

1. EXERCISE

2. POWER (PSYCHOLOGY)

3. HYPERTROPHY

IR PERPUSTAKAAN UNIVERISTAS AIRLANGGA

DITERBITKAN UNTUK
UJIAN TAHAP II

DISERTASI

**PENGARUH LATIHAN HALF SQUAT IRAMA CEPAT
DAN LAMBAT BERBEBAN 30% DAN 50% BEBAN
MAKSIMUM TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN,
DAYA LEDAK DAN HIPERTROFI OTOT TUNGKAI**

KK

Dik K. 33/02.

Plan

P.



MILIK
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA

DIRHAMZAH M. MANGKONA

NIM : 099211224 D

**ILMU KEDOKTERAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
1999**

**PENGARUH LATIHAN HALF SQUAT IRAMA CEPAT
DAN LAMBAT BERBEBAN 30% DAN 50% BEBAN
MAKSIMUM TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN,
DAYA LEDAK DAN HIPERTROFI OTOT TUNGKAI**

DISERTASI

Untuk memperoleh Gelar Doktor
dalam Ilmu Kedokteran
pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga
di bawah pimpinan Rektor Universitas Airlangga

Prof.H.Soedarto, dr.,DTM&H, Ph.D.

untuk dipertahankan di hadapan
Rapat Terbuka Senat Universitas Airlangga

Oleh :

DIRHAMZAH M.MANGKONA

NIM:099211224D

**ILMU KEDOKTERAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
1999**

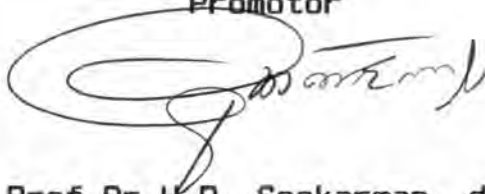
LEMBAR PENGESAHAN

Disertasi ini telah disetujui

Pada tanggal : 25 - 8 - 1999

oleh

Promotor



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

Ko-Promotor



Prof. H.R. Soedarso Djojonegoro, dr.

NIP.: 1300078271

Telah diuji pada ujian tertutup
pada tanggal 15 April 1999

Panitia Penguji Disertasi

Ketua : Prof.Purnomo Suryohudoyo, dr.

Anggota : 1. Prof.Dr.H.R.Soekarman, dr.
2. Prof.Martin Setiabudi, dr.,Ph.D.
3. Prof.Dr.Lukman O.T., M.P.
4. Dr.H.Sarmanu, drh., M.S.
5. Dr.Sunarko Setyawan, dr.,M.S.

Ditetapkan dengan Surat Keputusan
Rektor Universitas Airlangga
Nomor: 3291/J03/PP/1999
Tanggal: 27 April 1999

UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama saya panjatkan syukur Alhamdulillah kehadiran Allah Subhana Wataalah yang Maha Kuasa Lagi Maha Pengasih dan Penyayang atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga disertasi ini dapat diselesaikan.

Dalam penyelesaian disertasi ini banyak hambatan yang saya hadapi, namun berkat bantuan, bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak hambatan tersebut dapat diatasi. Untuk itu dengan segala kerendahan hati perkenankanlah saya mengucapkan terima kasih kepada:

Prof.Dr.H.R. Soekarman, dr., Promotor yang telah banyak memberikan petunjuk, bimbingan serta dorongan semangat dalam penulisan disertasi untuk penyelesaian Program Pendidikan Doktor.

Prof.H.R. Soedarso Djojonegoro, dr., Ko-Promotor dan mantan Rektor Universitas Airlangga yang telah memberi kesempatan dan membimbing untuk menyelesaikan Program Pendidikan Doktor.

Pemerintah Republik Indonesia c.q. Menteri Pendidikan dan Kebudayaan melalui Team Managemen Program Doktor yang telah memberi finansial, sehingga meringankan beban saya dalam menyelesaikan disertasi ini.

Prof.H. Soedarto, dr., DTM&H., Ph.D., Rektor Universitas Airlangga, dan Prof.H.Bambang Rahino Setokoesoemo, dr., mantan Rektor Universitas Airlangga yang telah memberi kesempatan untuk mengikuti dan menyelesaikan Program Pendidikan Doktor di Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.

Prof.Dr.H. Soedijono, dr., Direktur Program Pascasarjana Universitas Airlangga dan Prof.Dr.Sutarjadi, Apt., mantan Direktur Program Pascasarjana Universitas Airlangga yang telah memberi kesempatan untuk mengikuti Program Pendidikan Doktor.

Staf pengajar pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya: Pro.Bambang Rahino Setokoesoemo,dr., Prof.Abdul Gani,S.H.,M.S., Prof.Purnomo Suryohudoyo,dr., Prof.Eddy Pranowo Soediby,dr.,MPH.,Prof.Dr.Pitono Soeparto,dr.,DSK., Prof.Dr.Thomas Kardjito,dr., Prof.Dr. Noor Rakhman,dr., Prof.Rachmat Santoso,dr., Prof.Dr.Konthen,dr., Prof.Dr.H.R.Soekarman,dr., Widodo JP,dr.,M.S., MPH., Dr.P.H., Fuad Amsyari,dr.,MPH.,Ph.D., Dr.Zainuddin Apt., Prof.Yoes Priyatna Dahlan,dr.,M.Sc., Dr.Judayana, dr., Dr.H.Sarmanu,drh.,M.S., Dr.Suhartono Taat Putra,dr. M.S., Prof.Dr. Lukas Widyanto, dr., Prof. Glinka, SVD., Dr.Julia Maria,drg.,M.S., Dr.Siti Pariani,dr.,M.S.,M.Sc. Dr.Theodorus I.Setyawan, Prof.Martin Setiabudi,dr.,Ph.D. Prof.Dr.Pramono Hadi,dr., Dr.Djoko Soemantri, yang telah memberikan tambahan ilmu pengetahuan dan wawasan yang sangat berguna serta memberikan dorongan dan bimbingan.

Prof.Dr.H. Sjahrudin Kaseng, Rektor IKIP Ujung Pandang yang telah memberikan kesempatan untuk mengikuti dan menyelesaikan Program Pendidikan Doktor di Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.

Prof.Dr.M. Kasmad Yahya, Dekan FPOK IKIP Ujung Pandang dan Prof. Dr.H.M.Anwar Pasau. M.A., mantan Dekan FPOK IKIP Ujung Pandang yang telah memberi kesempatan untuk mengikuti dan menyelesaikan Program Pendidikan Doktor di Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.

Para dosen penguji Tahap I, Prof.Purnomo Suryohudoyo, dr., Prof.Dr.H.R.Soekarman, dr., Prof.H.R.Soedarso Djojonegoro, dr., Prof.Martin Setiabudi, dr., Ph.D., Prof.Dr.Lukman O.T., M.P., Dr.H.Sarmanu, drh., M.S., Dr.Sunarko S., dr., M.S.

Moh.Cholil Munif, dr., yang telah membantu dalam pengolahan analisis statistik data penelitian disertasi ini.

Dr.Sunarko Setyawan, dr., M.S., yang telah banyak membantu serta memberi bimbingan dan motivasi dalam menyelesaikan penulisan disertasi ini.

Kepada guru dan dosen saya sejak saya di Sekolah Dasar, Sekolah Menengah Pertama, Sekolah Menengah Atas, Sekolah Tinggi Olahraga, Fakultas Keguruan dan Ilmu Keolahragaan IKIP Ujungpandang, dengan ini saya sampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala pendidikan dan bimbingan yang telah diberikan kepada saya.

Abdul Kholik, Ahli Madya bidang statistik staf Laboratorium Komputasi Jurusan Statistik Fakultas MIPA ITS Surabaya, yang telah membantu dalam analisis data penelitian untuk disertasi ini.

Drs.H.M. Sir Idar, Pembantu Dekan II FPOK IKIP Ujung Pandang yang telah memberi izin dan kemudahan dalam penggunaan peralatan latihan Kondisi Fisik serta fasilitas laboratorium untuk penelitian.

Drs. Sudirman Burhanuddin, M.S. dan Drs. Muhadir, dosen FPOK IKIP Ujung Pandang yang telah membantu menyediakan dan mengkoordinir mahasiswa dalam pelaksanaan penelitian ini.

Drs. Abraham Razak, M.S. yang banyak membantu meminjamkan buku-buku serta memberikan dorongan dalam penulisan disertasi.

Drs. Daud Tandililing, laboran FPOK IKIP Ujung Pandang yang dengan sukarela membantu penyediaan peralatan yang dipakai selama penelitian berlangsung.

Ayahanda A.Massalanra (almarhum) dan ibunda A.Ilawiyah (almarhumah) yang telah mengasuh serta mendidik saya mulai dari kecil sampai dewasa.

Dra.Hj.Hadjrah M., ibu mertua yang penuh kasih sayang membantu mengasuh anak-anak dan dorongan yang disertai dengan doa kekhadirat Allah SWT. untuk menyelesaikan Program Pendidikan Doktor.

Dra.Hj. Arwaty Dir, istriku yang tercinta dan anak-anakku yang tersayang A.Magfirah Satya Apada, A.Akhmad Basith, A.Khairun Nisa, A. Sakinah Ayu Lestari dan A.Almaidah, yang telah memberi semangat, pengorbanan, dorongan serta rela ditinggalkan untuk sementara, kesemuanya ini dilakukan dengan ikhlas serta diiringi dengan doa kehadiran Allah SWT. demi untuk menyelesaikan Program Pendidikan Doktor.

Adik-adik serta seluruh keluarga yang turut mendoakan dan memberikan dorongan selama mengikuti pendidikan doktor.

Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan hidayahNYA kepada kita semua, Amin.

RINGKASAN

Bentuk latihan fisik *half squat* (HS) dapat dimanfaatkan untuk peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot tungkai. Namun dosis latihan fisik HS yang ditujukan untuk peningkatan proporsi kekuatan, daya ledak dan hipertrofi terhadap kebutuhan cabang olahraga belum terinci. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan proporsi peningkatan respons kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot tungkai terhadap pemberian berbagai dosis latihan fisik HS.

Penelitian ini menggunakan 150 sampel dari mahasiswa FPOK IKIP Ujung Pandang pada semester I dengan batasan umur 18-22 tahun yang dibagi 4 kelompok perlakuan dan 1 kelompok kontrol. Kelompok perlakuan meliputi beban latihan fisik HS irama lambat dengan 30% beban maksimum (IL-30), beban latihan fisik HS irama lambat dengan 50% beban maksimum (IL-50), beban latihan fisik HS irama cepat dengan 30% beban maksimum (IC-30), beban latihan fisik HS irama cepat dengan 50% beban maksimum (IC-50), sedangkan kelompok kontrol tidak diberi beban latihan. Variabel tergantung meliputi, kekuatan (*leg power-dinamometry*), daya ledak (*vertical jump*) dan

hipertrofi otot tungkai. Respons pada keempat dosis latihan fisik HS dibedakan atas dasar analisis multivariat yang untuk penafsiran perbedaan tersebut berdasar atas respons pola variabel penelitian. Uji diskriminan respons variabel untuk lebih merinci variabel yang mempunyai daya beda terhadap respons otot akibat dosis latihan juga diwakili oleh ketiga variabel (kekuatan, daya ledak dan hipertrofi).

Hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Hasil latihan fisik HS pada 6 minggu pertama menunjukkan bahwa respons pola peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot skelet tungkai pada IL-50 adalah paling rendah dibandingkan dengan IL-30, IC-30 dan IC-50. Hipertrofi otot lebih menonjol pada IC-30, sedangkan kekuatan dan daya ledak lebih menonjol pada IC-50.

2. Hasil latihan fisik HS pada 6 minggu kedua menunjukkan bahwa respons pola peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot skelet tungkai pada IL-50 adalah tetap paling rendah dibandingkan dengan IL-30, IC-30 dan IC-50. Hipertrofi otot lebih menonjol pada IL-30 dan IC-30, sedangkan kekuatan otot dan daya ledak lebih menonjol pada IC-50, namun hipertrofi otot pada IC-50 tidak cukup menonjol.

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Latihan fisik HS IC-50 memberikan peningkatan paling besar untuk respons pola kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot tungkai.
2. Latihan fisik HS IL-50 kurang dapat memberikan respons pola peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi pada otot.
3. Latihan fisik HS IL-30 memberikan respons pola peningkatan predominan hipertrofi daripada kekuatan dan daya ledak pada otot tungkai, meskipun tidak sebesar pada IC-50.

Sebagai saran atas dasar temuan dalam penelitian ini maka perlu diadakan penelitian lebih lanjut yaitu:

1. Adanya kajian lanjutan untuk mendapatkan jenis hipertrofi terhadap kinerja otot skelet.
2. Adanya kajian lanjutan untuk menambah pengukuran kekuatan secara dinamik dari kinerja otot skelet.
3. Adanya penelitian terapan pada pembinaan cabang olahraga yang berdasar kelas berat badan, mengingat sampai saat ini kelebihan berat badan saat atlet mau bertanding masih merupakan masalah.

ABSTRACT

Keywords: Half squat training, strength, explosive power and hypertrophy.

Half squat (HS) training can be employed to increase strength, explosive power and hypertrophy of leg muscle. However, the dose to increase strength, explosive power and hypertrophy has not been elaborated.

This study was conducted at the Faculty of Physical and Health Education, Institute of Teachers Training and Education Science (FPOK IKIP) Ujung Pandang. A total random sample of 150 persons selected from first year male students between 18-22 years of age, were distributed into 4 experimental groups and 1 control group. The experimental groups performed HS training with different loads, i.e. high frequency with 30% maximal load (IC-30), low frequency with 30% maximal load (IL-30), high frequency with 50% maximal load (IC-50), and low frequency with 50% maximal load (IL-50). The control group did not perform any training. The whole experiment was carried out in 12 weeks, and data were collected at the end of the first- and the second sixth week. The collected data were processed statistically using the multivariate analysis.

The result of this study were as follows:

1. HS training IC-50 has the greatest beneficial effect on strength, explosive power, and hypertrophy of leg muscle.
2. HS training IL-50 produce the least increase of strength, explosive power, and hypertrophy of leg muscle.
3. HS training IL-30 predominantly increase muscle hypertrophy than that of strength and explosive power, although the increase is still below that of IC-50.



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PANITIA PENGUJI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
RINGKASAN	x
ABSTRACT	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR ISTILAH	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Struktur Otot Rangka (Skelet)	7
2.1.1 Miosin (filamen tebal)	10
2.1.2 Aktin (filamen tebal)	12
2.1.3 Tropomiosin	13
2.1.4 Troponin	14
2.1.5 Tipe serabut otot rangka	15

2.2 Mekanisme Kontraksi Otot	17
2.2.1 Proses kontraksi otot	19
2.2.2 Energi kontraksi otot	27
2.2.3 Sistem penyediaan energi	29
2.3 Latihan Fisik	46
2.3.1 Prinsip pembebanan latihan.... fisik.	46
2.3.2 Dosis latihan fisik	49
2.3.3 Latihan squat	50
2.3.4 Latihan half squat irama lambat	50
2.3.5 Latihan half squat irama cepat	51
2.3.6 Kegunaan latihan squat	52
2.4 Daya Ledak	52
2.4.1 Jenis-jenis daya ledak	53
2.4.2 Faktor yang mempengaruhi.... daya ledak.	55
2.5 Kekuatan Otot	58
2.5.1 Metode latihan kekuatan	59
2.5.2 Faktor-faktor yang berpengaruh pada kekuatan.	63
2.6 Hipertrofi Otot	65
2.6.1 Faktor yang mempengaruhi	66
hipertrofi otot.	
2.6.2 Adaptasi sintesa protein	68
2.6.3 Latihan dan sintesa protein ..	69
2.6.4 Pengaruh endokrin	70
2.6.5 Pengaruh latihan terhadap hipertrofi otot	71

2.6.6 Adaptasi dalam sintesa protein dan degradasi.	72
2.6.7 Latihan kekuatan dan hipertrofi otot.	73
BAB 3. KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS	75
3.1 Kerangka Konseptual	75
3.2 Hipotesis	76
BAB 4. METODE PENELITIAN	77
4.1 Metode Penelitian	77
4.1.1 Jenis penelitian	77
4.1.2 Rancangan penelitian	77
4.2 Populasi, Sampel dan Besar Sampel	78
4.2.1 Populasi	78
4.2.2 Sampel	78
4.2.3 Besar sampel	79
4.3 Variabel Penelitian	79
4.3.1 Variabel bebas	79
4.3.2 Variabel tergantung	80
4.3.3 Variabel moderator	80
4.3.4 Variabel kendali	80
4.4 Definisi Operasional Variabel	80
4.4.1 Kekuatan (strength)	81
4.4.2 Daya ledak (explosive power)	81
4.4.3 Hipertrofi (hypertrophy)	81
4.5 Prosedure Pengumpulan Data	81
4.5.1 Pengukuran kekuatan	82
4.5.2 Pengukuran daya ledak	84
4.5.3 Pengukuran hipertrofi otot tungkai.	86

4.6 Alat Atau Instrumen Penelitian	88
4.7 Lokasi dan Waktu Penelitian	88
4.7.1 Lokasi penelitian	88
4.7.2 Waktu penelitian	88
4.8 Pelaksanaan Penelitian	88
4.8.1 Melakukan pretes	88
4.8.2 Pembagian kelompok	89
4.8.3 Materi perlakuan	89
4.8.4 Frekuensi latihan	90
4.8.5 Bentuk latihan beban	90
4.9 Pengolahan Hasil Penelitian	91
 BAB 5 HASIL PENELITIAN	 93
 BAB 6 PEMBAHASAN	 101
 BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN.....	 108
7.1 Kesimpulan	108
7.2 Saran	109
 DAFTAR PUSTAKA	 110
 LAMPIRAN	 121

DAFTAR GAMBAR

1.	Gambar 2.1	Struktur otot rangka	8
2.	Gambar 2.2	Filamen miosin	12
3.	Gambar 2.3	Filamen aktin	14
4.	Gambar 2.4	Tropomiosin dan troponin	15
5.	Gambar 2.5	Mekanisme kontraksi otot rangka ..	18
6.	Gambar 2.6	Proses kontraksi otot rangka	21
7.	Gambar 2.7	Pelepasan ion Ca dari	26
		endoplasmik retikulum.	
8.	Gambar 2.8	Glikolisis anaerobik	37
9.	Gambar 2.9	Pembentukan ATP melalui daur	41
		Krebs.	
10.	Gambar 2.10	Sistem transport elektron	42
11.	Gambar 2.11	Persentase pembebanan untuk	60
		mengembangkan kemampuan.	
12.	Gambar 4.1	Pengukuran kekuatan otot tungkai..	81
13.	Gambar 4.2	Pengukuran vertikal jump	84
14.	Gambar 4.3	Pengukuran tebal lemak	85
15.	Gambar 4.4	Pelaksanaan latihan fisik half	89
		squat.	
16.	Gambar 5.1	Grafik pola komplementatif	99
		kekuatan, daya ledak dan hiper-	
		trofi otot tungkai.	

DAFTAR ISTILAH

1. Dosis latihan fisik :
Rangkaian beban aktivitas yang diterima oleh tubuh yang tergantung pada intensitas latihan, frekuensi latihan, lama latihan dan bentuk/model latihan.
2. Latihan half squat :
Adalah jenis latihan yang menggunakan beban untuk meningkatkan kondisi fisik.
3. Kekuatan otot :
Adalah kemampuan otot atau sekelompok otot yang berkontraksi secara maksimal.
4. Daya ledak otot :
Adalah gerakan yang menggunakan kekuatan dan kecepatan yang bersamaan.
5. Hipertrofi otot :
Adalah meningkatnya jumlah dan ukuran miofibril dalam dalam serabut otot.
6. Irama lambat :
Adalah irama latihan yang berlangsung lama dengan intensitas yang rendah
7. Irama cepat :
Adalah irama latihan yang berlangsung singkat dengan intensitas yang tinggi.



BAB 1
PENDAHULUAN

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Bentuk latihan *half squat* (HS) untuk mendapatkan peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot sudah banyak dilakukan. Bentuk latihan HS sering dirangkai dalam latihan sirkuit, dimana latihan otot kaki tersebut telah diterapkan dengan berbagai cara maupun dosis latihannya. Namun cara dan dosis latihan fisik HS yang ditujukan untuk peningkatan proporsi kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot belum banyak diungkap.

Tiap cabang olahraga mempunyai kekhususan dalam kebutuhan kinerja otot. Otot skelet yang hipertrofi dapat menurunkan kelincahan, walaupun kemungkinan sekelompok otot tersebut mempunyai kekuatan dan daya ledak yang hebat (Baley, 1982). Cabang olahraga bela diri karate, wushu, tinju, anggar dan yang sejenis, dimana kelincahan otot kaki sangat dominan, maka diperlukan kualitas kinerja kekuatan dan daya ledak yang hebat. Namun demikian apabila otot kaki tersebut mengalami kondisi hipertrofi yang berlebihan, maka dapat mengurangi prestasi. Atas dasar fenomena tersebut maka dosis latihan fisik masih perlu diakurasi sesuai dengan kebutuhan gerakan pada cabang olahraga tertentu. Sebaliknya apabila cabang olahraga yang hanya memerlukan sekali

gerakan otot, misalnya pada cabang olahraga angkat, maka unsur kelincahan kurang dominan. Untuk itu dosis latihan fisikpun berbeda.

Seringkali program latihan fisik untuk prestasi masih memfokuskan pada kemampuan metabolisme penyediaan enersi baik aerobik maupun anaerobik. Selain itu program latihan fisik juga sering hanya tertuju pada upaya peningkatan kekuatan atau *power* semata, namun sering mengabaikan unsur kinerja otot yang lain misalnya kelincahan dan kelincahan. Dengan demikian program latihan fisik terhadap harapan kinerja yang sesuai dengan cabang olahraga masih belum komprehensif. Di sisi lain tolok ukur hasil latihan fisik masih dilakukan secara makro yaitu kekuatan, kecepatan dan daya ledak (Hazaldine, 1989). Kesalahan yang demikian itu dapat mengurangi keberhasilan dalam pembinaan seorang atlet. Khusus untuk bentuk latihan HS, sering hanya dimasukkan dalam latihan sirkuit sebagai pelengkap gerakan otot saja. Namun apabila dicermati bentuk latihan tersebut dapat dihasilkan suatu kekuatan otot tungkai tanpa diikuti proses hipertrofi yang hebat. Kondisi hasil latihan yang demikian tersebut dapat dicapai dengan mengatur dosis latihan fisik HS yang diberikan pada seorang atlet.

Telah diketahui bahwa otot merupakan "mesin biologik" (Setyawan, 1991). Kualitas kinerja otot bersifat "elastik". Yang dimaksud dengan sifat elastik adalah apabila otot dilatih maka kinerja otot akan meningkat,

sedangkan bila tidak dilatih lagi otot tersebut selama beberapa minggu dapat menurunkan kinerjanya, dengan demikian secara fisiobiologik, khususnya otot skelet dengan pembebanan latihan fisik akan memberikan respons adaptasi sesuai dengan dosis latihan fisik yang diberikan (Lamb, 1984). Dosis latihan fisik HS diharapkan untuk menjadi stimulator peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi pada otot skelet. Khusus pada otot tungkai, kekuatan dan hipertrofi dapat ditingkatkan dengan latihan beban yang intensitasnya 60% sampai 70% (Harre, 1982). Hasil respons adaptasi masih belum se-laras dengan kinerja otot untuk cabang olahraga yang diinginkan. Bentuk latihan fisik HS dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot tungkai. Selama ini dosis latihan fisik HS yang diterapkan sekitar 10-20% beban maksimum yang diharapkan akan terjadinya hipertrofi, meningkatnya kekuatan dan daya ledak, juga masih kurang efektif. Atas dasar hal tersebut maka dalam penelitian ini akan dicoba dosis latihan fisik HS 30% dan 50% beban maksimum dengan irama cepat dan lambat untuk menghasilkan kondisi otot yang proposional terhadap kinerja otot pada cabang olahraga tertentu.

1.2 Rumusan Masalah

Bertolak dari ulasan singkat diatas dapat di rumuskan masalah dari penelitian ini sebagai berikut: apakah latihan HS irama cepat berbeban 50% dan 30% serta latihan HS irama lambat berbeban 50% dan 30% beban maksimum dapat memberikan respons pola peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot tungkai yang berbeda pada subjek bukan atlet?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan respons pola peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot tungkai pada subjek bukan atlet dengan pemberian latihan HS irama cepat berbeban 50% dan 30% serta dengan latihan HS irama lambat berbeban 30% dan 50% beban maksimum.

1.3.2 Tujuan khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk membuktikan bahwa:

1. Latihan fisik HS irama cepat berbeban 50% beban maksimum dapat memberikan respons pola peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi pada otot tungkai.

2. Latihan fisik HS irama lambat berbeban 50% beban maksimum kurang dapat memberikan respons pola peningkatan kekuatan, daya ledak, dan hipertrofi pada otot tungkai dibandingkan dengan latihan fisik HS irama cepat berbeban 50% beban maksimum.
3. Latihan fisik HS irama cepat berbeban 30% beban maksimum dapat memberikan respons pola peningkatan kekuatan, daya ledak, kurang disertai dengan hipertrofi pada otot tungkai.
4. Latihan fisik HS irama lambat 30% beban maksimum dapat memberikan respons pola peningkatan hipertrofi daripada kekuatan dan daya ledak pada otot tungkai.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan yang bermanfaat sebagai berikut:

1. Dengan diketahuinya dosis latihan HS terhadap proporsi peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot tungkai, maka pemanfaatan dosis latihan HS dapat digunakan untuk menunjang pembinaan prestasi pada cabang olahraga yang membutuhkan ketiga unsur tersebut.

2. Dengan diketahuinya bahwa dosis latihan HS terhadap proporsi peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot tungkai, maka pemanfaatan dosis latihan HS dapat digunakan untuk menambah model kepelatihan "circuit training".



BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

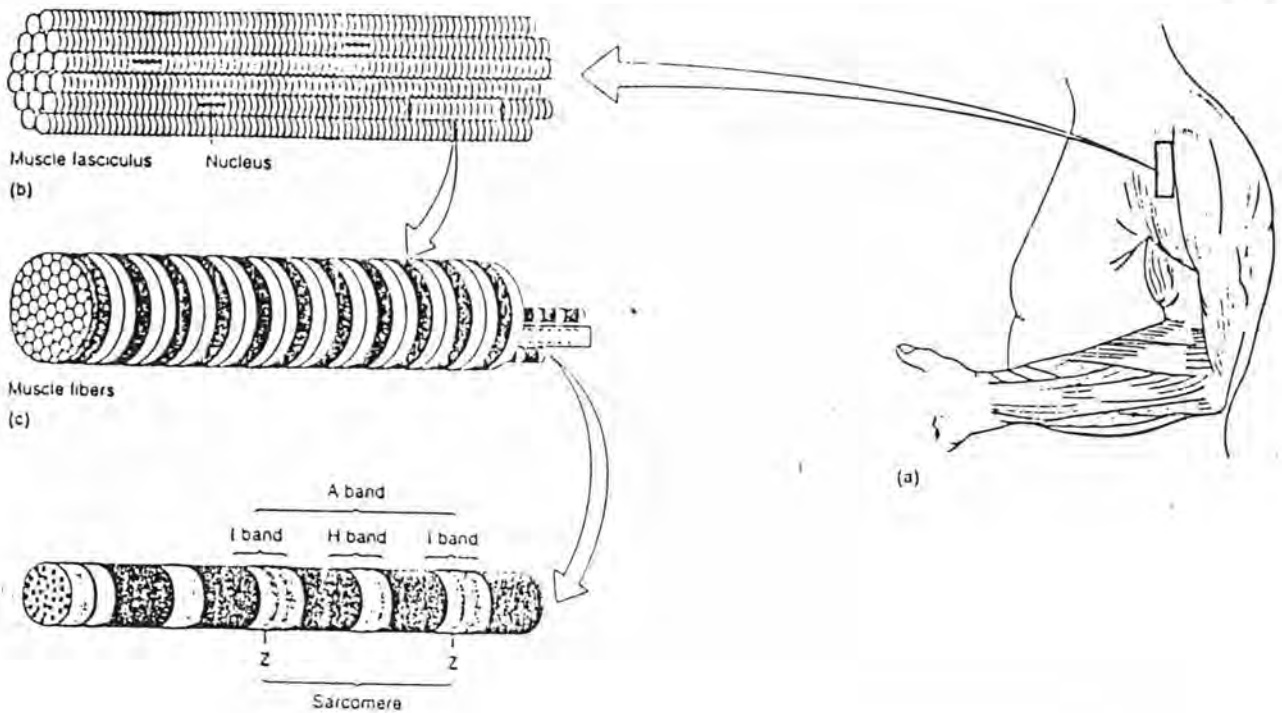
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Otot Rangka (Skelet)

Sel otot seperti halnya dengan sel saraf dapat dirangsang secara kimia, listrik dan mekanik untuk menimbulkan potensial aksi. Otot pada tubuh manusia terbagi menjadi tiga jenis, yaitu: otot rangka, otot polos dan otot jantung. Uraian di bawah ini hanya akan dibatasi pada otot kerangka saja.

Otot rangka merupakan massa yang besar dari otot somatik dan mempunyai garis-garis melintang yang nyata, dan tidak akan berkontraksi apabila tidak mendapat rangsangan dari saraf. Otot rangka terdiri dari sejumlah serabut-serabut otot yang mempunyai diameter berkisar 10 sampai 80 mikron . Setiap serabut otot tersebut terdiri dari rangkaian subunit yang lebih kecil (gambar 2.1). Pada sebagian besar otot, serabut-serabutnya membentang diseluruh panjang otot. Fungsi utama dari otot rangka adalah untuk melakukan kontraksi yang menjadi dasar utama dari gerakan tubuh. Aktifitas otot rangka yang terdapat diberbagai bagian tubuh dikoordinasikan oleh susunan saraf sehingga membentuk suatu gerakan yang harmonis serta letak posisi tubuh yang tepat. Setiap serabut otot rangka mengandung beberapa ratus sampai beberapa ribu miofibril. Tiap miofibril yang terletak berdampingan, mempunyai filamen miosin kira-kira 1500, dan 3000 filamen aktin yang merupakan molekul protein polimer besar yang bertugas untuk terjadinya kontraksi otot. (Fox, 1993; Guyton, 1966).



Gambar 2.1 Struktur otot rangka (skelet)
(Devlin, 1992)

Filamen-filamen ini dapat dilihat pada mikroskop elektron. Filamen yang tebal adalah miosin dan filamen yang tipis adalah aktin. Filamen miosin dan filamen aktin berselang seling sehingga memberi gambaran pita terang dan gelap. Pita-pita yang terang yang hanya mengandung filamen aktin disebut pita I (I band) karena mereka terutama bersifat isotropik terhadap cahaya yang dipolarisasikan. Pita-pita yang gelap yang mengandung filamen miosin disebut pita A (A band) karena mereka bersifat anisotropik terhadap cahaya yang dipolarisasi-

kan. Penonjolan-penonjolan kecil disamping filamen miosin disebut jembatan penyeberangan (*cross-bridges*), mereka menonjol dari permukaan sepanjang filamen miosin, kecuali pada bagian tengahnya. Interaksi antara jembatan penyeberangan dan filamen aktin menyebabkan kontraksi otot (Vander, 1990; Guyton, 1996).

Filamen aktin melekat pada cakram Z (*Z discus*), dan filamen-filamen aktin tersebut memanjang pada salah satu sisi cakram Z untuk bertautan dengan filamen miosin. Cakram Z yang terdiri dari beberapa filamen protein yang berbeda dari filamen miosin dan filamen aktin, juga berjalan dari miofibril ke miofibril, dan melekatkan miofibril satu sama lainnya melalui serabut otot. Oleh karena itu seluruh serabut otot mempunyai pita yang terang dan gelap seperti juga yang terdapat pada tiap-tiap miofibril. Pita-pita ini memberi corak bergaris pada otot rangka (Vander, 1990).

Bagian miofibril yang terletak antara cakram Z yang berurutan dinamakan sarkomer yang merupakan unit fungsional dari miofibril. Bila serabut otot dalam keadaan normal panjang maksimal sarkomer kira-kira 2,0 mikron. Pada ukuran panjang ini, filamen aktin dan miosin akan overlap antara satu sama lainnya. Bila sebuah serabut otot diregangkan melebihi panjang istirahatnya, ujung-ujung filamen aktin akan tertarik saling menjauh menyebabkan daerah terang pada pusat pita A. Daerah terang ini dinamakan daerah H (zona H) gambar 2,

yang merupakan daerah dimana pada keadaan relaksasi filamen aktin tidak overlap dengan filamen miosin. Jadi pada waktu terjadi kontraksi daerah H tidak kelihatan. Pada bagian tengah dari daerah H terdapat garis M (M line) yang dibentuk oleh filamen miosin pada bagian tengah daerah H (Guyton, 1996).

2.1.1 Miosin (*filamen tebal*)

Miosin merupakan molekul panjang dengan dua kepala globuler pada sebuah ujungnya. Miosin terdiri dari enam rantai polipeptida, dua rantai berat sekitar 230.000 mol wt; dan dua pasang rantai ringan yang berat molekulnya sekitar 20.000 mol wt; setiap rantai berat berhubungan dengan pasangan rantai ringan yang berbeda. Rantai ringan adalah protein seperti kalmodulin yang mengikat kalsium. Rantai ringan mengikat rantai berat di sekitar kelompok kepala miosin (Alberts, 1989; Vander, 1990; Guyton, 1996).

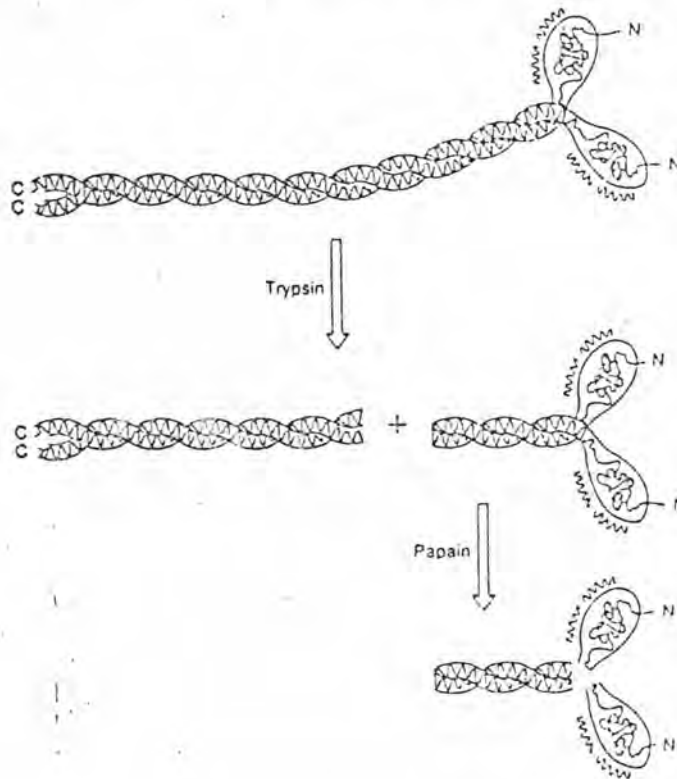
Bagian ekor miosin adalah ujung karboksil rantai. Miosin tergulung dengan sendirinya dalam susunan alfa-heliks yang berbentuk spiral (gambar 2.2). Perlakuan dengan tripsin menyebabkan pembelahan bagian ekor sekitar sepertiga dari titik temu (junction) untuk memproduksi meromiosin berat (kelompok kepala dan ekor pendek). Meromiosin berat ini mempunyai ekor seperti batang dan dua kepala globuler, tidak mengumpul tetapi mempunyai aktivitas ATPase dan mengikat ke rantai rin-

gan. Meromiosin berat ini dapat dipisahkan dengan perlakuan papain untuk menghasilkan dua subfragmen globuler yang identik (dinamakan S1) dan subfragmen berbentuk batang (dinamakan S2). Sedangkan meromiosin ringan adalah suatu batang alfa-heliks yang panjangnya 850 amstrong, yang mengumpul untuk membentuk filamen-filamen (Alberts, 1989; Vander, 1990; Guyton, 1996).

Miosin adalah elemen besar yang penting dari elemen kontraksi, membentuk agregat simetris sekitar garis M dari daerah H di sarkomer. Supaya hal ini terjadi, bagian ekor miosin harus digabungkan dalam pola paralel dan pola anti paralel, juga kelompok kepala pada masing-masing ujung harus dipolarisasikan dalam arah yang sama, yaitu jauh dari pusat (Alberts, 1989).

Bagian kepala globuler dari miosin merupakan unit kerja. Miosin memuat aktivitas ATPase yang menyediakan energi untuk proses kontraksi, dan memuat tempat pengikatan aktin. ATP tidak menyediakan energi secara langsung untuk kontraksi, tetapi pengikatannya pada miosin dan hidrolisisnya dengan miosin ATPase menginduksi perubahan konformasi (penyesuaian) di kelompok kepala secara reversibel yang memungkinkan pengikatan dan pemutusannya dari aktin selama proses penarikan garis-garis Z kearah pusat sarkomer. Konformasi miosin yang memiliki tempat pengikatan ATP mempunyai afinitas (daya gabung) untuk aktin yaitu dari konformasi miosin yang tidak memiliki tempat pengikatan ATP, sehingga proses

transduksi energi kimia untuk bekerja secara mekanis bergantung pada peristiwa dari perubahan konformasi protein (Alberts, 1989; Vander, 1990; Guyton, 1996).



Gambar 2.2 Filamen miosin (Devlin, 1992)

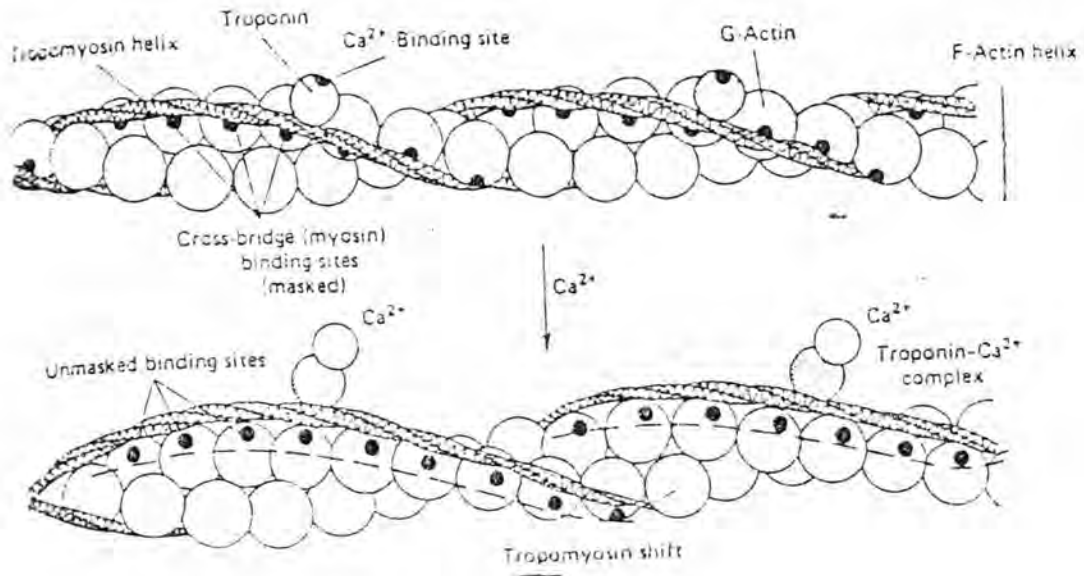
2.1.2 Aktin (*filamen tipis*)

Aktin merupakan protein penting dari filamen tipis yang tersusun sekitar 20 sampai 25 persen protein otot. Aktin disintesa sebagai protein globuler. Aktin yang amat kompleks terdiri dari tiga komponen yang berbeda; aktin, tropomiosin, dan troponin. Tulang punggung filamen aktin adalah suatu molekul protein F-aktin (fibrous-aktin) untiran ganda. Kedua untiran membelit dalam suatu heliks dengan cara yang sama seperti molekul miosin.

Setiap untai dari heliks F-aktin ganda terdiri dari molekul G-aktin yang dipolimerisasikan yang masing-masing mempunyai berat molekul 42.000. Terdapat kurang lebih 13 molekul pada setiap perputaran dari setiap untai heliks. Banyak hal yang penting tentang agregasi G-aktin untuk membentuk F-aktin. G-aktin mengandung tempat pengikatan spesifik untuk ATP dan tempat pengikatan berafinitas tinggi untuk ion-ion besi bivalen (misalnya: ion Mg). Ion Mg merupakan kation paling penting secara fisiologik, tetapi ion Ca juga mengikat dengan kuat dan berkompetisi dengan ion Mg untuk tempat pengikatan kuat yang sama (Alberts, 1989; Vander, 1990).

2.1.3 Tropomiosin

Tropomiosin adalah protein tambahan pada filamen aktin yang merupakan polimer. Tropomiosin ini berhubungan dengan filamen F-aktin. Ia terdiri dari dua rantai (untiran) peptida alfa-heliks (berbentuk spiral) yang berbeda, saling menggulung dalam konfigurasi kepala-ekor. Tropomiosin terkait dengan filamen tipis untuk seluruh panjangnya. Namun demikian setiap molekul tropomiosin mengikat dengan kuat pada tujuh monomer dalam molekul F-aktin. Ia juga bisa membantu menstabilkan dan memperkuat filamen serta berkompetisi memperebutkan tempat pengikatan miosin selama tahap relaksasi dari kontraksi (Alberts, 1989; Vander, 1990; Guyton, 1996).

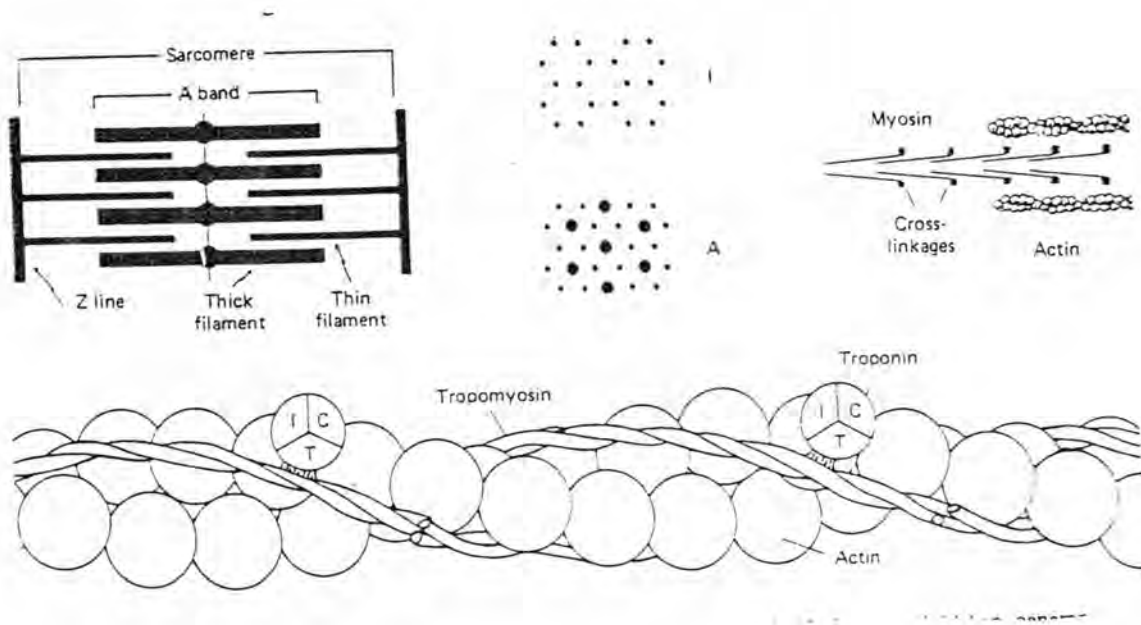


Gambar 2.3 Filamen aktin (Brooks, 1984)

2.1.4 Troponin

Sebuah kompleks yang terdiri dari tiga molekul protein globuler yang disebut troponin, melekat kira-kira dua pertiga panjang setiap molekul tropomiosin. Protein globuler troponin I (Tn-I) mempunyai afinitas yang kuat dalam penghambatan aktin pada miosin waktu relaksasi (istirahat). Protein globuler troponin T (Tn-T) mengikat pada tropomiosin, dan yang ketiga adalah troponin C (Tn-C) terikat pada ion-ion kalsium. Kompleks ini melekatkan tropomiosin pada aktin. Interaksi tropo-

nin terhadap ion-ion kalsium ini menginduksi perubahan konformasi tropomiosin yang menyebabkan proses pengikatan aktin-miosin dan menimbulkan proses kontraksi dengan memungkinkan miosin bebas mengikat pada aktin (Alberts, 1989; Vander, 1990; Guyton, 1996).



Gambar 2.4 Tropomiosin dan troponin (Ganong,1981)

2.1.5 Tipe serabut otot rangka

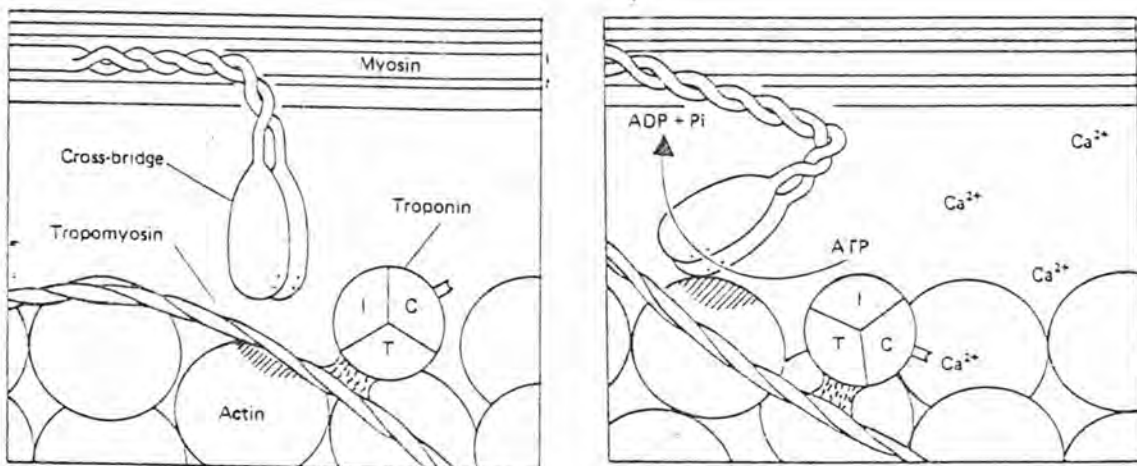
Walaupun sifat umumnya sama, tetapi tidak semua otot bergaris itu tepat sama. Serat otot jantung berbeda dengan serat otot rangka. Para ahli anatomi dan histologi membagi otot rangka menjadi dua tipe, yaitu tipe serat otot merah mempunyai kapasitas penggunaan oksigen yang besar dan menggunakan baik lemak maupun karbohidrat sebagai sumber bahan bakar. Warna merah disebabkan

kadar mioglobin yang tinggi untuk pengangkutan dan penggunaan oksigen. Kontraksi pada serat merah bersifat lambat (*slow-twitch*) tetapi tetap, sehingga dapat mempertahankan ketegangan untuk waktu yang lama. Sedangkan serat otot putih hanya menggunakan glikogen dan glukosa dan ini sesuai dengan warna dominan yang terkandung didalam serat otot putih. Sifat kontraksi dari otot putih adalah cepat (*fast-twitch*), sehingga dapat mempertahankan ketegangan yang kuat dan cepat (Vander, 1990; Guyton, 1996).

Gollnick (1973), mengemukakan bahwa pembagian tipe serabut otot ada beberapa macam; yaitu tipe I untuk aktivitas lambat atau *slow-twitch* (ST) yang disebut juga kegiatan aerobik atau yang lebih dikenal dengan daya tahan. Sedangkan tipe II untuk aktivitas anaerobik yang memerlukan reaksi yang cepat dan singkat yang disebut otot *fast-twitch* (FT). Lebih terperinci Jansson (1977), membagi serabut otot FT menjadi FTa (IIa; *fast-oxidative-glycolytic* = FOG), FTb (IIb; *fast-glycolytic* = FG), dan FTc (IIc; *intermedia*). Dari hasil pembagian ini sangat penting dalam fungsi dari masing-masing serabut otot rangka tersebut. Jenis tipe serabut otot rangka itu akan lebih jelas bagaimana prinsip-prinsip energi yang dihasilkan oleh ST (oksidatif), FTa (oksidatif-glikolitik), dan FTb (glikolitik). Sistem ini merupakan suatu metabolisme di dalam otot (Vander, 1990).

2.2 Mekanisme Kontraksi Otot

Huxley (1969) mengajukan teori *sliding filament*, dengan menggunakan mikroskop elektron dan didukung oleh data biokimia, maka teori *sliding filament* dikembangkan menjadi *cross-bridges* dengan aktin monomer. Menurut Huxley pada saat kontraksi *cross-bridge*, pertama-tama akan menempel pada filamen tipis dan menariknya ke arah pusat dari pita A, kemudian ia akan terlepas dari filamen tipis sebelum kembali bergerak ke arah posisi semula. Mekanismenya seperti roda bergigi yang bergerak ke satu arah dan oleh sebab itu teori ini disebut juga *ratchet theory*. *Cross-bridge* terdiri dari kepala globular dari miosin dan disokong oleh ekor alfa-helik (*alpha-helical tail*) yang terletak dalam posisi sejajar sepanjang filamen miosin dimana mereka melekat. Semua *cross-bridge* yang terletak pada bagian tengah dari pita A mempunyai polaritas yang sama dan berlawanan dengan polaritas *cross-bridge* yang terletak pada setengah dari pita A bagian lainnya, sehingga pada waktu kontraksi *cross-bridge* pada kedua bagian ini akan menarik filamen aktin ke arah tengah dari pita A (Vander, 1990; Guyton, 1996).



Gambar 2.5 Mekanisme kontraksi otot rangka (Ganong, 1981)

Jika tidak ada troponin-tropomiosin kompleks, filamen aktin akan melekat erat dengan filamen miosin dengan adanya ion Mg dan ATP. Namun jika terdapat troponin-tropomiosin kompleks maka interaksi antara filamen aktin dan miosin tidak terjadi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pada keadaan relaksasi bagian aktif dari filamen aktin tertutup oleh troponin-tropomiosin kompleks (Vander, 1990; Guyton, 1996).

Ion Ca dalam jumlah besar akan menghambat efek inhibisi troponin-tropomiosin kompleks. Ion Ca akan terikat dengan Tn-C, dimana tiap molekul Tn-C mengikat 4 ion Ca. Terikatnya ion Ca dengan Tn-C akan mengubah troponin-tropomiosin kompleks, dimana ikatan Tn-I dengan aktin akan melemah. Perubahan ini menyebabkan tropomiosin akan bergerak ke arah lateral, dan bagian aktif dari aktin menjadi bebas, sehingga kepala molekul miosin dapat melekat pada bagian aktif dari aktin dan membentuk cross-bridges sehingga aktin dan miosin akan bergeser satu sama lainnya dan terjadilah kontraksi (Vander, 1990; Guyton, 1996).

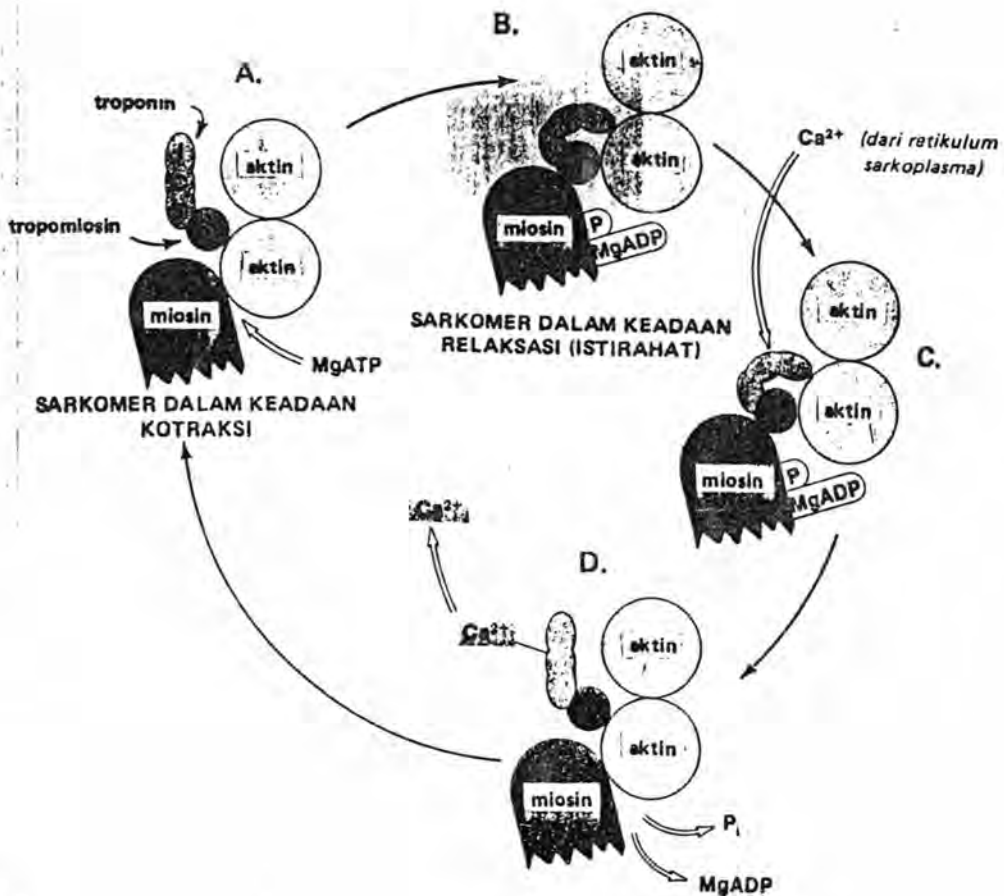
2.2.1 Proses kontraksi otot

Peristiwa utama pada kontraksi otot (gambar 2.6) adalah tonjolan miosin yang berada pada konformasi energi-rendah, reaksi dengan ATP (sebagai kompleks Mg) menyebabkan perubahan ke konformasi relaksasi dengan energi-tinggi. Reaksi yang terjadi ini menyangkut proses fosforilasi tonjolan miosin, dan MgADP yang terbentuk tetap terikat pada miosin bersama-sama dengan fosfat pada pembentukan konformasi energi-tinggi (Vander, 1990; Guyton, 1996).

Bila terjadi rangsangan saraf ion Ca dikeluarkan dari retikulum sarkoplasma dan diikat oleh troponin-tropomiosin, menyebabkan letak kompleks berubah sehingga aktin dapat berikatan dengan miosin. Pengikatan tonjolan

miosin dengan aktin akan melepaskan gugus fosfat dan ADP. Lepasnya fosfat dan ADP menyebabkan tonjolan miosin melipat kembali ke konformasi energi rendah, dan bersamaan dengan itu menarik aktin hingga otot berkontraksi. Kedua tonjolan molekul miosin bekerja bersamaan, masing-masing dengan suatu butiran aktin. Setelah kontraksi, ion Ca akan lepas kembali, dan MgATP akan diikat kembali untuk memulai lagi siklus kontraksi-relaksasi, yang akan terulang selama kadar ion Ca masih tinggi (Vander, 1990; Guyton, 1996).

Bila rangsangan saraf berhenti, ion Ca akan kembali memasuki retikulum sarkoplasma, kadar dalam sitoplasma menjadi rendah untuk diikat oleh troponin, dan kompleks troponin-tropomiosin kembali keposisi penghambatan. Aktin dan miosin tidak lagi berinteraksi, dan tonjolan miosin berada dalam konformasi relaksasi. Suatu hal yang penting pada kontraksi otot adalah penyediaan ion Ca dalam retikulum endoplasma dengan kadar yang jauh lebih tinggi daripada di dalam sitoplasma di sekitar filamen kontraksi. Rangsangan kontraksi menyangkut pembukaan saluran sehingga ion Ca dapat keluar dengan cepat. Fase pemulihannya setelah kontraksi meliputi pemompaan kembali ion Ca ke dalam retikulum endoplasma. Mekanismenya memerlukan ATP seperti pada pompa ion Na dan ion K. Ion Ca dimasukkan ke retikulum endoplasma sedangkan ion Mg di keluarkan (Vander, 1990; Guyton, 1996).



Gambar 2.6 Proses kontraksi otot (McGilvery, 1983)

a. Ion kalsium

Hampir seluruh membran sel tubuh mempunyai pompa Ca yang mirip dengan pompa Na. Pompa Ca ini akan memompakan ion Ca dari bagian dalam ke bagian luar membran sel sehingga menimbulkan perbedaan ion Ca kira-kira 10.000 kali lipat. Saluran Ca permeabel

terhadap ion Na seperti halnya terhadap ion Ca. Bila saluran Ca terbuka maka ion Ca dan Na, keduanya akan mengalir masuk ke dalam serabut. Oleh karena itu saluran ini juga disebut saluran Ca-Na. Saluran Ca-Na sangat lambat menjadi aktif, bila dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan untuk mengaktifkan saluran Na. Oleh sebab itu saluran Ca-Na sering juga disebut saluran lambat, dan berlawanan dengan saluran Na normal yang disebut saluran cepat. Konsentrasi ion Ca di dalam cairan intersisial mempunyai pengaruh yang besar terhadap besarnya voltase dimana saluran Na menjadi aktif. Bila di dalam cairan ini terjadi kekurangan ion Ca maka seluruh saluran Na menurun mendekati kenaikan potensial membran di atas nilai istirahat normal, sehingga serabut saraf sangat mudah dirangsang. Sarkoplasma yang banyak mengandung ion Ca dalam konsentrasi yang sangat tinggi. Ion Ca akan dilepas dari retikulum sarkoplasma bila T-tubulus yang berdekatan dirangsang. Potensial aksi dari T-tubulus menyebabkan mengalirnya arus melalui sisterna. Aliran arus ini menyebabkan pelepasan ion Ca dengan kecepatan tinggi, hal ini disebabkan terbukanya saluran Ca dan saluran Na. Ion Ca yang dilepaskan dari retikulum sarkoplasma berdifusi ke miofibril yang berdekatan dimana ion Ca tersebut berikatan kuat dengan troponin C (Tn-C). Ion Ca

dalam jumlah besar akan menghambat efek inhibisi troponin-tropomiosin kompleks. Ion Ca akan terikat dengan Tn-C, dimana tiap molekul Tn-C mengikat 4 ion Ca. Terikatnya ion Ca dengan Tn-C akan mengubah konfigurasi troponin-tropomiosin kompleks, dimana ikatan Tn-I dengan aktin akan melemah. Perubahan ini menyebabkan tropomiosin akan bergerak ke arah lateral, dan bagian aktif dari aktin menjadi bebas sehingga kepala molekul miosin dapat melekat pada bagian aktif dari aktin dan membentuk cross-bridges yang menyebabkan aktin dan miosin akan bergeser satu sama lainnya dan terjadilah kontraksi (Vander, 1990; Guyton, 1996).

b. Perubahan kalsium

Kontraksi otot rangka ditimbulkan oleh impuls saraf yang ditransmisikan sepanjang titik temu neuromuskuler melalui intervensi neurotransmitter asetilkolin. Interaksi asetilkolin dengan reseptor pada postsinaptik membran, menentukan gerakan sederhana peristiwa yang menyebabkan meningkatnya konsentrasi ion Ca di dalam sarkomer, interaksi ion Ca dengan Tn-C akibat proses kontraksi. Proses ini terjadi dengan cepat yang menyebabkan terjadinya kontraksi secara bersamaan atau simultan disemua sel otot yang terstimuli (Vander, 1990; Guyton, 1996).

c. Ion kalsium merangsang kontraksi

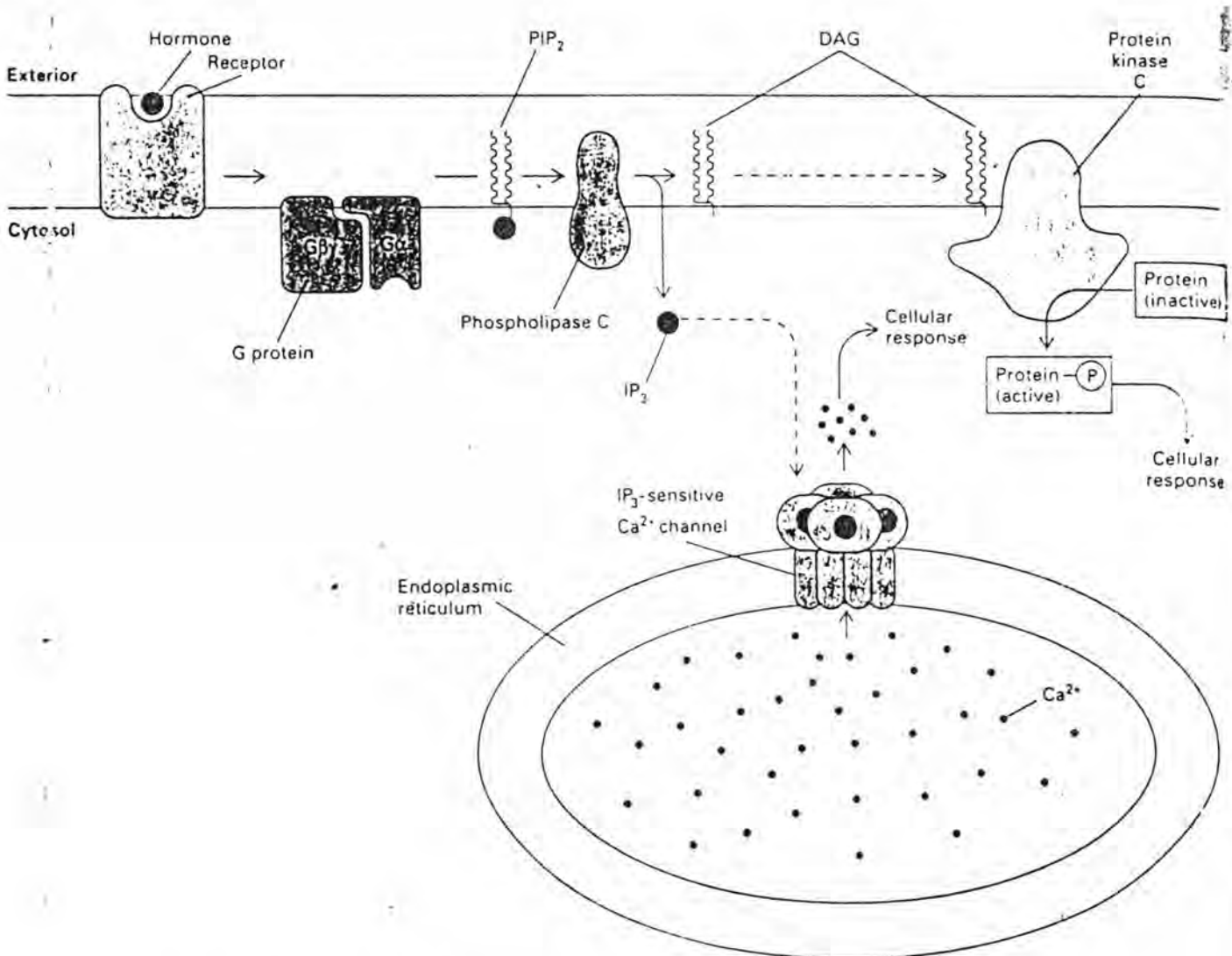
Otot tidak dapat berkontraksi tanpa rangsangan, karena satu molekul tropomiosin menutupi tujuh butiran aktin sedemikian rupa sehingga tidak terjadi sentuhan antara aktin dengan miosin. Posisi tropomiosin ini dipertahankan oleh adanya interaksi dengan kompleks troponin. Troponin terdiri dari tiga subunit salah satu subunit troponin mempunyai afinitas yang besar terhadap tropomiosin. Subunit troponin kedua bertindak sebagai inhibitor kontraksi dengan cara berikatan dengan aktin sehingga mendesak tropomiosin menempati posisi yang menghalangi sentuhan antara miosin dengan aktin. Subunit yang ketiga dapat mengikat ion Ca, pada pengikatan ini terjadi perubahan konformasi troponin sehingga menggeser posisi tropomiosin memasuki celah filamen tipis yang mengakibatkan terjadinya ikatan antara aktin dan miosin (Vander, 1990; Guyton, 1996).

d. Inositol 1,4,5-triphosphate (IP₃)

Pengikatan hormon reseptor di permukaan sel pada lever, lemak, dan sel-sel lain menginduksi elevasi sistolik ion Ca. Dalam situasi demikian ion Ca terlepas dari dalam sitosol dari endoplasmik retikulum dan vesikel intraseluler. Mekanisme dimana sinyal reseptor hormon pada permukaan sel

di transdusikan ke endoplasmik retikulum. Hidrolisa PIP_2 (*phosphatidylinositol 4.5-bisphosphate*) oleh enzim membran plasma phospholipase C (PLC) menghasilkan dua produk penting yaitu : 1,2-diacylglycerol (DAG) yang tetap dalam membran, dan inositol 1,4,5-triphosphate (IP_3) yang larut dalam air. Setelah terbentuk stimulasi hormon dari target sel, IP_3 berdifusi kepermukaan endoplasmik retikulum, dimana ia mengikat ke reseptor IP_3 spesifik, protein kanal ion Ca yang tersusun dari empat subunit yang identik, masing-masing mempunyai tempat pengikatan pada IP_3 . Pengikatan IP_3 menginduksi pembukaan kanal yang memungkinkan ion-ion Ca berdifusi dari endoplasmik retikulum dan mengikat ke reseptor IP_3 spesifik, protein kanal ion Ca yang tersusun dari empat subunit identik, masing-masing mempunyai tempat pengikatan IP_3 . Setiap subunit mengandung C-terminal yang merentangkan lipid-dua lapis (*lipid bilayer*) bersama-sama dengan transmembran dari empat monomer dari kanal ion Ca. N-terminal yang mengandung pengikatan IP_3 , dimana pengikatan IP_3 menginduksi pembukaan kanal yang memungkinkan ion-ion Ca keluar dari endoplasmik retikulum dan masuk ke dalam sitosol. Seluruh rangkaian peristiwa dari pengikatan hormon-hormon ke reseptor yang terkait dengan protein G hingga pelepasan ion Ca dapat dilihat

pada gambar 2.7. Di dalam pembentukan keduanya kebanyakan IP_3 dihidrolisa oleh inositol 1,4-bisphosphate adalah sebuah molekul yang tidak dapat menginduksi pelepasan ion-ion Ca dari endoplasmik retikulum, akibatnya pelepasan ion-ion Ca berakhir dengan cepat kecuali bila lebih banyak IP_3 dihasilkan oleh kerja phospholipase C (Alberts, 1989; Vander, 1990; Guyton, 1996).



Gambar 2.7 Pelepasan ion Ca dari endoplasmik retikulum (Harvey, 1986)

2.2.2 Energi kontraksi otot

Aspek yang penting dalam metabolisme di sel-sel otot berhubungan dengan ATP (adenosine triphosphate). Jadi ATP adalah mutlak untuk proses terjadinya kontraksi otot. Hidrolisis ATP oleh miosin-ATPase menyebabkan konformasi miosin yang memiliki afinitas pengikatan yang sangat tinggi untuk aktin. Hal tersebut dapat terjadi karena hidrolisis ATP menjadi ADP yang akan menyebabkan pelepasan energi akibat lepasnya ikatan fosfat berenergi tinggi. Sebelum proses kontraksi dimulai, ATP terikat pada kepala miosin. Aktifitas ATPase yang diaktifkan oleh ion Ca akan memecahkan ATP menjadi ADP dan fosfat inorganik (Pi). ADP dan Pi tetap terikat pada kepala miosin. Bila troponin-tropomiosin kompleks dihambat oleh ion Ca akan terjadi proses *sliding* antara aktin dan miosin. Selanjutnya enersi diperlukan untuk mesintesis kembali ADP menjadi ATP dari enersi metabolisme fosfo kreatin, dimana ATP akan disimpan pada kepala miosin untuk dipergunakan pada kontraksi berikutnya (Vander, 1990; Guyton, 1996).

Konsentrasi ATP yang terdapat di dalam serabut otot kira-kira sebanyak 4 mM, cukup untuk mempertahankan kontraksi penuh untuk beberapa detik. Sumber energi lain yang digunakan untuk menyusun kembali kreatin fosfat dan ATP adalah energi yang dilepaskan dari bahan makanan, karbohidrat, lemak, dan protein. Sebagian kecil dari energi ini dilepaskan sewaktu terjadi pemecahan awal

dari glukosa dan glikogen di dalam sel yaitu proses glikolisis. Walaupun demikian kira-kira 95 persen energi dilepaskan pada waktu oksidasi akhir dari bahan makanan yang berlangsung hampir seluruhnya di dalam mitokondria. Kedua proses ini mempergunakan energi yang dilepaskan dari bahan makanan untuk membentuk ATP baru. Kepentingan adanya glikolisis adalah bahwa energi yang dilepas untuk membentuk ATP baru kira-kira 2,5 kali lebih cepat dilepaskan melalui mekanisme ini dari pada melalui mekanisme oksidasi. Tetapi mekanisme glikolitik juga dengan cepat menumpuk hasil akhir glikolitik di dalam sel otot, sehingga glikolisis biasanya hanya dapat mempertahankan kontraksi otot maksimal selama satu menit. Sebaliknya pelepasan energi melalui oksidasi sangat efisien dan juga dapat menggunakan substrat makanan yang lain seperti lemak dan protein sebagai tambahan pada glukosa dan glikogen, sehingga dapat meneruskan aktivitas otot untuk beberapa jam (Harvey, 1986; Vander, 1990; Guyton, 1996).

2.2.3 Sistem penyediaan energi

Olahraga merupakan aktivitas kerja yang membutuhkan energi dari ATP. Perubahan energi kimia menjadi energi mekanik terjadi pada serabut otot. Peningkatan kapasitas kerja otot identik dengan peningkatan metabolisme energi (Lamb, 1984; Fox, 1988).

a. Adenosine triphosphate (ATP)

Energi yang dihasilkan oleh proses oksidasi bahan makanan tidak dapat digunakan langsung untuk proses kontraksi otot serta proses-proses biologis lainnya. Energi ini terlebih dahulu membentuk senyawa kimia berenergi tinggi yaitu adenosine triphosphate (ATP). ATP terbentuk dari adenosine diphosphate (ADP) dan phosphate inorganik (P_i) melalui suatu proses fosforilasi yang dirangkaikan dengan proses oksidasi molekul penghasil energi. Selanjutnya ATP yang terbentuk diangkut ke setiap bagian sel yang membutuhkan energi, kemudian dihidrolisis menjadi ADP dan P_i dan melepaskan energi yang dibutuhkan oleh proses biologis tersebut, hal ini berlangsung terus-menerus sehingga terjadi daur ATP - ADP (Lamb, 1984; Fox, 1988).

Apabila terjadi pemecahan ATP menjadi ADP dan P_i maka sejumlah energi akan dilepaskan, energi inilah yang dipergunakan oleh otot untuk berkontraksi dan berbagai proses biologis lainnya. Menurut Armstrong (1979) dan Fox (1984), bila satu dari ikatan ini pecah, maka 7 - 12 kilocalori energi dilepaskan, dan akan terbentuk ADP + P_i .

b. Pembentukan ATP dari ADP dan Pi

Kompleks proton membran yang melibatkan dalam sintesa ATP dinamakan F_0F_1 kompleks. Kompleks ini membentuk partikel-partikel berbentuk tonjolan yang menyembul keluar dari membran. Sintesa ATP terkait dengan gerakan proton, enzim-enzim yang mengkatalisir reaksi pathway Emben-Mayerhol dan siklus asam sitrat semuanya bertempat pada sitosol. Enzim-enzim yang mengoksidasi NADH menjadi NAD^+ dan mentransfer elektron ke akseptor terakhir. Oksigen ditempatkan pada membran plasma. Gerakan elektron melalui sel; gerakan proton kembali kedalam sel yang menurunkan konsentrasi gradien yang berhubungan dengan sintesa ATP. Protein membran yang terlibat dalam sintesa ATP memiliki struktur dan fungsi dari F_0F_1 kompleks mitokondria (Murray, 1990; Devlin, 1993; Guyton, 1996).

Arah gerakan proton sama dalam khloroplast, mitokondria, dan bakteri. Setiap membran seluler mempunyai permukaan sitoplasma membran. Disamping itu tilakoid membran terbentuk sebagai invaginasi khloroplast membran dalam, sehingga permukaan luar tilakoid membran adalah permukaan sitoplasma yang sama dengan permukaan dalam (stromal) dari membran dalam khloroplast. Karena segmen F_1 mengkatalisis ATP yang dibentuk pada permukaan membran sitoplasma, sementara proton mengalir melalui F_0F_1 kompleks di membran dari permukaan ekstrasitoplasma ke permukaan sitoplasma. Arah gradien proton yang dibentuk oleh pengangkutan elektron sedemikian rupa sehingga konsentrasi proton lebih besar pada permukaan ekstra sitoplasma daripada

permukaan sitoplasma. Selama pengangkutan elektron mitokondria proton dipompa keluar matriks ke dalam ruang intermembran. Dalam fotosintesa elektron dipompa dari stroma ke lumen tilakoid dari permukaan sitoplasma ke permukaan ekstrasitoplasma tilakoid membran (Murray, 1990; Devlin, 1992; Guyton, 1996).

Dalam mitokondria penggabungan antara oksidasi NADH dan $FADH_2$ oleh oksigen dan sintesa ATP dari ADP dan P_i terjadi melalui gradien proton elektrokimia di membran mitokondria. Penambahan oksigen dan senyawa-senyawa seperti NADH atau piruvat pada mitokondria yang diisolasi menyebabkan sintesa ATP. Namun produksi ATP sangat tergantung pada integritas membran mitokondria (Devlin, 1992; Guyton, 1996).

Salah satu protein yang dominan dalam membran mitokondria adalah multi subunit *coupling factor* adalah enzim yang mensintesa ATP. *Coupling factor* mempunyai dua komponen utama yaitu F_0 adalah membran kompleks integral yang tersusun dari tiga atau empat polipeptida yang berbeda dan sebuah proteolipida (protein dengan lipida terikat secara kovalen) yang bersama-sama dengan mitokondria. F_1 yang melekat pada F_0 adalah sebuah kompleks yang terdiri dari lima polipeptida. F_1 membentuk tombol yang menyembul keluar pada sisi matriks membran, dapat dilepaskan dari membran dengan agitasi mekanik dan bisa larut dalam air. Bila dipisahkan dari membran secara fisik, F_1 hanya mampu mengkatalisir hidrolisis ATP, itulah sebabnya ia sering disebut F_1 -ATPase. Tetapi fungsi naturalnya adalah dalam sintesa ATP. Partikel-partikel submitokondria dimana F_1 yang dihilangkan tidak

dapat mengkatalisir ATP, disamping itu F_1 dapat bersambung kembali dengan partikel-partikel tersebut, sehingga mereka menjadi aktif lagi dalam sintesa ATP, hal ini membuktikan peranan F_1 dalam sintesa ATP (Murray, 1990; Devlin, 1993; Guyton, 1996).

c. Metabolisme aerobik dan anaerobik

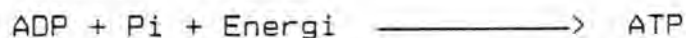
Salah satu alat tubuh yang menggunakan ATP sebagai sumber energi adalah otot. Energi digunakan untuk berkontraksi sehingga menimbulkan gerakan-gerakan sebagai aktifitas fisik. Menurut Fox dan Bower (1988), ATP paling banyak tertimbun dalam sel otot dibandingkan dengan jaringan tuoun lainnya. ATP yang tertimbun di dalam otot jumlahnya sangat terbatas sekitar 4 - 6 Mmol/kg otot, serta hanya untuk aktifitas berat dan cepat sekitar 3 - 8 detik. Oleh karena itu untuk aktifitas yang waktunya lebih lama perlu segera dibentuk ATP kembali.

Persediaan ATP dalam sel otot sangat terbatas, walaupun demikian suplai ATP harus secara berkesinambungan diganti untuk memudahkan aktivitas fisik secara berkelanjutan. Penyediaan ATP dapat diganti melalui tiga sistem energi, tergantung dari jenis kegiatan yang dilakukan. Ketiga sistem energi tersebut adalah *sistem ATP-PC*, *sistem asam laktat*, dan *sistem oksigen*. Sistem ATP-PC dan asam laktat, menghasilkan ATP tanpa oksigen dan disebut sistem anaerobik, sedangkan sistem oksigen menghasilkan ATP dengan menggunakan oksigen dan disebut sistem aerobik (Lamb, 1984; Fox, 1988).

d. Sistem adenosine triphosphate-phosphagen creatine (ATP-PC)

ATP yang disimpan di dalam sel otot sangat sedikit sekali jumlahnya, maka keadaan ini sangat sensitif untuk pengaturan metabolisme energi. Kehilangan energi terjadi sangat cepat sekali apabila seseorang memulai latihan fisik yang cukup berat. Untuk mempertahankan sejumlah konsentrasi ATP yang relatif kecil ini segera diganti dengan meningkatkan metabolisme energi di dalam sel otot. Yaitu dengan cara memecahkan creatine phosphote (CP) yang tersimpan di dalam sel otot menjadi phosphate dan creatine. Proses ini akan menghasilkan energi yang dipakai untuk merisintesa ADP dan Pi menjadi ATP, dan selanjutnya akan dirobah lagi menjadi ADP + Pi yang menyebabkan terjadinya pelepasan energi yang dibutuhkan untuk kontraksi otot. Perubahan CP ke C + P tidak menghasilkan tenaga yang dapat dipakai langsung untuk kontraksi otot, melainkan dipakai untuk merisintesa ADP+Pi menjadi ATP (Lamb, 1984; Fox, 1988).

Jumlah PC yang tersimpan dalam sel otot sangat sedikit sekali, maka energi yang dapat diberikan hanya berlangsung kira-kira 8 sampai 10 detik saja. Sistem ini merupakan sumber energi yang paling utama untuk aktivitas kerja yang sangat cepat dan eksplosive (daya ledak) misalnya lari 100 meter, angkat besi, lompat tinggi, nomor-nomor lempar dan lain-lain olahraga yang membutuhkan kecepatan dan daya ledak. Energi dan fosfat digunakan untuk membentuk kembali ATP dari ADP sebagai berikut :



Seluruh reaksi dalam metabolisme yang terjadi di dalam tubuh memerlukan enzim, termasuk dalam pemecahan ATP (Lamb, 1984; Fox, 1988).

Fox (1988) berpendapat bahwa sistem fosfagen ini sangat bermanfaat untuk gerakan-gerakan seperti daya ledak (*explosive power*), kecepatan (*sprint*), karena sistem ini tidak melalui rangkaian reaksi kimia yang panjang, dan tidak membutuhkan oksigen, serta ATP-PC tersimpan didalam mekanisme kontraksi otot.

Tabel 2.1 Perkiraan Penyediaan Energi Dalam ATP-PC

	ATP	PC	Jumlah fosfagen keseluruhan (ATP-PC)
1. Konsentrasi dalam otot			
a.mM/kg otot	4 - 6	15 - 17	19 - 23
b.mM massa otot total	120-180	450-510	570 - 690
2. Energi yang bermanfaat			
a.kcal/kg otot	0,04-0,06	0,15-0,17	0,19-0,23
b.kcal massa otot total	1,2-1,8	4,5-5,1	5,7-6,9

(Fox, 1988)

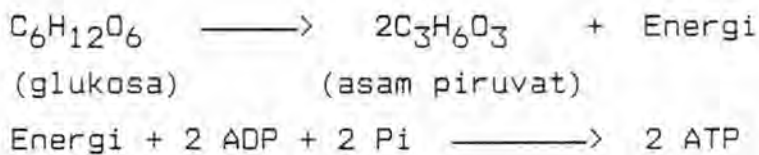
e. Sistem glikolisis anaerobik (asam laktat)

Sistem anaerobik selain resintesa ATP di dalam otot, juga glikolisis anaerobik melibatkan pemecahan dari salah satu bahan makanan yaitu karbohidrat (glukosa) menjadi asam laktat. Di dalam tubuh semua karbohidrat dikonversi menjadi glukosa yang disimpan dalam hati dan otot sebagai glikogen untuk cadangan enersi (Lamb, 1984; Fox, 1988). Kerja secara anaerobik melibatkan suatu proses yang disebut glikolisis dengan hasil akhir dari glikogen yang dibakar adalah asam laktat. Dengan konsentrasi kadar asam laktat yang tinggi dalam otot akan menyebabkan reaksi kontraksi dari otot akan menjadi lamban. Apabila konsentrasi asam laktat terlalu tinggi akan menyebabkan otot tidak sanggup lagi berkontraksi. Saltin (1981) mengatakan bahwa apabila terjadi menumpukan asam laktat akan menurunkan kemampuan kerja dari otot. Selanjutnya pendapat ini ditunjang oleh pendapat Janssen (1987) yang mengatakan bahwa dengan meningkatnya kadar asam laktat yang tinggi dapat menimbulkan terjadinya asidosis pada sel otot, koordinasi terganggu, meningkatnya resiko cedera, sistem fosfo-kreatin dan oksidasi asam lemak terganggu.

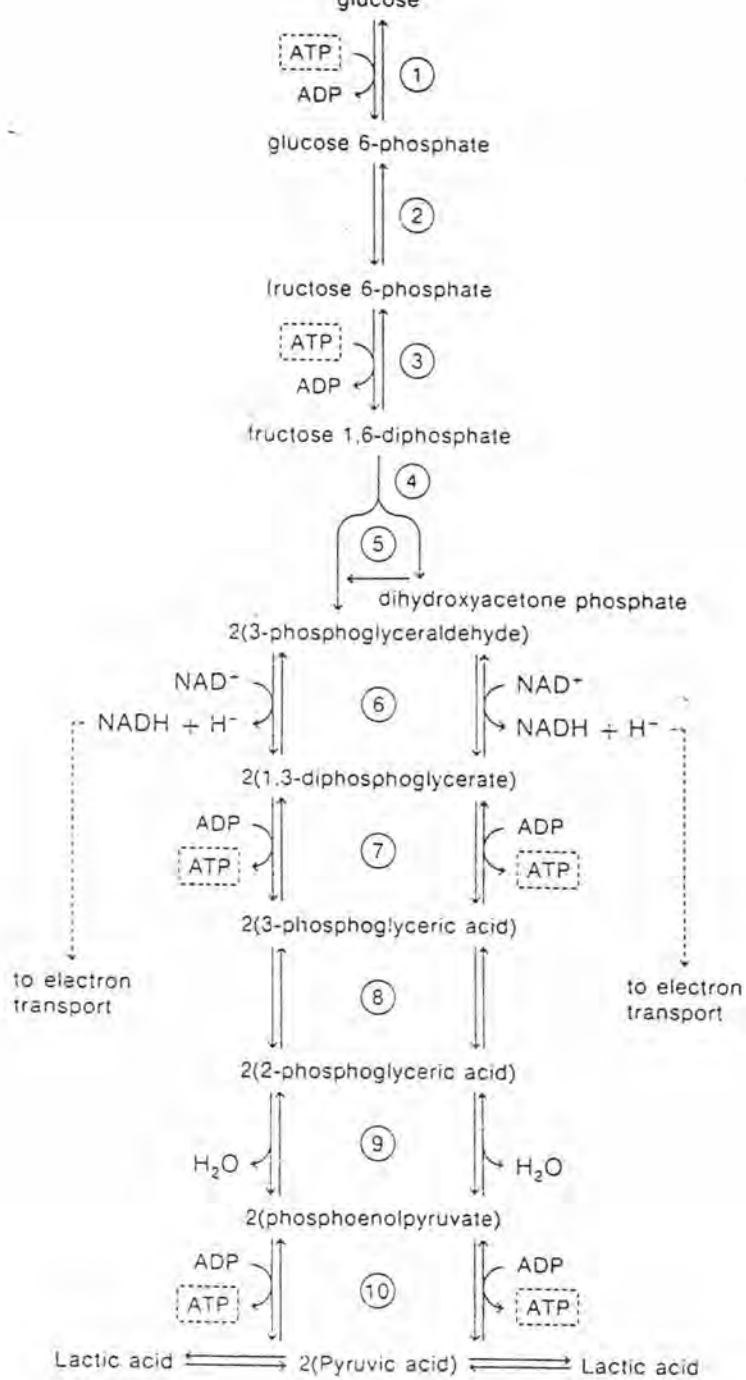
Asam laktat adalah hasil dari proses glikolisis anaerobik. Proses ini memerlukan 12 macam reaksi yang berurutan (Brooks, 1984; McArdle, 1986). Oleh karena itu pembentukan energi liwat sistem asam laktat berjalan lebih lambat dan lebih rumit bila dibandingkan dengan ATP-PC. Sebuah molekul glukosa yang masuk ke dalam sel dan digunakan untuk menyediakan energi, maka glukosa mengalami serangkaian reaksi

kimia yang disebut glikolisis yang terjadi di dalam sel di luar mitokondria. Pada reaksi pertama ATP bertindak sebagai donor fosfat agar glukosa menjadi *glukose-6-fosfat*. Reaksi kedua berubah lebih lanjut menjadi *fruktose-6-foafat*, dan fosforilasi terjadi lagi pada reaksi ketiga sehingga menghasilkan *fruktose-1,6-difosfat*. Setelah meliwati reaksi rangkaian kelima, terurai menjadi 2 molekul *3-fosfogliseraldehid*. Rangkaian berikutnya terbentuk 2 molekul *asam-piruvat*. Dalam keadaan tanpa oksigen, asam piruvat tidak masuk kedalam mitokondria, justru berubah menjadi asam laktat (gambar 2.8)

Satu molekul glukosa dapat menyediakan energi yang cukup untuk meresintesa 3 ATP. Reaksi sebagai berikut :



Skema glikolisis anaerobik seperti pada gambar 2.8 dibawah ini. Asam laktat yang terbentuk dalam glikolisis anaerobik akan menurunkan pH, dan meningkatkan keasaman dalam otot maupun dalam darah. Perubahan pH akan menghambat kerja enzim-enzim atau reaksi kimia dalam sel, terutama dalam sel otot, sehingga menyebabkan kontraksi otot bertambah lemah dan pada akhirnya mengalami kelelahan. (McArdle, 1981; Fox, 1988).



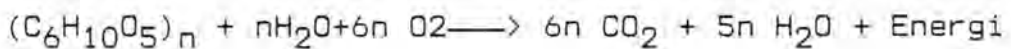
Gambar 2.8. Glikolisis anaerobik (McArdle, 1981)

f. Energi aerobik

Sebagian besar otot manusia menghasilkan laktat bila bekerja berat, walaupun peredaran darah tidak terganggu dan penggunaan oksigen sangat besar.

Hal ini berlangsung tergantung pada keadaan enzim dan tenaga yang dihasilkan. Serat otot merah yang mengandung banyak mitokondria membentuk sedikit sekali laktat, sedang serat otot putih yang mengandung sedikit mitokondria akan membentuk banyak laktat. Otot mempunyai nilai ambang anaerobik, yaitu batas beban kerja yang bila dilampaui akan mengakibatkan peningkatan kadar laktat yang tajam. Yang dimaksud dengan pengertian anaerobik di sini adalah peningkatan katabolisme glukosa yang tidak seimbang dengan peningkatan penggunaan oksigen yang memang sudah tinggi. Kadar laktat darah meningkat sampai 4 mM pada batas amuangnya. Otot yang besar pada umumnya mencapai batas ini bila penggunaan oksigen adalah 0,6 dari maksimum yang dapat dicapai mitokondria

Bila oksigen mencukupi maka 1 mol glikogen akan terurai secara sempurna menjadi CO_2 dan H_2O , sambil melepaskan energi untuk resintesa 39 ATP (Amstrong, 1979; Mayes, 1987; Fox, 1988).



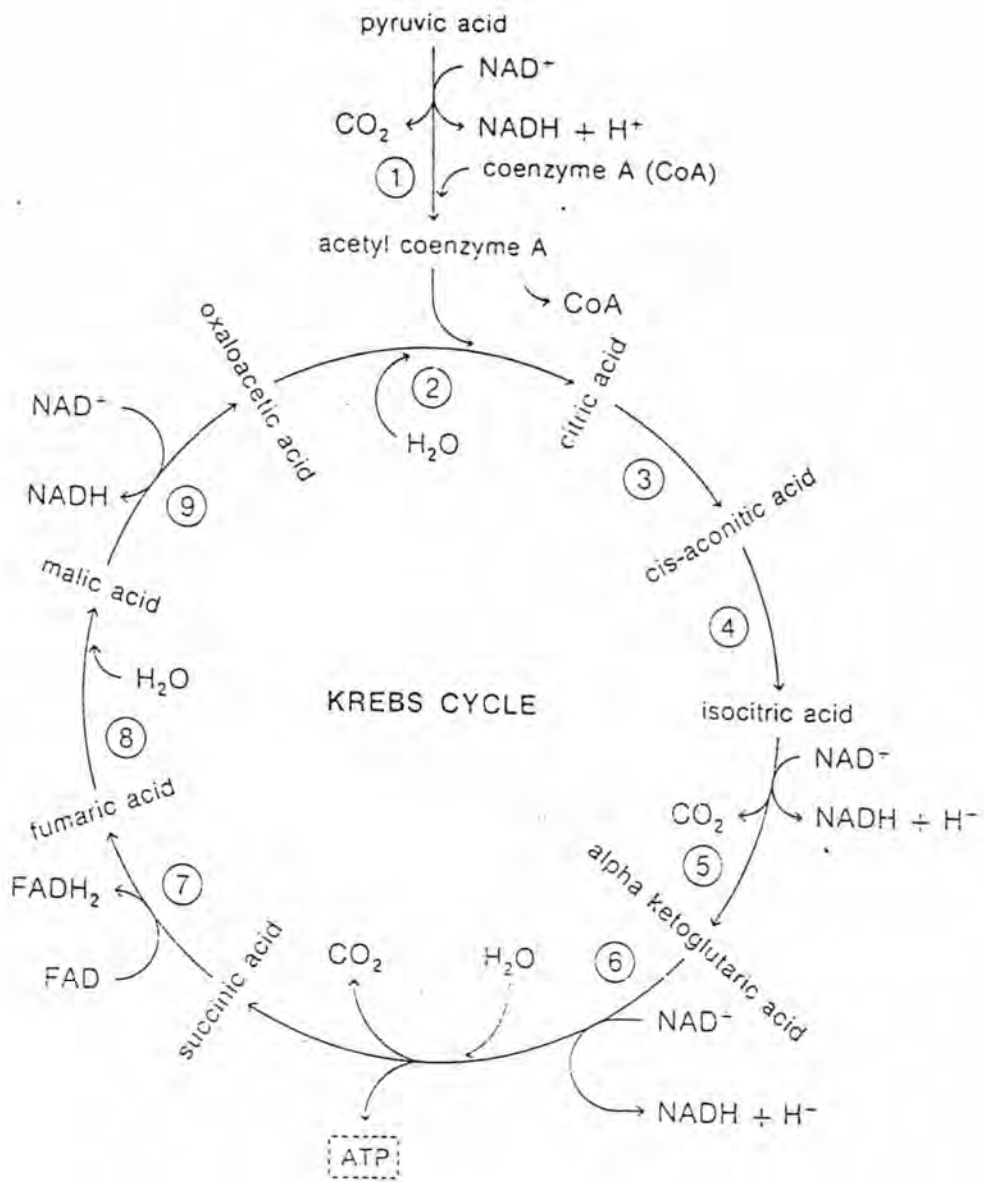
Sistem glikolisis aerobik dapat dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu glikolis, siklus Krebs dan transport elektron.

g. Glikolisis aerobik

Pada tahap ini rangkaian reaksinya sama dengan proses glikolisis anaerobik, dimana glikogen atau glukosa mengalami serangkaian reaksi kimia menjadi asam piruvat. Kalau pada glikolisis anaerobik asam piruvat tidak masuk ke dalam mitokondria, asam piruvat membentuk asam laktat di dalam sitoplasma, tetapi bila oksigen mencukupi sebagian besar asam piruvat masuk ke dalam mitokondria melalui enzim dan mengalami serangkaian reaksi kimia. Hasil akhir glikolisis ini dengan cukupnya oksigen diarahkan ke jalur aerobik. Mayes (1987), asam laktat yang terbentuk pada glikolisis anaerobik sebenarnya merupakan sumber energi kimia yang tersimpan. Setelah oksigen mencukupi hidrogen yang terikat pada asam laktat diambil oleh NAD dan dimasukkan ke sistem transport elektron. Pada tahap glikolisis ini selain terbentuk energi (ATP) juga terjadi dua perubahan kimia yang penting, yaitu terbentuknya CO_2 dan terjadinya oksidasi yang membebaskan elektron. Setelah CO_2 terlepas asam piruvat sebagai hasil akhir dari glikolisis anaerobik, masuk ke dalam mitokondria untuk bersenyawa dengan Koenzim A (Ko-A), sehingga terbentuk senyawa asetil Ko-A. Selanjutnya Ko-A bersenyawa dengan asam oksalat membentuk asam sitrat yang kemudian asam sitrat masuk ke dalam daur Krebs (*Krebs-cycle*).

h. Daur Krebs (Krebs-cycle)

Daur Kreb disebut juga sebagai daur asam trikarbosiksilat atau daur asam sitrat. Pada daur ini terjadi dua perubahan kimia, ialah terbentuknya CO_2 dan energi serta terjadinya oksidasi, dalam hal ini terbebaskannya elektron-elektron. Fungsi utama daur Kreb adalah menghasilkan elektron yang selanjutnya diikat oleh NAD dan FAD. Pada metabolisme karbohidrat (glikolisis aerobik), setiap satuan asetil yang turut serta dalam Daur Kreb akan menghasilkan ikatan dehidrogenasi dengan tiga NAD dan satu FAD, serta terbentuk pula *guanosin triphosphate* (GTP) yang mengandung sejumlah energi yang sepadan dengan ATP (Astrand, 1986). Sedangkan koenzim NADH_2 dan FADH_2 yang terjadi pada berbagai langkah hidrogenasi akan masuk ke rantai pernapasan atau sistem transport elektron. Adapun karbondiosida (CO_2) yang terbentuk akan berdifusi ke dalam darah dan dibawa ke paru untuk selanjutnya dikeluarkan dari tubuh. Untuk lebih jelasnya proses pembentukan ATP liwat jalur daur Kreb dapat dilihat pada gambar 2.9.

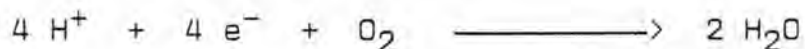


Gambar 2.9 Pembentukan ATP melalui Daur Krebs (McArdle, 1981)

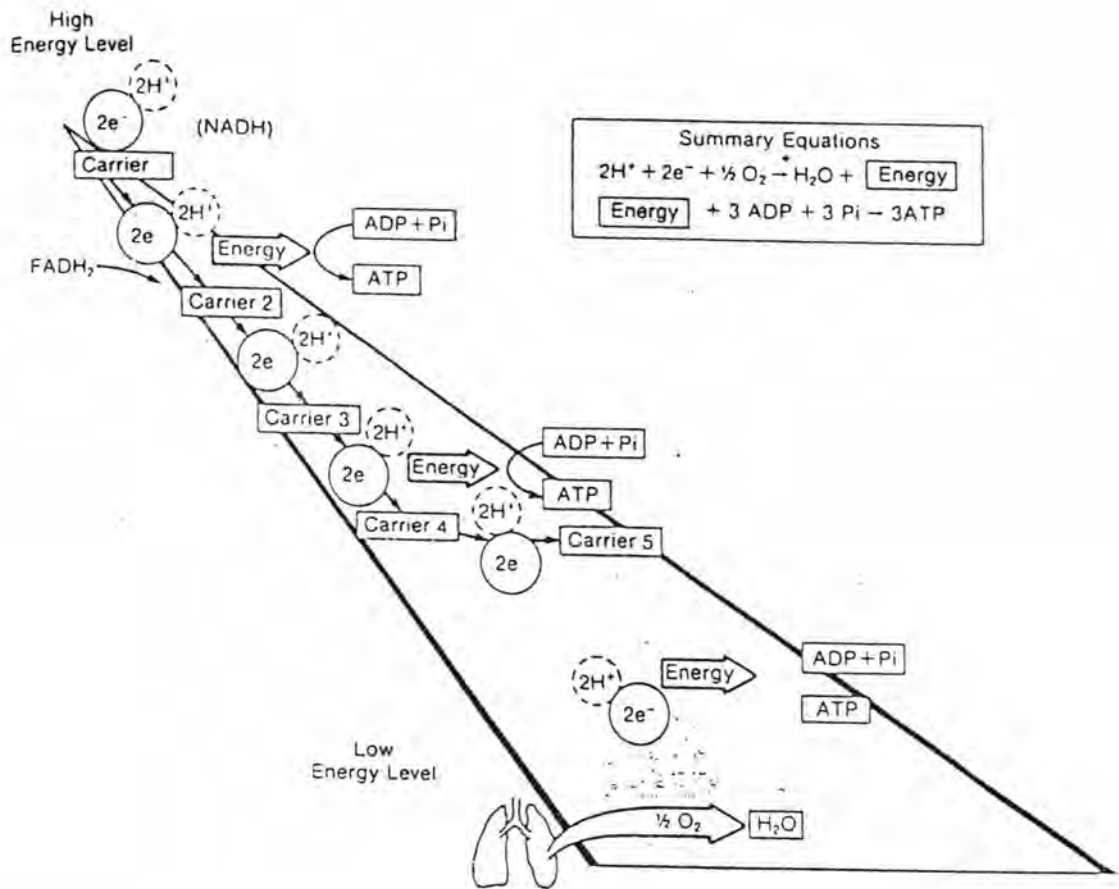
i. Sistem transport elektron

Sistem transport elektron disebut juga sebagai rantai angkut elektron atau rantai pernapasan. Sistem ini sangat rumit, terdiri dari lipoprotein dengan berbagai macam sitokrom dan pembantu lainnya. Rangkaian reaksi yang terjadi dikenal dengan fosforilasi oksidatif (Mayes, 1987; McArdle, 1986). Pengaliran dua elektron melalui sistem transport elektron akan membebaskan energi untuk fosforilasi ADP menjadi ATP pada tiga tempat yang berbeda, dan pada akhir mata rantai sistem ini setiap pasang elektron akan bergabung dengan dua buah proton (H^+) dan oksigen membentuk molekul air (H_2O). $NADH_2$ masuk ke tempat pertama dan menghasilkan NAD dan 3 molekul ATP, sedangkan $FADH_2$ akan masuk ke tempat ke dua dan menghasilkan FAD dan 2 molekul ATP. Koenzim yang baru saja terbebas dapat kembali berperan serta pada proses dehidrogenase.

Pada metabolisme karbohidrat, kelanjutan pemecahan glikogen pada tahap ini terbentuk H_2O yang dihasilkan dari senyawa H^+ yang terjadi dalam daur krebs serta O_2 yang dihirup. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Sewaktu terjadi transport elektron di dalam rantai pernapasan (*respiratory chain*) sejumlah energi dilepaskan.



Gambar 2.10 Sistem transport elektron (Fox, 1988)

Dengan demikian dari sistem tersebut dapat dirinci sebagai berikut 3 ATP sebagai hasil glikolisis dalam sitoplasma, dan 36 ATP sebagai hasil oksidasi aerobik dalam mitokondria. Hasil akhir sistem aerobik

secara keseluruhan sebanyak 39 ATP bila bahannya adalah glikogen.

Perbandingan ketiga sistem dalam pembentukan ATP adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Pembentukan ATP pada sistem energi

Sistem	Bahan baku	Kebutuhan O ₂	Kecepatan
Anaerobik:			
ATP-PC	Phosphocreatine	Tidak	Tercepat
Lactid Acid	Glycogen	Tidak	Cepat
Aerobik	Glycogen, lemak, protein	Ya	Lambat

(Fox, 1988)

Tabel 2.3 Kapasitas maksimal dan power pada sistem energi

Sistem	Maximal power (mole ATP/menit)	Maximal capacity (ATP yang tersedia)
ATP-PC	3,6	0,7
Lactid Acid	1,6	1,2
Aerobik	1,0	

(Fox, 1988)

Pada umumnya aktivitas olahraga tidak hanya menggunakan energi aerobik saja atau anaerobik secara murni. Tetapi pada kenyataannya adalah gabungan dari

sistem energi tersebut. Proporsi kebutuhan dari kedua sistem energi untuk tiap aktivitas atau kegiatan pada olahraga adalah berbeda, biasanya terjadi campuran. Olahraga yang membutuhkan kecepatan tinggi atau intensitas tinggi sistem energi dominan yang dibutuhkan adalah sistem anaerobik, sedangkan pada olahraga yang membutuhkan daya tahan (*endurance*) atau aktivitas olahraga yang berlangsung lama, sistem energi yang dibutuhkan adalah sistem aerobik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Sistem energi dominan berbagai aktivitas olahraga.

Olahraga	% kebutuhan persistem energi		
	ATP-PC dan LA	LA-O2	O2
Baseball	80	20	-
Basketball	85	15	-
Fencing	90	10	-
Field hockey	60	20	20
Football	90	10	-
Golf	95	5	-
Gymnastics	90	10	-
Ice hockey :			
Forward, defense	80	20	-
Goalie	90	10	-
Lacrosse :			
Goalie, defense, attack men	80	20	-
Midfielders, man-down	60	20	20
Recreational sport	5	5	90
Rowing	20	30	50
Skiing :			
Slalom, jumping, down-hill	80	20	-
Cross-country	-	5	95
Soccer :			
Goalie, wings, strikers	80	20	-
Halfbacks, link men	60	20	20
Softball	80	20	-

Lanjutan Tabel 2.4

Olahraga	% kebutuhan persistem energi		
	ATP-PC dan LA	LA-O2	O2
Swimming and diving :			
50 m freestyle, diving	98	2	-
100 m, 100 yd (all strokes)	80	15	5
200 m, 220 yd (all strokes)	30	65	5
400 m, 440 yd, 500 yd	20	55	25
Freestyle :			
1500 m, 1650 yd	10	20	70
Tennis	70	20	10
TRack and field :			
100 m, 100 yd, 200 m, 220 yd	95	5	-
Field even	98	2	-
400 m, 440 yd	80	15	5
800 m, 880 yd	30	65	5
1500 m, 1 mile	15	55	30
2 mile	15	20	65
3 mile, 5000 m.	10	20	70
6 mile (cross-country),			
10.000 m.	5	15	80
Marathon	-	2	98
Volleyball	85	10	5
Wrestling	90	10	-

(Fox, 1988).

2.3 Latihan Fisik

Latihan fisik pada dasarnya merupakan suatu program latihan fisik diambil dari istilah *physical training*. Beberapa tujuan *physical training* adalah untuk rekreasi, *physical fitness* dan prestasi (Nieman, 1986, Glassford, 1990, Bouchard, 1993). *Physical training* dituangkan dalam bentuk program latihan fisik (Glassford, 1990; Bouchard, 1993; Nieman, 1993).

2.3.1 Prinsip pembebanan latihan fisik

Jenis latihan fisik atau cabang olahraga yang dipilih harus menyenangkan, cocok untuk kondisi tubuhnya (Seaton, 1974). Jenis latihan fisik yang akan dilakukan

terdapat empat tahap. Tahapan dalam setiap latihan fisik terdiri atas aktivitas; peregangan, pemanasan, pelaksanaan latihan dan pendinginan. Adapun prinsip-prinsip program latihan fisik adalah sebagai berikut:

a. Beban bertambah (*overload*)

Kemampuan fisik tiap individu tidak sama, maka kondisi awal latihanpun tidak boleh diberikan beban sama. Untuk mencapai kondisi fisik tertentu dilaksanakan dengan pemberian beban bertambah secara bertahap yang tidak melebihi beban latihan maksimal. Jadi dosis (beban terukur) latihan fisik yang diberikan perlu diperhatikan besar intensitas kerja tubuh, frekuensi dan lama latihan (Brooks, 1987; Dirix, 1988; IOC, 1990).

b. Menghindari dosis berlebih (*overtraining*)

Pemberian dosis latihan fisik yang melebihi kemampuan maksimal tubuh dapat mengakibatkan cedera pada organ tubuh maupun pada tingkat seluler (Dirix, 1988; IOC, 1990). Sehingga latihan fisik yang diberikan bukannya meningkatkan kemampuan tubuh, tetapi justru menyebabkan tubuh menjadi sakit (Pyke, 1991; Rushall, 1992).

c. Pulih asal (*recovery*)

Setiap latihan fisik yang membutuhkan enersi melebihi kebutuhan basal akan memerlukan waktu

pulih asal. Apalagi otot skelet yang telah diberi beban kontraksi, juga membutuhkan waktu pulih asal. Latihan fisik berat akan membutuhkan waktu pulih asal kira-kira 46 jam. Sebab otot dan sistem tubuh lainnya tidak sama dengan mesin, dimana mesin yang kehabisan bahan bakar dapat dipacu kembali setelah diberi tambahan bahan bakar (Dirix, 1988; IOC, 1990).

d. Khusus (*specifik*)

Jenis latihan dan dosis latihan yang diberikan harus sesuai dengan kondisi tubuh dan jenis olahraga yang ditekuni. Misalnya; jenis olahraga ketahanan (*endurance*) harus diberikan dosis latihan yang bertujuan utama untuk meningkatkan kemampuan aerobik (Dirix, 1988; IOC, 1990).

e. Mempertahankan dosis latihan fisik

Tambahan dosis latihan fisik tidak terus diberikan pada setiap kali latihan. Mempertahankan dosis latihan fisik dapat ditujukan pada metoda meningkatkan kemampuan fisik untuk tujuan prestasi maupun dalam upaya untuk mempertahankan kondisi tubuh (Dirix, 1988; IOC, 1990).

f. Periodisasi latihan

Pada *physical training* untuk prestasi harus dilakukan secara periodik menurut kebutuhan pertandingan atau perlombaan (IOC, 1990). Periodisasi latihan fisik juga harus memperhatikan bobot persiapan fisik, teknik dan taktik

serta psikis (Bompa, 1990). Sedangkan untuk tujuan *physical fitness*, maka latihan fisik harus dilakukan dengan teratur (Seaton, 1974).

g. Individual

Setiap jenis aktivitas fisik yang dilakukan harus dipertimbangkan sesuai dengan kondisi dan kemampuan tubuh baik pada tingkat organ maupun tingkat seluler. Selain itu, faktor kesenangan tidak boleh diabaikan (Seaton, 1974; Bompa, 1990; IOC, 1990).

2.3.2 Dosis latihan fisik

Pembuatan program latihan fisik bukanlah suatu pekerjaan yang mudah, sebab tidak semua jenis latihan fisik dapat menimbulkan "stimulator" fungsi organ tubuh (Pyke, 1991). Besar beban latihan fisik perlu dikaji, sehingga beban latihan fisik tidak menimbulkan *micro injury* atau *stressor* organ tubuh.

Beban latihan fisik harus terukur (Bouchard, 1993). Ukuran beban latihan fisik tersebut akan dinamakan dengan "dosis latihan fisik". Maka dosis adalah beban latihan fisik yang terukur yang mengandung unsur: intensitas, frekuensi, waktu dan jenis latihan (Neufeldt, 1991; Bouchard, 1993; Fox, 1993; Weidner, 1994).

a. Intensitas

Intensitas dapat diartikan sebagai tingkatan kualitas (berat, sedang dan ringan).

b. Frekuensi

Frekuensi merupakan jumlah kejadian.

c. Waktu

Waktu adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan latihan.

d. Jenis

Yang dimaksud jenis adalah karakteristik latihan dari intensitas, frekuensi dan waktu.

2.3.3 Latihan squat

Latihan squat adalah jenis latihan yang menggunakan beban untuk meningkatkan atau mengembangkan kekuatan, dan daya ledak pada otot tungkai. Latihan squat dilakukan dengan memberi beban barbel pada tubuh yang diletakkan pada pundak. Stone (1991) mengatakan bahwa untuk melakukan latihan squat *bar* atau palang besi diletakkan pada pundak, berdiri dengan posisi kedua kaki kangkang selebar dengan bahu, selanjutnya lutut dibengkokkan kemudian lurus kembali keatas dengan posisi badan tetap lurus.

Untuk mendapatkan pengaruh dari latihan squat harus memperhatikan intensitas, jumlah set, frekuensi dan durasi latihan. Ada beberapa jenis latihan squat yaitu; *quarter squat*, *half squat*, dan *full squat*, yang pada prinsipnya semuanya adalah untuk meningkatkan kemampuan pada otot tungkai sedangkan perbedaannya hanyalah pada sudut yang dibentuk oleh lutut pada waktu pelaksanaannya (McCullagh, 1997).

2.3.4 Latihan half squat irama lambat

Latihan half squat irama lambat adalah suatu bentuk latihan beban yang berlangsung lama dengan inten-

sitas yang rendah. Selama latihan tubuh mampu mencukupi kebutuhan oksigen, kecuali pada awal latihan. Jadi sistem yang berperan untuk menyediakan energi dalam merisintesa ATP adalah sistem aerobik. Bahan bakar yang utama adalah karbohidrat dan lemak. Pada awal latihan akan menggunakan sistem anaerobik, setelah itu sistem aerobik yang akan berperan (Stone, 1991).

Menurut Fox (1988), latihan atau aktifitas ini termasuk dalam daerah 4 yang memerlukan waktu penampilan lebih dari 3 menit.

2.3.5 Latihan half squat irama cepat

Latihan half squat irama cepat adalah bentuk latihan beban yang berlangsung singkat, cepat dengan intensitas yang tinggi, dan biasanya berlangsung kurang dari 3 menit. Pada latihan ini tubuh belum mampu memenuhi kebutuhan oksigen, maka sistem energi untuk meresintesa ATP berlangsung secara anaerobik. Jadi energi yang disediakan berasal dari fosfagen dan glikolisis anaerobik dengan bahan bakar utamanya adalah karbohidrat.

Menurut Fox (1988) dan Bowers (1992), latihan ini termasuk dalam daerah 1, yaitu aktifitas dengan intensitas tinggi dan memerlukan waktu penampilan kurang dari 30 detik. Janssen (1989), lebih merinci bahwa aktifitas dengan maksimal yang berlangsung anaerobik tanpa laktat dan murni dari persediaan ATP otot. Bila berlangsung 4-2 detik sistem energinya adalah anaerobik tanpa laktat yang berasal dari sistem ATP-PC, sedangkan berlangsung 20-45 detik sistem energinya adalah ATP-PC ditambah sistem glikolisis anaerobik.

2.3.6 Kegunaan latihan squat

Tujuan latihan squat yaitu untuk mengembangkan atau meningkatkan kekuatan, daya ledak, daya tahan, dan hipertrofi pada otot tungkai misalnya *otot quadriceps femoris, gluteus, hamstring, gastrocnemius* dan lain-lain (Soekarman, 1987). Latihan squat pada dasarnya mempunyai pengaruh atau efek untuk meningkatkan kemampuan fisik secara umum. Akibat dari latihan squat dengan beban barbel akan meningkatkan kekuatan maupun hipertrofi pada otot tungkai yang pada gilirannya akan mempengaruhi peningkatan kecepatan daya ledak otot.

2.4 Daya Ledak

Daya ledak adalah gerakan yang menggunakan kekuatan dan kecepatan dengan bersamaan yang lazim disebut dengan *explosive power*. Daya ledak adalah komponen gerakan yang sangat dibutuhkan dalam berbagai cabang olahraga yang membutuhkan kontraksi otot yang cepat dan kuat, untuk meningkatkan prestasi olahraga. Menurut Pyke (1980), bahwa otot yang kuat mempunyai daya ledak yang besar, sebaliknya daya ledak otot yang besar mempunyai pula kekuatan yang besar.

Daya ledak sangat dibutuhkan dalam berbagai olahraga terutama dalam efisiensi gerakan. Daya ledak dapat ditingkatkan dengan melatih kekuatan atau kecepatan, atau sekaligus melatih kedua-duanya secara bersamaan atau simultan. Annarino (1976), mengemukakan bahwa daya ledak berkaitan dengan kekuatan dan kecepatan kontraksi otot yang dinamis dan eksplosif, yang mengerahkan kekuatan otot secara maksimum dalam waktu yang singkat dan cepat. Boosey (1980) berpendapat bahwa perpaduan gerakan

antara kekuatan dan kecepatan akan menghasilkan suatu gerakan yang disebut daya ledak. Kemudian Harre (1982), berpendapat bahwa daya ledak yaitu suatu kemampuan seseorang untuk mengatasi tahanan dengan kecepatan tinggi dalam gerakan yang sempurna. Selanjutnya Bosco (1983), menyatakan daya ledak adalah suatu kemampuan seseorang untuk melakukan suatu gerakan yang cepat dengan kekuatan yang maksimal.

Jensen (1983), berpendapat bahwa daya ledak adalah merupakan suatu komponen yang sangat dibutuhkan dalam melakukan kegiatan yang berat seperti melempar, melompat, memukul dan lain-lain. Menurut Fox (1993), daya ledak adalah kemampuan untuk menampilkan kerja maksimal per unit waktu, Sedangkan Bompa (1990) berpendapat bahwa daya ledak adalah merupakan suatu hasil dari kekuatan dan kecepatan yang maksimal.

Berdasarkan dari pendapat diatas tersebut maka dapat ditarik kesimpulan bahwa daya ledak itu ditentukan atau dipengaruhi oleh dua komponen yaitu kekuatan dan kecepatan. Jadi untuk meningkatkan daya ledak yang maksimal maka harus melatih kedua komponen tersebut sebaiknya secara bersamaan.

2.4.1 Jenis-jenis daya ledak

Hampir semua cabang olah raga dalam pelaksanaannya membutuhkan daya ledak disamping membutuhkan kemampuan fisik yang lain. Dalam melakukan aktivitas olahraga tidak sama gerakan yang dilakukan sehingga kebutuhan akan daya ledak berbeda pula. Misalnya daya ledak pada olahraga bola voli tidak sama dengan kebutuhan daya ledak pada atletik. Berdasarkan dengan ini maka ada

beberapa pembagian dari jenis daya ledak. Menurut Nossek (1982) membagi daya ledak menurut aktivitas gerakan yaitu:

a. Kekuatan daya ledak

Kekuatan disini digunakan untuk mengatasi resistensi yang lebih rendah, tetapi dengan kecepatan daya ledak yang maksimal. Daya ledak seperti ini biasanya digunakan dalam permainan bola basket untuk gerakan berlari sambil melompat, sedangkan pada permainan bola voli pada saat melakukan smash dan menahan smash.

b. Kekuatan gerak cepat

Gerakan ini dilakukan pada resistensi dengan percepatan dibawah maksimal. Ini digunakan pada saat melakukan gerakan yang berulang-ulang misalnya berlari.

Berger (1982) membagi daya ledak menurut jenis beban yang digunakan yaitu daya ledak absolut dan daya ledak relatif. Daya ledak absolut artinya kekuatan yang digunakan untuk mengatasi beban dari luar (eksternal) yang maksimal, sedangkan daya ledak relatif yaitu kekuatan yang digunakan dalam mengatasi beban dari badan sendiri (internal). Selanjutnya pembagian daya ledak menurut Bempa (1990) sesuai dengan gerakan dari berbagai cabang olahraga sebagai berikut:

a. Daya ledak asiklik (*acyclic power*)

Daya ledak yang digunakan pada olahraga yang gerakannya kombinasi atau kompleks seperti pada olahraga atletik, senam, bola voli dan lain-lain.

Daya ledak asiklik gerakan utamanya adalah gerakan maju dengan kekuatan yang maksimal tetapi di dalam latihan menggunakan beban lebih ringan dengan pelaksanaan yang sangat cepat.

b. Daya ledak siklik (*cyclic power*)

Daya ledak ini digunakan pada olahraga yang gerakannya sama serta terulang, misalnya lari cepat (*sprint*), renang, balap sepeda, serta olahraga yang membutuhkan kecepatan .

2.4.2 Faktor yang mempengaruhi daya ledak

Ada beberapa hal yang berpengaruh dalam daya ledak. Menurut Kirkendall (1980), bahwa daya ledak adalah hasil dari komponen kekuatan dan kecepatan dengan rumus: $P = F \times V$, yaitu P (daya ledak) adalah hasil perkalian dari F (kekuatan) dengan kecepatan (V). Hal ini seirama dengan apa yang telah dikemukakan oleh Annarino (1976), bahwa dengan meningkatkan kekuatan dan kecepatan diharapkan akan meningkatkan pula daya ledak.

Lebih jauh Jensen (1983) mengemukakan, daya ledak dipengaruhi oleh kekuatan dan kecepatan baik itu merupakan kecepatan rangsangan saraf maupun kekuatan kontraksi otot. Jadi untuk meningkatkan daya ledak ada berbagai cara yang dapat dilakukan yaitu dengan latihan untuk meningkatkan kekuatan dengan memperhatikan kecepatan, atau sebaliknya latihan untuk meningkatkan kecepatan dengan memperhatikan kekuatan atau sekaligus keduanya dilatih bersamaan (simultan).

Sage (1984) berpendapat bahwa daya ledak yaitu dipengaruhi oleh kecepatan sitem saraf dalam memberikan rangsangan. Golding (1968) dan Fox (1981) lebih jauh mengemukakan bahwa daya ledak itu dipengaruhi oleh dua komponen yaitu kekuatan dan kecepatan, baik itu kecepatan rangsang saraf maupun kecepatan kontraksi otot. Jadi untuk meningkatkan daya ledak, sebaiknya:

- a. Meningkatkan kekuatan dengan tidak mengabaikan kecepatan. Adapun beban latihan yang diberikan yaitu: submaksimal, durasi 7 sampai 10 detik, ulangan 8 sampai 10 kali dan jumlah serinya 3 sampai 4 set (O'Shea, 1976).
- b. Meningkatkan kecepatan dengan tidak mengabaikan kekuatan. Intensitas beban latihan ringan sampai sedang. Berat beban kira-kira 60% sampai 90% dari kekuatan maksimum dan kontraksi otot dipersingkat (Jensen, 1983).
- c. Meningkatkan kekuatan dan kecepatan secara simultan. Berat beban berkisar antara 30% sampai 60% dari kekuatan maksimum dengan kecepatan kontraksi maksimum, hal ini akan meningkatkan kekuatan, kecepatan, serta daya ledak (Sharkey, 1984).

Pyke (1980) mengemukakan bahwa untuk meningkatkan daya ledak maka dalam menggunakan beban, sebaiknya beban tidak terlalu berat sehingga tubuh masih mampu bergerak dengan cepat dengan jumlah ulangan yang lebih banyak. Selanjutnya Nossek (1982) menganjurkan apabila latihan beban itu bertujuan untuk meningkatkan daya ledak maka sebaiknya :



Beban latihan : 70% - 80% dari kekuatan maksimal.
Jumlah Seri (set) : 3 - 5 kali.
Ulangan per seri : 10 kali.
Interval per seri : 2 - 4 menit.

Sedangkan Harre (1982) mengemukakan program latihan beban untuk meningkatkan daya ledak sebagai berikut:

Beban latihan : 30% - 50% dari kekuatan maksimal.
Jumlah Seri (set) : 4 - 6 kali.
Ulangan per seri : 6 - 10 kali.
Interval per seri : 2 - 5 menit.

2.5 Kekuatan Otot

Salah satu faktor yang sangat penting dan mutlak untuk meningkatkan prestasi dalam olahraga ialah faktor kekuatan otot (*muscle strength*), jadi dalam latihan fisik yang utama adalah faktor kekuatan. Kekuatan otot adalah kemampuan otot atau sekelompok otot yang berkontraksi secara maksimal. Menurut pendapat Stull (1980) bahwa kekuatan otot adalah jumlah tegangan maksimal yang ditimbulkan oleh suatu kontraksi tunggal. Selanjutnya Fox (1988) memberi definisi bahwa kekuatan otot adalah sebagai gaya (*force*) yang dapat melawan tahanan dengan suatu usaha yang maksimal. Clarke (1980), kekuatan adalah penentu utama dalam pencapaian prestasi pada olahraga, serta komponen lain adalah penunjang yang terbentuk bersamaan dalam proses peningkatan kekuatan. Sedangkan Costill (1979) berpendapat bahwa kekuatan itu adalah kemampuan maksimal untuk melawan gaya.

Rash (1957) dalam penelitiannya mengatakan bahwa dengan latihan beban akan meningkatkan kekuatan, daya tahan serta hipertrofi otot. Selanjutnya Roy (1983), berpendapat bahwa latihan beban yang dilaksanakan dengan serius berulang-ulang akan meningkatkan kekuatan serta ukuran otot. Banyak bentuk metode yang dapat digunakan untuk menambah beban otot secara efektif. Metode-metode ini berbeda dalam hal sifat resistensi eksternal tempat dimana otot berada. Resistensi luar menentukan jenis kontraksi otot yang ditampilkan misalnya kontraksi isometrik, isotonik atau isokinetik (Costill, 1979; Fox, 1988; Wilmore, 1994).

Pada kekuatan otot dikenal beberapa macam bentuk kekuatan. Harre (1982) telah membagi kekuatan otot menjadi tiga macam yaitu: kekuatan maksimal, kekuatan daya ledak dan kekuatan daya tahan.

Bompa (1990), mengemukakan tipe kekuatan sebagai berikut:

- a. Kekuatan umum yaitu kekuatan secara keseluruhan dari otot.
- b. Kekuatan khusus yaitu kekuatan yang berkenan dengan otot yang digunakan dalam olahraga.
- c. Kekuatan maksimum yaitu kekuatan yang tinggi selama terjadi kontraksi yang maksimum.
- d. Power adalah hasil dari dua kemampuan yaitu kekuatan dan kecepatan untuk melakukan kekuatan dalam waktu yang singkat.
- e. Kekuatan absolut dan kekuatan relatif. Kekuatan absolut adalah kemampuan menggunakan kekuatan yang maksimum tanpa dipengaruhi berat beban, dan dapat diukur dengan menggunakan dynamometer.

O'Shea (1976), membagi kekuatan otot menjadi dua yaitu: kekuatan dinamis adalah menunjukkan dimana kekuatan otot dapat digunakan pada saat melakukan gerakan dalam bentuk kerja, contohnya mengangkat beban. Sedangkan kekuatan statis adalah penggunaan kekuatan otot yang tidak nampak pada saat melakukan gerakan atau kerja.

2.5.1 Metode latihan kekuatan

Pendekatan yang paling umum dalam latihan kekuatan adalah menggunakan beban dalam bentuk isotonik, isometrik dan isokinetik. Untuk pelaksanaan latihan kekuatan ada beberapa cara yang dikemukakan antara lain:

Nossek (1982) membagi bentuk latihan kekuatan sebagai berikut:

a. Metode repetisi (*repetition method*)

Jumlah ulangan : 1 - 10.
 Jumlah seri : 3 - 8.
 Intensitas : 70% - 100%.

b. Metode pemberian kekuatan maksimum (*the method of maximum strength impact*)

Jumlah ulangan : 1 - 5.
 Jumlah seri : 3 - 6.
 Intensitas : 85% - 100%.

c. Metode beban meningkat (*the method of gradually increased load*)

Metode ini disebut pyramide training, yaitu peningkatan beban latihan dan disertai dengan penurunan ulangan.

d. Metode penambahan dan penurunan beban secara bertahap (*the method of gradually increasing and decreasing load*)

Yaitu dengan cara beban meningkat ulangan dikurangi atau sebaliknya beban dikurangi ulangan ditambah.

e. Metode interval (*interval method*)

Metode ini terdiri dari:

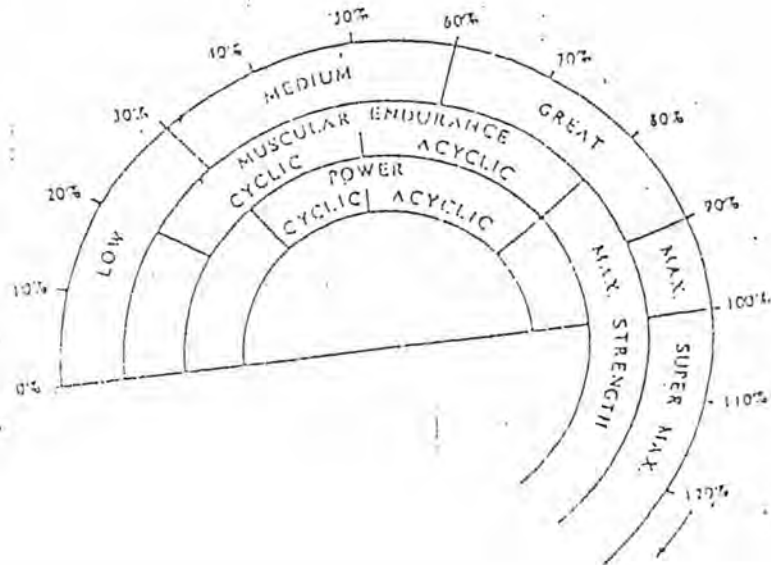
Interval intensif.
 Interval ekstensif.

Metode latihan kekuatan yang dikemukakan ini masing-masing bervariasi pada beban, intensitas, ulangan, dan seri. Disesuaikan tujuan yang ingin dicapai. Perbedaan ini dapat dilihat pada tabel 2.5:

Tabel 2.5 Metode latihan kekuatan (Nossek, 1982)

Method	Intensi ty	Reper tian	Series	Inter vals	Pace	Training Alm
Repetition method	85-100%	1 - 5	3 - 5	2-5 min	fluent	maximum and explosive strenght.
	85- 95%	3	5 - 8			
	80- 90%	5				
Repetition method	70-85%	6 - 10	3 - 5	2-4 min	fluent /slow	submaximum strenght (hypertrophy).
	70-80%					
Intensive interval method	50-75%	6 - 10	4 - 6	3-5 min	explo sive/ fast	explosive and speed strenght.
Extensive interval method	30-50%	6 - 12	4 - 6	2-5 min	explo sive/ fast	speed stre- right (non cyclic and cyclic)
Extensive interval method	40-60%	10 - 20	1 - 5	30-90 sec	fast	strenght endurance and strong-ht endurance
Extensive interval method	25-40%	more than 30, 60% of the maximum	4 - 6	30-60 son	fluent/ fast	strenght endurance

Selain metode yang dikemukakan diatas, Bompa (1990), mengemukakan metode latihan kekuatan seperti pada gambar 2. berikut ini:



Gambar 2.11 Persentase pembebanan untuk mengembangkan kemampuan, (Bompa, 1990)

Pada gambar diatas dapat dilihat metode-metode untuk mencapai beberapa kemampuan fisik, dengan klasifikasi beban sebagai berikut:

Super maksimum	: 100% - keatas.
Maksimum	: 90% - 100%.
Besar (<i>great</i>)	: 60% - 90%.
Menengah (<i>medium</i>)	: 30% - 60%.
Rendah (<i>low</i>)	: 30% - kebawah.

Penelitian yang dilakukan oleh DeLorme (O'Shea, 1976), mengatakan bahwa untuk mengembangkan kekuatan otot yang paling baik adalah : 10 sampai 12 kali ulangan, 3 sampai 4 seri, dan beban maksimum.

Berdasarkan dengan hal tersebut diatas maka penelitian ini dipusatkan pada latihan beban 30% dan latihan beban 50% dari maksimum terhadap peningkatan kekuatan, daya ledak, dan hipertrofi otot tungkai, untuk menunjang peningkatan prestasi pada cabang olahraga yang membutuhkan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi pada otot tungkai.

2.5.2 Faktor-faktor yang berpengaruh pada kekuatan

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan otot antara lain:

a. Ukuran otot

Beban latihan yang diberikan pada sekelompok otot akan mengakibatkan terjadinya adaptasi dan meningkatkan jumlah serabut otot yang mengakibatkan terjadinya pembesaran ukuran otot yang terlatih.

b. Faktor umur

Sampai umur 12 tahun peningkatan kekuatan otot laki-laki maupun perempuan sama. Sampai pada umur pubertas pada wanita masih terdapat peningkatan walaupun lebih sedikit bila dibandingkan dengan laki-laki. Kekuatan pada laki-laki maupun perempuan dicapai pada kira-kira umur 25 tahun, setelah itu terjadi penurunan.

c. Faktor jenis kelamin

Perbedaan kekuatan otot pada laki-laki dan perempuan disebabkan karena perbedaan ukuran otot baik dalam besar maupun proporsinya dalam tubuh. Perbedaan ini tidak sama bagi semua kelompok otot.

Zetcyorsky (1968) mengatakan bahwa kekuatan otot menurut fungsinya dipengaruhi dua faktor yaitu:

a. Koordinasi otot

Suatu kelompok otot bekerja bersama-sama selama aktivitas berlangsung.

b. Koordinasi intramuskular

Kekuatan yang timbul tergantung dari unit neuromuskular yang bekerja secara bersamaan dalam suatu aktivitas.

McArdle (1981) menyatakan bahwa kekuatan otot tidak hanya dipengaruhi oleh besar kecilnya serta tipe dari otot itu sendiri, tetapi yang juga turut berperan dalam meningkatkan kekuatan otot adalah termasuk faktor saraf yang turut berperan dalam aktivitas otot. Selanjutnya Bumpa (1990), dan Pate (1984), bahwa kekuatan maksimal dipengaruhi oleh intensitas rangsangan motor unit yang terlibat serta frekuensi rangsangan tersebut.

Fox (1981) mengatakan bahwa kekuatan dipengaruhi oleh sistem saraf yaitu: peningkatan jumlah motor unit yang terlibat dalam setiap kontraksi serta peningkatan rangsangan terhadap masing-masing motor unit. Selanjutnya Lamb, (1984) mengatakan bahwa kekuatan otot dipengaruhi pada jumlah motor unit yang dirangsang dalam otot dan frekuensi unit gerak yang melibatkan.

Terjadinya suatu peningkatan kemampuan otot dalam hal kekuatan, selanjutnya **Arnheim (1985)** berpendapat bahwa kekuatan otot dipengaruhi oleh adanya peningkatan besar otot serta jumlah kapiler pada otot. **Hazeldine (1985)** berpendapat bahwa adaptasi dari otot akan menyebabkan lebih responsif terhadap suatu rangsangan yang berasal dari sistem saraf pusat yang menyebabkan aktivitas otot efektif.

2.6 Hipertropi Otot

Aktivitas otot yang kuat menyebabkan meningkatnya jumlah dan ukuran miofibril dalam serabut otot yang disebut hipertrofi. Garis tengah tiap-tiap serabut otot meningkat, serta serabut-serabut memperoleh tambahan jumlah total miofibril dan berbagai nutrien, zat-zat seperti glikogen. Otot yang aktivitasnya rendah dan dalam waktu yang lama, tidak mengakibatkan terjadinya hipertrofi otot yang bermakna. Hipertrofi otot diakibatkan oleh suatu kegiatan atau latihan yang berintensitas tinggi, cepat dan singkat. Latihan kekuatan dengan menggunakan beban isokinetik dengan intensitas tinggi dan kecepatan rendah dapat meningkatkan hipertrofi otot, disertai dengan peningkatan sejumlah biokimia didalam glikogen otot, PC, ATP, ADP, kreatin, fosforilase, fosfofruktukinase (PFK), dan aktivitas enzim Krebs-cycle (**Brooks, 1984; Fox, 1988**).

2.6.1 Faktor yang mempengaruhi hipertrofi otot

Pertumbuhan dan perkembangan otot bergantung pada somatotropin. setelah terjadi hipofisektomi, pertumbuhan otot pada hewan muda, tetapi dipulihkan dengan pemakian somatotropin (Virus, 1985). Situasi yang berbeda dilaporkan sehubungan dengan hipertrofi yang diinduksi dengan kerja. Dengan menyelidiki permasalahan ini Goldberg menginduksi hipertrofi kompensatori dari otot soleus dan otot plantaris pada satu anggota tubuh dengan memotong tendon otot sinergistik, gastroknemius. Dalam satu minggu berat plantaris meningkat sekitar 20 persen dan berat soleus sekitar 40 persen. Telah ditunjukkan secara histologis bahwa hasil berat otot terkait dengan kenaikan diameter serabut otot. Pada tikus yang dihipofisektomi sebelumnya diungkapkan bahwa ada dua tipe perkembangan otot ialah (1) perkembangan otot yang bergantung pada somatotropin pada hewan muda, dan (2) hipertrofi yang diinduksi kerja, tidak tergantung pada somatotropin. Somatotropin dapat menstimulasi sintesa protein pada otot rangka, dan meningkatkan hipertrofi pada otot. Namun demikian hipertrofi otot yang distimulasi oleh somatotropin tidak terkait dengan peningkatan kekuatan. Somatotropin mereduksi hilangnya berat bersih dalam deinervasi otot soleus dan otot plantaris pada tikus yang dihipofisektomi. Hormon menaikkan ukuran denervasi otot dan otot kontrol secara proposional. Hal serupa perlakuan somatotropin tampaknya juga menyebabkan pertumbuhan proposional pada otot-otot yang mengalami hipertrofi yang diinduksi kerja dan kontrol kolateralnya. Ditegaskan bahwa ukuran otot setidaknya ditentukan

oleh dua faktor yaitu: somatotropin dan kerja otot. Somatotropin tampaknya bekerja pada "*amplifying system*" (sistem penguatan) biokimia untuk anabolik sel dan menentukan perubahan pada ukuran otot yang disebabkan oleh perubahan pada kerja otot.

Mekanisme kerja somatotropin pada sintesa protein pada otot melalui sintesa ornithine decarboxylate. Enzim ini mengkatabolisir permulaan sederatan reaksi yang menyebabkan pembentukan polyamines, dan spermidine. Mereka ini adalah faktor prolifirasi dan sintesa protein. Selama latihan, metabolisme ornithine diaktifkan bersama-sama dengan menaikkan hasil spermidine dan spermine. Ini mungkin akibat dari meningkatnya sekresi somatotropin (Virus, 1985).

Tiroksin dan triiodotironin menstimulasi sintesa dan degradasi protein pada otot-otot. Pelatihan (lari) dengan beban semakin meningkat secara bertahap menyebabkan perolehan yang bermakna pada kelompok otot gastrocnemius-plantaris. Pengaruh stimulasi tiroksin terhadap pemasukan asam amino ke dalam protein sebagaimana yang berlaku dalam mikrosom bergantung pada perbedaan mitokondria dan substrat yang bisa dioksidasikan (Virus, 1985; McCullagh, 1997).

Androgen mempunyai fungsi dalam hipertrofi otot. Intake atau injeksi sediaan androgen dari kerja anabolik menjadi populer diantara atlet dengan tujuan meningkatkan efisiensi pelatihan untuk meningkatkan kekuatan. Androgen lebih banyak memiliki perluasan kerja metabolisme protein pada otot daripada stimulasi anabolisme. Penggunaan testosteron menghambat kenaikan aktivitas alkaline proteolitik dari otot soleus yang diinduksi

oleh latihan ketahanan. Namun demikian pengaruh regulasi ini tidak hanya menghambat degradasi protein (Virus, 1985; McCullagh, 1997).

2.6.2 Adaptasi sintesa protein

Latihan yang berat akan merangsang produksi sejumlah aktin, miosin, dan protein miofibril lainnya dalam jumlah yang lebih banyak, sehingga tersedia jumlah crossbridge yang lebih banyak pula untuk menghasilkan kekuatan, (Lamb, 1984). Sebaliknya latihan ketahanan cenderung meningkatkan produksi enzim yang terlibat dalam penyediaan energi untuk metabolisme aerobik. Penambahan protein dalam miofibril yang disebabkan oleh latihan ketahanan yang berat diakibatkan pertambahan sintesa protein dari asam amino yang dibawa ke otot. Jumlah asam amino dari darah ke dalam otot mengalami depresi selama latihan. Perubahan lokal dalam membran otot yang disebabkan oleh kontraksi otot yang kuat yang membuat membran menjadi lebih mudah diliwati oleh asam amino sehingga akan lebih mudah berdifusi dari cairan ringan masuk ke sel otot yang akan menjadi kerangka dasar dari sintesa protein. Perubahan mekanis dalam bentuk molekul dalam membran otot akibat tegangan pada membran selama kontraksi berlangsung dapat menjadi faktor inisiasi dalam menstimulasi jumlah asam amino ke dalam serabut otot dan akan bekerja sama dengan miofibril protein. Hipertrofi otot lebih banyak memiliki aktifitas seperti somatomedin. Somatomedin adalah zat yang menyerupai hormon dalam tubuh yang meningkatkan pertumbuhan (Brooks, 1984; Virus, 1985; Fox, 1988).

2.6.3 Latihan dan sintesa protein

Latihan menimbulkan akumulasi metabolit dan meningkatkan output hormon, yang bersama-sama menghasilkan sintesa adaptif protein. Akibat dari sintesa ini jumlah molekul-molekul dari berbagai enzim meningkat dan massa struktur subselluler membesar, dan menjadi lebih kuat. Hipertrofi otot yang diinduksi oleh latihan terkait dengan kenaikan kadar protein otot. Khususnya kadar protein miofibril meningkat. Perubahan dalam kadar protein otot bergantung pada spesifikasi latihan yang digunakan. Hipertrofi otot yang serius ditunjukkan karena latihan kekuatan. Meningkatnya kadar miosin dengan latihan jangka pendek pada kecepatan gerakan yang tinggi dan khususnya pada penampilan sistematik latihan kekuatan. Kadar protein stroma meningkat hanya setelah latihan kekuatan. Salah satu dari akibat latihan jangka panjang yang dilakukan dengan sistematik adalah perubahan pada mitokondria otot. Perubahan tersebut berkurang setelah pelaksanaan latihan jangka pendek yang sistematik dengan intensitas yang tinggi. Perubahan kadar protein otot gastroknemius bergantung pada cara beban latihan dinaikkan (Brooks, 1984; Viru, 1985).

Golberg menunjukkan bahwa peningkatan pemasukan C-leucine ke dalam protein soleus dan otot plantaris selama pertumbuhan pada otot yang sinergis dengan gastroknemius. Pada eksperimen selanjutnya dia mendapatkan bukti yang menunjukkan bahwa hipertrofi otot rangka yang terinduksi oleh kerja terkait dengan menurunnya katabolisme protein serta bertambahnya sintesa protein baru. Baik pada otot rangka maupun pada otot jantung (Viru, 1985; McCullagh, 1997).

2.6.4 Pengaruh endokrin

Endrokin tidak menghasilkan aktivitas selluler baru, tetapi merubah tingkat aktivitas spesifik yang telah ada pada sel-sel. Endokrin bekerja dengan cara sebagai berikut : (1) mengubah tingkat sintesa enzim protein, (2) mengubah tingkat sintesa molekul-molekul seperti Cyclic adenosine monophosphate (cAMP) atau prostaglandin yang pada gilirannya menyebabkan perubahan aktivitas enzim atau permeabilitas sel membran pada zat-zat yang penting, dan (3) mengubah langsung permeabilitas sel membran (Brooks, 1984; Viru, 1985; Guyton, 1996).

Peningkatan hormon pertumbuhan dengan latihan akan bermanfaat karena pengaruh hormon pertumbuhan terhadap jaringan penyangga dan pertumbuhan otot. Pengaruh ini adalah kekuatan tendon, ligamen, dan otot yang lebih besar, pada mereka yang terlatih fisiknya. Hormon pertumbuhan membantu memobilisir asam lemak dari simpanan jaringan lemak dan menaikkan jumlah asam lemak dalam darah. Ini menjadi respon yang bermanfaat selama latihan untuk membantu menyediakan bahan bakar untuk jaringan yang sedang bekerja. Separuh dari hormon pertumbuhan yang baru disekresikan oleh lever sekitar 17 sampai 45 menit, sehingga bagian penting dari hormon tetap ada dalam darah, dalam waktu yang cukup lama untuk berpengaruh terhadap pertumbuhan jaringan dan mobilisasi asam lemak. Hormon pertumbuhan secara langsung meningkatkan pengangkutan asam amino melewati membran sel ke bagian dalam sel yang mengakibatkan konsentrasi asam amino didalam sel yang berperan terhadap meningkatnya sintesis protein. Hormon pertumbuhan mempunyai tiga pengaruh

utama terhadap metabolisme glukosa didalam sel yaitu:

(1) mengurangi pemakaian glukosa untuk mendapatkan energi (2) meningkatkan penumpukan glikogen didalam sel, dan (3) mengurangi penyerapan glukosa oleh sel (Fox, 1988; Guyton, 1996).

2.6.5 Pengaruh latihan terhadap hipertrofi otot

Aktifitas otot yang kuat menyebabkan meningkatnya jumlah dan ukuran miofibril dalam serabut otot yang disebut hipertrofi otot. Garis tengah tiap-tiap serabut otot meningkat, serta serabut otot memperoleh tambahan jumlah total miofibril serta berbagai nutrien dan zat-zat metabolisme seperti ATP, glikogen. Jadi hipertrofi otot adalah meningkatkan daya gerak otot dan mekanisme nutrien untuk mempertahankan peningkatan daya gerak. Otot yang aktivitasnya lemah dalam waktu yang lama tidak menyebabkan terjadinya hipertrofi pada otot yang bermakna. Hipertrofi terutama akibat dari aktifitas otot yang sangat kuat, walaupun aktifitas hanya terjadi beberapa menit setiap harinya (Brooks, 1984; Viru, 1985; Guyton, 1996).

Berkembangnya otot rangka sebagai akibat latihan fisik disebabkan oleh hipertrofi serabut tunggal dan bukan oleh bertambahnya jumlah serabut. Namun sejumlah penelitian menunjukkan kemungkinan bahwa serabut otot membelah secara longitudinal selama pelatihan dengan penambahan resultan dalam jumlah serabut. Jumlah serabut tersebut dianalisa dengan memotong otot bergaris (cross-section muscle) yang tipis dan menghitung jumlah serabut (Lamb, 1984) .

2.6.6 Adaptasi dalam sintesa protein dan degradasi

Penelitian telah menunjukkan bahwa latihan yang berat akan merangsang produksi jumlah aktin, miosin dan protein miofibril lainnya dalam jumlah yang lebih besar, sehingga tersedia banyak cross-bridge untuk menghasilkan kekuatan selama upaya kekuatan maksimal. Sebaliknya latihan ketahanan cenderung meningkatkan produksi enzim yang terlibat dalam penyediaan energi untuk metabolisme aerobik. Penambahan dalam protein miofibril yang disebabkan oleh latihan ketahanan yang berat dapat dianggap sebagai akibat dari pertambahan tingkat sintesa protein dari asam amino yang dikirimkan ke otot. Jumlah asam amino dari darah ke dalam otot mengalami depresi selama latihan nilainya bertambah melebihi nilai saat istirahat. Barangkali terdapat perubahan lokal dalam membran otot yang disebabkan oleh kontraksi berat yang membuat membran menjadi lebih mudah diliwati oleh asam amino sehingga akan lebih mudah berdifusi dari cairan ringan masuk ke sel otot yang akan menjadi kerangka dasar sintesa protein. Suatu perubahan mekanis dalam bentuk molekul dalam membran otot akibat tegangan pada membran selama kontraksi terjadi dapat menjadi faktor inisiasi yang terpenting dalam menstimulasi jumlah asam amino ke dalam serabut otot dan akan bekerja sama dengan miofibril protein. Mekanisme demikian sangatlah spekulatif, tetapi telah diduga karena regangan serabut otot terjadi dalam sintesa protein yang bertambah dalam serabut-serabut tersebut. Telah ditunjukkan bahwa otot hipertrofi lebih banyak memiliki aktifitas seperti somatomedine dibandingkan dengan otot kontrol. Somatomedine adalah zat yang menyerupai hormon dalam tubuh yang meningkatkan

pertumbuhan, ambilan asam amino, dan ambilan glukosa dalam otot rangka. Karena itu bertambahnya produksi atau pelepasan somatomedine mungkin dapat menjelaskan hipertrofi otot (Virus, 1985; Fox, 1988; Guyton, 1996).

2.6.7 Latihan kekuatan dan hipertrofi otot

Dua dari pertanyaan yang paling umum yang dihadapi oleh para atlit atau pelatih adalah; "Bagaimana saya dapat membentuk otot-otot, sehingga saya tidak kelihatan sangat kurus"? dan "Bagaimana saya menghindari pembesaran otot yang jelek bila saya mulai berlatih"? Pertanyaan pertama ini biasanya timbul pada laki-laki dan pertanyaan kedua oleh wanita. Jawaban yang tepat tidak mudah diberikan. Peningkatan kumpulan otot atau hipertrofi dapat menyertai segala bentuk latihan yang berlebihan (overload), namun sangat bervariasi baik dalam kaitannya dengan bertambahnya ukuran tersebut. Tiga prinsip utama sehubungan dengan hipertrofi dapat diperoleh dari literatur penelitian dan dengan mengamati pengaruh program latihan kekuatan pada berbagai kelompok orang. Pertama, ada perbedaan individu yang besar dalam mengadaptasi otot dengan pelatihan, dimana wanita biasanya menunjukkan hipertrofi yang lebih kecil daripada laki-laki, yang mungkin berkaitan dengan perbedaan hormon seks laki-laki. Jadi sebagian besar wanita tidak perlu khawatir tentang membesarnya otot-otot mereka secara tidak proporsional dan beberapa laki-laki dapat menghasilkan gumpalan otot dalam jumlah yang sangat kecil, tanpa mengabaikan tipe atau jumlah latihan kekuatan yang mereka lakukan. Kedua, hipertrofi terbesar biasanya ditunjukkan oleh otot-otot yang dalam kehidupan

sehari-hari kurang bekerja sehubungan dengan potensi genetiknya. Beberapa pencapaian tercapai dalam ukuran otot dilaporkan pada orang yang ototnya atrofi karena perawatan di rumah sakit terlalu lama. Mereka yang jarang melakukan kerja keras sering menunjukkan pertumbuhan yang besar dari ototnya setelah berlatih secara overload. Pada otot-otot yang lebih besar seperti pektoralis mayor dan quadriseps femoris biasanya menunjukkan perubahan ukuran yang lebih besar daripada otot-otot yang lebih kecil seperti otot lengan. Ketiga, tingkatan dimana suatu otot dalam pencapaian individu tertentu tergantung tidak hanya pada besarnya beban tetapi juga pada lama latihan. Oleh sebab itu sebagian besar penelitian pada masalah ini menunjukkan bahwa latihan isometrik dengan beban yang berat, tidak efektif untuk menghasilkan hipertrofi otot, bila dibandingkan dengan latihan isotonik. Latihan biasanya lebih ringan tetapi waktu kontraksinya lebih lama. Sekalipun dalam kategori latihan isotonik, nampaknya bahwa semua orang yang terlatih 10 sampai 20 repetisi maksimum (RM) lebih baik untuk mengembangkan otot daripada latihan 1 sampai 6 RM. Namun perlu dicatat bahwa setiap individu mempunyai variasi dalam adaptasi terhadap program latihan dan banyak sekali pengecualian dalam prinsip latihan (Fox, 1988; Mirkin, 1988; Guyton, 1996).



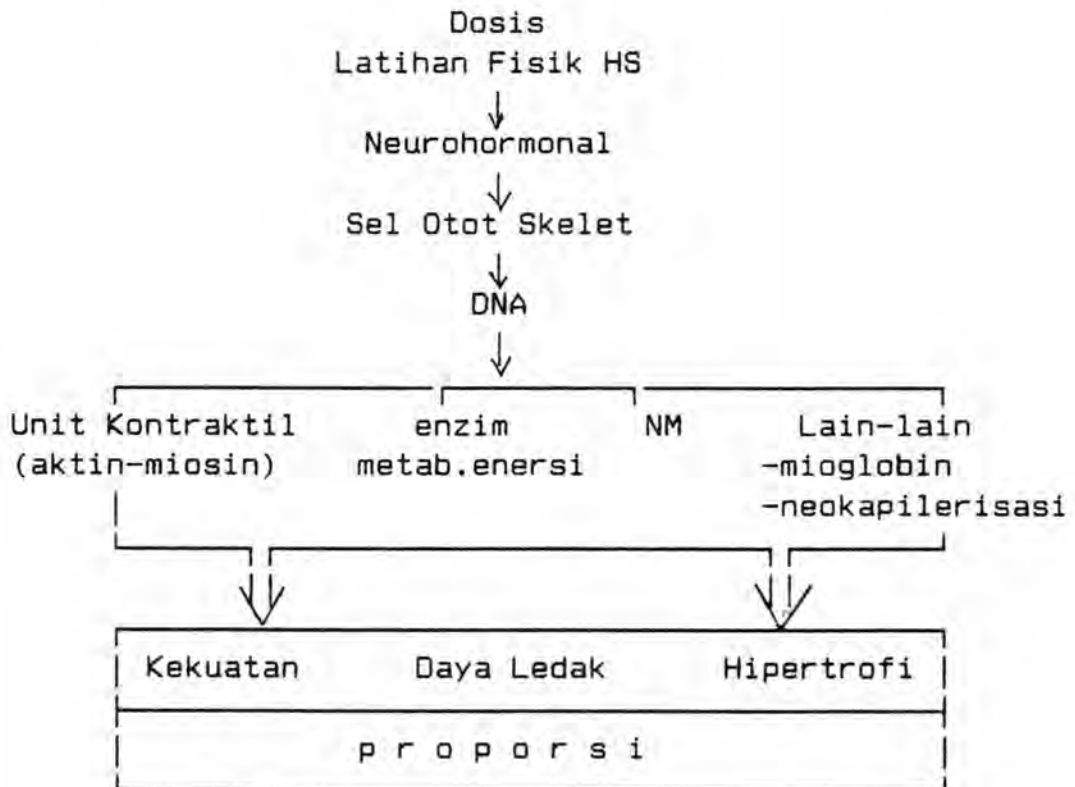
BAB 3
Kerangka Konseptual
Dan Hipotesis

BAB 3

Kerangka Konseptual Dan Hipotesis

3.1 Kerangka Konseptual

Berdasarkan landasan teori yang telah diuraikan pada bab terdahulu maka peneliti menyusun kerangka konseptual sebagai berikut:



Keterangan :

HS = latihan *half squat*

NM = *neuromuscular junction*

3.2 Hipotesis

Untuk menjawab permasalahan yang telah diuraikan terdahulu, maka berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian para peneliti, serta pengalaman dan penelitian pendahuluan penulis, disusunlah hipotesis sebagai berikut:

1. Latihan fisik Half Squat irama cepat berbeban 50% beban maksimum dapat memberikan respons pola peningkatan kekuatan, daya ledak, dan hipertrofi pada otot tungkai yang sama besar.
2. Latihan fisik Half Squat irama lambat berbeban 50% beban maksimum kurang dapat memberikan respons pola peningkatan kekuatan, daya ledak, dan hipertrofi pada otot tungkai dibandingkan dengan latihan fisik HS irama cepat berbeban 50% beban maksimum.
3. Latihan fisik Half Squat irama cepat berbeban 30% beban maksimum dapat memberikan respons pola peningkatan kekuatan, daya ledak, yang kurang disertai dengan hipertrofi pada otot tungkai.
4. Latihan fisik Half Squat irama lambat 30% beban maksimum dapat memberikan respons pola peningkatan hipertrofi daripada kekuatan dan daya ledak pada otot tungkai.



BAB 4
METODE PENELITIAN

BAB 4

METODE PENELITIAN

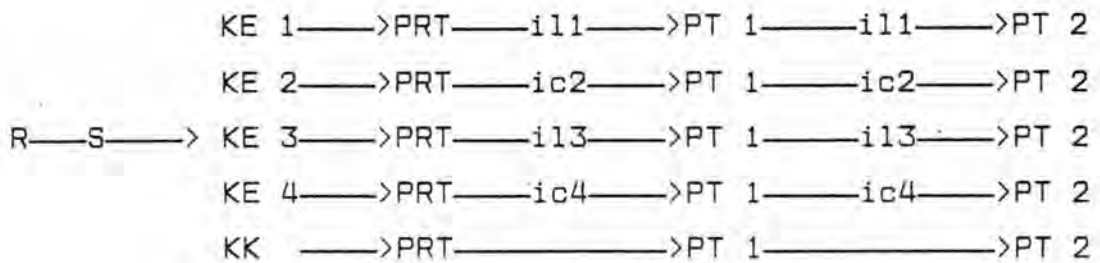
4.1 Metode Penelitian

4.1.1 Jenis penelitian

Jenis penelitian adalah penelitian eksperimental yang ditujukan untuk mendapatkan pengaruh latihan fisik HS irama cepat berbeban 30% dan 50% beban maksimum (IC-30 dan IC-50) yang lebih memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot tungkai dibandingkan dengan latihan fisik HS irama lambat berbeban 30% dan 50% beban maksimum (IL-30 dan IL-50). Adapun prinsip yang harus dipenuhi dalam penelitian eksperimental meliputi; pertama, replikasi yaitu suatu kondisi perlakuan yang diberikan sama kepada sejumlah sampel dalam tiap kelompok perlakuan. Kedua, randomisasi. Randomisasi dilakukan pada saat pembagian sejumlah sampel penelitian untuk lima kelompok penelitian, yaitu: kelompok latihan fisik HS IC-30, kelompok latihan fisik HS IC-50, kelompok latihan fisik HS IL-30, kelompok latihan fisik HS IL-50 dan kelompok kontrol. (Zainuddin, 1988; Notoatmodjo, 1993; Pudjirahardjo, 1993).

4.1.2 Rancangan penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah *randomized pretest-posttest controle group design* seperti berikut ini:



Keterangan :

- R = Random
- S = Sampel
- KE 1 = Kelompok eksperimen 1
- KE 2 = Kelompok eksperimen 2
- KE 3 = Kelompok eksperimen 3
- KE 4 = Kelompok eksperimen 4
- KK = Kelompok kontrol
- PRT = Pretes
- PT 1 = Postes 1
- PT 2 = Postes 2
- i1 1 = irama lambat beban 30%
- ic 2 = irama cepat beban 30%
- i1 3 = irama lambat beban 50%
- ic 4 = irama cepat beban 50%

4.2 Populasi, Sampel, dan Besar Sampel

4.2.1 Populasi

Penelitian ini menggunakan populasi laki-laki dari mahasiswa FPOK IKIP Ujung Pandang.

4.2.2 Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah mahasiswa laki-laki semester satu, berumur 18 - 22 tahun dan kondisi sehat fisik.

4.2.3 Besar sampel

Menentukan besar sampel yang akan digunakan dalam penelitian yaitu dengan menggunakan rumus Higgins dan Klinbaum (1985)

$$n = \frac{1}{1 - f} \left| \frac{2(Z\alpha + Z\beta)^2 \times Sc^2}{(Xc - Xt)^2} \right|$$

Keterangan : n = sampel.

Xc = Nipura kelompok kontrol

Xt = Nipura kelompok eksperimen.

Sc = Simpang baku kelompok kontrol.

f = Proporsi kegagalan.

Z α = 1,96.

Z β = 1,28.

Atas dasar rumus sampel diatas dan hasil penelitian Sudirman (Sudirman, 1992), maka besar sampel minimal dapat ditetapkan sebesar 20 orang.

4.3 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini dapat didefinisikan sebagai berikut :

4.3.1 Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:

- a. Latihan fisik HS IL-30.
- b. Latihan fisik HS IC-30.
- c. Latihan fisik HS IL-50.
- d. Latihan fisik HS IC-50.

4.3.2 Variabel tergantung

- a. Kekuatan (*strength*).
- b. Daya ledak (*explosive power*).
- c. Hipertrofi (*muscle hypertrophy*).

4.3.3 Variabel moderator

- a. Umur.
- b. Tinggi badan.
- c. Berat badan.

4.3 4 Variabel kendali

Variabel kendali adalah jenis kelamin.

4.4 Defenisi operasional variabel

- a. Latihan fisik HS IL-30 dan IL-50, adalah beban yang diberikan pada latihan yang dilakukan secara berulang-ulang untuk meningkatkan kekuatan, daya ledak, dan hipertrofi otot tungkai. Adapun palaksanaannya adalah sebagai berikut :
 1. Lama latihan : 12 minggu.
 2. Frekuensi latihan : 3 kali per minggu.
 3. Ulangan (repetisi) : 10 kali.
 4. Set (seri) : 3 kali.
 5. Istirahat (interval) : 3 menit.
 6. Intensitas : 60 detik.
- b. Latihan fisik HS IC-30 dan IC-50, adalah beban yang diberikan pada latihan yang dilakukan secara berulang-ulang untuk meningkatkan kekuatan, daya ledak, dan hipertrofi otot tungkai.

Adapun pelaksanaannya sebagai berikut :

1. Lama latihan : 12 minggu.
2. Frekuensi latihan : 3 kali per minggu.
3. Ulangan (repetisi) : 10 kali.
4. Set (seri) : 3 kali.
5. Istirahat (interval) : 3 menit.
6. Intensitas : 30 detik.

4.4.1 Kekuatan (*strength*).

Kekuatan adalah kemampuan untuk membangkitkan tegangan (*tension*) terhadap suatu tahanan, misalnya mengangkat suatu benda.

4.4.2 Daya ledak (*explosive power*).

Daya ledak adalah kemampuan seseorang untuk mengatasi tahanan dengan kecepatan kontraksi yang tinggi, misalnya pada saat melompat.

4.4.3 Hipertrofi (*muscle hypertrophy*).

Hipertrofi ialah penambahan diameter dari otot yang diakibatkan oleh suatu latihan atau aktivitas fisik. Untuk mengetahui penambahan diameter otot, dilakukan pengukuran lingkaran paha dan lingkaran betis, kanan dan kiri.

4.5 Prosedur pengumpulan data

Sampel yang telah terpilih masing-masing diambil datanya yaitu dengan cara mengadakan pretes meliputi kekuatan, daya ledak, dan hipertrofi otot tungkai. Setelah penelitian berlangsung 6 minggu pertama diadakan postes 1. Selanjutnya pada 6 minggu kedua (12 minggu) diadakan lagi postes 2. Jenis tes yang digunakan pada

pretes sama dengan jenis tes pada postes 1 dan postes 2.

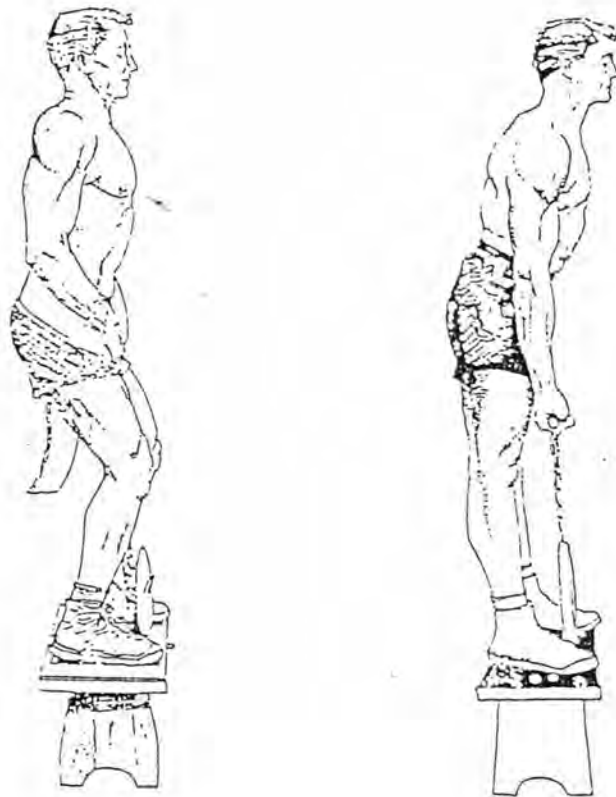
Cara pengambilan data dari kekuatan, daya ledak, dan hipertrofi adalah sebagai berikut :

4.5.1 Pengukuran kekuatan

Untuk mengukur kekuatan otot tungkai digunakan leg dynamometer. Pelaksanaannya sebagai berikut :

- a. Orang coba berdiri diatas landasan leg dynamometer dengan posisi kedua kaki sejajar, berdiri tegak lurus pandangan kedepan.
- b. Lutut dibengkokkan dengan membentuk sudut kira-kira 115 derajat, dan sabuk dipasang di pinggang.
- c. Rantai di kaitkan pada tempatnya dan panjang rantai di sesuaikan dengan orang coba.
- d. Kedua tangan memegang tangkai rantai dengan posisi pegangan tangan menghadap kedalam.
- e. Orang coba meluruskan lututnya, dengan ketentuan badan harus tetap tegak seperti pada posisi semula.
- f. Angka yang ditunjuk oleh jarum dynamometer dicatat sebagai hasil kekuatan otot tungkai yang dicapai.
- g. Pelaksanaan tes ini dilakukan 3 kali oleh masing-masing orang coba, hasilnya dicatat, kemudian hasil yang terbaik diambil.

Cara pengukuran kekuatan otot tungkai dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini.



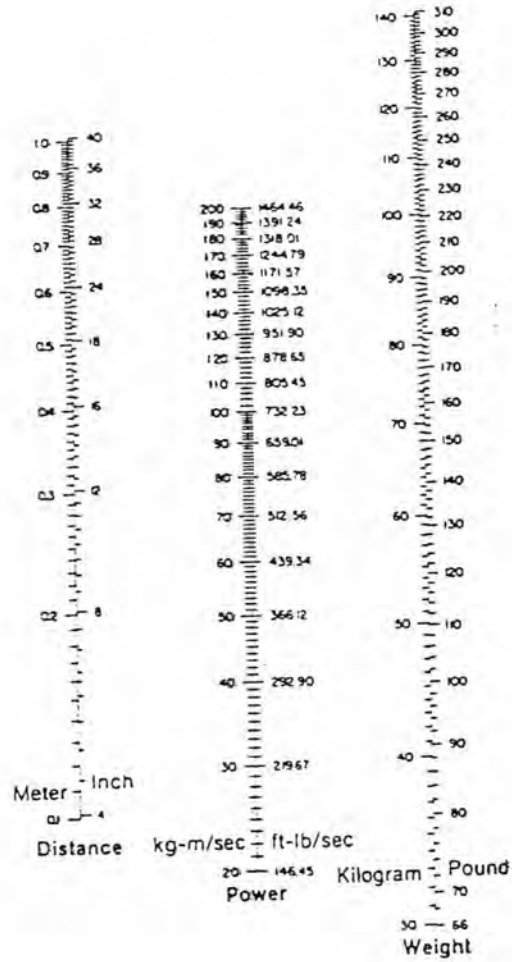
Gambar 4.1 Pengukuran otot tungkai (Berger, 1982)

4.5.2 Pengukuran daya ledak

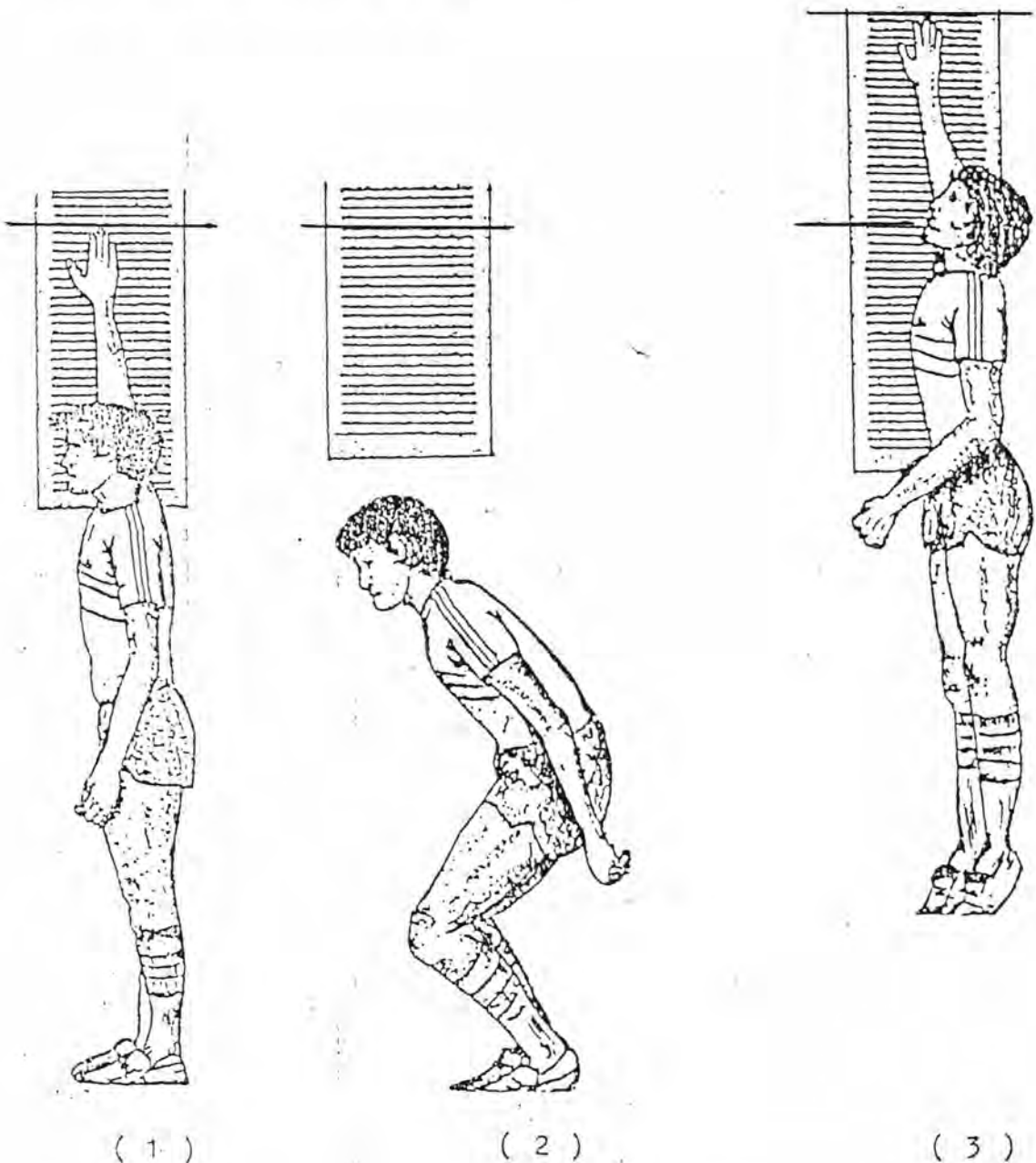
Cara pengukuran daya ledak dengan menggunakan alat tes vertikal jump yang menggunakan skala centimeter (cm). Pelaksanaannya sebagai berikut :

- a. Papan tes vertical jump ditempelkan pada dinding yang rata.
- b. Ujung jari tangan dari orang coba diolesi dengan serbuk kapur, boleh jari tangan kiri atau kanan.
- c. Orang coba berdiri menyamping dan tubuh rapat pada dinding. Kemudian tangan dan jari-jari yang sudah diolesi dengan serbuk kapur diluruskan keatas rapat pada papan tes vertical jump. Hasil raihan dicatat.
- d. Selanjutnya orang coba mengambil anjang-ancang ditempat dengan membengkokkan lututnya, kemudian melompat lurus keatas setinggi mungkin sambil menempelkan jari-jarinya pada papan tes. Orang coba melakukan 3 kali dan setiap hasil yang dicapai dicatat, kemudian hasil yang terbaik diambil.
- e. Untuk menentukan hasil lompatan vertical jump digunakan monogram Lewis. (Tabel 4.1)

Tabel 4.1 Tabel monogram Lewis. (Fox, 1988)



Pelaksanaan vertical jump dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Pengukuran vertical jump (Verducci, 1980)

4.5.3 Pengukuran hipertrofi otot tungkai

Cara pengukuran hipertrofi otot paha dan otot betis dengan menggunakan meteran baja dan skinfold caliper

caranya adalah sebagai berikut :

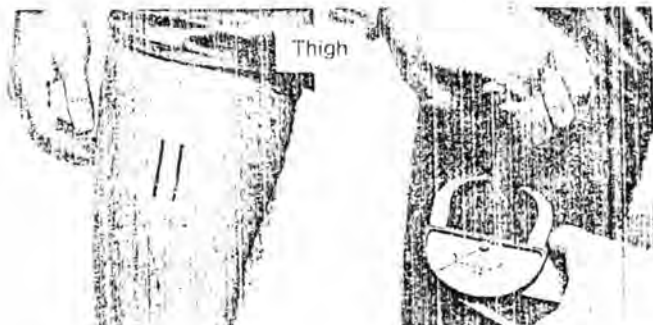
a. pengukuran lingkaran paha dan betis

- a) Orang coba diukur keliling paha kiri dan kanan, serta keliling betis kiri dan kanan.
- b) Hasil pengukuran dicatat

b. Pengukuran tebal lemak

- a) Skinfold caliper dijepitkan pada lipatan kulit paha bagian depan dan betis bagian belakang dari orang coba, hal ini dilakukan pada paha serta betis kiri dan kanan.
- b) Skala yang ditunjukkan pada skinfold caliper dicatat sebagai hasil pengukuran.

Untuk lebih jelasnya cara pengukuran lingkaran dan tebal lemak dari paha dan betis dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Pengukuran tebal lemak. (McArdle, 1981)

4.6 Instrumen Penelitian

Instrumen yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

- a. Barbel (peralatan weight training).
- b. Back and leg dynamometer.
- c. Stop-watch.
- d. Meteran dari baja.
- e. Alat ukur vertical jump.
- f. Metronome
- g. Timbangan berat badan.
- h. Ukuran tinggi badan.
- i. Skinfold caliper.

4.7 Lokasi dan Waktu Penelitian

4.7.1 Lokasi penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian diadakan di dalam laboratorium FPOK IKIP Ujung Pandang.

4.7.2 Waktu penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian diadakan pada waktu pagi hari mulai jam 08.00 sampai dengan jam 12.00, dengan frekuensi 3 kali per minggu selama 12 minggu.

4.8 Pelaksanaan Penelitian

4.8.1 Melakukan pretes

Pretes diberikan pada semua orang coba dengan item tes kekuatan, daya ledak dan hipertofi otot tungkai.

4.8.2 Pembagian kelompok

Setelah selesai pretes, selanjutnya orang coba dikelompokkan menjadi 5 kelompok (tiap kelompok 30 sampel) Penyusunan atau pembagian kelompok berdasarkan hasil pretes khususnya hasil tes kekuatan disusun menurut rangking, selanjutnya diadakan ordinal pairing untuk membentuk kelompok. Adapun pembentukan kelompok tersebut sebagai berikut :

- a. Kelompok eksperimen 1 (K 1).
- b. Kelompok eksperimen 2 (K 2).
- c. Kelompok eksperimen 3 (K 3).
- d. Kelompok eksperimen 4 (K 4).
- e. Kelompok kontrol (KK).

4.8.3 Materi perlakuan

Semua kelompok diberi perlakuan kecuali kelompok kontrol yang tidak diberi perlakuan. Adapun pelaksanaannya sebagai berikut :

- a. Kelompok eksperimen 1 (K 1)
Diberikan perlakuan latihan fisik HS IL-30.
- b. Kelompok eksperimen 2 (K 2)
Diberikan perlakuan latihan fisik HS IC-30.
- c. Kelompok eksperimen 3 (K 3)
Diberikan perlakuan latihan fisik HS IL-50.
- d. Kelompok eksperimen 4 (K 4)
Diberikan perlakuan latihan fisik HS IC-50.

e. Kelompok kontrol (KK)

Kelompok ini tidak diberikan perlakuan.

4.8.4 Frekuensi latihan

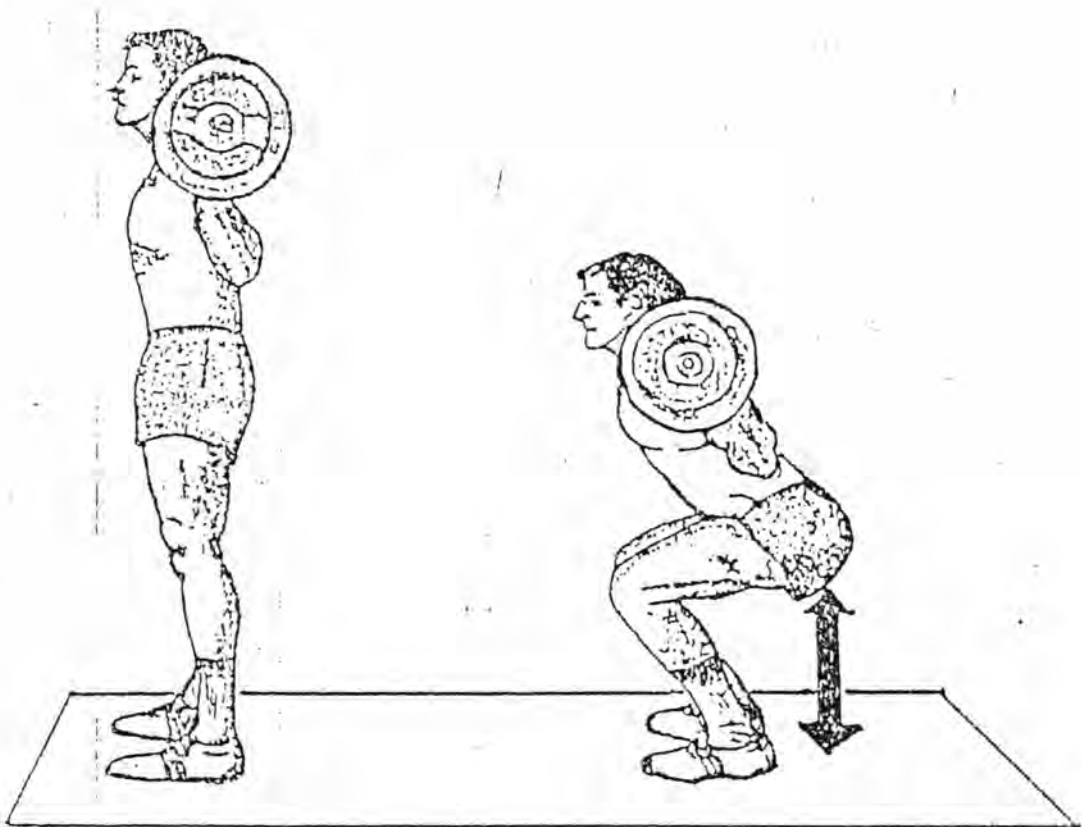
Frekuensi latihan untuk kelompok eksperimen adalah 3 kali per minggu selama 12 minggu. Pada 6 minggu sebagai hasil postes 1. Kemudian perlakuan dilanjutkan selama 6 minggu. Selanjutnya pada 6 minggu kedua ini diadakan kembali postes yang terakhir, dan hasil tes tersebut dicatat sebagai hasil postes 2.

Materi tes yang diberikan pada postes sama dengan materi yang diberikan pada pretes.

4.8.5 Bentuk Latihan beban

Latihan beban yang diberikan adalah latihan fisik HS dengan pelaksanaannya yaitu, orang coba berdiri tegak, kedua tangan memegang barbel yang diletakkan diatas bahu. Badan diturunkan bersamaan lutut dibengkokkan dan paha hampir sejajar dengan lantai sertai posisi badan tetap dalam keadaan tegak. Selanjutnya badan dinaikkan kembali bersamaan pula lutut diluruskan kembali seperti pada posisi semula. Gerakan ini dilakukan secara berulang-ulang sesuai dengan program.

Cara pelaksanaan latihan fisik HS ini dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Pelaksanaan latihan fisik half squat.

4.9 Pengolahan hasil penelitian

Data dari hasil penelitian diolah dan dianalisis secara multivariat. Beda respon kekuatan (*strength*), daya ledak (*explosive power*), hipertrofi (*muscle hypertrophy*) akibat pemberian dosis latihan fisik HS diuji dengan Manova. Untuk respons ketiga variabel akibat

pemberian dosis latihan fisik HS akan ditafsirkan atas dasar bentuk pola komplementatif antara kekuatan (*strength*), daya ledak (*explosive power*), hipertrofi (*muscle hypertrophy*), yang sebelumnya ketiga variabel tersebut diuji diskriminan.



BAB 5
HASIL PENELITIAN

BAB 5

HASIL PENELITIAN

5.1. Tabel 5.1. Umur, Berat Badan dan Tinggi Badan
(lampiran 2)

Kelompok Variabel		K1	K2	K3	K4	KK
Umur	M	19.567	20.000	19.633	20.033	20.267
	SD	1.165	1.462	1.159	1.245	.944
Berat Badan	M	54.150	54.877	55.993	56.383	56.883
	SD	5.239	4.785	6.697	6.842	6.310
Tinggi Badan	M	163.213	165.187	164.690	166.370	164.827
	SD	6.562	2.916	5.682	5.921	4.793

Keterangan :

- a. K 1 (kelompok eksperimen 1) latihan fisik HS IL-30.
- b. K 2 (kelompok eksperimen 2) latihan fisik HS IC-30.
- c. K 3 (kelompok eksperimen 3) latihan fisik HS IL-50.
- d. K 4 (kelompok eksperimen 4) latihan fisik HS IC-50.
- e. KK (kelompok kontrol) tidak diberi latihan fisik HS.

Umur, Berat Badan dan Tinggi Badan $\rightarrow p > 0.05$

5.2. Tabel 5.2. Data diskriptif variabel kekuatan otot tungkai (KOT) pada kelima kelompok sebelum dan sesudah latihan. (lampiran 3)

Kelompok Kekuatan		K1	K2	K3	K4	KK
Pretes	M	132	126	132	135	153
	SD	29	30	28	42	30
Postes1	M	182	166	168	186	157
6 ming	SD	31	36	33	50	30
Postes2	M	213	213	203	237	157
12 ming	SD	33	35	37	75	30

Keterangan :

- a. K 1 (kelompok eksperimen 1) latihan fisik HS IL-30.
- b. K 2 (kelompok eksperimen 2) latihan fisik HS IC-30.
- c. K 3 (kelompok eksperimen 3) latihan fisik HS IL-50.
- d. K 4 (kelompok eksperimen 4) latihan fisik HS IC-50.
- e. KK (kelompok kontrol) tidak diberi latihan fisik HS.

5.3. Tabel 3. Data diskriptif variabel daya ledak otot tungkai (LED) pada kelima kelompok sebelum dan sesudah latihan. (lampiran 4)

Kelompok		K1	K2	K3	K4	KK
D.Ledak						
Pretes	M	86	86	90	91	93
	SD	11	11	11	10	9
Postes1 6 ming	M	89	90	93	95	95
	SD	12	11	11	11	9
Postes2 12 ming	M	91	92	95	99	96
	SD	12	11	11	11	9

Keterangan :

- a. K 1 (kelompok eksperimen 1) latihan fisik HS IL-30.
- b. K 2 (kelompok eksperimen 2) latihan fisik HS IC-30.
- c. K 3 (kelompok eksperimen 3) latihan fisik HS IL-50.
- d. K 4 (kelompok eksperimen 4) latihan fisik HS IC-50.
- e. KK (kelompok kontrol) tidak diberi latihan fisik HS.

5.4. Tabel 5.4. Data diskriptif variabel lingkaran paha kanan (PHKA) pada kelima kelompok sebelum dan sesudah latihan. (lampiran 5)

Kelompok Hipertrofi		K1	K2	K3	K4	KK
Pretes	M	31.08	31.57	36.93	37.39	34.46
	SD	1.64	3.18	2.92	2.47	3.39
Postes1 6 ming	M	32.77	33.60	37.52	38.67	34.65
	SD	2.28	2.86	2.88	2.46	3.35
Postes2 12 ming	M	34.47	34.40	38.08	39.78	34.85
	SD	2.87	2.80	2.90	2.47	3.43

Keterangan :

- K 1 (kelompok eksperimen 1) latihan fisik HS IL-30.
- K 2 (kelompok eksperimen 2) latihan fisik HS IC-30.
- K 3 (kelompok eksperimen 3) latihan fisik HS IL-50.
- K 4 (kelompok eksperimen 4) latihan fisik HS IC-50.
- KK (kelompok kontrol) tidak diberi latihan fisik HS.

5.5. Tabel 5.5. Data diskriptif variabel lingkaran paha kiri (PHKI) pada kelima kelompok sebelum dan sesudah latihan. (lampiran 6)

Kelompok Hipertrofi		K1	K2	K3	K4	KK
Pretes	M	30.91	31.10	36.34	37.27	34.09
	SD	1.84	3.19	2.77	3.14	3.41
Postes1 6 ming	M	32.73	33.47	37.05	38.27	34.26
	SD	2.51	3.15	2.73	2.51	3.41
Postes2 12 ming	M	34.10	34.10	37.68	39.56	34.45
	SD	2.83	2.84	2.70	2.46	3.50

Keterangan :

- a. K 1 (kelompok eksperimen 1) latihan fisik HS IL-30.
- b. K 2 (kelompok eksperimen 2) latihan fisik HS IC-50.
- c. K 3 (kelompok eksperimen 3) latihan fisik HS IL-50.
- d. K 4 (kelompok eksperimen 4) latihan fisik HS IC-50.
- e. KK (kelompok kontrol) tidak diberi latihan fisik HS.

5.6. Tabel 5.6. Data diskriptif variabel lingkaran betis kanan (BTKA) pada kelima kelompok sebelum dan sesudah latihan. (lampiran 7)

Kelompok Hipertrofi		K1	K2	K3	K4	KK
Pretes	M	22.73	23.40	25.11	26.06	23.09
	SD	2.00	1.67	2.33	1.91	1.91
Postes1	M	23.35	24.44	25.52	26.89	23.19
6 ming	SD	1.17	1.63	2.30	1.84	1.90
Postes2	M	24.36	25.29	26.11	27.79	23.36
12 ming	SD	1.59	1.86	2.19	1.88	1.98

Keterangan :

- a. K 1 (kelompok eksperimen 1) latihan fisik HS IL-30.
- b. K 2 (kelompok eksperimen 2) latihan fisik HS IC-30.
- c. K 3 (kelompok eksperimen 3) latihan fisik HS IL-50.
- d. K 4 (kelompok eksperimen 4) latihan fisik HS IC-50.
- e. KK (kelompok kontrol) tidak diberi latihan fisik HS.

5.7. Tabel 5.7. Data diskriptif variabel lingkaran betis kiri (BTKI) pada kelima kelompok sebelum dan sesudah latihan. (lampiran 8)

Kelompok Hipertrofi		K1	K2	K3	K4	KK
Pretes	M	22.53	23.30	24.79	25.72	22.97
	SD	1.99	1.71	2.30	1.83	1.87
Postes1	M	23.36	24.31	25.33	26.70	23.10
6 ming	SD	1.59	1.67	2.29	1.93	1.90
Postes2	M	24.52	25.02	25.90	27.68	23.21
12 ming	SD	1.93	1.69	2.21	1.93	1.93

Keterangan :

- K 1 (kelompok eksperimen 1) latihan fisik HS IL-30.
- K 2 (kelompok eksperimen 2) latihan fisik HS IC-30.
- K 3 (kelompok eksperimen 3) latihan fisik HS IL-50.
- K 4 (kelompok eksperimen 4) latihan fisik HS IC-50.
- KK (kelompok kontrol) tidak diberi latihan fisik HS.

5.8 Hasil Analisis Multivariat (MANOVA) Antar Kelompok

5.8.1 Respon Hasil Latihan Postes-1 (Tahap Pertama)

Hasil uji Manova antar kelompok atas dasar variabel kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot pada tahap pertama menunjukkan adanya perbedaan (Pillais, $p < 0.05$) (lampiran 9).

5.8.2 Respon Hasil Latihan Postes-2 (Tahap Kedua)

Hasil uji Manova antar kelompok atas dasar variabel kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot pada latihan tahap kedua menunjukkan adanya perbedaan (Pillais, $p < 0.05$) (lampiran 10).

5.9 Hasil Analisis Variabel Pembeda Antar Kelompok

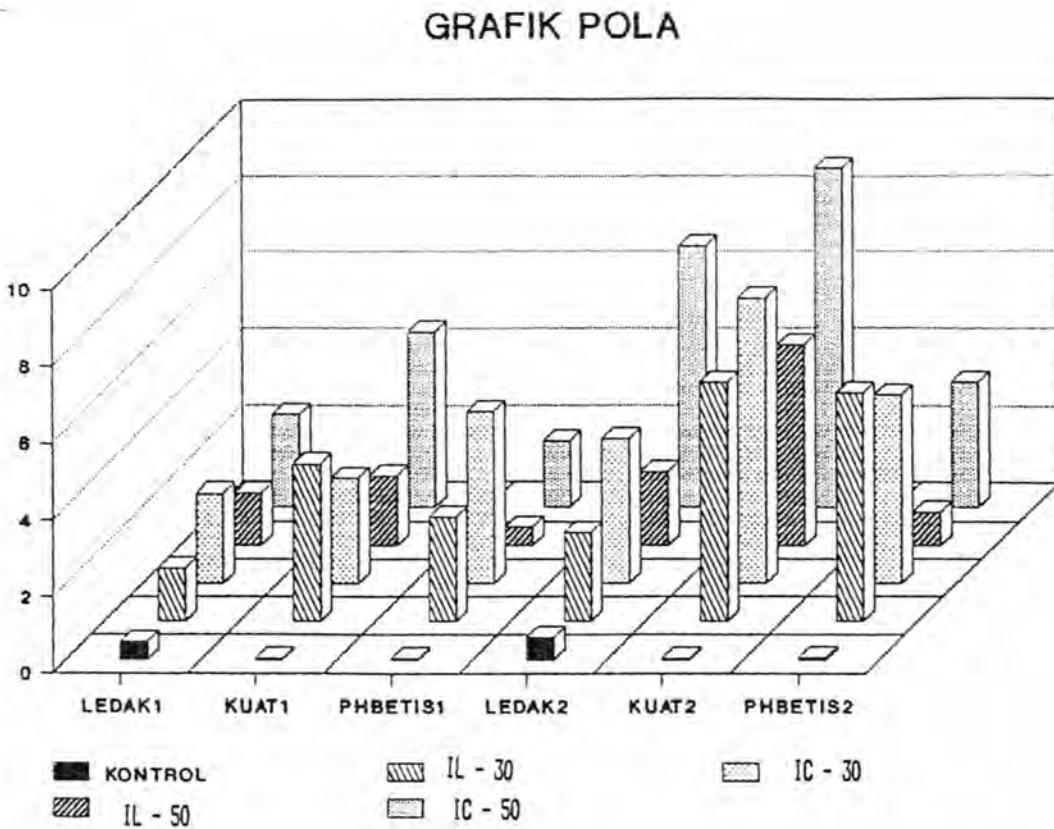
5.9.1 Respon Hasil Latihan Postes-1 (Tahap Pertama)

Hasil uji Diskriminan pada variabel kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot sebagai respon hasil latihan antar kelompok didapatkan ketiga variabel tersebut sebagai pembeda respon pada tahap pertama (Wilk's, $p < 0.05$) (lampiran 11).

5.9.2 Respon Hasil Latihan Postes-2 (Tahap Kedua)

Hasil uji diskriminan pada variabel kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot sebagai respon hasil latihan antar kelompok didapatkan ketiga variabel tersebut sebagai pembeda respon pada tahap kedua (Wilk's, $p < 0.05$) (lampiran 12).

5.10 Pola Komplementatif Kekuatan, Daya Ledak dan Hipertrofi Otot Tungkai (lampiran 13).



Gambar 5.1 Grafik pola komplementatif kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot tungkai.

5.11 Besaran Pola Komplementatif Kekuatan, Daya Ledak dan Hipertrofi Otot tungkai

Tabel 5.8 Besaran pola komplementatif kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot tungkai. (lampiran 14)

Kelompok	Mean Postes 1			Mean Postes 2		
	Ledak 1	Kuat 1	Phbet1	Ledak 2	Kuat 2	Phbet 2
K1	1.408	4.106	2.742	2.353	6.210	5.938
K2	2.337	2.744	4.465	3.762	7.411	4.894
K3	2.355	1.806	.496	1.911	5.195	.877
K4	2.372	4.533	1.712	6.790	8.850	3.240
KK	.456	.030	.031	.574	.026	.066

Keterangan :

- a. K 1 (kelompok eksperimen 1) latihan fisik HS IL-30.
- b. K 2 (kelompok eksperimen 2) latihan fisik HS IC-30.
- c. K 3 (kelompok eksperimen 3) latihan fisik HS IL-50.
- d. K 4 (kelompok eksperimen 4) latihan fisik HS IC-50.
- e. KK (kelompok kontrol) tidak diberi latihan fisik HS.

Phbet = penjumlahan respon hipertropi paha dan betis



BAB 6
PEMBAHASAN

BAB 6

PEMBAHASAN

Pertama, penelitian ini dilakukan atas dasar masalah pemanfaatan dosis latihan fisik HS terhadap proporsi peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot. Dosis latihan fisik HS selama ini belum banyak dikaji terhadap respons proporsi peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot. Proporsi respons peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot sangat penting terhadap kebutuhan kinerja fisik tiap cabang olahraga. Atas dasar hal tersebut maka dalam penelitian ini telah dilakukan jenis pembebanan latihan fisik irama cepat berbeban 30% dan 50% beban maksimum yang diharapkan untuk lebih memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot tungkai dibandingkan dengan latihan HS irama lambat berbeban 30% dan 50% beban maksimum. Penerapan berbagai dosis tersebut mengingat bahwa selama ini pembebanan latihan fisik terhadap upaya peningkatan kinerja otot skelet masih belum optimal dan masih rawan cedera (Morehouse, 1976; Solomon, 1987; Pyke, 1991; Rushall, 1992).

Sebagai langkah untuk mendapatkan besar dosis latihan fisik HS yang didasarkan atas respons peningkatan kualitas otot skelet masih terbatas atas respons tubuh terhadap penyediaan enersi, yaitu aerobik dan

anaerobik (Brooks, 1987; Fox, 1993) dan respons kardio-vaskuler yang berupa respons denyut jantung (Shephard, 1989). Namun dalam penelitian ini, walaupun pengamatan hasil latihan hanya berdasar pada kinerja otot, tetapi akan dilihat hasil latihan tersebut secara komplementatif (multivariat) dari ketiga indikator (kekuatan, daya ledak dan hipertrofi) kinerja otot skelet yang telah diukur. Selama ini, latihan fisik dengan rentang respons dosis latihan fisik HS masih belum dihasilkan respons tubuh (otot skelet) yang rinci. Perubahan kinerja otot skelet akibat berbagai dosis latihan fisik HS tersebut akan diwujudkan dalam respons "bentuk" atau "pola" yang mencerminkan kinerja otot. Respons pola tersebut dapat digunakan sebagai sumbangan tujuan pembentukan otot skelet terhadap kebutuhan cabang olahraga tertentu. Jadi penafsiran respons kinerja fisik otot tersebut tidak dilakukan secara univariat, tetapi dilakukan secara multivariat dengan menggunakan analisis Manova (Sharma, 1996). Selanjutnya untuk hasil respons ketiga variabel yang telah dikonsepsikan akan digunakan untuk menafsirkan perubahan respon hasil pemberian dosis latihan fisik HS. Sedangkan untuk mendapatkan apakah ketiga variabel yang telah dikonsepsikan tetap memberikan model pembeda dalam respons kinerja otot, maka dilakukan uji diskriminan. Setelah uji tersebut dilakukan maka respons hasil pemberian dosis latihan fisik HS akan diwujudkan suatu respon pola sebagai dasar penafsiran perubahan akibat pemberian dosis latihan fisik HS. Model analisis tersebut diharapkan untuk lebih menunjukkan adanya gambaran

peningkatan kualitas kinerja otot skelet lebih rinci terhadap dosis latihan fisik. Dengan demikian, dengan pendekatan model berfikir latihan fisik yang fisio-biologik dapat ditafsirkan dari pola respons biologik tubuh. Perubahan biologik tersebut ditunjukkan dalam upaya tubuh dalam pencapaian kondisi homeostasis yang interaktif dari kinerja otot skelet terhadap beban yang pernah diberikan (Adomian, 1984; Thomas, 1990; Smith, 1995).

Kedua, Sampel random diambil dari mahasiswa FPOK IKIP Ujung Pandang pada semester I yang berumur 18-22 tahun. Umur, tinggi badan dan berat badan dari sampel penilitia tidak berbeda secara bermakna ($p > 0.05$). Lama latihan yang merupakan unsur lain dosis latihan telah ditetapkan 6 minggu pertama dan 6 minggu kedua. Dengan demikian unsur dosis intensitas latihan yang ditekankan pada penelitian ini meliputi intensitas dan frekuensi (irama) latihan fisik HS. Adapun analisis respon perubahan akibat perlakuan berbagai dosis latihan fisik HS yang ditekankan pada intensitas dan irama latihan dapat dinalar sebagai berikut:

1. Hasil latihan fisik HS pada 6 minggu pertama

Hasil latihan fisik HS pada 6 minggu pertama sudah menunjukkan adanya peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot skelet tungkai (Manova-Wilk's, $p < 0.05$). Atas dasar tujuan penelitian ini untuk melihat respons pola maka ketiga variabel tersebut akan diwujudkan bentuk respons pola yang menggambarkan kontribusi komplementatif, sehingga ketiga variabel tergantung tersebut dapat dinalar

secara interaktif biologik (Adomian, 1984; Sharma, 1996). Untuk menyakinkan bahwa ketiga variabel yang telah dikonsepsikan tersebut membentuk respons pola maka dilakukan uji diskriminan. Hasil uji diskriminan mendapatkan bahwa ketiga variabel tersebut dapat membedakan respons. Dengan demikian perwujudan respons pola dari ketiga variabel tersebut dapat digunakan untuk membedakan respons akibat perlakuan berbagai dosis latihan HS.

Atas dasar hasil grafik respons pola pada 6 minggu pertama menunjukkan bahwa pada dosis latihan fisik HS IC-50 telah memberikan gambaran respons dari ketiga variabel yang dominan. Pada IC-30 juga menunjukkan pola yang sama dengan IC-50, namun pada IC-30 lebih menampakkan hipertrofi. Fenomena respons tersebut mungkin disebabkan oleh beban yang berat membuat otot skelet kurang memberikan respons adaptasi. (Rushall, 1992). Pada dosis latihan fisik HS IL-30 juga menunjukkan respons yang lebih baik pada ketiga variabel tersebut dibanding IL-50. Hal tersebut mungkin disebabkan beban berat dengan gerakan lamban yang memberikan tahanan terhadap kontraksi otot lebih berat. Secara umum dari keempat dosis latihan fisik HS tersebut dapat dikatakan bahwa beban yang lebih berat akan mendapatkan respons tubuh lebih cepat, sedangkan beban yang terlalu berat justru menimbulkan *overtraining* pada otot (Rushall, 1992; Duncan, 1998). Namun, hasil respons pola peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi tersebut masih perlu dirinci

lagi atas dasar teori. Dari hasil respons pola tersebut telah diketahui bahwa pemberian latihan fisik irama cepat lebih memberikan hasil peningkatan respons. Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa pada teori pliometrik dinyatakan bahwa kecepatan dengan beban yang optimal untuk merangsang gelendong otot skelet (*muscle spindel*) dapat menghasilkan kenerja otot yang maksimal (Radcliffe, 1985; Donald, 1992). Untuk itu pada IC-50, walaupun respons hipertrofi tidak cukup besar dibanding dengan IC-30, maka jenis otot hipertrofi mungkin didominasi jenis otot cepat, sehingga respons kekuatan dan daya ledak menunjukkan kinerja yang lebih besar. Respons kekuatan dan daya ledak pada IL-30 yang juga cukup tinggi, hal tersebut mungkin disebabkan hipertrofi didominasi jenis otot cepat. Namun beda respons hipertrofi dan kekuatan antara IC-30 dan IC-50 mungkin disebabkan oleh cara pengukuran kekuatan yang dilakukan secara statik (dinamometri) (Berger, 1982), sedangkan rendahnya respons kekuatan pada IL-50 dapat diterangkan bahwa hasil respons hipertrofi otot juga cukup rendah.

2. Hasil latihan fisik HS pada 6 minggu kedua

Hasil latihan fisik HS pada 6 minggu kedua menunjukkan adanya peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot skelet tungkai (Manova-Wilk's, $p < 0.05$) bila dibandingkan dengan kontrol maupun kondisi pada hasil 6 minggu pertama. Atas dasar hasil grafik respons pola pada 6 minggu kedua menunjukkan

bahwa pada dosis latihan fisik HS IC-50 telah memberikan gambaran respons kekuatan dan daya ledak yang sangat menonjol. Sedangkan pada IC-30 juga menunjukkan pola yang sama dengan IC-50, namun pada IC-30 lebih menampakkan hipertrofi dan kurang menunjukkan adanya daya ledak. Fenomena respons tersebut mungkin disebabkan oleh perbedaan jenis otot yang hipertrofi. Pada IC-50 mungkin lebih menggambarkan hipertrofi otot cepat, sebab kondisi otot yang kurang hipertrofi namun dapat memberikan daya ledak dan kekuatan yang cukup besar. Pada IC-30 justru lebih menunjukkan hipertrofi dan kekuatan namun kurang memberikan respons daya ledak.

Untuk IL-50 didapatkan bahwa latihan fisik HS irama lambat kurang memberikan respons yang cukup baik dibandingkan dengan IL-30. Dosis IL-50 justru memberikan respons yang paling jelek diantara ketiga dosis yang lain. Fenomena tersebut mungkin disebabkan beban berat dengan gerakan lamban yang memberikan tahanan terhadap kontraksi otot lebih berat, sehingga beban berat tersebut justru cenderung dirasakan sebagai beban *overtraining* pada otot (Rushall, 1992; Duncan, 1998).

Dari penafsiran pola komplementatif ketiga variabel tergantung selama 6 minggu pertama dan kedua didapatkan bahwa daya ledak dan kekuatan otot skelet tidak selalu direspons sama oleh otot skelet dari berbagai dosis latihan fisik HS. Antara kekuatan dan hipertrofi

juga tidak selalu direspons sama oleh otot skelet akibat pemberian berbagai dosis latihan fisik HS tersebut. Untuk dosis latihan HS irama cepat akan predominan direspons oleh otot cepat, sehingga respons kinerja kontraksi dan hipertrofi mungkin terjadi pada otot skelet tipe cepat yang dapat menghasilkan kinerja peningkatan kekuatan dan daya ledak (Welle, 1996). Sedangkan beban irama lambat yang mungkin lebih ringan pada IL-30, namun pada beban IL-50 justru dirasakan oleh otot lebih berat, sehingga ada kecenderungan memberikan fenomena *overtraining*. Hal tersebut dikuatkan suatu teori bahwa gerakan lambat dengan beban berat mendekati gerakan isometrik. Dengan demikian pada setiap gerakan lebih melibatkan dua kelompok otot yang antagonik. Atas dasar penafsiran respons pola ketiga variabel diatas terhadap ke empat dosis latihan fisik HS tersebut dapat dinyatakan bahwa IC-30 dan IC-50 mampu mengembangkan daya ledak dan kekuatan otot, sedangkan pada IL-30 dan IL-50 kurang memberikan kinerja daya ledak dan kekuatan. Sebagai dasar dari kedua kinerja fisik tersebut tergantung dari kondisi otot skelet. Otot skelet tubuh manusia terdiri dari dua jenis, dimana kekuatan yang disertai daya ledak yang besar lebih dicerminkan pada jenis otot cepat, sedangkan kekuatan statik seperti pada penelitian ini yang tidak disertai dengan peningkatan daya ledak menunjukkan bahwa hipertrofi otot secara predominan pada jenis otot lambat.



BAB 7
KESIMPULAN
DAN
SARAN

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Sebagai kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Latihan fisik HS irama cepat berbeban 50% beban maksimum memberikan peningkatan paling besar untuk respons pola kekuatan, daya ledak dan hipertrofi otot tungkai.
2. Latihan fisik HS irama lambat berbeban 50% beban maksimum kurang dapat memberikan respons pola peningkatan kekuatan, daya ledak dan hipertrofi pada otot tungkai dibandingkan dengan latihan fisik HS irama cepat berbeban 50%, 30% dan latihan fisik HS irama lambat berbeban 30% beban maksimum.
3. Latihan fisik HS irama cepat berbeban 30% beban maksimum dapat memberikan respons pola peningkatan kekuatan, daya ledak, dan hipertrofi pada otot tungkai, namun masih lebih rendah dibandingkan dengan latihan fisik HS irama cepat berbeban 50% beban maksimum.

4. Latihan fisik HS irama lambat 30% beban maksimum dapat memberikan respons pola peningkatan predominan hipertrofi daripada kekuatan dan daya ledak pada otot tungkai.

7.2 Saran

1. Atas dasar temuan tersebut diatas, maka diharapkan adanya kajian lanjutan yaitu: untuk mendapatkan jenis hipertrofi terhadap kinerja otot skelet, serta untuk menambah pengukuran kekuatan secara dinamik dari kinerja otot skelet.
2. Atas dasar temuan dalam penelitian ini diharapkan adanya penelitian terapan pada pembinaan cabang olahraga yang berdasar kelas berat badan, mengingat sampai saat ini kelebihan berat badan saat atlet mau bertanding masih merupakan masalah.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Adomain A and Opsted PK, 1985. Hormonal Response to Prolonged Physical Strain, Effect of Coloric Deficiency and Sleep Deprivation. In (Fotherby K and Pal SB.). Exercise Endocrinology. New York: Walter de Gruyter: 25.

Alberts B, Bray D, Lewis J, Raff M, Roberts K, and Watson DJ, 1989. Molecular Biology of The Cell. 2nd ed. Gerland Publishing Inc. New York & London: 613-629.

Amstrong RB, 1979. Energy Libration an Use in Sport Medicine and Physiology. Edited by Strauss RH., W.B.Saunders Co. Philadelphia: 3-28.

Annarino AA, 1976. Development Conditiong for Women and Man. 2nd ed., Saint Louis: The C.V. Mosby Co.: 1-38.

Arnheim DD, 1985. Modern Principles of Athletic Train- ing. Times Mirror/Mosby College Publishing, Saint Louis: 78-91.

Astrand PO, and Rodhal K, 1986. Textbook of work Phy- siology, 2nd ed. New York: Mc Graw-Hill Book Co.: 296-343, 355-422.

Balay JA, 1977. The Athlete's Guide, Increasing Strength, Power, and Agility. West Nyack, N.Y.: Parker Publishing Inc.: 1-22.

Berger R, 1982, *Applied Exercise Physiology*. Lea & Febiger, Philadelphia: 1-43.

Bompa TO, 1990, *Theory and Methodology of Training*. 2nd ed. Toronto: Kendhal Hunt Publishing Co.: 50-135.

Boosey D, 1980. *The Jumps Conditioning and Technical Training*. Beatrice Publishing, Pty.Ltd.London: 16-18.

Bonen A, and McCullagh KJA, 1994, Effect of Exercise on Lactate Transport into Mouse Skeletal Muscle. *Can.J.Appl.Physiol.* 19(3): 275-283.

Bosco JS, and Gustafson WF, 1983, *Measurement and Evaluation in Physical Education, Fitness and Sport*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc.: 112-117, 207-211.

Bouchard C, Shepard RJ and Stephens T, 1993. *Physical Activity, Fitness and Health Consensus Statement*. Kingwood, South Australia: Human Kinetics Publishers: 11-102.

Brooks GA, and Fahey TD, 1984. *Exercise Physiology : Human Bioenergetics and it's Application*. New York: John Willey and Sons: 377-408.

Bower RW, and Fox EL, 1992, *Sports Physiology*. Wm.C.Brown Publishers. Kepper Boulevard, Dubuque: 108-112.

Clarke DH, 1980, **Muscle Strength and Endurance, Method for Development**. Salt Lake City, Utah: Brighton Publishing Co.: 20-28.

Conley MS, Stone MH, Nimmons M, and Dudley GA, 1997. Specificity of Resistance Training Responses in Neck Muscle Size and Strength. *Eur. J. Appl. Physiol.* 75(5): 443-8.

Costill DL, Coyle EF, and Fink WF, 1979. Adaptation in Skeletal Muscle Following Strength Training, *J.App. Physiol.* 46(1): 96-99.

DeLorme TL, and Watkins AI, 1986, The Technique of Progressive Resistance Exercise. *Arch.Phys.Med.* 29: 263.

Devlin TM, 1992. **Textbook of Biochemistry with Clinical Correlation**. Wiley-Liss, A John Willey & Sons Inc. Publication, New York: 954-966.

Dirix A, Knuttgen HG, and Tittle K, 1988. **The Olympic Book of Sports Medicine (Volume I)**. Victoria: Blackwell Scientific Publication: 107-108.

Donald AC, 1992. **Jumping Into Plyometrics**. Leisure Press Champaign, Illinois: 1-2.

Duncan ND, Williams DA, and Lynch GS, 1998. Adaptations in Rat Skeletal Muscle Following Long-term Resistance Exercise Training. *Eur. J. Appl. Physiol.* Mar;77(4): 372-8.

Fox EL, and Mathews DK, 1981. *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics*. 3rd ed. Philadelphia: Saunders College Publishing, 11-179.

Fox EL, 1984, *Sport Physiology*. 2nd ed. Japan Tokyo: Saunders College Publishing Co.: 42, 98-118.

Fox EL, Bower TE, and Foss ML, 1988. *The Physiological Basis of Physical Education and Athletic*. Philadelphia: Saunders College Publishing: 66-107, 264-270.

Fox EL, Bowers RW, and Foss ML, 1993. *The Physiological Basis for Exercise and Sport*. Wm.C.Communication, Inc.: 94-175, 286-355.

Ganong WF, 1981. *Review of Medical Physiology*. 11th ed. Lange Medical Publishing, Los Altos-California.

Glassford RG, 1990. *History of the Physical Activity Sciences*. in: Bouchard C, McPherson BD and Taylor AU. *Physical Activity Sciences*, Champaign: Human Kinetics Books: 9.

Goldberd AL, Etlinger JD, and Goldspink DF, Jablecki C, 1975. *Mechanism of Work Induce Hypertrophy of Skeletal Muscle*. *Med.Sci.Sport*. 7: 248-261.

Golding LA, and Bos RR, 1968. *Scientific Foundation of Physical Fitness Program*. Burgess Publishing Co. Minnesota: 1-2,15.

Gollnick PD, Amstrong RB, Saltin B, Saubert C, Sembrowich W, and Skepherd F, 1973. Effect of Training on Enzyme Activity and Fiber Composition of Human Skeletal Muscle. *J. Appl. Physiol.* 34(1): 107-111.

Gonyea WJ, and Ericson GC, 1976, An Experimental Model for the Study of Exercise Induce Skeletal Muscle Hypertrophy, *J.Appl.Physiol.* 40(4): 630-633.

Gonyea WJ, Sale GC, Gonyea FB, and Mikesky A, 1986. Exercise Induce Increases in Muscle Fiber Number, *Eur. J.Appl.Physiol.*, 55: 137-141.

Guyton AC, and John EH, 1996. *Texbook of Medical Physiology.* 9th ed. W.B.Saunders Co.: 73-84.

Harre D, 1982, *The Principles of Sport Training, Introduction to the Theory and Methods of Training.* Berlin Sport Verslag: 115-130.

Harvey L, David B, and James D, 1986. *Molecular Cell Biology.* Scientific American Books Inc.: 902-903.

Hazeldine R, 1985. *Fitness for Sports.* The Crowood Press, Wiltshire: 65-103.

Higgins JE, and Klimbaum AP, 1983. *Introduction to Randomized Clinical Trials.* Part I of the series: The Basis of Randomized Clinical Trial with an Emphasis on Contraceptive Research: 30.

Huxley H, 1969. The Mechanisme of Muscular Contraction. *Science*, 164(3886):1356-1366.

IOC, 1990. *Sports Medicine Manual*. Canada: Huford Enterprises Ltd. 41-44.

Janssen PGJM, 1987. *Training Lactate Pulse Rate*. Oulu Finland, Publisher Polar Electro Oy: 13-40.

Jansson E, and Kaijser L, 1977. Muscle Adaptation to Extreme Endurance Training in Man. *Acta Physiol. Scand.* 100: 315-324.

Jensen CR, Gordon W, and Bengester BC, 1983. *Applied Kinesiology and Biomechanics*. 3th ed. McGraw-Hill Books Co. New York: 153-192, 240-254.

Kirkendall DR, Gruber JJ, and Jhonson RE, 1980. *Measurement and Evaluation for Physical Education*. Wm.C.Brown Co. Publisher, Iowa: 224-254.

Lamb DR, 1984, *Physiology of Exercise Responses and Adaptation*. New York: MacMillan Publishing Co.Inc.: 15-89, 342-359.

Mayes PA, Rodwel VW, and Martin DW, 1987. *Harper's Review of Biochemistry*. California: Lange Medical Publication: 167-212.

McArdle WD, Katch FI, and Katch VL, 1981. **Exercise Physiology, Energy, Nutrition, and Human Performance.** Lea & Febiger, Philadelphia: 50-133, 234-247, 266-302.

McGilvery RW, and Goldstein GW, 1983, **Biochemistry A Functional Approach.** 3rd ed. W.B.Saunders Co. (Terjemahan Biokimia Suatu Pendekatan Fungsional) 1996, Airlangga University Press: 407-603.

Mirkin G, and Hoffman M, 1983. **The Sports Medicine Book.** Landsdowne Press Sydney: 15-39.

Morehouse LE, 1976, **Physiology of Exercise.** 7th ed. The CV Mosby Co. New York: 223-238.

Murray RK, Granner DK, Mayes PA, and Rodwell VW, 1990. **Harper's Biochemistry.** 22nd ed. Prentice-Hall International Inc. Printed in USA: 112-178.

Nieman DC, 1986. **The Sports Medicine Fitness Course.** California: Bull Publishing Co. 4: 32.

Nossek J, 1982, **General Theory of Training.** Lagos: Pan African Press Ltd.: 18-57.

Notoatmodjo S, 1990. **Metodologi Penelitian Kesehatan.** Jakarta: PT Rineka Cipta: 75-83, 152-167.

O'Shea JP, 1976. **Scientific Principles and Methods of Strength Fitness.** Addison-Wesley Publishing Co.: 1-67.

Pate RR, McClenaghan B, and Rotela R, 1984. **Scientific Foundation of Coaching**. Philadelphia: Saunders College Publishing: 203-223, 278-317.

Pujirahardjo WJ, 1993. **Konsep Metode Penelitian**. In: **Metode Penelitian dan Statistik Terapan**. Poewadi T, Joesoef AA dan Widjaja L. Airlangga University Press: 1-7.

Pyke FS, 1980 **Towards Better Coaching the Art and Science of Coaching**. Canberra: Australia Government Publishing Service: 93, 1219-147.

Pyke FS and Woodman LR, 1991. **Principles of Sports Training**. In(Pyke FS). **Better Coaching**. Belconner; Australian Coaching Council Incorporated: 115-123.

Radcliffe JC, and Farentinos RC, 1985. **Plyometrics Explosive Power Training**. 2nd ed. Human Kinetics Publishers, Inc. Champaign, Illinois: 23-79.

Rasch PJ, and Morehouse LE, 1957. **Effects of Static and Dynamic Exercise on Muscular Strength and Hypertrophy**. *J.Appl.Physiol.* 11(1): 29-35.

Roy S. and Irwin R, 1983. **Sport Medicine**. Prentice Hall Inc. New Jersey: 28-37.

Rushall BS, and Pyke FS, 1992. **Training for Sport and Fitness**. 1st ed. Australia: McMillan Co.: 3-24, 195-217.

Sage SH, 1984. **Motor Learning and Control. A Neurophysiological Approach.** New York: Wm.C Brown Dubuque, Iowa.

Sale DG, 1986. **Neural Adaptation in Strength and Power Training. Human Muscle power.** Human Kinetics, Champaign: 289-307.

Saltin BJ, and Edstrom L, 1981. **Effect of Lactic Acid Accumulation and ATP decrease on Muscle Tension and Relaxation.** Am.J.Physiol. 240: 121-126.

Seaton DC, Schmottlach N, Clayton IA, Leibee HC, and Messermirth LL, 1974. **Physical Education Handbook.** 7th ed. New York : Prentice-Hall Inc.: 21-34.

Setyawan S, 1991. **Upaya Meningkatkan Kebugaran Jasmani Masyarakat Indonesia.** Surabaya: Seminar sehari Pilar Penyangga Prestasi Olahraga Dalam Membentuk Manusia Indonesia Seutuhnya, Universitas Airlangga-KONI Jawa Timur.

Setyawan S, dan Elyana A,1992. **Pengaruh Ketinggian Latihan Pliometrik Gawang terhadap Kemampuan Vertical Jump, Broad Jump dan Leg Power.** Laboratorium Ilmu Faal Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya. Diterbitkan oleh Pusat Ilmu Olahraga Koni Pusat Jakarta.

Sharkey BJ, 1984. **Physiology of Fitness.** 2nd ed. Human Kinetic Publisher Inc. Illinois: 53-81.

Sharma S, 1996. *Applied Multivariate Techniques*. John Wiley & Sons, Inc. New York: 362-367.

Shephard RJ, 1990. *Medicine and Physical Activity*. In: Bouchard C, McPherson BD and Taylor AW. *Physical Activity Sciences*. Champaign: Human Kinetics Books, 57-64.

Smith JA, 1995. Guidelines, Standards and Perspectives in Exercise Immunology. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27(4): 497-506.

Stull AG, and Curiton TK, 1980. *Encyclopedia of Physical Education Fitness and Sport*. Brington Publishing Co.: 20-83.

Soekarman R, 1987. *Dasar-Dasar Olahraga untuk Pembina, Pelatih dan Atlit*. Jakarta: Inti Dayu Press: 21-86.

Solomon HA, 1987. Health and Fitness are not the Same Thing. *World Health Forum* 8:149.

Stone WJ, and Kroll WA, 1991. *Sport Conditioning and Weight Training*. Wm.C.Brown Publisher.

Sudirman B, 1992. Pengaruh Latihan Beban 40% Maksimum dan Latihan Beban 80% Maksimum Terhadap Hipertrofi dan Kekuatan Otot. Tesis S2 IKOR PPs. Unair Surabaya.

Thomas JR, and Nelson JK, 1990. *Research in Physical Activity*. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics Books: 168-178.

Vander AJ, Sherman JH, and Luciano DS, 1990. **Human Physiology**. 4th ed. New York: McGraw-Hill Book Co.: 1-8, 655-699.

Verducci FM, 1980. **Measurement Concepts in Physical Education**. The C.V.Mosby Co. St.Louis: 237-249.

Viru, 1985. **Hormone in Muscular Activity**. Volume II Adaptive Effect of Hormone in Exercise. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida: 105-126.

Welle S, Totterman S, and Thornton C, 1996. Effect of Age on Muscle Hypertrophy Induced by Resistances Training. *J. Gerontol. Biol. Med. Sci.* Nov;51(6):M270-5.

Weidner TG, 1994. Upper Respiratory Illness in Sports and Exercise. *Internat. J. Sport Med.* 15: 1-9.

Wilmore JH, and Costill DL, 1994. **Physiology of Sport and Exercise**. Printed in the USA: Human Kinetics, Champaign: 26-33, 68-158, 406-451.

Wilkin BM, 1964. Weight Training on Speed of Movement. *Res.Quart.* 37:132-142.

Zainuddin M, 1988. **Metodologi Penelitian**. Surabaya: Universitas Airlangga: 25-29, 56-76.



LAMPIRAN

kelompok aerobik 30 % dari beban maksimum

Lampiran 1. Data Dasar Penelitian

Urt.	N a m a	Umur Tahun	Berat Badan Kg.	Tinggi Badan Cm	Daya ledak Kg-m/sec			Kekuatan / kg			Paha kanan / cm			Paha kiri / cm			Betis kanan / cm			Betis kiri / cm		
					Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2
1	M. Haer...	18	68.8	178.4	113.4	119.2	126.4	134.0	181.0	243.2	33.66	35.96	41.11	33.72	40.46	41.68	26.31	25.40	29.44	29.99	27.81	30.02
2	Ardina	18	64.7	172.4	112.2	116.3	118.4	125.3	235.2	284.0	33.21	37.33	39.81	32.76	36.17	38.95	23.66	23.86	25.34	23.66	23.86	27.14
3	Arha	19	62.2	168.6	108.4	110.5	112.5	110.2	163.2	191.1	31.38	35.70	35.90	30.78	35.02	33.15	23.29	23.48	23.61	23.29	23.48	23.61
4	Jefi	18	54.5	174.2	87.2	91.2	91.2	160.0	195.0	213.0	32.91	33.52	37.46	32.09	32.77	37.39	23.61	22.91	25.99	22.89	22.37	25.99
5	Arm...	19	61.0	170.7	102.2	103.2	105.4	135.1	215.2	262.0	30.42	35.29	40.05	29.88	34.74	40.20	23.66	23.73	26.29	23.25	23.73	25.99
6	Juh...	19	56.0	163.2	96.1	100.3	102.2	135.2	195.3	213.2	32.70	32.76	33.79	32.12	32.57	33.60	22.78	22.91	22.91	23.23	23.74	23.74
7	Amir	19	53.5	167.5	90.4	92.4	93.5	200.0	240.0	252.1	29.56	29.82	30.01	29.18	29.82	30.65	29.92	21.63	22.33	21.56	21.69	22.33
8	Han	20	57.7	167.6	91.3	94.2	96.2	164.2	177.1	213.2	34.40	35.63	35.76	34.13	35.02	35.22	23.54	25.91	28.04	26.40	26.52	28.04
9	Luk	20	59.8	167.9	88.2	93.2	96.3	130.1	245.1	260.0	29.88	30.12	30.66	31.93	32.12	32.51	22.92	23.28	24.83	23.22	23.22	24.76
10	M. Id...	20	48.8	168.8	77.2	79.3	80.4	121.2	150.4	193.5	33.13	33.89	34.73	33.66	34.35	35.64	24.09	24.85	25.23	23.50	25.00	25.23
11	M. Ren	19	50.8	164.5	83.4	87.5	88.4	120.3	177.3	213.0	31.01	32.50	34.70	30.73	31.89	34.34	22.46	23.32	23.68	22.82	23.32	23.61
12	Rus	22	57.5	166.0	90.2	92.4	93.5	185.2	191.1	203.1	32.57	32.76	33.21	32.38	32.70	33.15	22.78	22.78	23.48	22.33	22.33	23.61
13	Sam	20	57.7	166.5	90.5	95.5	95.5	148.1	208.1	224.0	30.72	31.44	33.85	30.72	31.44	33.72	21.54	21.90	23.36	21.54	21.72	23.36
14	Suk	18	52.3	165.3	77.3	81.4	86.2	102.5	164.2	207.4	31.10	32.70	35.15	30.27	32.70	35.08	25.23	26.06	26.29	25.76	26.52	26.52
15	Iraw	18	52.7	161.5	84.4	86.2	88.2	109.2	146.5	197.2	30.15	30.36	32.44	30.12	30.36	32.38	23.59	24.41	24.41	24.41	25.09	25.36
16	Yan	20	54.0	165.7	83.5	87.3	88.3	101.2	147.2	161.5	29.16	31.68	31.93	28.32	30.78	31.80	20.99	22.91	23.05	20.92	22.37	23.05
17	Fir	20	51.5	159.5	85.3	87.4	88.4	135.3	180.3	229.1	31.74	36.64	37.22	30.97	36.72	37.00	22.37	24.26	24.69	22.30	24.40	24.91
18	Petr	20	53.2	158.7	85.2	86.5	90.3	141.2	177.4	224.0	28.92	31.68	32.12	28.50	30.65	31.10	22.52	22.72	24.27	22.84	23.16	25.02
19	Kame	20	52.5	160.0	72.5	77.5	81.4	220.0	253.2	285.0	30.42	30.72	33.53	29.22	30.12	33.02	20.16	20.94	22.59	19.98	20.94	22.59
20	M. Naj	19	52.7	156.3	85.2	86.5	87.5	128.5	157.0	195.0	30.42	32.70	32.83	29.58	32.70	32.76	20.76	22.46	22.65	20.46	22.46	22.65
21	Yud	20	54.4	161.0	84.5	87.2	90.3	134.2	184.2	244.0	30.48	30.78	31.62	30.36	31.26	31.38	19.74	22.84	23.61	20.16	21.69	21.82
22	Hari	21	48.4	156.5	79.2	82.3	82.5	120.5	187.2	208.3	31.21	33.48	33.91	29.71	32.11	32.61	20.73	23.68	23.85	20.41	23.68	23.90
23	M. Idr	19	50.7	159.0	75.4	78.5	79.2	100.5	146.1	168.4	31.48	33.93	35.92	31.74	33.93	35.49	20.99	22.84	24.19	21.05	22.08	23.83
24	Jus	20	50.2	162.5	77.5	78.5	79.5	95.5	145.3	165.5	28.26	28.68	30.97	29.34	29.58	31.68	22.37	22.57	24.04	22.30	22.57	27.97
25	Isr	19	55.7	162.8	84.3	87.4	88.3	110.4	170.3	189.3	33.04	36.43	36.64	33.72	36.50	36.57	21.21	23.11	23.32	21.28	23.25	23.40
26	Sufr	22	49.3	158.7	76.4	78.3	79.2	115.1	164.3	209.1	32.09	32.16	34.34	32.23	32.43	34.48	22.30	23.97	24.33	22.03	23.97	24.26
27	M. Ami	22	48.5	156.5	74.3	76.2	77.5	141.3	179.1	203.0	31.48	32.09	34.41	31.89	32.09	34.41	23.54	23.68	24.04	22.89	23.32	23.68
28	M. An	20	50.5	152.8	75.5	78.5	84.5	110.1	148.2	166.4	28.38	31.48	31.87	28.68	30.84	31.55	21.82	22.14	23.73	21.56	21.82	23.39
29	Abd. Wah	20	49.2	152.5	76.2	78.4	78.5	111.2	168.0	187.2	28.74	30.78	31.48	28.14	30.46	31.29	22.03	22.37	22.84	21.55	21.69	22.23
30	Hasar	18	45.7	150.8	72.3	75.3	77.5	119.3	161.1	183.3	29.76	30.14	30.59	27.36	29.63	30.27	20.92	23.68	24.42	20.22	22.96	23.54

kelompok anaerobik 30 % dari beban maksimum

Lanjutan lampiran : 1. Data Dasar Penelitian

No. Urut.	N a m a	Umur Tahun	Berat Badan Kg.	Tinggi Badan Cm	Daya ledak Kg-m/sec			Kekuatan / Kg			Paha kanan / cm			Paha kiri / cm			Betis kanan / cm			Betis kiri / cm		
					Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2
1	Sul	18	56.3	174.2	98.6	100.4	102.3	129.2	150.4	215.2	35.79	37.31	37.92	36.17	36.25	37.01	24.39	25.38	25.76	24.92	25.38	26.22
2	Ari	20	64.2	169.0	104.2	110.4	112.6	130.5	135.2	232.0	29.82	33.93	34.27	29.22	33.86	34.13	22.50	23.32	24.75	22.84	23.25	24.62
3	Firm	22	51.5	162.3	93.3	95.5	96.7	108.3	130.5	141.0	33.59	33.93	33.93	32.43	33.04	33.04	22.37	23.32	23.66	21.89	22.57	22.98
4	Yusr	19	66.7	170.8	108.4	112.2	114.2	138.7	226.3	257.2	33.48	38.35	39.02	32.70	37.87	38.48	24.82	25.70	25.97	24.61	24.75	25.22
5	Andi	22	55.2	165.0	93.3	94.5	98.3	123.5	142.4	186.4	32.77	33.25	33.93	31.41	32.30	33.04	22.16	22.30	22.98	22.03	22.30	22.98
6	Zain	19	50.0	167.5	76.2	83.4	88.1	178.4	220.5	235.5	27.66	33.40	33.69	27.06	32.97	33.04	23.25	24.62	29.98	22.78	24.55	24.98
7	Ed	18	60.2	165.5	97.4	100.2	103.4	109.2	232.6	275.0	32.25	33.21	35.56	31.61	32.06	35.49	25.48	25.77	27.43	25.34	25.70	27.43
8	Pai	18	53.0	167.2	82.5	85.3	87.2	101.6	125.4	245.3	30.91	31.74	31.93	30.33	31.55	31.80	24.91	25.05	25.77	24.91	25.05	25.63
9	Raf	19	55.7	163.0	91.3	94.5	95.4	121.3	149.0	245.4	35.42	35.92	36.86	35.35	35.78	36.66	22.46	23.47	23.68	22.46	23.47	23.54
10	Kas	21	60.0	166.5	98.3	103.1	104.1	143.0	170.3	207.6	32.44	34.18	35.49	33.08	35.42	35.83	24.00	24.54	25.09	24.68	24.75	25.09
11	Ira	19	50.0	162.5	77.4	82.6	84.5	79.6	110.5	147.4	28.86	30.12	30.48	28.68	29.04	29.52	22.30	23.32	23.73	22.03	23.05	23.59
12	Bah	22	55.2	166.5	86.3	88.5	90.3	165.2	210.0	252.3	28.08	31.10	32.12	27.42	31.16	31.93	23.52	25.05	25.15	23.32	24.84	24.98
13	Vah	20	50.5	163.0	80.2	81.5	83.6	100.4	121.6	175.5	27.36	28.08	28.68	26.94	27.18	28.02	21.69	22.37	23.05	21.69	22.37	23.05
14	Syams	19	58.0	162.7	93.5	99.2	102.4	145.3	195.2	205.0	31.08	33.79	34.49	29.34	32.13	33.40	24.75	26.49	27.28	23.86	26.35	27.21
15	Syahi	22	50.7	162.8	70.3	73.5	75.2	127.5	165.3	217.3	30.87	31.14	31.89	30.12	31.14	31.82	22.39	22.82	23.54	22.39	22.75	23.47
16	Rah	21	55.0	163.5	89.6	93.4	94.2	90.0	150.0	220.2	33.93	37.15	37.65	33.38	36.07	37.29	22.98	24.98	25.70	22.78	24.91	25.70
17	Abd.Wal	18	46.0	164.7	70.5	72.2	75.0	86.4	135.2	182.5	26.88	29.50	31.23	26.64	30.01	31.10	22.24	23.54	24.40	22.03	23.32	24.33
18	Musl	18	50.5	165.5	78.4	82.4	83.2	105.5	132.3	170.4	26.58	32.54	33.76	26.76	32.97	33.40	20.12	21.74	22.82	20.12	21.74	22.82
19	Miri	18	48.5	163.8	71.6	80.5	81.4	110.4	140.5	190.3	26.88	27.30	28.08	26.76	27.48	27.84	21.37	22.01	22.97	20.92	21.37	22.27
20	Rahma	20	54.0	169.8	79.3	89.2	91.6	110.0	160.4	210.2	32.77	35.35	35.78	31.41	35.06	35.42	23.61	24.33	25.12	23.54	24.33	25.05
21	Ishc	20	59.0	166.2	86.2	89.3	92.0	140.2	175.0	205.0	37.77	37.92	38.68	36.32	36.63	37.77	27.96	28.72	29.33	27.81	28.57	29.33
22	Fair	19	54.0	163.5	81.3	88.6	91.3	90.5	160.3	185.4	28.92	31.61	34.06	29.16	31.68	34.47	20.70	22.59	22.91	20.52	22.52	22.91
23	Abdu	20	55.5	163.3	83.3	87.1	91.4	102.4	157.5	182.5	28.38	31.10	31.87	27.72	30.65	31.10	22.30	24.33	25.12	22.16	24.19	25.05
24	Har	21	54.5	164.2	79.2	83.4	85.0	105.5	176.0	235.2	29.37	31.75	33.76	29.05	31.34	33.33	23.32	25.23	25.68	23.11	24.92	25.68
25	Harl	20	54.2	162.5	75.4	77.6	81.1	141.2	157.6	230.0	31.55	35.71	36.57	30.84	35.64	36.64	23.93	25.48	26.49	23.86	25.77	26.49
26	Ridh	22	56.0	166.5	94.3	97.2	100.2	172.3	184.5	203.4	34.54	34.81	35.97	33.79	41.00	35.15	24.98	25.84	26.28	24.84	25.84	26.28
27	Puc	22	54.8	165.3	84.5	88.3	90.0	156.4	231.2	257.2	32.70	35.90	36.51	32.70	35.63	36.24	23.80	26.18	27.06	23.80	26.18	26.86
28	Tel	20	64.0	163.5	107.1	110.4	112.5	192.0	246.0	266.0	35.49	35.90	36.65	35.42	35.76	36.51	26.71	27.21	27.64	26.71	27.14	27.64
29	Syah	22	49.8	160.5	85.2	87.4	88.6	112.5	129.6	170.0	36.25	37.16	37.77	36.55	37.39	37.84	23.86	24.09	25.00	23.86	24.01	24.92
30	Anwe	21	53.3	164.3	74.6	76.4	77.5	198.2	230.0	263.2	34.70	34.92	35.78	34.77	34.92	35.71	23.25	23.47	24.40	23.18	23.40	24.26

kelompok aerobik 50 % dari beban maksimum

Lanjutan lampiran 1. Data Dasar Penelitian

No. Urt.	N a m a	Umur Tahun	Berat Badan Kg.	Tinggi Badan Cm	Days ledak Kg-m/sec			Kekuatan / Kg			Paha kanan / cm			Paha kiri / cm			Betis kanan / cm			Betis kiri / cm		
					Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2
1	Dir	21	61.5	174.2	109.2	109.4	109.3	140.5	179.2	250.0	45.10	45.19	45.78	43.68	44.01	44.26	31.16	31.41	31.66	31.16	31.41	31.66
2	Kaha	19	53.8	161.7	101.5	102.3	103.0	110.1	190.0	265.0	40.88	41.36	42.08	39.76	40.56	41.52	25.76	26.06	26.52	25.23	25.76	26.37
3	Humar	21	60.3	170.5	102.4	104.3	106.2	112.3	184.0	240.2	39.59	39.90	40.12	38.91	39.82	40.12	26.06	26.44	27.20	25.99	26.52	26.90
4	Nico	22	50.2	160.0	86.6	89.0	90.0	160.2	165.3	220.3	33.97	34.27	34.73	33.82	34.27	34.58	23.71	23.86	24.85	23.48	24.24	25.00
5	Sumar	19	53.7	170.5	90.3	91.5	95.2	82.6	136.6	195.3	33.84	34.41	35.20	33.76	34.20	35.06	24.55	24.84	24.98	23.83	24.19	24.33
6	Muh.AL	20	65.7	170.0	107.2	108.4	110.3	171.1	175.0	220.2	42.48	42.56	43.16	41.64	41.95	42.40	29.48	30.09	30.24	28.50	29.56	30.02
7	Oktar	20	64.3	172.0	101.4	105.3	106.0	143.3	167.2	183.4	37.00	37.36	37.58	36.64	37.00	37.29	25.12	25.48	25.84	23.90	24.62	24.98
8	Ilhor	19	54.2	169.7	88.4	90.6	91.2	120.4	124.1	183.0	37.68	39.28	39.52	36.56	38.80	38.96	26.32	26.72	27.04	26.00	26.80	27.04
9	Andi Hak	19	55.5	162.3	97.5	98.4	100.0	135.2	160.4	270.0	39.14	39.82	40.12	38.07	38.91	39.14	27.05	27.20	27.51	26.52	26.90	27.28
10	Musa	20	61.5	170.5	97.2	100.4	100.6	163.1	193.3	250.2	37.22	37.36	37.87	37.08	37.15	38.08	27.28	27.50	28.00	27.43	27.72	27.93
11	Ihor	18	55.7	164.8	94.3	94.5	97.2	130.5	184.3	245.0	36.63	36.68	37.01	36.40	36.63	36.78	25.38	26.14	26.44	25.38	26.14	26.44
12	M.Basr	20	61.7	170.5	81.6	101.0	101.2	135.3	146.5	170.6	37.58	38.01	38.73	37.80	37.94	38.80	25.05	25.63	26.56	24.91	25.63	26.35
13	Subak	18	53.5	162.5	90.4	91.5	92.3	139.2	219.3	245.0	38.68	40.05	40.81	38.15	37.51	40.35	26.22	26.98	27.74	26.14	26.90	27.66
14	Firm	19	51.0	160.5	87.4	90.3	91.4	64.6	125.0	180.0	34.84	35.20	35.35	34.77	34.99	35.13	23.61	24.04	24.40	22.82	23.32	23.68
15	Misbal	18	54.7	160.5	89.3	91.3	91.3	127.5	161.2	180.3	38.30	39.29	39.44	37.01	38.38	38.45	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
16	Muh.Dah	19	51.7	162.3	80.2	82.5	86.2	135.2	163.4	170.5	32.54	33.69	33.76	32.54	33.33	33.76	22.17	22.89	23.61	21.88	22.60	23.32
17	Wasa	20	55.7	163.2	90.3	91.2	92.0	139.3	144.5	190.6	36.14	36.28	36.36	35.49	35.78	35.85	24.19	24.26	24.40	23.35	23.32	23.16
18	A.Rahu	19	56.2	165.0	87.5	91.0	93.0	189.4	199.0	212.2	39.21	39.44	40.05	38.30	38.53	39.29	27.89	28.04	28.65	27.05	27.28	27.81
19	M.AL	19	46.5	160.2	75.4	80.2	81.4	89.5	160.2	187.0	33.69	34.05	34.48	32.83	33.69	34.27	23.18	23.54	24.04	22.75	23.47	24.26
20	Ibr	19	50.2	160.5	79.0	81.4	85.3	122.3	130.4	160.4	37.36	38.32	39.12	36.96	37.68	38.32	27.52	27.84	28.32	27.52	27.84	28.32
21	Nurj	19	50.5	160.2	79.4	81.0	82.2	136.4	176.0	185.2	35.79	36.63	37.16	35.64	35.87	36.40	23.48	24.24	24.85	23.48	24.24	24.85
22	Sahar	21	52.2	162.3	79.2	80.5	82.4	95.3	120.0	145.1	34.47	34.61	36.64	33.11	33.25	35.06	21.89	22.03	23.32	21.89	22.03	23.32
23	Thom	19	51.5	157.7	79.5	84.2	86.2	152.2	194.1	240.0	34.99	35.71	35.92	35.64	35.71	35.91	25.56	24.33	24.84	23.97	24.33	24.84
24	Muh.Idris	21	78.3	175.3	122.2	128.0	128.0	168.2	202.0	250.0	38.89	39.91	40.73	38.89	39.98	40.73	21.48	21.96	22.98	21.48	21.96	22.91
25	Satr	19	49.2	157.5	80.6	83.4	84.6	171.3	198.0	198.3	34.27	35.20	35.49	34.27	35.20	35.49	23.90	24.98	25.34	23.83	24.98	25.34
26	Rah	18	67.3	174.2	106.3	112.5	112.5	121.0	175.3	201.2	37.94	38.66	39.52	37.51	38.80	39.16	25.99	27.14	27.93	25.84	26.56	27.28
27	A.M.Idris	21	52.7	162.2	78.5	79.0	79.4	122.2	132.4	162.6	32.51	33.08	33.72	32.51	33.08	33.72	21.56	22.01	22.92	21.63	22.01	22.97
28	Ilh	19	51.3	163.7	83.5	88.2	88.4	144.1	174.2	200.0	33.11	33.79	34.61	32.43	33.18	34.54	21.42	22.37	23.05	21.42	22.23	22.98
29	Mak	22	50.7	152.7	84.3	85.0	86.2	125.3	135.0	156.4	36.93	37.69	38.60	32.84	37.46	38.53	24.62	25.38	27.13	24.54	25.30	26.98
30	Must	21	58.5	163.5	93.3	93.5	93.5	113.0	121.3	137.5	37.08	37.77	38.60	37.08	37.84	38.53	26.67	27.13	27.81	26.75	27.05	27.96

kelompok anaerobik 50 % dari beban maksimum

Lanjutan lampiran 1. Data Dasar Penelitian

No. Urt.	Nama	Umur Tahun	Berat Badan Kg.	Tinggi Badan Cm	Daya ledak Kg-m/sec			Kekuatan / Kg			Paha kanan / cm			Paha kiri / cm			Betis kanan / cm			Betis kiri / cm		
					Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2
1	Laode	22	69.4	180.0	120.3	122.0	121.5	115.5	284.0	297.2	41.11	43.01	44.74	48.35	42.33	43.34	28.04	28.95	29.71	27.28	28.80	29.56
2	Vaji	21	55.5	170.2	92.4	94.3	97.2	100.0	183.0	245.2	35.06	36.86	37.94	34.41	36.79	37.80	24.12	24.91	26.35	23.40	24.26	25.99
3	Rid	20	57.0	172.0	99.6	104.4	106.2	200.0	260.0	300.0	37.84	39.06	40.88	36.93	38.45	39.74	25.38	26.29	27.05	25.23	26.22	26.98
4	Frans	21	60.5	166.2	105.2	111.0	112.4	150.2	225.0	241.1	36.36	39.54	39.16	35.92	37.15	38.73	24.40	24.91	25.70	24.40	24.55	25.41
5	Yusri	18	61.5	171.8	106.4	112.3	114.2	110.4	120.5	157.0	34.13	35.63	37.80	33.86	34.74	36.93	24.41	26.13	27.07	23.73	25.48	26.56
6	Ashur	19	59.0	170.2	94.5	95.3	112.0	138.5	255.2	295.0	38.80	40.32	42.16	38.64	40.08	41.92	27.92	28.08	29.36	27.12	28.08	29.36
7	Bak	22	59.1	168.2	98.6	102.3	106.3	119.0	182.3	197.0	36.07	37.22	38.80	35.85	37.87	38.73	25.41	26.35	27.21	25.27	26.06	26.92
8	Muh.Ak	20	50.2	162.4	88.4	92.1	95.0	101.3	154.5	186.2	36.72	37.36	38.24	36.56	37.36	38.24	25.52	26.32	26.96	25.50	26.24	26.92
9	I.K.Yul	21	60.3	172.2	97.2	100.5	102.2	178.2	280.0	285.2	36.86	37.72	38.66	36.57	37.29	38.66	24.40	25.12	25.84	24.40	25.12	25.84
10	Ihsa	20	55.2	162.0	90.1	93.4	98.2	86.4	179.2	257.0	36.32	37.24	37.92	35.26	36.25	37.69	25.99	26.98	28.04	25.61	26.75	28.04
11	Steph	18	52.0	160.1	90.3	90.2	95.4	145.0	175.0	262.0	39.04	39.44	40.56	38.00	39.84	40.72	27.68	28.48	29.28	27.04	27.92	29.36
12	Has	19	48.4	160.2	81.4	83.2	86.5	102.2	165.0	285.0	34.42	36.10	37.84	34.35	35.94	37.77	23.86	24.85	25.76	23.32	24.16	25.53
13	Mas	20	60.3	170.0	90.4	93.5	95.2	122.2	159.3	195.2	40.32	41.92	43.12	39.36	41.52	42.96	30.24	31.04	31.92	29.76	31.04	31.92
14	Herm	21	59.2	164.8	93.2	98.0	102.3	130.5	172.4	195.2	39.21	40.66	41.57	38.83	40.58	41.49	27.66	28.27	29.41	27.43	28.27	29.33
15	Rus	20	50.5	161.4	83.3	87.0	99.3	126.3	168.4	207.0	36.56	37.76	39.36	35.92	37.12	38.24	26.80	27.60	28.64	26.64	27.68	28.48
16	Fai	21	55.5	162.7	90.4	93.2	95.0	154.3	199.5	241.0	37.77	39.14	39.97	37.16	38.68	40.20	27.89	28.19	29.41	27.20	28.27	29.41
17	Riz	18	47.4	160.7	81.2	85.6	87.0	75.0	119.0	164.0	36.08	37.92	39.84	35.92	37.44	39.84	26.48	27.68	28.48	26.08	27.84	28.64
18	Ari	20	55.0	163.5	90.2	92.3	96.0	130.0	163.2	185.5	38.83	39.82	40.66	38.60	39.82	40.88	27.28	28.27	29.33	26.52	27.96	29.10
19	Hardi	21	70.8	161.5	101.3	106.3	109.2	208.0	252.2	280.2	43.39	44.15	45.37	43.39	44.00	45.37	29.71	30.32	31.38	29.71	30.32	31.38
20	Mur	21	50.0	163.2	81.5	81.2	83.4	143.2	224.5	270.0	40.23	41.07	41.91	39.39	40.57	41.91	28.22	29.06	29.90	27.80	28.72	29.65
21	Kaha	22	54.3	162.6	86.2	102.0	106.5	87.5	132.0	156.4	38.96	40.72	41.52	38.16	39.44	41.36	27.12	27.76	28.64	26.48	27.68	28.64
22	Muh.Ham	19	45.1	160.3	85.3	87.2	92.5	150.4	155.0	185.2	33.28	34.73	35.64	33.06	34.04	35.18	23.71	24.62	25.61	23.71	24.54	25.61
23	Abd.Waj	19	55.0	160.7	87.4	91.5	96.6	118.3	166.4	255.2	38.68	39.44	40.05	38.30	39.29	39.97	25.38	26.29	27.20	25.15	26.22	27.05
24	Akr	19	47.0	160.5	70.2	73.2	76.3	105.2	150.3	199.0	34.88	35.87	37.08	34.35	35.11	36.93	24.24	24.92	25.61	23.71	24.85	25.61
25	Azw	19	48.1	163.8	71.1	73.0	79.3	70.5	121.5	176.3	31.96	33.04	33.86	31.82	32.50	33.59	21.82	22.64	23.52	21.69	22.23	23.25
26	K.Rai	19	70.0	176.2	100.2	107.3	118.0	259.0	287.2	300.0	38.08	39.16	40.44	37.88	38.97	40.12	25.08	25.98	26.75	25.08	25.98	26.62
27	Akhn	18	50.7	162.2	77.5	80.2	82.5	119.0	134.3	175.2	38.30	40.12	40.88	37.92	39.14	40.12	27.13	28.04	28.80	26.52	27.66	28.42
28	Tah	21	62.0	170.3	98.3	102.1	106.2	145.2	159.4	200.0	39.90	40.96	41.34	39.97	40.81	41.64	26.37	27.28	28.04	26.22	27.05	28.04
29	Ir	21	64.0	180.0	97.4	104.3	107.4	166.2	180.2	199.4	35.71	36.57	37.36	35.71	36.57	37.36	24.84	25.70	26.49	24.69	25.70	26.42
30	Tasi	21	58.5	171.2	91.5	96.1	99.3	185.2	189.0	230.0	36.86	37.69	38.68	37.77	38.53	39.44	24.77	25.68	26.37	24.77	25.46	26.29



kelompok kontrol

Lanjutan lampiran 1. Data Dasar Penelitian

No. Urut.	N a m a	Umur Tahun	Berat Badan Kg.	Tinggi Badan Cm	Daya ledak Kg-m/sec			Kekuatan / Kg			Paha kanan / cm			Paha kiri / cm			Betis kanan / cm			Betis kiri / cm		
					Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2	Pr T	PT 1	PT 2
1	Muh.	20	55.2	163.1	88.2	88.0	89.0	185.2	197.0	198.0	37.58	37.51	37.58	37.36	37.51	37.58	24.55	24.69	24.84	23.97	24.26	24.40
2	A.Hi	21	60.3	172.0	104.0	106.2	106.0	185.0	191.2	191.3	34.92	34.99	35.13	34.92	35.06	35.20	24.12	24.26	24.40	24.12	24.33	24.40
3	Behart	20	56.4	164.3	89.3	90.2	93.0	155.3	160.0	162.0	35.35	35.49	35.64	34.70	34.84	34.99	24.84	24.05	25.27	24.84	24.94	24.27
4	Sarf	21	50.3	170.2	83.1	85.0	86.2	145.3	164.2	164.0	31.62	31.75	32.02	30.87	31.07	31.41	21.96	22.30	22.57	21.42	21.55	21.82
5	Anw	20	55.0	164.2	87.0	94.2	94.3	130.0	134.2	136.3	35.42	35.78	35.92	35.42	35.71	35.92	23.83	23.97	24.12	23.61	23.68	23.90
6	Abd.Har	20	65.1	166.0	109.2	109.0	109.5	180.0	185.3	187.2	33.60	33.66	33.72	33.21	33.34	33.47	22.72	22.78	22.78	22.72	22.72	22.72
7	Nasru	20	52.2	162.3	86.2	86.3	88.0	119.2	120.0	122.2	39.90	40.12	40.12	39.82	39.90	39.90	24.70	24.70	24.70	24.47	24.74	24.74
8	Achmr	22	59.0	166.2	90.3	93.2	93.3	120.4	127.0	127.2	37.51	37.65	37.65	37.08	37.29	37.29	24.69	24.98	24.98	24.62	24.91	24.91
9	Muh.Sai.	21	63.5	175.1	112.0	114.2	115.2	110.5	125.2	125.0	36.93	37.00	39.06	36.57	36.57	38.60	23.90	23.90	25.23	23.90	23.90	25.23
10	A.Naul	20	53.0	160.0	98.4	98.3	100.0	110.0	124.0	125.4	36.86	36.93	36.93	36.86	36.93	36.93	25.23	25.23	25.23	25.23	25.23	25.23
11	Herli	20	56.4	164.2	87.5	88.4	88.4	190.2	193.3	193.5	33.76	33.91	33.98	32.97	33.04	33.04	21.96	22.03	22.03	21.96	22.03	22.03
12	Dani	21	54.1	157.5	77.2	77.3	77.4	195.5	197.0	197.2	28.48	28.92	28.92	27.84	27.96	27.96	19.26	19.32	19.39	19.26	19.32	19.39
13	Syha	22	50.4	160.0	92.2	93.0	94.0	190.0	194.3	194.3	29.63	29.69	29.82	29.18	29.24	29.37	20.16	20.22	20.22	20.16	20.22	20.22
14	Jama.	20	55.0	162.3	90.5	93.4	93.0	185.3	187.4	187.5	34.92	35.35	35.35	34.56	34.70	34.70	23.18	23.25	23.25	23.11	23.18	23.18
15	Dart	20	54.4	165.0	85.4	88.2	90.2	180.2	182.2	182.2	37.29	37.36	37.36	35.85	36.14	36.14	23.54	23.68	23.68	23.32	23.40	23.40
16	Lol	22	60.0	173.3	95.3	98.2	99.4	180.0	183.1	183.4	30.45	30.66	30.66	30.54	30.66	30.66	20.82	20.82	20.82	20.82	20.82	20.82
17	Hida	20	55.3	166.4	92.3	93.5	94.2	170.2	173.0	174.0	35.78	35.92	35.92	35.64	35.78	35.78	25.20	25.34	25.34	25.20	25.34	25.34
18	Abd.Ma	21	65.0	155.5	101.0	108.0	108.0	170.5	172.5	172.5	38.30	38.37	38.44	38.30	38.37	38.44	24.84	24.91	24.98	24.84	24.91	24.98
19	Kali	19	73.2	160.3	106.0	106.2	106.5	165.2	167.2	167.5	42.12	42.26	42.26	41.54	41.61	41.61	26.78	26.85	26.85	26.28	26.35	26.35
20	Iman	19	74.0	166.0	114.2	114.0	114.2	165.0	167.2	168.2	37.32	37.38	37.44	36.84	36.90	36.96	24.18	24.24	24.30	24.06	24.12	24.18
21	Saf	19	51.5	170.3	100.0	100.0	100.0	150.5	150.5	150.5	34.27	34.34	34.41	33.69	33.76	33.76	23.90	24.04	24.04	23.90	23.97	23.97
22	A.Nac	20	55.3	162.4	95.2	98.2	99.2	150.3	152.0	152.2	32.76	32.83	32.83	32.44	32.57	32.57	21.88	21.95	21.95	21.88	21.95	21.95
23	Erw	21	49.4	159.5	86.1	87.3	88.0	130.4	130.2	130.4	29.63	29.69	29.76	29.63	29.69	29.76	20.67	20.73	20.73	20.67	20.73	20.73
24	Juf	20	53.3	165.0	89.2	91.0	91.4	120.0	120.0	120.2	28.02	28.08	28.08	27.30	27.36	27.36	18.30	18.36	18.42	18.30	18.36	18.42
25	Gus	22	50.3	157.3	85.3	86.0	86.2	70.0	71.0	71.0	33.48	33.55	33.69	33.48	33.62	33.69	23.40	23.47	23.47	23.40	23.47	23.47
26	Isma	20	60.0	166.3	97.0	99.2	100.0	130.2	132.2	132.0	34.68	34.81	36.99	34.68	34.75	36.92	22.97	23.10	24.54	22.84	23.10	24.54
27	Syal	19	48.5	168.3	80.2	80.0	80.2	150.0	150.0	150.5	32.54	34.42	34.50	32.54	34.42	34.50	22.39	23.71	23.78	22.39	23.71	23.78
28	Ted	19	55.0	168.4	98.5	100.0	100.5	156.0	156.2	156.2	35.06	35.35	35.42	34.92	35.13	35.20	23.90	23.97	24.04	23.32	23.40	23.47
29	Abr.	20	60.4	170.0	95.5	98.2	96.3	147.5	147.3	147.0	30.20	30.20	30.20	29.50	29.50	29.50	21.31	21.31	21.31	20.92	20.92	20.92
30	Nur	19	55.0	163.4	84.0	86.0	87.5	162.5	162.5	162.3	35.29	35.49	35.56	34.20	34.27	34.34	23.46	23.52	23.52	23.46	23.52	23.52

UMUR, TINGGI BADAN DAN BERAT BADAN
PADA KELIMA MACAM PERLAKUAN

	KELOMPOK PERLAKUAN									
	AEROBIK 30 % MAKSIMAL		ANAEROBIK 30 % MAKSIMAL		AEROBIK 50 % MAKSIMAL		ANAEROBIK 50 % MAKSIMAL		KONTROL	
	Mean	simpang Baku	Mean	simpang Baku	Mean	simpang Baku	Mean	simpang Baku	Mean	simpang Baku
UMUR	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1
BERAT BADAN	54	5	55	5	56	7	56	7	57	6
TINGGI BADAN	163	7	165	3	164	6	166	6	165	5

Lanjutan Lampiran 2. Analisis Variabel Kendali

THE FOLLOWING RESULTS ARE FOR: KEL = 1.000

	UMUR	TB	BB
N OF CASES	30	30	30
MEAN	19.567	162.733	53.667
STANDARD DEV	1.165	6.586	5.228

THE FOLLOWING RESULTS ARE FOR: KEL = 2.000

	UMUR	TB	BB
N OF CASES	30	30	30
MEAN	20.000	164.767	54.600
STANDARD DEV	1.462	2.932	4.825

THE FOLLOWING RESULTS ARE FOR: KEL = 3.000

	UMUR	TB	BB
N OF CASES	30	30	30
MEAN	19.633	164.300	55.533
STANDARD DEV	1.159	5.748	6.699

THE FOLLOWING RESULTS ARE FOR: KEL = 4.000

	UMUR	TB	BB
N OF CASES	30	30	30
MEAN	20.033	166.033	56.133
STANDARD DEV	1.245	6.043	6.811

THE FOLLOWING RESULTS ARE FOR: KEL = 5.000

	UMUR	TB	BB
N OF CASES	30	30	30
MEAN	20.267	164.600	56.667
STANDARD DEV	0.944	4.854	6.375

Lanjutan Lampiran 2. Analisis Variabel Kendali

SUMMARY STATISTICS FOR UMUR

BARTLETT TEST FOR HOMOGENEITY OF GROUP VARIANCES

CHI-SQUARE = 5.561 DF= 4 PROBABILITY = 0.234

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	PROBABILITY
BETWEEN GROUPS	10.333	4	2.583	1.774	0.137
WITHIN GROUPS	211.167	145	1.456		

SUMMARY STATISTICS FOR TB

BARTLETT TEST FOR HOMOGENEITY OF GROUP VARIANCES

CHI-SQUARE = 18.968 DF= 4 PROBABILITY = 0.001

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	PROBABILITY
BETWEEN GROUPS	167.773	4	41.943	1.445	0.222
WITHIN GROUPS	4207.700	145	29.019		

SUMMARY STATISTICS FOR BB

BARTLETT TEST FOR HOMOGENEITY OF GROUP VARIANCES

CHI-SQUARE = 5.311 DF= 4 PROBABILITY = 0.257

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	PROBABILITY
BETWEEN GROUPS	173.173	4	43.293	1.186	0.320
WITHIN GROUPS	5293.467	145	36.507		

KEKUATAN OTOT KAKI AWAL, 6 DAN 12 MINGGU
LIMA MACAM PERLAKUAN

	KELOMPOK PERLAKUAN									
	AEROBIK 30 % MAKSIMAL		ANAEROBIK 30 % MAKSIMAL		AEROBIK 50 % MAKSIMAL		ANAEROBIK 50 % MAKSIMAL		KONTROL	
	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku
KEKUATAN OTOT KAKI AWAL	132	29	126	30	132	28	135	42	153	30
KEKUATAN OTOT KAKI 6 MING	182	31	166	36	168	33	186	50	157	30
KEKUATAN OTOT KAKI 12 MING	213	33	213	35	203	37	237	75	157	30

DAYA LEDAK AWAL, 6 DAN 12 MINGGU
LIMA MACAM PERLAKUAN

	KELOMPOK PERLAKUAN									
	AEROBIK 30 % MAKSIMAL		ANAEROBIK 30 % MAKSIMAL		AEROBIK 50 % MAKSIMAL		ANAEROBIK 50 % MAKSIMAL		KONTROL	
	Mean	simpang Baku	Mean	simpang Baku	Mean	simpang Baku	Mean	simpang Baku	Mean	simpang Baku
DAYA LEDAK AWAL	86	11	86	11	90	11	91	10	93	9
DAYA LEDAK 6 MING	89	12	90	11	93	11	95	11	95	9
DAYA LEDAK 12 MING	91	12	92	11	95	11	99	11	96	9

LINGKAR PAHA KANA AWAL, 6 DAN 12 MINGGU
LIMA MACAM PERLAKUAN

	KELOMPOK PERLAKUAN									
	AEROBIK 30 % MAKSIMAL		ANAEROBIK 30 % MAKSIMAL		AEROBIK 50 % MAKSIMAL		ANAEROBIK 50 % MAKSIMAL		KONTROL	
	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku
LINGKAR PAHA KANAN AWAL	31.08	1.64	31.57	3.18	36.93	2.92	37.39	2.47	34.46	3.37
LINGKAR PAHA KANAN 6 MING	32.77	2.28	33.60	2.86	37.52	2.88	38.67	2.46	34.65	3.35
LINGKAR PAHA KANAN 12 MING	33.27	2.87	34.48	2.80	38.08	2.90	39.78	2.47	34.85	3.43

LINGKAR PAHA KIRI AWAL, 6 DAN 12 MINGGU
LIMA MACAM PERLAKUAN

	KELOMPOK PERLAKUAN									
	AEROBIK 30 % MAKSIMAL		ANAEROBIK 30 % MAKSIMAL		AEROBIK 50 % MAKSIMAL		ANAEROBIK 50 % MAKSIMAL		KONTROL	
	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku
LINGKAR PAHA KIRI AWAL	30.81	1.84	31.10	3.19	36.34	2.77	37.27	3.14	34.08	3.41
LINGKAR PAHA KIRI 6 MING	32.73	2.51	33.47	3.15	37.05	2.73	38.27	2.51	34.26	3.41
LINGKAR PAHA KIRI 12 MING	34.10	2.83	34.10	2.84	37.68	2.70	39.56	2.46	34.45	3.50

LINGKAR BETIS KANAN AWAL, 6 DAN 12 MINGGU
LIMA MACAM PERLAKUAN

	KELOMPOK PERLAKUAN									
	AEROBIK 30 % MAKSIMAL		ANAEROBIK 30 % MAKSIMAL		AEROBIK 50 % MAKSIMAL		ANAEROBIK 50 % MAKSIMAL		KONTROL	
	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku
LINGKAR BETIS KANAN AWAL	22.73	2.00	23.40	1.67	25.11	2.33	26.06	1.91	23.09	1.91
LINGKAR BETIS KANAN 6 MING	23.35	1.17	24.44	1.63	25.52	2.30	26.89	1.84	23.19	1.90
LINGKAR BETIS KANAN 12 MING	24.36	1.59	25.29	1.85	26.11	2.19	27.79	1.88	23.36	1.98

LINGKAR BETIS KIRI AWAL, 6 DAN 12 MINGGU
LIMA MACAM PERLAKUAN

	KELOMPOK PERLAKUAN									
	AEROBIK 30 % MAKSIMAL		ANAEROBIK 30 % MAKSIMAL		AEROBIK 50 % MAKSIMAL		ANAEROBIK 50 % MAKSIMAL		KONTROL	
	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku	Mean	Simpang Baku
LINGKAR BETIS KIRI AWAL	22.53	1.99	23.30	1.71	24.79	2.30	25.72	1.83	22.97	1.87
LINGKAR BETIS KIRI 6 MING	23.36	1.59	24.31	1.67	25.33	2.29	26.70	1.93	23.10	1.90
LINGKAR BETIS KIRI 12 MING	24.52	1.93	25.02	1.69	25.90	2.21	27.68	1.93	23.21	1.93

Lampiran 9. Analisis Manova

title 'DATA DELTA POLA PADA POST 1'.

MAN ledaki kuat1 pahabeti

BY kelompok(0,4)/pri cell (all)/pri homo (all)/pri signif (all)/disc/desio.

150 cases accepted.

0 cases rejected because of out-of-range factor values.

0 cases rejected because of missing data.

5 non-empty cells.

1 design will be processed.

```

-----
                CELL NUMBER
                1  2  3  4  5
Variable
KELOMPOK      1  2  3  4  5
    
```

Cell Means and Standard Deviations

Variable .. LEDAK1

FACTOR	CODE	Mean	Std. Dev.	N	95 percent	Conf. Interval
KELOMPOK	kontrol	.456	.501	30	.269	.643
KELOMPOK	aerobik	1.408	.617	30	1.177	1.638
KELOMPOK	anaerobi	2.337	1.319	30	1.845	2.830
KELOMPOK	aerobik	1.355	1.678	30	.729	1.982
KELOMPOK	anaerobi	2.372	1.812	30	1.695	3.048
For entire sample		1.586	1.470	150	1.348	1.823

Variable .. KUATI

FACTOR	CODE	Mean	Std. Dev.	N	95 percent	Conf. Interval
KELOMPOK	kontrol	.030	.038	30	.016	.044
KELOMPOK	aerobik	4.106	1.890	30	3.400	4.812
KELOMPOK	anaerobi	2.744	1.733	30	2.097	3.391
KELOMPOK	aerobik	1.906	1.321	30	1.313	2.300
KELOMPOK	anaerobi	4.533	3.133	30	3.363	5.703
For entire sample		2.644	2.490	150	2.242	3.046

Variable .. PAHABET1

FACTOR	CODE	Mean	Std. Dev.	N	95 percent	Conf. Interval
KELOMPOK	kontrol	.031	.057	30	.009	.052
KELOMPOK	aerobik	2.742	2.325	30	1.874	3.610
KELOMPOK	anaerobi	4.465	3.058	30	3.323	5.607
KELOMPOK	aerobik	.496	.311	30	.380	.612
KELOMPOK	anaerobi	1.712	.602	30	1.488	1.937
For entire sample		1.689	2.353	150	1.510	2.269

PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Lanjutan Lampiran 9. Analisis Manova

***** ANALYSIS OF VARIANCE -- DESIGN *****

EFFECT .. KELOMPOK

Multivariate Tests of Significance (S = 3, M = 0, N = 70 1/2)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	.94062	16.55706	12.00	435.00	.000
Hotellings	1.93801	22.28901	12.00	425.00	.000
Wilks	.27548	19.81179	12.00	378.63	.000
Rois	.58587				

Eigenvalues and Canonical Correlations

Root No.	Eigenvalue	Pct.	Cum. Pct.	Canon Cor.
1	1.41469	74.93027	74.93027	.76342
2	.39797	21.07858	96.00885	.53355
3	.07535	3.99115	100.00000	.26471

Dimension Reduction Analysis

Roots	Wilks L.	F Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F	
1 TO 3	.27548	19.81179	12.00	378.63	.000
2 TO 3	.66520	10.85252	5.00	288.00	.000
3 TO 3	.92993	5.46312	2.00	145.00	.005

Univariate F-tests with (4,145) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
LEDAK1	76.32131	245.65550	19.08033	1.69416	11.26231	.000
KUAT1	397.48265	526.11150	99.37066	3.82936	27.38725	.000
PAHABET1	383.68645	441.26286	95.92161	3.04319	31.52006	.000

Averaged F-test with (12,435) D. F.

VARIABLES	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
1 to 3	857.49040	1213.02986	71.45753	2.78857	25.62511	.000

Lampiran 10. Analisis Manova

title 'DATA DELTA POLA PADA POST 2'.

MAN ledak2 kuat2 pahabet2

BY kelompok(0,4)/pri cell (all)/pri homo (all)/pri signif (all)/disc/deg.

150 cases accepted.

0 cases rejected because of out-of-range factor values.

0 cases rejected because of missing data.

5 non-empty cells.

1 design will be processed.

```

-----
                CELL NUMBER
                1   2   3   4   5
Variable
  KELOMPOK      1   2   3   4   5
    
```

Cell Means and Standard Deviations

Variable .. LEDAK2

FACTOR	CODE	Mean	Std. Dev.	N	95 percent Conf. Interval
KELOMPOK	kontrol	.574	.453	30	.405 .743
KELOMPOK	aerobik	2.353	1.192	30	1.908 2.798
KELOMPOK	anaerobi	3.762	1.539	30	3.188 4.337
KELOMPOK	aerobik	1.911	1.621	30	1.306 2.517
KELOMPOK	anaerobi	5.790	3.916	30	5.365 8.215
For entire sample		3.078	2.938	150	2.604 3.552

Variable .. KUAT2

FACTOR	CODE	Mean	Std. Dev.	N	95 percent Conf. Interval
KELOMPOK	kontrol	.026	.030	30	.015 .038
KELOMPOK	aerobik	6.210	2.142	30	5.410 7.009
KELOMPOK	anaerobi	7.411	2.651	30	6.421 8.401
KELOMPOK	aerobik	5.195	2.717	30	4.190 6.200
KELOMPOK	anaerobi	8.850	4.115	30	7.314 10.387
For entire sample		5.538	4.018	150	4.890 6.197

Variable .. PAHABET2

FACTOR	CODE	Mean	Std. Dev.	N	95 percent Conf. Interval
KELOMPOK	kontrol	.066	.106	30	.027 .106
KELOMPOK	aerobik	5.938	3.218	30	4.736 7.139
KELOMPOK	anaerobi	4.894	2.597	30	3.924 5.864
KELOMPOK	aerobik	.877	.426	30	.718 1.036
KELOMPOK	anaerobi	3.240	.761	30	2.956 3.524
For entire sample		3.003	2.931	150	2.530 3.476

Lanjutan lampiran 10. Analisis Manova

***** ANALYSIS OF VARIANCE -- DESIGN I *****

EFFECT .. KELOMPOK

Multivariate Tests of Significance (S = 3, M = 0, N = 70 1/2)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	1.72505	28.57743	12,00	435,00	.000
Hotelling's	3.89854	46.02448	12,00	425,00	.000
Wilks	.11967	38.83945	12,00	378,63	.000
Roy's	.73559				

Eigenvalues and Canonical Correlations

Root No.	Eigenvalue	Pct.	Cum. Pct.	Canon Cor.
1	2.78203	71.36066	71.36066	.85767
2	1.02593	26.31575	97.67642	.71162
3	.09059	2.32358	100.00000	.28820

Dimension Reduction Analysis

Roots	Wilks L.	F Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F	
1 TO 3	.11967	38.83945	12,00	378,63	.000
2 TO 3	.45260	23.34827	6,00	288,00	.000
3 TO 3	.71694	6.56747	2,00	145,00	.002

Univariate F-tests with (4,145) D, F,

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
LEDAK2	.672,06511	614,46295	168,01628	4,23768	39,64822	.000
KUAT2	1762,83265	1042,08277	340,70816	7,19678	47,40764	.000
PAHARETZ	761,58189	518,04607	190,39547	3,57480	53,26045	.000

Averaged F-test with (12,435) D, F,

VARIABLES	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
1 to 3	2796,47965	2174,89179	233,03997	4,99975	46,81031	.000

Lanjutan lampiran 10. Analisis Manova

MAN ledaki kuati pahabet1
 BY kelompok(0,4)/pri cell (all)/pri homo (all)/pri signif (all)/disc/desig.

150 cases accepted.
 0 cases rejected because of out-of-range factor values.
 0 cases rejected because of missing data.
 5 non-empty cells.

1 design will be processed.

```

-----
                CELL NUMBER
                1   2   3   4   5
Variable
  KELOMPOK      1   2   3   4   5
    
```

Cell Means and Standard Deviations
 Variable .. LEDAK1

FACTOR	CODE	Mean	Std. Dev.	N	95 percent Conf. Interval	
KELOMPOK	0	1,680	1,948	30	,990	2,370
KELOMPOK	1	2,963	1,300	30	2,478	3,449
KELOMPOK	2	3,393	2,192	30	3,065	4,702
KELOMPOK	3	2,863	3,345	30	1,540	4,187
KELOMPOK	4	3,300	2,903	30	2,716	4,884
For entire sample		3,038	2,579	150	2,622	3,454

```

-----
Variable .. KUATI

```

FACTOR	CODE	Mean	Std. Dev.	N	95 percent Conf. Interval	
KELOMPOK	0	3,393	4,847	30	2,083	5,703
KELOMPOK	1	49,623	22,847	30	41,092	58,155
KELOMPOK	2	40,397	25,520	30	30,867	49,926
KELOMPOK	3	32,553	23,802	30	23,666	41,441
KELOMPOK	4	51,927	35,322	30	38,450	65,203
For entire sample		35,359	29,908	150	30,333	40,384

```

-----
Variable .. PAHABET1

```

FACTOR	CODE	Mean	Std. Dev.	N	95 percent Conf. Interval	
KELOMPOK	0	,151	,282	30	,046	,257
KELOMPOK	1	1,268	1,075	30	,867	1,670
KELOMPOK	2	1,511	1,103	30	1,199	2,023
KELOMPOK	3	,564	,353	30	,432	,696
KELOMPOK	4	1,025	,360	30	,591	1,160
For entire sample		,924	,891	150	,780	1,068

Lanjutan lampiran 10. Analisis Manova

***** ANALYSIS OF VARIANCE — DESIGN 1 *****

EFFECT .. KELOMPOK

Multivariate Tests of Significance (B = 3, M = 0, N = 70 1/2)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	.60909	9.23476	12.00	435.00	.000
Hotelling's	1.09958	12.98111	12.00	425.00	.000
Wilks	.44902	11.15110	12.00	378.63	.000
Roy's	.49305				

Eigenvalues and Canonical Correlations

Root No.	Eigenvalue	Pct.	Cum. Pct.	Canon Cor.
1	.77257	88.44975	88.44975	.70217
2	.10854	9.87108	98.32083	.31291
3	.01846	1.67917	100.00000	.13464

Dimension Reduction Analysis

Roots	Wilks L.	F Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F	
1 TO 3	.44902	11.15110	12.00	378.63	.000
2 TO 3	.88573	5.00270	8.00	288.00	.007
3 TO 3	.98187	1.33362	2.00	145.00	.265

Univariate F-tests with (4,145) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
LEDAX1	95.25440	895.10898	23.81310	6.18006	3.85370	.005
KUAT1	44926.3285	88349.2158	11231.5821	609.30494	18.43343	.000
PAHABET1	39.82998	78.62274	9.95750	.64154	18.38750	.000

Averaged F-test with (12,435) D. F.

VARIABLES	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
1 to 3	45061.42291	89323.84753	3755.11858	205.34218	18.28713	.000

Lanjutan lampiran 10. Analisis Manova

***** ANALYSIS OF VARIANCE -- DESIGN 1 *****

EFFECT .. CONSTANT

Multivariate Tests of Significance (S = 1, M = 1/2, N = 70 1/2)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	.83949	249.29865	3.00	143.00	.000
Hotellings	5.23004	249.29865	3.00	143.00	.000
Wilks	.16051	249.29865	3.00	143.00	.000
Ross	.83949				

Eigenvalues and Canonical Correlations

Root No.	Eigenvalue	Pct.	Cum. Pct.	Canon Cor.
1	5.23004	100.00000	100.00000	.91624

Univariate F-tests with (1,143) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
LEDAK1	1384.41659	896.10898	1384.41659	6.18006	224.01333	.000
KUAT1	190731.076	88349.2158	190731.076	609.30494	313.03053	.000
PAHABET1	128.02944	78.52274	128.02944	.54154	236.41903	.000

Averaged F-test with (3,435) D. F.

VARIABLES	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
1 to 3	192243.62230	39323.84753	64081.17410	205.34218	312.07020	.000

Lampiran 11. Analisis Diskriminan

dsc group KELOMPOK(0,4)/VAR ledak1 kuati pahabet1
/met rad/ana all/stat all.

----- DISCRIMINANT ANALYSIS -----

On groups defined by KELOMPOK

150 (unweighted) cases were processed.
0 of these were excluded from the analysis.
150 (unweighted) cases will be used in the analysis.

Number of Cases by Group

KELOMPOK	Number of Cases		Label
	Unweighted	Weighted	
0	30	30.0	
1	30	30.0	
2	30	30.0	
3	30	30.0	
4	30	30.0	
Total	150	150.0	

Group Means

KELOMPOK	LEDAK1	KUATI	PAHABET1
0	1.68000	3.89333	.15133
1	2.96333	49.62333	1.26833
2	3.88333	40.39667	1.61100
3	2.86333	32.55333	.56358
4	3.80000	51.82667	1.02508
Total	3.03800	35.68667	.92387

Group Standard Deviations

KELOMPOK	LEDAK1	KUATI	PAHABET1
0	1.84772	4.84703	.28214
1	1.29973	22.84703	1.07639
2	2.19153	25.52042	1.10319
3	3.54464	23.80176	.35340
4	2.90339	35.82218	1.36012
Total	2.57944	29.90764	.89124

Wilks' Lambda (U-statistic) and univariate F-ratio
with 4 and 145 degrees of freedom

Variable	Wilks' Lambda	F	Significance
LEDAK1	.90391	3.854	.0053
KUATI	.66291	18.43	.0000
PAHABET1	.66346	18.39	.0000

Lanjutan lampiran 11. Analisis Diskriminan

----- DISCRIMINANT ANALYSIS -----

On groups defined by KELOMPOK

Analysis number 1

Stepwise variable selection

Selection rule: Maximize Rao's V
 Maximum number of steps..... 6
 Minimum Tolerance Level..... .00100
 Minimum F to enter..... 1.0000
 Maximum F to remove..... 1.0000
 Minimum increase in Rao's V..... .00000

Canonical Discriminant Functions

Maximum number of functions..... 3
 Minimum cumulative percent of variance... 100.00
 Maximum significance of Wilks' Lambda... 1.0000

Prior probability for each group is .20000

----- Variables not in the analysis after step 0 -----

Variable	Tolerance	Minimum Tolerance	F to enter	Rao's V
LEDAK1	1.0000000	1.0000000	3.9537	15.41490
KUATI	1.0000000	1.0000000	18.433	73.73373
PAHABET1	1.0000000	1.0000000	18.738	73.55001

At step 1, KUATI was included in the analysis.

	Wilks' Lambda	Degrees of Freedom	Signif. Between Groups
Wilks' Lambda	.38291	1 4	145.0
Equivalent F	18.4334	4	145.0 .0000
Rao's V	73.73373	4	.0000 (APPROX.)

----- Variables in the analysis after step 1 -----

Variable	Tolerance	F to remove	Rao's V
KUATI	1.0000000	18.433	

----- Variables not in the analysis after step 1 -----

Variable	Tolerance	Minimum Tolerance	F to enter	Rao's V
LEDAK1	.9970258	.9970258	3.4473	92.56795
PAHABET1	.9995839	.9995839	14.008	144.7616

IR PERPUSTAKAAN UNIVERISTAS AIRLANGGA
Lanjutan lampiran 11. Analisis Diskriminan

F statistics and significances between pairs of groups after step 1
 Each F statistic has 1 and 145,0 degrees of freedom.

Group	0	1	2	3
1	51.482 .0000			
2	32.804 .0000	2.0958 .1499		
3	20.221 .0000	7.1734 .0083	1.5145 .2205	
4	56.563 .0000	.11951 .7301	3.2162 .0750	9.1447 .0030

At step 2, PAHABET1 was included in the analysis.

	Wilks' Lambda	Degrees of Freedom	Signif. Between Groups
	.47721	2 4	145,0
	16.1130	8	288,0 .0000
	144.9616	8	.0000 (APPROX.)

----- Variables in the analysis after step 2 -----

Variable	Tolerance	F to remove	Rao's V
XUAT1	.9995837	14.050	
PAHABET1	.9995837	14.008	

----- Variables not in the analysis after step 2 -----

Variable	Tolerance	Minimum Tolerance	F to enter	Rao's V
LEDAK1	.9909096	.9909096	2.2444	159.4386

F statistics and significances between pairs of groups after step 2
 Each F statistic has 2 and 144,0 degrees of freedom.

Group	0	1	2	3
1	41.387 .0000			
2	44.721 .0000	2.7097 .0700		
3	12.186 .0000	10.196 .0001	15.710 .0000	
4	37.902 .0000	.88251 .4160	8.4335 .0021	7.3244 .0009

Lanjutan Lampiran 11. Analisis Diskriminan

At step 3, LEDAK1 was included in the analysis.

		Degrees of Freedom	Signif.	Between Groups
Wilks' Lambda	.44902	3 4	145.0	
Approximate F	11.1511	12	378.6	.0000
RAO'S V	159.4386	12		.0000 (APPROX.)

----- Variables in the analysis after step 3 -----

Variable	Tolerance	F to remove	Rao's V
LEDAK1	.9909096	2.2444	
KUAT1	.9984170	13.957	
PAHABET1	.9934520	12.416	

F statistics and significances between pairs of groups after step 3
 Each F statistic has 3 and 143.0 degrees of freedom.

Group	0	1	2	3
1	28.982 .0000			
2	32.705 .0000	2.2804 .0819		
3	9.2984 .0000	6.7503 .0003	10.900 .0000	
4	28.350 .0000	1.2560 .2919	4.2741 .0064	5.5360 .0013

F level or tolerance or VIN insufficient for further computation.

Summary Table

Step	Action	Vars	Wilks' Lambda	Sig.	Rao's V	Sig.	Change in V	Sig.	Label
1	KUAT1	1	.66291	.0000	73.73373	.0000	73.73373	.0000	
2	PAHABET1	2	.47721	.0000	144.96160	.0000	71.22787	.0000	
3	LEDAK1	3	.44902	.0000	159.43860	.0000	14.47700	.0059	

Classification Function Coefficients
 (Fisher's Linear Discriminant Functions)

	0	1	2	3	4
LEDAK1	.2713997	.4749769	.6019047	.4733001	.6241308
KUAT1	.7756702E-02	.8273670E-01	.6792005E-01	.5549173E-01	.8747079E-01
PAHABET1	.2034773	2.161819	2.771675	.8795061	1.670558
(constant)	-1.867910	-5.736984	-6.382592	-3.438104	-5.918177

Lanjutan Lampiran 11. Analisis Diskriminan

Canonical Discriminant Functions

Function	Eigenvalue	Percent of Variance	Cumulative Percent	Canonical Correlation	: After Function	Wilks' Lambda	Chi-squared	D.F.	Significance
					0	.4490245	116.10	12	.0000
1*	.97257	88.45	88.45	.7021737	1	.8857334	17.594	6	.0073
2*	.10854	9.87	98.32	.3129100	2	.9818710	2.6528	2	.2654
3*	.01846	1.68	100.00	.1346439					

* marks the 3 canonical discriminant functions remaining in the analysis.

Standardized Canonical Discriminant Function Coefficients

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
LEDAK1	.29135	.11217	.95483
KUAT1	.68945	.68880	-.23197
PAHABET1	.64393	-.74513	-.19162

Structure Matrix:

Pooled-within-groups correlations between discriminating variables
and canonical discriminant functions
(Variables ordered by size of correlation within function)

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
KUAT1	.66670*	.66748	-.28795
PAHABET1	.68045	-.72244*	-.12276
LEDAK1	.30339	.01717	.95271*

Unstandardized Canonical Discriminant Function Coefficients

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
LEDAK1	.1171986	.4512118E-01	.3840881
KUAT1	.2793100E-01	.2790455E-01	-.9397415E-02
PAHABET1	.8750354	-1.012559	-.2603981
(constant)	-2.160448	-.1966476	-.5911872

Canonical Discriminant Functions evaluated at Group Means (Group Centroids)

Group	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
0	-1.72239	-.16544	-.02191
1	.68272	.03752	-.24961
2	.83268	-.52541	.10123
3	-.42247	.27027	.05591
4	.62946	.38306	.11438

IR PERPUSTAKAAN UNIVERISTAS AIRLANGGA
Lanjutan Lampiran 11. Analisis Diskriminan

Test of equality of group covariance matrices using Box's M

The ranks and natural logarithms of determinants printed are those of the group covariance matrices.

Group Label	Rank	Log Determinant
0	3	1.316529
1	3	6.764621
2	3	8.096937
3	3	6.769465
4	3	6.909209
Pooled Within-Groups Covariance Matrix	3	7.610753

Box's M	Approximate F	Degrees of freedom	Significance
223.21	8.8778	24,	58051.3 .0000

----- DISCRIMINANT ANALYSIS -----

On groups defined by KELompok

Analysis number 2

Direct method: All variables passing the tolerance test are entered.

Minimum Tolerance Level..... .00100

Canonical Discriminant Functions

Maximum number of functions..... 3

Minimum cumulative percent of variance... 100.00

Maximum significance of Wilks' Lambda.... 1.0000

Prior probability for each group is .20000

Classification Function Coefficients
(Fisher's Linear Discriminant Functions)

KELompok=	0	1	2	3	4
LEDAKI	.2713997	.4749769	.6019047	.4733001	.6241308
KUATI	.7756702E-02	.3273670E-01	.6792005E-01	.5549173E-01	.8747079E-01
PAHABET1	.2034773	2.161819	2.771675	.8795061	1.670558
(constant)	-1.867910	-5.736984	-6.382592	-3.438104	-5.918177

Canonical Discriminant Functions

Function	Eigenvalue	Percent Variance	Cumulative Percent	Canonical Correlation	: After Function	Wilks' Lambda	Chi-squared	D.F.	Significance
					0	.4490245	116.10	12	.0000
1*	.97257	88.45	88.45	.7021737	1	.8857334	17.594	6	.0073
2*	.10854	9.87	98.32	.3129100	2	.9813710	2.6528	2	.2654
3*	.01846	1.68	100.00	.1346439	:				

* marks the 3 canonical discriminant functions remaining in the analysis.

Lanjutan Lampiran 11. Analisis Diskriminan

Standardized Canonical Discriminant Function Coefficients

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
LEDAK1	.29135	.11217	.95483
KUAT1	.68945	.68880	-.23197
PAHABET1	.64393	-.74513	-.19162

Structure Matrix:

Pooled-within-groups correlations between discriminating variables
and canonical discriminant functions
(Variables ordered by size of correlation within function)

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
KUAT1	.68670*	.66748	-.28795
PAHABET1	.68045	-.72244*	-.12276
LEDAK1	.30339	.01717	.95271*

Unstandardized Canonical Discriminant Function Coefficients

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
LEDAK1	.1171986	.4512118E-01	.3840881
KUAT1	.2793100E-01	.2790455E-01	-.9397415E-02
PAHABET1	.8750354	-1.012559	-.2603981
(constant)	-2.160448	-.1966476	-.5911872

Canonical Discriminant Functions evaluated at Group Means (Group Centroids)

Group	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
0	-1.72239	-.16544	-.02191
1	.68272	.03752	-.24961
2	.83268	-.52541	.10123
3	-.42247	.27027	.05591
4	.62946	.38306	.11438

Test of equality of group covariance matrices using Box's M

The ranks and natural logarithms of determinants printed are those
of the group covariance matrices.

Group Label	Rank	Log Determinant
0	3	1.916529
1	3	6.764621
2	3	8.096937
3	3	6.769465
4	3	6.909209
Pooled Within-Groups Covariance Matrix	3	7.610753

Box's M	Approximate F	Degrees of freedom	Significance
223.21	8.8798	24,	.0000

Lanjutan lampiran 11. Analisis Diskriminan

----- DISCRIMINANT ANALYSIS -----

On groups defined by KELOMPOK

Analysis number.. 1

Number of Canonical Discriminant Functions.. 3

List of the 3 Variables used..

Variable Label

LEDAK1
 KUAT1
 PAHABET1

Classification Results -

Actual Group	No. of Cases	Predicted Group Membership				
		0	1	2	3	4
Group 0	30	29 96.7%	0 .0%	0 .0%	1 3.3%	0 .0%
Group 1	30	2 6.7%	6 20.0%	11 36.7%	6 20.0%	5 16.7%
Group 2	30	1 3.3%	0 .0%	16 53.3%	10 33.3%	3 10.0%
Group 3	30	9 30.0%	0 .0%	1 3.3%	12 40.0%	8 26.7%
Group 4	30	1 3.3%	7 23.3%	4 13.3%	4 13.3%	11 36.7%

Percent of "grouped" cases correctly classified: 51.33%

Classification Processing Summary

150 Cases were processed.

0 Cases were excluded for missing or out-of-range group codes.

0 Cases had at least one missing discriminating variable.

150 Cases were used for printed output.

Lampiran 12. Analisis Diskriminan

MAN ledak2 kuat2 bahabet2

BY kelompok(0,4)/pri cell (all)/pri homo (all)/pri signif (all)/disc/desiq.

150 cases accepted.

0 cases rejected because of out-of-range factor values.

0 cases rejected because of missing data.

5 non-empty cells.

1 design will be processed.

```

-----
                CELL NUMBER
                1  2  3  4  5
Variable
  KELOMPOK    1  2  3  4  5
    
```

Cell Means and Standard Deviations

Variable .. LEDAK2

FACTOR	CODE	Mean	Std. Dev.	N	95 percent Conf. Interval	
KELOMPOK	0	2.360	1.863	30	1.664	3.056
KELOMPOK	1	4.917	2.492	30	3.986	5.847
KELOMPOK	2	6.053	2.476	30	5.129	6.978
KELOMPOK	3	4.087	3.465	30	2.793	5.381
KELOMPOK	4	7.937	4.461	30	5.271	9.602
For entire sample		5.071	3.580	150	4.493	5.648

Variable .. KUAT2

FACTOR	CODE	Mean	Std. Dev.	N	95 percent Conf. Interval	
KELOMPOK	0	4.360	4.973	30	2.503	6.217
KELOMPOK	1	80.807	27.868	30	70.461	91.213
KELOMPOK	2	86.807	31.052	30	75.212	98.402
KELOMPOK	3	71.163	37.223	30	57.264	85.063
KELOMPOK	4	92.867	43.088	30	76.577	109.156
For entire sample		57.181	44.924	150	59.913	74.409

Variable .. PAHASE2

FACTOR	CODE	Mean	Std. Dev.	N	95 percent Conf. Interval	
KELOMPOK	0	.319	.506	30	.130	.507
KELOMPOK	1	2.527	1.370	30	2.016	3.038
KELOMPOK	2	2.378	1.282	30	1.907	2.849
KELOMPOK	3	1.150	.559	30	.941	1.358
KELOMPOK	4	2.093	.491	30	1.909	2.276
For entire sample		1.693	1.241	150	1.493	1.893

Lanjutan Lampiran 12. Analisis Diskriminan

***** ANALYSIS OF VARIANCE -- DESIGN 1 *****

EFFECT .. KELOMPOK

Multivariate Tests of Significance (S = 3, M = 0, N = 70 1/2)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	.86631	14.71811	12.00	435.00	.000
Hotelling	2.11626	24.98358	12.00	425.00	.000
Wilks	.27690	19.71196	12.00	378.63	.000
Roys	.55151				

Eigenvalues and Canonical Correlations

Root No.	Eigenvalue	Pct.	Cum. Pct.	Canon Cor.
1	1.36954	88.34191	88.34191	.80716
2	.16174	3.56800	91.90991	.39216
3	.06477	3.07009	100.00000	.24700

Dimension Reduction Analysis

Roots	Wilks L	F Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F	
1 TO 3	.27690	19.71196	12.00	378.63	.000
2 TO 3	.77458	5.84826	6.00	288.00	.000
3 TO 3	.70899	4.71339	2.00	145.00	.010

Univariate F-tests with (4,145) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
LEJAK2	826.57826	1063.91264	131.39457	9.54423	13.76692	.000
KUAT2	135460.092	145225.905	38870.0981	1001.55797	38.30963	.000
P4448670	105.26798	124.06787	26.31700	.85564	30.75707	.000

Averaged F-test with (12,435) D. F.

VARIABLES	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
1 to 3	136111.07366	146733.98567	13009.26986	337.31923	38.56664	.000

Lanjutan Lampiran 12. Analisis Diskriminan

W

***** ANALYSIS OF VARIANCE -- DESIGN 1 *****

EFFECT .. CONSTANT

Multivariate Tests of Bionificance (S = 1, M = 1/2, N = 70 1/2)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	.90829	472.09023	3.00	143.00	.000
Hotelling's	9.90399	472.09023	3.00	143.00	.000
Wilks	.09171	472.09023	3.00	143.00	.000
Roy	.90829				

Eigenvalues and Canonical Correlations

Root No.	Eigenvalue	Pct.	Cum. Pct.	Canon Cor.
1	9.90399	100.00000	100.00000	.95304

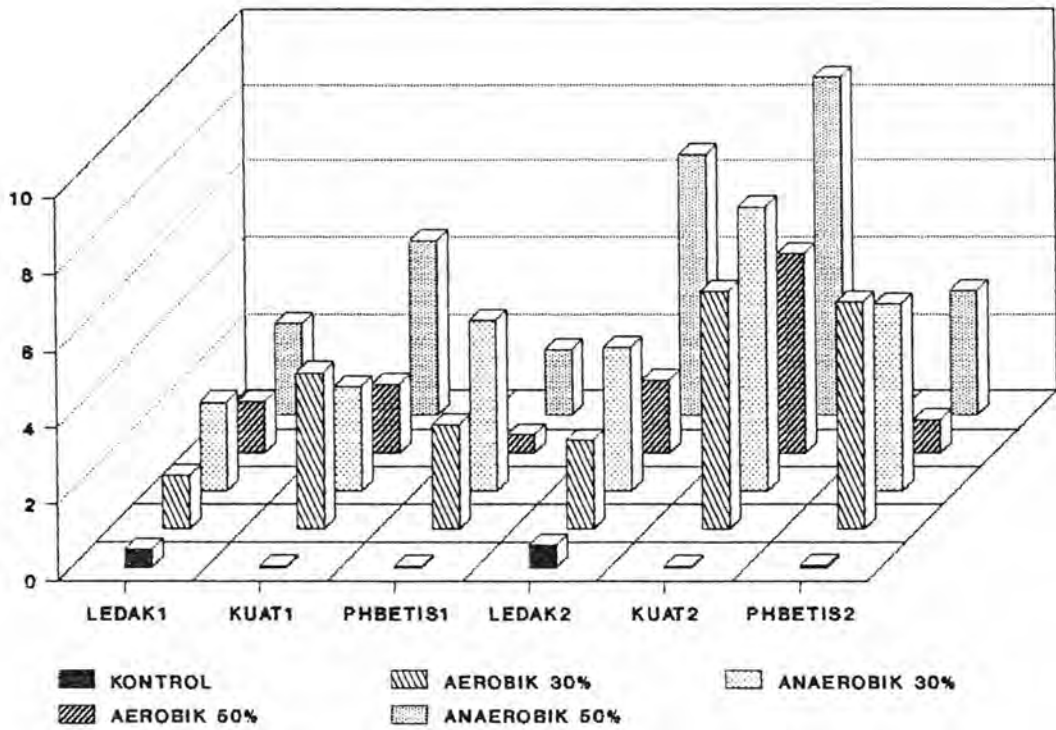
Univariate F-tests with (1,146) D. F.

variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
LEDAK2	3856.74906	1383.91264	3856.74906	9.54420	404.09242	.000
KUAT2	676583.272	145225.905	676583.272	1001.55797	675.50082	.000
PERABET2	430.03047	124.06787	430.03047	.95564	502.58313	.000

Averaged F-test with (3,433) D. F.

VARIABLE	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
1 to 3	680670.05189	146733.38367	226890.01729	337.31928	672.82453	.000

GRAFIK POLA



Lampiran 14. Besaran Pola Komplemen Variabel

disc group KELOMPOK(0,4)/VAR ledak2 kuat2 pahabet2
/met rao/ana all/stat all.

----- DISCRIMINANT ANALYSIS -----

On groups defined by KELOMPOK

150 (unweighted) cases were processed.
0 of these were excluded from the analysis.
150 (unweighted) cases will be used in the analysis.

Number of Cases by Group

KELOMPOK	Number of Cases		Label
	Unweighted	Weighted	
0	30	30.0	
1	30	30.0	
2	30	30.0	
3	30	30.0	
4	30	30.0	
Total	150	150.0	

Group Means

KELOMPOK	LEDAK2	KUAT2	PAHABET2
0	2.36000	4.36000	.31850
1	4.91667	80.80667	2.52700
2	6.05333	86.80667	2.37808
3	4.08667	71.16333	1.14975
4	7.83667	92.66667	2.19258
Total	6.07067	67.16067	1.69318

Group Standard Deviations

KELOMPOK	LEDAK2	KUAT2	PAHABET2
0	1.86818	4.47273	.50601
1	2.49168	27.96801	1.36972
2	2.47647	31.05214	1.26199
3	3.46507	37.22341	.55866
4	4.46113	43.03349	.49123
Total	3.57986	44.92397	1.24063

Wilks' Lambda (U-statistic) and Univariate F-ratio
with 4 and 145 degrees of freedom

Variable	Wilks' Lambda	F	Significance
LEDAK2	.72475	13.77	.0000
KUAT2	.48295	38.81	.0000
PAHABET2	.54099	30.76	.0000

Lanjutan lampiran 14. Besaran Pola Komplemen Variabel

----- DISCRIMINANT ANALYSIS -----

On groups defined by KELOMPOK

Analysis number 1

Stepwise variable selection

Selection rule: Maximize Rao's V
 Maximum number of steps..... 6
 Minimum Tolerance Level..... .00100
 Minimum F to enter..... 1.0000
 Maximum F to remove..... 1.0000
 Minimum increase in Rao's V..... .00000

Canonical Discriminant Functions

Maximum number of functions..... 3
 Minimum cumulative percent of variance... 100.00
 Maximum significance of Wilks' Lambda.... 1.0000

Prior probability for each group is .20000

----- Variables not in the analysis after step 0 -----

Variable	Tolerance	Minimum Tolerance	F to enter	Rao's V
LEDAK2	1.0000000	1.0000000	13.767	55.06767
KUAT2	1.0000000	1.0000000	38.810	155.2385
PAHARET2	1.0000000	1.0000000	20.757	123.0283

At step 1, KUAT2 was included in the analysis.

Wilks' Lambda	Degrees of Freedom	Signif. Between Groups
.48295	1 4	145.0
Equivalent F	38.8096	4 145.0
RAO'S V	155.2385	4 .0000 (APPROX.)

----- Variables in the analysis after step 1 -----

Variable	Tolerance	F to remove	Rao's V
KUAT2	1.0000000	38.810	

----- Variables not in the analysis after step 1 -----

Variable	Tolerance	Minimum Tolerance	F to enter	Rao's V
LEDAK2	.9890799	.9890799	10.640	229.2652
PAHARET2	.9838954	.9838954	15.035	251.3161

Lanjutan lampiran 14. Besaran Pola Komplemen Variabel

F statistics and significances between pairs of groups after step 1
 Each F statistic has 1 and 145.0 degrees of freedom.

Group	0	1	2	3
1	97.525 .0000			
2	101.80 .0000	.53916 .4540		
3	66.836 .0000	1.3927 .2399	3.6650 .0579	
4	116.79 .0000	2.1066 .1488	.51429 .4744	6.9251 .0094

At step 2, RAHABET2 was included in the analysis.

Wilks' Lambda	Degrees of Freedom	Signif. Between Groups
.34067	2 4	145.0
25.6789	8	288.0 .0000
251.3161	3	.0000 (APPROX.)

----- Variables in the analysis after step 2 -----

Variable	Tolerance	F to remove	Radj's V
KLAT2	.9838954	21.169	
RAHABET2	.9933954	15.036	

----- Variables not in the analysis after step 2 -----

Variable	Tolerance	Minimum Tolerance	F to enter	Radj's V
LEDAK2	.9557389	.9503311	8.2327	306.8572

F statistics and significances between pairs of groups after step 2
 Each F statistic has 1 and 144.0 degrees of freedom.

Group	0	1	2	3
1	75.244 .0000			
2	77.763 .0000	.52695 .5915		
3	36.200 .0000	16.613 .0000	13.737 .0000	
4	75.505 .0000	3.0710 .0494	1.0905 .3388	10.029 .0001

Lanjutan lampiran 14. Besaran Pola Komplemen Variabel

At step 3, LEDAK2 was included in the analysis.

		Degrees of Freedom		Signif.	Between Groups
Wilks' Lambda	,27590	3	4	145,0	
Approximate F	19,7120	12	378,0	,0000	
RAO'S V	306,8572	12		,0000 (APPROX.)	

----- Variables in the analysis after step 3 -----

Variable	Tolerance	F to remove	RAO'S V
LEDAK2	,9553389	5,2327	
KUAT2	,9675689	11,500	
PAHABET2	,9503312	12,172	

F statistics and significances between pairs of groups after step 3.
Each F statistic has 3 and 143,0 degrees of freedom.

Group	0	1	2	3
1	52,967 ,0000			
2	57,917 ,0000	1,2661 ,2977		
3	25,232 ,0000	11,004 ,0000	10,291 ,0000	
4	67,505 ,0000	9,4211 ,0000	3,1929 ,0258	13,400 ,0000

F level or tolerance or VIN insufficient for further computation.

Summary Table

Step	Action	Vars	Wilks'	Change	Label					
	Entered	Removed	In	Lambda	Sig.	RAO'S V	Sig.	on V	Sig.	Label
1	KUAT2	1	,46295	,0000	155,23854	,0000	155,23854	,0000		
2	PAHABET2	2	,34067	,0000	251,31613	,0000	96,07766	,0000		
3	LEDAK2	3	,27590	,0000	306,85721	,0000	55,54107	,0000		

Classification Function Coefficients
(Fisher's Linear Discriminant Functions)

XELOMPOK=	0	1	2	3	4
LEDAK2	,2432001	,4785547	,6215406	,4677315	,3554888
KUAT2	,9059995E-02	,7634728E-01	,6537876E-01	,7299425E-01	,9550655E-01
PAHABET2	,2087028	2,349673	2,057912	,7628955	1,546270
(constant)	-1,942861	-9,359583	-9,643300	-5,600996	-11,04939

Lanjutan lampiran 14. Besaran Pola Komplemen Variabel

Canonical Discriminant Functions

Function	Eigenvalue	Percent Variance	Cumulative Percent	Canonical Correlation	After Function	Wilks' Lambda	Chi-squared	D.F.	Significance
					0	.2769021	136.19	12	.0000
1*	1.86954	88.34	88.34	.9071631	1	.7945821	33.341	6	.0000
2*	.18174	8.59	96.93	.3921647	2	.9389927	9.1274	2	.0104
3*	.06497	3.07	100.00	.2469965					

* marks the 3 canonical discriminant functions remaining in the analysis.

Standardized Canonical Discriminant Function Coefficients

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
LEDAK2	.79870	.65095	.58260
KUAT2	.72576	.38909	-.39616
PAHABET2	.47467	-.86872	.26885

Structure Matrix:

Pooled-within-groups correlations between discriminating variables
and canonical discriminant functions
(Variables ordered by size of correlation within function)

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
KUAT2	.74459*	.21082	-.63337
PAHABET2	.63373	-.70937*	.30852
LEDAK2	.40068	.46353	.79032*

Unstandardized Canonical Discriminant Function Coefficients

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
LEDAK2	.1262887	.2107051	.2209500
KUAT2	.12297261E-01	.1229457E-01	-.1680743E-01
PAHABET2	.5170537	-.9391449	.2906509
(constant)	-5.051642	-.3039822	-.3475332

Canonical Discriminant Functions evaluated at Group Means (Group Centroids)

Group	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
0	-2.49336	-.05223	.18453
1	.72106	-.64773	-.04873
2	.92806	-.19463	.04611
3	-.31331	.35224	-.45076
4	1.15756	.54237	.26886

Test of equality of group covariance matrices using Box's M

The ranks and natural logarithms of determinants printed are those of the group covariance matrices.

Group Label	Rank	Log Determinant
0	3	3,060056
1	3	8,785593
2	3	8,879783
3	3	8,442148
4	3	9,004908
Pooled Within-Groups Covariance Matrix	3	8,947418

Box's M	Approximate F	Degrees of freedom	Significance
190,37	7,5734	24,	58031,3 .0000

----- DISCRIMINANT ANALYSIS -----

On groups defined by KELOMPOK

Analysis number 2
 Direct method: All variables passing the tolerance test are entered.
 Minimum Tolerance Level..... .00100

Canonical Discriminant Functions

Maximum number of functions..... 3
 Minimum cumulative percent of variance... 100,00
 Maximum significance of Wilks Lambda.... 1,0000

Prior probability for each group is .20000

Classification Function Coefficients
 (Fisher's Linear Discriminant Functions)

KELOMPOK=	0	1	2	3	4
LEDAKZ	.2432001	.4785547	.6215406	.4677315	.8554688
KUATZ	.6059998E-02	.7634728E-01	.8537876E-01	.7299405E-01	.9550655E-01
PAHABETZ	.2087028	2,349673	2,057912	.7628955	1,548270
(constant)	-1,942861	-8,859583	-9,643300	-5,800996	-11,04938

Canonical Discriminant Functions

Function	Eigenvalue	Percent of Variance	Cumulative Percent	Canonical Correlation	After Function	Wilks Lambda	Chi-squared	D.F.	Significance
1*	1,36954	88,34	88,34	.3071631	0	.2769021	186,19	12	.0000
2*	.18174	8,59	96,93	.3921647	1	.7945821	33,341	6	.0000
3*	.06497	3,07	100,00	.2469965	2	.9389927	9,1274	2	.0104

Lanjutan lampiran 14. Besaran Pola Komplemen Variabel

* marks the 3 canonical discriminant functions remaining in the analysis.

Standardized Canonical Discriminant Function Coefficients

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
LEDAK2	.39633	.65095	.68260
KUAT2	.72576	.38909	-.59616
PAHABET2	.47467	-.86872	.26885

Structure Matrix:

Pooled-within-groups correlations between discriminating variables
and canonical discriminant functions
(Variables ordered by size of correlation within function)

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
KUAT2	.74458*	.21062	-.63337
PAHABET2	.63373	-.70937*	.30852
LEDAK2	.40066	.46353	.79032*

Unstandardized Canonical Discriminant Function Coefficients

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
LEDAK2	.1282887	.2107051	.2209500
KUAT2	.2293261E-01	.1229457E-01	-.1863745E-01
PAHABET2	.5131537	-.9391449	.2906509
(constant)	-3.059542	-.3039822	-.3473532

Canonical Discriminant Functions evaluated at Group Means (Group Centroids)

Group	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
0	-2.49336	-.06223	.18453
1	.72106	-.84775	-.04873
2	.92806	-.19483	.04611
3	-.31331	.35224	-.45076
4	1.15755	.54237	.26886

Test of equality of group covariance matrices using Box's M

The ranks and natural logarithms of determinants printed are those
of the group covariance matrices.

Group Label	Rank	Log Determinant
0	3	3.060056
1	3	8.785593
2	3	8.379763
3	3	8.442148
4	3	9.004908
Pooled Within-Groups Covariance Matrix	3	8.947418

Box's M	Approximate F	Degrees of freedom	Significance
190.37	7.5734	24	.0000

Lanjutan lampiran 14. Besaran Pola Komplemen Variabel

----- DISCRIMINANT ANALYSIS -----

On groups defined by KELompok

Analysis number.. 1

Number of Canonical Discriminant Functions.. 3

List of the 3 Variables used..

Variable Label

LEDAK2
KUAT2
PAHABET2

Classification Results -

Actual Group	No. of Cases	Predicted Group Membership				
		0	1	2	3	4
Group 0	30	30 100.0%	0 .0%	0 .0%	0 .0%	0 .0%
Group 1	30	2 6.7%	15 50.0%	4 13.3%	5 16.7%	4 13.3%
Group 2	30	1 3.3%	6 20.0%	8 26.7%	11 36.7%	4 13.3%
Group 3	30	4 13.3%	2 6.7%	1 3.3%	21 70.0%	2 6.7%
Group 4	30	0 .0%	7 23.3%	6 20.0%	2 6.7%	15 50.0%

Percent of "grouped" cases correctly classified: 59.33%

Classification Processing Summary

- 150 Cases were processed.
- 0 Cases were excluded for missing or out-of-range group codes.
- 0 Cases had at least one missing discriminating variable.
- 150 Cases were used for printed output.

Lampiran 15

SURAT PERSETUJUAN SEBAGAI SAMPEL PENELITIAN.

Yang bertanda tangan di bawah ini :

N a m a :
U m u r :
Jenis Kelamin :
A g a m a :
Pekerjaan :
Alamat Rumah :

Dengan ini menyatakan tidak keberatan untuk ikut berperan
serta sebagai sampel dalam penelitian Disertasi:
Drs.Dirhamzah M.Mangkona, M.S., dengan judul :

**PENGARUH LATIHAN HALF SQUAT IRAMA CEPAT DAN
LAMBAT BERBEBAN 30% DAN 50% BEBAN MAKSIMUM
TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN, DAYA LEDAK DAN
HIPERTROFI OTOT TUNGKAI**

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sukarela.

Ujungpandang;

Mengetatahui,
Orang Tua/wali

Yang membuat pernyataan,

nama terang

nama terang

FORMULIR PENGUMPULAN DATA PENELITIAN
(PRETES / POSTES 1 / POSTES 2)

- I. N a m a :
- No.Stb. :
- Jurusan/Semester :
- Fakultas :
-
- II. U m u r : tahun.
- Berat Badan : kg.
- Tinggi Badan : cm.
- Jenis kelamin : Laki-laki.
-
- III. Data pengukuran otot tungkai.
1. Tabal lemak : Paha kanan : mm.
- Betis kanan : mm.
- Paha kiri : mm.
- Betis kiri : mm.
-
2. Daya ledak.
- Vertical jump : a. cm.
- b. cm.
- c. cm.
-
3. Kekuatan otot : a. kg.
- b. kg.
- c. kg.

Ujung Pandang;
Peneliti

Lampiran 17

DAFTAR ALAT ATAU INSTRUMEN PENELITIAN

1. Barbel : Olympic (Kg) - USA.
2. Back and Leg Dynamometer (Kg) : Nagoya - Jepang.
3. Stop-watch (1/100 detik) : Seiko - Jepang.
4. Meteran baja (Cm) : Tricle Brand - Shanghai Cina.
5. Alat ukur Vertival Jump.
6. Metronome : Trestiss Imo - Jepang.
7. Timbangan (Kg) : Ulo Vlig - Rep.Ireland.
8. Ukuran tinggi.
9. Caliper Skin-fold (Mm) : Tokyo Super - Jepang.

DEPARTEMEN PANDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
 INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN UJUNG Pandang
 FAKULTAS PENDIDIKAN OLAHRAGA DAN KESEHATAN
 Alamat: Kampus FPOK IKIP Banta-Bantaeng No.Telp. 872602.

SURAT TUGAS/IZIN

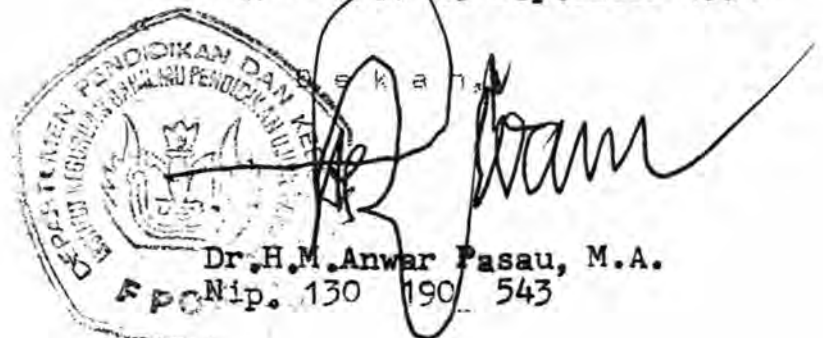
No. 708/PT.34.H4.FPOK/N. 94

Dengan ini kami menugaskan/mengizinkan :

Nama : Dirhamzah M. Mangkona, Drs.
 N I P : 130 536 008
 Unit Kerja : FPOK IKIP Ujung Pandang
 T u g a s : Melaksanakan penelitian, dan untuk menggunakan fasilitas di FPOK IKIP Ujung Pandang.
 T e m p a t : di Ujung Pandang
 Jangka Waktu :
 Lain - lain : Sesuai surat permintaan izin dari Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Universitas Airlangga tanggal 13 September 1994 nomor 782/PT.03.H4.PPs/N/1994.

Harap dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan menyampaikan laporan setelah selesai melaksanakan tugas.

Ujung Pandang, 29 September 1994


 Dr. H. M. Anwar Pasau, M.A.
 Nip. 130 190 543



Departemen Pendidikan dan Kebudayaan
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN UJUNG PANDANG
FAKULTAS PENDIDIKAN OLAAHRAGA DAN KESEHATAN

Kampus FPOK IKIP Banta Bantaeng Telepon : 872602
Ujung Pandang 90222

Lampiran 19

SURAT KETERANGAN

Nomor : 1082/PT.34.H4.FPOK/N. 96

Kami yang bertanda tangan di bawah ini, menerangkan bahwa :

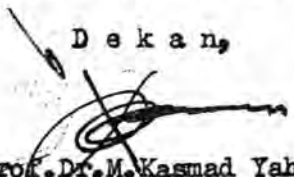
N a m a : Drs.Dirhamzah M.Mangkona, M.S.
N I M : 099211224/D.
Mahasiswa : S3 pada program Pascasarjana Universitas
Airlangga Surabaya
Tempat Peneli-
tian : FPOK IKIP Ujungpandang

benar yang tersebut namanya di atas telah melaksanakan penelitian mulai bulan September s.d. bulan Desember 1995 sesuai dengan surat izin nomor 708/PT.34.H4.FPOK/N. 94 tanggal 29 September 1994 dalam rangka penyusunan Disertasi pada program Pascasarjana (S3) di Universitas Airlangga Surabaya.

Demikian surat keterangan ini kami buat dengan sebenarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ujungpandang, 22 September 1996

D e k a n,


Prof. Dr. M. Kasmad Yahya
Nip. 130 369 579