

612.74
Puy
pU c1



**PERBANDINGAN LATIHAN ISOTONIK DAN LATIHAN ISOMETRIK
TERHADAP KEKUATAN OTOT KUADRISEPS FEMORIS**

Laporan Penelitian ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk
mendapat sebutan Dokter Spesialis Rehabilitasi Medik.

PUJIATUN

NIM : G3P098069

**PROGRAM STUDI / INSTALASI REHABILITASI MEDIK
FAKULTAS KEDOKTERAN UNDIP / RSUP Dr. KARIADI
SEMARANG**

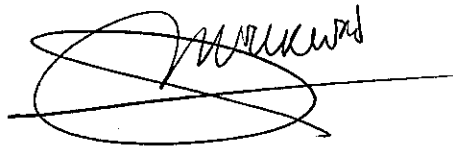
2001

UPT-PUSTAKA

Lembar Persetujuan

Penelitian ini disetujui oleh
Program Pendidikan Dokter Spesialis I Rehabilitasi Medik
Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang

Semarang, Nopember 2001



Dr. Endang Ambarwati SpRM
Pembimbing



Dr. Surya Widjaja SpS KRM
Ketua Program Studi Rehabilitasi Medik FK UNDIP

Dan

Kepala Instalasi Rehabilitasi Medik RSUP Dr. Kariadi Semarang

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmatNya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini.

Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan spesialisasi di bidang Ilmu Rehabilitasi Medik, yang termasuk dalam Program Pendidikan Dokter Spesialis I Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini saya menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu saya selama dalam pendidikan dan penyelesaian penelitian ini :

1. Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, penulis menyampaikan terima kasih karena telah diperkenankan mengikuti Program Pendidikan Dokter Spesialis I bidang Ilmu Rehabilitasi Medik di Instalasi Rehabilitasi Medik FK UNDIP/RSUP dr. Kariadi Semarang.
2. Direktur RSUP dr. Kariadi yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti Program Pendidikan Dokter Spesialis I Ilmu Rehabilitasi Medik dan memberikan fasilitas untuk mengadakan penelitian ini di Instalasi Rehabilitasi Medik RSUP dr. Kariadi Semarang.
3. dr. Surya Widjaya, SpS KRM, Ketua Program Studi dan Kepala Instalasi Rehabilitasi Medik FK UNDIP/RSUP dr. Kariadi Semarang yang telah memberikan bimbingan, nasehat serta petunjuk dalam bidang ilmu pengetahuan Rehabilitasi Medik dan kemasyarakatan dengan penuh arif dan bijaksana.
4. dr. A. Marlani SpRM K, Ketua SMF. Rehabilitasi Medik, Sekretaris PPDS I Ilmu Rehabilitasi Medik dengan segala bimbingan dan dorongan serta nasehat dari awal pendidikan maupun sampai dengan penelitian ini sehingga penulis dapat mengikuti dan menyelesaikan pendidikan ini.
5. dr. Endang Ambarwati, SpRM, Staf Medik Fungsional Rehabilitasi Medik selaku pembimbing dalam penelitian ini, yang dengan kesabaran telah

memberi pengarahan dan bimbingan baik selama pendidikan maupun dalam penelitian ini.

6. dr. Handojo Pudjowidyanto, SpS, Staf Medik Fungsional Rehabilitasi Medik yang telah memberikan petunjuk, bimbingan dan nasehat selama penulis mengikuti pendidikan.
7. dr. Lanny Indriastuti, SpRM, Staf Medik Fungsional Rehabilitasi Medik yang telah memberikan petunjuk, bimbingan serta nasehat selama penulis mengikuti pendidikan.
8. dr. Setyowati Budi Utami, SpRM, Staf Medik Fungsional Rehabilitasi Medik yang telah dengan penuh perhatian, memberikan petunjuk dan nasehat selama penulis mengikuti pendidikan.
9. dr. Rudy Handoyo, SpRM, Staf Medik Fungsional Rehabilitasi Medik yang telah memberikan petunjuk, bimbingan dan nasehat selama penulis mengikuti pendidikan.
10. Direktur Akademi Fisioterapi Widya Husada Semarang yang telah memberi izin mahasiswa AKFIS Widya Husada sebagai subyek penelitian.
11. Seluruh Staf Pengajar di Bagian/SMF Radiologi, Ilmu Bedah, Ilmu Bedah Saraf, Ilmu Penyakit Dalam, Ilmu Penyakit Jantung, Ilmu Penyakit Saraf, Ilmu Kesehatan Anak FK UNDIP/RSUP dr. Kariadi Semarang atas bimbingan dan petunjuk selama menjalankan stase dalam rangka proses pendidikan.
12. dr. Herman Sukarman, SpBO, senior dalam ruang rehabilitasi medik, yang telah memberikan petunjuk, bimbingan dan nasehat selama penulis mengikuti stase di Pusat Pengembangan Rehabilitasi Medik Bersumber Daya Masyarakat Profesor Dr. Soeharso di Surakarta.
13. dr. Handojo Tjandrakusuma. Direktur Pusat Pengembangan Rehabilitasi Medik Bersumber Daya Masyarakat Profesor Dr. Soeharso di Surakarta, yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penulis mengikuti stase di tempat ini.

14. dr. H. Fahlan Maalip, SKM, Direktur RSO Prof. Soeharso Surakarta beserta seluruh staf yang telah memberikan petunjuk dan bimbingan selama penulis mengikuti stase di Rumah Sakit Orthopedi Surakarta.
15. dr. Hj. Isi Mularsih MARS, Direktur RSU Tugurejo Semarang dan dr. Johan Sindhunata, atas kesempatan dan bimbingannya selama peneliti stase di RSU Tugurejo Semarang.
16. dr. Rahardjo SpS, yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk kepada penulis bidang EMG, selama stase di RS. St. Elizabeth Semarang.
17. dr. Hardian, staf pengajar Ilmu Faal UNDIP yang telah memberikan petunjuk dan bimbingan statistik sejak awal sampai selesainya penelitian ini.
18. Bapak Slamet Parjoto, SmPh, dan Bapak M.A.Rifa'i Amd FT, SH, fisioterapis di Instalasi Rehabilitasi Medik RSUP dr. Kariadi Semarang, yang telah banyak membantu menyelesaikan penelitian ini.
19. Seluruh terapis yang ada di Instalasi Rehabilitasi Medik RSUP dr. Kariadi Semarang maupun YPAC Semarang beserta seluruh Karyawan/wati atas segala bantuan dan kerjasamanya yang baik selama penulis menempuh proses pendidikan dan selesainya penelitian.
20. Seluruh teman sejawat PPDS I Rehabilitasi Medik FK UNDIP/RSUP dr. Kariadi atas bantuan dan kerja samanya baik selama pendidikan maupun sewaktu penelitian.
21. Seluruh mahasiswa Akademi Fisioterapi Widya Husada Semarang angkatan tahun akademik 2000/2001 yang telah bersedia menjadi subyek penelitian ini.
22. Dr.dr. Hardono Susanto dan sahabat saya dr. Tri Indah Winarni, staf Bagian Anatomi FK UNDIP Semarang yang banyak membantu kepustakaan dan memberikan dukungan moril hingga selesainya penelitian ini.

23. Akhirnya ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada kedua orangtua tercinta Bapak H. Pudjo Hartono dan Ibu Hj. Suprihtini dan kakak saya tercinta Ir. Pujiasih, MSc yang telah banyak memberikan dorongan moril, semangat, pengorbanan yang besar serta doa dan penuh kesabaran selama penulis menempuh pendidikan hingga selesainya penelitian ini.

Semarang, Nopember 2001

Peneliti,

dr. Pujiatun

DAFTAR ISI

	Hal
JUDUL PENELITIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vii
ABSTRAK	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Penelitian	1
I.2. Rumusan Masalah	2
I.3. Tujuan Penelitian	2
I.4. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1. Anatomi dan Fisiologi Otot Rangka	4
II.2. Otot Kuadriseps Femoris	12
II.3. Kekuatan Otot	13
II.4. Kerangka Teori	21
II.5. Kerangka Konsep	22
II.6. Hipotesis	22
BAB III METODA PENELITIAN	23
III.1. Rancangan Penelitian	23
III.2. Ruang Lingkup Penelitian	23
III.3. Populasi dan Sampel Penelitian	23

III.4.	Variabel Penelitian.....	25
III.5.	Data yang Dikumpulkan	25
III.6.	Alat dan Bahan	26
III.7.	Cara Kerja	26
III.8.	Alur Penelitian	29
III.9.	Analisa Data	29
BAB IV.	HASIL PENLITIAN.....	31
IV.1.	Keadaan Umum Materi Penelitian	31
IV.2.	Karakteristik Subyek Penelitian	31
IV.3	Kekuatan Otot Kuadriseps Femoris	32
BAB V	PEMBAHASAN	36
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	41
V.1.	Kesimpulan	41
V.2.	Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN-LAMPIRAN	47

ABSTRAK

Pujiatun. Perbandingan Latihan Isotonik dan Latihan Isometrik terhadap Kekuatan Otot Kuadriseps Femoris. 2001 : 1 – 61

Tujuan : Untuk mengetahui perbandingan hasil kekuatan otot kuadriseps femoris setelah menjalani latihan isotonik dan latihan isometrik.

Rancangan : Two groups pre & post test design.

Subyek : 31 orang sehat usia 18 – 21 tahun mahasiswa Akademi Fisioterapi Widya Husada Semarang, terbagi menjadi 2 grup yaitu grup latihan isotonik 14 orang dan grup latihan isometrik 17 orang.

Tempat : Instalasi Rehabilitasi Medik RSUP dr. Kariadi Semarang

Waktu : Mei – Juli 2001

Intervensi : Grup latihan isotonik menjalani latihan isotonik modifikasi protokol De Lorme dan Watkins dan grup latihan isometrik menjalani latihan isometrik dengan dosis 4 set 10 repetisi 3 detik kontraksi volunter maksimum, istirahat 2 detik setiap kontraksi, istirahat 2 menit setiap set. Latihan dilakukan selama 3 minggu 3 kali seminggu.

Hasil pengukuran utama : Penilaian kekuatan otot kuadriseps femoris dengan mengukur puncak *torque* secara isometrik dengan mesin CYBEX sebelum dan sesudah latihan.

Hasil : Rata-rata usia 19,29 tahun (berkisar 18 – 21 tahun), rata-rata berat badan subyek 48,65 kg (berkisar 40 – 70 kg). Pada grup latihan isotonik rata-rata kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum latihan 87,93 Nm (berkisar 35 – 142 Nm), sesudah latihan 134,98 Nm (berkisar 63 – 230 Nm) dan perubahan sebelum dan sesudah latihan 47,05 Nm (berkisar 1 – 88 Nm), ada perbedaan yang bermakna ($p < 0,001$). Pada grup latihan isometrik rata-rata kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum latihan 84,53 Nm (berkisar 31-131 Nm) dan sesudah latihan 107,4 Nm (berkisar 75 – 158 Nm) dan perubahan sebelum dan sesudah latihan 22,87 Nm (berkisar -22 – 65 Nm), ada perbedaan yang bermakna ($p < 0,05$). Perubahan kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum dan sesudah latihan pada grup latihan isotonik lebih bermakna dibandingkan grup latihan isometrik ($p < 0,05$).

Kesimpulan : Ada peningkatan kekuatan otot kuadriseps femoris setelah melakukan latihan isotonik dan latihan isometrik. Perubahan kekuatan otot kuadriseps femoris lebih bermakna pada grup latihan isotonik dibandingkan pada grup latihan isometrik.

Kata kunci : latihan isotonik, latihan isometrik, kekuatan otot.

ABSTRACT

Pujiatun. The Comparison of Isotonic and Isometric Exercise on the Strength of Quadriceps Femoris Muscle. 2001 : 1 – 61

Objective : To find out the outcome of comparing quadriceps femoris strength after undergoing isotonic and isometric exercise.

Design : 2 groups of pre and post test.

Subject : 31 healthy individuals, aged 18-21 years, are the students of Akademi Fisioterapi Widya Husada Semarang. They were divided in to 2 groups; one group of 14 subjects underwent isotonic exercise and the other group of 17 persons did isometric exercise.

Setting : Rehabilitation Medicine Instalation at RSUP Dr. Kariadi Semarang

Time : from May to July 2001

Intervention : The isotonic group did an isotonic exercise taken from the modification of De Lorme and Watkins' protocol. While the other, the isometric group did 4 sets of maximum voluntary contraction with 10 repetitions. The exercise was a maximum voluntary contraction for 3 seconds with 2 seconds rest for each contraction and 2 minutes rest in each set. It was done 3 times per week for 3 weeks.

Main Outcome Measure : Evaluation of the quadriceps femoris strength by measuring torque peak isometrically using CYBEX machine pre and post exercise.

Results : Average age was 19.29 years (range from 18-21 years). Mean of body weight was 48.65 kg (range from 40-70 kg). At the isotonic group, mean of quadriceps femoris strength pre exercise was 87.93 Nm (range from 35-142 Nm) and post exercise was 134.98 Nm (range from 63-230 Nm). The alteration of quadriceps femoris strength pre and post exercise was 47.05 Nm (range from 1-88 Nm). There was a significant difference ($p < 0.001$). While at the isometric group, mean of quadriceps femoris strength was 84.53 Nm (range from 31-131 Nm) and post exercise was 107.4 Nm (range from 75-158 Nm) and the alteration was 22.87 Nm (range from -22 -65 Nm). There was a significant difference ($p < 0.05$). At isotonic group, the alteration of quadriceps femoris strength pre and post exercise was more significant than isometric group ($p < 0.05$).

Conclusion : There is an increase of quadriceps femoris strength after undergoing isotonic and isometric exercise. At isotonic group, the alteration of quadriceps femoris strength is more significant than isometric group.

Key Words : isotonic exercise, isometric exercise, muscle strength.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. LATAR BELAKANG

Otot kuadriseps femoris adalah merupakan sekumpulan otot yang besar dan merupakan salah satu dari otot-otot yang sangat kuat pada tubuh. Otot ini membentuk bagian terbesar dari otot-otot paha depan dan ikut menjaga stabilitas sendi lutut ^(1,2,3). Otot kuadriseps femoris penting pada sebagian besar aktivitas fungsional yang melibatkan anggota gerak bawah seperti mendaki, melompat, bangkit dari posisi duduk, berjalan, naik dan turun tangga ^(3,4).

Sasaran umum program latihan adalah untuk memperbaiki kinerja dan meningkatkan fungsi otot. Latihan penguatan merupakan salah satu dari program latihan ^(5,6). Pada orang sehat misalnya seorang atlet, latihan penguatan dapat meningkatkan kinerja otot yang diperlukan untuk meningkatkan prestasi dan mencegah cedera. Pada otot yang mengalami kelemahan program latihan penguatan mempunyai pengaruh positif terhadap pengembalian fungsi dan kemampuan otot yang diperoleh melalui program latihan penguatan tersebut ^(7,8,9).

Secara umum metoda latihan penguatan terdiri dari tiga metoda latihan yaitu : isotonik, isometrik dan isokinetik. Setiap metoda latihan mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Latihan isotonik dengan kombinasi kontraksi konsentrik dan eksentrik bagaimanapun merupakan metoda latihan yang digunakan secara luas. Latihan isometrik sangat bermanfaat dilakukan pada saat tidak diinginkan adanya suatu gerakan

dengan alasan tertentu. Latihan isokinetik dilakukan jika aktivitas yang sedang dilatih memerlukan kecepatan gerakan yang khusus ^(5,10,11). Latihan isotonik dan latihan isometrik dapat dikerjakan di rumah dan dengan biaya yang tidak mahal, sedangkan latihan isokinetik memerlukan alat isokinetik khusus dan biayanya lebih mahal ^(11,12,13,14,15).

Semua metoda latihan penguatan tersebut diatas telah menunjukkan kemampuan untuk meningkatkan kekuatan otot. De Lateur, BJ dan beberapa penulis lain menyatakan bahwa metoda latihan yang satu lebih unggul dari metoda latihan lainnya, sehingga menimbulkan perdebatan mengenai metoda latihan yang satu lebih baik dibandingkan dengan metoda latihan yang lainnya ^(5,10,11,13,17).

Kekuatan otot dapat dinilai secara manual dengan cara *manual muscle test (MMT)* dan dapat pula dinilai menggunakan mesin. Hasil penilaian MMT dikelompokkan secara bertingkat dan hasilnya kurang akurat pada kekuatan otot lebih besar dari 3 karena ada unsur subyektif dalam penilaian. Penilaian kekuatan otot dengan menggunakan mesin memberikan hasil yang lebih obyektif ⁽¹⁸⁾.

Salah satu mesin untuk menilai kekuatan otot adalah CYBEX. Penilaian kekuatan otot dilakukan dengan mengukur puncak *torque* otot saat kontraksi. CYBEX dapat digunakan untuk mengukur puncak *torque* secara isokinetik maupun secara isometrik. Fungsi CYBEX yang lain adalah dapat digunakan sebagai alat latihan yaitu latihan isotonik, isometrik, isokinetik dan *continous passive movement (CPM)*. Program latihan yang dapat dilakukan adalah latihan penguatan, latihan ketahanan dan latihan lingkup gerak sendi ⁽¹⁹⁾.

I.2. RUMUSAN MASALAH

Pada sekelompok otot yang diberikan suatu latihan dengan metoda latihan yang berbeda yaitu metoda latihan isotonik dan metoda latihan isometrik, apakah ada perbedaan hasil kekuatan otot antara kelompok latihan isotonik dan kelompok latihan isometrik setelah menjalani latihan.

I.3. TUJUAN PENELITIAN

I.3.1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui hasil kekuatan otot kuadriseps femoris setelah menjalani latihan isotonik dan latihan isometrik.

I.3.2. Tujuan Khusus

Untuk membandingkan hasil kekuatan otot kuadriseps femoris setelah menjalani latihan isotonik dan latihan isometrik.

I.4. MANFAAT PENELITIAN

I.4.1. Mengetahui manfaat latihan penguatan

I.4.2. Sebagai bahan pertimbangan yang digunakan untuk memilih metoda latihan penguatan.

BAB II

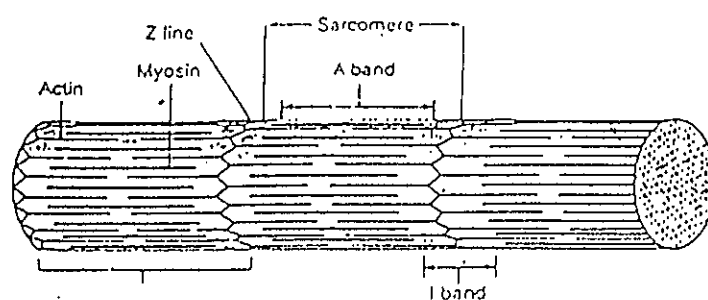
TINJAUAN PUSTAKA

II.1. ANATOMI DAN FISILOGI OTOT RANGKA

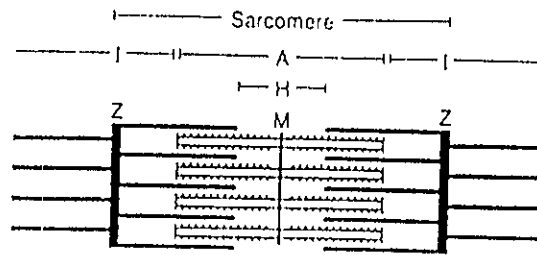
II.1.1. Morfologi Otot Rangka

Kira-kira 40 – 50 % dari berat tubuh merupakan otot rangka ^(1,2,16,20). Unit-unit seluler dari otot rangka adalah serabut otot ^(1,3). Otot rangka dapat menimbulkan gerakan tulang dan sering disebut sebagai otot volunter karena individu dapat mengontrol otot tersebut dengan baik, tetapi ada beberapa otot yang kerjanya otomatis misalnya kontraksi otot-otot diafragma ^(1,2,3,16,20,21). Setiap serabut otot dilapisi oleh membran sel yang disebut sarkolema. Pada ujung serabut otot lapisan luar sarkolema ini bersatu dengan serabut tendo yang membentuk tendo otot dan kemudian menyisip ke dalam tulang ^(1,2,3). Setiap serabut otot mengandung beberapa ratus sampai beberapa ribu miofibril yang masing-masing dibagi menjadi lempengan Z yang disebut sarkomer. Dibawah mikroskop sarkomer miofibril memperlihatkan pita dan garis berwarna gelap dan terang silih berganti. Filamen-filamen aktin membentuk pita I, dan daerah dimana filamen aktin dan miosin saling bertindihan terlihat sebagai pita A. Filamen miosin terdiri dari banyak molekul miosin yang bersifat asimetris dengan bagian ujung C yang membentuk kepala globuler yang membesar. Kepala ini membentuk jembatan silang ke molekul aktin (*jembatan penyeberang*) yaitu suatu tempat katalitik yang menghidrolisis ATP. Bagian sarkomer yang hanya terdiri dari filamen

miosin disebut zona H dan menebal di bagian tengah sebagai garis M, penjelasan mengenai miofibril dan sarkomer seperti gambar 1 dan gambar 2. Filamen aktin terdiri dari tiga komponen yaitu aktin, tropomiosin dan troponin. Molekul tropomiosin merupakan filamen panjang yang terletak di dalam alur diantara 2 rantai di dalam aktin. Molekul troponin merupakan globuler kecil yang terletak pada interval sepanjang molekul, troponin I menghambat interaksi miosin dengan aktin dan troponin C mengandung tempat pengikatan bagi Ca^{2+} yang memulai kontraksi (1,12,13,20,21,22,23). Miofibril terendam di dalam serabut otot dalam suatu matriks yang disebut sarkoplasma. Juga terdapat mitokondria dalam jumlah banyak yang terletak diantara dan sejajar dengan miofibril-miofibril tersebut (20). Fibril otot dikelilingi oleh struktur yang membentuk sakotubulus, yang dibentuk dari sistem I dan suatu retikulum sarkoplasma. Retikulum sarkoplasma mempunyai sisterna terminalis yang membesar dalam kontak erat dengan sistem T pada sambungan antara pita A dan I. Sistem T berfungsi untuk hantaran cepat potensial aksi dari membrana sel ke semua fibril di dalam otot. Retikukulum sarkoplasma berkaitan dengan gerakan Ca^{2+} dan metabolisme otot (21,22,23).



Gambar 1. Miofibril – unit kontrktil otot (13).



Gambar 2. Diagram sarkomer yang memperlihatkan filamen tebal, filamen tipis, jembatan penyeberang dan juga bagian dari sarkomer meliputi dari garis Z, garis M, zona H, pita I dan pita A ⁽²³⁾

II.1.2. Dasar Molekuler Kontraksi Otot

Proses yang menimbulkan pemendekan unsur kontraktile di dalam otot merupakan peluncuran filamen tipis di atas filamen tebal. Lebar pita A tetap, sedangkan garis Z bergerak saling mendekat bila otot berkontraksi dan terpisah menjauh bila ia diregangkan. Karena otot memendek, maka filamen tipis dari ujung sarkomer yang berlawanan saling mendekat, filamen ini tumpang tindih. Peluncuran selama kontraksi otot dihasilkan oleh pemutusan dan pembentukan kembali hubungan silang antara filamen aktin dan miosin ⁽²¹⁾, gambar 3.

Kejadian yang terlibat dalam kontraksi dan relaksasi otot rangka adalah sebagai berikut ⁽²¹⁾ :

1. Pelepasan muatan listrik neuron motorik.
2. Pelepasan transmittor (asetilkolin) pada lempengan akhir motorik.
3. Pengikatan asetilkolin ke reseptor asetilkolin nikotinik.
4. Peningkatan konduktans Na^+ dan K^+ dalam membrana lempengan akhir.
5. Pembentukan potensial lempengan akhir.

6. Pembentukan potensial aksi dalam serabut otot.
7. Penyebaran depolarisasi ke dalam sepanjang tubulus T.
8. Pelepasan dari sistem terminalis retikulum sarkoplasma serta difusi ke dalam filamen tebal dan tipis.
9. Pengikatan Ca^{2+} ke troponin C, pembukaan tempat pengikatan miosin ke aktin.
10. Pembentukan hubungan silang antara aktin dan miosin, serta peluncuran filamen tipis diatas filamen tebal yang menimbulkan pemendekan.

Tahap dalam relaksasi :

1. Ca^{2+} dipompa ke dalam retikulum sarkoplasma
2. Pelepasan Ca^{2+} dan troponin.
3. Penghentian interaksi antara aktin dan miosin

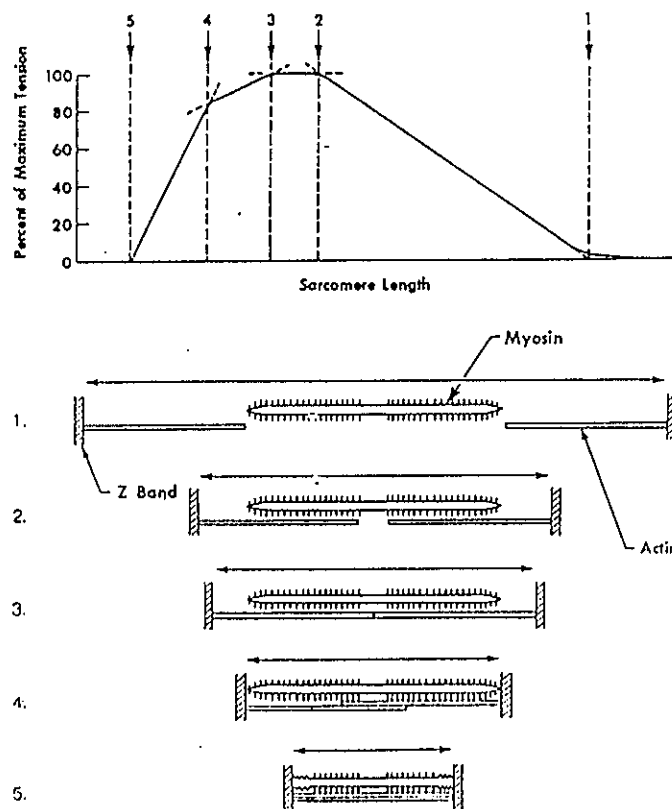
II.1.3. Jenis Kontraksi Otot

Jenis kontraksi otot adalah kontraksi isometrik dan isotonik ^(20,21,22), gambar 4. Di dalam badan sebenarnya kontraksi otot merupakan gabungan dari kontraksi isometrik dan kontraksi isotonik ⁽²⁰⁾.

II.1.3.1. Kontraksi Isometrik

Isometrik berasal dari kata iso = sama, dan metric = ukuran. Kontraksi isometrik menimbulkan tenaga dengan cara peningkatan tegangan intramuskuler tanpa disertai perubahan panjang eksternal otot ⁽²⁴⁾. Kontraksi otot melibatkan unsur kontraktil, tetapi karena otot mempunyai unsur elastis dan kenyal dalam rangkaian dengan mekanisme kontraktil, maka mungkin kontraksi timbul tanpa suatu

penurunan yang berarti dalam panjang otot secara keseluruhan ^(13,21). Kontraksi isometrik tidak memerlukan banyak pergeseran miofibril satu sama lainnya ⁽²¹⁾. Panjang otot saat kontraksi mempengaruhi tegangan intramuskuler yang terjadi. Tegangan intramuskuler yang berkembang sebanding dengan jumlah hubungan silang antara filamen aktin dan miosin. Bila otot diregangkan, maka tumpang tindih antara filamen aktin dan miosin berkurang sehingga hubungan silang berkurang. Sebaliknya bila otot dipendekkan maka tumpang tindih antara filamen aktin dan miosin dan filamen tipis juga mengurangi hubungan silang ^(13,20,21,22), gambar 3.



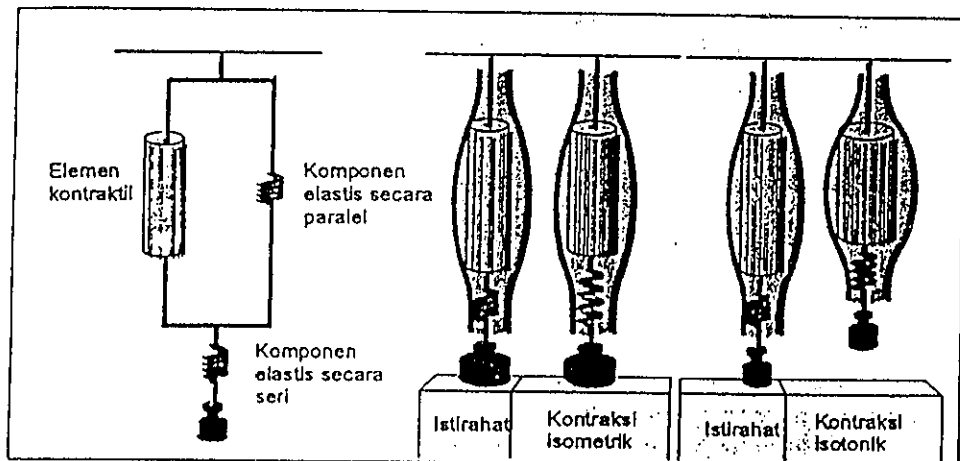
Gambar 3. Hubungan antara tegangan otot yang terjadi, panjang sarkomer, dan interaksi aktin – miosin ⁽⁵⁾.

II.1.3.2. Kontraksi Isotonik

Kontraksi isotonik merupakan terjadinya tegangan intra-muskuler disertai dengan perubahan panjang otot baik memendek atau memanjang ⁽²⁴⁾. Kontraksi isotonik kadang-kadang disebut kontraksi konsentrik atau kontraksi dinamik. Konsentrik berarti adanya pemendekan otot pada saat kontraksi. Sebenarnya lebih akurat menggunakan istilah kontraksi dinamik. Secara harafiah isotonik berarti tegangan sama atau konstan (iso = sama dan tonik = tegangan), dengan kata lain kontraksi isotonik adalah terjadinya sejumlah tegangan yang sama pada saat memendek selama menahan tahanan yang konstan. Hal tersebut tidak benar karena tegangan yang digunakan oleh otot selama memendek dipengaruhi oleh beberapa faktor penting, tiga diantaranya adalah : (1) panjang awal dari serabut otot, (2) sudut tarikan dari otot terhadap tulang, dan (3) kecepatan memendek yang dipengaruhi oleh distribusi jenis otot yaitu tipe I atau tipe II ⁽¹³⁾.

Pada kontraksi isotonik sebuah beban digerakkan yang melibatkan fenomena inersia yaitu beban atau obyek lain yang digerakkan mula-mula harus dipercepat, dan bila kecepatan itu telah dicapai, maka beban mempunyai daya gerak yang menyebabkan ia dapat terus bergerak walaupun kontraksinya telah berhenti. Oleh karena itu kontraksi isotonik pada hakekatnya berlangsung lebih lama daripada kontraksi isometrik pada otot yang sama. Kontraksi isotonik

mengikuti pelaksanaan kerja luar, oleh karena itu sesuai dengan efek Fenn sejumlah besar energi diperlukan oleh otot ⁽²⁰⁾.



Gambar 4. Model kontraksi otot ⁽²²⁾.

II.1.4. Sumber Energi untuk Kontraksi

Sumber tenaga cepat bagi kontraksi otot adalah ATP. Di dalam otot hidrolisis ATP ke ADP dikatalisis oleh protein kontraktif miosin, aktivitas ATPase ini ditemukan di dalam kepala molekul miosin, tempat ia berkontak dengan aktin ⁽²¹⁾.

II.1.5. Jenis Serabut dalam Otot

Ada variasi aktivitas ATPase miosin, metabolisme dan sifat kontraktif dari serabut berbeda yang membentuk otot, tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan jenis-jenis otot ⁽⁵⁾.

	Tipe I (merah)	Tipe II A (intermediate)	Tipe II B (putih)
Kecepatan kedutan	Lambat	Cepat	Cepat
Aktifitas ATP _{ase} miosin	Rendah	Tinggi	Tinggi
Metabolisme dan enzim	Oksidatif	Oksidatif dan glikolitik	Glikolitik
Kecepatan kelelahan	Lambat	Intermediate	Cepat
Jumlah mitokondria	Banyak	Banyak	Sedikit
Kandungan mioglobin	Tinggi	Tinggi	Rendah
Densitas kapiler	Tinggi	Tinggi	Rendah
Ukuran serabut	Kecil	Intermediate	Besar
Kandungan glikogen	Rendah	Intermediate	Tinggi
Unit motorik dan ukuran sambungan neuromuskuler	Kecil	Intermediate	Besar

Pada manusia otot lambat merupakan tipe I dan otot cepat merupakan tipe II B. Otot tipe I juga dinamai otot merah karena lebih merah dari otot lain, otot tersebut berespon lambat dan mempunyai masa laten yang panjang diadaptasi untuk mempertahankan sikap. Otot tipe II B dinamai otot putih yang mempunyai lama kedutan singkat dan dikhususkan untuk gerakan halus terampil ^(1,21,22).

II.1.6. Kelelahan Otot

Kontraksi otot yang kuat dan lama mengakibatkan keadaan yang dikenal sebagai kelelahan otot. Kelelahan otot didefinisikan sebagai penurunan kapasitas tenaga maksimal yang ditimbulkan dan merupakan reaksi yang umum terhadap aktivitas otot. Tempat yang pasti dan penyebab kelelahan belum diketahui secara jelas. Kelelahan otot

kemungkinan besar terjadi pada *neuromuscular junction*, mekanisme otot itu sendiri dan sistem saraf pusat ⁽¹³⁾.

II.2. OTOT KUADRISEPS FEMORIS

Otot kuadriseps femoris adalah otot ekstensor yang besar pada tungkai, menutupi hampir seluruh bagian depan dan samping dari femur. Otot kuadriseps femoris dibagi menjadi empat bagian yang masing-masing bagian bernama sendiri-sendiri yaitu : rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis dan vastus intermedius ^(1,2,3,16).

II.2.1. Rectus Femoris

Mempunyai origo ganda yaitu spina iliaca anterior dan ilium superior acetabulum. Vaskularisasinya adalah arteria profunda dan cabang desenden arteri femoral circumflexa lateral.

II.2.2. Vastus lateralis

Vastus lateralis adalah komponen terbesar dari kuadriseps femoris. Origonya adalah trochanter mayor dan bibir lateral dari linea aspera femur. Vaskularisasinya adalah cabang desenden arteri femoral circumflexa lateral.

II.2.3. Vastus medialis

Mempunyai origo di linea intertrochanterica dan bibir medial dari linea aspera femur. Vaskularisasinya adalah arteri femoral, arteri genicular desenden dan cabang genicular superior medial arteri poplitea.

II.2.4. Vastus Intermedius

Mempunyai origo dua pertiga permukaan anterior dan lateral femur. Vaskulisasinya adalah arteri femoral, arteri femoris profunda cabang desenden dan tranversa arteri circumflexa lateral.

II.2.5. Inervasi

Inervasi kuadriseps femoris adalah nervus femoralis L₂, L₃ dan L₄.

II.2.6. Gerakan

Keempat komponen otot kuadriseps femoris terutama untuk ekstensi sendi lutut. Rectus femoris selain untuk ekstensi sendi lutut juga membantu fleksi pada sendi panggul dan gerakan ini dapat dilakukan secara bersamaan.

II.3. KEKUATAN OTOT

II.3.1. Batasan-batasan Kekuatan Otot

Gardiner (1975) mengatakan kekuatan adalah kemampuan otot menimbulkan tegangan ⁽²⁴⁾. Menurut Pollock dan Willmore (1990) kekuatan adalah kemampuan otot atau grup otot membangkitkan tenaga ⁽¹²⁾. Jones dan Baker mengutip definisi Kisner dan Cosby (1990) yang mengatakan kekuatan adalah kemampuan dari sebuah otot atau grup otot untuk menimbulkan tegangan dan menghasilkan tenaga pada satu kali usaha maksimal, baik secara dinamik atau statik sesuai dengan keperluannya ⁽¹⁴⁾. Moldover JR dan Borg-Stein (1995) menggambarkan

kekuatan adalah tenaga maksimal yang dapat ditimbulkan oleh otot ⁽²⁵⁾. Foss dan Kateyian (1997) dalam bukunya mengatakan kekuatan sebagai tenaga atau tegangan sebuah otot atau grup otot menahan tekanan pada satu usaha maksimum ⁽¹³⁾.

II.3.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Otot

Kekuatan otot adalah sebuah konsep yang kompleks, dipengaruhi oleh berbagai faktor ^(13,14,25,26,27,28,29) yaitu :

1. Faktor biomekanika.

Kemampuan kekuatan otot tergantung pada keadaan biomekanika yang terjadi, adapun hitungan mekanisnya menggunakan teori fisika dari Newton untuk menganalisa gerak manusia ⁽³⁰⁾ yaitu :

$$\text{Rumus : } M \times MA = R \times RA$$

Dimana :

M = momen gaya atau torque yang diperlukan untuk menggerakkan beban

MA = jarak lengan pengungkit.

R = tahanan yaitu beban yang harus diangkat.

RA = jarak lengan beban

2. Penampang melintang otot

Semakin besar penampang melintang otot, semakin besar tenaga yang dihasilkan. ⁽¹⁴⁾

3. Kekuatan dan kekakuan jaringan penghubung

Tenaga kontraksi tergantung pada integritas dari jaringan penghubung dan tendo.⁽¹⁴⁾

4. Jumlah unit motorik yang diaktifkan dan kecepatan cetusannya

Pada permulaan beban diterapkan perlu sejumlah unit motorik yang direkrut dan saat beban ditingkatkan perlu lebih banyak lagi unit motorik yang direkrut.⁽¹⁴⁾

5. Kecepatan kontraksi

Kecepatan kontraksi otot berhubungan terbalik dengan beban pada otot. Sebuah otot akan berkontraksi sangat cepat bila berkontraksi tanpa beban dan kecepatan kontraksi akan menurun bila diberi beban^(20,21,22).

6. Panjang otot saat kontraksi

Tegangan otot yang terjadi sebanding dengan jumlah hubungan silang antara molekul aktin dan miosin.^(5,13,20,21,22)

7. Jenis kontraksi otot.

Kekuatan otot yang timbul tergantung pada jenis kontraksi otot yaitu kontraksi isotonik atau kontraksi isometrik.^(5,13,14,20,21)

8. Sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi.

Mekanisme mengenai *neurophysiological* yang mendasari penambahan kekuatan sampai saat ini belum diketahui secara jelas.⁽¹⁴⁾

9. Usia dan kebugaran fisik.

Puncak kekuatan dicapai pada umur 18 – 27 tahun dan menurun secara bertahap setelah itu⁽⁷⁾.

10. Jenis kelamin

Kekuatan otot wanita lebih lemah dari kekuatan otot laki-laki.^(7,12,14)

11. Faktor psikologis

Subyek harus dimotivasi untuk menghasilkan kekuatan maksimum.⁽¹⁴⁾

12. Faktor genetik

II.3.3. Metoda Latihan Penguatan

Secara umum metoda latihan penguatan termasuk salah satu dari tiga bentuk yaitu : latihan isotonik, latihan isometrik dan latihan isokinetik^(5,14).

II.3.3.1. Metoda Latihan Isotonik.

Latihan isotonik adalah latihan dinamik dengan beban yang konstan, tetapi kecepatan gerakan tidak terkontrol. Otot berkontraksi melawan beban yang konstan, dengan bagian tubuh bergerak melawan beban melewati sebuah lingkup gerak sendi^(13,14,26).

a. Dosis latihan

Dosis latihan menggunakan istilah *repetition maximum* (RM). 1 RM adalah beban maksimum yang dapat diangkat satu kali melewati sebuah lingkup gerak sendi, 2 RM adalah beban maksimum yang dapat diangkat dua kali, dan seterusnya. *Repetition maximum* sampai 10 RM digunakan untuk melatih kekuatan otot⁽¹⁴⁾. Sampai

saat ini belum ada konsensus mengenai dosis optimal yang diberikan ⁽¹³⁾.

Ada tiga protokol latihan isotonik yang populer yaitu protokol De Lorme dan Watkins, protokol MacQueen dan protokol Oxford^(14,24). Program protokol De Lorme dan Watkins menggunakan 10 RM yaitu beban maksimal yang dapat diangkat 10 kali, setiap sesi latihan terdiri dari 3 set masing-masing 10 repetisi, jadi ada 30 repetisi, latihan dilakukan 5 kali per minggu ⁽¹⁴⁾, tabel 2. Protokol MacQueen terdiri dari protokol tenaga dan protokol hipertrofi menggunakan repetisi dan beban yang bervariasi dan konstan ⁽¹⁴⁾, tabel 3. Latihan dilakukan 3 kali per minggu, kemajuan 10 RM dilakukan setiap 1 – 2 minggu ⁽²⁴⁾. Protokol Oxford dirancang oleh Zinovieff, menggunakan metoda 10 angkatan 10 RM diikuti istirahat kemudian 10 angkatan 10 RM dengan beban diturunkan secara bertahap ^(14,24), tabel 4. Protokol De Lorme dan Watkins lebih efektif karena menggunakan metoda peningkatan beban ⁽¹¹⁾.

Latihan dianjurkan 3 sampai 4 kali per minggu daripada 5 kali per minggu karena terlalu berat ⁽¹³⁾. Untuk otot yang sudah terlatih dapat dilakukan 5 kali per minggu ⁽¹²⁾.

Tabel 2. Protokol De Lorme dan Watkins ⁽¹⁴⁾

Program De Lorme dan Watkins	Kemajuan
10 angkatan dengan $\frac{1}{2}$ x 10 RM Istirahat	Latihan dilakukan 5 kali per minggu
10 angkatan dengan $\frac{3}{4}$ x 10 RM Istirahat	1 RM dan 10 RM diuji ulang tiap minggu
10 angkatan dengan 10 RM	

Tabel 3. Protokol Mac Queen ⁽¹⁴⁾

Protokol tenaga (bervariasi)	Protokol hipertrofi (rep./beban konstan)
10 angkatan dengan 10 RM	10 angkatan dengan 10 RM
8 angkatan dengan 8 RM	10 angkatan dengan 10 RM
6 angkatan dengan 6 RM	10 angkatan dengan 10 RM
4 angkatan dengan 4 RM	10 angkatan dengan 10 RM
2 angkatan dengan 2 RM	

Tabel 4. Protokol Oxford ⁽²⁴⁾

Teknik Oxford
10 angkatan dengan 10 RM
10 angkatan dengan 10 RM minus 1 pon
10 angkatan dengan 10 RM minus 2 pon
10 angkatan dengan 10 RM minus 3 pon
10 angkatan dengan 10 RM minus 4 pon
10 angkatan dengan 10 RM minus 5 pon
10 angkatan dengan 10 RM minus 6 pon
10 angkatan dengan 10 RM minus 7 pon
10 angkatan dengan 10 RM minus 8 pon
10 angkatan dengan 10 RM minus 9 pon

100 angkatan 5 kali per minggu
Kemajuan 10 RM setiap hari

b. Keuntungan latihan isotonik

1. Program mudah diatur.
2. Penambahan kemajuan secara teratur dapat dilihat.
3. Berbagai macam alat dapat dipakai untuk memberi tahanan.
4. Relatif tidak mahal.
5. Dapat digunakan sebagai latihan di rumah.
6. Mudah dimotivasi.
7. Meliputi kontraksi konsentrik dan eksentrik.
8. Dapat didokumentasikan.
9. Dapat digunakan untuk meningkatkan ketahanan otot.

c. Kerugian latihan isotonik

1. Pembebanan maksimum hanya tampak pada bagian lingkup gerak sendi yang paling lemah.
2. Kelelahan menyebabkan penurunan atau penyesuaian lingkup gerak sendi
3. Faktor momentum tidak dapat dikontrol.
4. Latihan eksentrik dapat menyebabkan rasa sakit pada otot dengan onset lambat.

II.3.3.2. Metoda Latihan Isometrik

Latihan isometrik adalah latihan statik, pada saat kontraksi tidak terjadi perubahan panjang eksternal otot.

a. Dosis latihan

Sampai saat ini belum ada konsensus mengenai : (1) jumlah kontraksi setiap sesi, (2) lamanya kontraksi, (3) lamanya periode istirahat dan (4) jumlah sesi latihan yang dilakukan per minggu ^(13,14).

Salah satu contoh protokol isometrik yang dianjurkan oleh Davies adalah jumlah set = 10, repetisi = 10, waktu kontraksi = 10 detik, lingkup gerak sendi = dilakukan penambahan setiap 10° ⁽¹⁴⁾. Penelitian yang dilakukan oleh Schott menggunakan dosis 4 set 10 repetisi, 3 detik kontraksi volunter maksimum, istirahat 2 detik setiap kontraksi dan 2 menit setiap set ⁽¹³⁾.

b. Keuntungan latihan isometrik.

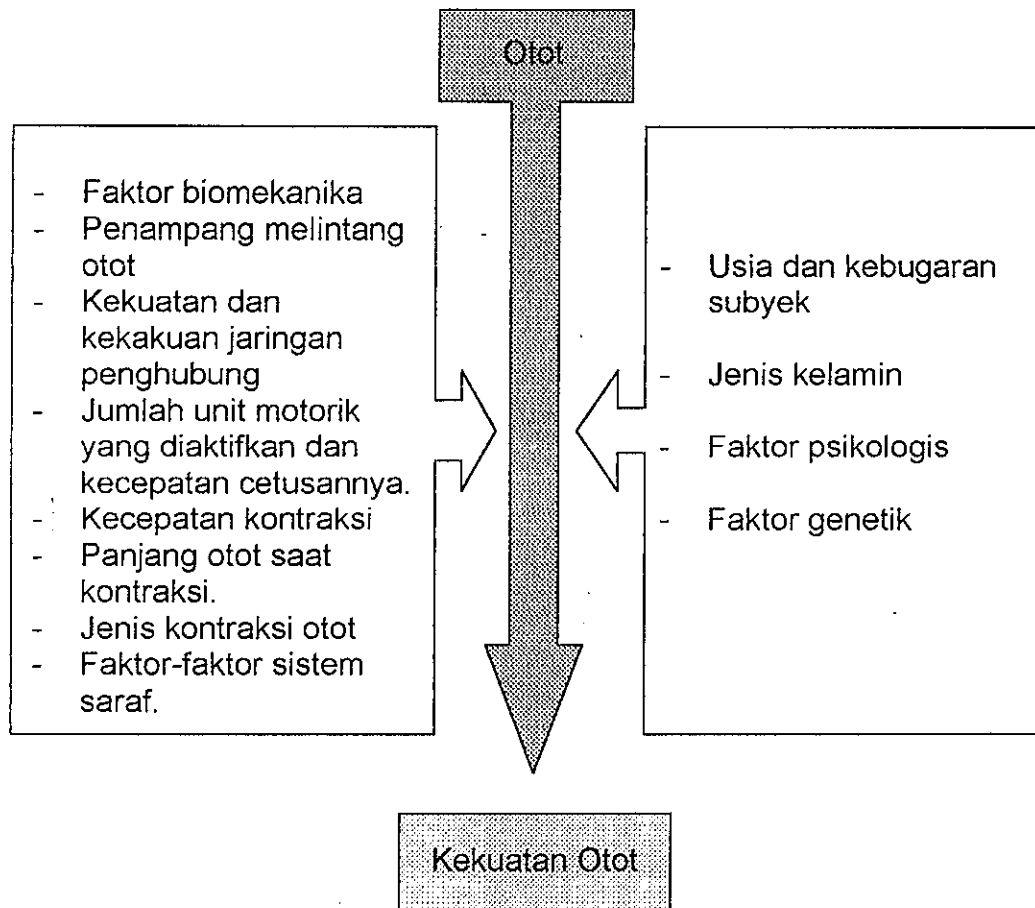
1. Memakai sedikit alat atau tidak sama sekali.
2. Mudah diajarkan dan dipelajari.

3. Dapat dikerjakan di rumah.
 4. Membantu mencegah atrophi otot pada saat periode immobilisasi.
 5. Dapat dilakukan pada saat gerakan sebagai kontraindikasi.
 6. Membantu meningkatkan sirkulasi.
- c. Kerugian latihan isometrik.
1. Kontraksi isometrik dalam keadaan tertutup, bukan sebagai aktivitas fungsional yang normal.
 2. Sulit diukur secara obyektif.
 3. Dapat meningkatkan kecepatan denyut jantung dan tekanan darah.
 4. Minimal jika untuk peningkatan ketahanan otot.
 5. Tidak dapat dilihat peningkatannya sehingga kesulitan memotivasi untuk kelanjutannya

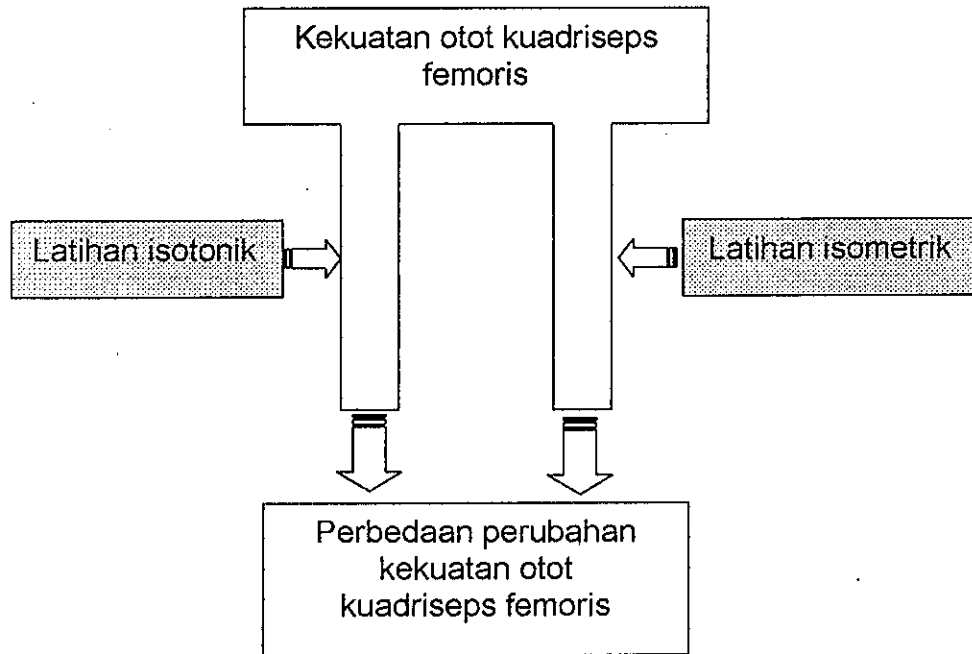
II.3.4. Efek Fisiologis Latihan Penguatan

1. Hipertrofi yaitu bertambahnya ukuran otot oleh karena bertambahnya ukuran serabut otot (terutama tipe II) dan miofibril, bertambahnya jumlah total protein kontraktile, bertambahnya densitas kapiler dan bertambahnya jumlah jaringan ikat, tendo dan ligamentum.
2. Perubahan biokimiawi meliputi meningkatnya konsentrasi kreatin, fosfokreatin, ATP dan glikogen, meningkat sedikit tetapi bermakna pada aktivitas ensim siklus kreb aerob dan berkurangnya volume mitokondria⁽¹³⁾.

II.4. KERANGKA TEORI PENELITIAN



II.5.KERANGKA KONSEP



II.6. HIPOTESIS

Latihan isotonik mempunyai hasil kekuatan otot kuadriseps femoris yang lebih baik dibandingkan dengan latihan isometrik.

BAB III

METODA PENELITIAN

III.1. RANCANGAN PENELITIAN

Rancangan penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan *two group pre dan post test design*.

III.2. RUANG LINGKUP PENELITIAN

III.2.1. Ruang Lingkup Pengetahuan : Rehabilitasi Medik.

III.2.2. Ruang Lingkup Tempat : Instalasi Rehabilitasi Medik RSUP dr. Kariadi Semarang

III.2.3. Ruang Lingkup waktu : Mei sampai Juli 2001.

III.3. POPULASI DAN SAMPEL

III.3.1. Populasi

Populasi penelitian adalah orang sehat dalam hal ini mahasiswa Akademi Fisioterapi Widya Husada Semarang.

III.3.2. Sampel

Sampel penelitian adalah mahasiswa Akademi Fisioterapi Widya Husada Semarang yang memenuhi kriteria sebagai berikut :

1. Kriteria penerimaan
 - a. Subyek wanita berumur 18 – 27 tahun.
 - b. Bersedia mengikuti program penelitian.

- c. Kekuatan otot kuadriseps femoris ekstremitas dominan dengan cara MMT = 5.

2. Kriteria penolakan

- a. Subyek yang menderita kelainan neuromuskuloskeletal pada ekstremitas bawah.
- b. Subyek yang menderita kelainan kardiopulmoner.
- c. Subyek yang melakukan program latihan untuk ekstremitas bawah secara teratur minimal 1 bulan terakhir.

III.3.3. Besar Sampel

Rumus besar sampel dari dua kelompok independen dengan uji hipotesis adalah ⁽³²⁾ :

$$n_1 = n_2 = 2 \left[\frac{(Z_\alpha + Z_\beta) S}{(x_1 - x_2)} \right]^2$$

n : Besarnya sampel setiap kelompok

S : Simpang baku kedua kelompok dari pilot studi = 17,744

α : Tingkat kemaknaan

Pada nilai $\alpha = 5\%$ $Z_\alpha = 1,96$

Z_β : power 0,842

$x_1 - x_2$: perbedaan klinis yang diinginkan diambil dari pilot studi = 20

Jadi banyaknya sampel penelitian adalah

$$\begin{aligned} n_1 = n_2 &= 2 \left[\frac{(1,96 + 0,842)17,744}{20} \right]^2 \\ &= 12,36 \approx 13 \end{aligned}$$

III.3.4. Metoda Randomisasi

Setelah diseleksi subyek akan ditempatkan ke dalam 2 kelompok yaitu kelompok latihan isotonik dan kelompok latihan isometrik secara random. Metoda random yang digunakan adalah metoda random sederhana.

III.4. VARIABEL PENELITIAN

III.4.1. Variabel Bebas

1. Variabel isotonik.
2. Variabel isometrik

Skala : nominal

III.4.2. Variabel terikat : kekuatan kontraksi otot, satuan : Nm.

Skala : kontinyu

III.5. DATA YANG DIKUMPULKAN

1. Nama
2. Umur
3. Berat badan
4. Dominasi anggota gerak.
5. Kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum latihan.
6. Kekuatan otot kuadriseps femoris setelah latihan.

III.6. ALAT DAN BAHAN

1. Formulir isian dan alat tulis untuk mencatat data.
2. Tensimeter merk Erkameter 3000
3. Stetoskop merk Litmann Classic II
4. Termometer
5. Palu refleks.
6. Goniometer.
7. Alat ukur berat badan merk Omron.
8. Stopwatch.
9. Mesin CYBEX NORM merk Henley.
10. Perhitungan / analisa : program SPSS for Windows versi 10.01.

III.7. CARA KERJA

III.7.1. Pengumpulan data pilot studi.

Guna menentukan besarnya sampel penelitian dilakukan dengan mengadakan pilot studi kekuatan otot kuadriseps femoris anggota gerak dominan pada orang sehat yang berumur 18 – 27 tahun.

III.7.2. Pelaksanaan Penelitian

Sebelum dilakukan penelitian subyek diberi penjelasan mengenai tujuan dan manfaat penelitian. Kemudian dilakukan pemilihan sampel. Sampel yang diterima diminta untuk menandatangani persetujuan penelitian jika bersedia mengikuti penelitian. Sampel diminta untuk tidak

jumlah beban terbesar yang dapat ditarik atau didorong oleh subyek melewati lingkup gerak sendi sebanyak 10 kali. Subyek melakukan tiga set 10 RM. Pada set pertama melakukan 10 repetisi dengan 50% dari 10 RM, set kedua 10 repetisi dengan 75% dari 10 RM dan set ketiga 100% dari 10 RM. Setiap set diselingi istirahat 2 menit. Sebelumnya subyek disuruh mencoba satu kali pada latihan pertama ⁽¹³⁾. Latihan dilakukan 3 kali seminggu selama 3 minggu. Post test dilakukan setelah 2 hari latihan ke 9.

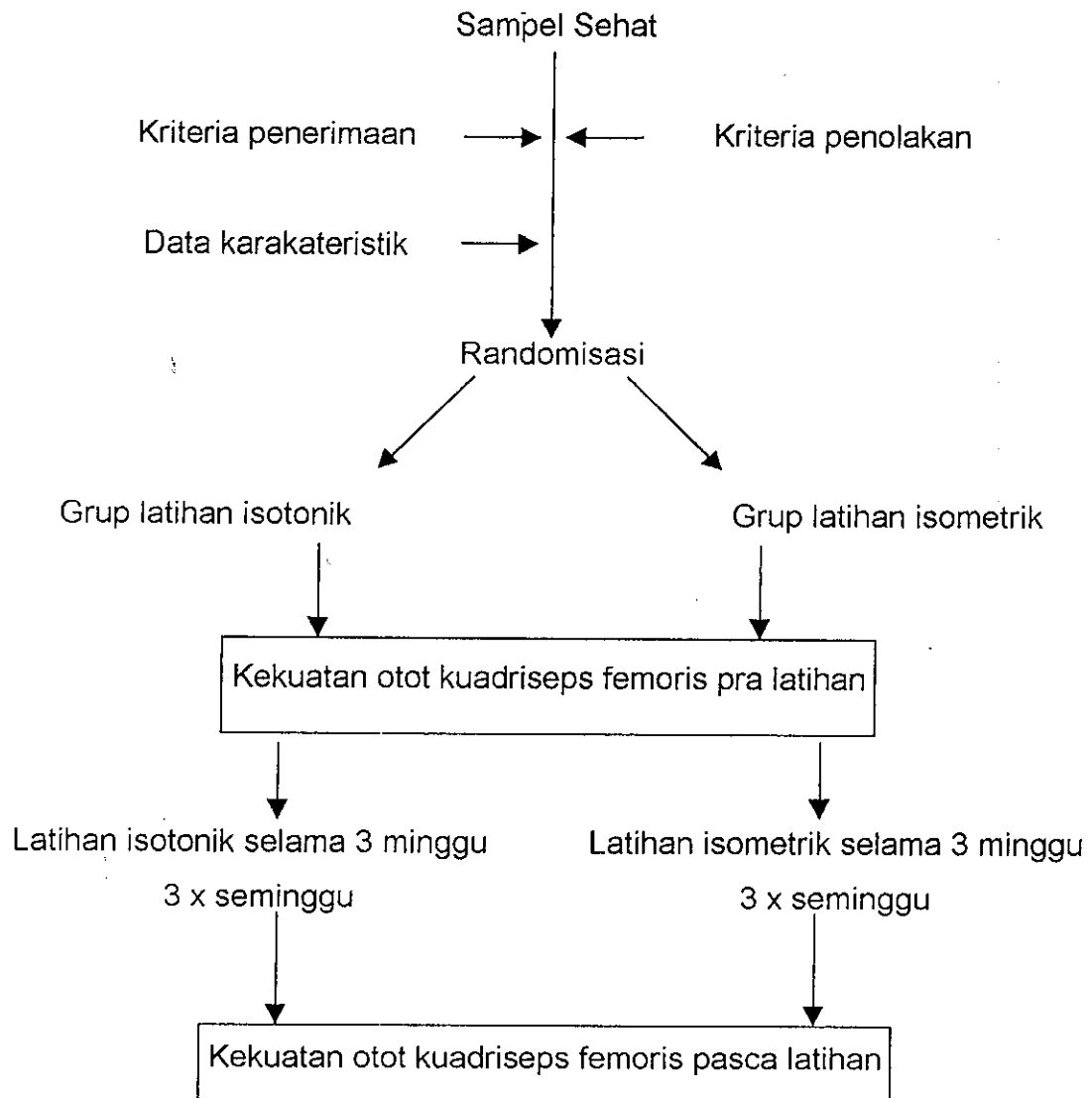
III.7.3.3. Latihan Isometrik

Subyek diposisikan pada mesin CYBEX dengan sudut sendi panggul 90° dan sudut sendi lutut 90° . Subyek melakukan 4 set 10 kontraksi volunter maksimum pada otot kuadriseps femoris dominan, lamanya setiap kontraksi 3 detik dengan waktu istirahat 2 detik setiap kontraksi dan istirahat 2 menit setiap set ⁽¹³⁾. Sebelumnya subyek disuruh mencoba satu kali pada latihan pertama. Latihan dilakukan 3 kali seminggu selama 3 minggu. Post test dilakukan setelah 2 hari latihan ke 9.

III.7.3.4. Drop Out

Subyek dikatakan drop out jika tidak datang menjalani latihan 2 kali berturut-turut atau 3 kali tidak mengikuti jumlah sesi latihan.

III.8. ALUR PENELITIAN



III.9. ANALISA DATA

Data yang terkumpul dientry ke dalam komputer, dilakukan pembersihan data, pemberian koding dan tabulasi. Analisa data dilakukan secara diskriptif dimana variabel dengan skala kontinyu didiskripsikan sebagai rerata dan simpang baku (SB) sedangkan variabel dengan skala nominal didiskripsikan sebagai proporsi. Untuk mengetahui hasil perubahan

latihan isotonik dan latihan isometrik pada otot kuadriseps femoris dilakukan uji hipotesis. Oleh karena variabel bebas berskala nominal dan jumlahnya ada 2 digunakan uji t berpasangan, sedangkan variabel tergantung berskala kontinyu maka digunakan uji t tak berpasangan.

Batas kemaknaan dalam penelitian ini adalah $p \leq 0,05$, β (power) = 0,8 dan 95% interval kepercayaan (CI = confidence interval). Analisis data dilakukan dengan program SPSS for windows versi 10.01.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

IV.1. KEADAAN UMUM MATERI PENELITIAN

Pada saat dilakukan pengumpulan data diperoleh 33 subyek penelitian yang memenuhi kriteria penerimaan penelitian. Kemudian dilakukan randomisasi sederhana untuk membagi subyek ke dalam 2 grup latihan yaitu grup latihan isotonik dan grup latihan isometrik. Grup latihan isotonik terdiri dari 16 orang dan grup latihan isometrik terdiri dari 17 orang. Pada grup latihan isotonik 2 subyek mengundurkan diri dengan alasan sakit dan keperluan pribadi. Dengan demikian subyek yang dapat dianalisa secara keseluruhan ada 31 yang terdiri dari 14 pada grup latihan isotonik dan 17 pada grup latihan isometrik.

IV.2. KARAKTERISTIK SUBYEK PENELITIAN

Dari 31 Subyek, rata-rata usia adalah 19,29 tahun (berkisar 18–21 th), tabel 3. Rata-rata berat badan subyek adalah 48,65 kg (berkisar 40 – 70 kg) tabel 3. Rata-rata kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum latihan adalah 86,06 Nm (berkisar 31 – 142 Nm), rata-rata kekuatan otot kuadriseps femoris setelah latihan adalah 119,86 Nm (berkisar 63 – 230 Nm), dan rata-rata perubahan kekuatan kontraksi otot kuadriseps femoris adalah 33,79 Nm (berkisar -22 – 88 Nm). Pada grup latihan isotonik rata-rata beban pada minggu I 23,57 J (berkisar 20 – 30 J), rata-rata beban pada minggu II 27,14

J (berkisar 20 – 40 J) dan rata-rata beban pada minggu III 37,78 J (berkisar 20 – 45 J), tabel 5.

Tabel 5. Data Karakteristik Subyek Penelitian

Karakteristik	N	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Simpang baku
Umur (tahun)	31	18	21	19,29	0,82
Berat badan (kg)	31	40	70	48,65	7,34
Kekuatan otot sebelum latihan (Nm)	31	31	142	86,06	29,06
Kekuatan otot sesudah latihan (Nm)	31	63	230	119,86	35,31
Perubahan kekuatan otot (Nm)	31	-22	88	33,79	29,03
Beban minggu I grup isotonik (Joule)	14	20	30	23,57	4,12
Beban minggu II grup isotonik (Joule)	14	20	40	27,14	6,11
Beban minggu III grup isotonik (Joule)	14	20	45	31,78	7,23

IV.3 KEKUATAN OTOT KUADRISEPS FEMORIS

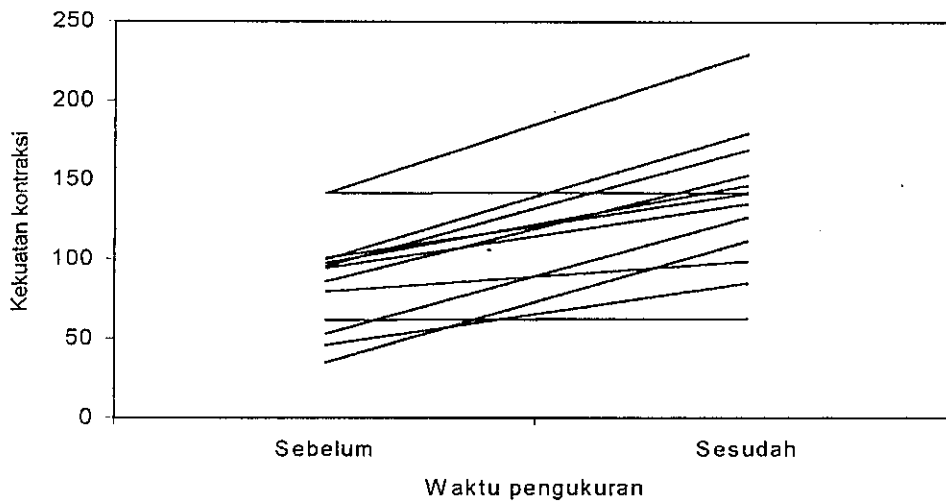
Pada grup latihan isotonik kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum latihan rata-rata adalah 87,93 Nm (berkisar 35 – 142 Nm) dan kekuatan otot kuadriseps femoris sesudah latihan rata-rata adalah 134,98 (berkisar 63 – 230 Nm). Perubahan kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum dan sesudah latihan rata-rata adalah 47,05 Nm (berkisar 1 – 88 Nm). Ada perbedaan bermakna kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum latihan dan sesudah latihan ($p < 0,001$). Tabel 6, gambar 5.

Tabel 6. Kekuatan otot kuadriseps femoris pada grup latihan isotonik.

Kekuatan Otot (Nm)	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Simpang baku	p*
Sebelum latihan	35	142	87,93	31,56	
Sesudah latihan	63	230	134,98	41,90	
Perubahan sebelum dan sesudah latihan	1	88	47,05	29,84	< 0,001

* Uji t - berpasangan

Latihan isotonik



Gambar 5. Perubahan kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum dan sesudah latihan pada grup latihan isotonik.

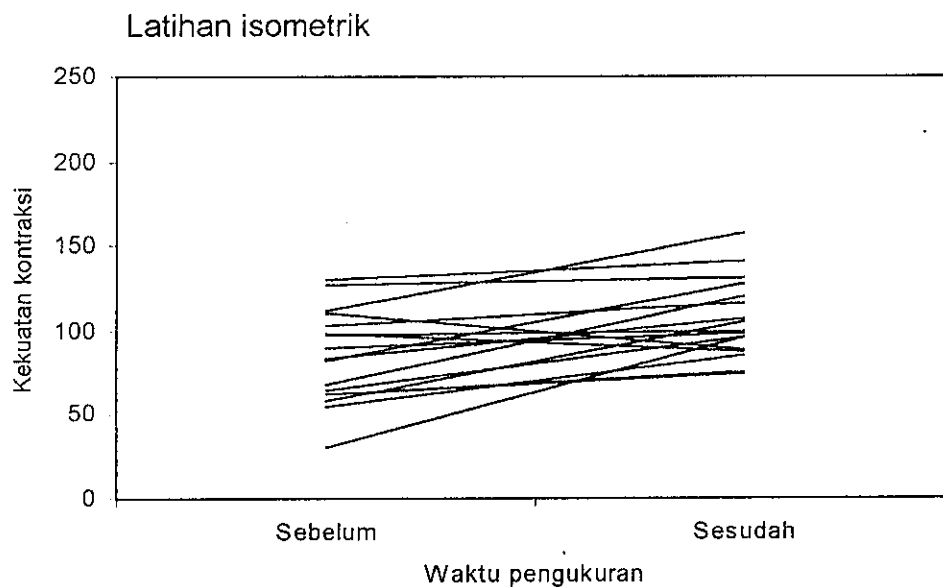
Pada grup latihan isometrik kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum latihan rata-rata adalah 84,53 Nm (berkisar 31 – 131 Nm), dan kekuatan otot kuadriseps femoris sesudah latihan rata-rata adalah 107,4 Nm (berkisar 75 – 158 Nm). Perubahan kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum dan sesudah latihan rata-rata adalah 22,87 Nm (berkisar -22 – 65 Nm). Ada

perbedaan bermakna kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum latihan dan sesudah latihan ($p = 0,001$), tabel 7, gambar 6.

Tabel 7. Kekuatan otot kuadriseps femoris pada grup latihan isometrik.

Kekuatan Otot (Nm)	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Simpang baku	p*
Sebelum latihan	31	131	84,53	27,73	
Sesudah latihan	75	158	107,4	23,39	
Perubahan sebelum dan sesudah latihan	-22	65	22,87	23,99	0,001

* Uji t - berpasangan



Gambar 6. Perubahan kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum dan sesudah latihan pada grup latihan isometrik.

Hasil analisis dengan uji t tak berpasangan pada penilaian kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum latihan tidak ada perbedaan bermakna antara grup latihan isotonik dan grup latihan isometrik ($p > 0,05$). Pada penilaian kekuatan otot kuadriseps femoris sesudah latihan ada perbedaan yang bermakna antara grup latihan isotonik dan grup latihan isometrik

($p < 0,05$). Perubahan kekuatan otot kuadriseps femoris sebelum dan sesudah latihan pada grup isotonik lebih bermakna dibandingkan grup isometrik ($p < 0,05$) , tabel 8.

Tabel 8. Hasil analisis uji t tak berpasangan pada penilaian kekuatan otot kuadriseps femoris.

Kekuatan otot (Nm)	Grup latihan isotonik	Grup latihan isometrik	p*
Rata-rata sebelum latihan	87,93	84,53	0,752
Rata-rata sesudah latihan	134,98	107,40	0,028
Rata-rata perubahan sebelum dan sesudah latihan	47,05	22,87	0,018

* Uji t tidak berpasangan

BAB V

PEMBAHASAN

Didapatkan 31 subyek penelitian yang memenuhi kriteria penerimaan penelitian, subyek terbagi menjadi 2 grup yaitu grup latihan isotonik 14 orang dan grup latihan isometrik 17 orang. Subyek yang diterima pada penelitian ini adalah wanita.

Dalam bukunya Hebblinck dan Day (1978) mengatakan kekuatan otot wanita hanya 70% dari kekuatan otot laki-laki dan setelah melakukan latihan peningkatan kekuatan otot wanita hanya 50% dari peningkatan kekuatan otot laki-laki. Dikatakan bahwa wanita mempunyai jantung, paru-paru, volume sekuncup dan kapasitas vital yang lebih kecil dari laki-laki⁽⁷⁾. Menurut Jones dan Baker (1996) kekuatan otot wanita hanya dua pertiga dari kekuatan otot laki-laki⁽¹⁴⁾. Laubach (1976) dalam penelitiannya yang membandingkan kekuatan otot laki-laki dan wanita menemukan bahwa pada ekstremitas bawah kekuatan otot wanita rata-rata 71,9% dari kekuatan otot laki-laki⁽¹²⁾. Jozci dkk (1999) dalam penelitiannya mendapatkan hasil bahwa setelah melakukan latihan beban selama 12 minggu peningkatan kekuatan otot pada laki-laki lebih bermakna daripada wanita⁽³⁴⁾. Kekuatan otot pada laki-laki setelah masa pubertas dipengaruhi oleh hormon seks pria yaitu testoteron yang mempunyai efek anabolik yang salah satunya penting dalam mempertahankan massa otot dan jaringan tulang^(13,22,26).

Pada penelitian ini rata-rata usia subyek adalah 19,29 tahun (berkisar 18 – 21 tahun). Usia merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan otot. Menurut Hebblinck dan Day (1978) puncak kekuatan otot dicapai pada umur 18 – 27 tahun dan akan menurun setelah itu ⁽⁷⁾. Jones dan Barker (1996) mengatakan bahwa puncak kekuatan otot diperoleh pada usia awal dua puluhan ⁽¹⁴⁾. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Stevens JE dkk (2001) yang memperoleh hasil bahwa kekuatan kontraksi isometrik maksimal pada orang muda (usia 20 – 28 tahun) lebih baik daripada pada orang tua (usia 66 – 83 tahun) ⁽³³⁾.

Pada grup latihan isotonik terjadi peningkatan kekuatan otot kuadriseps femoris yang bermakna sebelum dan sesudah melakukan latihan ($p < 0,001$). Braith RW dkk (1989) dalam penelitiannya mengatakan terjadi peningkatan kekuatan otot kuadriseps femoris setelah melakukan latihan beban 1 RM selama 10 dan 18 minggu dan dikatakan bahwa latihan yang dilakukan 3 kali per minggu lebih baik daripada 2 kali per minggu ⁽³⁵⁾. C Suko dan Mc. Carthy (1985) menyatakan tidak ada perbedaan yang bermakna peningkatan kekuatan otot pada latihan beban yang dilakukan 3 kali per minggu atau 4 kali per minggu ⁽³⁶⁾. Pada penelitian ini dilakukan 3 kali per minggu. Selain sesuai dengan penelitian tersebut di atas juga diharapkan dalam pelaksanaannya tidak memberatkan subyek penelitian. Penelitian yang dilakukan oleh Rhodes dkk (2000), Matheson dkk (2001) dan Jozci dkk (2001) juga menunjukkan hasil terjadi peningkatan kekuatan otot setelah melakukan latihan beban ^(34,37). Penelitian mengenai latihan beban bertingkat

baru-baru ini yang dilakukan oleh Hostler dkk (2001) yang membandingkan penambahan beban yang berbeda selama 16 minggu memperoleh hasil terjadi peningkatan kekuatan otot setelah latihan tetapi peningkatan kekuatan otot lebih bermakna pada penambahan beban yang lebih berat ⁽³⁹⁾. Pada penelitian ini beban yang diberikan adalah beban maksimal yang dapat diangkat oleh subyek 10 kali dan dilakukan evaluasi setiap minggu kemudian dilakukan penambahan beban sesuai kemampuan setiap subyek, dan terbukti terjadi peningkatan kekuatan otot kuadriseps femoris yang bermakna setelah melakukan latihan isotonik pada penelitian ini ($p < 0,001$).

Pada grup latihan isometrik terjadi peningkatan kekuatan otot kuadriseps femoris yang bermakna sebelum dan sesudah melakukan latihan ($p < 0,05$). Penelitian baru-baru ini yang dilakukan oleh Paasuke dkk (2001) memperoleh hasil bahwa dengan latihan isometrik dapat meningkatkan kontraksi maksimum atlet sehingga dapat meningkatkan kinerja atlet tersebut ⁽⁴⁰⁾. Sampai saat ini belum ada konsensus mengenai dosis dan lamanya latihan isometrik ^(13,14). Schott (1995) mengatakan bahwa latihan isometrik dengan kontraksi yang lebih lama dan repetisi yang lebih sedikit lebih efektif daripada kontraksi yang lebih pendek dengan repetisi yang lebih banyak ⁽¹³⁾. Tetapi penelitian yang dilakukan oleh Kubo dkk (2001) yang membandingkan lamanya kontraksi isometrik yang berbeda terhadap elastisitas tendo otot memperoleh hasil bahwa kontraksi yang lebih lama akan menimbulkan kekakuan tendo otot secara bermakna ⁽⁴¹⁾.

Kekuatan otot merupakan sebuah konsep yang kompleks, banyak faktor yang mempengaruhinya. Dari penelitian-penelitian terdahulu

menunjukkan bahwa semua metoda latihan penguatan dapat meningkatkan kekuatan otot ^(5,11,13,42). Pada penelitian ini juga terlihat bahwa latihan yang dilakukan 3 kali per minggu selama 3 minggu dengan modifikasi protokol De Lorme dan Watkins untuk grup latihan isotonik dan dengan dosis 4 set 10 repetisi dengan kontraksi volunter maksimum 3 detik, istirahat 2 detik setiap kontraksi dan istirahat 2 menit setiap set untuk grup isometrik dapat meningkatkan kekuatan otot kuadriseps femoris secara bermakna ($p < 0,05$). Perubahan kekuatan otot sebelum dan sesudah latihan lebih bermakna pada grup latihan isotonik daripada grup latihan isometrik ($p < 0,05$). Hasil ini dapat terjadi karena ada perbedaan antara kontraksi isometrik dan kontraksi isotonik yaitu (1) kontraksi isometrik tidak memerlukan banyak pergeseran miofibril satu sama lainnya, (2) pada kontraksi isotonik sebuah beban digerakkan melibatkan fenomena inersia dan (3) kontraksi isotonik mengikuti pelaksanaan kerja luar, sesuai dengan efek Fenn ⁽²⁰⁾. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh De Lateur BJ dkk yang membandingkan latihan isotonik dan isometrik dengan metoda double-shift design menyimpulkan bahwa grup latihan isotonik lebih baik pada saat diuji secara isotonik dan grup latihan isometrik lebih baik pada saat diuji secara isometrik ^(11,23,41). Penemuan tersebut berbeda dengan hasil penelitian ini mungkin karena metoda penelitian yang digunakan berbeda.

Penelitian ini jauh dari sempurna dan penulis menyadari adanya kelemahan penelitian ini yaitu tidak mendapatkan nilai standar kekuatan otot yang menggunakan mesin dan besarnya nilai peningkatan kekuatan otot

secara klinis sehingga hasil peningkatan kekuatan otot pada penelitian ini hanya bermakna secara statistik. Selain itu karena keterbatasan sampel yang ada maka penulis hanya meneliti sampel wanita.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini kekuatan otot kuadriseps femoris setelah melakukan latihan pada grup latihan isotonik mengalami peningkatan kekuatan otot yang bermakna ($p < 0,001$). Pada grup latihan isometrik juga dijumpai peningkatan kekuatan otot yang bermakna ($p < 0,05$). Pada perbandingan kekuatan otot setelah melakukan latihan antara grup latihan isotonik dan grup latihan isometrik dijumpai perbedaan yang bermakna ($p = 0,028$), sedangkan pada perbandingan rata-rata perubahan kekuatan otot sebelum dan setelah latihan juga dijumpai perbedaan yang bermakna ($p = 0,018$) dimana pada grup latihan isotonik peningkatan kekuatan otot sebesar 47,05 Nm dan pada grup latihan isometrik 22,87 Nm. Sehingga dapat disimpulkan hasil kekuatan otot grup latihan isotonik lebih baik dibandingkan grup latihan isometrik.

VI.2. SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan jumlah sampel yang lebih banyak dan melibatkan kedua jenis kelamin sehingga nilai kekuatan otot yang diperoleh dapat digunakan sebagai nilai standar kekuatan otot untuk orang Indonesia.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai latihan isotonik dan latihan isometrik dengan dosis dan lamanya latihan yang bervariasi.

3. Dengan adanya hasil peningkatan kekuatan otot setelah melakukan latihan isotonik dan latihan isometrik pada penelitian ini disarankan pemberian latihan penguatan otot selain dilakukan dengan cara konvensional juga dapat memanfaatkan mesin CYBEX.

DAFTAR PUSTAKA

1. Salmons S. Muscles. Dalam : Gray's : Anatomy. The anatomial basis of medicine and surgery. 38th ed. Churchill Livingstone. New York. 1995 : 738-897
2. Kanagasutntheram R, Sivanadasingham P, dan Krishnamurti A, Lower limb, Dalam : Anatomy regional, functional and clinical. PG Publishing, Singapura, 1987 : 348 - 436
3. Moore KL, Dalley AF Lower limb. Dalam : Clinically oriented anatomy, 4th ed. Lippincott Williams &Wilkins. Baltimore Maryland. 1999.
4. Mc. Nair PJ, Stanley Stephen. Quadriceps muscles training in a restricted range of motion : Impliactions for anterior cruciate ligament deficiency. Arch Phys Med Rehabil. 1996, 77 : 562 – 584.
5. Joint RL, Findley TW, Boda W, Daum MC. Therapeutic exercise. Dalam : Delisa JA. Rehabilitation medicine principles and practice, 2nd ed. JB Lippicott Company. Philadelphia. 1993 : 526 – 554.
6. Sale DE. Testing Strength and power. Dalam : Mac Dougall JD, Wenger HA dan Green HJ. Physiological testing of the high-performance athlete. 2nd ed. Human Kinetics Books. Illinoi. 1991 : 21 – 57.
7. Hebblinck M, Day J. Effect of exercise. Dalam : International Olympic Committe Olympic Solidarity. Basic book of sports medicine. English Formation/ Olympic Solidarity. 1978 : 27 – 33.
8. Laskowski ER. Concepts in sport medicine. Dalam : Braddom RL. Physical medicine and rehabilitation. 1st ed. WB Saunders Co. Philadelphia. 1996 : 915 – 937.
9. Keith RA. Treatment strength in rehabilitation. Arch Phys Med Rehabil. 1997. 78 : 1298 – 1304.
10. Egger G, Champion N and Bolton A. Exercise programming for strength and resistance training. Dalam : The fitness leader's handbook. 4th Kangaroo Press. Sydney. 1998 : 56-80.
11. De lateur BJ. Therapeutic exercise. Dalam : Braddom RL. Physical medicine and rehabilitation. 1st ed. WB Saunders Co. Philadelphia. 1996 : 401 – 419.

12. Pollock ML, Wilmore JH. Musculoskeletal function. Dalam : Exercise in health and disease evaluation and prescription for prevention and rehabilitation. 2nd ed. WB Saunders Company. 1990 : 202 – 238.
13. Foss ML, Keteyian SJ. Fox's physiological basis for exercise and sport. 6th ed. WCB / McGraw – Hill. 1998 : 338 – 373; 338 – 373; 470 - 491.
14. Jones K, Barker K. Strength. Dalam : Human movement explained Butterworth Heinemann. 1996 : 196 – 223.
15. Hodder, Stoughton. Training for fitness. Dalam : Sports therapy an introduction to theory and practise. London. 1997
16. April EW. Thigh and Knee Joint. Dalam : Clinical anatomy 3rd ed. William & Wilkins. Baltimore, 1997 : 180 – 199.
17. Maurer BT, Stern AG, Kinnosian B, Cook KD, Osteoarthritis of the knee : Isokinetic quadriceps Exercise versus an Educational Intervention. Arch Phys Med Rehabil. 1999, 80 : 1293-1299.
18. Tan JC. Practical manual of physical medicine and rehabilitation. Mosby. St. Louis Missouri. 1998 : 51-67; 156 – 177.
19. Cybex Norm TM Testing & Rehabilitation System. User's guide. Cybex International Inc. New York. 1996.
20. Guyton AC. (Alih bahasa Tengadi KA dkk). Kontraksi otot rangka. Dalam : Buku ajar fisiologi kedokteran (Textbook of medical physiology). Edisi 7. Cetakan III. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 1996 : 55 – 67.
21. Ganong WF (Editor edisi bahasa Indonesia Widjajakusumah MJ). Buku ajar fisiologi kedokteran (Review of Medical Physiology). Edisi 14. Cetakan I. Penerbit Buku Kedokteran EGC. 1999 : 60 – 79; 351 – 375; 405 - 444.
22. Despopoulos A, Silbernagl S (alih bahasa Handojo Y. Atlas berwarna & teks fisiologi (color atlas of physiology). Edisi 4. Cetakan I. Penerbit Hipokrates. Jakarta. 2000. 22 – 48; 232 – 271.
23. Lieberman JS, Johnson ER, Kilmer DD. Skeletal muscle : Structure, chemistry and function. Dalam : Downey JA, Meyers SJ, Gonzales EG dan Lieberman JS. The physiological basis of rehabilitation medicine. 2nd ed. Butterworth – Heinemann. Stoneham USA. 1994 : 85 – 101.
24. Gardiner M.D. An introduction to movement. Dalam : The principles of exercise therapy. 3rd ed. G. Bell and Sons Ltd. London. 1975 : 12 – 25.

25. Moldover JR, Burg-Stein J. Exercise and fatigue. Dalam : Downey JA, Meyers SJ, Gonzales EG dan Lieberman JS. The physiological basis of rehabilitation medicine. 2nd ed. Butterworth – Heinemann. Stoneham USA. 1994 : 393 – 411.
26. Sajoto M. Pelatihan muskuloskeletal untuk pembinaan kemampuan fisik olahragawan. Dalam : Kumpulan makalah simposium pembinaan kesehatan pasien dari aspek pelatihan muskuloskeletal. Semarang. 1994.
27. Pickering R. Weight – training for athletics. Dalam : Kirkley G & Goobody J. The manual of weight – training. Edisi cetak ulang. An imprint of the Hutchinson Publishing Group. London. 1985. 1 – 17.
28. Galley P.M, Fosrter A.L, Stregth and endurance. Dalam : Human movement an introductory text for physiotherapy students Churchill Livingstone. New York, 1985 : 136 – 151.
29. Juris P. Muscles and exercise physiology dalam : Scuderi G.R. McCann, Brune P.J. Sport medicine principles of primary care. Mosby. St.Louis, Missouri, 1997 : 8 – 17.
30. Di Carlo SE, Sipe E, Layshock J.P. & Varyani S. Experimental demonstrating skeletal muscle biomechanic. Dalam : Advances in Physiology education, 1998, 20 : 59 – 71.
31. Kubiak RJ, Whitman KM, Johnston RM. Changes in Quadriceps Femoris Muscle Stregth Using Isometric Exercise versus Electrical Stimuation. J. Orthop. Sport Phys Ther, 1985, 7 : 50-53.
32. Sastroasmoro S, Ismael S. Dasar-dasar metodologi penelitian klinis. Penerbit Binarupa Aksara. Jakarta. 1995.
33. Stevens JE, Binder – MacLeod S, Snyder – Macler L. Characterization of the human quadriceps muscle in active elders. Arch Phys Med Rehabil. 2001 : 82 : 973 – 978.
34. Jozci, AC, Campbell WW, Joseph L, Davey SL, Evans SJ. Chnages in power with resistance training in older and younger men and women. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 1999, 54(11) : 591 – 596.
35. Braith RW, Graves JE, Pollock ML, Legget SL, Carpenter DM. Comparison of 2 vs 3 days/week of variable resistance training during 10 and 18 week programs. Int. J Sport Med. 1989, 10(6) : 450 – 454.

36. C Suko, Mc Carty DJ. Simple method for measurement of lower extremity muscle strenght. *Am. J Med*, 1985, 78(1) : 77-81.
37. Rhodes EC, Marting AD, Tauton JE, Donnell M, Warren J, Elliot J. Effect of one year of resistance training on the relation between muscular strength and bone density in elderly women. *Br J Sports Med*. 2000, 34(1) : 18 – 22.
38. Matheson JW, Kernozek TW, Fater DC, Davies GJ. Electromyographic activity and applied load during seated quadricep exercise. *Med Sci Sports exec*. 2001, 33(10) : 1713 – 1725.
39. Hostler D, Crill MT, Hagerman FC, Staron RS. The effectiveness of 0.5 – lb increments in progressive resistance exercise. *J Strength Cond Res*. 2001, 15(1) : 86 - 91
40. Paasuke M, Ereline J, Gapeveva H. Knee extension strength and vertical jumping performance in nordic combined athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 2001, 41(3) : 354 – 361.
41. Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T. Effect of different duration isometric contraction on tendon elasticity in human quadriceps muscles. *J Physiol*. 2001; 536 : 649 – 655.
42. De Lateur BJ, Lehmann JF. Therapeutic exercise to develop strength and endurance. Dalam : Kottke FJ, Lehmann JF. *Krusen's Hand Book of Physical medicine and rehabilitation*. 4th ed. WB Saunders. Philadelphia. 1990 : 480 - 519.