

IR-PEPRUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA
1. SWIMMING
2. MITOCHONDRIA, MUSCLE

KIK
TKO 06/01
Ram
P.

**PENGARUH LATIHAN RENANG INTENSITAS SEDANG
FREKUENSI 3 KALI PER MINGGU DAN INTENSITAS
RENDAH FREKUENSI 5 KALI PER MINGGU TERHADAP
JUMLAH MITOKONDRIA OTOT SKELET TIKUS**

PENELITIAN EKSPERIMENTAL



R A M A D I

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2001**

**PENGARUH LATIHAN RENANG INTENSITAS SEDANG
FREKUENSI 3 KALI PER MINGGU DAN INTENSITAS
RENDAH FREKUENSI 5 KALI PER MINGGU TERHADAP
JUMLAH MITOKONDRIA OTOT SKELET TIKUS**

PENELITIAN EKSPERIMENTAL

R A M A D I

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2001**

**PENGARUH LATIHAN RENANG INTENSITAS SEDANG
FREKUENSI 3 KALI PER MINGGU DAN INTENSITAS
RENDAH FREKUENSI 5 KALI PER MINGGU TERHADAP
JUMLAH MITOKONDRIA OTOT SKELET TIKUS**

PENELITIAN EKSPERIMENTAL

TESIS

Untuk memperoleh gelar Magister
dalam Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga
pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga

Oleh :

R A M A D I

NIM. 099813232-M

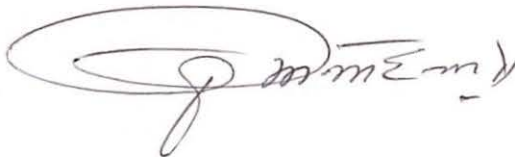
**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2001**

LEMBAR PENGESAHAN

TESIS INI TELAH DIUJI DAN DINYATAKAN LULUS
TANGGAL: MARET 2000

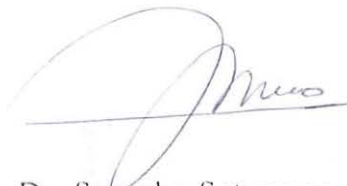
Oleh:

Pembimbing Ketua



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

Pembimbing



Dr. Sumarko Setyawan, dr., MS.

Mengetahui

Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga
Program Pascasarjana Universitas Airlangga



Prof. Martin Setiabudi, dr., Ph.D.

NIP.: 130246650

PANITIA PENGUJI TESIS

Ketua : Dr. Paulus Liben, dr., MS.

Anggota : 1. Prof. Dr. H.R. Soekarman, dr., AIF.
2. Dr. Sunarko Setyawan, dr., MS.
3. Bachtiar Hermawan, dr., MS.
4. Choesnan Effendi, dr., AIF.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis ini dengan sebaik-baiknya. Tesis ini merupakan bagian akhir dari seluruh kegiatan pendidikan Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga, Program Pasca Sarjana Universitas Airlangga Surabaya.

Dengan ketulusan hati yang paling dalam saya menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

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

Dr. Sunarko Setyawan, dr., MS., selaku Pembimbing II yang selalu memberikan petunjuk, bimbingan, dorongan serta arahan, sehingga saya dapat menyelesaikan tesis ini dengan sebaik-baiknya.

Pemerintah Republik Indonesia c.q. Menteri Pendidikan dan Kebudayaan melalui Tim Pengembangan Guru Sekolah Menengah (PGSM) yang telah memberikan bantuan finansial, sehingga meringankan beban dalam menyelesaikan tesis ini.

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

Prof. Dr. H. Muhammad Amin, dr., Direktur Program Pascasarjana Universitas Airlangga yang telah memberi kesempatan kepada saya untuk mengikuti pendidikan program magister.

Prof. Martin Setiabudi, dr., Ph. D., selaku Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga Program Pascarsajana Universitas Airlangga, yang selalu memberikan petunjuk, bimbingan, dorongan serta arahan, sehingga saya dapat menyelesaikan tesis ini dengan sebaik-baiknya.

Prof. Dr. Muchtar Ahmad, MSc., Rektor Universitas Riau, yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengikuti pendidikan di Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.

H. M. Zein Maadap, Drs., MPd., Dekan FKIP Universitas Riau, yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengikuti pendidikan di Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.

H. Abdoel Kamid, dr., MS., Sebagai Kepala Laboratorium Anatomi Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya, yang telah memberikan kemudahan untuk menggunakan fasilitas laboratorium hingga selesainya penelitian ini.

Tania Andriani, Dra., MS., Staf pengajar Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya yang telah berperan sebagai konsultan dan membimbing selama penelitian ini.

Bachtiar Hermawan, dr., MS., selaku dosen Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga Program Pascasarjana Unair Surabaya yang telah banyak memberikan petunjuk dan bimbingan selama pelaksanaan penelitian ini.

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

Seluruh staf dan karyawan Laboratorium Ilmu Faal, Laboratorium Gramik, Laboratorium Anatomi Histologi, dan laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya, atas segala bantuan dan kerjasama yang telah diberikan kepada saya.

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

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

Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penulisan tesis ini, yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Pada kesempatan ini, tidak lupa saya menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak dan Ibu saya (almarhum), yang telah mendidik saya sejak kecil dengan penuh kasih sayang, dan berkat do'a restu dan dorongan beliau, saya dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini dengan sebaik-baiknya.

Terima kasih buat istri tercinta Yunita dan anak-anak tersayang: Ayu, Cici, Kristi, dan Kiki, yang selalu setia memdampingi dan memberikan semangat serta dorongan moral selama mengikuti pendidikan di Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga Universitas Airlangga Surabaya.

Dan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini, semoga segala amal dan perbuatannya mendapat limpahan rahmat dari Allah SWT. Amiiin.

Surabaya, Maret 2001

Penulis

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu dan latihan renang intensitas rendah 5 kali/minggu terhadap jumlah mitokondria. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *randomized posttest only control group design*.

Yang menjadi sampel pada penelitian ini adalah tikus putih jenis albino wistar, kelamin jantan, usia 90 hari dan sehat. Sampel sebanyak 30 ekor dibagi menjadi 3 kelompok dengan menggunakan teknik ordinal pairing. Selanjutnya ketiga kelompok diberi perlakuan yang berbeda-beda sesuai dengan kelompoknya. Kelompok 1 (kelompok kontrol) tidak diberi perlakuan apapun, tetapi diet makanan tetap disamakan dengan kelompok yang lain. Kelompok 2 diberi perlakuan berupa program latihan renang selama 8 minggu, frekuensi latihan 3 kali/minggu, 1 set/pertemuan, 1 repetisi/set, dan beban latihan 70% kemampuan kerja maksimal (waktu maksimal renang). Kelompok 3 diberi perlakuan berupa program latihan renang selama 8 minggu, frekuensi latihan 5 kali/minggu, 1 set/pertemuan, 1 repetisi/set, dan beban latihan 50% kemampuan kerja maksimal (waktu maksimal renang). Data penelitian berupa jumlah mitokondria diukur setelah selesai program latihan. Pengukuran jumlah mitokondria dilakukan menggunakan mikroskop cahaya dengan metode pewarnaan.

Data hasil pengukuran diolah dengan menggunakan statistik deskriptif dan statistik inferensial (uji normalitas, uji homogenitas, uji t antar waktu, anakova dan anava+LSD) dengan taraf signifikan 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu meningkatkan jumlah mitokondria ($p < 0,01$), (2) latihan renang intensitas rendah frekuensi 5 kali/minggu meningkatkan jumlah mitokondria ($p < 0,01$), dan (3) latihan renang intensitas rendah frekuensi 5 kali/minggu lebih meningkatkan jumlah mitokondria ($p < 0,01$) dibandingkan latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu.

ABSTRACT

The Purpose of this study to observe the influence of swimming training toward mitochondria count. The study the applied *"Randomized Posttest Only Control Group Design"*. The Samples were 30 male three month old albino wistar rats. The sample were divided into 3 groups: (1) the first group was control group and they don't give the treatment, (2) the second group give the treatment, that moderate intensity swimming program during 8 weeks with frequency 3/weeks, and (3) the thrith group give the treatment, that low intensity swimming program during 8 weeks with frequency 5/weeks. The data of mitochondria count were taken after training program.

The data was processed using descriptive statistic and inferential statistic (normality test, homogeneity test, paired t test, anakova and anova+LSD) with significance level 5%. The result are: (1) the swimming program with moderate intensity and frequency 3/weeks increase the mitochondria count ($p<0.01$), (2) the swimming program with low intensity and frequency 5/weeks increase the mitochondria count ($p<0.01$), and (3) the swimming program with low intensity and frequency 5/weeks more increase the mitochondria count ($p<0.01$) than the swimming program with moderate intensity and frequency 3/weeks.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SAMPUL DALAM	ii
HALAMAN PRASYARAT	iii
HALAMAN PENGESAHAN	vi
HALAMAN PANITIA PENGUJI	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
RINGKASAN	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR GRAFIK	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Karakteristik Mitokondria	6
2.1.1 Fungsi Mitokondria	9

2.1.2	Pembentukan ATP oleh Fosforilasi Oksidatif	9
2.2	Latihan	11
2.2.1	Tujuan Latihan	12
2.2.2	Prinsip-Prinsip Latihan	13
2.2.3	Latihan Renang	17
2.3	Sistem Penyediaan Energi	17
2.3.1	Sistem ATP-PC	18
2.3.2	Sistem Glikolisis Anaerobik	20
2.3.3	Sistem Glikolisis Aerobik	21
2.4	Hormon Pertumbuhan	23
2.4.1	Fungsi Hormon Pertumbuhan	23
2.4.2	Pengaturan Sekresi Hormon Pertumbuhan	24
2.5	Struktur Otot Rangka	26
2.6	Pengaruh Latihan Terhadap Jumlah Mitokondria	27
BAB 3	KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS	29
3.1	Kerangka Konseptual	29
3.2	Hipotesis	30
BAB 4	METODE PENELITIAN	31
4.1	Jenis Penelitian	31
4.2	Rancangan Penelitian	31
4.3	Sampel	32
4.4	Variabel Penelitian	34
4.5	Definisi Operasional Variabel	34
4.6	Waktu dan Lokasi Penelitian	38
4.7	Metode Pemeriksaan	38
4.8	Alat dan Bahan Penelitian	42
4.9	Teknik Analisa Data	43

BAB 5 HASIL PENELITIAN	44
5.1 Hasil Statistik Deskriptif	44
5.1.1 Variabel Berat Badan.....	44
5.1.2 Variabel Jumlah Mitokondria	45
5.2 Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas Varian Variabel Jumlah Mitokondria dan Berat Badan	46
5.3 Hasil Uji Anakova dan Anava Satu Jalur Variabel Jumlah Mitokondria dan Berat Badan.....	49
5.4 Hasil Uji T Antar Waktu Variabel Berat Badan	53
 BAB 6 PEMBAHASAN	 56
6.1 Pembahasan Metode Penelitian.....	56
6.2 Pembahasan Hasil Penelitian	58
6.2.1 Hasil Uji Normalitas Distribusi dan Homogenitas Varian.....	58
6.2.2 Variabel Berat Badan	59
6.2.3 Pengaruh Latihan Renang Frekuensi 3 Kali/ Minggu dan 5 Kali/Minggu Terhadap Jumlah Mitokondria	61
 BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	 64
7.1 Kesimpulan	64
7.2 Saran	64
 DAFTAR PUSTAKA	 65

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

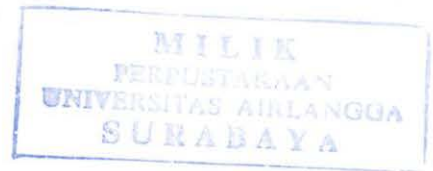
Tabel	Halaman
2.1 Lama Aktivitas dan Sistem Energi Predominan	22
5.1 Hasil Statistik Deskriptif (n=10) Variabel Berat Badan Kelompok 1, 2 dan 3 pada Pengukuran I, II dan III	45
5.2 Hasil Statistik Deskriptif (n=10) Variabel Jumlah Mitokondria pada Kelompok 1, 2 dan 3	45
5.3 Hasil Uji Normalitas Distribusi (n=10) Variabel Jumlah Mitokondria dan Berat Badan Pengukuran I, II dan III pada Kelompok 1	47
5.4 Hasil Uji Normalitas Distribusi (n=10) Variabel Jumlah Mitokondria dan Berat Badan Pengukuran I, II dan III pada Kelompok 2	47
5.5 Hasil Uji Normalitas Distribusi (n=10) Variabel Jumlah Mitokondria dan Berat Badan Pengukuran I, II dan III pada Kelompok 3	48
5.6 Hasil Uji Homogenitas Varian (n=30) Variabel Jumlah Mitokondria dan Berat Badan Kelompok 1, 2 dan 3	49
5.7 Hasil Uji Anakova Variabel Jumlah Mitokondria dan Berat Badan.....	51
5.8 Hasil Uji Anava Satu Jalur Variabel Jumlah Mitokondria.....	51
5.9 Hasil Uji Anava Satu Jalur Variabel Berat Badan Pada Pengukuran I.....	52
5.10 Hasil Uji T Antar Waktu Variabel Berat badan Pada Kelompok 1..	53
5.11 Hasil Uji T Antar Waktu Variabel Berat badan Pada Kelompok 2..	54
5.12 Hasil Uji T Antar Waktu Variabel Berat badan Pada Kelompok 3..	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Struktur phisik mitokondria	8
2.2 Teori kemiosmotik dan fosforilasi oksidatif membentuk sejumlah ATP	10
2.3 Sistem ATP-PC (<i>Phosphagen System</i>)	19
2.4 Ringkasan dari pandangan yang sekarang berlaku mengenai efek lain hormon pertumbuhan	24
2.5 Struktur Jaringan Otot Rangka	26
2.6 Struktur Sel Otot	27

DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halaman
5.1 Grafik Perbedaan Rata-Rata Jumlah Mitokondria pada Kelompok 1, 2 dan 3	46



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek) memberikan sumbangan yang cukup besar terhadap kemajuan di bidang olahraga. Melalui kemajuan iptek ini, prestasi atlet terus dikembangkan hingga mencapai prestasi yang maksimal. Salah satu usaha untuk meningkatkan prestasi yang maksimal adalah penerapan program latihan yang di dasarkan pada pendekatan-pendekatan ilmiah (Bompa, 1994).

Pendekatan-pendekatan ilmiah dalam rangka peningkatan prestasi atlet dapat dilakukan melalui penelitian-penelitian yang berkaitan dengan bidang olahraga. Beberapa bidang penelitian yang berkaitan dengan teori dan metodologi latihan meliputi: ilmu urai, ilmu faal, biomekanika, statistik, tes dan pengukuran, kesehatan olahraga, ilmu jiwa, belajar motorik, ilmu pendidikan, ilmu gizi, sejarah, dan sosiologi (Bompa, 1994).

Kegiatan penelitian terus dilakukan untuk memberikan dasar ilmiah terhadap kegiatan latihan. Latihan adalah proses yang sistematis atau bekerja secara berulang-ulang dalam jangka waktu yang panjang dan bebannya ditingkatkan secara bertahap dan individual, yang ditunjukkan pada pembentukan fisiologis dan psikologis untuk memenuhi tuntutan tugas (Brooks, 1987). Jadi, latihan akan menyebabkan perubahan-perubahan terhadap tubuh, baik secara fisiologis maupun psikologis. Dan hal ini perlu dibuktikan melalui kegiatan penelitian.

Latihan fisik bertujuan untuk pencapaian penyesuaian biologis agar dapat tampil secara optimal dalam melaksanakan tugas khusus (McArdle, 1981). Lebih lanjut, McArdle mengemukakan bahwa latihan harus dilakukan secara berulang-ulang dan ditingkatkan beban latihannya agar diperoleh peningkatan kekuatan dan daya tahan otot. Peningkatan kekuatan dan daya tahan otot akan terbentuk setelah terjadi perubahan-perubahan fisiologis di dalam otot sebagai akibat dari latihan. Beberapa perubahan fisiologis yang terjadi di dalam otot antara lain: peningkatan kepadatan kapiler-kapiler darah, jumlah serabut saraf, konsentrasi mioglobin, ukuran dan jumlah mitokondria, dan sebagainya (Fox, 1993).

Perubahan-perubahan fisiologis yang terjadi pada otot merupakan bentuk adaptasi otot terhadap latihan. Latihan yang berat, khususnya latihan daya tahan (aerobik) membutuhkan pemenuhan energi (ATP) yang banyak. Dengan demikian, otot dipaksa untuk menghasilkan ATP sebanyak-banyaknya melalui glikolisis aerobik. Hal ini akan menyebabkan perubahan respon mitokondria sebagai gudang produksi ATP melalui glikolisis aerobik. Beberapa perubahan respon mitokondria tersebut meliputi: peningkatan kemampuan dan kapasitas kerja mitokondria (Phillips, 1996), peningkatan *subsarcolemmal (SS) mitochondria*, *intermyofibrillar (IMF) mitochondria* (Bizeau, 1998), peningkatan enzim-enzim oksidatif di dalam mitokondria, dan peningkatan jumlah mitokondria (Jeukendrup, 1998).

Mitokondria adalah satuan unit sel yang paling banyak ditemukan di dalam sel dan mempunyai peranan sebagai penghasil tenaga, serta memiliki bentuk yang

paling sempurna pada bagian-bagian sel yang memerlukan proses penyediaan energi (Ganong, 1996). Otot yang aktif memiliki jumlah mitokondria yang lebih banyak dibandingkan dengan otot yang kurang aktif.

Renang adalah bentuk latihan daya tahan yang relatif aman, murah, menyenangkan dan mudah dilakukan. Latihan renang dapat dikembangkan untuk meningkatkan kebugaran (daya tahan), rehabilitasi, pembentukan tubuh, dan peningkatan prestasi (Haseldine, 1989). Untuk memberikan dasar ilmiah mengenai pengaruh latihan renang terhadap peningkatan daya tahan tubuh dan perbedaan frekuensi latihan terhadap peningkatan daya tahan, maka dalam penelitian ini akan mengkaji “Pengaruh Latihan Renang Intensitas Sedang Frekuensi 3 Kali Per Minggu dan Intensitas Rendah Frekuensi 5 Kali per Minggu Terhadap Jumlah Mitokondria Otot Skelet Tikus”.

1.2 Rumusan Masalah

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

- 1.2.1 Apakah latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu meningkatkan jumlah mitokondria?
- 1.2.2 Apakah latihan renang intensitas rendah frekuensi 5 kali/minggu meningkatkan jumlah mitokondria?

1.2.3 Di antara latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali dan intensitas rendah frekuensi 5 kali/minggu, latihan manakah yang lebih meningkatkan jumlah mitokondria?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan pengaruh antara latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali dan intensitas rendah frekuensi 5 kali/minggu terhadap peningkatan jumlah mitokondria pada otot skelet tikus.

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini, meliputi:

- a. Untuk mengetahui pengaruh latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu terhadap peningkatan jumlah mitokondria
- b. Untuk mengetahui pengaruh latihan renang intensitas rendah frekuensi 5 kali/minggu terhadap peningkatan jumlah mitokondria
- c. Untuk mengetahui latihan yang lebih meningkatkan jumlah mitokondria di antara latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali dan intensitas rendah frekuensi 5 kali/minggu.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan tentang pengaruh latihan terhadap jumlah mitokondria. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi sumbangan bagi pengembangan ilmu kesehatan olahraga, dan dapat digunakan untuk memperluas wawasan pelatih, atlet, pembina olahraga, dan guru-guru olahraga dalam menentukan jenis olahraga yang dapat menjamin peningkatan kesegaran jasmani seseorang (atlet).

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memberikan dasar tinjauan kepustakaan perbedaan jumlah mitokondria sebagai pengaruh dari latihan aerobik, pada bab 2 akan dibahas beberapa sub bab, meliputi: karakteristik mitokondria, latihan, sistem penyediaan energi, hormon pertumbuhan, struktur otot rangka, dan pengaruh latihan terhadap respon mitokondria.

2.1 Karakteristik mitokondria

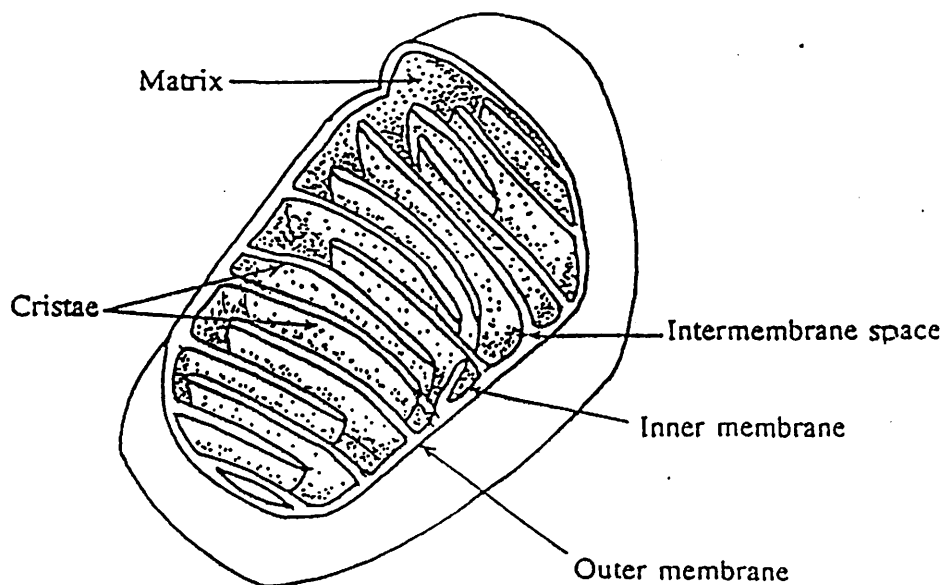
Mitokondria disebut juga sebagai gudang ATP di dalam sel. Sel tidak akan memperoleh energi yang cukup tanpa adanya mitokondria. Apabila sel tidak cukup memperoleh energi, maka fungsi-fungsi penting dari sel tersebut akan terhenti. Mitokondria dikonsentrasikan di dalam sel yang sangat berperan dalam penyediaan energi untuk metabolisme (Guyton and Hall, 1996). Mitokondria mempunyai bentuk dan ukuran yang berbeda-beda (Ganong, 1999). Beberapa mitokondria hanya berdiameter beberapa ratus milimikron dan berbentuk globular, sedangkan yang lainnya dapat mencapai diameter antara 1 sampai 7 mikron dan berbentuk filamen (Guyton and Hall, 1996).

Struktur dasar dari mitokondria terutama terdiri dari dua lapisan ganda lipid-membran protein, yaitu sebuah membran luar dan sebuah membran dalam (Guyton and Hall, 1996). Membran luar berperan sebagai

pembungkus, sedangkan membran bagian dalam terdiri atas lipatan-lipatan yang membentuk rak-rak (krista, rigi) yang dilekati oleh enzim-enzim oksidatif. Ruang bagian dalam dari mitokondria terisi matriks (bahan batuan berupa gel) yang terdiri atas banyak sekali enzim yang larut di dalamnya dan sangat berperan dalam penyerapan energi dari bahan-bahan makanan yang masuk ke dalam tubuh (Ganong, 1999). Enzim yang larut ini bekerja sama dengan enzim-enzim oksidatif yang terdapat dalam rak-rak tadi, sehingga terjadi oksidasi bahan-bahan makanan dan terbentuklah energi, karbondioksida dan air. Energi yang terlepas dari hasil oksidasi akan digunakan untuk mensintesis bahan yang mengandung kadar energi yang tinggi sekali, yaitu *adenosin trifosfat* (ATP). ATP yang terbentuk diangkut keluar dari mitokondria dan mengeluarkan energi yang diperlukan (jika diperlukan) untuk melaksanakan fungsi-fungsi sel.

Pada dasarnya mitokondria adalah suatu struktur yang dapat memperbanyak dirinya sendiri (dengan replikasi). Jadi, satu mitokondria dapat membentuk mitokondria kedua, mitokondria ke tiga, dan seterusnya. Hal ini terjadi apabila sel membutuhkan peningkatan jumlah ATP. Mitokondria mengandung suatu zat berupa asam *deoksiribonukleat* (sama dengan zat yang terkandung dalam nukleus). Asam *deoksiribonukleat* merupakan bahan dasar yang mengatur perbanyakan yang berlangsung dengan sendirinya (replikasi) dari semua bahan-bahan yang terdapat di

dalam sel (Guyton and Hall, 1996). Sebagian besar DNA dalam sel terdapat dalam inti, tetapi sejumlah kecil juga ditemukan dalam mitokondria. DNA mitokondria manusia mengandung 16.569 nukleotida yang mengkode β protein dalam rantai pernapasan pada sistem penghasil ATP mitokondria (Ganong, 1999). DNA mitokondria memiliki sedikit perbedaan kode genetik dengan DNA yang terdapat dalam inti sel. Selain itu, sperma tidak banyak memberi kontribusi sitoplasma dan tidak memberi mitokondria kepada zigot.



Gambar 2.1
Struktur fisik mitokondria (Guyton and Hall, 1996)

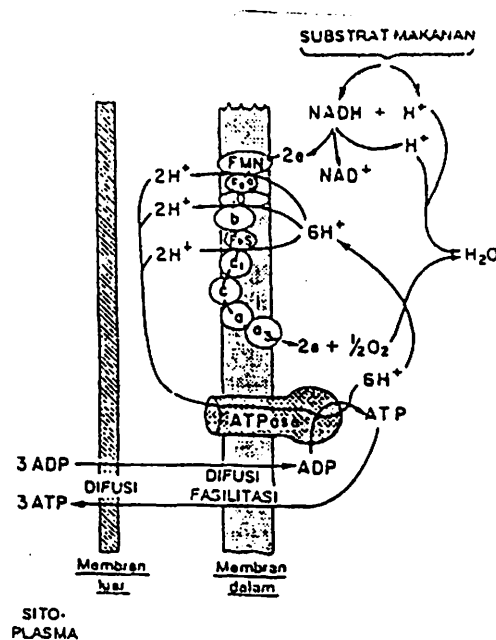
2.1.1 Fungsi Mitokondria

Mitokondria berfungsi sebagai penyerapan energi dan oksigen dari bahan makanan yang dikonsumsi, meliputi: karbohidrat, lemak dan protein. Makanan-makanan tersebut diubah terlebih dahulu menjadi bentuk monosakarida sebelum masuk ke dalam sel, yaitu karbohidrat diubah menjadi glukosa, lemak diubah menjadi asam lemak dan protein diubah menjadi asam amino (Guyton and Hall, 1996). Untuk menghasilkan energi secara aerobik, maka makanan-makanan yang masuk ke dalam sel akan dioksidasi di dalam mitokondria melalui siklus Krebs dan sistem transport elektro (STE) (Fox, 1993).

2.1.2 Pembentukan ATP oleh Fosforilasi Oksidatif

Kurang lebih 90% total ATP yang dibentuk oleh metabolisme glukosa dihasilkan selama urutan oksidasi dari atom hidrogen yang dilepaskan selama tahap awal dari degradasi glukosa. Guyton and Hall (1996) menjelaskan bahwa oksidasi hidrogen dilakukan oleh suatu seri reaksi katalis enzimatis dalam mitokondria, yaitu: (1) memecah tiap atom hidrogen menjadi sebuah ion hidrogen dan sebuah elektron, dan (2) memakai elektron untuk mengubah oksigen yang larut dalam cairan menjadi ion hidrolis. Selama urutan reaksi oksidatif, sejumlah besar energi dilepas untuk membentuk ATP. Pembentukan ATP ini disebut fosforilasi oksidatif

dan seluruhnya terjadi dalam mitokondria dengan proses yang sangat khusus disebut mekanisme kemiosmotik. Ganong (1999) menjelaskan bahwa fosforilasi oksidatif adalah kemiosmotik dan melibatkan pemindahan proton melintasi suatu membran penyekat (membran dalam yang membentuk krista dalam mitokondria), dan pemindahan ini digerakkan oleh rantai oksidasi dalam pernapasan. Semakin cepat penggunaan ATP di dalam jaringan semakin besar akumulasi ADP dan akibatnya akan mempercepat fosforilasi oksidatifnya. Selanjutnya ganong menjelaskan bahwa faktor-faktor lain yang mengatur kecepatan pembentukan ATP antara lain: kecepatan pembebasan derivat lemak, laktat dan glukosa ke sebelah dalam mitokondria, serta tersedianya mitokondria.



Gambar 2.2
Teori kemiosmotik dan fosforilasi oksidatif membentuk sejumlah ATP
(Guyton and Hall, 1996)

2.2 Latihan

Latihan adalah suatu keikutsertaan seseorang secara sistematis dalam suatu kegiatan latihan yang bertujuan untuk meningkatkan kapasitas fungsional fisik dan toleransi terhadap beban latihan (Pate, 1984). Astran (1986) mengemukakan bahwa tujuan seseorang mengikuti latihan adalah untuk mempersiapkan diri dalam mencapai tujuan, yaitu untuk memperbaiki sistem organ dan fungsinya untuk mengoptimalkan prestasi dan penampilan (kinerja) dalam olahraga yang ditekuninya.

Sehubungan dengan pengertian latihan, Brooks (1987) mengemukakan bahwa latihan merupakan suatu proses yang sistematis atau bekerja secara berulang-ulang dalam jangka waktu yang panjang dan ditingkatkan beban latihannya secara bertahap dan individual, yang ditujukan pada perubahan fisiologis dan psikologis untuk memenuhi tuntutan tugas. Sedangkan Bompas (1994) mengemukakan bahwa latihan merupakan suatu aktivitas olahraga yang dilakukan secara sistematis dalam waktu yang cukup lama dan ditingkatkan secara progresif dan individual yang mengarah pada perubahan ciri-ciri fungsi fisiologis dan psikologis manusia untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan.

Latihan fisik yang teratur dan berkesinambungan, serta dituangkan dalam suatu program latihan akan meningkatkan kemampuan fisik secara nyata, tetapi tidak akan meningkatkan kemampuan fisik secara nyata jika



latihan dilakukan secara tidak teratur (Astrand, 1986). Latihan yang dilakukan harus secara berkesinambungan, karena hasil yang diperoleh selama latihan akan kembali menurun apabila tidak melakukan latihan dalam waktu tertentu (Brooks, 1987). Oleh karena itu, atlet harus tetap melakukan latihan secara terus menerus untuk memelihara kondisi fisiknya (Soekarman, 1989).

2.2.1 Tujuan latihan

Latihan fisik bertujuan untuk mencapai penyesuaian biologis agar dalam tugas khusus dapat tampil secara optimal (McArdle, 1981). Selanjutnya Harre (1982) merinci tujuan latihan, meliputi: (1) untuk mengembangkan kepribadian, (2) untuk mengkondisikan terhadap sasaran utama, meningkatkan ketahanan, daya ledak, dan kecepatan, (3) untuk meningkatkan teknik, (4) untuk meningkatkan taktik, dan (5) untuk meningkatkan mental.

Pada dasarnya latihan harus disesuaikan dengan kebutuhannya, dan harus menjadi stress biologis untuk menghadapi tugas dan pekerjaan yang lebih berat (Bompa, 1994). Apabila ingin meningkatkan kekuatan berlatihlah kekuatan, ingin meningkatkan kecepatan berlatihlah kecepatan, ingin meningkatkan daya tahan berlatihlah daya tahan, dan sebagainya. Bompa (1994) mengemukakan bahwa tujuan latihan meliputi: (1) untuk

meningkatkan kondisi fisik secara umum, (2) untuk mengembangkan kondisi fisik khusus sesuai dengan cabang olahraga yang ditekuni, (3) untuk menyempurnakan koordinasi gerak dan menyempurnakan teknik cabang olahraga tersebut, (4) untuk meningkatkan dan mengembangkan strategi, (5) untuk meningkatkan kepribadian dan kemauan keras, (6) untuk menjamin dan menyamakan persiapan tim secara optimal, (7) untuk mencegah terjadinya cedera, (8) untuk memelihara kesehatan atlet, dan (9) untuk meningkatkan pengetahuan secara teori dengan memperlihatkan dasar-dasar fisiologis, psikologis dan gisi.

2.2.2 Prinsip-prinsip latihan

Latihan akan memberikan hasil yang optimal apabila didasarkan pada prinsip-prinsip latihan (Bompa, 1994; Fox, 1993). Beberapa prinsip latihan tersebut meliputi:

a. Prinsip beban berlebih (*the overload principles*)

Organ tubuh akan memperoleh efek latihan yang baik apabila diberi beban latihan yang melebihi beban yang biasa diterima dalam aktifitas sehari-hari. Beban latihan harus bersifat individual dan mendekati beban maksimal (sub maksimal) hingga mencapai beban maksimal. Fox (1993) mengemukakan bahwa program latihan yang menerapkan prinsip beban berlebih dapat meningkatkan penampilan secara umum. Perkembangan

kondisi fisik pada atlet tergantung pada jenis latihan yang dilakukan dan beban yang dilaksanakan (Nossek, 1982).

b. Prinsip beban bertambah (*the principles of progressive resistance*)

Prinsip beban bertambah dapat diterapkan dalam dalam berbagai macam cara, yaitu: meningkatkan beban latihan, jumlah set, jumlah repetisi, frekuensi latihan, atau memperpanjang lamanya latihan (Fox, 1993). Penerapan prinsip beban bertambah didasarkan pada asumsi bahwa kemampuan fungsional tubuh akan selalu beradaptasi terhadap beban latihan yang ditingkatkan secara progresif.

c. Prinsip latihan beraturan (*the principles of arrangement of exercise*)

Latihan akan memberikan hasil yang baik, jika didasarkan pada prinsip latihan beraturan. Latihan dimulai dengan gerakan-gerakan yang melibatkan kelompok otot besar, kemudian dilanjutkan dengan gerakan-gerakan yang melibatkan kelompok otot yang lebih kecil (Fox, 1993). Prinsip latihan ini didasarkan pada asumsi bahwa otot besar menampilkan kualitas kekuatan dan otot kecil menampilkan kualitas daya tahan. Koordinasi dari kedua fungsional dasar otot tersebut akan menampilkan keterampilan gerak yang lebih halus (Bompa, 1994).

d. Prinsip kekhususan Latihan (*specificity of training*)

Program latihan harus menerapkan prinsip kekhususan agar memberikan hasil yang optimal. Prinsip kekhususan meliputi beberapa aspek, yaitu: (1) kekhususan terhadap kelompok otot yang dilatih, (2) kekhususan terhadap pola gerakan yang dibutuhkan suatu cabang olahraga, (3) kekhususan terhadap sistem energi utama yang digunakan (*predominant energy system*), (4) kekhususan terhadap sudut sendi yang terlibat dalam suatu gerakan, dan (5) kekhususan jenis kontraksi ototnya (Brooks, 1987; Fox, 1993).

e. Prinsip pulih asal (*recovery*)

Bompa (1994) mengemukakan bahwa pulih asal adalah waktu yang dibutuhkan tubuh untuk kembali pada kondisi semula. Setelah melakukan latihan akan terjadi beberapa perubahan, baik perubahan fisiologis maupun psikologis. Oleh karena itu, tubuh membutuhkan waktu untuk mengembalikan kondisi tubuhnya. Setiap orang mempunyai kemampuan pulih asal yang berbeda-beda, sehingga pelatih harus memperhatikan kemampuan pulih asal masing-masing atlet dan masing-masing jenis latihannya (Pyke, 1990). Latihan yang bersifat aerobik perbandingan pulih asalnya 1:1, sedangkan latihan yang bersifat anaerobik perbandingan pulih asalnya 1:3 (Fox, 1993).

f. Prinsip individual (*the principles of individuality*)

Prinsip individual harus diterapkan dalam menyusun suatu program latihan. Bompa (1994) mengemukakan bahwa masing-masing individu mempunyai karakteristik dan kemampuan yang berbeda-beda, baik secara fisiologis maupun psikologis. Berdasarkan kenyataan ini, maka program latihan yang disusun harus disesuaikan dengan tingkat kemampuan masing-masing individu (atlet), tujuan yang hendak dicapai, dan lamanya latihan (Fox, 1993).

g. Prinsip mengenal sumber energi utama (*predominant energy system*)

Setiap jenis olahraga melibatkan sumber energi utama yang berbeda-beda. Oleh karena itu, mengenal sistem energi dalam berbagai macam aktivitas olahraga dapat digunakan untuk memberikan penekanan terhadap variasi sistem energi yang diberikan pada suatu latihan (Bompa, 1994). Dengan mengenal sistem energi utama dalam suatu latihan, maka pelatih dapat menyusun atau merancang suatu program latihan yang bersifat khusus untuk meningkatkan *performance* secara maksimal (Fox, 1993).

h. Prinsip kembali asal

Bompa (1994) mengemukakan bahwa kualitas atau peningkatan kemampuan atlet sebagai hasil dari latihan akan kembali menurun apabila tidak melakukan latihan dalam kurun waktu tertentu. Oleh karena itu, atlet

harus berlatih secara terus menerus dan berkesinambungan untuk memelihara dan mempertahankan kondisi fisiknya (Soekarman, 1989).

2.2.3 Latihan Renang

Olahraga renang adalah bentuk olahraga yang relatif murah, aman dan menyenangkan. Namun, tidak semua orang dapat melakukannya. Latihan renang telah diakui secara ilmiah sebagai salah satu bentuk olahraga yang dapat digunakan untuk meningkatkan kesegaran jasmani seseorang. Hal ini didasarkan pada alasan bahwa latihan renang melibatkan gerakan seluruh bagian tubuh dan dilakukan di dalam air, sehingga menyenangkan bagi pelakunya. Selain itu, renang juga dapat dikembangkan sebagai metode untuk meningkatkan kesegaran jasmani, rehabilitasi, pembentukan tubuh, maupun untuk pencapaian prestasi (Hazeldine, 1989).

2.3 Sistem Penyediaan Energi

Tubuh membutuhkan makanan agar menghasilkan energi untuk aktivitas. Bahan makanan yang masuk ke dalam lambung tidak dapat digunakan secara langsung untuk menghasilkan energi. Energi hasil pemecahan bahan makanan tidak dapat digunakan secara langsung, tetapi diubah menjadi energi kimia yang berbentuk *adenosin trifosfat* (ATP).

Otot membutuhkan energi untuk melakukan aktivitas, terutama berasal dari karbohidrat dan lemak. Energi didefinisikan sebagai

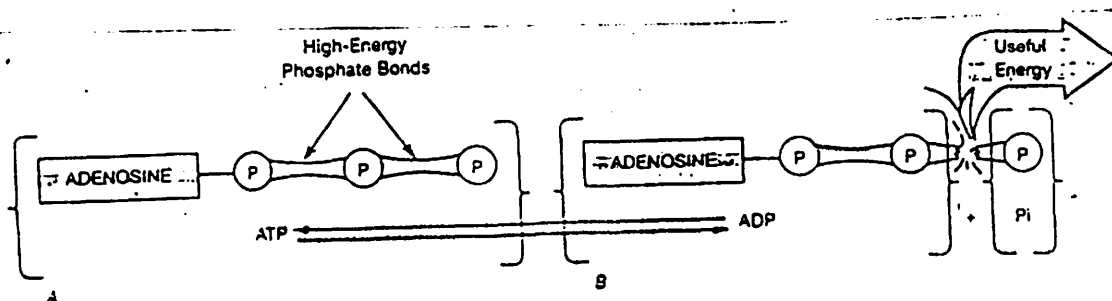
kemampuan untuk melakukan kerja, sedangkan kerja diartikan sebagai daya yang dilakukan pada jarak tertentu (Ceretelli, 1991).

Energi yang dihasilkan oleh proses oksidasi bahan makanan tidak dapat langsung digunakan untuk kontraksi otot, tetapi harus melalui proses biologis lainnya. Energi terlebih dahulu membentuk senyawa kimia berenergi tinggi berupa *adenosin trifosfat* (ATP). ATP yang terbentuk dalam sel otot kemudian diangkut ke setiap bagian sel yang membutuhkan energi (Maxes, 1988). Bila ATP dipecah menjadi *adenosin difosfat* (ADP) dan *fosfat inorganik* (P_i), maka akan dihasilkan energi sebesar 7-12 kilokalori. Energi hasil pemecahan ATP ini dapat digunakan secara langsung untuk aktivitas otot (Fox, 1993). ATP terdiri dari komponen yang sangat kompleks, yaitu *adenosin* dan tiga buah gugus *fosfat* (Ganong, 1999). Pembentukan ATP dapat dilakukan melalui 3 cara, yaitu: (1) sistem ATP-PC (*phosphagen system*), (2) sistem glikolisis anaerobik (*lactic acid system*), dan (3) sistem aerobik (*aerobic system*).

2.3.1 Sistem ATP-PC (*phosphagen system*)

ATP yang tersedia di dalam otot sangat terbatas jumlahnya. Agar otot dapat berkontraksi berulang-ulang, maka ATP yang telah digunakan harus dibentuk kembali. Kontraksi otot yang cepat dan kuat memerlukan pembentukan ATP yang cepat pula. Di dalam otot terdapat senyawa

sederhana yang dapat digunakan untuk pembentukan ATP kembali. Senyawa tersebut adalah *phosphocreatine* (PC). *Phosphocreatine* dalam otot jumlahnya sangat terbatas, yaitu kurang lebih lima kali lipat jumlah ATP. Apabila PC dipecah akan menghasilkan energi yang digunakan untuk mensintesa ATP.



Gambar 2.3
Sistem ATP-PC (*Phosphagen system*) (Fox, 1993)

ATP dan PC dalam otot hanya cukup untuk penyajian energi selama 5 sampai 10 detik (Fox, 1993). *Phosphagen* yang tersimpan dalam otot sekitar 20 milimol/kilogram otot. Meskipun energi yang dapat dihasilkan hanya sedikit, tetapi cadangan *phosphagen* ini sangat bermanfaat terutama untuk gerakan-gerakan mendadak. Reaksi pemecahan ATP dan PC dalam sel berlangsung sangat cepat. Segera setelah ATP digunakan, PC langsung dipecah dan menghasilkan energi untuk resintesa ATP yang telah digunakan (Fox, 1993).

Fox (1993) menyatakan bahwa sistem ATP-PC merupakan sistem penyediaan energi yang paling cepat dan banyak digunakan pada cabang

olahraga yang memerlukan kecepatan. Sistem penyediaan energi melalui mekanisme ATP-PC dapat berlangsung sangat cepat, karena: (1) tidak tergantung pada reaksi kimia, (2) tidak membutuhkan oksigen, dan (3) ATP dan PC merupakan bahan yang sudah tertimbun di dalam otot (Fox, 1993). Untuk meningkatkan timbunan ATP dan PC di dalam otot diperlukan latihan yang berat dan cepat (Soekarman, 1991).

2.3.2 Sistem glikolisis anaerobik (*lactic acid system*)

Apabila cadangan ATP dan PC sudah habis digunakan untuk aktivitas dan aktivitas latihan masih dilakukan, maka sumber energi berikutnya adalah pemecahan glukosa melalui glikolisis anaerobik (*lactic acid system*). Glikolisis anaerobik adalah proses pemecahan glikogen yang tersimpan di dalam sel otot untuk mendapatkan energi yang akan digunakan untuk meresintesa ATP. Pembentukan energi ini lebih lambat, jika dibandingkan dengan sistem ATP-PC, karena dibutuhkan 12 macam reaksi yang berurutan (Bompa, 1994). Glikolisis anaerobik memiliki ciri-ciri sebagai berikut: (1) menyebabkan terbentuknya asam laktat yang dapat menyebabkan kelelahan, (2) tidak membutuhkan oksigen, (3) hanya menggunakan karbohidrat, dan (4) menghasilkan energi untuk meresintesa molekul ATP (Fox, 1993).

Sistem ini mengubah glukosa yang ada di sitoplasma sel otot menjadi energi dan asam piruvat. Karena tidak tersedia oksigen di dalam

mitokondria, maka asam piruvat yang seharusnya masuk ke mitokondria diubah menjadi asam laktat (Brooks, 1987; Fox, 1993). Apabila aktivitas maksimum terus dilakukan, maka akan terjadi penumpukan asam laktat di dalam sel otot. Penumpukan asam laktat di dalam sel otot akan menyebabkan penurunan pH otot sehingga akan menghambat reaksi kimia di dalam sel otot. Keadaan ini akan menyebabkan terjadinya kelelahan pada otot dan aktifitas otot tidak dapat dilanjutkan kembali (Janssen, 1989).

Pada keadaan istirahat (*recovery*) asam laktat hasil glikolisis anaerobik dikirim ke otot-otot yang kurang aktif dan hati untuk diubah menjadi asam piruvat (Fox, 1993). Selanjutnya asam piruvat masuk ke peredaran darah untuk dikirim ke otot-otot yang aktif sebagai sumber energi untuk aktivitas aerobik.

2.3.3 Sistem aerobik (*aerobic System*)

Untuk olahraga ketahanan yang tidak membutuhkan gerakan-gerakan yang cepat, maka pemenuhan energi (ATP) dilakukan dengan metabolisme aerobik. Pengadaan energi secara aerobik adalah suatu pengadaan energi yang berasal dari pemecahan sumber energi berupa glukosa dan glikogen yang melibatkan oksigen dalam proses kimianya. Dengan adanya oksigen di dalam mitokondria, maka asam piruvat yang terbentuk dari pemecahan glukosa atau glikogen masuk ke dalam siklus Krebs dan transport elektron

hingga dihasilkan ATP, CO₂, dan H₂O (air). Apabila proses kontraksi otot berlangsung terus dengan intensitas sedang dan dalam waktu yang lama, maka pemenuhan sumber energi kira-kira seimbang antara sistem energi anaerobik dan aerobik (intensitas kerja di bawah 70% kapasitas kerja maksimal) (Fox, 1993).

Lemak sebagai sumber energi terlebih dahulu dihidrolisis menjadi asam lemak dan diubah secara bertahap untuk menghasilkan *acetyl koenzyme A* (Asetil KoA). Proses hidrolisis ini disebut oksidasi-beta. Asetil KoA akan dioksidasi secara lengkap di dalam mitokondria (secara aerobik). Proses oksidasi lemak akan menghasilkan energi dalam waktu yang lebih lambat dibandingkan dengan oksidasi karbohidrat. Namun, oksidasi lemak menghasilkan energi yang lebih banyak dibandingkan dengan oksidasi dari cadangan karbohidrat dalam tubuh.

Berkaitan dengan pengadaan energi, Fox (1993) telah membedakan dominasi sistem pemenuhan energi oleh tubuh dalam melaksanakan kegiatan fisiknya berdasarkan lama aktivitas. Dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1.
Lama aktivitas dan sistem energi dominan
yang digunakan (Fox, 1993)

LAMA AKTIVITAS	SISTEM ENERGI PREDOMINAN
Kurang dari 0,5 menit	ATP – PC
0,5 menit - 1,5 menit	ATP – PC / Glikolisis anaerobik
1,5 menit - 3,0 menit	Glikolisis aerobik
Lebih dari 3,0 menit	O ₂ (aerobik)

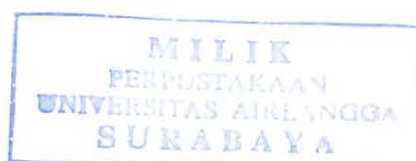
Latihan aerobik dapat dilakukan dalam waktu yang cukup lama dan hanya dengan intensitas rendah atau sedang (Fox, 1993). Beberapa contoh latihan dengan menggunakan sistem energi aerobik, meliputi: latihan senam aerobik, jogging, bersepeda, renang, jalan kaki, dan sebagainya.

2.4 Hormon Pertumbuhan

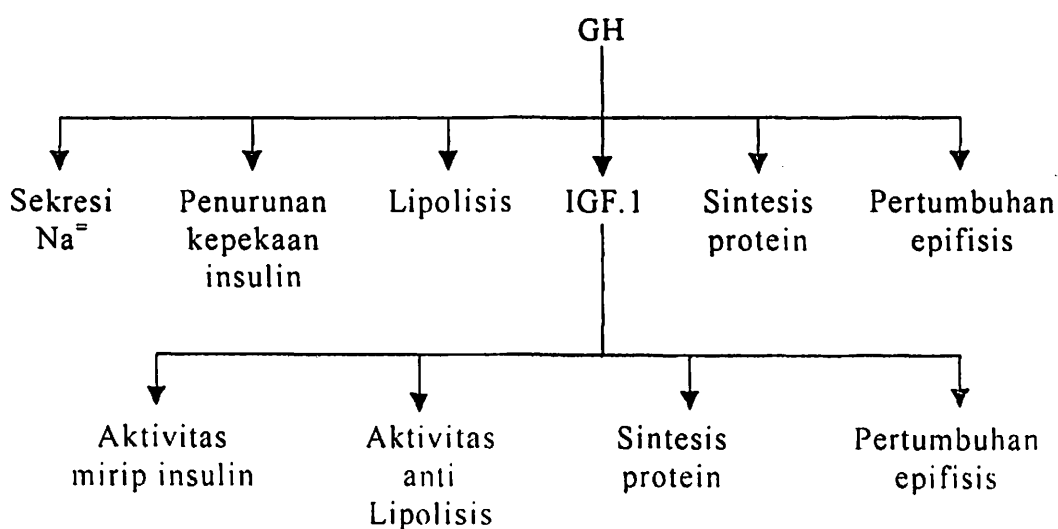
Hormon pertumbuhan adalah hormon anabolik protein yang menyebabkan keseimbangan nitrogen dan fosfor yang positif. Hormon pertumbuhan disebut juga hormon somatotropik atau somatotropin, yang merupakan protein kecil terdiri dari 191 asam amino dengan berat molekul 22.005 (Guyton and Hall, 1996). Hormon pertumbuhan yang normal pada manusia adalah produk LGH-N menyusun 75% dari LGH dalam darah (Ganong, 1999).

2.4.1 Fungsi Hormon Pertumbuhan

Hormon pertumbuhan (*growth hormone/GH*) menyebabkan pertumbuhan seluruh jaringan tubuh yang memang mampu untuk bertumbuh. Hormon ini ^emanambah ukuran sel dan meningkatkan proses mitosis yang diikuti dengan bertambahnya jumlah sel (Guyton and Hall, 1996). Ganong (1999) menjelaskan bahwa GH menyebabkan pola deformitas tulang dan jaringan lemak yang pada manusia dikenal sebagai akromegali dan juga mempengaruhi organ-organ endokrin.



Selain memiliki efek terhadap pertumbuhan, hormon pertumbuhan mempunyai banyak metabolik lain, yang melibatkan: (1) peningkatan kecepatan sintesis protein di seluruh sel tubuh, (2) peningkatan pengangkutan asam lemak dari jaringan lemak dan meningkatkan penggunaan asam lemak untuk energi, dan (3) menurunkan kecepatan pemakaian glukosa di seluruh tubuh (Guyton and Hall, 1996).



Gambar 2.4

Ringkasan dari pandangan yang sekarang berlaku mengenai efek lain hormon pertumbuhan dan IGF.1 (Ganong, 1999).

2.4.2 Pengaturan Sekresi Hormon Pertumbuhan

Sekresi hormon pertumbuhan dikontrol melalui hipotalamus (Ganong, 1999). Rangsangan yang menyebabkan terjadinya peningkatan sekresi hormon pertumbuhan adalah: (1) keadaan hipoglikemia saat puasa, dimana

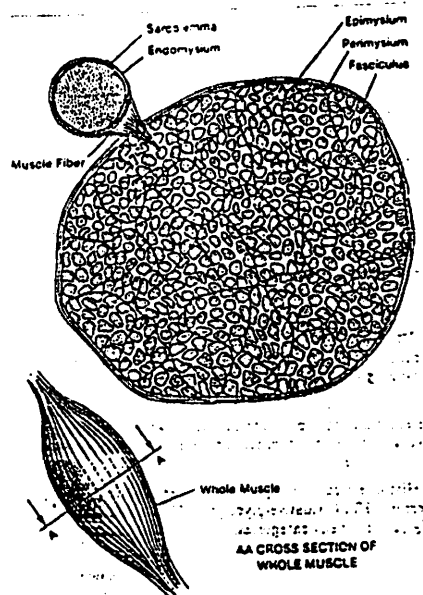
telah terjadi penurunan substrat untuk pembentukan energi, (2) terjadi peningkatan asam amino tertentu dalam plasura, dan (3) rangsangan stress. Guyton and Hall (1996) menjelaskan bahwa pengaturan utama dalam jangka panjang sekresi GH adalah keadaan nutrisi dan keadaan stress, yang mungkin disebabkan oleh: (1) kelaparan, (2) hipoglikemia, (3) latihan, (4) ketegangan, dan (5) trauma.

Konsentrasi normal hormon pertumbuhan pada orang dewasa di dalam plasma kira-kira 3 mili mikrogram per milimeter dan pada anak-anak kira-kira 5 mili mikrogram per milimeter. Apabila terjadi pemecahan protein atau karbohidrat dari deponya maka akan terjadi peningkatan sampai 50 mili mikrogram (Guyton and Hall, 1996).

Beban latihan yang ringan tidak akan menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi hormon pertumbuhan. Namun, pada beban latihan yang lebih berat dan ditingkatkan secara bertahap akan menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi hormon (Fox, 1993). Menurut Wilmore and Costil (1994) tingkat GH yang dilepaskan selama latihan aerobik secara tepat dalam proporsi dengan intensitas latihan dan tetap meningkat untuk beberapa lama setelah latihan berakhir. Selain faktor intensitas, durasi latihan dan hipoksia, faktor-faktor lain juga mempengaruhi sekresi hormon pertumbuhan, seperti: faktor kesegaran jasmani seseorang, berubahnya sirkulasi metabolik dan asedosis (Rodensky, 1998).

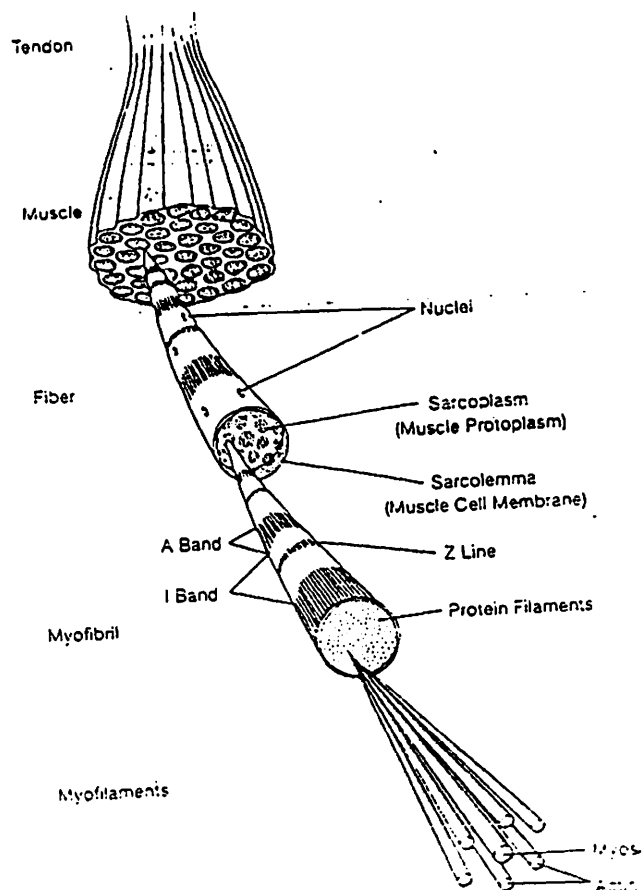
2.5 Struktur Otot Rangka

Jaringan otot terdiri dari banyak fasciculus yang dibungkus menjadi satu oleh jaringan ikat yang disebut *epimysium*. Fasciculus terdiri dari banyak sel otot (*muscle fiber*) yang dibungkus menjadi satu oleh jaringan ikat yang disebut *perimysium*. Dan sel otot sendiri dibungkus oleh jaringan ikat yang disebut *endomysium*. Perhatikan gambar 2.5.



Gambar 2.5
Struktur jaringan otot rangka (Fox, 1993)

Sel otot (*muscle fiber*) terbungkus oleh membran sel yang disebut *sarcolemma*. Sel otot terdiri dari banyak miofibril dan didalam miofibril terdapat banyak miofilamen. Miofilamen terdiri dari aktin dan miosin. Struktur sel otot secara lengkap dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6
Struktur sel otot (Fox, 1993)

2.6 Pengaruh Latihan Terhadap Jumlah Mitokondria

Otot membutuhkan energi untuk melakukan aktivitas. Energi dapat diperoleh dari pemecahan *Adenosin trifosfat* (ATP) yang berada di dalam otot. ATP diproduksi melalui proses glikolisis aerobik di dalam mitokondria. Jadi, latihan berat yang membutuhkan pemenuhan ATP yang cukup banyak akan menyebabkan terjadinya adaptasi otot berupa peningkatan jumlah mitokondria.

Lamb (1984) menyatakan bahwa program latihan aerobik menyebabkan peningkatan massa mitokondria, V_{O_2max} pada mitokondria,

V_{O_2} secara keseluruhan dalam mitokondria, dan jumlah mitokondria. Program latihan aerobik juga meningkatkan kemampuan dan kapasitas kerja dari mitokondria (Phillips, 1996).

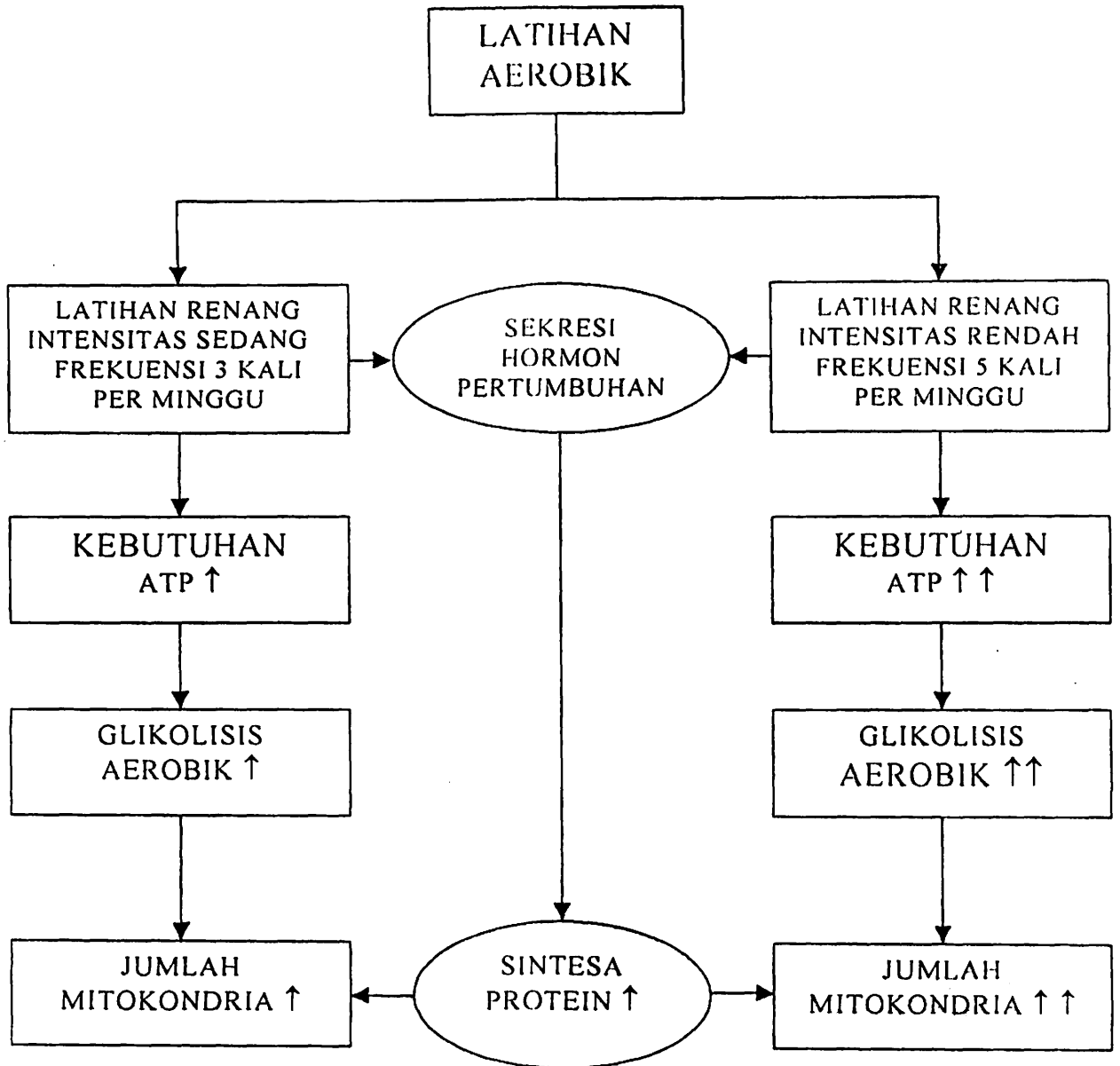
Ada perbedaan pengaruh akut latihan anaerobik dan latihan aerobik terhadap proses glikolisis di dalam mitokondria (Jeukendrup, 1998). Latihan anaerobik (intensitas tinggi) menyebabkan proses lipolisis dan oksidasi asam lemak mengalami penurunan, sedangkan pada latihan aerobik terjadi peningkatan proses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

Latihan juga menyebabkan peningkatan *subsarcolemmal (SS) mitochondria* dan *intermyofibrillar (IMF) mitochondria* (Bizeau, 1998), sehingga terjadi perubahan ukuran dari mitokondria. Bizeau menggunakan program latihan berupa lari dengan menggunakan treadmill selama 6 minggu. Dengan adanya perubahan-perubahan yang terjadi pada mitokondria (massa, ukuran, jumlah, kapasitas kerja, potensial kerja, dan sebagainya), maka terjadi peningkatan daya tahan sebagai adaptasi dari latihan.

BAB 3

KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS

3.1 Kerangka Konseptual



3.2 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

- 3.2.1 Latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu meningkatkan jumlah mitokondria.
- 3.2.2 Latihan renang intensitas rendah frekuensi 5 kali/minggu meningkatkan jumlah mitokondria.
- 3.2.3 Latihan renang intensitas rendah frekuensi 5 kali/minggu lebih meningkatkan jumlah mitokondria dibandingkan dengan latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu.

BAB 4

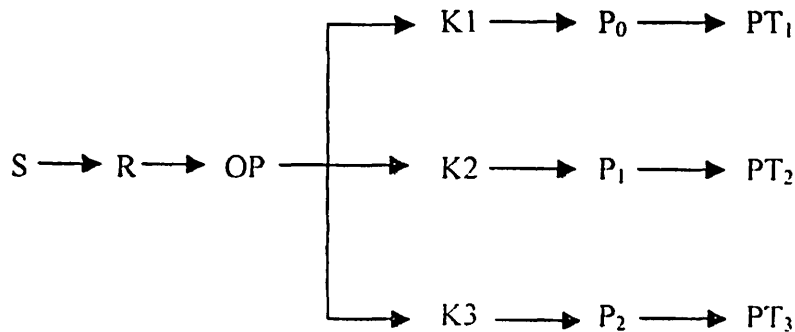
METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

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

4.2 Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Randomized Posttest Only Control Group Design* (Zainuddin, 1999).



Keterangan :

S = Sampel

R = Randomisasi untuk menentukan kelompok perlakuan

OP = *Ordinal pairing*

- K₁ = Kelompok pertama (kelompok kontrol)
- P₀ = Tanpa perlakuan selama 8 minggu
- PT₁ = *Posttest* kelompok kontrol
- K₂ = Kelompok kedua
- P₁ = Perlakuan pertama (latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu selama 8 minggu)
- PT₂ = *Posttest* kelompok kedua
- K₃ = Kelompok ketiga
- P₂ = Perlakuan kedua (latihan renang intensitas ringan frekuensi 5 kali/minggu selama 8 minggu)
- PT₃ = *Posttest* kelompok perlakuan ketiga

4.3 Sampel

Yang menjadi sampel dalam penelitian ini adalah tikus putih jenis *Albino Wistar* jantan, berusia sekitar 90 hari, dan sehat yang diperoleh dari Laboratorium Ilmu Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya. Untuk menentukan besarnya sampel dilakukan penelitian pendahuluan dengan menggunakan sampel sebanyak 15 tikus yang dibagi menjadi 3 kelompok. Hasil penelitian pendahuluan selanjutnya dihitung dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Higgins & Kleinbaum (1985) sebagai berikut:

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

Keterangan :

n = jumlah sampel

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

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

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

f = proporsi yang gagal (saat pengambilan data)

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

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

Z_α = nilai tabel Z dari α

Z_β = nilai tabel Z dari β

Dari hasil penelitian pendahuluan diperoleh sampel sebanyak 10 untuk masing-masing kelompok. Jadi pada penelitian ini menggunakan sampel sebanyak 30 sampel yang dibagi menjadi 3 kelompok. Hasil penghitungan besar sampel dengan menggunakan penelitian pendahuluan terdapat pada lampiran 18.

4.4 Variabel Penelitian

4.4.1 Variabel bebas:

- Latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu
- Latihan renang intensitas ringan frekuensi 5 kali/minggu

4.4.2 Variabel tergantung: Jumlah mitokondria

4.4.3 Variabel kendali:

- Jenis hewan coba
- Jenis kelamin
- Umur
- Kesehatan fisik
- diet
- Kandang hewan coba

4.4.4 Variabel Moderator: Berat badan

4.5 Definisi Operasional Variabel

4.5.1 Latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu

Yang dimaksud latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu adalah suatu bentuk program latihan renang di air tawar (PDAM) pada suhu kamar. Program latihan dilakukan selama 8 minggu dengan frekuensi latihan 3 kali/minggu, 1 set/pertemuan, 1 repetisi/set, dan beban latihan 70% kemampuan kerja maksimal (waktu renang maksimal) masing-masing sampel. Jadi, masing-masing sampel

memiliki waktu latihan yang berbeda-beda sesuai dengan waktu renang maksimalnya masing-masing. Hasil pengukuran waktu renang maksimal dan beban latihan terdapat pada lampiran 19. Pada saat renang, tikus diberi pembebanan seberat 3% dari berat badannya yang diikatkan pada ekor dengan jarak 5 cm dari ujung ekornya. Setelah minggu ke empat dilakukan tes untuk mendapatkan waktu renang maksimal yang baru. Hasil tersebut digunakan untuk menentukan peningkatan beban latihan setelah minggu ke empat.

4.5.2 Latihan renang intensitas ringan frekuensi 5 kali/minggu

Yang dimaksud latihan renang intensitas ringan frekuensi 5 kali/minggu adalah suatu bentuk program latihan renang di air tawar (PDAM) pada suhu kamar. Program latihan dilakukan selama 8 minggu dengan frekuensi latihan 5 kali/minggu, 1 set/pertemuan, 1 repetisi/set, dan beban latihan 50% kemampuan kerja maksimal (waktu renang maksimal) masing-masing sampel. Jadi, masing-masing sampel memiliki waktu latihan yang berbeda-beda sesuai dengan waktu renang maksimalnya masing-masing. Hasil pengukuran waktu renang maksimal dan beban latihan terdapat pada lampiran 19. Pada saat renang, tikus diberi pembebanan seberat 3% dari berat badannya yang diikatkan pada ekor dengan jarak 5 cm dari ujung ekornya. Setelah minggu ke empat dilakukan tes untuk mendapatkan waktu renang maksimal yang baru. Hasil tersebut digunakan untuk menentukan peningkatan beban latihan setelah minggu ke empat.

4.5.3 Jumlah mitokontria

Yang dimaksud dengan jumlah mitokontria adalah jumlah mitokondria sel otot tikus *musculus rectus femoris tungkai* kaki belakang sebelah kanan. Pengambilan *musculus rectus femoris* dilaksanakan setelah tikus terlebih dahulu dibunuh satu hari setelah latihan terakhir dengan menggunakan bius. Jumlah mitokondria yang dihitung adalah mitokondria yang tampak pada sitoplasma di sekitar inti sel dengan menggunakan mikroskop cahaya yang dilengkapi dengan *graticule* untuk membatasi lapangan pandang dengan skala 1:10 pada pembesaran 1000x dengan ukuran luas lapangan pandang menggunakan satuan mikron.

4.5.4 Jenis hewan coba

Jenis hewan coba yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus putih jenis *Albino Wistar*.

4.5.5 Jenis kelamin hewan coba

Hewan coba yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus yang berjenis kelamin jantan.

4.5.6 Umur

Hewan coba yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus yang berumur sekitar 90 hari.

4.5.7 Kesehatan fisik hewan coba

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

4.5.8 Diet hewan coba

Makanan (diet) yang diberikan terhadap hewan coba pada 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 secara berkesinambungan dengan menggunakan botol khusus. Botol khusus ini akan mengeluarkan air yang berada di dalamnya jika disedot oleh hewan coba.

4.5.9 Kandang hewan coba

Kandang yang digunakan sebagai tempat tinggal hewan coba berupa kandang yang terbuat dari bahan kawat ram berukuran (30 x 40 x 15 cm), dengan ventilasi dan penyinaran relatif lama dan suhu ruangan sekitar 32°C. Masing-masing kandang hanya ditempati oleh seekor tikus.

4.5.10 Berat badan hewan coba

Yang dimaksud dengan berat badan dalam penelitian ini adalah berat badan hewan coba yang ditentukan dengan menggunakan timbangan *Torbal merk Tomson Balance* buatan Jepang timbangan *Merk O'Haus*, dengan menggunakan satuan gram.

4.6 Waktu dan Lokasi Penelitian

4.6.1 Waktu Penelitian

a. Penelitian pendahuluan:

- Persiapan penelitian pendahuluan dilaksanakan pada tanggal 3-7 Juli 2000.
- Pemberian perlakuan terhadap sampel dilaksanakan pada tanggal 10 Juli sampai 2 September 2000.
- Posttest dilaksanakan pada tanggal 4-5 September 2000.

b. Penelitian inti:

- Persiapan penelitian inti dilaksanakan pada tanggal 11-15 September 2000.
- Pemberian perlakuan terhadap sampel dilaksanakan pada tanggal 18 September sampai 11 Nopember 2000.
- Posttest dilaksanakan pada tanggal 13-14 Nopember 2000.

4.6.2 Lokasi Penelitian

- a. Pemberian perlakuan dilaksanakan di Laboratorium Biokomia Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya.
- b. Penghitungan jumlah mitokondria dilakukan di Laboratorium Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya.

4.7 Metode Pemeriksaan

4.7.1 Metode Pengambilan Data

Seluruh sampel diambil datanya setelah memperoleh perlakuan selama 8 minggu sesuai dengan kelompoknya masing-masing. Dalam penelitian ini hanya

sekali pengambilan data, yaitu dilakukan satu hari setelah perlakuan (*posttest*). Satu hari setelah perlakuan sampel dibunuh dengan metode pembiusan, dan diambil *musculus rectus femoris* tungkai belakang bagian kanan. Selanjutnya otot tersebut diperiksa untuk mengetahui jumlah mitokondrianya. Jumlah mitokondria sebagai hasil penghitungan merupakan data hasil penelitian.

4.7.2 Metode Pemeriksaan Jumlah mitokondria

Pemeriksaan terhadap otot untuk menghitung jumlah mitokondria otot dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya dilengkapi dengan *graticule* yang dipasang pada lensa *ocular* untuk membatasi lapangan pandang dengan pembesaran 1000x menggunakan satuan mikron. Penghitungan jumlah mitokondria dilaksanakan di Laboratorium Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya.

Langkah-langkah pengukuran jumlah mitokondria dimulai dari pembuatan sediaan, pewarnaan dan pengamatan dengan menggunakan mikroskop cahaya. Teknik pembuatan sediaan histologi adalah sebagai berikut:

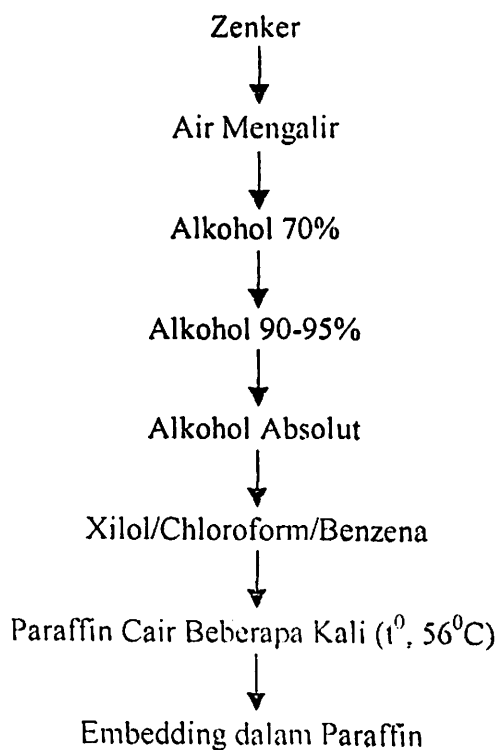
1. Pengambilan bahan

Pengambilan bahan paling lambat 4 jam posmortem, untuk menghindari degenerasi oleh autolisis. Pemotongan dilakukan dengan menggunakan pisau tajam dan tidak boleh ditekan saat pemotongannya. Tebal potongan antara 2 sampai 5 mm.

2. Fiksasi

Fiksasi bertujuan untuk menghindari terjadinya perubahan-perubahan posmortem, mengeraskan bahan 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: mercuri chlrida 5 gr, potasium chlorida 2,5 gr, sodium sulfit 1gr, dan aqudes tilata 100 cc.

3. Skema dari garis besar pemrosesan jaringan adalah sebagai berikut:



4. Dehidrasi

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

5. *Clearing*

Clearing bertujuan agar bahan menjadi transparan, misal: Xilol, chloroform, benzena atau cedar, dan lain-lain.

6. *Embedding*

Embedding merupakan suatu penyanggah agar bahan dapat dipotong dengan mikrotom tanpa menimbulkan distorsi yang berarti terhadap susunan jaringan. Oleh karena itu, diperlukan proses infiltrasi ke dalam jaringan dengan menggunakan paraffin.

7. *Sectioning*

Sectioning menggunakan mikrofom dan hasil irisannya disebut ribbon. Hasil irisan ditempatkan pada gelas obyek yang sudah diberi perekat dengan putih telur + gliserin dan dikeringkan di dalam oven selama 1 hari. Hasil penempelan dimasukkan ke dalam 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 deparaffinisasi dengan xilol, hidrasi dengan menggunakan alkohol dari konsentrasi tinggi ke rendah dan akhirnya dimasukkan ke dalam air untuk dilakukan pengecatan.

9. *Mounting*

Mounting dilakukan setelah selesai proses pengecatan. Kelebihan bahan cat dihilangkan dengan air atau alkohol. Dehidrasi alkohol dengan konsentrasi meningkat, kemudian masukkan ke dalam xylal, tetesi dengan entelan dan tutup dengan gelas penutup.

4.8 Alat dan Bahan Penelitian

a. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi:

- Kandang tikus ukuran (30 x 40 x 15 cm) sebanyak 30 buah
- Tempat makanan tikus ukuran (5 x 5 x 5 cm) sebanyak 30 buah
- Timbangan Torbal merk Tomson Balance buatan Jepang untuk menimbang berat badan tikus dengan satuan gram.
- Botol minuman tikus
- Timah (sebagai beban)
- Ember besar untuk tempat berenang tikus (tinggi 60 cm dan diameter 52 cm)
- Stopwatch digital merk Brain Tik buatan Taiwan
- Object Glass
- Cover Glass
- Rotary mikrofom
- Incubator
- Lembaran kaca
- Mikroskop cahaya, merk Nikon buatan Jepang

- Perlengkapan fotografi
- Graticule
- Botol penyimpan jaringan
- Lain-lain: pinset, pisau bedah, kuas, gantung, papan bedah, dan pisau silet

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

- Zengker
- Xilol PA
- Alkohol
- Maluri Arsan (MA)
- Paraffin
- Perekat entilan
- Water bath
- Tinta warna untuk memberi tanda pada tikus
- Ether Anaestheticus untuk pembiusan
- 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, uji anava satu jalur, dan uji anakova). Jika pada uji anava satu jalur diperoleh ada perbedaan, maka dilanjutkan dengan uji *Least Significant Difference* (LSD), dengan taraf signifikan 5% ($\alpha=0,05$).

BAB 5

HASIL PENELITIAN

Dari hasil penelitian diperoleh data berupa variabel berat badan dan jumlah mitokondria. Pengukuran terhadap variabel berat badan dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu: sebelum perlakuan, setelah 4 minggu perlakuan (*middle*), dan setelah perlakuan (setelah 8 minggu perlakuan). Sedangkan pengukuran variabel jumlah mitokondria dilakukan hanya sekali, yaitu pada akhir perlakuan (setelah 8 minggu perlakuan). Selanjutnya data hasil penelitian diolah dengan statistik deskriptif dan statistik inferensial (uji homogenitas, uji normalitas, uji t antar waktu, uji anava satu jalur, dan uji anakova) menggunakan program SPSS/PC + V4.0 dan systat R.5.0 secara komputerisasi. Hasil analisa data dengan menggunakan berbagai uji statistik di atas dijabarkan pada sub bab di bawah ini dalam bentuk penjelasan, tabel dan grafik.

5.1 Hasil Statistik Deskriptif

Hasil statistik deskriptif yang akan dijelaskan pada sub bab ini terdiri dari 2 variabel, yaitu: variabel berat badan dan jumlah mitokondria.

5.1.1 Variabel Berat Badan

Data deskriptif variabel berat badan kelompok 1, 2 dan 3 pada pengukuran I, II dan III dapat dilihat pada tabel 5.1 (lampiran 2, 3 dan 4).

Tabel 5.1.
 Hasil Statistik Deskriptif (n=10)
 Variabel Berat Badan Kelompok 1, 2 dan 3
 pada Pengukuran I, II dan III

Variabel	Pengukuran I				Pengukuran II				Pengukuran III			
	Mean	±SD	Max	Min	Mean	±SD	Max	Min	Mean	±SD	Max	Min
BBK-1	117,7	11,22	139	102	206,5	24,62	240	172	211,9	25,65	247	177
BBK-2	144,6	27,83	188	108	203,5	15,97	228	172	213,1	14,39	239	185
BBK-3	145,4	31,47	203	106	207,7	26,49	240	165	215,6	23,16	245	180

Keterangan tabel 5.1:

- Max : berat badan maksimal
 Min : berat badan minimal
 BBK-1 : berat badan kelompok 1
 BBK-2 : berat badan kelompok 2
 BBK-3 : berat badan kelompok 3

5.1.2 Variabel Jumlah Mitokondria

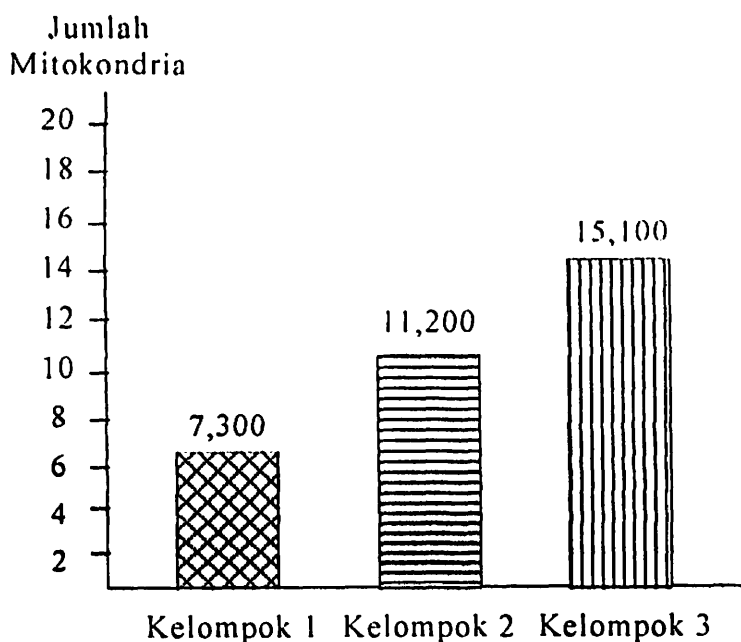
Data deskriptif variabel jumlah mitokondria pada kelompok 1, 2 dan 3 dapat dilihat pada tabel 5.2 dan grafik 5.1 (lampiran 2, 3 dan 4).

Tabel 5.2.
 Hasil Statistik Deskriptif (n=10)
 Variabel Jumlah Mitokondria Pada Kelompok 1, 2 dan 3
 (6400 mikron²)

Variabel	Mean	±SD	Max	Min
Jum-Mit 1	7,300	1,494	10	6
Jum-Mit 2	11,200	1,476	14	9
Jum-Mit 3	15,100	1,524	18	13

Keterangan tabel 5.2:

- Max : jumlah mitokondria maksimal
 Min : jumlah mitokondria minimal
 Jum-Mit 1 : jumlah mitokondria pada kelompok 1
 Jum-Mit 2 : jumlah mitokondria pada kelompok 2
 Jum-Mit 3 : jumlah mitokondria pada kelompok 3



Grafik 5.1.

Grafik perbedaan rata-rata jumlah mitokondria setelah latihan pada pengukuran pada kelompok 1, 2 dan 3

5.2 Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas Varian Variabel Jumlah Mitokondria Dan Berat Badan

Uji normalitas distribusi terhadap variabel jumlah mitokondria dan berat badan pada kelompok 1 memberikan hasil sebagai berikut: (1) jumlah mitokondria berdistribusi normal ($p=0,415$), (2) berat badan pada pengukuran I berdistribusi normal ($p=0,955$), (3) berat badan pada pengukuran II berdistribusi normal ($p=0,978$), dan (4) berat badan pada pengukuran III berdistribusi normal ($p=0,974$) (tabel 5.3 dan lampiran 6).

Tabel 5.3
 Hasil Uji Normalitas Distribusi (n=10)
 Variabel Jumlah Mitokondria dan Berat Badan Pengukuran I, II dan III
 Kelompok 1

Variabel	Mean	SD	K-S Z	Prob
Jum-Mit 1	7,30	1,49	0,884	0,415
BB K1-P I	117,70	11,22	0,514	0,955
BB K1-P II	206,50	24,62	0,474	0,978
BB K1-P III	211,90	25,65	0,483	0,974

Keterangan tabel 5.3:

- Jum-Mit 1 : jumlah mitokondria kelompok 1
 BB K1-P I : berat badan kelompok 1 pada pengukuran I
 BB K1-P II : berat badan kelompok 1 pada pengukuran II
 BB K1-P III : berat badan kelompok 1 pada pengukuran III

Uji normalitas distribusi terhadap variabel jumlah mitokondria dan berat badan pada kelompok 2 memberikan hasil sebagai berikut: (1) jumlah mitokondria berdistribusi normal ($p=0,539$), (2) berat badan pada pengukuran I berdistribusi normal ($p=0,976$), (3) berat badan pada pengukuran II berdistribusi normal ($p=0,765$), dan (4) berat badan pada pengukuran III berdistribusi normal ($p=0,944$) (tabel 5.4 dan lampiran 7).

Tabel 5.4
 Hasil Uji Normalitas Distribusi (n=10)
 Variabel Jumlah Mitokondria dan Berat Badan Pengukuran I, II dan III
 Kelompok 2

Variabel	Mean	SD	K-S Z	Prob
Jum-Mit 2	11,20	1,48	0,803	0,539
BB K2-P I	144,60	27,83	0,479	0,976
BB K2-P II	203,50	15,97	0,667	0,765
BB K2-P III	213,10	14,39	0,527	0,944

Keterangan tabel 5.4:

- Jum-Mit 2 : jumlah mitokondria kelompok 2
 BB K2-P I : berat badan kelompok 2 pada pengukuran I
 BB K2-P II : berat badan kelompok 2 pada pengukuran II
 BB K2-P III : berat badan kelompok 2 pada pengukuran III

Uji normalitas distribusi terhadap variabel jumlah mitokondria dan berat badan pada kelompok 3 memberikan hasil sebagai berikut: (1) jumlah mitokondria berdistribusi normal ($p=0,686$), (2) berat badan pada pengukuran I berdistribusi normal ($p=0,663$), (3) berat badan pada pengukuran II berdistribusi normal ($p=0,596$), dan (4) berat badan pada pengukuran III berdistribusi normal ($p=0,824$) (tabel 5.5 dan lampiran 8).

Tabel 5.5
 Hasil Uji Normalitas Distribusi ($n=10$)
 Variabel Jumlah Mitokondria dan Berat Badan Pengukuran I, II dan III
 Kelompok 3

Variabel	Mean	SD	K-S Z	Prob
Jum-Mit 3	15,10	1,52	0,715	0,686
BB K3-P I	145,40	31,46	0,729	0,663
BB K3-P II	207,70	26,49	0,769	0,596
BB K3-P III	215,60	23,16	0,629	0,824

Keterangan 5.5:

- Jum-Mit 3 : jumlah mitokondria kelompok 3
 BB K3-P I : berat badan kelompok 3 pada pengukuran I
 BB K3-P II : berat badan kelompok 3 pada pengukuran II
 BB K3-P III : berat badan kelompok 3 pada pengukuran III

Uji homogenitas varian terhadap variabel jumlah mitokondria dan berat badan pada ketiga kelompok memberikan hasil sebagai berikut: (1) jumlah mitokondria memiliki varian yang homogen ($p=0,996$), (2) berat badan pada pengukuran I memiliki varian yang tidak homogen ($p=0,017$), (3) berat badan pada pengukuran II memiliki varian yang homogen ($p=0,321$), dan (4) berat badan pada pengukuran III memiliki varian yang homogen ($p=0,240$) (tabel 5.6 dan lampiran 9).

Tabel 5.6
Hasil Uji Homogenitas Varian ($n=30$)
Variabel Jumlah Mitokondria dan Berat Badan Kelompok 1, 2 dan 3

Variabel	Bartlett-Box F	Prob
Jum-Mit	0,004	0,996
BB-P I	4,103	0,017
BB-P II	1,136	0,321
BB-P III	1,429	0,240

Keterangan tabel 5.6:

- Jum-Mit : jumlah mitokondria kelompok 1,2 dan 3
 BB-P I : berat badan kelompok 1, 2 dan 3 pada pengukuran I
 BB-P II : berat badan kelompok 1, 2 dan 3 pada pengukuran II
 BB-P III : berat badan kelompok 1, 2 dan 3 pada pengukuran III

5.3 Hasil Uji Anakova Dan Anava Satu jalur Variabel Jumlah Mitokondria Dan Berat Badan

Hasil uji anakova terhadap variabel jumlah mitokondria dan berat badan memberikan hasil sebagai berikut: (tabel 5.7)

- (1) uji anakova variabel jumlah mitokondria dengan variabel berat badan pada pengukuran III sebagai variabel moderator memberikan hasil bahwa jumlah mitokondria tidak dipengaruhi oleh berat badan pada pengukuran III ($p=0,077$) (lampiran 10).
- (2) uji anakova variabel berat badan pada pengukuran II dengan variabel berat badan pada pengukuran I sebagai variabel moderator memberikan hasil bahwa berat badan pada pengukuran II dipengaruhi oleh berat badan pada pengukuran I ($p=0,006$) (lampiran 13).
- (3) uji anakova variabel berat badan pada pengukuran III dengan variabel berat badan pada pengukuran I sebagai variabel moderator memberikan hasil bahwa berat badan pada pengukuran III dipengaruhi oleh berat badan pada pengukuran I ($p=0,006$) (lampiran 14).
- (4) uji anakova variabel berat badan pada pengukuran III dengan variabel berat badan pada pengukuran II sebagai variabel moderator memberikan hasil bahwa berat badan pada pengukuran III sangat dipengaruhi oleh berat badan pada pengukuran II ($p=0,000$) (lampiran 14).

Tabel 5.7
Hasil Uji Anakova Variabel Mitokondria dan Berat Badan

Variabel	F Rasio	F Prob
Jum-Mit dan BB-P III	3,379	0,077
BB-P II dan BB-P I	9,121	0,006
BB-P III dan BB-P I	8,797	0,006
BB-P III dan BB-P II	1646,466	0,000

Keterangan 5.7:

- Jum-Mit dan BB-P III : uji anakova variabel jumlah mitokondria dan variabel berat badan pada pengukuran III sebagai variabel moderator.
- BB-P II dan BB-P I : uji anakova variabel berat badan pada pengukuran II dan variabel berat badan pada pengukuran I sebagai variabel moderator.
- BB-P III dan BB-P I : uji anakova variabel berat badan pada pengukuran III dan variabel berat badan pada pengukuran I sebagai variabel moderator.
- BB-P III dan BB-P II : uji anakova variabel berat badan pada pengukuran III dan variabel berat badan pada pengukuran II sebagai variabel moderator.

Uji anava satu jalur variabel jumlah mitokondria memberikan hasil bahwa ada perbedaan yang sangat bermakna ($p=0,000$) antara jumlah mitokondria kelompok 1, 2 dan 3 (tabel 5.8 dan lampiran 11).

Tabel 5.8
Hasil Uji Anava Satu Jalur Variabel Jumlah Mitokondria

Variabel	F Rasio	F Prob
Jum-Mit	67,7673	0,000

Keterangan tabel 5.8:

Jum-Mit : variabel jumlah mitokondria

Uji LSD (*Least Significant Different*) terhadap variabel jumlah mitokondria pada kelompok 1, 2 dan 3 memberikan hasil sebagai berikut: (1) ada perbedaan yang sangat bermakna ($p < 0,01$) antara jumlah mitokondria pada kelompok 1 dan jumlah mitokondria pada kelompok 2, (2) ada perbedaan yang sangat bermakna ($p < 0,01$) antara jumlah mitokondria pada kelompok 1 dan jumlah mitokondria pada kelompok 3, dan (3) ada perbedaan yang sangat bermakna ($p < 0,01$) antara jumlah mitokondria pada kelompok 2 dan jumlah mitokondria pada kelompok 3 (lampiran 11).

Uji anava satu jalur variabel berat badan pada pengukuran I memberikan hasil bahwa ada perbedaan yang bermakna ($p = 0,0314$) antara berat badan kelompok 1, 2 dan 3 (tabel 5.9 dan lampiran 12).

Tabel 5.9
Hasil Uji Anava Satu Jalur Variabel Berat Badan
Pada Pengukuran I

Variabel	F Rasio	F Prob
BB-P I	3,9447	0,0314

Keterangan tabel 5.9:

BB-P I : variabel berat badan pada pengukuran I

Uji LSD (*Least Significant Different*) terhadap variabel berat badan pada pengukuran I memberikan hasil sebagai berikut: (1) ada perbedaan yang bermakna ($p < 0,05$) antara berat badan pada kelompok 1 dan berat badan pada kelompok 2, (2) ada perbedaan yang bermakna ($p < 0,05$) antara

berat badan pada kelompok 1 dan berat badan pada kelompok 3, dan (3) tidak ada perbedaan yang bermakna ($p > 0,05$) antara berat badan pada kelompok 2 dan berat badan pada kelompok 3 (lampiran 12).

5.4 Hasil Uji "t" Antar Waktu Variabel Berat Badan

Uji "t" antar waktu terhadap variabel berat badan pada kelompok 1 memberikan hasil sebagai berikut: (1) ada perbedaan yang sangat bermakna ($p = 0,000$) antara berat badan pengukuran I dan pengukuran II, (2) ada perbedaan yang sangat bermakna ($p = 0,000$) antara berat badan pengukuran I dan pengukuran III, dan (3) ada perbedaan yang sangat bermakna ($p = 0,000$) antara berat badan pengukuran II dan pengukuran III (tabel 5.10 dan lampiran 15).

Tabel 5.10
Hasil Uji "t" Antar Waktu
Variabel Berat Badan Pada Kelompok 1

Variabel	Mean Diff.	t value	Prob
BBK1-P I dan BB K1-P II	-88,8000	-14,38	0,000
BB K1-P I dan BB K1-P III	-94,2000	-14,72	0,000
BB K1-P II dan BB K1-P III	-5,4000	-12,65	0,000

Keterangan tabel 5.10:

BB K1-P I : berat badan kelompok 1 pada pengukuran I

BB K1-P II : berat badan kelompok 1 pada pengukuran II

BB K1-P III : berat badan kelompok 1 pada pengukuran III

Uji "t" antar waktu terhadap variabel berat badan pada kelompok 2 memberikan hasil sebagai berikut: (1) ada perbedaan yang sangat bermakna

($p=0,000$) antara berat badan pengukuran I dan pengukuran II, (2) ada perbedaan yang sangat bermakna ($p=0,000$) antara berat badan pengukuran I dan pengukuran III, dan (3) ada perbedaan yang sangat bermakna ($p=0,000$) antara berat badan pengukuran II dan pengukuran III (tabel 5.11 dan lampiran 16).

Tabel 5.11
Hasil Uji "t" Antar Waktu
Variabel Berat Badan Pada Kelompok 2

Variabel	Mean Diff.	t value	Prob
BBK2-P I dan BB K2-P II	-58,9000	-6,32	0,000
BB K2-P I dan BB K2-P III	-68,5000	-7,56	0,000
BB K2-P II dan BB K2-P III	-9,6000	-9,58	0,000

Keterangan tabel 5.11:

BB K2-P I : berat badan kelompok 2 pada pengukuran I

BB K2-P II : berat badan kelompok 2 pada pengukuran II

BB K2-P III : berat badan kelompok 2 pada pengukuran III

Uji "t" antar waktu terhadap variabel berat badan pada kelompok 3 memberikan hasil sebagai berikut: (1) ada perbedaan yang sangat bermakna ($p=0,000$) antara berat badan pengukuran I dan pengukuran II, (2) ada perbedaan yang sangat bermakna ($p=0,000$) antara berat badan pengukuran I dan pengukuran III, dan (3) ada perbedaan yang sangat bermakna ($p=0,000$) antara berat badan pengukuran II dan pengukuran III (tabel 5.12 dan lampiran 17).

Tabel 5.12
 Hasil Uji "t" Antar Waktu
 Variabel Berat Badan Pada Kelompok 3

Variabel	Mean Diff.	t value	Prob
BBK3-P I dan BB K3-P II	-62,300	-9,26	0,000
BB K3-P I dan BB K3-P III	-70,200	-10,77	0,000
BB K3-P II dan BB K3-P III	-7,900	-6,31	0,000

Keterangan tabel 5.12:

BB K3-P I : berat badan kelompok 3 pada pengukuran I

BB K3-P II : berat badan kelompok 3 pada pengukuran II

BB K3-P III : berat badan kelompok 3 pada pengukuran III

BAB 6

PEMBAHASAN

6.1 Pembahasan Metode Penelitian

Jenis Penelitian ini adalah penelitian eksperimental sungguhan. Penelitian eksperimental laboratorik yang dilakukan dapat menjelaskan hubungan sebab-akibat dan memiliki validitas internal yang dapat dipertanggung jawabkan. Penelitian ini menggunakan rancangan *Randomized Posttest Only Control Group Design* (Zainuddin, 1999).

Penelitian ini menggunakan sampel tikus putih jenis albino wistar. Alasan penggunaan tikus putih jenis albino wistar sebagai sampel penelitian, karena hewan tersebut memiliki karakteristik yang mendekati sama dengan manusia dalam hubungannya dengan variabel penelitian. Hewan coba (sampel) berkelamin jantan, berumur ± 90 hari (dewasa) dan sehat fisik. Tujuan dari pemilihan hewan coba dengan karakteristik di atas agar diperoleh sampel yang homogen dan hasil penelitian tidak dipengaruhi oleh proses pertumbuhan dan perkembangan hewan coba. Hal ini didasarkan pada kemungkinan bahwa jumlah mitokondria dipengaruhi oleh faktor pertumbuhan dan perkembangan.

Sampel yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 30 ekor. Jumlah sampel ditentukan melalui penelitian pendahuluan. Data hasil penelitian pendahuluan diolah dengan rumus yang dikembangkan oleh Higgins &

Klienbaum (1985) untuk menentukan jumlah sampel. Sampel dibagi menjadi 3 kelompok dengan menggunakan teknik *ordinal pairing*. Data yang digunakan untuk *ordinal pairing* adalah data kemampuan kerja maksimal (waktu renang maksimal) dari masing-masing sampel. Tujuan dari *ordinal pairing* agar diperoleh 3 kelompok yang memiliki kemampuan yang seimbang.

Selanjutnya ketiga kelompok diberi perlakuan yang berbeda-beda, yaitu: (1) kelompok 1 (kelompok kontrol) tidak diberi perlakuan apapun, tetapi diet makan diberi perlakuan yang sama dengan kelompok yang lain, (2) kelompok 2 diberi perlakuan berupa program latihan renang selama 8 minggu, frekuensi latihan 3 kali/minggu, 1 set/pertemuan, beban latihan 70% kemampuan kerja maksimal (waktu renang maksimal) dan pada awal minggu kelima beban latihan ditingkatkan sesuai dengan hasil pengukuran kemampuan kerja maksimal (waktu renang maksimal) masing-masing sampel, dan (3) kelompok 3 diberi perlakuan berupa program latihan renang selama 8 minggu, frekuensi latihan 5 kali/minggu, 1 set/pertemuan, beban latihan 50% kemampuan kerja maksimal (waktu renang maksimal) dan pada awal minggu kelima beban latihan ditingkatkan sesuai hasil pengukuran kemampuan kerja maksimal (waktu renang maksimal) masing-masing sampel.

Penghitungan jumlah mitokondria dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya dengan mengamati jumlah mitokondria di masing-masing preparat setelah diproses dengan metode pewarnaan MA (Maluri Arsan).

Penghitungan jumlah mitokondria dilakukan di Laboratorium Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya menggunakan mikroskop cahaya dengan pembesaran 10x100 yang dilengkapi dengan *graticule* yang dipasang pada lensa *ocular* dengan tujuan untuk membatasi lokasi pengamatan pada area lapangan pandang. Jumlah kotak yang ada pada *graticule* 10x10 dengan skala 1;10 dengan pembesaran 10x100, maka didapat ukuran satu kotak *graticule* $8 \times 8 \text{ mikron}^2 = 16 \text{ mikron}^2 \times 100 \text{ kotak} = 1600 \text{ mikron}^2$.

6.2 Pembahasan Hasil Penelitian

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

6.2.1 Hasil Uji Normalitas Distribusi Dan Homogenitas Varian

Hasil uji normalitas distribusi memberikan hasil bahwa: (1) variabel jumlah mitokondria dan berat badan kelompok 1 pada pengukuran I, II dan III berdistribusi normal (tabel 5.3 dan lampiran 6), (2) variabel jumlah mitokondria dan berat badan kelompok 2 pada pengukuran I, II dan III berdistribusi normal (tabel 5.4 dan lampiran 7), dan (3) variabel jumlah mitokondria dan berat badan kelompok 3 pada pengukuran I, II dan III berdistribusi normal (tabel 5.5 dan lampiran 8). Uji homogenitas varian terhadap variabel jumlah mitokondria dan berat badan pada ketiga kelompok

memberikan hasil bahwa: (1) jumlah mitokondria memiliki varian yang homogen ($p=0,996$), (2) berat badan pada pengukuran I memiliki varian yang tidak homogen ($p=0,17$), (3) berat badan pada pengukuran II memiliki varian yang homogen ($p=0,321$), dan (4) berat badan pada pengukuran III memiliki varian yang homogen ($p=0,240$) (tabel 5.6 dan lampiran 9).

Jadi, variabel jumlah mitokondria dan berat badan pada penelitian ini berdistribusi normal dan memiliki varian yang homogen, kecuali variabel berat badan pada pengukuran I memiliki varian yang tidak homogen. Meskipun demikian, penggunaan statistik inferensial sebagai alat analisis pada penelitian ini masih dapat dipertanggungjawabkan (Thomas, 1990).

6.6.2 Variabel Berat Badan

Uji anava terhadap variabel berat badan pada pengukuran I memberikan hasil bahwa: (1) ada perbedaan yang bermakna antara berat badan kelompok 1 ($\bar{X}=117,7$ gr) dan berat badan kelompok 2 ($\bar{X}=144,6$ gr), (2) ada perbedaan yang bermakna antara berat badan kelompok 1 ($\bar{X}=117,7$ gr) dan berat badan kelompok 3 ($\bar{X}=145,4$ gr), dan (3) tidak ada perbedaan yang bermakna antara berat badan kelompok 2 ($\bar{X}=144,6$ gr) dan berat badan kelompok 3 ($\bar{X}=145,4$ gr) (lampiran 11).

Hasil penelitian di atas memberikan gambaran bahwa kelompok 1 pada pengukuran I memiliki rata-rata berat badan yang lebih rendah dibandingkan dengan kelompok 2 dan 3, sedangkan kelompok 2 dan 3 memiliki rata-rata berat badan yang seimbang. Hal ini disebabkan karena pembagian/

1. Hipotesis yang menyatakan bahwa latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu meningkatkan jumlah mitokondria pada penelitian ini terbukti.
2. Hipotesis yang menyatakan bahwa latihan renang intensitas ringan frekuensi 5 kali/minggu meningkatkan jumlah mitokondria pada penelitian ini terbukti.
3. Hipotesis yang menyatakan bahwa latihan renang intensitas ringan frekuensi 5 kali/minggu lebih meningkatkan jumlah mitokondria, dibandingkan latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu pada penelitian ini terbukti.

Otot membutuhkan energi untuk melakukan aktivitas (Fox, 1993). Energi berasal dari pemecahan *Adenosin trifosfat* (ATP) yang berada di dalam otot (Guyton and Hall, 1996). ATP diproduksi melalui proses glikolisis aerobik di dalam mitokondria. Jadi, otot yang memiliki banyak mitokondria lebih banyak menghasilkan ATP.

Latihan yang berat (anaerobik atau aerobik) membutuhkan pemenuhan ATP yang cukup banyak. Latihan yang berat dan dilakukan secara terus menerus akan memacu kerja mitokondria (melalui siklus Krebs dan sistem transport elektron) untuk menghasilkan ATP lebih banyak. Jika hal ini terus berlangsung, maka akan merangsang mitokondria untuk membelah diri (replikasi), sehingga terjadi peningkatan jumlah mitokondria.

Latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu dan intensitas ringan frekuensi 5 kali/minggu cukup memacu kerja mitokondria, sehingga menyebabkan peningkatan jumlah mitokondria. Penelitian lain menyebutkan bahwa selain

peningkatan jumlah mitokondria, program latihan (aerobik) juga menyebabkan beberapa perubahan pada mitokondria, yaitu: peningkatan massa mitokondria, V_{O_2} max pada mitokondria dan V_{O_2} secara keseluruhan dalam mitokondria (Lamb, 1984). Program latihan aerobik juga meningkatkan kemampuan dan kapasitas kerja dari mitokondria (Phillips, 1996).

Ada perbedaan antara pengaruh akut dari latihan anaerobik dan latihan aerobik terhadap proses glikolisis di dalam mitokondria (Jeukendrup, 1998). Lebih lanjut Jeukendrup mengemukakan bahwa latihan anaerobik (intensitas tinggi) akan menyebabkan proses lipolisis dan oksidasi asam lemak mengalami penurunan, sedangkan pada latihan aerobik terjadi peningkatan proses lipolisis dan oksidasi asam lemak. Tetapi, pada akhir program latihan baik pada latihan anaerobik maupun latihan aerobik terjadi peningkatan suplai asam lemak ke dalam mitokondria, peningkatan enzim oksidatif, dan peningkatan jumlah mitokondria (Jeukendrup, 1998).

Latihan juga menyebabkan peningkatan *subsarcolemmal (SS) mitochondria* dan *intermyofibrillar (IMF) mitochondria* (Bizeau, 1998), sehingga terjadi perubahan ukuran dari mitokondria. Bizeau menggunakan program latihan berupa lari dengan menggunakan treadmill selama 6 minggu. Dengan adanya perubahan-perubahan yang terjadi pada mitokondria (massa, ukuran, jumlah, kapasitas kerja, potensial kerja, dan sebagainya), maka terjadi peningkatan daya tahan sebagai adaptasi dari latihan.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu meningkatkan jumlah mitokondria pada otot skelet tikus ($p < 0,01$) dibandingkan dengan kelompok kontrol.
2. Latihan renang intensitas rendah frekuensi 5 kali/minggu meningkatkan jumlah mitokondria pada otot skelet tikus ($p < 0,01$) dibandingkan dengan kelompok kontrol.
3. Latihan renang intensitas rendah frekuensi 5 kali/minggu lebih meningkatkan jumlah mitokondria pada otot skelet tikus ($p < 0,01$) dibandingkan dengan latihan renang intensitas sedang frekuensi 3 kali/minggu.

7.2 Saran

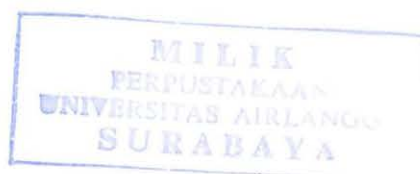
Berdasarkan pelaksanaan dan hasil yang didapat pada penelitian ini, maka peneliti menyampaikan saran bahwa masih perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan mengukur volume (besarnya) mitokondria. Pada penelitian ini belum jelas apakah peningkatan jumlah mitokondria juga diikuti peningkatan volume mitokondria atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto S (1989), *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktis*, Cetakan Ke-6. Jakarta: Bina Aksara, pp. 78-79.
- Astrand PO and Rodahl K (1986), *Textbook of Work Physiology Bases of Exercise*. 3rd Ed. New York: Mc Graw-Hill Book Company, pp. 139-198, 263.
- Bizeau ME, Willis WT, and Hazel JR (1998), Differential Responses to Endurance Training in Subsarcolemmal and Intermyoibrillar Mitochondria. *J Appl Physiol*, 85 (4): 1279-1284.
- Bompa TO (1994), *Theory and Methodology of Training*, 3rd Ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company, pp. 14, 30, 51, 79, 80, 292, 371.
- Brooks GA and Fahey TD (1987), *Exercise Physiology, Human Bionergetics and Its Applications*. New York: Mc Millan Publishing Company, pp. 238-239, 280-292.
- Burke EJ (1980), *Toward an Understanding of Human Performance*, 2nd Ed. New York: Movement Publication, pp. 274.
- Ceretelli P (1991), Energy Sources for Muscular Exercise. *J Sport Med*, 13: S106-S110.
- Fox EL, Bower RW and Foss ML (1993), *The Physiological Basic of Physical Education and Athletics*, 4th Ed. Iowa: Brown and Benchmark Publishers, pp. 127, 158, 261.
- Ganong WF (1999), *Review of Medical Physiology*. New Jersey: Prentice Hall, pp. 6-7, 393-398.
- Guyton AC and Hall JE (1996), *Textbook of Medical Physiology*, 9th Ed. Philadelphia: WB. Sauders Company, pp. 223-228, 425-434.
- Hairy J (1989), *Fisiologi Olahraga, Jilid I*. Jakarta: Depdikbud Dirjen Dikti, pp. 23-58.

- Harre D (1982), *Principle of Sport Training, Introduction to Theory and Method of Training*, 1st Ed. Berlin: Sport Verlag, pp. 28, 108.
- Haseldine R (1989), *Fitness for Sport*. Merlborough: Grewoos Press, pp. 23-41.
- Higgins JE and Klinbaum AP (1985), *Design Methodology for Randomized Clinical Trials-Part II of The Series of The Basic of Randomized Clinical Trials with an Emphasis on Contraceptive Research*, Family Health International, pp. 24-35.
- Janssen PGJM (1989), *Training Lactate Pulse-Rate*. Finland: Polar Electro Oy, pp. 13.
- Jeukendrup AE, Saris WH, and Wagenmakers AJ (1998), *Fat Metabolism During Exercise: a Review-part II: Regulation of Metabolism and the Effect of Training*. *Int J Sports Med*, 19 (5): 293-302.
- Lamb RD (1984), *Physiology of Exercise Responses and Adaptation*, 2nd Ed. New York: William Morrow and Company Inc., pp. 219, 238.
- Maxes PA (1988), *Harper's Review of Biochemistry*. London: Lange Medical Pub, pp. 143-152.
- McArdle WD, Katch FI and Katch VL (1981), *Exercise Physiology, Energy, Nutrition, and Human Performance*. Philadelphia: Lea and Fibiger, pp. 123-357.
- Nossek J (1982), *General Theory of Training*, National Institute for Sports. Logas: Pan African Press Ltd., pp. 54-58, 69-76.
- Ozolin NG (1971), *Sovremennaia System Sportivnoi Trenirovky (Athletie's Training System for Copetition)*. Moscow: Phyzcultura Sport.
- Phillips SM, Green HJ, Tarnopolsky MA, Heigenhauser GJ, and Grant SM (1996), *Progressive Effect of Endurance Training on Metabolic Adaptations in Working Skeletal Muscle*. *Am J Physiol*, 270 (2 Pt 1): E265-272.
- Pyke FS and Rushal BS (1990), *Training for Sport and Fitness*, 1st Ed. Melbourne: Macmillan Co. pp. 2-3.

- Rodensky MW, Cross M, Buquet A (1998), Exercise Induced Hyperthermia and Hormonal Responses to Exercise. *Can J Physiol Pharmacol.* 76: 547-552.
- Soekarman R (1989), Dasar Olahraga untuk Pembina, Pelatih dan Atlet. Jakarta: Inti Idayu Press, hal. 58-82.
- Soekarman R (1991), Energi dan Sistem Energi Predominan pada Olahraga. Jakarta: KONI, hal. 3-8.
- Wilmore JN, Costil DL (1994), *Physiologi of Sport and Exercise.* USA: Human Kinetics, pp. 328-335.
- Zainudin (1999), Metodologi Penelitian. Surabaya: Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.



Lampiran 1

DATA HASIL PENELITIAN
JUMLAH MITOKONDRIA DAN BERAT BADAN
PADA TIKUS ALBINO WISTAR

NO.	KEL	BB1	BB2	BB3	JUM-MIT
1.	1	139	240	247	9
2.	1	123	180	185	7
3.	1	122	230	237	10
4.	1	123	210	215	9
5.	1	108	181	185	6
6.	1	109	210	215	6
7.	1	128	240	247	6
8.	1	110	205	211	7
9.	1	102	197	200	6
10.	1	113	172	177	7
11.	2	141	212	217	10
12.	2	127	198	209	11
13.	2	149	211	217	11
14.	2	126	208	214	10
15.	2	140	188	202	11
16.	2	108	215	225	9
17.	2	188	210	218	14
18.	2	163	172	185	11
19.	2	116	193	205	12
20.	2	188	228	239	13
21.	3	130	225	227	15
22.	3	143	197	209	14
23.	3	188	230	235	14
24.	3	119	195	205	15
25.	3	137	175	184	15
26.	3	106	165	180	13
27.	3	135	230	235	16
28.	3	123	190	200	17
29.	3	170	230	236	14
30.	3	203	240	245	18

Keterangan:

- BB1 : berat badan pada pengukuran I dalam satuan gram.
BB2 : berat badan pada pengukuran II dalam satuan gram.
BB3 : berat badan pada pengukuran III dalam satuan gram.
Jum-Mit : jumlah mitokondria

Lampiran. 2

STATISTIK DESKRIPTIF
VARIABEL BB1, BB2, BB3
KELOMPOK 1 (KELOMPOK KONTROL)

Number of Valid Observations (Listwise) = 10.00

Variable BB1

Mean	117.700	S.E. Mean	3.547
Std Dev	11.216	Variance	125.789
Kurtosis	-.224	S.E. Kurt	1.334
Skewness	.505	S.E. Skew	.687
Range	37.000	Minimum	102
Maximum	139	Sum	1177.000

Number of Valid Observations (Listwise) = 10.00

Variable BB2

Mean	206.500	S.E. Mean	7.786
Std Dev	24.623	Variance	606.278
Kurtosis	-1.272	S.E. Kurt	1.334
Skewness	.104	S.E. Skew	.687
Range	68.000	Minimum	172
Maximum	240	Sum	2065.000

Number of Valid Observations (Listwise) = 10.00

Variable BB3

Mean	211.900	S.E. Mean	8.111
Std Dev	25.649	Variance	657.878
Kurtosis	-1.322	S.E. Kurt	1.334
Skewness	.158	S.E. Skew	.687
Range	70.000	Minimum	177
Maximum	247	Sum	2119.000

Lampiran. 3

STATISTIK DESKRIPTIF
VARIABEL BB1, BB2, BB3
KELOMPOK 2 (KELOMPOK PERLAKUAN 1)

Number of Valid Observations (Listwise) = 10.00

Variable BB1

Mean	144.600	S.E. Mean	8.802
Std Dev	27.834	Variance	774.711
Kurtosis	-.743	S.E. Kurt	1.334
Skewness	.550	S.E. Skew	.687
Range	80.000	Minimum	108
Maximum	188	Sum	1446.000

Number of Valid Observations (Listwise) = 10.00

Variable BB2

Mean	203.500	S.E. Mean	5.051
Std Dev	15.974	Variance	255.167
Kurtosis	.500	S.E. Kurt	1.334
Skewness	-.636	S.E. Skew	.687
Range	56.000	Minimum	172
Maximum	228	Sum	2035.000

Number of Valid Observations (Listwise) = 10.00

Variable BB3

Mean	213.100	S.E. Mean	4.550
Std Dev	14.387	Variance	206.989
Kurtosis	1.337	S.E. Kurt	1.334
Skewness	-.227	S.E. Skew	.687
Range	54.000	Minimum	185
Maximum	239	Sum	2131.000

Lampiran. 4

STATISTIK DESKRIPTIF
 VARIABEL BB1, BB2, BB3
 KELOMPOK 3 (KELOMPOK PERLAKUAN 2)

Number of Valid Observations (Listwise) = 10.00

Variable BB1

Mean	145.400	S.E. Mean	9.950
Std Dev	31.465	Variance	990.044
Kurtosis	-.356	S.E. Kurt	1.334
Skewness	.834	S.E. Skew	.687
Range	97.000	Minimum	106
Maximum	203	Sum	1454.000

Number of Valid Observations (Listwise) = 10.00

Variable BB2

Mean	207.700	S.E. Mean	8.377
Std Dev	26.491	Variance	701.789
Kurtosis	-1.448	S.E. Kurt	1.334
Skewness	-.370	S.E. Skew	.687
Range	75.000	Minimum	165
Maximum	240	Sum	2077.000

Number of Valid Observations (Listwise) = 10.00

Variable BB3

Mean	215.600	S.E. Mean	7.325
Std Dev	23.162	Variance	536.489
Kurtosis	-1.384	S.E. Kurt	1.334
Skewness	-.357	S.E. Skew	.687
Range	65.000	Minimum	180
Maximum	245	Sum	2156.000

Lampiran. 5

STATISTIK DESKRIPTIF
VARIABEL MITOKHONDRIA
KELOMPOK 1, 2 DAN 3

Number of Valid Observations (Listwise) = 10.00

Variable MITOKHONDRIA (Kelompok 1)

Mean	7.300	S.E. Mean	.473
Std Dev	1.494	Variance	2.233
Kurtosis	-.782	S.E. Kurt	1.334
Skewness	.859	S.E. Skew	.687
Range	4.000	Minimum	6
Maximum	10	Sum	73.000

Number of Valid Observations (Listwise) = 10.00

Variable MITOKHONDRIA (Kelompok 2)

Mean	11.200	S.E. Mean	.467
Std Dev	1.476	Variance	2.178
Kurtosis	.260	S.E. Kurt	1.334
Skewness	.612	S.E. Skew	.687
Range	5.000	Minimum	9
Maximum	14	Sum	112.000

Number of Valid Observations (Listwise) = 10.00

Variable MITOKHONDRIA (Kelompok 3)

Mean	15.100	S.E. Mean	.482
Std Dev	1.524	Variance	2.322
Kurtosis	.042	S.E. Kurt	1.334
Skewness	.735	S.E. Skew	.687
Range	5.000	Minimum	13
Maximum	18	Sum	151.000

Lampiran. 7

UJI NORMALITAS DISTRIBUSI
 VARIABEL BB1, BB2, BB3, MITOKHONDRIA
 KELOMPOK 2 (KELOMPOK PERLAKUAN 1)

	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
BB1	10	144.600	27.834	108	188
BB2	10	203.500	15.974	172	228
BB3	10	213.100	14.387	185	239
MITOKHONDRIA	10	11.200	1.476	9	14

- - - - - Kolmogorov - Smirnov Goodness of Fit Test

BB1

Test Distribution - Normal Mean: 144.60
 Standard Deviation: 27.83

Cases: 10

Most Extreme Differences

Absolute	Positive	Negative	K-S Z	2-tailed P
.15146	.15146	-.14053	.479	.976

BB2

Test Distribution - Normal Mean: 203.50
 Standard Deviation: 15.97

Cases: 10

Most Extreme Differences

Absolute	Positive	Negative	K-S Z	2-tailed P
.21092	.13579	-.21092	.667	.765

BB3

Test Distribution - Normal Mean: 213.10
 Standard Deviation: 14.39

Cases: 10

Most Extreme Differences

Absolute	Positive	Negative	K-S Z	2-tailed P
.16671	.16671	-.12494	.527	.944

MITOKHONDRIA

Test Distribution - Normal Mean: 11.20
 Standard Deviation: 1.48

Cases: 10

Most Extreme Differences

Absolute	Positive	Negative	K-S Z	2-tailed P
.25390	.25390	-.14610	.803	.539

Lampiran. 9

UJI HOMOGENITAS VARIAN
VARIABLE BB1, BB2, BB3, MITOKHONDRIA
SELURUH SAMPEL

Tests for Homogeneity of Variances (BB1)

Cochrans C=Max. Variance/Sum(Variances)=.5237, P=.222 (Approx.)
 Bartlett-Box F = 4.103 , P=.017
 Maximum Variance / Minimum Variance 7.871

Tests for Homogeneity of Variances (BB2)

Cochrans C=Max. Variance/Sum(Variances)=.4489, P=.542 (Approx.)
 Bartlett-Box F = 1.136 , P=.321
 Maximum Variance / Minimum Variance 2.750

Tests for Homogeneity of Variances (BB3)

Cochrans C=Max. Variance/Sum(Variances)=.4695, P=.434 (Approx.)
 Bartlett-Box F = 1.429 , P=.240
 Maximum Variance / Minimum Variance 3.178

Tests for Homogeneity of Variances (MITOKHONDRIA)

Cochrans C=Max. Variance/Sum(Variances)=.3449, P=1.000 (Approx.)
 Bartlett-Box F = .004 , P= .996
 Maximum Variance / Minimum Variance 1.066

Lampiran. 10

UJI ANAKOVA VARIABEL MITOKHONDRIA
(BB3 SEBAGAI VARIABEL MODERATOR)

MITOKHONDRIA BY KEL WITH BB3

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	311.170	3	103.723	50.286	.000
KEL	295.851	2	147.925	71.715	.000
BB3 (Covar)	6.970	1	6.970	3.379	.077
Explained	311.170	3	103.723	50.286	.000
Residual	53.630	26	2.063		
Total	364.800	29	12.579		

Lampiran. 11

UJI ANAVA SATU JALUR
VARIABEL MITOKHONDRIA
ANTAR KELOMPOK

Variable MITOKHONDRIA
By Variable KEL

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	304.2000	152.1000	67.7673	.0000
Within Groups	27	60.6000	2.2444		
Total	29	364.8000			

Multiple Range Test

LSD Procedure

Ranges for the .010 level -
3.92 3.92

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..
 $1.0593 * \text{Range} * \text{Sqrt}(1/N(I) + 1/N(J))$

(*) Denotes pairs of groups significantly different
at the .010 level

Mean	Group	1	2	3
7.3000	Grp 1			
11.2000	Grp 2	*		
15.1000	Grp 3	*	*	

Lampiran. 12

UJI ANAVA SATU JALUR
 VARIABEL BB1
 ANTAR KELOMPOK

Variable	BB1
By Variable	KEL

Analysis of Variance

Source	D.F	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	4971.8000	2485.9000	3.9447	.0314
Within Groups	27	17014.9000	630.1815		
Total	29	21986.7000			

Multiple Range Test

LSD Procedure

Ranges for the .050 level -
 2.90 2.90

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with $\text{Mean}(J) - \text{Mean}(I)$ is..
 $17.7508 * \text{Range} * \text{Sqrt}(1/N(I) + 1/N(J))$

(*) Denotes pairs of groups significantly different
 at the .050 level

Mean	Group	1	2	3
117.7000	Grp 1			
144.6000	Grp 2	*		
145.4000	Grp 3	*	*	

G G G
 r r r
 p p p

Lampiran. 13

UJI ANAKOVA VARIABEL BB2
(BB1 SEBAGAI VARIABEL MODERATOR)

BB2
BY KEL
WITH BB1

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	3747.368	3	1249.123	3.118	.043
KEL	1024.267	2	512.133	1.278	.295
BB1 (Covar)	3653.768	1	3653.768	9.121	.006
Explained	3747.368	3	1249.123	3.118	.043
Residual	10415.332	26	400.590		
Total	14162.700	29	488.369		

Lampiran. 14

UJI ANAKOVA VARIABEL BB3
(BB1 SEBAGAI VARIABEL MODERATOR)

BB3 BY KEL WITH BB1

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif cance
Main Effects	3259.856	3	1086.619	2.998	.049
KEL	477.382	2	238.691	.659	.525
BB1 (Covar)	3188.590	1	3188.590	8.797	.006
Explained	3259.856	3	1086.619	2.998	.049
Residual	9423.610	26	362.447		
Total	12683.467	29	437.361		

UJI ANAKOVA VARIABEL BB3
(BB2 SEBAGAI VARIABEL MODERATOR)

BB3 BY KEL WITH BB2

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif cance
Main Effects	12487.399	3	4162.466	551.972	.000
KEL	82.672	2	41.336	5.481	.010
BB2 (Covar)	12416.132	1	12416.132	1646.466	.000
Explained	12487.399	3	4162.466	551.972	.000
Residual	196.068	26	7.541		
Total	12683.467	29	437.361		

Lampiran. 15

UJI "t" ANTAR WAKTU
VARIABEL BB1, BB2, BB3
KELOMPOK 1 (KELOMPOK KONTROL)

Paired samples t-test: BB1
BB2

Variable	Number of Cases	Mean	Standard Deviation	Standard Error
BB1	10	117.7000	11.216	3.547
BB2	10	206.5000	24.623	7.786

(Difference) Mean	Standard Deviation	Standard Error	2-Tail Corr. Prob.	t Value	Degrees of Freedom	2-Tail Prob.
-88.8000	19.532	6.177	.635 .049	-14.38	9	.000

Paired samples t-test: BB1
BB3

Variable	Number of Cases	Mean	Standard Deviation	Standard Error
BB1	10	117.7000	11.216	3.547
BB3	10	211.9000	25.649	8.111

(Difference) Mean	Standard Deviation	Standard Error	2-Tail Corr. Prob.	t Value	Degrees of Freedom	2-Tail Prob.
-94.2000	20.242	6.401	.650 .042	-14.72	9	.000

Paired samples t-test: BB2
BB3

Variable	Number of Cases	Mean	Standard Deviation	Standard Error
BB2	10	206.5000	24.623	7.786
BB3	10	211.9000	25.649	8.111

(Difference) Mean	Standard Deviation	Standard Error	2-Tail Corr. Prob.	t Value	Degrees of Freedom	2-Tail Prob.
-5.4000	1.350	.427	.999 .000	-12.65	9	.000

Lampiran. 16

UJI "t" ANTAR WAKTU
 VARIABEL BB1, BB2, BB3
 KELOMPOK 2 (KELOMPOK PERLAKUAN 1)

Paired samples t-test: BB1
 BB2

Variable	Number of Cases	Mean	Standard Deviation	Standard Error
BB1	10	144.6000	27.834	8.802
BB2	10	203.5000	15.974	5.051

(Difference) Mean	Standard Deviation	Standard Error	2-Tail Corr. Prob.	t Value	Degrees of Freedom	2-Tail Prob.	
-58.9000	29.448	9.312	.183	.613	-6.32	9	.000

Paired samples t-test: BB1
 BB3

Variable	Number of Cases	Mean	Standard Deviation	Standard Error
BB1	10	144.6000	27.834	8.802
BB3	10	213.1000	14.387	4.550

(Difference) Mean	Standard Deviation	Standard Error	2-Tail Corr. Prob.	t Value	Degrees of Freedom	2-Tail Prob.	
-68.5000	28.644	9.058	.201	.577	-7.56	9	.000

Paired samples t-test: BB2
 BB3

Variable	Number of Cases	Mean	Standard Deviation	Standard Error
BB2	10	203.5000	15.974	5.051
BB3	10	213.1000	14.387	4.550

(Difference) Mean	Standard Deviation	Standard Error	2-Tail Corr. Prob.	t Value	Degrees of Freedom	2-Tail Prob.	
-9.6000	3.169	1.002	.984	.000	-9.58	9	.000

Lampiran. 17

UJI "t" ANTAR WAKTU
 VARIABEL BB1, BB2, BB3
 KELOMPOK 3 (KELOMPOK PERLAKUAN 2)

Paired samples t-test: BB1
 BB2

Variable	Number of Cases	Mean	Standard Deviation	Standard Error
BB1	10	145.4000	31.465	9.950
BB2	10	207.7000	26.491	8.377

(Difference) Mean	Standard Deviation	Standard Error	2-Tail Corr. Prob.	t Value	Degrees of Freedom	2-Tail Prob.
-62.3000	21.281	6.730	.743 .014	-9.26	9	.000

Paired samples t-test: BB1
 BB3

Variable	Number of Cases	Mean	Standard Deviation	Standard Error
BB1	10	145.4000	31.465	9.950
BB3	10	215.6000	23.162	7.325

(Difference) Mean	Standard Deviation	Standard Error	2-Tail Corr. Prob.	t Value	Degrees of Freedom	2-Tail Prob.
-70.2000	20.612	6.518	.756 .011	-10.77	9	.000

Paired samples t-test: BB2
 BB3

Variable	Number of Cases	Mean	Standard Deviation	Standard Error
BB2	10	207.7000	26.491	8.377
BB3	10	215.6000	23.162	7.325

(Difference) Mean	Standard Deviation	Standard Error	2-Tail Corr. Prob.	t Value	Degrees of Freedom	2-Tail Prob.
-7.9000	3.957	1.251	.996 .000	-6.31	9	.000

Lampiran 18

PENENTUAN BESAR SAMPEL

Untuk mengetahui besarnya sampel dalam penelitian ini, maka diadakan penelitian pendahuluan. Data hasil penelitian pendahuluan dihitung dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Hingins dan Klimbaum (1985) sebagai berikut:

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

Keterangan:

n = Jumlah sampel

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

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

SD = simpangan baku posttest kelompok kontrol

f = Proporsi yang gagal

$Z\alpha$ = nilai tabel Z dari $\alpha = 1,96$

$Z\beta$ = nilai tabel Z dari $\beta = 1,28$

Hasil perhitungan sebagai berikut:

- a. Variabel jumlah mitokondria antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan pertama

Diketahui :

f = 0,20

$$Z\beta = 1,28$$

$$\bar{X}_k = 8,2$$

$$\bar{X}_e = 10,6$$

$$SD = 1,46969846$$

$$n = \frac{1}{1 - 0,20} \times \frac{2(1,96 + 1,28)^2 \cdot 1,46969846^2}{(10,6 - 8,2)^2}$$

$$n = \frac{1}{0,80} \times \frac{2(3,24)^2 \cdot 1,46969846^2}{(10,6 - 8,2)^2}$$

$$n = 1,25 \times \frac{2 \times 10,4976 \times 2,16}{5,76}$$

$$n = 7,8732 \times 1,25$$

$$n = 9,8415$$

$$n = 10$$

- b. Variabel jumlah mitokondria antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan kedua

$$f = 0,20$$

$$Z\alpha = 1,96$$

$$Z\beta = 1,28$$

$$\bar{X}_k = 8,2$$

$$\bar{X}_e = 14,6$$

$$SD = 1,46969846$$

$$n = \frac{1}{1 - 0,20} \times \frac{2(1,96 + 1,28)^2 \cdot 1,46969846^2}{(14,6 - 8,2)^2}$$

$$SD = 1,46969846$$

$$n = \frac{1}{1 - 0,20} \times \frac{2(1,96 + 1,28)^2 \cdot 1,46969846^2}{(14,6 - 8,2)^2}$$

$$n = \frac{1}{0,80} \times \frac{2(3,24)^2 \cdot 1,46969846^2}{(14,6 - 8,2)^2}$$

$$n = 1,25 \times \frac{2 \times 10,4976 \times 2,16}{40,96}$$

$$n = 26,244 \times 0,05273475$$

$$n = 1,383960938$$

$$n = 2$$

Dari hasil perhitungan diperoleh n terbesar = 9,8415 dan dibulatkan menjadi 10 tikus. Jadi, pada penelitian ini menggunakan sampel sebanyak 10 tikus untuk masing-masing kelompok, sehingga secara keseluruhan menggunakan sampel sebanyak 30 tikus.

Lampiran 19

**DATA HASIL PENGUKURAN
KEMAMPUAN KERJA MAKSIMAL
(WAKTU RENANG MAKSIMAL) DAN BEBAN LATIHAN
MASING-MASING SAMPEL**

NO.	KEL	KKM	Beban Latihan (50% atau 70% KKM)
1.	1	10	Tidak diberi latihan
2.	1	12	Tidak diberi latihan
3.	1	12	Tidak diberi latihan
4.	1	14	Tidak diberi latihan
5.	1	14	Tidak diberi latihan
6.	1	14	Tidak diberi latihan
7.	1	14	Tidak diberi latihan
8.	1	15	Tidak diberi latihan
9.	1	15	Tidak diberi latihan
10.	1	16	Tidak diberi latihan
11.	2	10	7
12.	2	11	7,7
13.	2	12	8,4
14.	2	12	8,4
15.	2	14	9,8
16.	2	14	9,8
17.	2	14	9,8
18.	2	14	9,8
19.	2	15	10,5
20.	2	16	11,2
21.	3	10	5
22.	3	11	5,5
23.	3	12	6
24.	3	13	6,5
25.	3	14	7
26.	3	14	7
27.	3	14	7
28.	3	15	7,5
29.	3	15	7,5
30.	3	16	8

Keterangan:

KKM : kemampuan kerja maksimal (waktu renang maksimal) dengan satuan menit

Lampiran 20

**DATA HASIL PENGUKURAN
KEMAMPUAN KERJA MAKSIMAL
(WAKTU RENANG MAKSIMAL) DAN BEBAN LATIHAN
MASING-MASING SAMPEL AWAL MINGGU KE 5**

NO.	KEL	KKM	Beban Latihan (50% atau 70% KKM)
1.	1	10	Tidak diberi latihan
2.	1	12	Tidak diberi latihan
3.	1	12	Tidak diberi latihan
4.	1	14	Tidak diberi latihan
5.	1	14	Tidak diberi latihan
6.	1	14	Tidak diberi latihan
7.	1	14	Tidak diberi latihan
8.	1	15	Tidak diberi latihan
9.	1	15	Tidak diberi latihan
10.	1	16	Tidak diberi latihan
11.	2	12	8,4
12.	2	12	8,4
13.	2	14	9,8
14.	2	14	9,8
15.	2	14	9,8
16.	2	16	11,2
17.	2	16	11,2
18.	2	15	10,5
19.	2	16	11,2
20.	2	16	11,2
21.	3	13	6,5
22.	3	13	6,5
23.	3	14	7
24.	3	14	7
25.	3	16	8
26.	3	16	8
27.	3	15	7,5
28.	3	17	8,5
29.	3	17	8,5
30.	3	18	9

Keterangan:

KKM : kemampuan kerja maksimal (waktu renang maksimal) dengan satuan menit

**DATA HASIL PENELITIAN PENDAHULUAN
JUMLAH MITOKONDRIA PADA TIKUS ALBINO WISTAR**

KELOMPOK KONTROL :

NO.	KODE SAMPEL	JUMLAH MITOKONDRIA
1.	KK-1	9
2.	KK-2	7
3.	KK-3	10
4.	KK-4	9
5.	KK-5	6

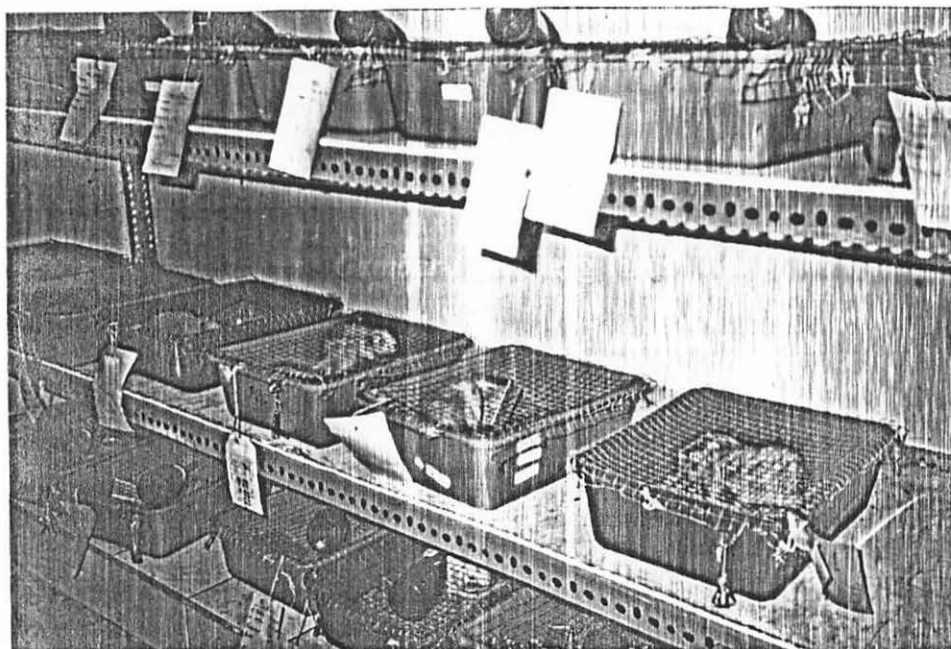
KELOMPOK LATIHAN AEROBIK INTENSITAS SEDANG 70 %

NO.	KODE SAMPEL	JUMLAH MITOKONDRIA
1.	KP1-1	10
2.	KP1-2	11
3.	KP1-3	11
4.	KP1-4	10
5.	KP1-5	11

KELOMPOK LATIHAN AEROBIK INTENSITAS RENDAH 50 %

NO.	KODE SAMPEL	JUMLAH MITOKONDRIA
1.	KP2-1	15
2.	KP2-2	14
3.	KP2-3	14
4.	KP2-4	15
5.	KP2-5	15

DOKUMENTASI PENELITIAN



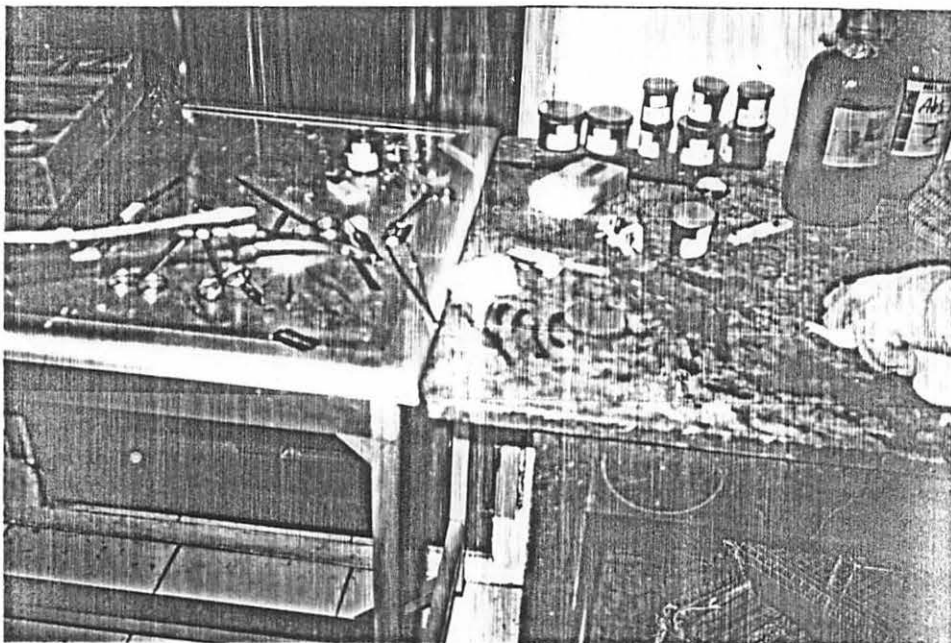
Gambar 1 Kandang Tikus



Gambar 2 Cara Menimbang Berat Badan Tikus



Gambar 3 Pemberian Perlakuan



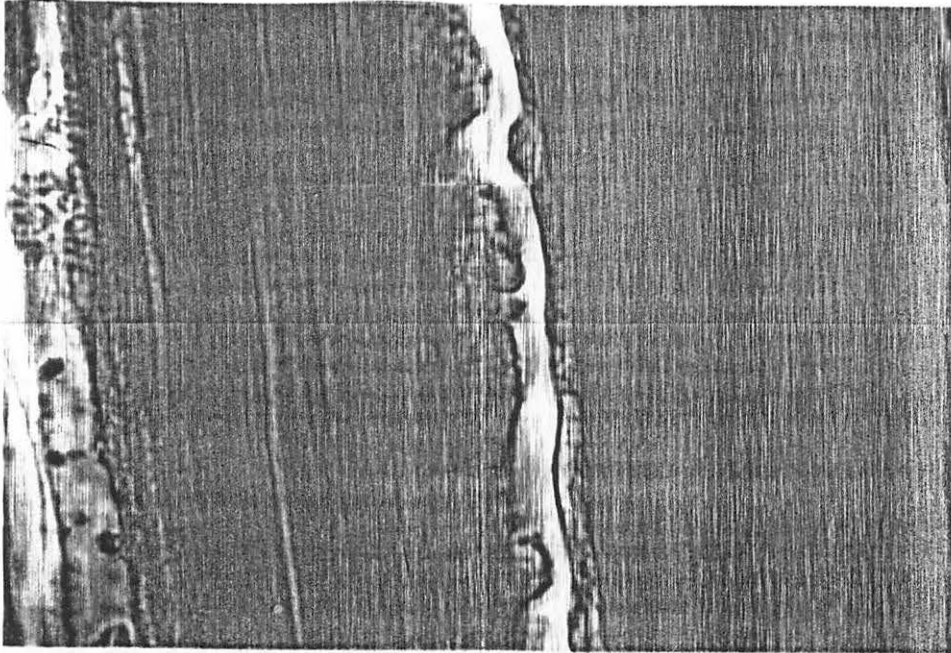
Gambar 4 Peralatan Yang Digunakan Untuk Pembedahan



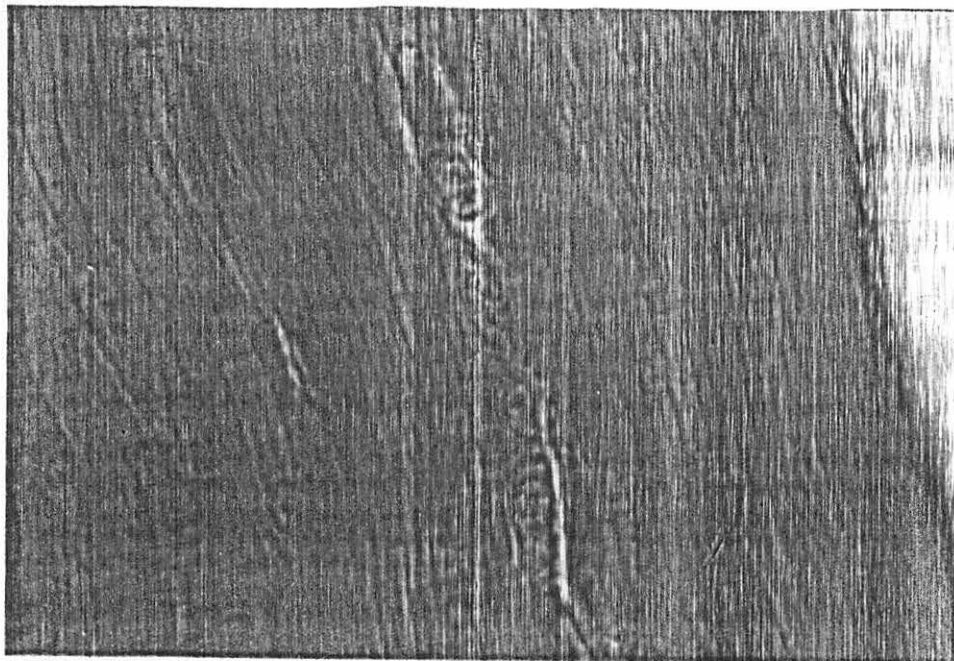
Gambar 5 Pembedahan Pada Tikus



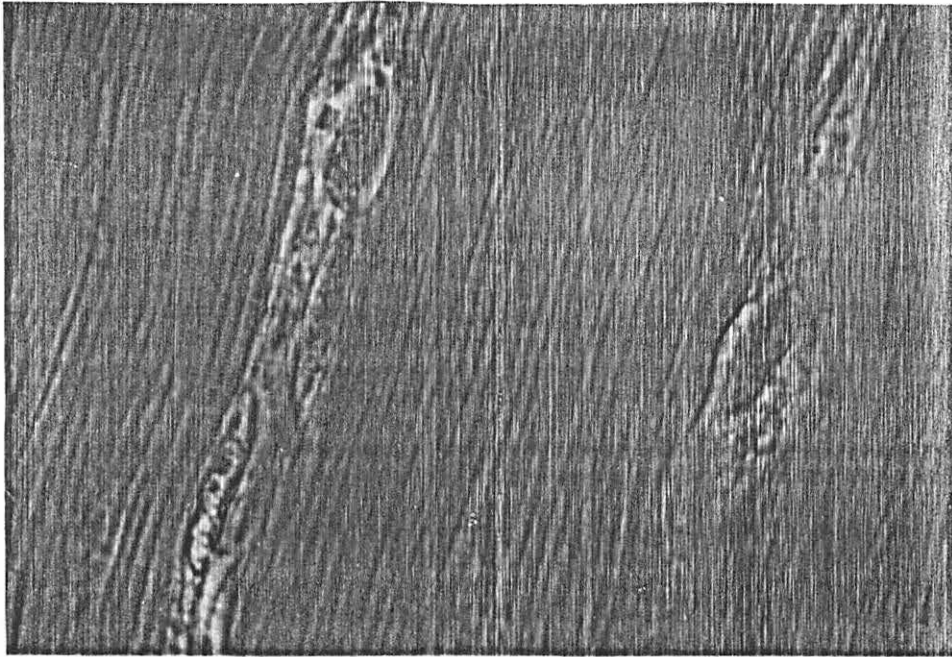
Gambar 6 Perhitungan Jumlah Mitokondria



Gambar 7 Mitokondria Pada Jaringan Otot Kelompok Kontrol Dengan Pewarnaan Maluri Arsan, Pembesaran 1000 x 2,3 x 3R.



Gambar 8 Mitokondria Pada Jaringan Otot Kelompok Perlakuan I Dengan Pewarnaan Maluri Arsan, Pembesaran 1000 x 2,3 x 3R.



Gambar 9 Mitokondria Pada Jaringan Otot Kelompok Perlakuan II Dengan Pewarnaan Maluri Arsan, Pembesaran 1000 x 2,3 x 3R.