.85815	4.90190	5.00835	5.55464
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-57.9954	-47.9471	-59.1770	-67.4286
	Upper	-37.0046	-26.7672	-37.5373	-43.4286
t		-9.777	-7.621	-9.655	-9.979
df		13	13	13	13
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000

**Paired Samples Test**

		Pair 8	Pair 9	Pair 10	Pair 11
		BB2 - BB3	BB2 - BB4	BB2 - BB5	BB2 - BB6
Paired Differences	Mean	-10.0000	-25.5000	-37.0714	-26.9286
	Std. Deviation	6.23884	9.09565	9.83295	12.02219
	Std. Error Mean	1.66740	2.43091	2.62797	3.21306
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-13.6022	-30.7517	-42.7488	-33.8700
	Upper	-6.3978	-20.2483	-31.3941	-19.9872
t		-5.997	-10.490	-14.107	-8.381
df		13	13	13	13
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000

**Paired Samples Test**  
ADLN - Perpustakaan Universitas Airlangga

		Pair 12	Pair 13	Pair 14	Pair 15	
		BB2 - BB7	BB2 - BB8	BB3 - BB4	BB3 - BB5	
Paired Differences	Mean	-37.9286	-45.0000	-15.5000	-27.0714	
	Std. Deviation	11.37788	13.68323	7.94936	8.33403	
	Std. Error Mean	3.04087	3.65700	2.12456	2.22736	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-44.4980	-52.9005	-20.0898	-31.8834
		Upper	-31.3592	-37.0995	-10.9102	-22.2595
t		-12.473	-12.305	-7.296	-12.154	
df		13	13	13	13	
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	

**Paired Samples Test**

		Pair 16	Pair 17	Pair 18	Pair 19	
		BB3 - BB6	BB3 - BB7	BB3 - BB8	BB4 - BB5	
Paired Differences	Mean	-16.9286	-27.9286	-35.0000	-11.5714	
	Std. Deviation	10.32893	9.69904	13.01478	7.34548	
	Std. Error Mean	2.76052	2.59218	3.47835	1.96316	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-22.8923	-33.5286	-42.5145	-15.8126
		Upper	-10.9648	-22.3285	-27.4855	-7.3303
t		-6.132	-10.774	-10.062	-5.894	
df		13	13	13	13	
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	

**Paired Samples Test**

		Pair 20	Pair 21	Pair 22	Pair 23	
		BB4 - BB6	BB4 - BB7	BB4 - BB8	BB5 - BB6	
Paired Differences	Mean	-1.4286	-12.4286	-19.5000	10.1429	
	Std. Deviation	11.10588	8.98472	11.20268	8.60999	
	Std. Error Mean	2.96817	2.40127	2.99404	2.30112	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-7.8409	-17.6162	-25.9682	5.1716
		Upper	4.9838	-7.2409	-13.0318	15.1141
t		-.481	-5.178	-6.513	4.408	
df		13	13	13	13	
Sig. (2-tailed)		.638	.000	.000	.001	



**Paired Samples Test**  
ADLN - Perpustakaan Universitas Airlangga

		Pair 24	Pair 25	Pair 26	Pair 27	
		BB5 - BB7	BB5 - BB8	BB6 - BB7	BB6 - BB8	
Paired Differences	Mean	-8571	-7.9286	-11.0000	-18.0714	
	Std. Deviation	5.60024	6.70779	4.26073	7.95627	
	Std. Error Mean	1.49673	1.79273	1.13873	2.12640	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-4.0906	-11.8015	-13.4601	-22.6652
		Upper	2.3763	-4.0556	-8.5399	-13.4776
t		-.573	-4.423	-9.660	-8.499	
df		13	13	13	13	
Sig. (2-tailed)		.577	.001	.000	.000	

**Paired Samples Test**

		Pair 28	
		BB7 - BB8	
Paired Differences	Mean	-7.0714	
	Std. Deviation	5.69027	
	Std. Error Mean	1.52079	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-10.3568
		Upper	-3.7860
t		-4.650	
df		13	
Sig. (2-tailed)		.000	

Lampiran: 20

Hasil Uji T Antar Waktu  
Variabel Berat Badan Kelompok Perlakuan II(8 minggu).

Variabel	Mean Diff.	Std. Deviasi	t-value	Prob.
Pbb1 – Pbb 2	-2.1429	15.0785	-0.532	<b>0.604</b>
Pbb1 – Pbb 3	-12.4286	15.8634	-2.931	0.012
Pbb1 – Pbb 4	-25.7143	16.4477	-5.850	0.000
Pbb1 – Pbb 5	-23.5714	14.9497	-5.900	0.000
Pbb1 – Pbb 6	-28.7857	15.4828	-6.956	0.000
Pbb1 – Pbb 7	-41.5000	14.7999	-10.492	0.000
Pbb1 – Pbb 8	-51.2143	14.1431	-13.549	0.000
Pbb2 – Pbb 3	-10.2857	7.2581	-5.302	0.000
Pbb2 – Pbb 4	-23.5714	11.7847	-7.484	0.000
Pbb2 – Pbb 5	-21.4286	11.2572	-7.122	0.000
Pbb2 – Pbb 6	-26.6429	12.7497	-7.819	0.000
Pbb2 – Pbb 7	-39.3571	14.6476	-10.054	0.000
Pbb2 – Pbb 8	-49.0714	12.9761	-14.150	0.000
Pbb3 – Pbb 4	-13.2857	6.3540	-7.823	0.000
Pbb3 – Pbb 5	-11.1429	7.6646	-5.440	0.000
Pbb3 – Pbb 6	-16.3571	9.8340	-10.054	0.000
Pbb3 – Pbb 7	-29.0714	12.9047	-8.429	0.000
Pbb3 – Pbb 8	-38.7857	11.3149	-12.826	0.000
Pbb4 – Pbb 5	2.1429	4.6551	1.722	<b>0.109</b>
Pbb4 – Pbb 6	-3.0714	6.6848	-1.719	<b>0.109</b>
Pbb4 – Pbb 7	-15.7857	10.6278	-5.558	0.000
Pbb4 – Pbb 8	-25.5000	8.7683	-10.881	0.000
Pbb5 – Pbb 6	-5.2143	3.2386	-6.024	0.000
Pbb5 – Pbb 7	-17.9286	7.0215	-9.554	0.000
Pbb5 – Pbb 8	-27.6429	5.0779	-20.368	0.000
Pbb6 – Pbb 7	-12.7143	4.8425	-9.824	0.000
Pbb6 – Pbb 8	-22.4286	3.1553	-26.596	0.000
Pbb7 – Pbb 8	-9.7143	3.7912	-9.587	0.000

## Lampiran: 20

### Hasil Uji "T" antar waktu Kelompok Perlakuan II (8 Minggu)

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	BB1 & BB2	14	.313	.277
Pair 2	BB1 & BB3	14	.478	.084
Pair 3	BB1 & BB4	14	.551	.041
Pair 4	BB1 & BB5	14	.565	.035
Pair 5	BB1 & BB6	14	.512	.061
Pair 6	BB1 & BB7	14	.531	.051
Pair 7	BB1 & BB8	14	.542	.045
Pair 8	BB2 & BB3	14	.923	.000
Pair 9	BB2 & BB4	14	.809	.000
Pair 10	BB2 & BB5	14	.780	.001
Pair 11	BB2 & BB6	14	.698	.005
Pair 12	BB2 & BB7	14	.569	.034
Pair 13	BB2 & BB8	14	.643	.013
Pair 14	BB3 & BB4	14	.948	.000
Pair 15	BB3 & BB5	14	.908	.000
Pair 16	BB3 & BB6	14	.845	.000
Pair 17	BB3 & BB7	14	.725	.003
Pair 18	BB3 & BB8	14	.781	.001
Pair 19	BB4 & BB5	14	.973	.000
Pair 20	BB4 & BB6	14	.941	.000
Pair 21	BB4 & BB7	14	.842	.000
Pair 22	BB4 & BB8	14	.897	.000
Pair 23	BB5 & BB6	14	.984	.000
Pair 24	BB5 & BB7	14	.921	.000
Pair 25	BB5 & BB8	14	.960	.000
Pair 26	BB6 & BB7	14	.962	.000
Pair 27	BB6 & BB8	14	.986	.000
Pair 28	BB7 & BB8	14	.975	.000

**Paired Samples Test**

		Pair 1	Pair 2	Pair 3
		BB1 - BB2	BB1 - BB3	BB1 - BB4
Paired Differences	Mean	-2.1429	-12.4286	-25.7143
	Std. Deviation	15.07855	15.86343	16.44772
	Std. Error Mean	4.02991	4.23968	4.39584
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-10.8490	-21.5878	-35.2109
	Upper	6.5632	-3.2693	-16.2177
t		-.532	-2.931	-5.850
df		13	13	13
Sig. (2-tailed)		.604	.012	.000

**Paired Samples Test**

		Pair 4	Pair 5	Pair 6	Pair 7
		BB1 - BB5	BB1 - BB6	BB1 - BB7	BB1 - BB8
Paired Differences	Mean	-23.5714	-28.7857	-41.5000	-51.2143
	Std. Deviation	14.94973	15.48289	14.79995	14.14311
	Std. Error Mean	3.99548	4.13798	3.95545	3.77990
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-32.2031	-37.7253	-50.0452	-59.3803
	Upper	-14.9397	-19.8462	-32.9548	-43.0483
t		-5.900	-6.956	-10.492	-13.549
df		13	13	13	13
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000

**Paired Samples Test**

		Pair 8	Pair 9	Pair 10	Pair 11
		BB2 - BB3	BB2 - BB4	BB2 - BB5	BB2 - BB6
Paired Differences	Mean	-10.2857	-23.5714	-21.4286	-26.6429
	Std. Deviation	7.25819	11.78470	11.25723	12.74970
	Std. Error Mean	1.93983	3.14959	3.00862	3.40750
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-14.4765	-30.3757	-27.9283	-34.0043
	Upper	-6.0950	-16.7671	-14.9288	-19.2814
t		-5.302	-7.484	-7.122	-7.819
df		13	13	13	13
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000

**Paired Samples Test**  
ADLN - Perpustakaan Universitas Airlangga

		Pair 12	Pair 13	Pair 14	Pair 15
		BB2 - BB7	BB2 - BB8	BB3 - BB4	BB3 - BB5
Paired Differences	Mean	-39.3571	-49.0714	-13.2857	-11.1429
	Std. Deviation	14.64769	12.97610	6.35402	7.66468
	Std. Error Mean	3.91476	3.46801	1.69818	2.04847
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-47.6145	-56.5636	-16.9544	-15.5683
	Upper	-30.8998	-41.5793	-9.6170	-6.7174
t		-10.054	-14.150	-7.823	-5.440
df		13	13	13	13
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000

**Paired Samples Test**

		Pair 16	Pair 17	Pair 18	Pair 19
		BB3 - BB6	BB3 - BB7	BB3 - BB8	BB4 - BB5
Paired Differences	Mean	-16.3571	-29.0714	-38.7857	2.1429
	Std. Deviation	9.83406	12.90477	11.31492	4.65514
	Std. Error Mean	2.62826	3.44894	3.02404	1.24414
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-22.0352	-36.5224	-45.3188	-5.449
	Upper	-10.6791	-21.6204	-32.2527	4.8307
t		-6.224	-8.429	-12.826	1.722
df		13	13	13	13
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.109

**Paired Samples Test**

		Pair 20	Pair 21	Pair 22	Pair 23
		BB4 - BB6	BB4 - BB7	BB4 - BB8	BB5 - BB6
Paired Differences	Mean	-3.0714	-15.7857	-25.5000	-5.2143
	Std. Deviation	6.68482	10.62782	8.76839	3.23867
	Std. Error Mean	1.78659	2.84040	2.34345	.86557
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-6.9311	-21.9220	-30.5627	-7.0842
	Upper	.7883	-9.6494	-20.4373	-3.3443
t		-1.719	-5.558	-10.881	-6.024
df		13	13	13	13
Sig. (2-tailed)		.109	.000	.000	.000

**Paired Samples Test**

		Pair 24	Pair 25	Pair 26	Pair 27
		BB5 - BB7	BB5 - BB8	BB6 - BB7	BB6 - BB8
Paired Differences	Mean	-17.9286	-27.6429	-12.7143	-22.4286
	Std. Deviation	7.02155	5.07796	4.84258	3.15532
	Std. Error Mean	1.87659	1.35714	1.29423	.84329
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-21.9827	-30.5748	-15.5103	-24.2504
	Upper	-13.8744	-24.7109	-9.9183	-20.6067
t		-9.554	-20.368	-9.824	-26.596
df		13	13	13	13
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000

**Paired Samples Test**

		Pair 28
		BB7 - BB8
Paired Differences	Mean	-9.7143
	Std. Deviation	3.79126
	Std. Error Mean	1.01326
95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-11.9033
	Upper	-7.5253
t		-9.587
df		13
Sig. (2-tailed)		.000

## Lampiran: 21

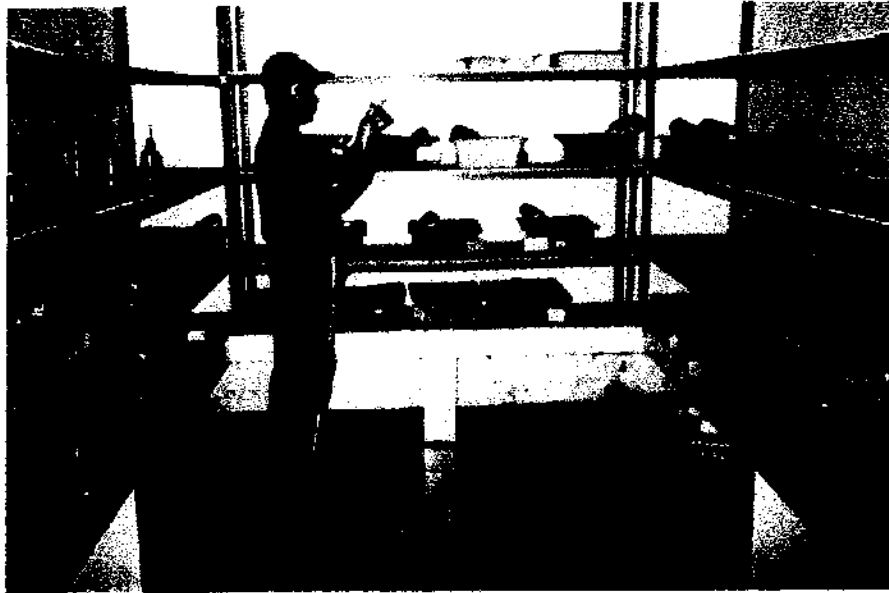
### Hasil Uji "T" antar waktu Variabel Mitokondria dan Pengukuran Berat Badan Ke 8

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	MITO & BB1	42	,328	,034
Pair 2	MITO & BB2	42	,101	,525
Pair 3	MITO & BB3	42	,045	,776
Pair 4	MITO & BB4	42	,025	,876
Pair 5	MITO & BB5	42	-,196	,213
Pair 6	MITO & BB6	42	-,244	,119
Pair 7	MITO & BB7	42	-,139	,379
Pair 8	MITO & BB8	42	-,127	,422

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 MITO - BB1	105,0476	18,1551	2,8014	110,7051	-99,3901	-37,498	41	,000
Pair 2 MITO - BB2	113,0236	17,2888	2,6677	118,4114	107,6362	-42,367	41	,000
Pair 3 MITO - BB3	123,8095	18,6864	2,8834	129,6326	117,9864	-42,939	41	,000
Pair 4 MITO - BB4	138,3571	20,4078	3,1490	144,7167	131,9976	-43,937	41	,000
Pair 5 MITO - BB5	144,6905	23,2898	3,5937	151,9481	137,4329	-40,262	41	,000
Pair 6 MITO - BB6	145,1905	21,1121	3,2577	151,7695	138,6115	-44,569	41	,000
Pair 7 MITO - BB7	155,1190	19,9196	3,0737	161,3264	148,9117	-50,467	41	,000
Pair 8 MITO - BB8	163,7619	19,0977	2,9468	169,7132	157,8106	-55,572	41	,000



Gambar: 1. Peneliti sedang memberi makan dan minum hewan coba di kandang.



Gambar: 2. Peneliti memasang beban pada ekor tikus dan siap memberi perlakuan.



**Lanjutan Lampiran: 22**



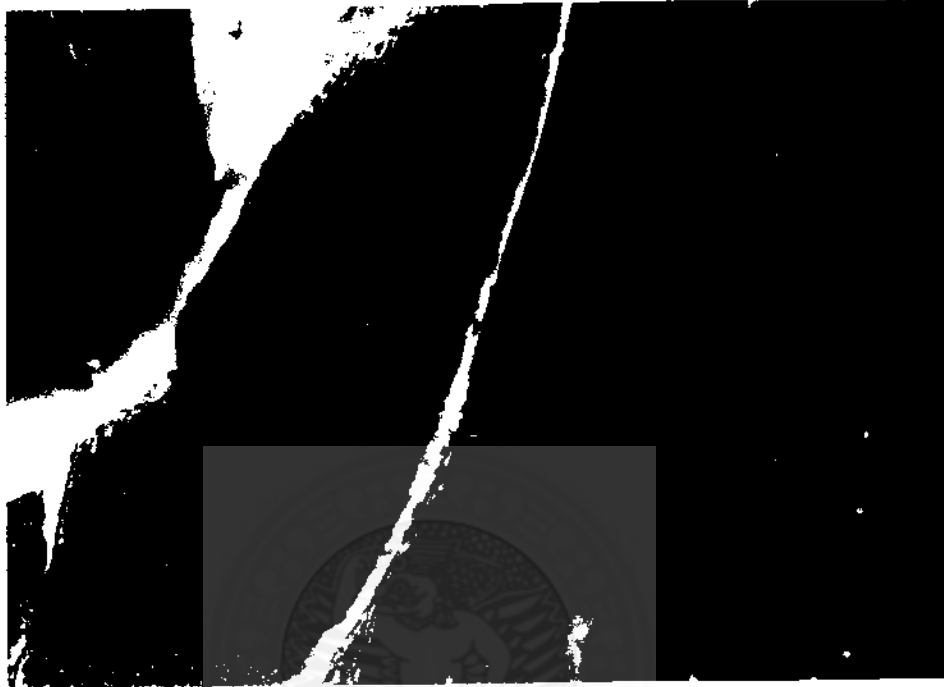
**Gambar: 3** Peneliti sedang memberi perlakuan renang. Mengukur waktu renang dengan stop watch ( merk Quartz).



**Gambar: 4** Peneliti sedang menuang ether anesthesia kedalam tabung kaca untuk membius hewan coba.

Lampiran: 23

Gambar hasil pemotretan preparat histologi  
Kelompok kontrol, Kp I dan Kp II



Gambar 1: hasil pemotretan preparat kelompok kontrol



(Gambar 2. hasil pemotretan preparat histologi kelompok perlakuan I (4 minggu))

**Lanjutan lampiran 23.**



Gambar 3 : hasil pemotretan preparat histologi kelompok perlakuan II (8 Minggu)