

TESIS

**EFEK LATIHAN PENGUATAN MODIFIKASI
HYBRID TERHADAP *DYNAMIC CONTROL RATIO*
SENDI LUTUT PADA SUBJEK SEHAT TIDAK
TERLATIH**



Oleh

Wirawan Indra Priyantono
NIM 012115653069

**PROGRAM STUDI ILMU KEDOKTERAN KLINIK
JENJANG MAGISTER
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2022**

TESIS

**EFEK LATIHAN PENGUATAN MODIFIKASI *HYBRID*
TERHADAP *DYNAMIC CONTROL RATIO* SENDI
LUTUT PADA SUBJEK SEHAT TIDAK TERLATIH**

Oleh:

**Wirawan Indra Priyantono
NIM 012115653069**

**PROGRAM STUDI ILMU KEDOKTERAN KLINIK
JENJANG MAGISTER
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2022**

TESIS

**EFEK LATIHAN PENGUATAN MODIFIKASI *HYBRID* TERHADAP
DYNAMIC CONTROL RATIO SENDI LUTUT PADA SUBJEK SEHAT
TIDAK TERLATIH**

Untuk Memenuhi Syarat Memeroleh Gelar Magister
Dalam Program Studi Ilmu Kedokteran Klinik
Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga

Oleh:

Wirawan Indra Priyantono
NIM 012115653069

**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

Tesis ini telah disetujui
Pada tanggal 20 Desember 2022

Oleh:
Pembimbing I



Dr. Damayanti Tinduh, dr., Sp.K.F.R., M.S. (K)
NIP: 197102122016016201

Pembimbing II



Nuniek Nugraheni S., dr., Sp.K.F.R., Ger (K)
NIP: 196012202016016201

Mengetahui,
Ketua Program Studi Ilmu Kedokteran Klinik Jenjang Magister Fakultas
Kedokteran Universitas Airlangga



Prof. Dr. Irwanto, dr., Sp.A(K)
NIP. 196502271990031010

HALAMAN PENETAPAN PANITIA PENGUJI

Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Wirawan Indra Priyantono, dr.
NIM : 012115653069
Program Studi : Ilmu Kedokteran Klinik Jenjang Magister Fakultas
Kedokteran Universitas Airlangga
Judul : Efek Latihan Penguatan Modifikasi *Hybrid* terhadap
Dynamic Control Ratio Sendi Lutut pada Subjek Sehat
Tidak Terlatih

Tesis ini diuji dan dinilai oleh panitia penguji

PROGRAM STUDI ILMU KEDOKTERAN KLINIK JENJANG MAGISTER
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Pada tanggal: 3 Januari 2023

Panitia penguji tesis

Ketua : Dr. R.A. Meisy Andriana, dr. Sp.K.F.R., N.M. (K)

Anggota :

1. Dr. Damayanti Tinduh, dr., Sp.K.F.R., M.S. (K)
2. Nuniek Nugraheni S., dr., Sp.K.F.R., Ger (K)
3. Prof. Dr. Dwikora Novembri Utomo, dr., Sp.OT(K)
4. Dr. Soenarnatalina Melaniani, Ir. M.Kes

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Wirawan Indra Priyantono

NIM : 012115653069

Program Studi: Magister Ilmu Kedokteran Klinik

Judul Tesis : Efek Latihan Penguatan Modifikasi *Hybrid* terhadap *Dynamic Control Ratio* Sendi Lutut pada Subjek Sehat Tidak Terlatih

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tesis saya ini adalah asli (hasil karya sendiri) bukan merupakan hasil peniruan atau penjiplakan (Plagiarism) dari karya orang lain.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik.

Dalam tesis ini tidak terdapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan di dalam daftar pustaka. Demikian pernyataan ini dibuat tanpa adanya paksaan dari pihak manapun, apabila pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan norma dan peraturan yang berlaku di Universitas Airlangga.

Surabaya, 3 Januari 2023



Wirawan Indra Priyantono
NIM. 012115653069

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur kepada Tuhan atas rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tesis saya mengenai **“Efek Latihan Penguatan Modifikasi Hybrid terhadap Dynamic Control Ratio Sendi Lutut pada Subjek Sehat Tidak Terlatih”**. Tesis ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Magister Kedokteran Klinik dalam Program Studi Ilmu Kedokteran Klinik Jenjang Magister Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya.

Saya mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Prof. Dr. Mohammad Nasih, SE, M.T., Ak., CMA selaku Rektor Universitas Airlangga Surabaya, yang telah memberi kesempatan dan fasilitas yang diperlukan dalam menyelesaikan tesis ini.
2. Prof. Dr. dr. Budi Santoso, Sp.OG(K) sebagai Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya, yang telah memberi kesempatan dan fasilitas yang diperlukan dalam menyelesaikan tesis ini.
3. Prof. Dr. dr. Irwanto, Sp.A(K) sebagai Ketua Program Studi Ilmu Kedokteran Klinik Jenjang Magister Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya, yang telah memberi kesempatan dan fasilitas yang diperlukan dalam menyelesaikan tesis ini.
4. Dr. dr. Joni Wahyuhadi, Sp.BS(K) sebagai Direktur utama RSUD Dr. Soetomo Surabaya yang telah memberi kesempatan dan fasilitas yang diperlukan dalam menyelesaikan tesis ini.
5. dr. Bayu Santoso, Sp.K.F.R., N.M. (K) sebagai guru dan staf pengajar senior Departemen/ SMF Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/ RSUD Dr. Soetomo, atas bimbingan dan arahan selama pendidikan.
6. Prof. Dr. dr. Hening L. Putra, Sp.K.F.R., K.R. (K) sebagai guru dan staf pengajar senior Departemen Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/RSUD Dr. Soetomo, atas bimbingan dan arahan selama pendidikan.
7. Dr. dr. RA Meisy Andriana, Sp.K.F.R., N.M. (K), sebagai Kepala Departemen/SMF Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran

Universitas Airlangga/ RSUD Dr. Soetomo Surabaya, atas bimbingan, arahan dan masukan selama pendidikan.

8. dr. Andriati, Sp.K.F.R., K.R. (K), sebagai Ketua Program Studi Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/RSUD Dr. Soetomo Surabaya, atas bimbingan, arahan dan masukan selama pendidikan.
9. dr. Nuniek Nugraheni S, Sp.K.F.R. Ger. (K), sebagai Kepala Instalasi Rehabilitasi Medik RSUD Dr. Soetomo Surabaya, sekaligus pembimbing penelitian tesis saya, atas bimbingan, arahan dan masukan selama pendidikan dan dalam penyelesaian tesis ini.
10. Dr. dr. Damayanti Tinduh, Sp.K.F.R., M.S. (K), sebagai guru dan staf pengajar senior Departemen Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/RSUD Dr. Soetomo sekaligus pembimbing penelitian tesis saya, atas bimbingan dan masukan selama pendidikan dan dalam penyelesaian tesis ini.
11. dr. I Putu Alit Pawana, Sp.K.F.R., M.S. (K), sebagai Wakil Kepala Instalasi Rehabilitasi Medik RSUD Dr. Soetomo Surabaya, atas bimbingan, arahan dan masukan selama pendidikan dan dalam penyelesaian tesis ini.
12. dr. Nurul Kusuma Wardani, Sp.K.F.R., sebagai Sekretaris Program Studi Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/ RSUD Dr. Soetomo Surabaya atas bimbingan, arahan dan masukan selama pendidikan dan dalam penyelesaian tesis ini.
13. Dr. Ir. Soenarnatalina Melaniani, M.Kes yang telah memberikan bimbingan metodologi penelitian dan statistik dalam tesis ini.
14. 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.
15. Seluruh fisioterapis, terapis okupasional, terapis wicara, ortotik prostetik, kesekretariatan, dan karyawan- karyawan Instalasi Rehabilitasi Medik RSUD Dr. Soetomo Surabaya, yang telah membantu saya selama mengikuti program pendidikan dokter spesialis.

16. Orang tua tercinta, Ibu M. Th. Jeanet Indrawati Sutanto dan kakak tercinta, Febrian Herawati Budiningtyas, beserta seluruh keluarga besar atas segala kasih sayang, perhatian, kesabaran, doa dan dukungannya hingga saat ini.
17. Pasangan tercinta, Birgitta Henny Perwitasari atas kasih sayang, perhatian, kesabaran, doa dan dukungannya hingga saat ini.
18. Seluruh subjek penelitian yang berkenan meluangkan waktu dan tenaga untuk berpartisipasi dalam tesis ini.
19. Partner penelitian saya, dr. Anastrinia Hanun, dr. Putri Ayu Madedi, dan dr. Johanna Clarissa Chrestella yang telah membantu dan bekerja sama dengan baik selama berjalannya penelitian ini.
20. Teman-teman seluruh PPDS I Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/ RSUD Dr. Soetomo Surabaya, yang telah membantu dan memberikan dukungan penyelesaian tesis ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat untuk penelitian berikutnya. Penulis mengharapkan saran yang akan bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan. Penulis memohon maaf atas segala sikap dan tutur kata yang tidak berkenan selama menjalani masa pendidikan dokter spesialis Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi dan Magister Ilmu Kedokteran Klinik.

Surabaya, Desember 2022

Penulis

Wirawan Indra Priyantono

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Airlangga, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Wirawan Indra Priyantono, dr.

NIM : 012115653069

Program Studi : Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi

Fakultas : Kedokteran

Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Airlangga Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul **"Efek Latihan Penguatan Modifikasi Hybrid terhadap Dynamic Control Ratio Sendi Lutut pada Subjek Sehat Tidak Terlatih"**.

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Airlangga berhak menyimpan, mengalihmedia/ formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan Karya Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Surabaya

Pada 3 Januari 2023



Yang menyatakan

Wirawan Indra Priyantono, dr

RINGKASAN

**EFEK LATIHAN PENGUATAN MODIFIKASI *HYBRID* TERHADAP
DYNAMIC CONTROL RATIO SENDI LUTUT PADA SUBJEK SEHAT
 TIDAK TERLATIH**

Peningkatan inaktivitas fisik akibat pandemi COVID-19 berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan. Penurunan pembebanan mekanik otot akibat penurunan jumlah langkah per hari dilaporkan menyebabkan penurunan kekuatan otot tungkai bawah. Metode latihan *hybrid* merupakan metode latihan yang dikembangkan di Universitas Kurume, Jepang. Latihan *hybrid* menggunakan gaya yang dihasilkan oleh otot antagonis yang distimulasi secara elektrik untuk memberikan resistensi terhadap otot agonis yang berkontraksi volunter, seperti *dumbbell* memberikan resistensi pada fleksor siku saat *elbow curl*. Latihan ini mungkin dapat menjadi pilihan efektif untuk latihan penguatan di masa pandemi karena tidak memerlukan alat resistensi atau stabilisasi eksternal. Selain itu, keterlibatan kontraksi eksentrik otot antagonis saat otot agonis berkontraksi konsentrik mungkin dapat mengurangi *imbalance* otot agonis-antagonis dan menurunkan resiko cedera. Karena alat *hybrid training system* sulit direplikasi, modifikasi latihan *hybrid* dilakukan dengan menggunakan alat stimulasi konvensional.

Penelitian ini merupakan penelitian *true experimental* dengan rancangan *pre and post test randomized control group design*. Penelitian dilakukan di Instalasi Rehabilitasi Medis RSUD Dr. Soetomo Surabaya selama bulan November - Desember 2022. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis adanya perbedaan DCR sendi lutut antara kelompok yang diberikan latihan penguatan modifikasi *hybrid* dibandingkan dengan kelompok yang diberikan NMES protokol *Russian* pada subjek sehat tidak terlatih. Subjek penelitian adalah 24 orang laki-laki sehat tidak terlatih yang berusia 18-40 tahun dan telah memenuhi kriteria inklusi serta tidak memenuhi kriteria eksklusi. Subjek dibagi menjadi dua kelompok yaitu 12 orang dalam kelompok perlakuan yang mendapatkan latihan penguatan modifikasi *hybrid* 3 kali perminggu selama 4 minggu, dan 12 orang dalam kelompok kontrol yang mendapatkan terapi NMES *Russian stimulation* 3 kali perminggu selama 4 minggu. Uji statistik dilakukan pada 12 subjek kelompok perlakuan dan 12 subjek kelompok kontrol yang dapat menyelesaikan penelitian.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan terdapat penurunan DCR 60°/detik non dominan (*p-value* 0,002) dan DCR 120°/detik non dominan (*p-value* 0,019) pada kelompok perlakuan. Tidak ada perbedaan signifikan DCR 60°/detik dan 120°/detik di kedua sisi tungkai pada kelompok kontrol. Terdapat perbedaan signifikan perubahan (delta) DCR antara kedua kelompok pada DCR 120°/detik non dominan (*p-value* 0,036). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pemberian latihan penguatan modifikasi *hybrid* dibandingkan NMES protokol *Russian* terhadap DCR sendi lutut pada subjek sehat tidak terlatih.

SUMMARY

EFFECTS OF MODIFIED HYBRID RESISTANCE TRAINING ON DYNAMIC CONTROL RATIO OF KNEE JOINT IN UNTRAINED HEALTHY SUBJECTS

Increased physical inactivity due to the COVID-19 pandemic has the potential to cause health problems. A decrease in muscle mechanical loading due to a decrease in the number of steps per day was reported to cause a decrease in lower leg muscle strength. The hybrid training method was a training method developed at Kurume University, Japan. Hybrid training use the force generated by an electrically stimulated antagonist muscle to provide resistance to a voluntarily contracting agonist muscle, much as a dumbbell exerts resistance to the elbow flexor during an elbow curl. This exercise might be an effective choice for strengthening exercises during a pandemic because it did not require external resistance or stabilization devices. In addition, engaging the eccentric contraction of the antagonist muscle while the agonist is contracting concentrically may reduce agonist-antagonist muscle imbalance and reduce the risk of injury. Because the hybrid training system device was difficult to replicate, modifications to the hybrid training system were carried out using conventional stimulation tools.

This research was a true experimental with pre and post-test randomized controlled trial design. The research was conducted at the Medical Rehabilitation Installation of Dr. Soetomo Hospital Surabaya during November - December 2022. The aim of this study was to analyze the difference in DCR of the knee joint between the group given the modified hybrid strengthening exercise compared to the group given the Russian protocol NMES in untrained healthy subjects. The research subjects were 24 untrained healthy men aged 18-40 years who had met the inclusion criteria and did not meet the exclusion criteria. The research subjects were divided into two groups, namely 12 people in the treatment group who received hybrid modification strengthening exercises 3 times per week for 4 weeks, and 12 people in the control group who received Russian stimulation therapy 3 times per week for 4 weeks. Statistical tests were carried out on 12 treatment group subjects and 12 control group subjects who were able to complete the study.

The results of this study showed that there was a decrease in non-dominant 60°/sec DCR (p-value 0.002) and non-dominant 120°/sec DCR (p-value 0.019) in the treatment group. There was no significant difference in 60°/sec and 120°/sec DCR on both sides of the leg in the control group. There is a significant difference in DCR delta between the two groups at non-dominant DCR 120°/sec (p-value 0.036). The results of this study showed that there was a difference in the provision of modified hybrid training exercises compared to the Russian stimulation for knee joint DCR in untrained healthy subjects.

ABSTRAK

**EFEK LATIHAN PENGUATAN MODIFIKASI *HYBRID* TERHADAP
DYNAMIC CONTROL RATIO SENDI LUTUT PADA SUBJEK SEHAT
 TIDAK TERLATIH**

Wirawan Indra Priyantono, Damayanti Tinduh, Nuniek Nugraheni

Latar Belakang: Peningkatan inaktivitas fisik akibat pandemi COVID-19 berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan. Penurunan pembebanan mekanik otot akibat penurunan jumlah langkah per hari dilaporkan menyebabkan penurunan kekuatan otot tungkai bawah. Metode latihan *hybrid* merupakan metode latihan yang dikembangkan di Universitas Kurume, Jepang. Latihan *hybrid* menggunakan gaya yang dihasilkan oleh otot antagonis yang distimulasi secara elektrik untuk memberikan resistensi terhadap otot agonis yang berkontraksi volunter. Latihan ini mungkin dapat menjadi pilihan efektif untuk latihan penguatan di masa pandemi karena tidak memerlukan alat resistensi atau stabilisasi eksternal. Selain itu, keterlibatan kontraksi eksentrik otot antagonis saat otot agonis berkontraksi konsentrik mungkin dapat mengurangi *imbalance* otot agonis-antagonis dan menurunkan resiko cedera. Karena alat *hybrid training system* sulit direplikasi, modifikasi latihan *hybrid* dilakukan dengan menggunakan alat stimulasi konvensional.

Objektif: Menganalisis adanya perbedaan DCR sendi lutut antara kelompok yang diberikan latihan penguatan modifikasi *hybrid* dibandingkan dengan kelompok yang diberikan NMES protokol *Russian* pada subjek sehat tidak terlatih.

Metode: Penelitian dilakukan di Instalasi Rehabilitasi Medis RSUD Dr. Soetomo Surabaya. Subjek adalah 24 orang laki-laki sehat tidak terlatih yang berusia 18-40 tahun dan telah memenuhi kriteria inklusi serta tidak memenuhi kriteria eksklusi. Subjek dibagi menjadi dua kelompok yaitu 12 orang dalam kelompok perlakuan yang mendapatkan latihan penguatan modifikasi *hybrid* 3 kali perminggu selama 4 minggu, dan 12 orang dalam kelompok kontrol yang mendapatkan terapi NMES *Russian stimulation* 3 kali perminggu selama 4 minggu.

Hasil: Terdapat penurunan DCR 60°/detik non dominan (*p-value* 0,002) dan DCR 120°/detik non dominan (*p-value* 0,019) pada kelompok perlakuan. Tidak ada perbedaan signifikan DCR 60°/detik dan 120°/detik di kedua sisi tungkai pada kelompok kontrol. Terdapat perbedaan signifikan perubahan (Δ) DCR antara kedua kelompok pada DCR 120°/detik non dominan (*p-value* 0,036).

Kesimpulan: Terdapat perbedaan pemberian latihan penguatan modifikasi *hybrid* dibandingkan NMES protokol *Russian* terhadap DCR sendi lutut pada subjek sehat tidak terlatih.

Kata Kunci: *dynamic control ratio* (DCR), latihan modifikasi *hybrid*, stimulasi *Russian*, latihan resistensi

EFFECTS OF MODIFIED HYBRID TRAINING ON DYNAMIC CONTROL RATIO OF KNEE JOINT IN UNTRAINED HEALTHY SUBJECTS

Wirawan Indra Priyantonno, Damayanti Tinduh, Nuniek Nugraheni

ABSTRACT

Background: Increased physical inactivity due to the COVID-19 pandemic has the potential to cause health problems. A decrease in muscle mechanical loading due to a decrease in the number of steps per day was reported to cause a decrease in lower leg muscle strength. The hybrid training method was a training method developed at Kurume University, Japan. Hybrid training use the force generated by an electrically stimulated antagonist muscle to provide resistance to a voluntarily contracting agonist muscle, much as a dumbbell exerts resistance to the elbow flexor during an elbow curl. This exercise might be an effective choice for strengthening exercises during a pandemic because it did not require external resistance or stabilization devices. In addition, engaging the eccentric contraction of the antagonist muscle while the agonist is contracting concentrically may reduce agonist-antagonist muscle imbalance and reduce the risk of injury. Because the hybrid training system device was difficult to replicate, modifications to the hybrid training system were carried out using conventional stimulation tools

Objective: The aim of this study was to analyze the difference in DCR of the knee joint between the group given the modified hybrid strengthening exercise compared to the group given the Russian protocol NMES in untrained healthy subjects

Methods: The research was conducted at the Medical Rehabilitation Installation of Dr. Soetomo Hospital Surabaya. The research subjects were 24 untrained healthy men aged 18-40 years who had met the inclusion criteria and did not meet the exclusion criteria. The research subjects were divided into two groups, namely 12 people in the treatment group who received hybrid modification strengthening exercises 3 times per week for 4 weeks, and 12 people in the control group who received Russian stimulation therapy 3 times per week for 4 weeks.

Results: There was a decrease in non-dominant 60°/sec DCR (p-value 0.002) and non-dominant 120°/sec DCR (p-value 0.019) in the treatment group. There was no significant difference in 60°/sec and 120°/sec DCR on both sides of the leg in the control group. There is a significant difference in DCR delta between the two groups at non-dominant DCR 120°/sec (p-value 0.036).

Conclusion: There was a difference in the provision of modified hybrid training exercises compared to the Russian stimulation for knee joint DCR in untrained healthy subjects.

Keywords: dynamic control ratio (DCR), modified hybrid training, Russian stimulation, resistance exercise

DAFTAR ISI

Sampul Depan	i
Sampul Dalam.....	ii
Halaman Prasyarat Gelar.....	iii
Halaman Persetujuan.....	iv
Halaman Penetapan Panitia Penguji	v
Halaman Pernyataan Orisinalitas	vi
Ucapan Terima Kasih.....	vii
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi	x
Ringkasan.....	xi
Summary	xii
Abstrak	xiii
Abstract	xiv
Daftar Isi	xv
Daftar Gambar.....	xx
Daftar Tabel	xxi
Daftar Singkatan.....	xxii
Daftar Lampiran	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Tujuan umum.....	5

1.3.2	Tujuan khusus	5
1.4	Manfaat Penelitian	6
1.4.1	Manfaat bagi pelayanan	6
1.4.2	Manfaat bagi ilmu pengetahuan	6
1.4.3	Manfaat bagi subjek penelitian	6
1.5	Risiko Penelitian dan Antisipasi Risiko	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA		8
2.1	Anatomi dan Fisiologi Otot Rangka	8
2.1.1	Anatomi otot rangka	8
2.1.2	Fisiologi kontraksi otot rangka	14
2.1.3	Jenis serabut otot rangka	16
2.1.4	Jenis aksi otot	17
2.1.5	Jenis kontraksi otot	18
2.2	Kokontraksi Otot	19
2.2.1	Definisi dan fisiologi kokontraksi otot	19
2.2.2	Kokontraksi <i>quadriceps femoris</i> dan <i>hamstring</i>	21
2.3	Penguatan Otot	23
2.3.1	Adaptasi otot terhadap latihan resistensi	23
2.3.2	Efek <i>neuromuscular electrical stimulation</i> pada kekuatan otot	26
2.3.3	Pengukuran peningkatan kekuatan otot	31
2.4	<i>Dynamic Control Ratio</i> Sendi Lutut	33
2.5	Latihan Penguatan <i>Hybrid</i>	36

2.5.1	Definisi latihan penguatan <i>hybrid</i>	36
2.5.2	Alat latihan penguatan <i>hybrid</i>	37
2.5.3	Aplikasi latihan penguatan <i>hybrid</i>	38
2.5.4	Manfaat klinis latihan penguatan <i>hybrid</i>	39
2.5.5	Kelebihan latihan penguatan <i>hybrid</i>	40
2.5.6	Kelemahan latihan penguatan <i>hybrid</i>	42
BAB 3	KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN	43
3.1	Kerangka Konseptual	43
3.2	Penjelasan Kerangka Konseptual	44
3.3	Hipotesis Penelitian	46
BAB 4	METODOLOGI PENELITIAN	48
4.1	Rancangan Penelitian	48
4.2	Populasi, Besar Sampel dan Teknik Pengambilan Sampel	49
4.2.1	Populasi.....	49
4.2.2	Subjek penelitian	49
4.2.3	Besar sampel.....	49
4.2.4	Teknik pengambilan sampel	50
4.3	Kriteria Subjek Penelitian.....	50
4.3.1	Kriteria inklusi	50
4.3.2	Kriteria eksklusi.....	51
4.3.3	Kriteria putus uji	51
4.4	Variabel Penelitian	51
4.4.1	Variabel bebas	51

4.4.2	Variable tergantung	52
4.4.3	Variabel perancu	52
4.5	Definisi Operasional Variabel	52
4.6	Instrumen Penelitian	53
4.7	Tempat dan Waktu Penelitian	54
4.8	Alur Penelitian	54
4.9	Cara Kerja.....	55
4.10	Analisis Data	56
4.11	Kelaikan Etik	56
4.12	Jadwal dan Biaya Penelitian	57
4.13	Personalia Penelitian	57
BAB 5	HASIL PENELITIAN	58
5.1	Karakteristik Subjek Penelitian	58
5.2	Perbandingan <i>Dynamic Control Ratio</i> Sendi Lutut Sebelum dan Setelah Intervensi pada Kelompok Perlakuan.....	60
5.3	Perbandingan <i>Dynamic Control Ratio</i> Sendi Lutut Sebelum dan Setelah Intervensi pada Kelompok Kontrol	61
5.4	Perbandingan Perubahan <i>Dynamic Control Ratio</i> Sendi Lutut Antar Kelompok	61
BAB 6	PEMBAHASAN.....	63
6.1	Karakteristik Subjek Penelitian	63
6.2	Perbandingan <i>Dynamic Control Ratio</i> Sendi Lutut Sebelum dan Setelah Intervensi pada Kelompok Perlakuan.....	66

6.3	Perbandingan <i>Dynamic Control Ratio</i> Sendi Lutut Sebelum dan Setelah Intervensi pada Kelompok Kontrol	71
6.4	Perbandingan Perubahan <i>Dynamic Control Ratio</i> Sendi Lutut Antar Kelompok	72
6.6	Manfaat Temuan Penelitian.....	74
6.7	Keterbatasan Penelitian	75
BAB 7	KESIMPULAN DAN SARAN	76
7.1	Kesimpulan.....	76
7.2	Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA		77
LAMPIRAN		82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Organisasi struktural otot skeletal	10
Gambar 2.2	Morfologi <i>muscle fiber</i>	12
Gambar 2.3	Struktur molekuler sarkomer	13
Gambar 2.4	Dimensi sarkomer saat kondisi relaksasi dan kontraksi	15
Gambar 2.5	Tiga jenis kontraksi otot: isometrik (A), konsentrik (B), eksentrik (C).....	19
Gambar 2.6	Hubungan tegangan ACL dan sudut sendi lutut.....	22
Gambar 2.7	Arus protokol <i>Russian</i>	28
Gambar 2.8	Dinamometer isokinetik	33
Gambar 2.9	Model skematik metode latihan penguatan <i>hybrid</i>	36
Gambar 2.10	<i>Hybrid training system</i>	37
Gambar 3.1	Kerangka konseptual	43
Gambar 4.1	Rancangan penelitian.....	48
Gambar 4.2	Alur penelitian	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik berbagai tipe serabut otot.....	17
Tabel 4.1	Definisi operasional variabel	52
Tabel 5.1	Karakteristik dasar subjek penelitian.....	59
Tabel 5.2	<i>Dynamic control ratio</i> sebelum dan setelah intervensi pada kelompok perlakuan	60
Tabel 5.3	<i>Dynamic control ratio</i> sebelum dan setelah intervensi pada kelompok kontrol.....	61
Tabel 5.4	Perubahan <i>dynamic control ratio</i> pada kelompok perlakuan dan kontrol.....	62

DAFTAR SINGKATAN

(PKB)/Akt	: Protein kinase B
1 RM	: <i>One repetition maximum</i>
ACL	: <i>Anterior cruciate ligament</i>
AMI	: <i>Arthrogenic muscle inhibition</i>
ATP	: <i>Adenosin tri phosphate</i>
BMI	: <i>Body Mass Index</i>
COVID-19	: <i>Corona Virus Disease 2019</i>
DCR	: <i>Dynamic control ratio</i>
DOMS	: <i>Delayed onset muscle soreness</i>
FOXO	: <i>Forkhead Box</i>
H:Q	: <i>Hamstring:quadriceps</i>
IPAQ-SF	: <i>International Physical Activity Questionnaire-Short Form</i>
MTJ	: <i>Musculotendinous junction</i>
mTOR	: <i>Mammalian target of rapamycin</i>
MVIC	: <i>Maximal voluntary isometric contraction</i>
NMES	: <i>Neuromuscular electrical stimulation</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Lembar informasi untuk mendapatkan persetujuan	82
Lampiran 2	Lembar persetujuan menjadi subjek penelitian	86
Lampiran 3	Lembar persetujuan tindakan medis	87
Lampiran 4	Lembar pengunduran diri sebagai subjek penelitian	88
Lampiran 5	Lembar pengumpulan data dasar subjek penelitian.....	89
Lampiran 6	Klasifikasi <i>body mass index</i>	91
Lampiran 7	Protokol penentuan dominansi kaki	92
Lampiran 8	Kuesioner <i>International Physical Activity Questionnaire-Short Form (IPAQ-SF)</i>	93
Lampiran 9	Protokol pengukuran torsi maksimal <i>quadriceps dan hamstring</i>	96
Lampiran 10	Protokol latihan penguatan modifikasi <i>hybrid dan neuromuscular electrical stimulation</i>	98
Lampiran 11	<i>Visual analog scale (VAS)</i>	102
Lampiran 12	<i>Borg scale</i>	103
Lampiran 13	Lembar pencatatan latihan penguatan modifikasi <i>hybrid</i>	104
Lampiran 14	Lembar pencatatan pemberian NMES.....	105
Lampiran 15	Lembar pengukuran <i>dynamic control ratio</i>	106
Lampiran 16	Antisipasi risiko penelitian nyeri sendi/otot dan DOMS.....	108
Lampiran 17	Hasil analisis statistik	109
Lampiran 18	Dokumentasi penelitian	125
Lampiran 19	Surat kelaikan etik	128