

TESIS

**PERBANDINGAN PENINGKATAN KETEBALAN OTOT *HAMSTRINGS*
DAN *QUADRICEPS FEMORIS* PADA LATIHAN PENGUATAN OTOT
INTENSITAS TINGGI ANTARA METODE *AGONIST-ANTAGONIST*
PAIRED SET DENGAN METODE *TRADITIONAL SET* PADA SUBYEK
SEHAT TIDAK TERLATIH**



Gutama Arya Pringga, dr.

NIM. 011528166304

PROGRAM STUDI ILMU KEDOKTERAN KLINIK

JENJANG MAGISTER

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS AIRLANGGA

SURABAYA

2020

TESIS

**PERBANDINGAN PENINGKATAN KETEBALAN OTOT *HAMSTRINGS*
DAN *QUADRICEPS FEMORIS* PADA LATIHAN PENGUATAN OTOT
INTENSITAS TINGGI ANTARA METODE *AGONIST-ANTAGONIST*
PAIRED SET DENGAN METODE *TRADITIONAL SET* PADA SUBYEK
SEHAT TIDAK TERLATIH**



Gutama Arya Pringga, dr.

NIM. 011528166304

PROGRAM STUDI ILMU KEDOKTERAN KLINIK

JENJANG MAGISTER

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS AIRLANGGA

SURABAYA

2020

HALAMAN PRASYARAT GELAR

TESIS

Untuk Memperoleh Gelar Magister Kedokteran Klinik

dalam

PROGRAM STUDI ILMU KEDOKTERAN KLINIK JENJANG MAGISTER

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS AIRLANGGA

Oleh:

Gutama Arya Pringga, dr.

NIM. 011528166304

PROGRAM STUDI ILMU KEDOKTERAN KLINIK JENJANG MAGISTER

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS AIRLANGGA

SURABAYA

2020

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gutama Arya Pringga, dr.

NIM : 011528166304

Program Studi : Ilmu Kedokteran Klinik

Jenjang : Magister

Menyatakan bahwa sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar dan saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan tesis saya yang berjudul:

**“PERBANDINGAN PENINGKATAN KETEBALAN OTOT *HAMSTRINGS*
DAN *QUADRICEPS FEMORIS* PADA LATIHAN PENGUATAN OTOT
INTENSITAS TINGGI ANTARA METODE *AGONIST-ANTAGONIST*
PAIRED SET DENGAN METODE *TRADITIONAL SET* PADA SUBYEK
SEHAT TIDAK TERLATIH”**

Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Yang menyatakan,



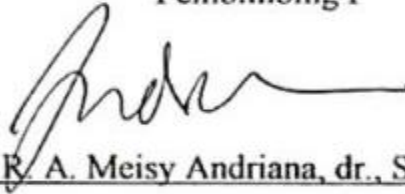
Gutama Arya Pringga, dr.

HALAMAN PERSETUJUAN

**TESIS INI TELAH DISETUJUI PADA
PADA TANGGAL 30 JUNI 2020**

Oleh:

Pembimbing I



Dr. R. A. Meisy Andriana, dr., Sp.KFR (K)

NIP. 195410041983022001

Pembimbing II



Rr. Indrayuni Lukitra W., dr., Sp.KFR (K)

NIP. 195910011987032002

Pembimbing III



Lydia Arfianti, dr., Sp.KFR

NIP. 198104042012122006

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Ilmu Kedokteran Klinik Jenjang Magister



Dr. Aditiawarman, dr., Sp. OG (K)

NIP. 195811011986101002

HALAMAN PENETAPAN PANITIA PENGUJI TESIS

Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Gutama Arya Pringga, dr.

NIM : 011528166304

Program Studi : Program Studi Ilmu Kedokteran Klinik Jenjang Magister

Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga

Judul : Perbandingan Peningkatan Ketebalan Otot *Hamstrings* dan *Quadriceps Femoris* pada Latihan Penguatan Otot Intensitas Tinggi Antara Metode *Agonist-Antagonist Paired Set* Dengan Metode *Traditional Set* Pada Subyek Sehat Tidak Terlatih

Tesis ini telah diuji dan dinilai oleh panitia penguji pada

PROGRAM STUDI ILMU KEDOKTERAN KLINIK JENJANG MAGISTER

FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Pada tanggal 30 Juni 2020

Panitia Penguji:

1. Ketua : Dr. Damayanti Tinduh, dr., Sp.KFR (K)
2. Anggota : Dr. R. A. Meisy A., dr., Sp.KFR (K)
3. Penguji : Rr. I. Lukitra Wardhani, dr., Sp.KFR (K)
4. Penguji : Lydia Arfianti, dr., Sp.KFR
5. Penguji : Budiono, dr., M.Kes

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Perbandingan Peningkatan Ketebalan Otot *Hamstrings dan Quadriceps Femoris* pada Latihan Penguatan Otot Intensitas Tinggi Antara Metode *Agonist-Antagonist Paired Set* Dengan Metode *Traditional Set* Pada Subyek Sehat Tidak Terlatih”.

Tesis ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan keahlian dalam bidang Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/RSUD Dr. Soetomo Surabaya.

Saya mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Prof. Dr. Muhammad Nasih, SE, M.T., Ak., CMA sebagai rektor Universitas Airlangga, Prof. Dr. Soetojo, dr., SpU., sebagai Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya, dan Joni Wahyuhadi, dr., Sp.BS (K) sebagai direktur RSUD Dr. Soetomo Surabaya, yang telah memberi kesempatan dan fasilitas yang diperlukan dalam menyelesaikan tesis ini.
2. Bayu Santoso, dr., Sp. KFR (K) sebagai guru dan staf pengajar senior Departemen/SMF Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga / RSUD Dr. Soetomo Surabaya atas bimbingan dan masukan selama pendidikan dan dalam penyelesaian karya akhir ini.
3. Dr. Ratna D. Haryadi, dr., Sp. KFR (K) sebagai guru dan staf pengajar senior Departemen/SMF Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas

Kedokteran Universitas Airlangga / RSUD Dr. Soetomo Surabaya atas bimbingan dan masukan selama pendidikan dan dalam penyelesaian karya akhir ini.

4. Prof. Dr. Hening L. Putra, dr., Sp. KFR (K) sebagai guru dan staf pengajar senior Departemen/SMF Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga / RSUD Dr. Soetomo Surabaya atas bimbingan dan masukan selama pendidikan dan dalam penyelesaian karya akhir ini.
5. Dr. Sri Mardjiarti Mei Wulan, Sp. KFR (K) sebagai Kepala Departemen/SMF Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/RSUD Dr. Soetomo Surabaya, guru/ staf pengajar senior Departemen Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga / RSUD Dr. Soetomo Surabaya atas bimbingan dan masukan selama pendidikan dan dalam penyelesaian tesis ini
6. Nuniek Nugraheni, dr., Sp. KFR (K) sebagai Kepala Instalasi Rehabilitasi Medik RSUD Dr. Soetomo Surabaya dan guru/ staf pengajar Departemen Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga / RSUD Dr. Soetomo Surabaya atas bimbingan dan masukan selama pendidikan, serta fasilitas yang diperlukan dalam penyelesaian tesis ini
7. Dr. R. A. Meisy Andriana, dr., Sp. KFR (K) sebagai Ketua Program Studi Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/RSUD Dr. Soetomo Surabaya, guru/ staf pengajar Departemen

Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi, Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/ RSUD Dr. Soetomo Surabaya, sekaligus ibu asuh dan pembimbing karya akhir dan tesis saya, yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, arahan dan masukan selama pendidikan dan dalam penyelesaian tesis ini.

8. Dewi Poerwandari, dr., SpKFR (K) sebagai Sekretaris Program Studi Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/RSUD Dr. Soetomo Surabaya, yang telah memberikan bimbingan, arahan dan masukan selama pendidikan dan dalam penyelesaian tesis ini.
9. Rr. Indrayuni Lukitra W., dr., Sp.KFR (K) sebagai pembimbing tesis saya, yang telah memberikan bimbingan, arahan dan masukan selama pendidikan dan dalam penyelesaian tesis ini.
10. Lydia Arfianti, dr., Sp.KFR sebagai pembimbing tesis saya, yang telah memberikan bimbingan, arahan dan masukan selama pendidikan dan dalam penyelesaian tesis ini.
11. Budiono, dr., M. Kes sebagai Staf Departemen Ilmu Kesehatan Masyarakat Kedokteran Pencegahan (IKM-KP) Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/RSUD Dr. Soetomo yang telah memberikan bimbingan metodologi penelitian dan statistik dalam karya akhir profesi dan tesis saya.
12. Seluruh staf pengajar Departemen / SMF Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga / RSUD Dr.

Soetomo yang telah memberikan bimbingan selama saya mengikuti pendidikan dan dalam penyelesaian tesis ini.

13. Kedua orang tua tercinta, Bapak Sunawan dan Ibu Nurul Setyowati, adik saya Lailatul Nazhafah P. S. dan Rizki Aminawati atas kasih sayang, perhatian, doa, dan dukungannya hingga saat ini
14. Seluruh subyek penelitian, yang berkenan meluangkan waktu berpartisipasi dalam tesis ini.
15. Teman seperjuangan saya, Gadiza Raizninthia P., dr., yang selalu mendukung dan membantu saya selama proses penyelesaian tesis
16. Teman sejawat Peserta PPDS I Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/ RSUD Dr. Soetomo Surabaya yang telah membantu dan memberikan dukungan penyelesaian tesis ini.
17. Seluruh fisioterapis, terapis wicara, terapis okupasional, ortotik prostetik, kesekretariatan, dan karyawan karyawan Instalasi Rehabilitasi Medik RSUD Dr. Soetomo Surabaya, yang telah membantu saya selama mengikuti program pendidikan dokter spesialis.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, karena itu saya mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan dan karya berikutnya.

Surabaya, Juni 2020

Peneliti,

Gutama Arya Pringga, dr.

RINGKASAN

PERBANDINGAN PENINGKATAN KETEBALAN OTOT *HAMSTRINGS* DAN *QUADRICEPS FEMORIS* PADA LATIHAN PENGUATAN OTOT INTENSITAS TINGGI METODE *AGONIST-ANTAGONIST PAIRED SET* DENGAN METODE *TRADITIONAL SET* PADA SUBYEK SEHAT TIDAK TERLATIH

Latihan penguatan merupakan cara yang efektif untuk meningkatkan massa otot. Latihan penguatan progresif dan berkelanjutan secara positif merangsang sinyal anabolik intraseluler dan selanjutnya dapat meningkatkan sintesis dan mengurangi degradasi protein otot. Seiring waktu, penjumlahan dari respon ini menyebabkan peningkatan ketebalan otot melalui penambahan jumlah sarkomer. Dalam melakukan latihan penguatan otot, terjadinya ketidakseimbangan otot yang dapat menyebabkan cedera sebaiknya dihindari. Oleh karena itu, kelompok otot agonis dan antagonis, seperti otot *hamstrings* dan *quadriceps femoris*, harus dimasukkan dalam latihan penguatan otot rutin.

Respon hipertrofik dari latihan penguatan dapat dimaksimalkan dengan memanipulasi variabel program latihan yang tepat. Namun demikian, sebagian besar program latihan beban menggunakan metode tradisional (multipel set dengan interval istirahat antar set 2-3 menit). Seringkali, 1 jenis latihan dilakukan dengan sejumlah set tertentu sebelum melanjutkan ke jenis latihan berikutnya. Metode latihan ini menghabiskan banyak waktu karena periode istirahat yang relatif lama. Latihan penguatan metode *agonis-antagonist paired set* dapat menjadi alternatif latihan untuk meningkatkan massa otot dengan waktu latihan yang relatif singkat. Studi yang meneliti adaptasi kronis dari latihan penguatan metode APS masih jarang dan hanya dilakukan pada subyek terlatih serta tidak menilai hipertrofi/ketebalan otot. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan peningkatan ketebalan otot *hamstrings* dan *quadriceps femoris* pada latihan penguatan otot intensitas tinggi antara metode *agonist-antagonist paired set* (APS) dengan metode *traditional set* (TS) pada subyek sehat tidak terlatih.

Enam belas belas laki-laki sehat tidak terlatih dimasukkan ke dalam satu dari dua kelompok secara acak yaitu yaitu kelompok APS dan kelompok TS. Tiap kelompok mendapatkan latihan penguatan otot *hamstrings* (*leg curl*) dan *quadriceps femoris* (*leg extension*) dengan beban intensitas dan volume latihan yang dibuat sama (70% 1 RM, 12 repetisi/set, 3 set, 2 x/minggu). Interval istirahat tiap set untuk jenis latihan yang sama adalah 2 menit. Untuk kelompok APS, 1 set *leg curl* dilanjutkan dengan 1 set *leg extension*, dilakukan bergantian hingga mencapai 3 set untuk masing-masing otot. Untuk kelompok TS, 3 set *leg curl* dilanjutkan dengan 3 set *leg extension*. Ketebalan otot (diukur dengan USG musculoskeletal) dibandingkan antara sebelum dan setelah 6 minggu perlakuan serta antar kelompok perlakuan.

Empat belas laki-laki sehat tidak terlatih dengan rentang usia 26-39 tahun dan indeks massa tubuh 18,44-24,8 kg/m² berhasil menyelesaikan seluruh protokol latihan. Total waktu latihan pada kelompok APS adalah 7 menit/sesi, sedangkan

total waktu latihan pada kelompok TS adalah 13 menit/sesi. Terdapat peningkatan bermakna pada ketebalan otot *hamstrings* pada kelompok APS ($9,51 \pm 3,46$ mm, $p=0,000$) dan kelompok TS ($9,88 \pm 3,20$ mm, $p=0,000$). Terdapat peningkatan bermakna pada ketebalan otot *quadriceps femoris* pada kelompok APS ($4,33 \pm 2,38$ mm, $p=0,010$) dan kelompok TS ($3,05 \pm 2,85$ mm, $p=0,045$). Tidak terdapat perbedaan bermakna pada perubahan ketebalan otot *hamstrings* dan *quadriceps femoris* antar kedua kelompok ($p>0,005$).

Peningkatan ketebalan otot pada penelitian ini merupakan respon adaptasi fisiologis dari latihan penguatan otot intensitas tinggi berupa hipertrofi otot dan, sebagian kecil, hiperpasia otot. Tegangan mekanik yang dihasilkan dari penguatan otot beban intensitas tinggi akan mengaktifkan Protein Kinase B (PKB)/Akt di mana selanjutnya, PKB/Akt meningkatkan sintesis protein otot. Selain itu, latihan penguatan otot intensitas tinggi dapat menyebabkan miotrauma yang selanjutnya dapat menyebabkan pelepasan berbagai *growth factor*. Peningkatan ketebalan otot *quadriceps femoris* dan *hamstrings* pada kelompok TS setelah diberikan intervensi selama 6 minggu menunjukkan bahwa protokol latihan penguatan yang diberikan sudah cukup memberikan stres mekanik, miotrauma, dan stres metabolik untuk memicu terjadinya peningkatan hipertrofi otot.

Pada kelompok APS juga didapatkan peningkatan ketebalan otot *quadriceps femoris* dan *hamstrings* setelah diberikan intervensi selama 6 minggu, walaupun peningkatan ketebalan otot tersebut tidak berbeda bermakna antara kedua kelompok. Beban volume antara kedua metode latihan dibuat sama dalam penelitian ini sehingga kemungkinan tingkat kelelahan pada subyek penelitian antara kedua kelompok hampir sama. Selain itu, ketika latihan penguatan berada di bawah tingkat *muscle failure*, respons terhadap latihan mungkin lebih heterogen karena perbedaan tingkat kelelahan yang dialami oleh masing-masing individu selama latihan.

Latihan metode APS umumnya menghasilkan volume latihan yang lebih besar dalam waktu lebih singkat yang dapat meningkatkan kelelahan otot. Beban volume yang lebih tinggi diperlukan untuk memaksimalkan respon hipertrofi otot pada populasi yang beragam. Penelitian yang kami lakukan menggunakan 12 repetisi antar set dan menghindari *muscle failure* sehingga beban volume antar kelompok APS dan TS tidak dapat dibandingkan.

Walaupun tidak berbeda bermakna, ketebalan otot *quadriceps femoris* pada kelompok APS lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok TS. Hal ini mungkin dapat disebabkan oleh efek *antagonist prefatigue* dari latihan penguatan metode APS. Dalam hal ini, otot antagonis yang dibuat lelah terlebih dahulu (*antagonist prefatigue*) menyebabkan terjadinya peningkatan aktivasi otot antagonis selama gerakan otot agonis (*antagonist preactivation*). Hal ini selanjutnya dapat meningkatkan aktivasi dari otot agonis akibat adanya koaktivasi dari otot antagonis.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah latihan penguatan otot metode APS tidak menghasilkan peningkatan ketebalan otot *hamstrings* dan *quadriceps femoris* yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode TS pada subyek sehat tidak terlatih.

SUMMARY

COMPARISON OF THE MUSCLE THICKNESS INCREMENT OF HAMSTRING AND QUADRICEPS FEMORIS IN HIGH INTENSITY RESISTANCE TRAINING USING AGONIST-ANTAGONIS PAIRED SET METHOD AND TRADITIONAL SET METHOD IN UNTRAINED HEALTHY SUBJECTS

Resistance training is an effective way to increase muscle mass. Progressive resistance training positively stimulate intracellular anabolic signals and further increase protein synthesis and reduce protein degradation. Over time, the summation of these responses causes muscle thickness increment through increasing the number of sarcomeres. Muscle imbalance that can cause injury should be avoided. Therefore, agonist and antagonist muscle groups, such as hamstrings and quadriceps femoris, should be included in routine resistance training. The hypertrophic response of resistance training can be maximized by manipulating appropriate training variables. However, most resistance training use traditional methods (multiple sets with a rest interval 2-3 minutes/set). Often, 1 type of exercise is done with a certain number of sets before proceeding to the next type of exercise. This training method is time consuming due to the long rest period. Paired set agonist-antagonist strengthening exercises can be an alternative exercise to increase muscle mass with a relatively short training time. Studies examining chronic adaptation of the APS method are still limited. These studies are only performed on trained subjects and do not measure muscle hypertrophy/muscle thickness. Therefore, the aim of this study is to compare the muscle thickness increment of hamstrings and quadriceps femoris in high intensity resistance training between the agonist-antagonist paired set (APS) method with the traditional set (TS) method in untrained healthy subjects.

Sixteen untrained healthy men were randomly assigned to one of two groups : the APS group and the TS group. Each group received hamstrings (leg curl) and quadriceps femoris (leg extension) resistance training with the same intensity and training volume (70% 1 RM, 12 reps/sets, 3 sets, 2x/week) for 6 weeks. The rest interval for the same type of exercise is 2 minutes. For the APS group, 1 set of leg curls is followed by 1 set of leg extensions for 3 sets. For the TS group, 3 sets of leg curls are followed by 3 sets of leg extensions. Muscle thickness (measured by musculoskeletal ultrasound) was compared from pre- to post-training as well as between the intervention groups.

Fourteen untrained healthy men aged 26-39 years with body mass index of 18.44-24.8 kg/m² completed the entire training protocol. The total training time in the APS group is 7 minutes/session, while the total training time in the TS group is 13 minutes/ session. There was a significant increase in hamstrings muscle thickness in the APS group (9.51 ± 3.46 mm, $p = 0.000$) and TS group (9.88 ± 3.20 mm, $p = 0.000$). There was a significant increase in quadriceps femoris muscle thickness in the APS group (4.33 ± 2.38 mm, $p = 0.010$) and TS group (3.05 ± 2.85 mm, $p = 0.045$). There was no significant difference in the hamstrings and quadriceps femoris muscle thickness increment between the two groups ($p > 0.005$).

Muscle thickness increment in this study is a response to physiological adaptation of high-intensity resistance training in the form of muscle hypertrophy and, to a lesser extent, muscle hyperplasia. Mechanical stress from high intensity resistance training will activate Protein Kinase B (PKB)/Akt and further increase muscle protein synthesis. In addition, high-intensity resistance training can cause microtrauma which can cause the release of growth factors. The muscle thickness increment of quadriceps femoris and hamstrings in the TS group after 6 weeks of resistance training showed that the training protocol was sufficient to provide mechanical and metabolic stress to trigger muscle hypertrophy.

In the APS group there was also an increase in the muscle thickness of the quadriceps femoris and hamstrings, although the increase in muscle thickness did not differ significantly between the two groups. The volume load between the two training methods was made equal in this study so that the level of fatigue between the two groups might be somewhat similar. In addition, when resistance training is below the level of muscle failure, the training response may be more heterogeneous due to differences in the level of fatigue experienced by each individual during training.

The APS method generally produces a greater training volume in a shorter time which can increase muscle fatigue. Higher volume load is needed to maximize the response of muscle hypertrophy in diverse populations. Our research uses 12 repetitions between sets and avoids muscle failure so the volume load between both groups can't be compared. Although not significantly different, the muscle thickness of quadriceps femoris in the APS group was higher than in the TS group. This may be caused by the antagonist pre-fatigue effect from the APS method. In this case, the antagonist pre-fatigue will cause an increase in antagonist muscle activation during the agonist muscle movement (antagonist pre-activation). Then, it can increase the agonist muscle activation due to the co-activation of the antagonist muscle.

As a conclusion, the APS method didn't result in a higher increment of hamstrings and quadriceps femoris muscle thickness compared to the TS method in healthy untrained subjects.