

TESIS

PENGARUH LATIHAN ANAEROBIK INTERVAL TERHADAP KEPADATAN DAN TEBAL TULANG TIKUS PUTIH (*Rattus Norvegicus* Strain Wistar)

(PENELITIAN EKSPERIMENTAL LABORATORIES)



TKO 03/08
Sun
P. ...

SUNOTO

PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2002

EXERCISE

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

OSTEOPOROSIS

**PENGARUH LATIHAN ANAERØBIK INTERVAL
TERHADAP KEPADATAN DAN TEBAL TULANG
TIKUS PUTIH (*Rattus norvegicus strain wistar*)**

(PENELITIAN EKSPERIMENTAL LABORATORIS)

TESIS

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

Oleh:

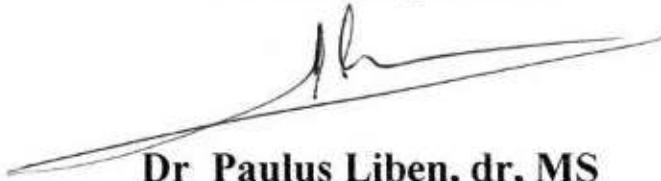
**SUNOTO
NIM. 090014133/M**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2002**

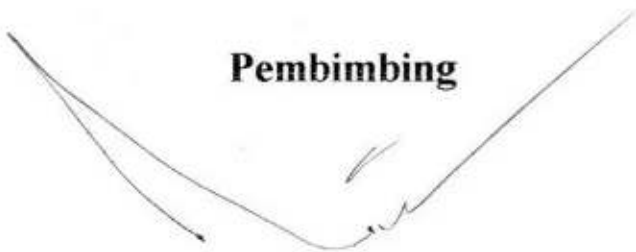
Lembar pengesahan

Tesis ini telah di uji
Tanggal: 5 September 2002

Oleh
Pembimbing Ketua




Dr Paulus Liben, dr, MS
NIP: 130 531 788



Pembimbing

R M Tauhid Al Amien, dr, MSc,AIF
NIP: 130 345 895

Mengetahui :
Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga
Program pascasarjana Univeritas Airlangga



Dr Sunarko Setyawan, dr, MS
NIP: 131 949 832

Telah diuji dan dinyatakan lulus

Pada tanggal 4 September 2002

Panitia Penguji Tesis

Ketua : Dr Paulus Liben, dr,MS

Anggota : 1. R M Tauhid AL Amien,dr, MSc ,AIF.

2. Prof Martin Setiabudi,dr,ph D,AIF.

3. Dr Sunarko Setyawan,dr,MS.

4. Dr Elyana Asnar STP,dr,MS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Bismillahirrahmaanirrahim

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

Terima kasih tak terhingga dan penghargaan yang setinggi-tingginya saya sampaikan kepada Almarhum Prof Dr H R Soekarman; dr, AIF sebagai sesepuh Program Studi Ilmu kesehatan Olahraga Pascasarjana Universitas Airlangga, yang selalu memberikan bimbingan, petunjuk, arahan, serta dorongan sehingga tesis ini dapat terselesaikan tepat waktunya.

Terima kasih tak terhingga dan penghargaan yang setinggi-tingginya saya sampaikan kepada Dr Sunarko Setyawan, dr, MS selaku Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya. Yang selalu memberi semangat, petunjuk, bimbingan dan saran sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya.

Terima kasih tak terhingga dan penghargaan yang setinggi-tingginya saya sampaikan kepada Dr Paulus Liben, dr, MS selaku pembimbing ketua yang dengan penuh perhatian dan kesabaran selalu memberikan bimbingan, kritik-saran serta dorongan dan motivasi sejak penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian hingga selesainya tesis ini.

Terima kasih tak terhingga dan penghargaan yang setinggi-tingginya saya sampaikan kepada R M Tauhid Al Amien, dr, MSc, AIF selaku pembimbing yang penuh ketelitian, penuh perhatian, serta memberi semangat untuk belajar sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan tepat waktunya.

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

1. Rektor Universitas Airlangga Prof Dr Med Puruhito, dr, SpBP dan mantan rektor Universitas Airlangga Prof H Soedarto, dr, DTM & H, Ph.D Direktur Program Pascasarjana Universitas Airlangga Prof Dr H Muhammad Amin, dr, SpP yang telah memberikan kesempatan menjadi mahasiswa di Program Pascasarjana Universitas Airlangga.
2. dr Soetjipto, MS, PhD selaku Kepala Laboratorium Biokimia dan Ketua Program Studi Ilmu Kedokteran Dasar yang banyak membantu dalam perijinan dan penggunaan fasilitas laboratorium Biokimia selama penelitian.
3. dr Choesnan Effendi, AIF selaku Ketua Minat Ilmu Faal yang telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan selama menempuh pendidikan di Program Pascasarjana Universitas Airlangga.
4. Kepala Laboratorium Anatomi dan Histologi dr H Abdul Kamid, MS, drh Choirul Anwar, MS dan dr Joni Susanto yang telah banyak membantu dalam perijinan, penggunaan fasilitas di laboratorium Anatomi dan Histologi, pembuatan preparat histologis serta melakukan pemotretan preparat histologis selama penelitian.
5. Prof Dr Djoko Roeshadi, dr, SpBo, FICS, staf pengajar Lab/SMF Ilmu Bedah Orthopaedi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/RSUD. Dr Soetomo Surabaya yang telah memberikan masukan serta penyediaan sarana penelitian.
6. drh Eduardus Bimo AH, Mkes dan drh. Nove Hidajati, Mkes selaku penanggung jawab pengelolaan kandang hewan percobaan laboratorium Biokimia FK Uniar yang membantu penyediaan fasilitas untuk pelaksanaan penelitian.
7. Panitia penguji tesis : Dr Paulus Liben, dr, MS H M Tauhid Al Amien, dr, MSc, AIF Dr Sunarko Setyawan, dr, MS Prof Martin Setiabudi, dr, PhD, AIF Dr Elyanan STP, Asnar, dr, MS yang telah memberikan masukan dan saran untuk perbaikan tesis saya.
8. Seluruh Dosen pengajar Program Studi Ilmu Kesehatan Olahraga Program Pascasarjana yang banyak membantu selama menempuh pendidikan.

9. Seluruh staf pengajar dan karyawan laboratorium Ilmu Faal Fakultas Kedokteran Unair yang telah memberikan bantuan selama saya menempuh pendidikan.
10. Kepada Bapak Herry Soemantoro, Mawardi, Sodikin dan Soejitno yang telah banyak membantu dalam penyediaan dan pemeliharaan hewan, coba, pengambilan dan preparasi unit analisis penelitian di Laboratorium Ilmu Biokimia dan Ilmu Anatomi dan Histologi Fakultas Kedokteran Unair.
11. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian penelitian dan penyusunan tesis ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Akhirnya ku persembahkan gelar Magister ini untuk istriku tercinta dan Ibu. Serta saya ucapkan terima kasih yang tak terhingga atas segala doa, jerih payah dan pengorbanan yang sangat besar untuk mendukung studi saya, Untuk anak-anaku Chyntiya Dewi Sari dan Arum Setia Wati terima kasih untuk segala bantuan dan dukungannya dari awal hingga akhir pendidikan ini.

Dengan segenap kerendahan hati penulis mohon maaf atas segala kekurangan.

Billahit taufik wal hidayah, wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Surabaya, Agustus 2002

Penulis

RINGKASAN

Kekuatan tulang ditentukan oleh kepadatan dan tebal tulang selama pertumbuhan tulang bertambah panjang dan tebal. Proses pergantian tulang menyebabkan perubahan pada massa tulang, sehingga tulang menjadi jaringan yang dinamis. Olahraga merupakan salah satu *stressor* fisik yang dapat mempengaruhi jaringan tulang, selain itu juga berperan untuk mencegah terjadinya osteoporosis. Namun pengaruh latihan anaerobik interval terhadap kepadatan dan tebal tulang belum terungkap.

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan bahwa latihan anaerobik interval selama 4 minggu dan 8 minggu dapat meningkatkan kepadatan dan tebal tulang. Dalam penelitian ini desain yang digunakan adalah *separate sample pretest posttest control group design*. Hewan coba yang digunakan adalah tikus jenis *rattus norvegicus strain wistar* jantan umur 2 bulan. Sampel diambil secara random dengan besar sampel setiap kelompok 10 ekor. Sebagai variabel independen adalah latihan anaerobik interval dan variabel dependennya adalah kepadatan tulang dan ketebalan tulang. Kelompok penelitian terdiri dari 5 kelompok yaitu : kelompok awal (PRT), kelompok *posttest* kontrol 4 minggu (K1), kelompok *posttest* kontrol 8 minggu (K3), kelompok perlakuan 4 minggu (K2), kelompok perlakuan 8 minggu (K4). Pengukuran kepadatan tulang dilakukan dengan menggunakan alat Ultra Sound DBM Sonic 1200 pada lokasi kaki diafisis femur sebelah kanan sebanyak 4 kali dengan penekanan tombol pada monitor, sedangkan untuk pengukuran tebal tulang menggunakan alat planimeter.

Hasil analisis menunjukkan bahwa latihan anaerobik selama 4 minggu terjadi peningkatan baik kepadatan tulang ($p = 0,001$) maupun tebal tulang ($p = 0,000$). Sedangkan latihan anaerobik interval selama 8 minggu terjadi peningkatan pada kepadatan tulang baik kelompok kontrol ($p = 0,000$) maupun kelompok perlakuan ($p = 0,000$). Namun terjadi penurunan pada tebal tulang baik kelompok kontrol ($p = 0,077$) maupun kelompok perlakuan ($p = 0,007$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa latihan anaerobik selama 4 minggu dapat meningkatkan kepadatan dan tebal tulang. Sedangkan latihan anaerobik selama 8 minggu dapat meningkatkan kepadatan tulang, namun belum dapat meningkatkan tebal tulang.

ABSTRACT

Bone strength is determined by its density and thickness. During the development, bone becomes longer and thicker, and this process may result in change of bone mass. Exercise is one of physical stressors, that may affect bone tissue, in addition to its role in preventing osteoporosis. However, the influence of interval anaerobic exercise on bone density and thickness has never been disclosed.

This study was aimed to attest that interval anaerobic exercise for 4 and 8 weeks might increase bone density and thickness. This study used separate sample pre-test post-test control group design. Experimental animal involved were male Wister strain *Rattus norvegicus* mice aged 2 months. Samples were collected in random, and sample size of each group was 10. The independent variable was interval anaerobic exercise, and the dependent variables were bone density and thickness. The samples were divided into 5 groups, i.e., pre-test group, 4 weeks control group (G1), 8 weeks control group (G2), 4 weeks treatment group (G3), and 8 weeks treatment group (G4). Bone density was measured by means of Ultra Sound DBM Sonic 1200 at right femoral diaphysis 4 times by pushing the button on the monitor, while bone thickness was measured using planimeter.

Results analysis showed that interval anaerobic exercise for 4 weeks resulted in the increase of bone density ($p = 0.001$) and bone thickness ($p = 0.000$). The exercise for 8 weeks revealed increase in bone density in control group ($p = 0.000$) as well as in treatment group ($p = 0.000$), but it also resulted in decreased bone thickness in control ($p = 0.077$) and treatment group ($p = 0.007$).

As a conclusion, anaerobic exercise for 4 weeks increases bone density and thickness, while anaerobic exercise for 8 weeks increases bone density, but not bone thickness.

Keywords: interval anaerobic exercise, bone density, bone thickness

DAFTAR ISI

	Halaman
Sampul Depan	
Sampul Dalam	ii
Prasyarat Gelar	iii
Persetujuan	iv
Penetapan Panitia Penguji	v
Ucapan Terima Kasih.....	vi
Ringkasan	ix
Abstract	xi
Daftar Isi.....	xii
Daftar Gambar.....	xviii
Daftar Tabel.....	xix
Daftar Lampiran	xxi
Daftar Singkatan.....	xxii
 BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1 Tujuan Umum	3
1.3.2 Tujuan Khusus	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Anatomi Tulang.....	5
2.1.1 Struktur Anatomi	5
2.1.2 Tulang Panjang	5
2.1.3 Tulang Pendek	7
2.1.4 Tulang Pipih.....	7
2.1.5 Tulang Ireguler.....	7
2.2 Struktur Histologi Tulang.....	8
2.3 Fungsi Tulang	8
2.4 Komponen Pembentukan Tulang.....	9
2.4.1 Komponen Pembentukan Tulang.....	9
2.4.2 Bahan Organik Tulang.....	9
2.5 Sel Tulang.....	10
2.5.1 Osteoblas.....	10
2.5.2 Osteosit	12
2.5.3 Osteoklas.....	14
2.6 Pertumbuhan Tulang.....	16
2.7 Mineralisasi Tulang	16
2.7.1 Kolagen.....	17
2.7.2 Non Kolagen	18
2.7.3 Hidroksiapatit.....	18
2.8 Kalsium.....	18
2.8.1 Metabolisme Kalsium	18

2.8.2	Pengaruh Vitamin D Terhadap Absorpsi Kalsium	19
2.8.3	Pengaturan dan Penyediaan Kalsium Pada Tulang.....	20
2.8.4	Besar Konsumsi Kalsium Untuk Kepadatan Tulang	21
2.9	Pengertian Latihan	21
2.9.1	Prinsip Latihan	22
2.9.2	Laiuhan Aerobik	24
2.9.3	Latihan Anaerobic.....	25
2.10	Sistem Penyediaan Energi	25
2.10.1	Sistem ATP PC	26
2.10.2	Sistem Glikolisis Anaerobic	27
2.10.3	Sistem Aerobik.....	28
2.10.4	Metode Latihan Interval.....	29
2.11	Latihan Aerobik Intensif dan Latihan Anaerobik Ekstensif.....	30
2.11.1	Beban Latihan	31
2.11.2	Intensitas Latihan	31
2.11.3	Frekuensi dan Lama Latihan.....	32
2.12	Hormon yang Berpengaruh Pada Tulang.....	32
2.13	Hubungan Latihan Terhadap Kepadatan dan Tebal Tulang	36
BAB 3.	KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN	
3.1	Kerangka Konseptual	38
3.2	Hipotesis Penelitian.....	40
BAB 4.	METODE PENELITIAN	
4.1	Rancangan Penelitian	41

4.2 Populasi, Sampel, Tehnik Sampling dan Pembagian Kelompok	42
4.2.1 Populasi.....	42
4.2.2 Sampel.....	42
4.2.3 Besar Sampel	43
4.2.4 Tehnik Pengambilan Sampel	44
4.3 Variabel Penelitian	45
4.3.1 Variabel Bebas.....	45
4.3.2 Variabel Tergantung	45
4.3.3 Variabel Kendali	45
4.3.4 Variabel Moderator.....	45
4.4 Definisi Operasional Variabel.....	45
4.4.1 Latihan Anaerobic interval	45
4.4.2 Kepadatan Tulang	46
4.4.3 Tebal Tulang	46
4.4.4 Jenis Hewan Coba.....	46
4.4.5 Jenis Kelamin Hewan Coba	47
4.4.6 Umur Hewan Coba	47
4.4.7 Kesehatan Fisik Hewan Coba	47
4.4.8 Pemeliharaan dan Perawatan Hewan Coba.....	47
4.4.9 Berat Badan Hewan Coba.....	48
4.5 Bahan dan Instrumen Penelitian.....	48
4.5.1 Bahan Penelitian	48
4.5.2 Instrumen Penelitian	49

4.6	Prosedur Penelitian.....	50
4.6.1	Aklimatisasi	50
4.6.2	Pembagian Kelompok Hewan Coba	50
4.6.3	Penimbangan Berat Badan Sebelum Perlakuan.....	50
4.6.4	Pelaksanaan Perlakuan.....	51
4.6.5	Penimbangan Berat Badan Akhir Perlakuan.....	51
4.6.6	Pembiusan.....	52
4.6.7	Pengukuran Kepadatan Tulang.....	52
4.6.8	Pembuatan Sediaan Histologi dan Pewarnaan.....	52
4.6.9	Pengukuran Tebal Tulang.....	52
4.6.10	Lokasi Penelitian.....	53
4.6.11	Waktu Perlakuan.....	53
4.7	Analisis Data	54
BAB 5. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS		
5.1	Data Hasil Penelitian.....	55
5.1.1	Analisis Diskriptif.....	56
5.1.2	Analisis Perbedaan.....	56
BAB 6. PEMBAHASAN		
BAB 7. KESIMPULAN		
7.1	Kesimpulan.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 : Struktur Tulang Panjang	7
Gambar 2.2 : Morfologi Sel Tulang dan Komponen Organik Tulang	10
Gambar 2.3 : Deposisi Matrik Tulang oleh Osteoblas	12

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 5.1 Nilai rerata dan SD variabel pada tiap kelompok.....	55
Tabel 5.2 Nilai rerata kepadatan tulang dan tebal tulang kelompok kontrol dan kelompok perlakuan	56
Tabel 5.3 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan dan tebal tulang kelompok awal(PRT) dan perlakuan 4 minggu (K1)	57
Tabel 5.4 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan dan tebal tulang kelompok awal (PRT) dan perlakuan 4 minggu (K2)	57
Tabel 5.5 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan dan tebal tulang kelompok awal (PRT) dan kontrol 8 minggu (K3)	58
Tabel 5.6 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan dan tebal tulang kelompok awal (PRT) dan perlakuan 8 minggu (K4)	59
Tabel 5.7 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan dan tebal tulang kelompok kontrol 4 minggu (K1) dan perlakuan 4 minggu (K2)	59
Tabel 5.8 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan dan tebal tulang kelompok kontrol 4 minggu (K1) dan kontrol 8 minggu (K3).....	60
Tabel 5.9 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan dan tebal tulang kelompok perlakuan 4 minggu (K2) dan perlakuan 8 minggu (K4)	61
Tabel 5.10 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan dan tebal tulang kelompok kontrol 8 minggu (K3) dan perlakuan 8 minggu (K4)	61

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Kalender Kegiatan	74
Lampiran 2. Pertumbuhan Berat Badan Tikus Selama Penelitian	75
Lampiran 3. Data Perlakuan, Kemampuan Maksimal	78
Lampiran 4. Skema Pelaksanaan Penelitian.....	80
Lampiran 5. Proses Pembuatan Histologis Tulang.....	81
Lampiran 6. Data Kepadatan Tulang	84
Lampiran 7. Data Tebal Tulang	87
Lampiran 8. Cara Pengukuran Kepadatan Tulang	92
Lampiran 9. Cara Pengukuran Tebal Tulang	93
Lampiran 10. Hasil Analisis Perbedaan Kepadatan dan Tebal Tulang.....	95
Lampiran 11. Foto Pelaksanaan Penelitian	99
Lampiran 12. Foto Histologis Tulang dan Planimeter	102

DAFTAR SINGKATAN

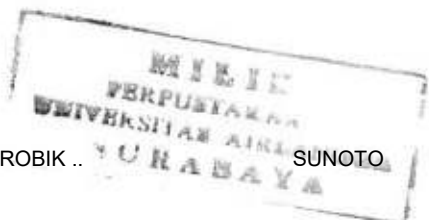
ADP	: Adenosine Diphosphate
ATP	: Adenosine Triphosphate
PC	: Phosphate Creatine
Pi	: Phosphate Inorganik
NAD	: Nikotinamida Adenin Dinukleatida
GM-CFU	: Granulocyte - Macrophage colony Forming Unit
IGF	: Insulin – Like Growth Faktor
GH	: Growth Hormone
GHRH	: Hormone Pelepas Hormon Pertumbuhan
GHIH	: Hormone Penghambat Hormone Pertumbuhan
Co ₂	: Karbondioksida
TNF	: Tumor Necrosis Factor

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kepadatan tulang ditentukan oleh besarnya kandungan mineral pada matrik tulang yang tersusun oleh kalsium. Kepadatan dan tebal tulang menentukan kekuatannya tulang (Paturusi, 2000). Fungsi tulang antara lain adalah untuk memberi bentuk tubuh, melindungi organ dalam, tempat deposit kalsium dan fosfat, tempat melekatnya otot sebagai pengungkit (tuas) dalam pergerakan sendi, tempat pembentukan sel darah merah (Favus, 1993; Thibodeau, 1994). Tulang yang baik memiliki kepadatan, tebal dan kekuatan. Karena kepadatan tulang menentukan kekuatan tulang (Paturusi, 2001). Salah satu tanda hilangnya massa tulang mempengaruhi juga penurunan tebal tulang (Resnick, 1995). Menurut Umemura, (1995) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa sepuluh menit latihan lompat dan latihan lari 60 menit *endurance* mempunyai pengaruh besar terhadap *hypertrophy* pada tulang. Selain itu latihan lompat sama efektifnya dalam *hypertrophy* tulang pada tikus tua dan muda. Olahraga merupakan *stressor* fisik yang dapat mempengaruhi jaringan otot dan tulang (French & Jasnma, 1994). Pada proses pertumbuhan pada umumnya, pertumbuhan tulang juga berkaitan dengan peningkatan panjang dan lebar (Finn Geneser, 1994). Atas dasar pemikiran tersebut di atas, pengaruh latihan anaerobik interval 4 minggu dan 8 minggu terhadap kepadatan dan tebal tulang belum terungkap.



Sepanjang hidup tulang akan mengalami pergantian (turn over) secara terus menerus melalui proses remodelling yang memungkinkan perbaikan kerusakan mikroarsitektur tulang dan merupakan mekanisme pelepasan kalsium ke dalam sirkulasi untuk memenuhi kebutuhan homeostasis (Bostrom, 2000). Puncak massa tulang dicapai sekitar usia 25 sampai 35 tahun, tetapi masih terjadi akumulasi massa tulang selama beberapa tahun kemudian (Mahan, 1996). Respons kepadatan massa tulang dapat diukur dengan menggunakan alat DBM Sonic (digital bone measurment – Emsor, S.A. Madrid, Spain) (Roeshadi & Azharuddin, 1996). Sedangkan hasil penebalan tulang dilihat secara histomorfometri (Resnick, 1998).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah tersebut di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah latihan anaerobik interval selama 4 minggu dapat meningkatkan kepadatan tulang.
2. Apakah latihan anaerobik interval selama 4 minggu dapat meningkatkan tebal tulang.
3. Apakah latihan anaerobik interval selama 8 minggu dapat meningkatkan kepadatan tulang.
4. Apakah latihan anaerobik interval selama 8 minggu dapat meningkatkan tebal tulang.

5. Apakah latihan anaerobik interval selama 8 minggu dapat lebih meningkatkan kepadatan tulang dibanding dengan latihan anaerobik interval selama 4 minggu.
6. Apakah latihan anaerobik interval selama 8 minggu dapat lebih meningkatkan tebal tulang dibanding dengan latihan anaerobik interval selama 4 minggu.

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan umum

1. Membuktikan bahwa latihan anaerobik interval selama 4 minggu dan 8 minggu dapat meningkatkan kepadatan tulang.
2. Membuktikan bahwa latihan anaerobik interval selama 4 minggu dan 8 minggu dapat meningkatkan tebal tulang.

1.3.2 Tujuan khusus

1. Membuktikan bahwa latihan anaerobik interval selama 4 minggu dapat meningkatkan kepadatan tulang.
2. Membuktikan bahwa latihan anaerobik interval selama 4 minggu dapat meningkatkan tebal tulang.
3. Membuktikan bahwa latihan anaerobik interval selama 8 minggu dapat meningkatkan kepadatan tulang.
4. Membuktikan bahwa latihan anaerobik interval selama 8 minggu dapat meningkatkan tebal tulang.

5. Membuktikan bahwa latihan anaerobik interval selama 8 minggu lebih meningkatkan kepadatan tulang dibanding dengan latihan anaerobik interval selama 4 minggu.
6. Membuktikan bahwa latihan anaerobik interval selama 8 minggu lebih meningkatkan tebal tulang dibanding dengan latihan anaerobik interval selama 4 minggu.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memperjelas teori tentang pengaruh latihan anaerobik interval terhadap perubahan kepadatan dan tebal tulang.
2. Memberikan sumbangan keilmuan tentang pengaruh latihan anaerobik interval terhadap perubahan kepadatan dan tebal tulang kepada para praktisi olahraga yang relevan.

B A B 2

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memberikan gambaran secara jelas tentang pengaruh latihan anaerobik interval terhadap kepadatan dan tebal tulang pada tikus putih jenis *rattus norvegicus strain wistar*, maka dalam tinjauan pustaka ini akan diuraikan tentang ; Struktur anatomi dan histologis tulang, fungsi tulang, komponen pembentuk tulang, sel tulang, pertumbuhan tulang, mineralisasi tulang, kalsium, pengertian latihan, latihan aerobik, latihan anaerobik, sistem penyediaan energi, metode latihan interval, beban latihan, hormon yang berpengaruh pada tulang, dan hubungan latihan terhadap kepadatan dan tebal tulang.

2.1 Struktur Anatomi dan Histologi Tulang

2.1.1 Struktur anatomi

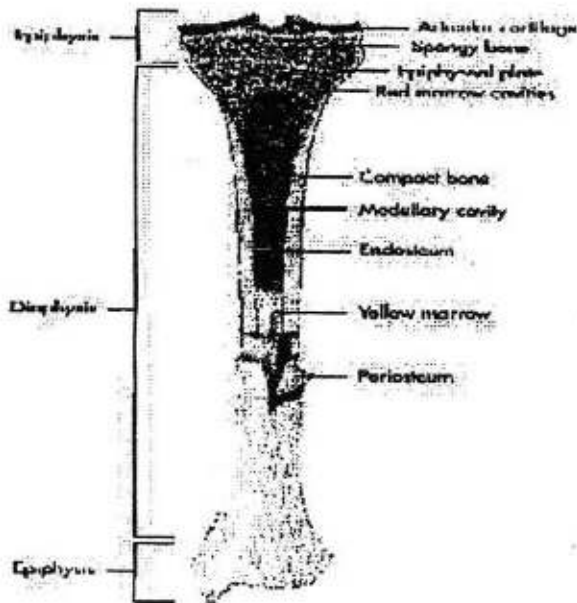
Tulang mempunyai klasifikasi bentuk dan perbedaan ukuran antara lain : tulang panjang, tulang pendek, tulang pipih dan ireguler (Thibodeau, 1994).

2.1.2 Tulang panjang

Tulang panjang berbentuk pipa berlubang melebar pada kedua ujungnya merupakan tempat melekatnya tendon dan *fascia*, sedangkan bagian tengahnya tipis. Di tengah batang (*corpus*) tulang panjang terdapat ruang *cavum medulary* (sumsum tulang) yang berisi sumsum tulang merah dan kuning. Tulang panjang terdapat pada lengan dan tungkai, misalnya tulang femur, humerus, radius dan tibia (Pritchard, 1996) [Cit , sari,2000].

Struktur tulang panjang meliputi diaphysis, medullary cavity, epiphysis, metafisis, articular cartilage, periosteum dan endosteum (Thibodeau, 1994).

1. Diaphysis adalah bagian seperti saluran yang berdinding tebal mengelilingi rongga medulla atau rongga sumsum tulang.
2. Medullary cavity adalah ruang yang berkembang di dalam diaphysis tulang, berisi sumsum tulang.
3. Epiphysis atau ujung tulang terdiri atas tulang spongiosa tempat terjadinya pertumbuhan memanjang tulang.
4. Metafisis mempunyai daerah yang luas dan tempat mineralisasi struktur jaringan tulang.
5. Articular cartilage setiap epiphysis tulang mempunyai lapisan yang tipis berfungsi sebagai pelindung pada ujung tulang.
6. Periosteum adalah serabut membran yang membungkus permukaan luar tulang.
7. Endosteum adalah serabut membran dalam yang tipis dari jaringan penyambung yang mengandung banyak sel.



Gambar 2.1 : Struktur Tulang Panjang (Thibodeau, 1994)

2.1.3 Tulang pendek

Bentuk tulang pendek bulat dan ireguler. Mempunyai spongiaosa yang dikelilingi oleh tulang padat dan keras. Tulang pendek misalnya tulang karpal, tarsal dan patela (Pritchard, 1996)(Cit Sari,2000).

2.1.4 Tulang pipih

Tulang pipih terdiri atas dua lapisan tulang padat yang diantaranya terdapat jaringan spon. Selain scapula dan pelvis, tulang pipih sedikit fungsinya dalam pergerakan. Tulang pipih fungsi utamanya adalah sebagai pelindung organ dalam dan terutama terdapat pada sternum, tulang tengkorak dan tulang muka (Pritchard, 1996) (Cit Sari, 2000).

2.1.5 Tulang ireguler

Terdapat tiga macam tulang ireguler yaitu tulang vertebra, tulang telinga dan tulang muka. Tulang vertebra dari *collumna spinalis* banyak digunakan dalam pergerakan tubuh (Pritchard, 1996) (Cit Sari, 2000).

2.2 Struktur Histologi Tulang

Tulang terdiri dari dua bagian kortikal dan trabekula yang mempunyai proporsi tertentu tergantung jenisnya. Pada tulang bagian kortikal 80% sampai 90% volumenya termineralisasi. Pada tulang bagian trabekula yang termineralisasi hanya 20% karena sebagian besar terdiri atas sumsum yang mengandung lemak dan jaringan hematopoetik. Berdasarkan besar massa tulang yang termineralisasi, bagian kortikal berfungsi mekanik sedangkan bagian trabekula adalah metabolik (Vigorita, 1999). Tulang bagian trabekula mempunyai permukaan tulang dan keaktifan metabolik yang lebih besar dibanding dengan bagian tulang kortikal. Oleh karena itu tulang trabekula lebih sering mengalami perubahan mineral sehingga mempunyai prediposisi terjadinya kekurangan massa tulang (Mahan, 1988). Hilangnya massa tulang kortikal diduga dari penurunan ketebalan tulang kortikal, porositas kortikal di tentukan oleh penampakan kanal vaskuler yang normal atau abnormal. Derajat porositas intra kortikal sebanding dengan peningkatan pertukaran tulang (Resnick, 1995).

2.3 Fungsi Tulang

Fungsi tulang adalah memberi bentuk dan struktur tubuh, melindungi organ tubuh bagian dalam, memproduksi sel darah, menyimpan kalsium dan fosfat, sendi sebagai pengungkit (tuas) untuk pergerakan. Tulang merupakan salah satu jaringan terkeras di dalam tubuh, sebagai unsur pertama kerangka tubuh, tulang menyokong struktur berdaging melindungi organ-organ vital yang terdapat di dalam rongga tengkorak dan dada, dan mengandung sumsum tulang dimana sel darah dibentuk (Juncqueira & Carneiro, 1980 ; Astrand & Rodahl, 1986 ; Thibodeau, 1991).

2.4 Komponen Pembentukan Tulang

Secara mikroskopis tulang terdiri dari bahan organik (30%) dan mineral (70%).

2.4.1 Bahan organik tulang

Bahan organik yang terdiri dari Matrik (98%), terdiri dari kolagen (95%) dan non kolagen (5%) diantaranya osteoklasin, osteonektin, proteoglikan, sikloprotein, protein morfogenik, proteolipid dan fosfoprotein. Sel tulang (2%) yaitu osteoblas, osteosit dan osteoklas.

2.4.2 Mineral

Salah satu penyusun utama tulang dihasilkan dari proses mineralisasi tulang yaitu hidroksiapatit. Mineral sebagian besar terdiri dari hidroksiapatit suatu kristal kalsium fosfat. Mineral tulang juga mengandung karbonat, Mg, K, F dan Cl (Tjokroprawiro, 2000).



H = Sistem Havers L = *Cement Lines* O = Osteosit
 C = Tulang Kortikal
 A = Matrik tulang yang telah mengalami dekalsifikasi

Gambar 2.2 : Morfologi Sel Tulang dan Komponen Organik Tulang
 (Burkitt, 1993)

2.5 Sel tulang

2.5.1 Osteoblas

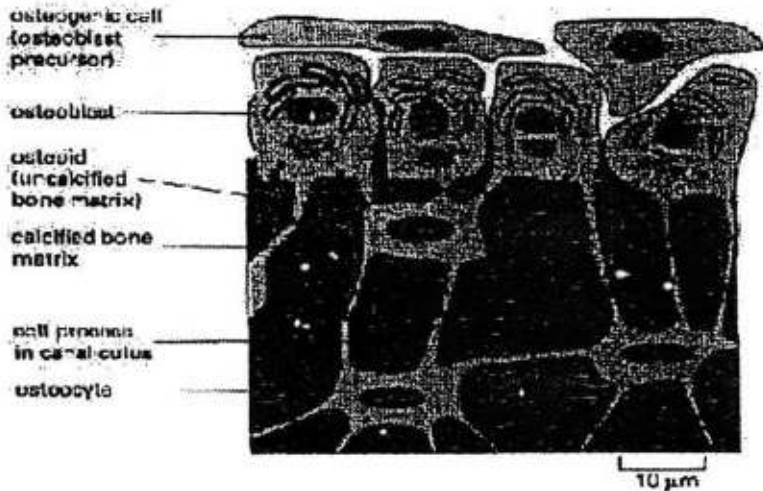
Sel osteoblas yang berperan dalam proses reversal dan formasi yaitu sel tulang yang berasal dari sel-sel induk mesenkimal di sumsum tulang . Osteoblas aktif berbentuk bulat, oval atau polihedral, terletak dipermukaan tulang dan memadati daerah sekitarnya. Osteoblas mensintesa komponen matrik tulang (kolagen dan glikoprotein) yang kemudian mengalami proses kalsifikasi dengan masuknya kristal-kristal hidroksiapatit. Osteoblas yang terdapat didalam lakuna-lakuna dan telah dikelilingi oleh matrik tulang yang terkalsifikasi disebut osteosit. Juluran filopodial osteosit dapat berhubungan dengan sel-sel yang berdekatan melalui gap junction, sehingga memungkinkan nutrisi dan metabolit dapat mengalir antara osteosit dan pembuluh darah (Pritchard, 1996).

Osteoblas berperan penting terhadap proses produksi kolagen dan mukopolisakarida. Osteoblas mensintesa kolagen tipe I, matrik *ekstraseluler* dan protein non kolagen (Vigorita, 1999). Karakteristik ultrastruktural osteoblas yang sesuai dengan fungsi sintesa dan sekresi protein yaitu mempunyai sejumlah besar endoplasmik retikulum yang tersebar luas. Jumlah mitokondria dalam sitoplasma menjadi lebih prominen pada peningkatan aktivitas sel yang merupakan indikasi peran osteoblas pada mineralisasi tulang (Resnick, 1995).

Bentuk osteoblas tergantung derajat aktivitasnya. Pada keadaan aktif memproduksi matrik osteoblas berbentuk kuboid atau kolumnar dan pada saat tidak aktif berproduksi bentuknya pipih (flat) dan memanjang. Bentukan osteoblas pada saat tidak aktif disebut *resting lining cell*. *Resting lining cell* terletak pada permukaan endosteal dan berfungsi melindungi tulang terhadap proses resorpsi (Roah, 2000; Bostrom, 2000). Osteoblas berhubungan satu sama lain dengan osteosit melalui sitoplasma atau prosesus seluler kanalikuli matrik tulang (Vigorita, 1999). Prosesus sitoplasma osteoblas meluas melalui matrik osteoid yang berhubungan dengan osteosit di dalam matrik bermineral (Rifflin, Cit Sari, 2000).

Osteoblas mempunyai andil dalam mengendalikan gelombang elektrolit pada cairan interstitial dan mempengaruhi mineralisasi matrik tulang melalui sintesa komponen matrik organik tulang dan produksi vesikel matrik (Pritchard, 1996, Cit Sari, 2000). Osteoblas mengatur konsentrasi ion kalsium pada matrik melalui pelepasan kalsium dari intraseluler (Bostrom, 2000). Difusi kalsium dari osteoblas ke matrik dilakukan oleh *bundle* dari filamen tipis yang terdapat pada

tonjolan-tonjolan osteoblas (Resnick, 1995). Hormon-hormon sistemik dan sitokin lokal dapat merangsang osteoblas untuk melepaskan mediator yang banyak terdapat ditempat pembentukan tulang termasuk tempat remodeling tulang dan tempat penyembuhan fraktur. Aktivitas osteoblas antara lain dirangsang oleh paratiroid, 1,25-dihidroksivitamin D₃, IL-1, T₃ dan T₄, IGF-1, hGH, PGE₂ dan TNF, serta dihambat oleh kortikosteroid (Pritchard, 1996, *cit* Sari, 2001; Ganong, 1999).



Gambar 2.3 : Deposisi Matrik Tulang oleh Osteoblas (Alberts, 1994)

2.5.2 Osteosit

Osteoblas dapat menghasilkan zat-zat interseluler organik atau matrik dimana kemudian dapat terjadi kalsifikasi. Jaringan yang tidak mengalami pengapuran karena mempunyai kesamaan mikroskopis dengan tulang disebut osteoid. Setelah osteoblas dikelilingi oleh produk zat interselulernya sendiri, osteoblas tersebut berada di dalam lakuna dan disebut osteosit (Salter, 1983).

Osteosit adalah sel tulang yang tertanam dalam matrik yang termineralisasi. Mempunyai sejumlah besar endoplasmik retikulum kasar, Golgi aparatus, mitokondria, mikrotubulus dan mikrofilamen. Dengan bertambahnya mineralisasi, organel-organel ini menjadi sulit dibedakan sehingga osteosit diidentifikasi dengan mikroskop cahaya melalui penampakan nukleusnya yang jelas (Vigorita, 1999). Osteosit mampu mensintesa matrik tulang walau kemampuannya kurang dibanding osteoblas dan terlibat dalam resorpsi tulang melalui proses yang disebut *osteocytic osteolysis* (Resnick, 1995). Osteosit berhubungan dengan osteoblas pada permukaan tulang (*bone lining cell*) melalui proses yang terdapat pada sistim kanalikuli. Proses osteosit berupa mikrofilamen berdiameter 5-7 nm, berfungsi mempertahankan kontak osteosit dengan osteosit lain dan media bagi aliran kalsium antara tulang dan cairan ekstraseluler (Vigorita, 1999; Sankaran, 2000).

Osteosit terletak dalam rongga kecil atau lakuna dalam matrik yang terdiri atas serat kolagen yang mengandung garam anorganik secara khusus. Matrik ini tersusun dalam lapisan-lapisan atau lamel-lamel dan diterobos kanalikuli halus yang menghubungkan lakuna berdekatan dan sebagian berisikan cabang sitoplasma baru dari eritrosit. Penggabungan ini memungkinkan aliran ion dan molekul kecil antar sel. Hubungan antara filopodial memberikan suatu mekanisme dimana nutrien dan metabolit dapat mengalir di antara pembuluh darah dan osteosit yang berjauhan (Juncqueira & Carneiro, 1992; Resnick, 1995).

Berkaitan dengan aktivitas osteosit, maka dapat dideskripsikan menjadi tiga fase yaitu :

- a. Fase pembentukan. Pada fase ini osteosit bertindak sebagai sel sekretori aktif dan menampakkan karakteristik struktural dari osteoblas yaitu nukleus yang berukuran agak besar, *endoplasmic reticulum* yang luas, kompleks Golgi yang besar dan mitokondria dalam jumlah banyak.
- b. Fase penyerapan. Pada fase penyerapan *endoplasmic reticulum* dan mitokondria menjadi kurang prominen.
- c. Fase generatif. Pada fase tersebut tampak vakuolisasi sitoplasma, mitokondria dan aparatus Golgi (Resnick, 1995).

2.5.3 Osteoklas

Osteoklas adalah sel yang dapat bergerak, dapat berpindah-pindah sepanjang permukaan tulang, melekat pada permukaan tulang dan meresorpsi tulang. Osteoklas berasal dari *hematopoietic stem cell* yaitu *granulocyte-macrophage colony forming unit* (GM-CFU). Osteoklas merupakan sel yang mempunyai banyak inti (2-100 nukleus), berukuran 20-100 μm dengan masa hidup pendek. Prekursor osteoklas mula-mula hanya berinti satu setelah *recruitment* dan *activation*, osteoklas menjadi berinti ganda (Resnick, 1995; Vigorita, 1999; Soebandiri, 2000).

Osteoklas berikatan dengan permukaan tulang melalui protein pelekat sel yang disebut integrins (Bostrom, 2000). Osteoklas biasanya menonjol diatas permukaan matrik dan bersatu dengan osteoblas dan osteoklas lain. Pada daerah

tulang yang mengalami resorpsi, osteoklas ditemukan terletak dalam cekungan matrik yang dibentuk secara sistematis dan dikenal sebagai lakuna howship (Pritchard, 1996) (Cit. Sari, 2000). Osteoklas mensekresi asam, kolagenase dan enzim proteolitik lain yang menyerang matrik tulang, melepaskan zat dasar yang terkalsifikasi dan aktif terlibat dalam pembersihan debris yang terbentuk selama resorpsi (Juncqueira & Carneiro, 1992). Daerah perlekatan osteoklas dengan tulang merupakan suatu lingkungan dengan keasaman tinggi yang mendukung terjadinya resorpsi (Resnick, 1995). Saat resorpsi tulang osteoklas menurunkan pH dengan cara memproduksi ion hidrogen melalui sistem karbonik anhidrase (Bostrom, 2000). Perlekatan osteoklas pada tulang saat resorpsi melalui *ruffled border* yang terdiri atas podosom-podosom disekeliling *clear zone* (Vigorita, 1999). Ketika proses resorpsi berakhir dan osteoklas berpindah dari permukaan tulang, *clear zone* dan *ruffled border* tidak lagi terlihat. Jumlah osteoklas akan berkurang dan mungkin menghilang seluruhnya (Resnick, 1995). Osteoklas dijumpai pada tulang normal tetapi kadang-kadang ditemukan di permukaan endosteal, haversian dan tulang periosteal. Bila osteoklas aktif, mitokondria mengisi sitoplasma untuk menyediakan sejumlah besar energi yang diperlukan untuk resorpsi tulang (Pritchard, 1999)(cit sari,2000). Aktivitas osteoklas dapat dipacu antara lain oleh IL-1, IL-6 dan TNF- α (Cotran , 1999; Tjokroprawiro, 2000).

2.6 Pertumbuhan Tulang

Pertumbuhan tulang berhubungan dengan resorpsi parsial jaringan yang telah dibentuk dan pembentukan tulang baru pada saat bersamaan. Proses pembentukan tulang secara intramembran terjadi pada jaringan ikat, ukuran epifisis bertambah karena pertumbuhan radial osifikasi endokondral. Dengan cara ini sebagian sponsiosa epifisis bertambah. Mayoritas pembentukan tulang adalah melalui proses osifikasi endokondral (Solomon, 1990). Istilah "Remodeling" dapat digunakan untuk menggambarkan adanya pertumbuhan diameter dan modifikasi bentuk tulang selama pertumbuhan longitudinal tulang (Vigorita, 1990). Peningkatan panjang tulang diafisis terutama terjadi sebagai akibat kegiatan osteogenetik lempeng epifisis, lebarnya bertambah sebagai akibat pembentukan tulang oleh periosteum pada permukaan luar. Secara singkat dapat dikatakan bahwa tulang panjang sebagai akibat kegiatan lempeng epifiseal dan menjadi lebar sebagai akibat posisi tulang yang dibentuk oleh periosteum. Bila tulang rawan epifiseal berhenti tumbuh, akan digantikan oleh jaringan tulang melalui proses osifikasi. (Juncqueira & Carneiro, 1980 ; Ganong, 1991).

2.7 Mineralisasi Tulang

Beberapa hal yang perlu diperhatikan terjadinya klasifikasi tulang antara lain tersedianya mineral penyusun hidroksiapatit, struktur kolagen yang memungkinkan terjadinya deposisi kalsium pada matrik tulang. Proses mineralisasi merupakan suatu cara pembentuk tulang, karena proses mineralisasi menghasilkan hidroksiapatit yang merupakan penyusun utama mineral tulang (Tjokropawiro, 2002).

Pembentukan tulang hasil sekresi molekul-molekul kolagen (yang disebut sebagai kolagen monomer) dan substansi dasar oleh osteoblas. Kolagen monomer dengan cepat berpolimerisasi untuk membentuk serat-serat kolagen dan jaringan akhir yang terbentuk adalah osteosit yang merupakan bahan seperti tulang rawan, namun berbeda dengan tulang rawan, karena garam-garam kalsium akan segera mengendap didalamnya. Sewaktu osteoid terbentuk beberapa osteoblas terperangkap dalam osteoid dan selanjutnya sebagai osteosit (Guyton & Hall, 1996).

2.7.1 Kolagen

Merupakan protein terbanyak dalam tubuh manusia terdapat pada macam-macam komponen dari jaringan ikat. Kolagen merupakan protein berstruktur triple helix fibril yang mempunyai orientasi berupa polipeptida tiga dimensi. Adanya asam amino tertentu memberi karakteristik utama tipe kolagen seperti kecenderungan untuk membentuk deposisi mineral atau meningkatkan agregasi molekul kolagen lebih lanjut (Ganong, 1999; Vigorita, 1999).

Kolagen merupakan penyusun utama tulang, kolagen tipe I. Penyusun 95% total protein tulang yang tertanam dalam mukopolisakarida (Resnick, 1995; McKenzie, 2000; Tjokropawiro, 2000).

2.7.2 Non kolagen

Merupakan molekul-molekul yang komposisinya terdiri dari asam kionat dengan inti protein dan rantai *polysacharida*. Matrik protein non kolagen

mempunyai afinitas mengikat kalsium dan eliminasi bahan penghambat klasifikasi (Boskey, 1992).

2.7.3 Hidroksiapatit

Hidroksiapatit merupakan mineral utama tulang (Tjokroprawiro, 2002). Hidroksiapatit tersusun atas kalsium yang merupakan komponen terbesar, fosfat dan ion hidroksi (Bostrom, 2000; McKenzie, 2000). Proses pembentukan hidroksiapatit pada tulang dan gigi diatur oleh interaksi antara jaringan motorik dan mineral. Pada jaringan yang termineralisasi beberapa makromolekul organik mengikat mineral pada ikatan tersebut menjadi pengaturan ukuran dan bentuk kristal mineral, penentuan tempat awal dan tipe deposisi mineral (Boskey, 1992).

2.8 Kalsium

2.8.1 Metabolisme kalsium

Kalsium selain membentuk tulang, berfungsi pula menjamin kelestarian hidup sel. Apabila terjadi penurunan kadar kalsium dalam cairan ekstraseluler kekurangan tersebut akan digantikan oleh kalsium dari tulang. Sehingga kekurangan kadar kalsium ekstraseluler secara terus menerus akan mengakibatkan menurunnya kandungan kalsium tulang pada keadaan normal. Kecepatan pembentukan tulang lebih rendah daripada resorpsinya maka akan terjadi proses osteoporosis (Roeshadi, 1996). Terdapat hubungan erat antara metabolisme tulang dan homeostasis kalsium yang dipertahankan melalui suatu mekanisme kompleks untuk mengatur keseimbangan kalsium tubuh. Pengendalian

homeostasis kalsium terutama ditekankan terhadap konsentrasi kalsium ekstraseluler. Tiga organ utama yang berperan terhadap pengaturan keseimbangan saluran pencernaan, skeletal dan ginjal serta melibatkan tiga hormon yaitu paratiroid, kalsitonin dan 1,25 dihidroksivitamin D3 (Berne & Levy, 1993; Mahan, 1996; Ganong, 1999).

Metabolisme kalsium dan fosfat mempunyai hubungan yang sangat erat dalam proses mineralisasi tulang. Salter, (1983) menyatakan kalsium ikut berperan dalam banyak fungsi penting dalam tubuh antara lain : Pembentukan darah, transmisi impuls neuromuskuler, iritabilitas dan kontraksi otot, Keseimbangan asam basa, permeabilitas membran sel, adhesive dan adisi diantara sel, berperan dalam mekanisme riginitas dan pengerasan tulang, yang berhubungan dengan aktifitas neuromuskuler dan juga berperan dalam konsentrasi ion hidrogen dalam tubuh, dalam bentuk substansi organik, fosfor transfer energi (Azharuddin, 1991).

2.8.2 Pengaruh vitamin D terhadap absorpsi kalsium

Pengubahan vitamin D menjadi bentuk aktif yaitu 1,25 hidroksikolekalsiferol (1,25-(OH) D3) terjadi melalui serangkaian reaksi hepar dan ginjal yang melibatkan hormon paratiroid (Guyton & Hall, 1996). Vitamin D mempunyai efek yang kuat dalam meningkatkan absorpsi kalsium dan pengendapan kalsium. Vitamin D juga mempunyai efek terhadap deposisi tulang dan resorpsi tulang. Vitamin D dalam jumlah sedikitpun dapat meningkatkan klasifikasi tulang (Guyton, 1991; Kasser, 1996). Bila konsentrasi kalsium dalam

plasma sangat tinggi, pembentukan 1,25- dihidroksikolekalsiferol sangat tertekan, kurangnya 1,25- dihidroksikolekalsiferol ini selanjutnya mengurangi absorpsi kalsium dari usus, tulang dan tubulus ginjal sehingga menyebabkan kembalinya konsentrasi ion kalsium kenormal (Guyton&Hall, 1996).

2.8.3 Pengaturan dan penyediaan kalsium pada tulang

Pengaturan kalsium tulang dipengaruhi oleh sistim homeostasis yaitu regulasi kalsium plasma dan melalui proses remodeling tulang. Penyediaan dan pengaturan kalsium pada matrik tulang berasal dari pelepasan kalsium intraseluler oleh osteoblas dan dari cairan ekstraseluler melalui hubungan falopodial (kanakuli) yang memungkinkan terjadinya aliran nutrisi dan metabolit (Rednick, 1995; Bostrom, 2000).

Menurut Thomas, (1991) binatang yang kurang mendapatkan kalsium akan menunjukkan adanya peningkatan tebal tulang trabekula dan penurunan tebal tulang kortikal dibanding dengan binatang yang mendapat cukup kalsium. Penurunan kadar kalsium juga menyebabkan fungsi tulang sebagai pembuat sel terhambat karena terdapat lebih banyak lemak pada derah sumsum tulang (Pudyadi, 1997).

2.8.4 Besar konsumsi kalsium untuk kepadatan tulang

Puncak masa tulang sekitar usia 25 sampai 35 tahun, pada usia 20 tahun tulang panjang akan berhenti untuk tumbuh, tetapi masih terjadi akumulasi massa tulang selama beberapa tahun (Mahan, 1996). Pemberian kalsium sebagai terapi

pada osteoporosis adalah 1000 mg per hari untuk masa sebelum menopause, dan bagi wanita menopause hingga umur 65 tahun mendapat terapi hormon dengan dosis kalsiumnya meningkat menjadi 1500 mg per hari (Mahan, 1996).

Konsentrasi kalsium dalam plasma rata-rata mendekati 9,4 mg/dl, normalnya bervariasi antara 9 sampai 10 mg/dl. Kalsium yang sudah terionisasi merupakan kalsium yang penting untuk sebagian besar fungsi kalsium dalam tubuh termasuk efek kalsium terhadap jantung, system saraf, dan pembentukan tulang (Guyton & Hall, 1996).

2.9 Pengertian Latihan

Latihan adalah aktivitas yang sistematis untuk meningkatkan kapasitas fungsional fisik dan daya tahan tubuh, dengan tujuan akhir untuk meningkatkan penampilan (Pate, 1984). Menurut Harsono, (1985) latihan adalah suatu aktivitas olahraga yang sistematis dalam jangka waktu yang lama, progresif dan individual yang bertujuan membentuk fungsi fisiologis tubuh untuk memenuhi kebutuhan hidup. Menurut Brooks, (1994) latihan fisik pada prinsipnya memberi *stress* pada tubuh secara teratur, sistematis dan berkesinambungan sedemikian rupa sehingga dapat meningkatkan kemampuan dalam melakukan kerja.

2.9.1 Prinsip latihan

Dalam mengembangkan kondisi fisik, perlu diketahui tentang prinsip latihan agar latihan yang dilakukan membuahkan hasil sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai (Fox, 1993). Ada beberapa prinsip-prinsip latihan yang perlu diperhatikan :

a. Prinsip beban berlebih

Untuk mendapatkan pengaruh latihan yang baik, organ tubuh mendapat beban yang melebihi beban yang biasanya diterima dalam aktifitas sehari-hari. Beban yang diterima bersifat individu, tetapi pada prinsipnya diberi beban sampai mendekati maksimal (Brooks & Fahey, 1984; Fox, Bowers, Foss, 1983).

b. Prinsip beban bertambah

Suatu prinsip latihan peningkatan beban secara bertahap yang dilaksanakan di dalam suatu program latihan. Peningkatan dapat dilakukan dengan cara meningkatkan beban, set repetisi, frekwensi maupun lama latihan (Bowers, 1992). Hekkinen, (1993) mengemukakan bahwa peningkatan beban yang tidak sesuai atau sangat tinggi dapat menurunkan pengaktifan sistem saraf.

c. Prinsip latihan beraturan

Melakukan latihan sebaiknya dimulai dari otot-otot yang besar menuju otot yang lebih kecil (Fox, Bowers, Foss, 1993). Oleh karena itu otot yang besar terlebih dahulu dilatih, sebelum melatih otot-otot yang lebih kecil.

d. Prinsip individual

Pada prinsipnya karakteristik setiap individu berbeda, baik secara fisik maupun psikologis. Untuk itu target latihan disesuaikan dengan tingkat kebugaran tubuh seseorang, dengan tujuan yang ingin dicapai dan lamanya latihan. (Fox, Bowers, Foss, 1993).

e. Prinsip kekhususan latihan

Kekhususan latihan dalam hal ini adalah spesifik terhadap kelompok otot yang dilatih. Pada gerakan sendi dan jenis kontraksi otot yang berkaitan dengan cabang olahraga yang dilakukan (Brooks & Fahey, 1984).

f. Prinsip mengenal sumber energi utama yang digunakan

Dengan mengenal sistem energi yang digunakan dalam berbagai macam aktifitas olahraga dapat digunakan untuk pemberian penekanan terhadap variasi sistem energi yang diberikan pada suatu latihan dengan tepat guna memperoleh peningkatan kemampuan secara maksimal (Fox, Bowers, Foss, 1993).

g. Prinsip kembali awal

Kualitas yang diperoleh dari latihan akan dapat menurun kembali, apabila tidak melakukan latihan dalam waktu tertentu, dengan demikian maka latihan harus dilaksanakan secara berkesinambungan (Soekarman, 1989).

h. Prinsip pulih asal

Fox, Bowers, Foss, (1993) menyatakan apabila latihan bersifat aerobik atau anaerobik perbandingan pulih asal adalah : 1 : ½ dan 1 : 3 (suatu misal 1 : ½, satu menit latihan dengan istirahat ½ menit dan 1 : 3. satu menit latihan dengan istirahat 3 menit).

2.9.2 Latihan aerobik

Latihan aerobik adalah aktivitas fisik dengan menggunakan energi dari sistem glikolisis aerobik. Dengan menggunakan sistem energi aerobik, latihan fisik dapat dilakukan dalam waktu yang relatif cukup lama, yaitu lebih dari 3 menit. Kemampuan kerja secara aerobik ditentukan oleh kemampuan kerja paru dan kerja jantung, di samping itu juga ditentukan oleh unsur kemampuan metabolisme dalam tubuh. Paru merupakan tempat *difusi* oksigen dan karbon dioksida di antara alveolus dan darah, sedangkan jantung bekerja untuk memompa darah ke seluruh tubuh sehingga dapat mengedarkan oksigen ke seluruh tubuh dan mengangkut CO₂ untuk dikeluarkan dari tubuh (Guyton & Hall, 1996).

Kerja aerobik membutuhkan sumber energi utama berupa lemak. Kapasitas kerja aerobik dapat ditingkatkan melalui bentuk-bentuk latihan dengan beban ringan dan waktu yang cukup lama (Bompa, 1994). Selain itu, kemampuan aerobik atlet dikembangkan berdasarkan sistem energi dominan yang digunakan (Soekarman, 1989).

2.9.3 Latihan anaerobik

Latihan anaerobik adalah suatu bentuk latihan yang dilakukan dalam waktu relatif singkat dan tidak tergantung oksigen dalam penyediaan energinya. Di tinjau dari sistem penggunaan energi dominan yang digunakan, bentuk latihan tersebut menggunakan bahan bakar karbohidrat. Latihan pada zona

anaerobik interval, tolok ukur intensitas dengan menggunakan indikator denyut nadi berkisar antara 180 – 200 per menit (Janssen,1989).

Prinsip latihan untuk ketahanan dan kekuatan anaerobik adalah memberi beban maksimal yang dikerjakan untuk waktu yang pendek dan diulang beberapa kali. Maksud latihan ini adalah meningkatkan ATP-PC dalam otot, peningkatan kadar glukogen maupun meningkatkan ambang aerobik dengan cara pembentukan asam laktat yang lebih pada beban yang sama, maupun ketahanan terhadap keasaman yang disebabkan oleh asam laktat (Soekarman,1989). Pada prinsipnya latihan dengan kapasitas anaerobik merupakan kegiatan yang berlangsung dalam waktu yang singkat dan sumber energinya berasal dari glikolisis anaerobik (Fox,1993).

2.10 Sistem Penyediaan Energi

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja. Ada dua energi yang digunakan oleh tubuh untuk melakukan aktivitas yaitu energi mekanik dan energi kimia. Energi kimia berasal dari makanan, energi yang dihasilkan tersebut digunakan otot untuk kerja mekanik (Fox, 1993). Energi digunakan dalam bentuk perseyawaan kimia. Adenosin trifosfat (ATP) yang di timbun dalam otot . ATP ini tidak saja digunakan untuk kontraksi otot saja tetapi juga untuk proses lain seperti sintesa protein, transport aktif ion yang melewati membran, untuk aktivitas dari beberapa macam metabolisme (Amstrong, 1979).

Sejumlah energi yang terbebaskan saat terpisanya sebuah ikatan fosfat dari molekul (ATP , ADP dan Pi) yang merupakan sumber energi yang dapat

digunakan otot untuk melakukan aktivitas (Katch, 1983). Penyediaan energi dalam tubuh disediakan dengan tiga cara yaitu ; 1). Sistem energi ATP – PC (*phosphagen system*), 2). Sistem glikolisis anaerobik (*lactid acid system*), 3). Sistem aerobik (*aerobik system*) (Soekarman, 1991).

2.10.1 Sistem ATP-PC (*phospagen system*)

Di dalam otot ATP yang tersedia jumlahnya sangat terbatas. Apabila otot berkontraksi dengan cepat dan kuat maka diperlukan ATP yang jumlahnya relatif banyak. ATP-PC yang terdapat di otot hanya cukup untuk penyajian energi selama 5 –10 detik (Fox,1993). Untuk dapat melakukan aktivitas perlu adanya pembentukan ATP yang baru dengan cepat. Adapun senyawa yang dipergunakan adalah PC (*Phosphocreatine*), yang terdapat dalam otot. PC ini jumlahnya sangat sedikit, tetapi PC merupakan cadangan energi tingkat tinggi yang tercepat untuk pembentukan ATP kembali. Reaksi pemecahan ATP dan PC berlangsung sangat cepat, segera setelah ATP digunakan, PC langsung dipecah dan menghasilkan energi untuk resintesa ATP yang telah digunakan (Fox,1993). Untuk meningkatkan kualitas sistem ATP-PC tersebut diperlukan latihan yang cepat dan berat (Soekarman, 1991). Sistem ATP-PC ini merupakan sistem penyediaan energi yang paling cepat dan banyak digunakan pada cabang olahraga yang memerlukan kecepatan (Fox, 1993). Schumacker P, (1999) menyatakan bahwa *creatine phosphate* akan mengalami penurunan pada saat awal latihan, karena sistem *creatine phosphate* digunakan untuk menopang kadar ATP dari percepatan respirasi mitokondria.

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

2.10.2 Sistem glikolisis anaerobik

Setelah melakukan latihan yang berat maka cadangan ATP-PC akan berkurang, karena aktivitas tersebut, maka berikutnya adalah dengan melakukan pemecahan glikogen menjadi glukosa. Dalam proses ini lazim disebut dengan sistem glikolisis anaerobik (*Lactid acid system*). Glikolisis anaerobik dapat diartikan sebagai pemecahan glikogen yang tersimpan di dalam sel otot untuk memperoleh energi yang akan digunakan untuk meresintesa ATP. Jadi kontraksi otot yang sangat cepat menggunakan sistem energi ATP-PC sedangkan kontraksi otot cepat dapat disediakan dengan sistem energi glikolisis anaerobik (Fox, 1993).

Glikolisis anaerobik melibatkan pemecaan tidak sempurna dari salah satu bahan makanan, yaitu karbohidrat dikonveksi menjadi glukosa, disimpan didalam hati dan otot sebagai glikogen untuk dipergunakan kemudian. Asam laktat adalah hasil glikolisis anaerobik (Cerretelli, 1992). Pada sisi lain asam laktat merupakan sumber energi kimia yang tertimbun dan tersimpan di dalam tubuh selama berlangsungnya aktifitas fisik yang berat. Jika oksigen segera tersedia dan mencukupi, maka hydrogen yang terikat pada asam laktat akan diambil oleh NAD (nikotinamida adenin dinukleatida) dan teroksidasi, dengan cara seperti itulah asam laktat siap untuk diubah kembali menjadi asam piruvat yang dapat digunakan untuk meresentesa ATP. Pada masa pemulihan asam piruvat akan

menjadi glikogen di hati dan otot. Bilamana glikogen diperlukan maka glikogen tersebut dapat diubah menjadi glukosa dan selanjutnya mengalami proses glikolisis untuk membentuk ATP (Fox, 1993).

Olahraga yang memerlukan percepatan, pertama-tama menggunakan sistem ATP- PC dan kemudian baru sistem asam laktat (lactic acid system). Selanjutnya asam laktat dapat diubah menjadi glukosa didalam hati, glikolisis anaerobik dan juga system phospagen merupakan proses yang dapat memberikan ATP dengan cepat. Untuk olahraga yang memerlukan waktu 1- 3 menit energi yang digunakan terutama dari glikolisis anaerobik (Soekarman, 1991).

2.10.3 Sistem Aerobik (*aerobic system*)

Sistem aerobik adalah suatu sistem penyediaan ATP yang berasal dari metabolisme aerobik. Sistem aerobik meliputi oksidasi karbohidrat, oksidasi lemak, dan oksidasi protein yang berlangsung di mitokondria melalui serangkaian proses glikolisis aerobik (Bompa, 1994). Proses penyediaan energi melalui sistem aerobik ini merupakan suatu proses yang membutuhkan reaksi kimia dan enzim yang banyak. Akibatnya sistem ini tidak dapat digunakan secara cepat seperti sistem anaerobik. Sistem aerobik ini terjadi dalam mitokondria, karena mitokondria mempunyai sistem membran yang disebut krista (lipatan atau lekukan dalam). Krista mengandung hampir semua enzim yang diperlukan bagi metabolisme secara aerobik (Bowers, 1992). Proses oksidasi yang berlangsung di mitokondria melalui serangkaian proses glikolisis aerobik, siklus Krebs dan sistem transport elektron (Guyton & Hall, 1996).

2.10.4 Metode latihan interval

Latihan interval ini berlangsung secara intermiten, silih berganti antarara fase kerja dan fase istirahat. Salah satu kelebihan latihan interval ini adalah banyaknya variasi yang dapat dikembangkan (Nossek, 1982). Latihan interval ini merupakan salah satu metode latihan yang pada umumnya digunakan untuk meningkatkan kondisi fisik. Salah satu keuntungan latihan interval adalah menggunakan prinsip beban bertambah (Astrand, 1986). Penggunaan istirahat dalam suatu latihan diperlukan karena berfungsi untuk memberikan kesempatan kepada tubuh memulihkan jaringan otot dan organ tubuh lain yang mengalami kelelahan selama latihan, sehingga dapat membentuk energi baru untuk digunakan melakukan aktivitas yang lain (Fox, 1991).

Fungsi istirahat dalam suatu latihan mempunyai tujuan ;

1. Memberi kesempatan kepada tubuh untuk mengembalikan kondisi fisiologis tubuh seperti semula.
2. Memberikan kesempatan untuk resintesa asam laktat menjadi glikogen untuk membentuk energi baru.
3. Meningkatkan rangsangan otot untuk melakukan kerja kembali (Soekarman, 1991).

2.11 Latihan Aerobik Intensif dan latihan Anaerobik Ekstensif

Ditinjau dari sistem metabolik, latihan dapat mengembangkan sistem energi aerobik dan dapat pula mengembangkan sisitem energi anaerobik (Fox, 1993). Latihan yang berintensitas aerobik kadar laktat darah kurang dari 4 milimol

per liter darah. Latihan aerobik ini dibagi dua yaitu latihan aerobik ekstensif dan latihan aerobik intensif. Latihan aerobik berada ini dibawah denyut nadi defleksi, yaitu untuk latihan aerobik ekstensif dilakukan pada kadar laktat darah 1,5 – 2,5 milimol per liter darah atau 85% - 90% dari titik defleksi dan latihan aerobik intensif pada kadar laktat darah 2,5 – 3,5 milimol per liter darah atau 90% - 97% dari titik defleksi, maka agar latihanya dapat berlangsung lama dilakukan dengan cara fase kerja diselingi fase istirahat atau disebut interval. Latihan ini dapat dilakukan dengan interval istirahat, yaitu interval kerja diselingi interval istirahat pendek (Janssen, 1989).

Latihan anaerobik, biasanya dilakukan dengan intensitas tinggi dalam waktu pendek, pada kadar laktat darah lebih dari 4 milimol per liter darah. Agar latihan ini dapat berlangsung lama maka fase kerja dengan beban tinggi harus diselingi fase istirahat. Cara latihan seperti ini sering disebut latihan interval. Latihan anaerobik juga dibagi dua, yaitu latihan anaerobik ekstensif dan latihan anaerobik Intensif. Latihan anaerobik ekstensif adalah latihan yang dilakukan di atas denyut nadi ambang anaerobik, yaitu kadar laktat darah 4 – 6 milimol per liter darah atau 103% - 110% dari titik ambang anaerobik, dan latihan anaerobik intensif yaitu latihan yang dilakukan pada kadar laktat darah di atas 6 milimol per liter darah atau di atas 110% dari titik ambang anaerobik. Latihan anaerobik ekstensif dapat dilakukan dengan interval istirahat panjang yaitu interval kerja diselingi interval istirahat panjang (Ratio kerja/istirahat; 1: 2 dan 1 : 3) (Janssen, 1989).

2.11.1 Beban latihan

Pemberian beban latihan dalam suatu tahap latihan sangat penting artinya dalam meningkatkan kondisi fisik sebagai prinsip beban bertambah yang digunakan dalam latihan untuk peningkatan latihan fisik (Bompa, 1990).

Beban latihan yang diberikan kepada tubuh diharapkan dapat menimbulkan adaptasi fisiologis terhadap tubuh secara bertahap dan kontinu. Untuk itu intensitas latihan, frekwensi dan lama latihan harus diperhatikan dengan baik sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap tubuh (Fox, 1988).

2.11.2 Intensitas latihan

Intensitas latihan menunjukkan seberapa berat beban yang diterima oleh tubuh dalam suatu latihan. Berat dan ringannya intensitas latihan yang diterima tubuh akan berpengaruh terhadap penyediaan energi yang akan digunakan selama aktivitas itu berlangsung, akan tetapi jika konsumsi oksigen tidak mencukupi maka akan terjadi penumpukan asam laktat yang akan mengakibatkan menurunnya pH darah, sehingga aktifitas akan cepat terhenti karena glikolisis tidak bekerja (Bompa, 1990). Pate, (1992) mengemukakan bahwa peningkatan sistem kapasitas anaerobik dilakukan dengan intensitas latihan sama atau melebihi sub maksimal atau di atas 80% dari kemampuan maksimal, sedangkan untuk peningkatan sistem kapasitas aerobik intensitas latihan 60% dari kemampuan maksimal.

2.11.3 Frekuensi dan lama latihan

Frekuensi latihan adalah berapa kali latihan dilakukan per minggu dan lama latihan adalah berapa bulan atau berapa minggu program latihan dijalankan serta berapa lama latihan dilakukan setiap kali latihan (Soekarman, 1989).

Intensitas, frekuensi dan lama latihan saling terkait dan mempengaruhi adaptasi fisiologis tubuh (Bompa, 1994).

2.12 Hormon Yang Berpengaruh Pada Tulang

Walaupun hormon pertumbuhan merangsang peningkatan timbunan protein dan meningkatkan pertumbuhan pada hampir semua jaringan tubuh, efek hormon pertumbuhan adalah meningkatkan pertumbuhan struktur rangka. Keadaan ini dihasilkan dari berbagai efek hormon pertumbuhan pada tulang yang meliputi ;

- 1). Peningkatan timbunan protein oleh sel kondrositik dan sel osteogenik yang menyebabkan pertumbuhan tulang,
- 2). Juga meningkatkan kecepatan reproduksi dari sel-sel,
- 3). Efek khusus dalam mengubah kondrosit menjadi sel osteogenik yang menyebabkan timbunan khusus tulang yang baru (Guyton & Hall, 1996).

Ada dua mekanisme utama pertumbuhan tulang, salah satunya tulang panjang tumbuh secara memanjang pada kartilago epifisis, dimana epifisis dipisahkan dari batang tulang pada bagian ujung tulang. Pertumbuhan ini pertama menyebabkan penimbunan kartilago yang baru, yang diikuti oleh perubahan kartilago ini menjadi tulang yang baru. Jadi membuat batang tulang semakin panjang dan mendorong epifisis semakin jauh terpisah pada waktu yang sama kartilago epifisis

sendiri secara berangsur-angsur dipergunakan, sehingga pada usia remaja lanjut tidak ada lagi tambahan kartilago epifisis yang tersedia untuk pertumbuhan lebih lanjut, sehingga tidak terjadi lagi pemanjangan dari tulang panjang. Hormon pertumbuhan merangsang semua proses pertumbuhan kartilago epifisis ini dan pertumbuhan tulang panjang, sekali epifisis sudah bersatu dengan batang tulang, maka hormon pertumbuhan tidak mempunyai kemampuan lagi untuk memanjangkan tulang (Guyton & Hall, 1996).

Hormon pertumbuhan (*growth hormone*) disebut juga hormon somatotropin merupakan molekul protein kecil yang terdiri atas 191 asam amino dalam satu rangkaian molekul. Hormon ini menyebabkan hampir semua jaringan dari tubuh dapat tumbuh, hormon ini menambah ukuran sel dan meningkatkan proses mitosis yang diikuti dengan bertambahnya beberapa tipe sel seperti sel-sel pertumbuhan tulang dan sel-sel otot awal (Guyton & Hall, 1996).

Pada setiap tingkat pertumbuhan, semua organ tumbuh bertambah dalam ukuran yang sesuai, tetapi setelah mencapai dewasa pertumbuhan tulang untuk memanjang terhenti (Ganong, 1999).

Efek secara umum GH (*growth hormone*) dapat menyebabkan beberapa efek metabolisme khusus seperti :

1. Penambahan rata-rata sintesa protein pada seluruh sel tubuh.
2. Menambah metabolisme asam lemak pada jaringan adipose, penambahan asam lemak bebas dalam darah dan menambah tenaga dari penggunaan asam lemak.

3. Pengurangan rata-rata penggunaan glukosa di seluruh tubuh (Guyton & Hall, 1996).

Hormon pertumbuhan merangsang peningkatan tirabunan protein dan meningkatkan pertumbuhan struktur rangka keadaan ini dihasilkan dari berbagai efek hormon. Pertumbuhan pada tulang meliputi peningkatan timbunan protein oleh sel kondrositik dan sel osteogenik, yang menyebabkan pertumbuhan tulang juga meningkatkan kecepatan reproduksi dari sel-sel. Hormon pertumbuhan menyebabkan hati dan sebagian kecil jaringan membentuk beberapa protein yang disebut somatopedin yang selanjutnya memiliki efek paten dalam meningkatkan semua aspek pertumbuhan tulang.

Hormon pertumbuhan merangsang semua proses pertumbuhan kartilago epifisis dan pertumbuhan tulang panjang (Guyton & Hall, 1996). Peran hipotalamus, mengatur hormon pelepas hormon pertumbuhan dan somatostatin dalam pengaturan sekresi hormon pertumbuhan hampir seluruhnya merupakan tanggapan terhadap dua faktor yang disekresi di dalam hipotalamus dan selanjutnya diangkut ke kelenjar hipofisis anterior melewati pembuluh-pembuluh darah aorta hipotalamus hipofisis. Faktor-faktor itu adalah hormon pelepas hormon pertumbuhan (GHRH) dan hormon penghambat hormon pertumbuhan (GHIH), yang juga disebut sebagai somatostatin. Inti hipotalamus yang menyebabkan sekresi hormon pertumbuhan adalah inti ventromedial, yang merupakan daerah hipotalamus yang peka terhadap keadaan hipoglikemia dan menyebabkan timbulnya rasa lapar pada keadaan hipoglikemia. Sekresi

somatostatin diatur oleh daerah yang berdekatan dengan daerah hipotalamus. Oleh karena itu cukup tampak beralasan untuk mempercayai bahwa ada beberapa signal yang sama untuk merubah naluri perilaku makan dari seseorang juga akan mengubah sekresi hormon pertumbuhan.

Sebagian besar pengaturan sekresi hormon pertumbuhan mungkin lebih banyak melalui hormon pelepas hormon pertumbuhan dari pada hormon penghambat somatostatin. Namun kiranya perlu di ingat bahwa somatostatin juga disekresi oleh sel-sel delta pulau langerhans dalam kelenjar pankreas dan bahan ini dapat menghambat sekresi insulin dan glukagon oleh sel-sel beta dan alfa pulau langerhans dengan cara yang mirip dengan cara penghambat sekresi hormon pertumbuhan oleh kelenjar hipofisis anterior.

Jadi secara singkat pengaturan jangka panjang dari hormon pertumbuhan adalah keadaan jaringan nutrisi itu sendiri, terutama besarnya nutrisi protein . Hormon pertumbuhan sebaliknya akan meningkatkan sintesis protein baru sedangkan pada saat yang sama juga akan mempertahankan protein yang memang sudah ada dalam sel (Guyton & Hall, 1996).

2.13 Hubungan Latihan Terhadap Kepadatan dan Tebal Tulang.

Menurut umemura, (1995) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa sepuluh menit latihan lompat mempunyai pengaruh besar terhadap *hypertrophy* tulang, begitu juga pada latihan lari 60 menit *endurance*. Selain itu latihan lompat sama efektifnya dalam *hypertrophy* tulang pada tikus muda dan tua. Setiap jenis

kegiatan akan mempengaruhi perkembangan tulang, hal ini penting untuk memahami pengaruh jenis kegiatan pada anak muda (remaja). Dari penelitian ini dicoba pada anak perempuan umur 7-9 tahun yang berprestasi dalam pertandingan renang, senam mempunyai kepadatan tulang lebih besar bila dibanding dengan anak perempuan yang tidak berolahraga. Richard, (1982) menyatakan bahwa pengaruh latihan dapat meningkatkan ukuran tulang, massa tulang dan kepadatan tulang. Chow dalam penelitiannya yang dikutip oleh Roeshadi, (1996) melakukan evaluasi selama 1 tahun mendapatkan kelompok dengan latihan aerobik dan anaerobik di tambah *strength* menunjukkan massa tulang lebih tinggi dari kontrol. Dolsky, (1988) dalam penelitiannya menyatakan bahwa "*Weight Bearing Exercise*" akan meningkatkan secara bermakna isi mineral tulang yang menetap selama latihan pada wanita *pasca* menopause. Pengurangan frekuensi dan intensitas latihan menyebabkan massa tulang kembali ke tingkat awal. Aktivitas fisik mempunyai peranan yang penting dalam pencegahan *osteoporosis* (Dolsky,1992).

Berdasarkan kajian yang telah diuraikan diatas, maka latihan anaerobik interval sebagai *stressor* akan mempengaruhi *hypothalamus*, selanjutnya *hypothalamus* akan memacu *anterior pituitary* untuk mensekresi *growth hormone*. Hormon pertumbuhan (*growth hormone*) tersebut melalui IGF-1 akan mempengaruhi kinerja sel osteoblast menjadi semakin meningkat, sehingga pembentukan tulang akan lebih tinggi dibandingkan dengan proses resorpsi tulang. Dengan latihan anaerobik interval yang teratur, terarah, dan terprogram

dengan frekuensi 3 kali perminggu diharapkan dapat meningkatkan kepadatan tulang pada hewan coba tikus putih .

B A B 3

KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN

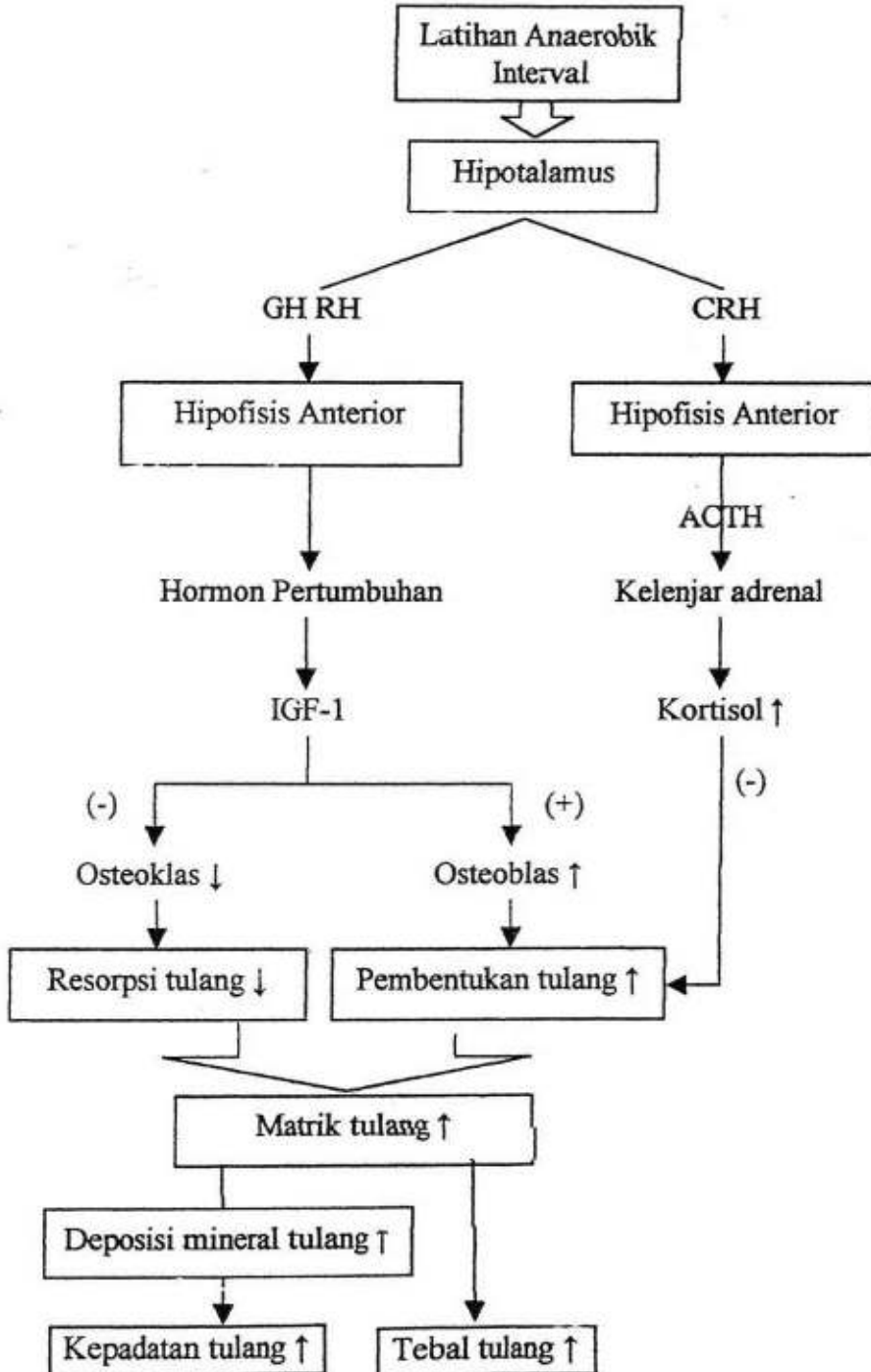
3.1 Dasar Teori

Suatu aktivitas fisik akan mempengaruhi hormon dan sinyal syaraf. Sinyal-sinyal dari semua sumber akan dijalarkan ke hipotalamus. Neuron-neuron khusus di dalam hipotalamus mensintesis dan mensekresi hormon pelepas hipotalamus dan hormon penghambat yang berfungsi mengatur sekresi hormon hipofisis anterior. Selain hormon pertumbuhan, semua hormon utama yang dikeluarkan oleh kelenjar hipofisis anterior mempunyai efek utama pada kelenjar yang dirangsangnya. Hormon pertumbuhan juga disebut sebagai hormon somatotropik atau somatotropin. Hormon ini menyebabkan pertumbuhan seluruh jaringan tubuh, menambah ukuran sel dan meningkatkan proses mitosis yang diikuti dengan bertambahnya jumlah sel pertumbuhan tulang dan sel-sel otot awal. Hormon pertumbuhan dapat menyebabkan pembentukan somatomedin c (IGF 1). (IGF 1) sangat berpengaruh terhadap osteoklas dan osteoblas. Namun terjadi peningkatan aktivitas pada osteoblas dan terjadi penurunan pada aktivitas osteoklas.

Selain itu hipofisis anterior juga mempunyai banyak efek metabolik, untuk meningkatkan kerja kelenjar adrenal, meningkatkan kortisol serta meningkatkan aktivitas osteoblas. Tulang secara terus menerus diendapkan oleh osteoblas dan diresorpsi terus menerus oleh osteoklas, pengendapan dan resorpsi yang berlangsung terus menerus akan mengakibatkan terbentuknya matrik tulang yang

baru. Kandungan mineral tulang terutama kalsium turut menentukan kepadatan dan tebal tulang.

3.2 Kerangka Konseptual



3.3 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka dan kerangka konseptual yang telah diuraikan, maka hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut :

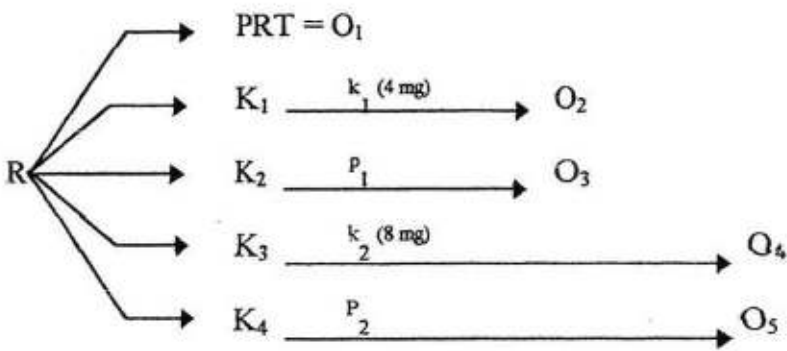
1. Latihan anaerobik interval selama 4 minggu dapat meningkatkan kepadatan tulang
2. Latihan anaerobik interval selama 4 minggu dapat meningkatkan tebal tulang
3. Latihan anaerobik interval selama 8 minggu dapat meningkatkan kepadatan tulang
4. Latihan anaerobik interval selama 8 minggu dapat meningkatkan tebal tulang
5. Latihan anaerobik interval selama 8 minggu lebih meningkatkan kepadatan tulang dibanding dengan latihan anaerobik interval selama 4 minggu
6. Latihan anaerobik interval selama 8 minggu lebih meningkatkan tebal tulang dibanding dengan latihan anaerobik interval selama 4 minggu

B A B 4

METGDE PENELITIAN

4.1 Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian eksperimental laboratoris dengan menggunakan rancangan penelitian *Separate Sample Pretest - Posttest Control Group Design* (Campbell, 1963). Secara skematis rancangan penelitian tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :



Keterangan :

- R = Randomisasi
- PRT = Kelompok kontrol Awal
- K₁ = Kelompok *posttest* kontrol 4 minggu
- K₂ = Kelompok perlakuan 4 minggu
- K₃ = Kelompok *posttest* kontrol 8 minggu
- K₄ = Kelompok perlakuan 8 minggu
- k₁ (4mg) = Kelompok *posttest* kontrol 4 minggu
- P₁ = Kelompok perlakuan 4 minggu

- k_2 (8 mg) = Kelompok *posttest* kontrol 8 minggu
 P_2 = Kelompok perlakuan 8 minggu
 O_1 = Data kelompok kontrol Awal
 O_2 = Data kelompok *posttest* kontrol 4 minggu
 O_3 = Data kelompok perlakuan 4 minggu
 O_4 = Data kelompok *posttest* kontrol 8 minggu
 O_5 = Data kelompok perlakuan 8 minggu

4.2 Populasi, Sampel, Tehnik Sampling, dan Pembagian Kelompok

4.2.1 Populasi

Populasi dalam Penelitian ini menggunakan tikus putih yang berasal dari UPHP (unit penangkaran hewan percobaan) Fakultas Kedokteran UGM Yogyakarta.

4.2.2 Sampel

Masing-masing kelompok tikus diambil secara random dan memenuhi persyaratan :

1. Jenis *Rattus norvegicus strain wistar*
2. Umur 2 bulan
3. Jenis kelamin jantan
4. Sehat

4.2.3 Besar sampel

Untuk menentukan Besar sampel dihitung dengan menggunakan rumus dari Higgins dan Klienbaum, (1985) yang berdasarkan penelitian tentang pengaruh latihan aerobik dan anaerobik terhadap kepadatan tulang.

Berdasarkan hasil penelitian pendahulu yang dilakukan dengan mengambil variabel pada kelompok anaerobik dan kontrol, maka diperoleh data sebagai bnerikut:

Kelompok anaerobik = Mean = 14,92

Kelompok kontrol = Mean = 14,67

SD = 12

Berdasarkan data hasil pengukuran kepadatan tulang dari kelompok perlakuan anaerobik dan kelompok kontrol, maka dapat ditentukan besar sampel dalam penelitian ini sebagai berikut :

$$n = \frac{1}{1-f} \times \frac{2(Za + Zb)^2 \cdot SD^2}{(\bar{Xc} - \bar{Xt})^2}$$

Diketahui :

- N = Besar sample
- Xc = Rerata kelompok kontrol
- Xt = Rerata kelompok perlakuan
- SD = Standard deviasi
- F = Proporsi kegiatan

$$Z_a = \text{Harga standard} \quad \alpha 0,05 = 1,65$$

$$Z_b = \text{Harga standard} \quad \beta 0,05 = 1,28$$

$$n = \frac{1}{1 - 2,20} \times \frac{2(1,65 + 1,28)^2 \cdot 12^2}{(14,67 - 14,92)^2}$$

$$n = \frac{1}{0,80} \times \frac{2(2,93)^2 \cdot 144^2}{625}$$

$$n = 1,25 \times \frac{8,5849 \cdot 144}{625}$$

$$n = 1,25 \times \frac{2472,4512}{625}$$

$$n = 1,25 \times 3.9559219$$

$$n = 4,9449024$$

Jadi dibulatkan menjadi 5

4.2.4 Teknik pengambilan sampel

Berdasarkan hasil analisis diatas, maka diperoleh 5 ekor tikus setiap kelompok. Untuk itu jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 50 ekor tikus, setiap kelompok 10 ekor. Adapaun cara pengambilan sampel dari populasi yang berjumlah 50 ekor dilakukan secara random.

4.3 Variabel Penelitian

4.3.1 Variabel bebas (*independent*)

- Latihan Anaerobik Interval

4.3.2 Variabel tergantung (*dependent*)

- Kepadatan tulang

- Tebal tulang

4.3.3 Variabel kendali

1. Jenis kelamin hewan coba
2. Diet
3. Air minum
4. Waktu perlakuan
5. Pemeliharaan dan perawatan hewan coba

4.3.4 Variabel moderator

- Berat badan hewan coba

4.4 Definisi Operasional Variabel

4.4.1 Latihan anaerobik interval

Yang dimaksud latihan anaerobik dalam penulisan ini adalah latihan dalam bentuk renang . Bentuk program latihan yang dilakukan dengan intensitas 80% dari waktu kemampuan renang maksimal dan diselingi dengan waktu istirahat (Fox : 1993). Perbandingan kerja yang digunakan dalam perlakuan ini adalah 1 : 3

(Mc Ardle, Montage, 1996) (misal : 1 menit waktu untuk melakukan aktifitas renang maka waktu yang dibutuhkan untuk istirahat adalah selama 3 menit). Program latihan dibagi menjadi 2 yaitu, satu kelompok dilakukan selama 4 minggu dan kelompok kedua selama 8 minggu, dengan frekuensi 3 kali per minggu, 2 set per pertemuan , untuk setiap sampel masing-masing memiliki waktu latihan yang berbeda-beda sesuai dengan waktu renang maksimal.

4.4.2 Kepadatan tulang

Kepadatan Tulang diukur dengan menggunakan alat Ultrasound DBM Sonic 1200 dalam satuan m/detik. (Pritchard, 1996).

4.4.3 Tebal tulang

Dalam penelitian ini tebal tulang yang dimaksud adalah tebal tulang daerah trabekula dan daerah kortikal (Resnick, 1995).

4.4.4 Jenis hewan coba

Jenis hewan coba adalah *Rattus norvegicus strain wistar* dari tempat penangkaran di UPHP (Unit Penangkaran Hewan Percobaan) Fakultas Kedokteran UGM Yogyakarta.

4.4.5 Jenis kelamin: hewan coba

Jenis kelamin hewan coba adalah jantan.

4.4.6 Umur hewan coba

Hewan coba yang dipakai pada penelitian ini umur 2 bulan.

4.4.7 Kesehatan fisik hewan coba

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

4.4.8 Pemeliharaan dan perawatan hewan coba

Pemeliharaan dan perawatan hewan coba yang dilakukan di sebuah kandang yang digunakan adalah terbuat dari bak plastik yang ditutup dengan anyaman kawat serta beralaskan sekam. Masing-masing kandang diisi 5 ekor tikus, pakan yang diberikan adalah jenis PAR G pellet dari PT. Japta Comfeed dengan komposisi sebagai berikut :

1. Air	=	maks	12%
2. Protein kasar	=	min	16,5%
3. Lemak kasar	=	min	4%
4. Karbohidrat	=	maks	6%
5. Apor	=	maks	13%
6. Kalsium	=	3,50 - 3,80%	
7. Fospor	=	0,70 - 0,95%	

Takaran berat pakan hewan coba yang diberikan setiap harinya kurang lebih sebanyak 50 gram/ekor. Apabila dengan penimbangan yang dilakukan setiap dua minggu sekali berat badan hewan coba tidak meningkat (tetap atau turun) maka jumlah pakan akan ditambah.

4.4.9 Berat badan hewan coba

Berat badan hewan coba ditimbang dengan menggunakan timbangan *Torsion Balance CO* (Torbal) jenis PLI 2D buatan Jepang dalam satuan gram.

4.5 Bahan dan Instrumen Penelitian

4.5.1 Bahan penelitian

1. Hewan coba,

Hewan coba adalah *rattus norvegicus strain wistar*, jenis kelamin jantan, umur 2 bulan dalam kondisi sehat.

2. Bahan untuk pemeriksaan :

- a. Ether Anaestheticus untuk pembiusan
- b Larutan buffer formalin sebesar 10% untuk fiksasi jaringan
- c *Lubricating jelly* (untuk kepadatan tulang)
- d Kapas atau tissue
- e. Kertas label

4.5.2 Instrumen penelitian

1. Kandang ukuran 30 x 40 cm
2. Botol minum untuk tikus
3. Tempat makanan (pellet)
4. Logam pembebanan (Klip)
5. Benang untuk mengikat beban
6. Stop watch
7. Cat rambut untuk memberi tanda pada tikus
8. Timbangan Merk *torsion balance CO* (jenis PLI 2D)
9. Ultrasound DBM SONIC 1200 (Digital Bone Measurement-Emsor SA, Madrid Spain) untuk mengukur kepadatan tulang
10. Stoples untuk pembiasan
11. Gunting dan pisau bedah
12. Botol kecil dengan tutup untuk fiksasi jaringan
13. Obyek gelas dan gelas penutupnya
14. Tabung pengecatan (*staining jar*)
15. Mikroskop cahaya binokuler + kamera (melihat tebal tulang setelah dibuat preparat.
16. Alat pengukur planimeter

4.6 Prosedur Penelitian

4.6.1 Aklimatisasi

Aklimatisasi hewan coba dilakukan selama 7 hari di kandang tikus. Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya.

4.6.2 Pembagian kelompok hewan coba

Pembagian kelompok hewan coba dilakukan secara random dan terdiri atas

:

1. Kelompok kontrol Awal
2. Kelompok *posttest* kontrol 4 minggu = tikus tanpa diberi perlakuan
3. Kelompok Perlakuan 1 = tikus diberi perlakuan (renang) anaerobik interval selama 4 minggu.
4. Kelompok *posttest* kontrol 8 minggu = tikus tanpa diberi perlakuan
5. Kelompok Perlakuan 2 = tikus diberi perlakuan (renang) anaerobik interval selama 8 minggu.

4.6.3 Penimbangan berat badan sebelum perlakuan

Penimbangan berat badan tikus dilakukan pada semua kelompok sebelum perlakuan yang pertama kali dan selanjutnya dilakukan penimbangan berat badan setiap dua minggu sekali untuk menentukan berat beban selanjutnya.

4.6.4 Pelaksanaan perlakuan

Perlakuan I dilakukan selama 4 minggu sedangkan perlakuan II dilakukan selama 8 minggu. Untuk kelompok *posttest* kontrol 4 minggu dan kelompok *posttest* kontrol 8 minggu tanpa diberi perlakuan. Sedangkan kelompok kontrol awal dilakukan pengukuran kepadatan tulang lebih awal. Perlakuan dilakukan setiap minggu 3 kali pada hari senin, rabu dan jumat pada jam yang sama selama satu bulan untuk kelompok perlakuan 4 minggu dan dua bulan untuk perlakuan 8 minggu. Setelah diperlakukan selama 4 minggu, maka pada akhir minggu ke empat kelompok *posttest* kontrol 4 minggu dan kelompok perlakuan 4 minggu di istirahatkan satu hari, selanjutnya dilakukan pengukuran kepadatan tulang. Sedangkan pelaksanaan pengukuran kepadatan tulang pada kelompok *posttest* kontrol 8 minggu dan kelompok perlakuan 8 minggu dilakukan pada akhir minggu kedelapan, setelah selesainya pengukuran akhir maka seluruh rangkaian pelaksanaan penelitian dilanjutkan dengan pembuatan preparat, foto histologi dan penghitungan hasilnya.

4.6.5 Penimbangan berat badan pada akhir perlakuan

Pada akhir perlakuan juga dilakukan penimbangan berat badan hewan coba dengan tujuan sebagai observasi akhir penelitian.

4.6.6 Pembiusan

Pembiusan hewan coba dilakukan setelah hewan coba di istirahatkan satu hari. Pembiusan menggunakan ether anaesthetic dengan cara tikus dimasukkan ke dalam stoples. Kurang lebih 2 menit tikus sudah tidak bergerak (mati) yang ditandai mata meredup dan anggota badan tidak bergerak.

4.6.7 Pengukuran kepadatan tulang

Setelah hewan coba terbius dalam keadaan mati, kaki belakang sebelah kanan dicukur bulunya dan diolesi *lubricating jelly* dan selanjutnya diadakan pengukuran kepadatan tulang pada kaki bagian diafisis tulang femur dengan menggunakan alat ultrasound DBM Sonic 1200. Pengukuran dilakukan sebanyak empat kali penekanan tombol dan hasil rata-rata yang terdapat pada monitor kemudian dicatat sebagai hasil data (Pritchard, 1996).

4.6.8 Pembuatan sediaan histologi dan pewarnaan

Setelah hewan coba yang difiksasi dalam larutan formalin 10% dikirim ke laboratorium FK UNAIR untuk dilakukan pembuatan preparat histologi dengan pewarnaan HE (hematoksilin eosin). Secara kronologis pembuatan preparat dapat dilihat pada lampiran lampiran 5.

4.6.9 Pengukuran tebal tulang

Penghitungan tebal tulang dilakukan dengan menghitung daerah trabekula dan kortikal pada tulang femur (Resnick, 1995). Sebelum melakukan pengukuran tebal tulang terlebih dulu dibuat foto preparat histologis penampang transversal tulang femur yang berasal dari permukaan proksimal *diaphysis* tulang yang dibagi

menjadi dua bagian sama panjang. Kemudian dengan menggunakan planimeter dalam satuan milimeter, selanjutnya dilakukan pengukuran tebal tulang pada luas luar dan luas dalam area penampang. Sebelum dilakukan pengukuran terlebih dahulu dibuat garis pedoman yang berasal dari area tebal tulang dan membagi penampang tulang simetris. Penentuan area pengukuran tebal tulang selanjutnya berdasarkan garis yang dibuat simetris. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan planimeter pada titik digaris pedoman pada permukaan luar dan dalam penampang tulang, penghitungan dilakukan sebanyak tiga kali pada setiap luas luar dan dalam. Hasil selisih masing-masing luas di rata-rata, dan selanjutnya dilakukan penghitungan hasil rata-rata luas luar dikurangi luas dalam, dan seluruh hasil selisihnya di jumlah. Secara kronologis pengukuran tebal tulang dapat di lihat pada lampiran 9.

4.6.10 Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Biokimia dan Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya.

4.6.11 Waktu perlakuan

Waktu perlakuan selama 2 bulan (8 minggu) berdasar pada prinsip adaptasi fisiologis dan berdasarkan waktu yang diperlukan osteoblas untuk mengisi kavitas yang diresorpsi, yaitu selama 2 sampai 3 bulan. (Raisz, 1988, cit Mahan, 1996).

4.7 Analisis Data

Uji statistik yang digunakan untuk menganalisa data adalah statistik deskriptif dan uji perbedaan dengan menggunakan uji T independen, yang sebelumnya dilakukan uji homogenitas varian terlebih dahulu dengan uji Levene's pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$).

BAB 5

ANALISIS HASIL PENELITIAN

5.1 Data Analisis Penelitian

5.1.1 Hasil analisis deskriptif

Hasil analisis deskriptif respon perubahan berat badan (gram) sampel (tikus).

Tabel 5.1 Nilai rerata dan SD variabel pada tiap kelompok.

Variabel		Berat Badan (gram)				
		BB 0	BB 2	BB 4	BB 6	BB 8
Kontrol Awal (PRT)	Rerata	102,1	0	0	0	0
	SD	23,56	0	0	0	0
Kontrol 4 mgg (K1)	Rerata	92,30	134,1	149,4	0	0
	SD	7,18	11,07	12,07	0	0
Perlakuan 4 mgg (K2)	Rerata	120,1	162,3	168,3	0	0
	SD	14,67	19,86	26,10	0	0
Kontrol 8 mgg (K3)	Rerata	102,4	126,3	154,0	168,9	178,3
	SD	27,71	21,98	30,40	28,31	26,35
Perlakuan 8 mgg (K4)	Rerata	118,2	142,0	159,2	168,0	177,7
	SD	13,36	20,96	20,19	20,54	19,23

Keterangan:

- BBO : Berat badan awal.
 BB2 : Berat badan minggu ke 2.
 BB4 : Berat badan minggu ke 4.
 BB6 : Berat badan minggu ke 6.
 BB8 : Berat badan minggu ke 8.

Dari tabel diatas terlihat bahwa rerata berat badan sampel (tikus) cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dari 4 minggu ke 8 minggu apabila dibandingkan antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan, maka terlihat sebagian besar rerata berat badan kelompok perlakuan lebih besar bila dibandingkan dengan kelompok kontrol.

Analisis deskriptif hasil pengukuran kepadatan dan tebal tulang.

Tabel 5.2 Nilai rerata kepadatan tulang (m/detik) dan tebal tulang (mikron) kelompok kontrol dan kelompok perlakuan.

No.	Variabel	Klp. PRT		Klp. K1		Klp. 2		Klp 3		Klp 4	
		Rerata	SD	Rerata	SD	Rerata	SD	Rerata	SD	Rerata	SD
1	Kontrol :										
	Kepadatan tl	13,870	0,6787	15,495	0,3444	-	-	15,894	0,4097	-	-
2	Perlakuan :										
	Tebal Tulang	446,31	137,334	696,13	206,657	-	-	557,210	127,025	-	-
1	Kontrol :										
	Kepadatan tl	-	-	-	-	15,232	0,8024	-	-	16,005	0,154
2	Perlakuan :										
	Tebal Tulang	-	-	-	-	736,400	71,474	-	-	605,783	89,770

Keterangan :

- Klp PRT : Kelompok awal.
 Klp K1 : Kelompok kontrol 4 minggu.
 Klp K2 : Kelompok perlakuan 4 minggu.
 Klp K3 : Kelompok kontrol 8 minggu.
 Klp K4 : Kelompok perlakuan 8 minggu.
 Tl : Tulang.

Dari tabel tersebut diatas terlihat bahwa kepadatan tulang terjadi peningkatan dari kelompok awal hingga kelompok 4 minggu dan 8 minggu, baik pada kelompok kontrol maupun kelompok perlakuan. Sedangkan tebal tulang terjadi peningkatan pada kelompok awal sampai kelompok kontrol 4 minggu dan kelompok perlakuan 4 minggu, akan tetapi terjadi penurunan setelah minggu 8, baik kelompok kontrol maupun kelompok perlakuan.

5.1.2 Analisis perbedaan

Dalam uji perbedaan ini akan dilakukan dengan menggunakan uji T independen, yang sebelumnya dilakukan terlebih dahulu uji homogenitas varian dengan uji Levene's. Uji perbedaan ini dilakukan terhadap variabel kepadatan dan tebal tulang yang dilakukan antar kelompok.

Tabel 5.3 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan tulang (m/detik) dan tebal tulang (mikron) kelompok PRT dan kelompok K1.

No.	Variabel	Rerata	Levene's Test (<i>p</i>)	t	signifikan
1	Kepadatan Tulang - PRT - K1	13,870 15,495	0,013	-6,752	0,000*)
2	Tebal Tulang - PRT - K1	446,31 696,13	0,220	-3,184	0,005*)

*) Signifikansi $p < 0,05$.

Keterangan:

Klp PRT : Kelompok awal.

Klp K1 : Kelompok kontrol 4 minggu.

Hasil analisis kepadatan dan tebal tulang terlihat pada tabel tersebut diatas bahwa antara kedua kelompok homogen, kepadatan tulang ($p=0,013$) dan tebal tulang ($p=0,220$). Hasil uji T menunjukkan ada perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok baik pada kepadatan tulang ($p=0,000$) ataupun tebal tulang ($p=0,005$).

Tabel 5.4 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan tulang (m/detik) dan tebal tulang (mikron) kelompok PRT dan kelompok K2.

No.	Variabel	Rerata	Levene's Test (<i>p</i>)	t	Signifikan
1	Kepadatan Tulang - PRT - K2	13,870 15,232	0,718	-4,098	0,001
2	Tebal Tulang - PRT - K2	446,31 736,40	0,529	-5,925	0,000*)

*) Signifikansi $p < 0,05$.

Keterangan:

Klp PRT : Kelompok awal.

Klp K2 : Kelompok perlakuan 4 minggu.

Jika dilihat tabel diatas antara kelompok PRT (awal) dengan kelompok perlakuan 4 minggu, pada ketebalan dan kepadatan tulang diperoleh hasil bawah untuk kepadatan tulang varian kedua kelompok tidak homogen ($p= 0,718$). Sedangkan untuk ketebalan tulang antara kedua kelompok mempunyai varian yang homogen setelah diuji dengan Levene's test ($p= 0,529$). Sedangkan hasil uji T menunjukkan, bawah antara kedua kelompok terdapat perbedaan yang signifikan, baik pada kepadatan tulang ($p= 0,001$) maupun tebal tulang ($p= 0,000$).

Tabel 5.5 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan tulang (m/detik) dan tebal tulang (mikron) kelompok PRT dan kelompok K3.

No.	Variabel	Rerata	Levene's Test (p)	t	Signifikan
1	Kepadatan Tulang				
	- PRT	13,870	0,032	-8,073	0,000*)
	- K3	15,894			
2	Tebal Tulang				
	- PRT	446,31	0,830	-1,875	0,077*)
	- K3	557,210			

*) Signifikansi $p < 0,05$.

Keterangan:

Klp PRT : Kelompok awal.

Klp K3 : Kelompok kontrol 8 minggu.

Dari tabel tersebut diatas, bahwa kepadatan tulang antara kedua kelompok mempunyai varian tidak homogen ($p=0,032$). Sedangkan tebal tulang kedua kelompok mempunyai varian yang homogen ($p=0,830$). Hasil uji T menunjukkan bahwa kepadatan tulang terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok ($p=0,000$). Sedangkan tebal tulang tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p=0,077$) antara dua kelompok.

Tabel 5.6 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan tulang (m/detik) dan tebal tulang (mikron) kelompok PRT dan kelompok K4.

No.	Variabel	Rerata	Levene's Test (p)	t	Signifikan
1	Kepadatan Tulang				
	- PRT	13,870	0,000	-9,701	0,000 *)
- K4	16,005				
2	Tebal Tulang				
	- PRT	446,31	0,618	-3,074	0,007 *)
- K4	605,783				

*) Signifikan $p < 0,05$.

Keterangan :

Klp PRT : Kelompok awal.

Klp K4 : Kelompok perlakuan 8 minggu.

Dari tabel tersebut diatas, bahwa kepadatan tulang varian kedua kelompok tidak homogen ($p=0,000$). Sedangkan tebal tulang mempunyai varian yang homogen ($p= 0,618$). Hasil uji T menunjukkan kepadatan tulang antara kedua kelompok ada perbedaan yang signifikan ($p = 0,000$). Sedangkan tebal tulang juga ada perbedaan yang signifikan antara dua kelompok ($p = 0,007$).

Tabel 5.7 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan tulang (m/detik) dan tebal tulang (mikron) kelompok K1 dan K2.

No.	Variabel	Rerata	Levene's Test (p)	t	Signifikan
1	Kepadatan Tulang				
	- K1	15,495	0,270	-0,952	0,353
- K2	15,232				
2	Tebal Tulang				
	- K1	696,13	0,050	-0,582	0,568
- K2	736,40				

*) Signifikansi $p < 0,05$.

Keterangan :

Klp K1 : Kelompok kontrol 4 minggu.

Klp K2 : Kelompok perlakuan 4 minggu.

Dari tabel tersebut diatas, bahwa kepadatan tulang antara kedua kelompok mempunyai varian yang homogen ($p = 0,270$). Sedangkan tebal tulang kedua kelompok mempunyai varian yang tidak homogen ($p = 0,050$). Hasil uji T menunjukkan kepadatan tulang dan tebal tulang antara kedua kelompok tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p = 0,353$) dan ($p = 0,568$).

Tabel 5.8 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan tulang (m/detik) dan tebal tulang (mikron) kelompok K1 dan kelompok K3.

No.	Variabel	Rerata	Levene's Test (p)	t	Signifikan
1	Kepadatan Tulang				
	- K1	15,495	0,966	-2,357	0,030
	- K3	15,894			
2	Tebal Tulang				
	- K1	696,13	0,155	1,811	0,087
	- K3	557,210			

*) Signifikan $p < 0,05$.

Keterangan :

Klp K1 : Kelompok kontrol 4 minggu.

Klp K3 : Kelompok kontrol 8 minggu.

Dari tabel tersebut diatas, bahwa kepadatan dan tebal tulang antara kedua kelompok mempunyai varian yang homogen ($p = 0,966$) dan ($p = 0,155$). hasil uji T menunjukkan kepadatan antara kedua kelompok terdapat perbedaan yang signifikan ($p = 0,030$) sedangkan tebal tulang tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p = 0,087$).

Tabel 5.9 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan tulang (m/detik) dan tebal tulang (mikron) kelompok K2 dan kelompok K4.

No.	Variabel	Rerata	Levene's Test (p)	t	Signifikan
1	Kepadatan Tulang				
	- K2	15,232	0,069	-2,992	0,008*)
	- K4	16,005			
2	Tebal Tulang				
	- K2	736,400	0,892	3,600	0,002 *)
	- K4	605,783			

*) Signifikansi $p < 0,05$.

Keterangan :

Klp K2 : Kelompok perlakuan 4 minggu.

Klp K4 : Kelompok perlakuan 8 minggu.

Dari tabel tersebut diatas diperoleh bahwa baik kepadatan dan tebal tulang kedua kelompok mempunyai varian yang homogen ($p = 0,069$) dan ($p = 0,892$). Sedangkan hasil uji T menunjukkan bahwa kepadatan tulang dan tebal tulang antara dua kelompok mempunyai perbedaan yang signifikan ($p = 0,008$). dan ($p = 0,002$).

Tabel 5.10 Hasil analisis uji perbedaan kepadatan tulang (m/detik) dan tebal tulang (mikron) kelompok K3 dan kelompok K4.

No.	Variabel	Rerata	Levene's Test (p)	t	Signifikan
1	Kepadatan Tulang				
	- K3	15,894	0,124	-0,802	0,433
	- K4	16,005			
2	Tebal Tulang				
	- K3	557,210	0,803	-0,988	0,336
	- K4	605,783			

*) Signifikansi $p < 0,05$.

Keterangan :

Klp K3 : Kelompok kontrol 8 minggu.

Klp K4 : Kelompok perlakuan 8 minggu.

Dari tabel tersebut diatas diperoleh bahwa kepadatan tulang dan tebal tulang kedua kelompok mempunyai varian yang homogen ($p = 0,124$) dan ($p = 0,803$). Hasil uji T menunjukkan kepadatan tulang dan tebal tulang kedua kelompok tidak mempunyai perbedaan yang signifikan ($p = 0,433$) dan ($p = 0,336$).

BAB 6

PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh latihan anaerobik terhadap kepadatan dan tebal tulang. Rancangan penelitian menggunakan separate sample pretest-posttest control group design (Cambell, 1963). Separate sample pretest diperlukan untuk mendapatkan data awal variabel tergantung dikarenakan pengambilan unit analisis tulang untuk sediaan histologis harus mengorbankan sample penelitian. Selain itu data separate sample pretest tersebut akan dibandingkan dengan data kelompok kontrol posttest 4 minggu dan 8 minggu serta perlakuan 4 minggu dan 8 minggu. Untuk melihat hasil perbedaan pertumbuhan jaringan tulang. Untuk mendapatkan respon perubahan akibat perlakuan didasarkan atas selisih dari data hasil pengukuran variabel tergantung masing-masing kelompok kontrol posttest dan kelompok perlakuan. Cara mendapatkan respon perubahan pada kepadatan tulang dengan jalan menghitung rata-rata setiap nilai setiap pengukuran sedangkan untuk tebal tulang dengan cara menghitung sebanyak tiga kali pada setiap luas luar dan dalam pada penampang foto histologis tulang. Hasil rata-rata luas luar dikurangi luas dalam dan hasilnya sebagai data tebal tulang.

Pengambilan sampel tikus pada usia pertumbuhan dalam fase pubertas bertujuan untuk mendapatkan kondisi jaringan tulang dalam masa pertumbuhan.

Atas dasar masalah penelitian tersebut, maka pengaruh latihan anaerobik terhadap respon jaringan tulang merupakan tujuan utama. Pemberian stressor yang

dapat menyebabkan sekresi kortisol sehingga mengakibatkan penurunan osteoblastogenesis (Manolagas, 2000).

Selanjutnya untuk mendapatkan mekanisme pertumbuhan tulang dilakukan pengukuran tebal dan kepadatan tulang pengukuran kepadatan tulang dengan metode USG (ultrasound) digunakan untuk melihat kualitas mineralisasi / kepadatan tulang (Dalen, 1993, Bastrom, 2000). Sedangkan pengukuran tebal tulang digunakan untuk melihat mekanisme hubungan proses memadatnya tulang dengan perubahan tebal tulang. Dengan demikian pengukuran kedua variabel tebal dan kepadatan tulang dapat digunakan untuk menjelaskan mekanisme pertumbuhan jaringan tulang akibat dalam menilai kualitas kekuatan tulang.

Dari hasil analisis diatas (tabel 5.1) terlihat bahwa rata-rata kepadatan tulang baik pada kelompok kontrol maupun kelompok perlakuan terjadi peningkatan mulai dari awal sampai minggu ke 8. (awal 13,870, kontrol 4 minggu 15,495, kontrol 8 minggu 15.894, perlakuan 4 minggu 15.232, perlakuan 8 minggu 16.005). Hal ini menunjukkan bahwa stressor yang diberikan dalam bentuk latihan fisik anaerobik dengan dosis yang sesuai akan meningkatkan kepadatan tulang. Keadaan tersebut diperkuat dengan hasil statistik dengan menggunakan T test seperti pada tabel (5.3; 5.4; 5.5; 5.6; 5.7; 5.8; 5.9; 5.10). Dimana rata-rata kepadatan tulang antara kelompok awal sampai kelompok 8 minggu baik kontrol maupun perlakuan terdapat perbedaan yang signifikan. Kemudian dilihat rata-rata tebal tulang pada kelompok awal dan kelompok 4 minggu baik kontrol maupun perlakuan terjadi peningkatan (awal 446.31, kontrol 4 minggu 696.13, perlakuan 4 minggu 736.400). namun jika dilihat pada

kelompok kontrol dan perlakuan 8 minggu terjadi penurunan (kontrol 557.210; perlakuan 605.783). namun penurunan tersebut menurut hasil uji T menunjukkan tidak signifikan (lihat tabel 5.9 dan 5.10). sedangkan pada waktu awal dengan waktu 4 minggu terlihat dari hasil uji T menunjukkan perbedaan yang signifikan (lihat tabel 5.3 dan 5.4).

Hal ini memberi pengertian bahwa latihan anaerobik sebagai stressor dapat memberikan peningkatan pada tulang telah diketahui bahwa perubahan massa tulang merupakan hasil proses penebalan dan pemadatan tulang oleh aktifitas osteoblas dan osteoklas. Kedua sel tersebut sangat berpengaruh terhadap keseimbangan jaringan tulang melalui proses remodelling (Bostrom, 2000; Manulagos, 2000). Menurut piegard (1982) bahwa pengaruh latihan dapat meningkatkan ukuran tulang, massa tulang dan kepadatan tulang. Selama masa pertumbuhan terjadi aktifitas pembentukan tulang yang besar. Pada awal masa pertumbuhan. Pertumbuhan kearah longitudinal terjadi lebih cepat dibanding proses deposisi mineral. Belum sampai pada masa akhir pertumbuhan ke arah longitudinal berkurang, kandungan mineral tulang akan meningkat dengan cepat dan mencapai puncaknya setelah masa maturitas skeletal. Pada periode antara permukaan masa pertumbuhan sampai dengan masa maturitas skelet pola makan / diet, pemasukan kalsium, aktivitas fisik, keadaan hormonal dan faktor genetik menentukan besarnya kandungan mineral tulang (Bostrom, 2000; compston, 2001).

Menurut Umemura (1995) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa 10 menit latihan lompat mempunyai pengaruh besar terhadap hypertrophy tulang.

Begitu juga pada latihan lari 60 menit endurance. Selain itu latihan lompat sama efektifnya dalam hypertrophy tulang pada tikus muda dan tua.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Latihan anaerobil interval selama 4 minggu dapat meningkatkan kepadatan tulang.
2. Latihan anaerobik interval selama 4 minggu dapat meningkatkan tebal tulang
3. Latihan anaerobik interval selama 8 minggu dapat meningkatkan kepadatan tulang, namun belum dapat meningkatkan tebal tulang
4. Latihan anaerobik interval selama 8 minggu lebih meningkatkan kepadatan tulang daripada latihan selama 4 minggu
5. Latihan anaerobik interval selama 8 minggu belum dapat meningkatkan tebal tulang bila dibandingkan dengan latihan selama 4 minggu.

7.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini serta kesimpulan tersebut diatas, maka penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Masih diperlukan penelitian lebih lanjut dengan memberikan bentuk latihan yang sesuai dengan pertumbuhan tulang.
2. Masih diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menambah variabel yang lebih spesifik untuk mengungkap faktor apa saja yang dapat mempengaruhi kepadatan dan tebal tulang.

3. Masih diperlukan penelitian lebih lanjut tentang faktor makanan yang diberikan
4. Masih diperlukan penelitian lebih lanjut dengan metode yang berbeda
5. Perlu dikembangkan penurunan parameter baru yang lebih spesifik untuk mendeteksi penurunan massa tulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Astrand PO, Rodahl K, 1986. *Textbook of Work Physiology Physiological Basic of Exercise*. 3 edition, New York : Mc Graw Hill Book Company, pp. 14-36, 273.
- Azharuddin, 1991. *Mineralisasi Tulang, Karya Ilmiah. Laboratorium/UPF. Ilmu Bedah Dr. Soetomo, Surabaya : Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga, hlm 3-20.*
- Berne RM, Levy MN, 1993. *Physiology*. 3rd edition. St. Louis : Mosby Year Book, pp. 876-877.
- Bompa TO, 1990. *Theory and Methodology of Training The - Key Athletic Performance*, Toronto, Ontario : Kendall Hunt Pub & Co. 2 pp. 33-51, 263-266, 292-299.
- Bompa TO, 1994. *Theory and Methodology of Training*, 3rd edition. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company, pp. 14.
- Boskey AL, 1992. *Mineral-Matrix Interaction in Bone and Cartilago*. Clin. Orthop. 281.
- Bostrom MP, 2000. *Form and Function of Bone Orthopaedic Basic Science, Biology And Biomechanics of The Musculoskeletal System*, 2nd edition. The American Academy of Orthopaedic Surgeons: pp. 324-331, 355.
- Bower RW, and Fox EL, 1992. *Sport Physiology*, Tokyo, Japan : WB. Saunders College Publishing PT I. LTD, pp. 59 – 60.
- Brooks GA, Fahey TD, 1984. *Exercise Physiology, Human Bioenergetics and It's Applications*, New York: John Willey & Sons, pp. 73, 106-113, 404-408, 429-436.
- Burkitt GH, Young B, Health JW, 1993. *Wheatear's Functional Histology*. 3rd edition. Melbourne : Churchill Livingstone, pp. 176-177, 180.
- Campbell DT, Stanley JC, 1963. *Experimental and Quasi-Experimental Designs For Research*. Chicago : Rand McNally College Publishing Co, p 55.

- Favus MJ, 1993. *Primer on The Metabolic Bone Diseases and Disorders of Mineral Metabolism*. 2nd edition. New York: Raven Press. pp. 16, 19-20, 25-27, 35-36.
- Fox EL, Bowers RW, and Foss ML, 1993. *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics*, 4th edition, Philadelphia : Saunders College Publishing, pp. 12-374.
- French R dan Jansma P, 1994. *Special Physical Education*, Colombus : Charles and Merrill Publishing Company, hlm 6, 8, 11-21.
- Ganong WF, 1999. *Review of Medical Physiology*. 19th edition. Stamford : Appleton dan Lange, pp. 365-369; 385.
- Guyton AC, Hall JE, 1996. *Textbook of Medical Physiology*. 9th edition. Philadelphia : WB Saunders Company, pp. 987-990.
- Hakkinen K, 1993. *Neuromuscular Fatigue and Recovery in Male and Female Athletes During Heavy Resistance Exercise*, *Int J. Sport Med*, . 14: 53-59.
- Harsono, 1985. *Ilmu Olahraga Terapan. Laporan dan Materi Penataran*, Jakarta : KONI Pusat.
- Higgins JE, Kleinbaum AP, 1985. *Design Methodology For Randomized Clinical Trial's, Part II of The Series of The Basic of Randomized Clinical Trial's With a Emphasis on Contraceptive Research*. New York: Family Health International, pp. 24-25.
- Janssen CP, 1989. *Training Lactate Pulse Rate*, Finland : Polar Electro Oy. pp. 20-96.
- Juncgueira LC, Carneiro J, 1980. *Basic Histology*, 3 edition, California :Large Medical Publications, pp. 132-154.
- Juncqueira LC, Carneiro J, Kelley RO, 1992. *Basic Histology*. 7th edition. Stamford : Appleton & Lange, pp. 141-143, 154.
- Kasser JR, 1996. *Orthopaedic Knowledge Update How Study Syllabus*, 4th edition American : Academy of Orthopaedic Surgeons, Publisher, pp. 11 - 131.
- Katch FI, Mc Ardle WD, 1983. *Nutrition Weight Control and Exercise*, 2nd Edition. Philadelphia: Lea and Febiger. pp. 45-76, 217-238.
- Mahan LK, Stump SE, 1996. *Krause's Food Nutrition and Diet Therapy*. 9th edition. Philadelphia : WB. Saunders Company, pp. 568, 573, 576.

- McKenzie JC, Klein EM, 2000. *Basic Concepts in Cell Biology and Histology*, New York : Mc Grow Hill, pp. 174-179, 189.
- Pate RR, And Branch JD, 1992. *Training For Endurance Sport*, Philadelphia : Med Sci, Sports Exerc, 24 :(24) Supplement, pp. 340-343.
- Pate RR, Mc Clanaghan B, and Rotella R, 1984. *Scientific Foundation of Coaching*. Philadelphia : Saunders College Publishing, Philadelphia, New York, pp. 317.
- Paturusi IA, 2001. Efficacy of Calcitonin in Osteoporosis Round Table Discussion: Degeneratif Musle skeletal "Ageing Tissues", Surabaya, p7: FK UNAIR .
- Prabowo PR, 1997. Osteoporosis-Postmenopause. *Majalah Obstetric Ginekologi*, 6 :(2) : 2 - 6.
- Pritchard DJ, 1996. Instructional Course Lectures. *American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 45 : 371 - 394.
- Pudyani PS, 1997. Pengaruh Kekurangan Kalsium dan Protein Prenatal dan Post Natal Terhadap Klasifikasi Gigi Dan Tulang, Surabaya: Disertasi Program Pasca Sarjana, Universitas Airlangga, hlm 37, 131, 138-139.
- Resnick D, 1995. *Diagnosis of Bone and Joint Disorders*. 3rd edition. Philadelphia; WB Saunders Company, pp. 624-631, 633-634, 644-646.
- Richard W, Calden Mc MD, Joseph A, Geogh Mc, Michael B, Barker, And Charles M, Court- Brown MB, 1993. Age Related Change in The Tensile Properties of cortical Bone. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. Vol 75-A, No.8, 1193-1205.
- Ricgard AB, 1982. *Applered Exercise Physiology*, Philadelphia : Lea & fibiger, pp. 25 - 32.
- Riflein BR, Gay CV, 1992. *Biology and Physiology of The osteoclast* CRC, Florida : Press Role Raton Ann Aibor, pp. 83-86, 139, 152-153, 211.
- Roah HI, 2000. *Bone Anatomy and Cell Biology*. European Calcified Tissue Society, University Orthophaedics, CF 86: General Hospital, Southampton. UK. <http://www.oste.org/001roac.htm>.
- Roeshadi Dj, Sarah Y, 1996. Penilaian Hubungan Aerobik Terhadap Massa Tulang, Surabaya; Karya Ilmiah. Lab/UPF Ilmu Bedah FK Unair / RSUD Dr. Soetomo, hlm. 1-27.

- Roeshadi Dj, Azharuddin, 1996. Prediksi dini osteoporosis dengan memakai “*Ultrasound DBM Sonic*“, Surabaya : Karya Ilmiah. Lab/UPF Ilmu Bedah Fakultas Kedokteran Unair/RSUD. Dr. Soetomo, hlm. 1 – 25.
- Salter BR, 1983. *Textbook of the Musculus Skeletal System*. 2nd edition, London: Belmont, pp. 5 – 14.
- Sankaran B, 2000. *Osteoporosis ; Clinical, Radiological, Histological, Assessment and an Experimental Study*, Mumbai : Novelty Printers, pp. 176-179, 198-200.
- Sari GM, 2001. Pengaruh Pemberian Ekstrak Kedelai (*Glycine Max*) Dibanding Estrogen Konjugasi Terhadap Kepadatan Tulang Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*), Surabaya : Tesis, Program Pascasarjana, Universitas Airlangga, hlm. 6-7, 13-18, 69.
- Shadiqin AR, 1997. Pengaruh latihan aerobik intensif dan anaerobik ekstensif terhadap ambang anaerobik serta kadar asam laktat darah maksimal, Surabaya : Tesis program, lh 7 PascaSarjana Universitas Airlangga, hlm. 2-3.
- Soebandiri, 2000. Patofisiologi Dari Osteoporosis dan Kelainan Tulang Karena Tumor Osteolisis, Surabaya : Naskah Symposium Update on Osteoporosis, Graha BIK-IPTEKDOK FK Unair, hlm. 44.
- Soekarman R, 1989. *Dasar-dasar Olahraga untuk Pembina, Pelatih dan Atlet*, Jakarta : CV. Haji Masagung, MCM xxxix, cetakan ke 2, hlm. 58.
- Soekarman R, 1991. *Energi dan Sistem Energi Predominan Pada Olahraga*. Jakarta ; Komite Olahraga Nasional Indonesia Pusat, hal 7-10.
- Solomon EP, Schmidt RR, Adragna PJ, 1990. *Human Anatomy and Physiology*. 2nd edition. Philadelphia : WB Saunders Company, pp. 170-175.
- Theibodeau GA, 1991. *Structure And Function of The Body Get*, St Louis, New York : Mosby Year Book, pp. 83-86.
- Theibodeau GA, Patton KT, 1994. *Anthony's Textbook of Anatomy & Physiology*. 15th edition. USA : Mosby-Year Book Inc. pp. 212, 214-218.
- Tjokroprawiro A, 2000. *Introduction with osteoporosis*, Surabaya : Naskah Symposium Update on Osteoporosis, Graha BIK-IPTEKDOK FK Unair, hlm. 5-6, 8, 18, 26.
- Umemura Y, Ishoko T, Tsujimoto H, Miura H, Mokushi N, Suzuki H, 1985. *Effects Of Jump Training on Bone Hypertrophy in Young and Old Rats*. *Int J. Sport Med.*, 16 :(6) 364-367.

Vigorita VJ, Ghelman B, 1999. Orthopaedic Pathology. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins, pp. 1-19, 23,29.

Lampiran 1

KALENDER KEGIATAN PENELITIAN

WAKTU	2002															
	BULAN															
JENIS KEGIATAN	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Studi Pustaka	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Pers. Usul Penelitian				x	x											
Pelak. Penelitian									x	x	x					
Penyusunan Data											x	x	x			
Analisa Data												x	x			
Penulisan Data											x	x	x			
Penulisan Tesis											x	x	x			
Ujian Pra Tesis												x	x			
Ujian Tesis														x		
Revisi Tesis														x	x	

Keterangan :

x = Ada kegiatan penelitian

Lampiran 2

Pertumbuhan Berat Badan Tikus Selama Penelitian
Pertumbuhan Berat Badan Tikus (Gram) Pada Penimbangan
Setiap 2 Minggu Adalah Sebagai Berikut :

2.1 Berat Badan Tikus Kelompok Kontrol Awal (PRT).

NO.	Berat Badan (gram)
	0
1	163
2	85
3	88
4	83
5	103
6	96
7	115
8	104
9	95
10	89

Keterangan :

0 = Berat badan awal

PRT = Pretest

Lanjutan Lampiran 2

2.2 Berat Badan Tikus Kelompok Kontrol 4 Minggu (K1).

NO.	Berat Badan (gram)		
	0	2	4
1	86	149	161
2	84	142	154
3	97	136	151
4	90	124	149
5	97	139	163
6	103	131	140
7	100	121	139
8	91	139	160
9	81	115	124
10	94	145	153

2.3 Berat Badan Tikus Kelompok Perlakuan 4 Minggu (K2).

NO.	Berat Badan (gram)		
	0	2	4
1	96	122	123
2	109	153	151
3	106	193	162
4	119	153	153
5	117	183	193
6	136	168	194
7	118	151	152
8	121	163	203
9	142	177	158
10	137	160	194

Keterangan :

- 0 = Berat badan awal
- 2 = Berat badan minggu ke 2
- 4 = Berat badan minggu ke 4

Lanjutan Lampiran 2

2.4 Berat Badan Tikus Kelompok Kontrol 8 Minggu (K3)

No.	Berat Badan (gram)				
	0	2	4	6	8
1	79	103	132	153	162
2	74	120	160	173	183
3	145	157	196	208	218
4	103	140	170	190	200
5	97	100	109	122	145
6	136	150	193	198	205
7	138	153	182	195	200
8	70	103	128	140	145
9	89	120	130	158	165
10	93	117	140	152	160

2.5 Berat Badan Tikus Kelompok Perlakuan 8 Minggu (K4).

No.	Berat Badan (gram)				
	0	2	4	6	8
1	100	109	136	154	164
2	115	156	168	172	181
3	132	185	188	192	201
4	125	160	195	206	210
5	135	135	145	157	168
6	118	141	146	150	162
7	99	136	152	158	168
8	135	131	146	152	163
9	110	125	145	150	159
10	113	142	171	189	201

Keterangan :

0 = Berat badan awal

2 = Berat badan minggu ke 2

4 = Berat badan minggu ke 4

6 = Berat badan minggu ke 6

8 = Berat badan minggu ke 8

Lampiran 3

Data Penimbangan Berat Badan, Berat Beban, Kemampuan Maksimal,
80% Dari Kemampuan Maksimal

3.1 Kelompok Perlakuan (4 Minggu)

No	Minggu 0				Minggu 2			
	BB	9% BB	KRMax I	80% Max	BB	9% BB	KRMax I	80% Max
1	96	08.64	01.54	01.31	122	10.98	06.40	05.20
2	109	09.81	02.45	02.12	153	13.77	03.40	02.56
3	106	09.54	05.55	04.44	193	17.37	08.00	06.24
4	119	10.71	03.47	03.02	153	13.77	08.10	06.32
5	117	10.53	03.10	02.32	183	16.47	06.12	04.58
6	136	12.24	03.02	02.26	168	15.12	03.25	02.44
7	118	10.62	03.01	02.25	151	13.59	05.23	04.18
8	121	10.89	02.29	01.59	163	14.67	04.40	03.44
9	142	12.78	02.48	01.42	177	15.93	03.52	03.06
10	137	12.33	02.07	02.14	160	14.04	05.03	04.02

Catatan :

- 1 Frekuensi 3 kali / minggu
- 2 Program dilaksanakan 2 set / pertemuan
- 3 Work - Relief 1 : 3
- 4 Beban lat. 9% berat badan
- 5 Minggu 0 = oval minggu

Lanjutan Lampiran 3

3.2 Kelompok Perlakuan (8 Minggu)

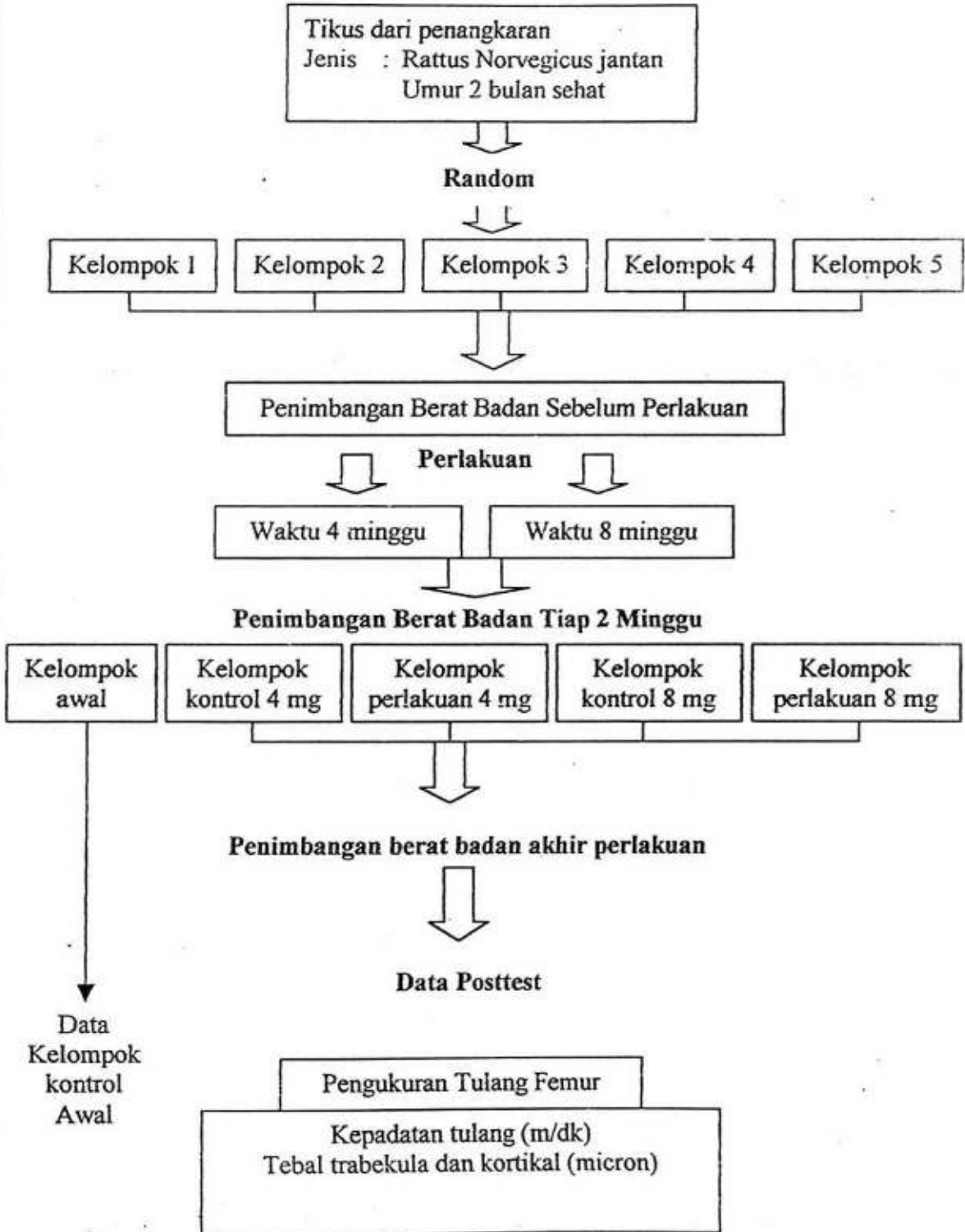
No	Minggu 0				Minggu 2				Minggu 4				Minggu 6			
	BB	9% BB	KRMax I	80% Max	BB	9% BB	KRMax I	80% Max	BB	9% BB	KRMax I	80% Max	BB	9% BB	KRMax I	80% Max
1	100	09.00	02.54	2.03	109	09.81	04.30	3.44	136	12.24	04.23	3.38	154	13.86	04.30	3.44
2	115	10.35	04.33	3.46	156	14.04	03.26	2.61	168	15.22	03.32	2.66	172	15.75	04.00	3.20
3	132	11.88	03.54	2.83	185	16.65	05.15	4.12	188	16.92	05.21	4.17	192	17.78	05.30	4.24
4	125	11.25	02.07	1.66	160	14.40	05.20	4.16	195	17.55	05.30	4.24	206	18.54	05.00	4.00
5	135	12.15	03.33	2.66	135	12.15	04.01	3.21	145	13.05	04.00	3.20	157	14.13	04.09	3.27
6	118	10.62	04.10	3.28	141	12.69	04.40	3.52	146	13.14	05.00	4.00	150	13.05	04.30	3.44
7	99	8.91	04.00	3.20	136	12.24	04.00	3.20	152	13.68	04.36	3.49	158	14.22	04.50	3.60
8	135	12.15	04.16	3.33	131	11.79	04.15	3.32	146	13.14	05.10	4.08	152	13.68	05.00	4.00
9	110	09.17	05.11	4.09	125	11.25	05.11	4.09	145	13.05	05.11	4.09	150	13.05	04.57	3.66
10	113	10.17	02.07	1.66	142	12.78	02.30	1.84	171	15.39	03.10	2.48	189	17.01	03.10	2.48

Catatan :

- 1 Frekuensi 3 kali / minggu
- 2 Program dilaksanakan 2 set / pertemuan
- 3 Work - Relief 1 : 3
- 4 Beban lat. 9% berat badan
- 5 Minggu 0 = oval minggu

Lampiran 4

Skema pelaksanaan penelitian



Lampiran 5

**PROSES PEMBUATAN SEDIAAN
HISTOLOGY JARINGAN TULANG**

I. Tulang dihunakkan dengan dekalsifikasi selama 12-24 bulan

Larutan dekalsifikasi yang mengandung :

AlCl ₃	7 gr.
Formic acid	5 cc.
Hcl	37% 8,5 cc.
Aquadest add	100cc.

Kelunakan jaringan tersebut dites dengan jarum

II. Neutralisasi dari sisa-sisa bahan deklasifikasi dalam larutan 2% NaSO₃... selama 24 jam larutan tersebut perlu diganti beberapa kali

III. Cuci air mengalir selama 12jam

IV. Proses Blok Paraffin

Larutan alkohol 70% selama	1 jam
Larutan alkohol 80% selama	1 jam
Larutan alkohol 95% selama	1 jam
Larutan alkohol absolut I selama	1 jam
Larutan alkohol absolut II selama	1 jam
Larutan Xylol I selama	1 jam
Larutan Xylol II selama	1 jam
Paraffin Cair I selama	1 jam
Paraffin Cair II selama	1 jam
Paraffin Cair III selama	1 jam
Paraffin Cair IV selama	1 jam
Cetak Dalam Blok Paraffin	

V. *Pemotongan Blok Paraffin Dengan Alat Microtome*

Setelah blok paraffin dicetak tempelkan pada balok tissue holder pada alat microtome. Dipotong dengan ketebalan 5 – 6 micron. Hasil potongan tersebut ditaruh pada waterbath. Dengan temperatur 40⁰C - 50⁰C biarkan sebentar supaya potongan tersebut jadi mekar baru diambil dengan obyek glass yang diolesi dengan EGG Albumin.

Hasil tempelan tersebut dimasukkan oven paraffin dengan temperatur 56⁰C selama 3.....4jam.

Larutan EGG Albumin :

EGG Albumin 50 cc

Glycerin 50 cc

VI. *Pengecatan/Pewarnaan (Route Staining Method) solution*

Harris Hematoxylin

Larutan Hematoxylin	5 gr
Larutan absolut Alkohol	50 cc
Larutan Ammonium/Potasium alum	100 gr
Larutan Distilled Water	1000 cc
Larutan Mercuric Oxide (RED)	2,5 gr

1% Aqueous Eosin Solution

Oesin Y, water soluble	1 gr
Distilled Water	100 cc
Tambahkan :	
Glacial Acetic Acid	2 cc

Acid Alkohol

Larutan Alkohol	70%	1000 cc
Larutan Hcl	37%	10 cc

Ammonia Water

Larutan strong ammonia water	3 cc
Larutan distilled water	1000 cc

Prosedure Pengecatan

1. Xylol I + II selama 2 menit
2. Absolut Alkohol I + II selama 1 menit
3. Alkohol I + II selama 1 menit
4. Cuci air mengalir
5. Harris Hematoxylin selama 5-10 menit
6. Cuci air mengalir
7. Differensiasi dengan acid alkohol selama 3-5 menit
8. Cuci air mengalir
9. Ammonia water selama 3-5 menit
10. Cuci air mengalir
11. Counterstain dengan eosin selama 1...2 menit
12. Alkohol I + II selama 1 menit
13. Absolut Alkohol I + II selama 1 menit
14. Xylol I + II + III selama 2 menit
15. Mounting dengan Canada Balsam

Lampiran 6

Data Hasil Pengukuran Kepadatan Tulang dengan Empat Kali Penekanan Scanning dan Nilai Rerata (m/dtk).

6.1 Kelompok kontrol awal (PRT)

No.	Pengukuran				Rerata
	1	2	3	4	
1	13.12	14.30	13.30	14.26	13.74
2	13.08	14.19	13.11	13.10	13.37
3	13.17	13.30	12.49	13.48	13.11
4	14.22	15.87	13.98	14.69	14.69
5	14.10	13.45	13.78	12.99	13.58
6	15.58	15.87	13.98	13.89	14.83
7	13.30	13.15	12.71	12.80	12.99
8	14.40	13.50	13.28	12.94	13.53
9	13.50	14.60	14.45	14.25	14.20
10	15.86	14.70	14.23	13.85	14.66
					138.07

Keterangan:

1. Penekanan scanning pertama.
2. Penekanan scanning kedua.
3. Penekanan scanning ketiga.
4. Penekanan scanning keempat.

Lanjutan Lampiran 6

6.2 Kelompok kontrol 4 minggu (K1).

No.	Pengukuran				Rerata
	1	2	3	4	
1	16.01	15.15	15.53	14.75	15.36
2	15.25	15.60	15.12	15.03	15.25
3	15.98	15.69	16.74	16.11	16.13
4	15.72	15.30	15.89	14.85	15.44
5	14.71	16.73	15.40	16.04	15.72
6	14.24	16.30	15.08	15.46	15.27
7	15.01	15.23	14.09	16.15	15.12
8	16.40	15.88	16.20	15.58	16.01
9	14.09	16.37	14.57	15.89	15.23
10	16.30	14.54	15.01	15.83	15.42
					154.95

6.3 Kelompok Perlakuan 4 minggu (K2).

No.	Pengukuran				Rerata
	1	2	3	4	
1	12.10	14.48	13.00	13.58	13.29
2	15.04	15.24	16.00	14.28	15.14
3	14.77	15.10	16.35	15.26	15.37
4	15.62	16.00	15.40	15.10	15.53
5	16.20	15.58	16.40	15.78	15.99
6	15.10	16.30	15.86	14.66	15.48
7	15.90	16.51	15.98	16.81	16.30
8	15.13	15.29	15.40	15.02	15.21
9	15.12	15.50	14.46	14.48	14.89
10	16.10	15.24	14.14	15.00	15.12
					152.32

Lanjutan Lampiran 6

6.4 Kelompok kontrol 8 minggu (K3).

No.	Pengukuran				Rerata
	1	2	3	4	
1	15.80	15.51	15.99	15.86	15.79
2	16.70	15.70	15.92	15.40	16.93
3	15.98	16.00	16.70	15.40	16.02
4	15.30	15.74	15.10	15.94	15.52
5	15.71	16.02	15.21	15.46	15.60
6	14.60	16.81	15.98	15.45	15.71
7	15.48	15.40	16.28	16.36	15.88
8	15.97	14.61	15.47	16.83	15.72
9	15.40	16.40	16.78	15.94	16.13
10	15.13	15.79	16.28	15.36	15.64
					158.94

6.5 Kelompok perlakuan 8 minggu (K4).

No.	Pengukuran				Rerata
	1	2	3	4	
1	15.69	16.29	16.42	15.48	15.97
2	16.43	16.51	15.48	15.98	16.10
3	15.97	16.75	15.67	16.21	16.15
4	16.29	15.57	15.34	16.12	15.83
5	15.55	15.95	15.75	15.91	15.79
6	16.13	16.25	16.08	15.14	15.90
7	16.98	16.55	15.59	15.84	16.24
8	16.09	15.39	16.62	15.78	15.97
9	16.51	15.74	15.68	16.79	16.18
10	15.24	16.16	16.18	16.10	15.92
					160.05

Lampiran 7

**Data Hasil Pengukuran Tebal Tulang
Pengukuran 3 X pada Luas Luar dan Luas Dalam
SERTA NILAI RATA-RATA (Mikron)**

7.1 DATA KETEBALAN TULANG KELOMPOK KONTROL AWAL(PRT)

NO	PENGUKURAN LUAR											PENGUKURAN DALAM									Rata-Rata		JUMLAH RATA-RATA		
	1			2			3					1			2			3					Luar	Dalam	Selisih
	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL	Rata-Rata	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL						
1	1789	2365	876	2665	3551	886	3551	4412	861	2623	874.3	4535	5015	480	5015	5512	497	5512	6019	507	1484	494.6	874.3	494.7	379.7
2	5635	6619	984	6619	7599	980	7506	8595	1089	3053	1017	8603	9187	584	9182	9721	539	9721	10201	480	1603	534.3	1017	534.3	483.4
3	0114	0811	697	0811	1615	804	1615	2341	726	2227	736.3	2200	2812	412	2811	2937	326	2937	3242	305	1042	347.6	736.3	347.7	388.6
4	4745	5715	970	5715	6697	982	6625	7623	998	2950	983.3	7789	8365	576	8344	8929	585	8910	9476	566	1727	575.6	983.3	575.7	407.6
5	9125	9941	816	9941	10763	822	0763	1558	795	2433	811	2914	3332	418	3332	3734	402	3734	4141	407	1227	409	811	409	402
6	4265	5083	818	5068	5895	827	5895	6715	820	2465	821.7	6785	7159	374	7167	7871	704	7571	7997	426	1503	501.3	821.7	501.3	320.4
7	7729	8892	1163	9396	10623	1227	0625	1814	1189	3579	1193	1947	2701	754	2701	3545	844	3648	4418	770	2367	789.3	1193	789.3	403.7
8	4117	5041	924	5042	6973	1931	6973	7933	960	3815	1271.7	7229	7720	491	7733	8214	481	8214	8600	386	1358	452.6	1271.7	452.7	819
9	8629	9429	800	9429	10251	822	0251	1095	844	2466	822	1210	1639	429	1639	2052	413	2076	2414	338	1180	393.3	822	393.3	428.7
10	2194	3050	856	3019	3883	864	3872	4747	875	2595	865	4895	5346	451	5346	5777	431	5786	6209	423	1305	435	865	435	430
																							16022	4933	4463.1

Keterangan :

STR : Start

FNS : Finish

Lanjutan Lampiran 7

7.2 DATA KETEBALAN TULANG KELOMPOK KONTROL 4 MINGGU (K1)

NO	PENGUKURAN LUAR											PENGUKURAN DALAM									Rata-Rata		JUMLAH RATA-RATA		
	1			2			3					1			2			3					Luar	Dalam	Selisih
	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL	Rata-Rata	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL						
1	0397	1308	911	1414	2415	1001	2439	3479	1040	2952	984	3970	4451	481	4515	4948	431	4953	5449	496	1408	4693	984	469.3	514.7
2	5288	6317	1029	6329	7345	1018	7369	8397	1028	3073	1024.3	8584	9039	455	9929	10350	421	9350	9784	434	1310	438.6	1024.3	436.6	587.6
3	9211	1'0421	1210	0422	1629	1207	1629	2832	1203	3620	1206.6	3610	4130	520	4132	4665	533	4660	5186	526	1579	526.3	1206.6	526.3	680.4
4	5191	6455	1264	6464	7736	1272	7789	9901	2112	4648	1549.3	9093	9550	437	9619	1'0147	528	0153	0693	540	1505	501.7	1549.3	501.7	1047.6
5	0763	1891	1128	801	2039	1238	2038	4163	2125	4491	1497	5295	5705	410	5760	6175	415	6180	6591	411	137.3	412	1497	412	1085
6	6710	7825	11'5	7848	8955	1107	9983	11184	1201	3423	1141	0140	0573	433	0587	1018	431	1014	1450	436	1300	433.3	1141	433.3	707.7
7	1311	2457	1146	2455	3588	1133	3590	4729	1139	3418	1139.3	4793	5297	504	5291	5788	497	5798	6272	474	1475	491.6	1139.3	491.7	647.6
8	3036	4137	1101	7137	8225	1088	8220	9209	989	3178	1059.3	9311	9893	582	9891	1'0414	523	0429	0948	519	1624	541.3	1059.3	541.3	518
9	1091	2226	1137	2238	3351	1113	3667	4483	816	3066	1022.3	4567	5080	493	5082	5576	514	5574	6043	469	1476	492	1022	492	530
10	9787	1'0897	1110	0896	1997	1101	1900	3094	1194	3405	1135	3243	3740	497	3761	4245	484	4250	4746	496	1477	492.3	1135	492.3	642.7
																							11757.8	4794.5	6961.3

Lanjutan Lampiran 7

7.4 DATA KETEBALAN TULANG KELOMPOK KONTROL 8 MINGGU (K3)

NO	PENGUKURAN LUAR										PENGUKURAN DALAM										Rata-Rata	JUMLAH RATA-RATA			
	1			2			3			Rata-Rata	1			2			3			Luar		Dalam	Selleh		
	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL		STR	FNS	SL	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL						
1	4281	5225	944	5237	6168	931	6221	7145	924	2799	933	7213	7611	398	7614	8011	397	8012	8418	406	1201	400.3	933	400.3	532.7
2	8219	9229	1010	9227	1'0188	961	0181	1151	970	2940	980.3	1211	1615	404	1615	2081	466	2080	2525	445	1315	438.3	980.3	438.3	542
3	2716	3510	794	3533	4380	847	4381	5191	810	2451	817	5183	5558	373	5550	5928	378	5929	6283	354	1105	368.3	817	368.3	448.7
4	6638	7514	876	7511	8413	902	8429	9318	889	2667	889	9398	9710	312	9711	1'0039	328	0030	0351	321	960	320.3	889	320.3	568.7
5	0907	1418	511	1113	2229	1116	2229	3332	1103	2730	910	3421	3898	477	3800	4375	575	4388	4865	477	1529	509.6	910	509.7	400.3
6	4419	5393	974	5394	6385	991	6383	7387	1004	2969	989.7	7396	7702	306	7704	8221	517	8231	8664	433	989.7	418.6	989.7	418.7	571
7	8719	9464	745	9445	1'0186	751	0197	1154	957	2452	817.6	0942	1233	291	1233	1459	226	1450	1784	334	851	283.6	817.6	283.6	534
8	1895	2780	885	2783	3685	902	3688	4564	876	2662	887.6	4629	4997	368	4997	5355	358	5366	5723	357	1083	361	887.7	361	526.7
9	5313	6210	897	6211	7085	874	7088	8951	1863	3634	1211.3	8941	9278	337	8279	8591	312	8593	8929	336	985	328.3	1211.3	328.3	883
10	9091	9995	904	0995	1809	814	0804	1702	888	2616	872	1858	2097	239	2000	2346	346	2359	2695	338	921	307	872	307	565
																							9307.7	3735.6	5572.1

Lanjutan Lampiran 7

7.5 DATA KETEBALAN TULANG KELOMPOK PERLAKUAN 8 MINGGU (K4)

NO	PENGUKURAN LUAR											PENGUKURAN DALAM									Rata-Rata		JUMLAH RATA-RATA		
	1			2			3					1			2			3					Luar	Dalam	Selisih
	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL	Rata-Rata	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL	STR	FNS	SL						
1	2353	3217	864	3217	4169	952	4169	5074	905	2721	907	5045	5301	256	5201	5560	359	5560	5828	268	883	294.3	907	294.3	612.7
2	5815	6371	556	6371	7440	1069	7940	8911	971	2596	865.3	7465	7683	218	7683	7919	238	7819	8088	269	723	241	865.3	241	624.3
3	8249	9172	923	9188	10091	903	0091	1501	1410	3236	3790	1335	1592	257	1595	1864	269	1865	2135	270	798	265.3	3790	265.3	3524.7
4	2085	2851	766	2851	3618	767	3618	4364	746	2279	759.7	4436	4695	259	4595	4863	268	4663	4935	272	799	266.3	759.7	266.3	4934
5	4785	5672	807	5672	6587	915	6587	7496	909	2711	903.6	7485	7718	231	7716	7939	223	7939	8165	226	680	226.6	903.7	226.7	677
6	8138	8896	758	8896	9660	764	9660	10430	770	2292	764	495	739	244	739	978	239	6979	7213	234	717	239	764	239	525
7	1161	1966	805	1945	2736	793	2735	3531	796	2394	798	3658	3887	229	3888	4138	250	4139	4381	242	721	240.3	798	240.3	557.7
8	4513	5388	875	5384	6212	828	5219	6149	930	2633	877.6	7245	7533	288	7534	7798	264	7700	8081	381	933	311	877.7	311	566.7
9	8866	9785	919	8885	9927	1042	9920	10962	1042	3003	1001	1113	1536	423	1538	1914	376	1915	2281	366	1165	388.3	1001	388.3	612.7
10	2439	3364	925	3564	4565	1001	4663	5748	1085	3011	1003.6	5851	6379	528	6379	6895	516	6898	7140	242	1286	428.6	1003.7	428.7	575
																							11670.1	2900.9	8769.2

Lampiran 8

Pengukuran Kepadatan Tulang

Pengukuran Kepadatan Tulang Dilakukan Dengan Menggunakan Alat Ultra Sound DBM Sonic 1200.

Tahap-tahap pengukuran kepadatan tulang pada daging diafisis tulang femur kanan sebagai berikut :

1. Pengukuran dilakukan setelah hewan coba dikorbankan dengan cara dimatikan (di bius) menggunakan ether.
2. Pemotongan bulu pada kaki bagian diafisis tulang femur sebelah kanan
3. Sebelum pengukuran bagian yang akan diukur di olesi dengan *lubricating jelly*.
4. Pengukuran dilakukan tepat pada bagian diafisis tulang femur.
5. Pengukuran dilakukan sebanyak empat kali, data keluar pada monitor setiap penekanan tombol.
6. Hasil rerata pada monitor kemudian di catat sebagai hasil kepadatan tulang (Pitchard,1996).

Lampiran 9

Pengukuran Tebal Tulang

Pengukuran tebal tulang dilakukan pada foto preperat histologi tulang dengan menggunakan planimeter.

9.1 Tahap Pengukuran Tebal Tulang

Tahap-tahap pengukuran tebal tulang pada foto preperat histologi adalah sebagai berikut :

1. Mencari area dari penampang histologi tulang sebagai pedoman untuk menentukan awal pengukuran.
2. Membuat garis sebagai pedoman awal pengukuran.
3. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan planimeter.
4. Pengukuran dilakukan pada luas luar dan luas dalam pada penampang histologi tulang.
5. Pada area pengukuran alat planimeter diletakkan pada titik pedoman pada garis luas luar dan luas dalam.
6. Alat ukur mengikuti garis luas pada penampang histologi tulang. Dilakukan pada luas luar dan luas dalam sebanyak tiga kali dari pemberangkatan (start) sampai kembali pada posisi awal (finish).
7. Penetapan nilai tebal tulang didapat dari hasil finish dikurangi start dan di rata-rata.
8. Hasil yang didapat dari rata-rata tersebut digunakan sebagai nilai tebal tulang.

Lanjutan Lampiran 9

Skema metode pengukuran tebal tulang yang dilakukan pada foto preparat histologi tulang dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 9.1 : Metode Pengukuran Tebal Tulang Pada Foto Preparat Histologis Tulang

Lampiran 10

Hasil Analisis Perbedaan

T-Test

Group Statistics

	Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kepadatan Tulang	PRT	10	13.8700	.6787	.2146
	K1	10	15.4950	.3444	.1089
Tebal Tulang	PRT	10	446.3100	137.3348	43.4291
	K1	10	696.1300	206.6579	65.3510

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Kepadatan Tulang	Equal variances assumed	7.661	.013	-6.752	18	.000	-1.6250	.2407	-2.1306	-1.1194
	Equal variances not assumed			-6.752	13.347	.000	-1.6250	.2407	-2.1436	-1.1064
Tebal Tulang	Equal variances assumed	1.616	.220	-3.184	18	.005	-249.8200	78.4655	-414.6699	-84.9701
	Equal variances not assumed			-3.184	15.652	.006	-249.8200	78.4655	-416.4605	-83.1795

T-Test

Group Statistics

	Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kepadatan Tulang	PRT	10	13.8700	.6787	.2146
	K2	10	15.2300	.8024	.2537
Tebal Tulang	PRT	10	446.3100	137.3348	43.4291
	K2	10	736.4000	71.4745	22.6022

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Kepadatan Tulang	Equal variances assumed	.135	.718	-4.098	18	.001	-1.3620	.3323	-2.0602	-.6638
	Equal variances not assumed			-4.098	17.518	.001	-1.3620	.3323	-2.0616	-.6624
Tebal Tulang	Equal variances assumed	.412	.529	-5.925	18	.000	-290.0900	48.9586	-392.9483	-187.2317
	Equal variances not assumed			-5.925	13.542	.000	-290.0900	48.9586	-395.4298	-184.7502

T-Test

Group Statistics

	Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kepadatan Tulang	PRT	10	13.8700	.6787	.2146
	K3	10	15.8940	.4097	.1296
Tebal Tulang	PRT	10	446.3100	137.3348	43.4291
	K3	10	557.2100	127.0253	40.1689

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Kepadatan Tulang	Equal variances assumed	5.376	.032	-6.073	18	.000	-2.0240	.2507	-2.5507	-1.4973
	Equal variances not assumed			-8.073	14.791	.000	-2.0240	.2507	-2.5590	-1.4890
Tebal Tulang	Equal variances assumed	.048	.830	-1.875	18	.077	-110.9000	59.1577	-235.1856	13.3856
	Equal variances not assumed			-1.875	17.891	.077	-110.9000	59.1577	-235.2397	13.4397

T-Test

Group Statistics

	Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kepadatan Tulang	PRT	10	13.8700	.6787	.2146
	K4	10	16.0050	.1540	4.870E-02
Tebal Tulang	PRT	10	446.3100	137.3348	43.4291
	K4	10	605.7830	89.7707	28.3880

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Kepadatan Tulang	Equal variances assumed	22.06	.000	-9.701	18	.000	-2.1350	.2201	-2.5974	-1.6726
	Equal variances not assumed			-9.701	9.924	.000	-2.1350	.2201	-2.6259	-1.6441
Tebal Tulang	Equal variances assumed	.257	.618	-3.074	18	.007	-159.4730	51.8841	-268.4775	-50.4685
	Equal variances not assumed			-3.074	15.504	.007	-159.4730	51.8841	-269.7494	-49.1966

T-Test

Group Statistics

	Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kepadatan Tulang	K1	10	15.4950	.3444	.1089
	K2	10	15.2320	.8024	.2537
Tebal Tulang	K1	10	695.1300	206.6579	65.3510
	K2	10	736.4000	71.4745	22.6022

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
Kepadatan Tulang	Equal variances assumed	1.293	.270	.952	18	.353	.2630	.2761		-.3171	.8431
	Equal variances not assumed			.952	12.207	.359	.2630	.2761		-.3375	.8635
Tebal Tulang	Equal variances assumed	4.426	.050	-.582	18	.568	-40.2700	69.1492		-185.5470	105.0070
	Equal variances not assumed			-.582	11.123	.572	-40.2700	69.1492		-192.2616	111.7216

T-Test

Group Statistics

	Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kepadatan Tulang	K1	10	15.4950	.3444	.1089
	K3	10	15.8940	.4097	.1296
Tebal Tulang	K1	10	696.1300	206.6579	65.3510
	K3	10	557.2100	127.0253	40.1689

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
Kepadatan Tulang	Equal variances assumed	.002	.966	-2.357	18	.030	-.3990	.1693		-.7548	-4.34E-02
	Equal variances not assumed			-2.357	17.483	.030	-.3990	.1693		-.7553	-4.27E-02
Tebal Tulang	Equal variances assumed	2.208	.155	1.811	18	.087	138.9200	76.7091		-22.2399	300.0799
	Equal variances not assumed			1.811	14.951	.090	138.9200	76.7091		-24.6282	302.4682

T-Test

Group Statistics

	Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kepadatan Tulang	K2	10	15.2320	.8024	.2537
	K4	10	16.0050	.1540	4.870E-02
Tebal Tulang	K2	10	736.4000	71.4745	22.6022
	K4	10	605.7830	89.7707	28.3880

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Kepadatan Tulang	Equal variances assumed	3.753	.069	-2.992	18	.008	-.7730	.2584	-1.3158	-.2302
	Equal variances not assumed			-2.992	9.662	.014	-.7730	.2584	-1.3514	-.1946
Tebal Tulang	Equal variances assumed	.019	.892	3.600	18	.002	130.6170	36.2869	54.3810	206.8530
	Equal variances not assumed			3.600	17.140	.002	130.6170	36.2869	54.1058	207.1282

T-Test

Group Statistics

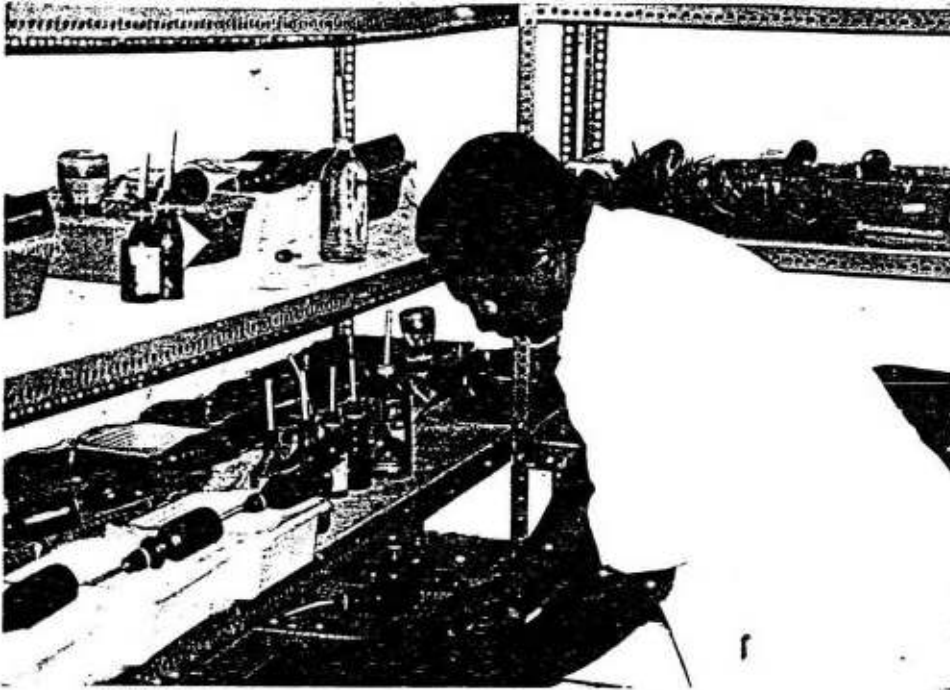
	Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kepadatan Tulang	K3	10	15.8940	.4097	.1296
	K4	10	16.0050	.1540	4.870E-02
Tebal Tulang	K3	10	557.2100	127.0253	40.1689
	K4	10	605.7830	89.7707	28.3880

Independent Samples Test

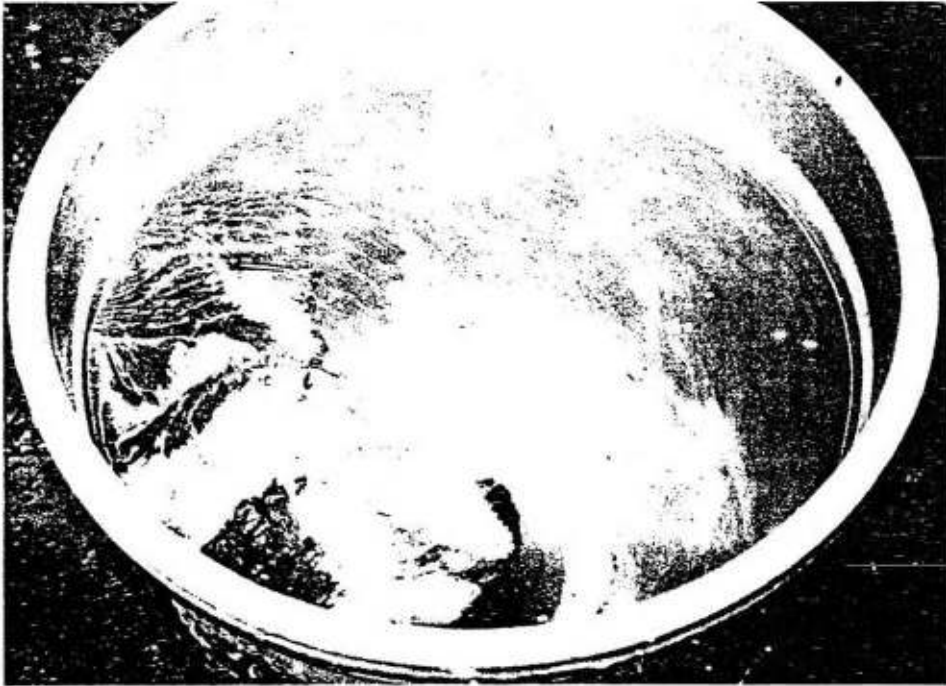
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Kepadatan Tulang	Equal variances assumed	2.604	.124	-.802	18	.433	-.1110	.1384	-.4018	.1798
	Equal variances not assumed			-.802	11.493	.439	-.1110	.1384	-.4141	.1921
Tebal Tulang	Equal variances assumed	.064	.803	-.988	18	.336	-48.5730	49.1876	-151.9123	54.7663
	Equal variances not assumed			-.988	16.195	.338	-48.5730	49.1876	-152.7440	55.5980

Lampiran II

FOTO PELAKSANAAN PENELITIAN



Gambar 11.1 Foto Kandang Hewan Coba



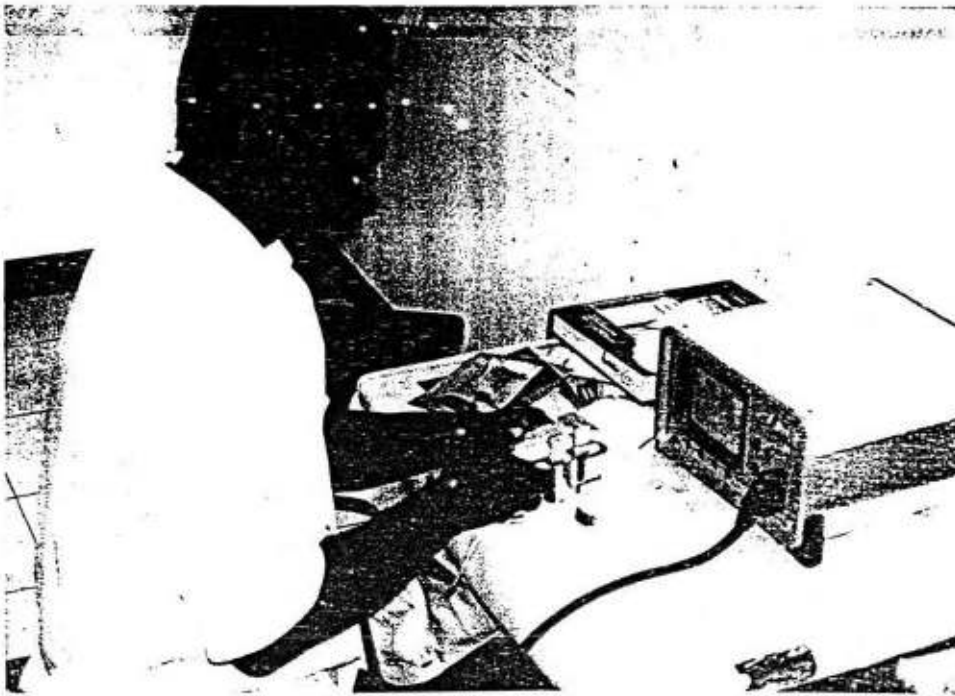
Gambar 11.2 Foto Perlakuan Hewan Coba



Gambar 11.3 Foto Lokasi dan Perlakuan Hewan Coba



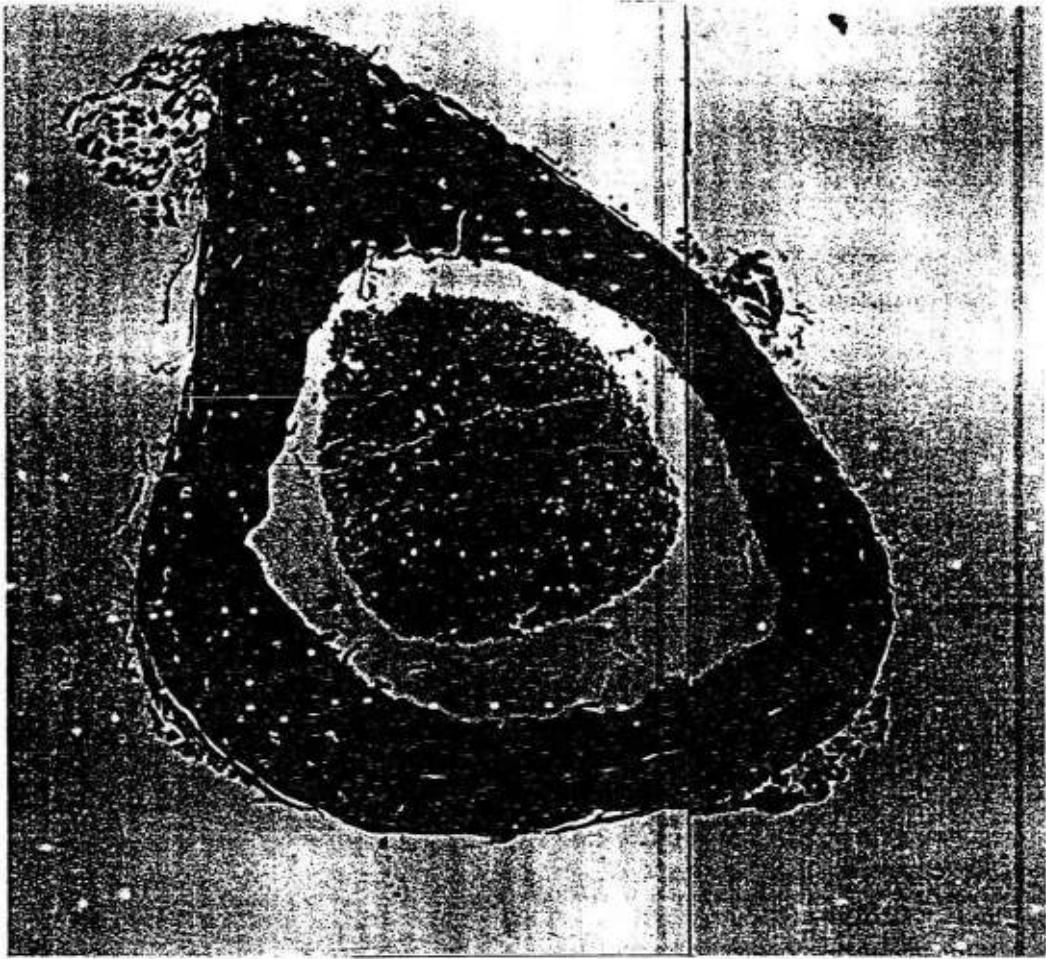
Gambar 11.4 Foto Penimbangan Berat Badan Hewan Coba



Gambar 11.5 Foto Pengukuran Kepadatan Tulang

Lampiran 12

Foto Histologis Tulang dan planimeter



Gambar 12.1 Foto Preparat Histologis Tulang Kelompok kontrol Awal Pada Pembesaran Mikroskop 3.3 x 3.2 kali.



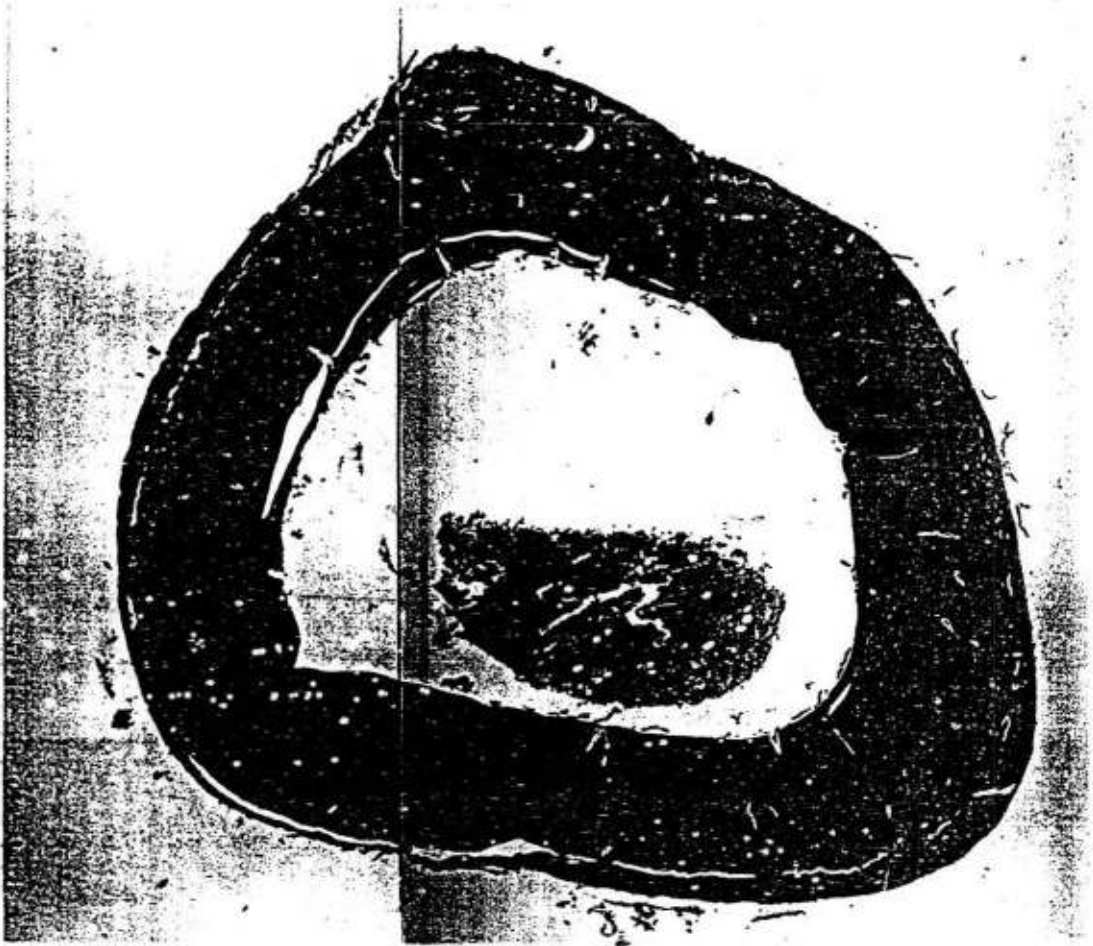
Gambar 1.2.2 : Foto Preparat Histologis Tulang Kelompok posttest Kontrol 4 Minggu Pada Pembesaran Mikroskop 3.3 x 3.2 kali



Gambar 12.3 : Foto Preparat Histologis Tulang Kelompok Perlakuan 4 Minggu
Pada Pembesaran Mikroskop 3.3 x 3.2 kali



Gambar 12.4 :Foto Preparat Histologis Tulang Kelompok posttest Kontrol 8 Minggu Pada Pembesaran Mikroskop 3.3 x 3.2 kali



Gambar 12.5 : Foto Preparat Histologis Tulang Kelompok Perlakuan 8 Minggu
Pada Pembesaran Mikroskop 3,3 x3,2 kali