



**EFEKTIVITAS FOAM ROLLING TERHADAP PERUBAHAN
KONSENTRASI CREATINE KINASE (U/L) DAN DERAJAT
NYERI (VAS) AKIBAT DELAYED ONSET OF MUSCLE
SORENESS (DOMS) PASCA LATIHAN LONG DISTANCE
RUNNING (10 KM) PADA LAKI-LAKI MUDA SEHAT
TERLATIH**

SKRIPSI
diajukan dalam rangka penyelesaian studi Strata 1
untuk memperoleh gelar Sarjana Olahraga
pada Universitas Negeri Semarang

oleh

**Bayu Pangestu
6211416054**

**JURUSAN ILMU KEOLAHRAGAAN
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

ABSTRAK

Bayu Pangestu. 2020. Efektivitas *Foam Rolling* terhadap Perubahan Konsentrasi *Creatine Kinase* (U/L) dan Derajat Nyeri (VAS) akibat *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS) Pasca Latihan *Long Distance Running* (10 Km) pada Laki-Laki Muda Sehat Terlatih. Jurusan Ilmu Keolahragaan Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang. Dosen Pembimbing Mohammad Arif Ali, S.Si., M.Sc.

Long Distance Running 10 Km menjadi sebuah gaya hidup pada masyarakat pecinta olahraga lari. Namun, disisi lain respon dan adaptasi yang dapat timbul setelah latihan berupa *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS) mungkin dapat mengganggu mobilitas. Pada saat DOMS berlangsung ada biomarker yang meningkat yaitu *Creatine Kinase* (CK) sebagai indikator kerusakan otot dan rasa nyeri kerap dirasakan saat DOMS berlangsung. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *Foam Rolling* terhadap konsentrasi *Creatine Kinase* (U/L) dan nyeri DOMS pasca *Long Distances Running* 10 Km.

Jenis penelitian ini adalah *quasi experiment* dengan desain *One Group Repeated-Measures*. Populasi dalam penelitian ini adalah laki-laki muda sehat (17-25 tahun). Sampel berjumlah 10 orang yang terdiri dari 50% mahasiswa FIK dan 50% laki-laki muda terlatih kota Semarang. Analisis pada penelitian ini menggunakan uji *Repeated Measures ANOVA* untuk data *Creatine Kinase*, sedangkan untuk derajat nyeri (VAS) menggunakan analisis deskriptif kuantitatif.

Hasil pengukuran *Creatine Kinase* menunjukkan rerata CK pada *Pre-Test* sebesar $146,2 \pm 36,3$ U/L, rerata CK pada 24 jam sebesar $452,3 \pm 216,5$ U/L, rerata CK pada 48 jam sebesar $300,6 \pm 117,6$ U/L, dan rerata CK pada 72 jam sebesar $238,4 \pm 67,5$ U/L. Pada kelima kelompok otot menunjukkan peningkatan nyeri otot dari sebaran data berupa nyeri berat pada 24 jam setelah *Long Distance Running* (LDR) 10 Km (Triceps Surae = 30%; Tibialis Anterior = 30%; Quadriceps Femoris = 70%; Hamstring = 10%; dan Glutes = 30%).

Peneliti dapat menyimpulkan bahwa LDR mampu meningkatkan konsentrasi CK dan derajat nyeri yang terjadi pada 24 jam setelah lari. Sedangkan, FR dapat menurunkan konsentrasi CK dan derajat nyeri akibat DOMS yang dilakukan pada sesaat setelah LDR, 24 jam dan 48 jam. Prosedur pemanasan dan pendinginan perlu diperhatikan dengan baik dan ikuti panduan penggunaan FR dan bantuan praktisi jika dibutuhkan.

Kata Kunci: Media terapi fisik; kerusakan otot; kesehatan olahraga; *Delayed Onset of Muscle Soreness*.

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, Saya :

Nama : Bayu Pangestu

NIM : 6211416054

Jurusan/Prodi : Ilmu Keolahragaan

Judul Skripsi : Efektivitas *Foam Rolling* terhadap Perubahan Konsentrasi *Creatine Kinase* (U/L) dan Derajat Nyeri (VAS) akibat *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS) Pasca Latihan *Long Distance Running* (10 Km) pada Laki-Laki Muda Sehat Terlatih

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini hasil karya saya sendiri dan tidak menjiplak (plagiat) karya ilmiah orang lain, baik seluruhnya maupun sebagian. Bagian tulisan dalam skripsi ini yang merupakan kutipan dari karya ahli atau orang lain, telah diberi penjelasan sumbernya sesuai dengan tata cara pengutipan. Skripsi ini adalah bagian dari penelitian payung dengan dosen pembimbing Mohammad Arif Ali, S.Si., M.Sc. yang telah disepakati bersama dalam penggunaan data penelitian.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Negeri Semarang dan sanksi hukum sesuai ketentuan yang berlaku diwilayah Negara Republik Indonesia.

Semarang, 17 Juli 2020

Yang menyatakan,



Bayu Pangestu

6211416054

PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “Efektivitas *Foam Rolling* terhadap Perubahan Konsentrasi *Creatine Kinase* (U/L) dan Derajat Nyeri (VAS) akibat *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS) Pasca Latihan Long Distance Running (10 Km) pada Laki-Laki Muda Sehat Terlatih” telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan dalam Sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 21 Juli 2020

Mengetahui,

Ketua Jurusan Ilmu Keolahragaan



Sugiarto, S.Si., M.Sc. AIFM.

NIP. 198012242006041001

Dosen Pembimbing



Mohammad Arif Ali, S.Si., M.Sc.

NIP. 198812312015041002

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Bayu Pangestu**. NIM **6211416054**. Program Studi Ilmu Keolahragaan. Judul **“Efektivitas Foam Rolling terhadap Perubahan Konsentrasi Creatine Kinase (U/L) dan Derajat Nyeri (VAS) akibat Delayed Onset of Muscle Soreness (DOMS) pasca Latihan Long Distance Running (10 Km) pada Laki-laki Muda Sehat Terlatih”**. Telah dipertahankan dihadapan sidang panitia Pengujian Skripsi Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang pada **hari Selasa tanggal 04 Agustus, Tahun 2020**.

Panitia Ujian

Ketua



Prof. Dr. Tandiyo Rahayu, M.Pd
NIP 196103201984032001

Sekretaris

Sugiarto, S.Si., M.Sc., AIFM
NIP 198012242006041001

Dewan Penguji

1. Dr. Setya Rahayu, M.S.
NIP 196111101986012001

(Penguji I)

2. Gustiana Mega A., S.Pd.Jas., M.Or. (Penguji II)
NIP 198808222015042003

3. Mohammad Arif Ali, S.Si., M.Sc. (Penguji III)
NIP 198812312015041002

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

- *Be Yourself, Be Positive, Focus on Your Strengths,* (Shintia Permata Ayuningtias, 2019)
- Setiap orang punya jalan setapak yang harus mereka lewati masing-masing, maka dari itu jangan merasa tertinggal atau lebih dulu, (Bayu Pangestu, 2020)

Persembahan:

Karya tulis ini dipersembahkan kepada orang-orang yang menurut saya istimewa:

- Ibu Rusmiyatun, seorang yang menjadi sosok perempuan kuat dalam hidup saya yang selalu berdo'a berharap yang terbaik pada anak-anaknya serta selalu menjadi motivator dan kasih sayangnya tidak terhingga.
- Bapak Muh Nasain, seorang laki-laki tangguh yang menjadi sosok pahlawan bagi saya dan seorang bapak yang dapat mengayomi keluarganya dengan baik serta beliau akan selalu menjadi bapak terbaik bagi saya.
- Edu Zakariyya sebagai adik yang selalu menjadi penyemangat kakaknya.
- Mbah Lamah, Mbah Radji, Lek Tami dan Mbak Idah yang pernah merawat saya sewaktu kecil.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Efektivitas *Foam Rolling* terhadap Perubahan Konsentrasi *Creatine Kinase* (U/L) dan Derajat Nyeri (VAS) akibat *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS) Pasca Latihan *Long Distance Running* (10 Km) pada Laki-laki Muda Sehat Terlatih”. Skripsi ini disusun dalam rangka penyelesaian studi Strata 1 untuk memperoleh gelar Sarjana Olahraga pada Universitas Negeri Semarang. Keberhasilan dalam penulisan skripsi ini mendapat bantuan dari berbagai pihak dan dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dekan Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang yang telah melancarkan dan mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Ketua Jurusan Ilmu Keolahragaan yang telah memberikan kesempatan dan dorongan dalam penulisan skripsi ini.
3. Mohammad Arif Ali, S.Si., M.Sc. selaku dosen wali dan dosen pembimbing yang memberikan pengarahan, menuntun dan memberikan motivasi selama masa kuliah serta dengan sabar dalam memberikan ilmu, dan meluangkan waktunya dalam proses penyusunan skripsi ini.
4. Nandaru Fajar Sumirat, Didit Prakosa Adi Nugroho, Ebenezer Silaban dan Mochammad Sadhali sebagai teman seperjuangan dalam penelitian ini yang selalu mendukung satu sama lain dan dalam susah-senang bersama.
5. Shintia Permata Ayuningtias yang memberikan dukungan moril, membantu dengan penuh kesabaran dan menjadi motivasi dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

6. Petugas Lab. Klinik CITO, tim relawan serta sampel penelitian yang telah mencurahkan tenaga dan meluangkan waktunya untuk sedia berpartisipasi dalam penelitian ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan atas bantuannya dalam proses penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Semoga segala bentuk bantuan yang diberikan oleh pihak diatas menjadi amalan baik serta penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat sebaik mungkin.

Semarang, 11 Maret 2020

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

JUDUL	i
ABSTRAK	ii
PERNYATAAN	iii
Persetujuan	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
MOTTO DAN PERSEMPERBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Rumusan Masalah	6
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	7
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 <i>Delayed Onset of Muscle Soreness</i> sebagai Respon Fisiologis	8
2.2 <i>Long Distance Running</i>	11
2.3 Cara Kerja Otot Rangka Pada Latihan Fisik	13
2.4 Metabolisme <i>Creatine Kinase</i> Saat dan Setelah Latihan Fisik	16
2.5 <i>Foam Rolling</i>	19
2.6 Kerangka Berpikir	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Jenis dan Desain Penelitian	21
3.2 Populasi, Sampel dan Teknik Penarikan Sampel	21
3.3 Jenis dan Desain Penelitian	21
3.4 Instrumen Penelitian	22
3.5 Prosedur Penelitian	22
3.6 Analisis Data	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Penelitian	25
4.1.1 Deskripsi Umum	25
4.1.2 Deskripsi Data.....	25
4.1.3 Hasil Uji Prasyarat Analisis	26
4.1.4 Analisis Data <i>Creatine Kinase</i>	30
4.1.5 Analisis Data Derajat Nyeri.....	31
4.2 Pembahasan	37
4.2.1 Pengaruh <i>Long Distance Running</i> terhadap Perubahan Konsentrasi <i>Creatine Kinase</i>	37

4.2.2	Pengaruh <i>Long Distance Running</i> terhadap Perubahan Derajat Nyeri	38
4.2.3	Pengaruh <i>Foam Rolling</i> terhadap Perubahan Konsentrasi <i>Creatine Kinase</i>	40
4.2.4	Pengaruh <i>Foam Rolling</i> terhadap Perubahan Derajat Nyeri	41
4.3	Keterbatasan	42
BAB V	PENUTUP	44
5.1	Simpulan	44
5.2	Saran	44
DAFTAR PUSTAKA		45
LAMPIRAN.....		54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Struktur Otot Rangka	14
2.2 Konversi oleh <i>Creatin Kinase</i>	17
2.3 <i>Phosphocreatine Shuttle System</i>	18
2.4 Kerangka Berpikir	20
3.1 Prosedur Penelitian	24
4.1 Pengukuran <i>Creatine Kinase</i> (U/L) pada <i>Pre Test</i> , 24 jam, 48 jam, dan 72 jam	30
4.2 Pengukuran VAS pada Kelompok Otot <i>Triceps Surae</i>	32
4.3 Pengukuran VAS pada Kelompok Otot <i>Tibialis Anterior</i>	33
4.4 Pengukuran VAS pada Kelompok Otot <i>Quadriceps Femoris</i>	34
4.5 Pengukuran VAS pada Kelompok Otot <i>Hamstring</i>	35
4.6 Pengukuran VAS pada Kelompok Otot <i>Glutes</i>	36

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Klasifikasi Komprehensif Trauma Otot	10
4.1 Data Karakteristik Sampel	26
4.2 Tes Normalitas <i>Creatine Kinase</i>	27
4.3 Tes Normalitas <i>Visual Analog Scale</i>	27
4.4 Tes Homogenitas <i>Creatine Kinase</i>	28
4.5 Tes Homogenitas <i>Visual Analog Scale</i>	28
4.6 Uji <i>Repeated Measures ANOVA</i> efektivitas <i>Foam Rolling</i> terhadap konsentrasi <i>Creatine Kinase</i> (U/L)	31
4.7 Derajat Nyeri pada Kelompok Otot <i>Triceps Surae</i>	32
4.8 Derajat Nyeri pada Kelompok Otot <i>Tibialis Anterior</i>	33
4.9 Derajat Nyeri pada Kelompok Otot <i>Quadriceps Femoris</i>	34
4.10 Derajat Nyeri pada Kelompok Otot <i>Hamstring</i>	35
4.11 Derajat Nyeri pada Kelompok Otot <i>Glutes</i>	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Usulan Dosen Pembimbing Skripsi	55
2. Surat Keputusan Penetapan Dosen Pembimbing Skripsi	56
3. Surat Permohonan Izin Observasi	57
4. Surat Permohonan Kelaikan Etik Penelitian	58
5. Surat Pernyataan	59
6. <i>Ethical Clearance</i>	60
7. Surat Izin Penelitian	61
8. Hasil Pilot Study	62
9. Rekap Data Pengukuran <i>Creatine Kinase</i> (U/L)	62
10. Rekap Data Pengukuran Derajat Nyeri (VAS) <i>Pre Test</i>	63
11. Rekap Data Pengukuran Derajat Nyeri (VAS) 24 jam.....	63
12. Rekap Data Pengukuran Derajat Nyeri (VAS) 48 jam.....	64
13. Rekap Data Pengukuran Derajat Nyeri (VAS) 72 jam.....	64
14. Hasil Pengolahan Data.....	65
15. Panduan <i>Foam Rolling</i>	70
16. Tim Peneliti, Relawan, dan Sampel	75
17. Pengambilan Serum <i>Creatine Kinase</i>	75
18. Sampel sedang Melakukan <i>Long Distance Running</i> 10 Km	76
19. Sampel sedang Melakukan <i>Foam Rolling</i>	76
20. Pengukuran <i>Visual Analog Scale</i>	77
21. Sampel Penelitian	77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Olahraga menjadi kegiatan yang digemari oleh masyarakat luas di seluruh dunia. Olahraga yang meliputi kegiatan fisik dapat membantu menjaga kesehatan dan kebugaran. Masyarakat memiliki tujuannya masing-masing dalam berolahraga. Salah satu tujuannya adalah meningkatkan performa fisik untuk kebugaran tubuh, serta dengan melakukan latihan fisik dapat menunjang tercapainya tujuan tersebut (Foster et al., 2012). Disisi lain seringkali seseorang akan merasakan efek negatif yang mungkin terjadi setelah latihan berupa cedera olahraga mulai minor hingga major, cedera tersebut diakibatkan oleh trauma atau *stress* pada tulang dan jaringan lunak seperti ligamen, tendon dan otot (Elmagd, 2016).

Secara umum, trauma dapat terjadi dimana saja dengan gejala dan kondisinya yang bervariasi. Respon fisologis yang mungkin dapat timbul setelah latihan adalah *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS). Dalam *The Munich Consensus Statement* sebuah sistem pengelompokan cedera otot dalam olahraga menjelaskan bahwa DOMS adalah salah satu trauma otot tipe 1B yang mengalami gangguan fungsional pada otot yang disebabkan oleh latihan yang tidak biasa dan kontraksi otot secara eksentrik (Mueller-Wohlfahrt et al., 2013). Adanya gaya internal berupa *over-stretching*, teknik yang buruk, kelelahan, kurangnya kebugaran, *muscles strains* serta sobekan (*tear*) pada otot menyebabkan DOMS terjadi secara tidak langsung (*indirect*) (Bhardwaj, 2013). Trauma pada serat otot secara *indirect* yang mampu menyebabkan DOMS dapat dikatakan masuk dalam trauma sub-akut (Flores et al., 2018).

Delayed Onset of Muscle Soreness (DOMS) sering dikaitkan dengan respon yang timbul setelah latihan. DOMS menggambarkan sensasi nyeri yang mulai terjadi setelah latihan, kemudian memuncak antara 24 sampai 48 jam dan berlangsung selama 96 jam hingga mereda (Veqar, 2013). Gejala yang timbul ketika DOMS sangat mengganggu aktivitas sehari-hari yang menyebabkan rasa yang tidak nyaman pada sebagian anggota tubuh. Gejala DOMS yang timbul dapat meliputi: rasa nyeri, kekakuan, kehilangan rentang gerak, fleksibilitas, produksi kekuatan, dan mobilitas, namun gejala tersebut dapat menghilang dengan cepat selama aktivitas rutin sehari-hari (Cheung et al., 2003).

Latihan *strenuous* dapat digambarkan sebagai latihan yang berat (*vigorous*), persepsi yang dirasakan oleh setiap orang masing-masing berbeda terkait dengan seberapa berat latihan yang mereka lakukan. Intensitas dan jenis kontraksi sering memiliki kaitan dengan latihan *strenuous*. Kontraksi otot secara konsentrik dan eksentrik juga dapat menjadi penyebab terjadinya DOMS (Lim & Lee, 2018). Latihan *strenuous* antara lain meliputi renang, lari dan latihan resistensi (Borghi et al., 2016; Retamoso et al., 2016; Yanagisawa et al., 2011).

Aktivitas fisik berupa lari menjadi aktivitas yang digemari bagi sebagian orang dan telah menjadi bagian dari gaya hidup sehat. Jakarta Marathon dan Borobudur Marathon merupakan kompetisi lari terkenal yang menyelenggarakan nomor lari 10 kilometer selain kategori half-marathon dan full marathon. Partisipasi masyarakat dengan lari 10 Km sangat tinggi dan sudah menjadi *trend*. Beberapa orang mungkin sudah sadar terkait respon fisiologis yang timbul setelah lari, DOMS yang mungkin timbul akan dirasakan bagi sebagian orang dan orang awam biasanya merasakan hal yang hampir sama berupa nyeri.

Kontraksi otot yang berkepanjangan pada saat berlari sejauh 10 kilometer dapat menimbulkan kerusakan pada serat otot, yang mana dalam hal ini dikarenakan otot bekerja secara terus-menerus (Ryu et al., 2016). Kerusakan otot yang terjadi setelah latihan dapat menggambarkan tingkat adaptasi metabolismik yang diketahui melalui biomarker berupa konsentrasi *Creatine Kinase* (CK) dan *Lactate Dehydrogenase* (LDH) (P. Brancaccio, 2006). Pemulihan kerusakan otot yang disebabkan oleh latihan lari yang berkepanjangan tergantung pada berbagai faktor seperti jarak lari dan kekuatan fisik, setidaknya memakan waktu 5 hari pemulihan (Ryu et al., 2016). Indikator lain juga dapat memberikan indikasi terkait adaptasi latihan seperti kadar leukosit, monosit, laktat darah, *myoglobin*, dan penurunan *Range Of Motion* (ROM). (Hui, Petrofsky, & Laymon, 2014; Jajtner et al., 2014; Larkin-Kaiser, Parr, Borsa, & George, 2015; Manojlović & Erčulj, 2019; Nikolaidis, 2017; Rossato et al., 2015).

Pada populasi umum level dasar serum *Creatine Kinase* memiliki kisaran normal sebanyak 35-175 IU/L (Gagliano et al., 2009). *Creatine Kinase* yang mengalir dalam peredaran darah membantu mengatur konsentrasi *adenosine triphosphate* (ATP) dengan mengkatalis pada *reversible exchange* antara *phosphocreatine* dan *adenosine diphosphate* (ADP) (Brancaccio et al., 2008). Konsentrasi CK yang tinggi menunjukkan kebutuhan ATP dalam konsentrasi yang tinggi pada *myofiber* untuk berkontraksi yang menjadi tempat adanya kerusakan pada otot (Brewster et al., 2006).

Terapi pada latihan atau olahraga terus berkembang seiring dengan perkembangan zaman. Serangkaian pencegahan, diagnosis dan pemberian penanganan pada gangguan fisik telah dilakukan mulai dari cara yang tradisional hingga pada obat-obatan klinis. Lama proses pada saat rehabilitasi bergantung

pada tingkat trauma yang diterima. Immobilisasi yang berkepanjangan dapat menurunkan rentang gerak hingga hilangnya kekuatan pada otot (Bhardwaj, 2013). Beberapa *treatment* telah mengalami ujicoba dalam menangani DOMS antara lain: *whole-body cryotherapy*, *cold water immersion*, *heat therapy*, *pneumatic compression device*, *massage*, *acupuncture*, penggunaan obat *non-steroidal amino acids* dan *branched-chain amino acid* (Bryant et al., 2017; Fleckenstein et al., 2016; Ihsan et al., 2016; Malanga et al., 2015; Rose et al., 2017; Vandusseldorp et al., 2018; Visconti et al., 2015; Winke & Williamson, 2018).

Foam rolling merupakan salah satu terapi manual yang biasanya diaplikasikan sebelum latihan atau pada tahap pemanasan (*warming-up*) (JD et al., 2017). Penggunaan perlakuan *foam rolling* dapat diaplikasikan pada otot dengan cara menggulirkannya pada bagian otot yang ditujukan serta beban tubuh digunakan sebagai tekanan pada otot. Sekilas *foam rolling* ini seperti menggunakan teknik *myofascial release* (MR) yang mengacu pada teknik *manual massage* untuk melepaskan ikatan antara *fascia* dan jaringan kulit, otot, tulang serta meregangkan *fascia* dengan tujuan menghilangkan rasa sakit, meningkatkan rentang gerak dan menyeimbangkan tubuh (Shah & Bhalara, 2012). Perlakuan *foam rolling* sangat mudah digunakan karena dapat digunakan pada diri sendiri dan tidak perlu menggunakan bantuan terapis, selain itu *foam roller* ini merupakan barang yang mudah disimpan dan dibawa sehingga menambah nilai kepraktisan dalam penggunaannya.

Berdasarkan uraian tersebut, bukti ilmiah tentang fungsi *Foam Rolling* terhadap penurunan konsentrasi *Creatine Kinase* (CK) dan derajat nyeri (VAS) yang diakibatkan *Delayed Onset Of Muscle Soreness* (DOMS) tidak mengkaji

secara holistik baik dari segi fungsional, psikologikal ataupun biomolekul. Penelitian-penelitian terdahulu hanya fokus pada derajat nyeri saja, kekurangan lain seperti kejadian DOMS belum disampaikan secara jelas, spesifikasi *foam roller* dan penggunaannya belum disampaikan. Maka dari itu, peneliti beranggapan bahwa urgenitas penelitian *Foam Rolling* terhadap penurunan konsentrasi *Creatine Kinase* (CK) dan derajat nyeri (VAS) sangat perlu dilakukan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

- 1) Melakukan Long Distance Running 10 Km dapat menimbulkan respon fisiologis berupa Delayed Onset of Muscle Soreness.
- 2) Respon fisiologis pada otot yang timbul yakni *delayed onset of muscle soreness* (DOMS) menyebabkan rasa nyeri, kaku dan sakit.
- 3) *Delayed onset of muscle soreness* (DOMS) dapat berlangsung selama berhari-hari sehingga akan mengganggu mobilitas seseorang.
- 4) Konsentrasi *Creatine Kinase* yang terdapat dalam darah akan meningkat karena adanya kerusakan otot ataupun penggunaan dan gangguan pada produksi energi otot.

1.3 Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu pengaruh *foam rolling* terhadap penurunan konsentrasi *Creatine Kinase* (CK) dan derajat nyeri *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS) pada orang yang terlatih yang diberikan *Long Distances Running* 10 Km.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimanakah pengaruh *Long Distance Running* 10 Km terhadap perubahan konsentrasi *Creatine Kinase* (U/L)?
- 2) Bagaimanakah pengaruh *Foam Rolling* terhadap konsentrasi *Creatine Kinase* (U/L) pasca *Long Distances Running* 10 Km?
- 3) Bagaimanakah pengaruh *Long Distance Running* 10 Km terhadap derajat nyeri (DOMS).
- 4) Bagaimanakah pengaruh *Foam Rolling* terhadap nyeri DOMS pasca *Long Distances Running* 10 Km?

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan bertujuan sebagai berikut:

- 1) Untuk mengetahui efek *Long Distance Running* 10 Km terhadap perubahan konsentrasi *Creatine Kinase* (U/L).
- 2) Untuk mengetahui efek *Foam Rolling* sebagai *recovery aktif* terhadap perubahan konsentrasi *Creatine Kinase* (U/L).
- 3) Untuk mengetahui efek *Long Distance Running* 10 Km terhadap derajat nyeri (DOMS).
- 4) Untuk mengetahui efek *Foam Rolling* sebagai *recovery aktif* terhadap perubahan derajat nyeri (DOMS).

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat baik teoritis maupun praktis, adapun manfaat tersebut sebagai berikut :

- 1) Sebagai tambahan wawasan di bidang biokimia olahraga dan fisioterapi olahraga.
- 2) Sebagai masukan dalam mempercepat proses pemulihan ketika terkena DOMS setelah latihan.
- 3) Meningkatkan pengetahuan masyarakat dalam penggunaan *Foam Roller*.
- 4) Sebagai dasar kajian pengaplikasian terapi pada olahraga.
- 5) Sebagai pengetahuan untuk masyarakat dalam mengatasi doms.
- 6) Hasil dari penelitian ini dapat menjadi landasan pada penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 *Delayed Onset of Muscle Soreness sebagai Respon Fisiologis*

Tubuh dapat memberikan respon pada latihan fisik yang diberikan, kemudian beradaptasi menyesuaikan dengan keadaan setelahnya. Adaptasi yang muncul memiliki dua jenis yaitu kronis dan akut (Hawley, 2002). *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS) adalah kondisi dimana tubuh merasakan gejala rasa sakit yang disertai dengan pembengkakan, kekakuan, nyeri dan hilangnya kekuatan otot sebagaimana bentuk respon dan adaptasi yang timbul setelah latihan (Veqar, 2013).

Pada Trauma akut dapat menyebabkan *Myotendinous Junction (MTJ)* *strain* yang disebabkan karena *indirect injury*, sedangkan memar dengan pendarahan akut dan laserasi terjadi karena *direct injury*. Trauma sub-akut merupakan trauma secara tertunda menyebabkan *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS) yang disebabkan karena *indirect injury*, sedangkan *direct injury* menyababkan *subacute hematoma*. Trauma kronis secara *indirect* dapat menyebabkan gangguan kronis disertai dengan fibrosis atau atrofi, sedangkan *chronic hematoma* dan *myositis ossificans* disebabkan karena *direct injury* (Flores et al., 2018).

Delayed Onset of Muscle Soreness (DOMS) dapat terjadi pada siapapun terlepas dari tingkat kebugaran mereka. Pada atlet rekreasi dan elit, mereka pun dapat merasakan sakit dan keterbatasan fungsional yang berdampak buruk pada performa akibat DOMS dalam beberapa saat (Zondi et al., 2015). Persepsi DOMS juga dapat ditemukan pada remaja dan orang dewasa tidak terlatih, persepsi mereka menghasilkan kesamaan pada DOMS yang cenderung

memuncak hingga 24 jam setelah pelatihan kekuatan eksentrik (Cruz dos Santos et al., 2016). Pada jenis kelamin laki-laki dan perempuan tidak menunjukkan perbedaan secara signifikan dalam indikator kerusakan otot lainnya, hanya menunjukkan pada nyeri otot yang lebih rendah pada wanita dibandingkan pria (Dannecker et al., 2012).

DOMS dapat dikatakan masuk ke dalam *strain* tipe I (Safran et al., 1989). DOMS merupakan suatu keadaan sakit dimana rasa sakit pada otot yang berkaitan dengan menurunnya derajat gerakan sendi (Selkar et al., 2009). Rasa nyeri yang dirasakan pada setiap orang berbeda-beda, rasa nyeri tersebut berdasarkan persepsi meraka masing-masing. Rasa nyeri yang disebabkan oleh DOMS dapat diukur menggunakan *visual analog scale* (VAS) (Lau et al., 2013).

DOMS terjadi selama beberapa hari yang menimbulkan efek negatif, pada 24 jam pertama pasca melakukan latihan, DOMS akan muncul selanjutnya semakin meningkat antara 24 sampai 72 jam pasca latihan dan menurun hingga akhirnya akan menghilang dalam 5 sampai 7 hari setelahnya (Pearcey et al., 2015). The Munich consensus statement mengklasifikasi dengan komprehensif tingkatan trauma otot menjadi dari setiap jenis trauma otot, gejala, tanda-tanda klinis, lokasi dan pencitraan. Trauma terjadi pada struktural otot secara mikro dapat dikatakan masuk ke dalam kelompok ringan dan sedang, sedangkan trauma pada otot secara total termasuk kedalam trauma otot secara makroskopis. Sistem klasifikasi The Munich mengklasifikasikan secara komprehensif trauma otot yang dapat mendefinisikan. *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS) merupakan bentuk trauma otot ultrastruktural yang diklasifikasikan sebagai kelainan fungsi otot berlebih tipe 1B (Mueller-Wohlfahrt et al., 2013). (Lihat tabel 2.1)

Tabel 2.1 Klasifikasi Komprehensif Trauma Otot

Type	Classification	Definition	Symptom	Clinical signs	Location	MRI
1A	Fatigue-induced muscle disorder	Circumscribed longitudinal increase of muscle tone (muscle firmness) due to overexertion, change of playing surface or change in training patterns	Aching muscle firmness. Increasing with continued activity. Can provoke pain at rest. During or after activity	Dull, diffuse, tolerable pain in involved muscles, circumscribed increase of one. Athlete reports of 'muscle tightness'	Focal involvement up to entire length of muscle	Negative
1B	Delayed-onset muscle soreness (DOMS)	More generalised muscle pain following unaccustomed, eccentric deceleration movements	Acute inflammatory pain. Pain at rest. Hours after activity	Oedematous swelling, stiff muscles. Limited range of motion of adjacent joints. Pain on isometric contraction. Therapeutic stretching leads to relief	Mostly entire muscle or muscle group	Negative or oedema only
2A	Spine-related neuromuscular muscle disorder	Circumscribed longitudinal increase of muscle tone (muscle firmness) due to functional or structural spinal/umbopelvic disorder.	Aching muscle firmness. Increasing with continued activity. No pain at rest	Circumscribed longitudinal increase of muscle tone. Discrete oedema between muscle and fascia. Occasional skin sensitivity, defensive reaction on muscle stretching. Pressure pain	Muscle bundle or larger muscle group along entire length of muscle	Negative or oedema only
2B	Muscle-related neuromuscular muscle disorder	Circumscribed (spindle-shaped) area of increased muscle tone (muscle firmness). May result from dysfunctional neuromuscular control such as reciprocal inhibition	Aching, gradually increasing muscle firmness and tension. Cramp-like pain. Sharp,	Circumscribed (spindle-shaped) area of increased muscle tone. Oedematous swelling. Therapeutic stretching leads to relief. Pressure pain	Mostly along the entire length of the muscle belly	Negative or oedema only
3A	Minor partial muscle tear	Tear with a maximum diameter of less than muscle fascicle/bundle.	Sharp, needle-like or stabbing pain at time of injury. Athlete often experiences a 'snap' followed by a sudden onset of localised pain	Well-defined localised pain. Probably palpable defect in fibre structure within a firm muscle band. Stretch-induced pain aggravation	Primarily muscle-tendon junction	Positive for fibre disruption on high resolution MRI*. Intramuscular haematoma
3B	Moderate partial muscle tear	Tear with a diameter of greater than a fascicle/bundle Tear	Stabbing, sharp pain, often noticeable tearing at time of injury. Athlete often experiences a 'snap' followed by a sudden onset of localised pain. Possible fall of athlete	Well-defined localised pain. Palpable defect in muscle structure, often haematoma, fascial injury. Stretch-induced pain aggravation	Primarily muscle-tendon junction	Positive for significant fibre disruption, probably including some retraction. With fascial injury and intramuscular haematoma
4	(Sub)total muscle tear/tendinous avulsion	Tear involving the subtotal/complete muscle diameter/tendinous injury involving the bone-tendon junction	Dull pain at time of injury. Noticeable tearing. Athlete experiences a 'snap' followed by a sudden onset of localised pain. Often fall	Large defect in muscle, haematoma, palpable gap, haematoma, muscle retraction, pain with movement, loss of function, haematoma	Primarily muscle-tendon junction or Bone-tendon junction	Subtotal/complete discontinuity of muscle/tendon. Possible wavy tendon morphology and retraction. With fascial injury and intramuscular haematoma
Constitution	Direct injury	Direct muscle trauma, caused by blunt external force. Leading to diffuse or circumscribed haematoma within the muscle causing pain and loss of motion	Dull pain at time of injury, possibly increasing due to increasing haematoma. Athlete often reports definite external mechanism	Dull, diffuse pain, haematoma, pain on movement, swelling, decreased range of motion, tenderness to palpation depending on the severity of impact. Athlete may be able to continue sport activity rather than in indirect structural injury	Any muscle, mostly vastus intermedius and rectus femoris	Diffuse or circumscribed haematoma in varying dimensions

Sumber: Mueller-Wohlfahrt et al., 2013. Terminology and classification of muscle injuries in sport. The Munich consensus statement. <https://bjsm.bmjjournals.com/content/47/6/342>
diunduh 2/19/2020, pk.11.43

Perubahan struktural pada serabut otot terjadi karena robekan dan kerusakan akibat latihan yang mengarah pada perkembangan teori kerusakan jaringan otot. DOMS ini menyebabkan lesi ultrastruktural pada otot yang menimbulkan pelebaran atau gangguan *myofibrillar* dari *Z-line* (Friden et al., 1983). Gangguan mekanis pada komponen struktural bersifat hiperbolik, terutama di antara serat otot tipe II yang memiliki garis Z paling sempit dan terlemah yang akan menstimulasi nosiseptor sehingga menyebabkan rasa sakit dan didukung oleh peningkatan kadar enzim darah CK plasma (Cheung et al., 2003; Kim & Lee, 2015).

2.2 Long Distance Running

Latihan fisik adalah suatu kgiatan yang terencana, terstruktur, berulang dan memiliki tujuan yang mengarah pada peningkatan, perbaikan dan pemeliharaan komponen fisik (Caspersen et al., 1974). Setiap program latihan harus ditaati demi tercapainya sebuah tujuan tersebut. Komponen fisik yang menjadi fokus latihan diantaranya : 1) daya tahan kardiorespirasi, 2) daya tahan otot, 3) kekuatan otot, 4) komposisi tubuh, dan 5) fleksibilitas (Singh, 2013). Pedoman latihan menjadi dasar dalam meraih tujuan latihan serta merupakan dasar dalam intervensi latihan, pedoman tersebut meliputi empat komponen yaitu *frequency*, *intensity*, *time* dan *type* (FITT) (Knols et al., 2016)

Dalam setiap prosesnya, sebuah program latihan harus memiliki perkembangan dalam penambahan beban yang dapat disebut dengan prinsip *progressive overload*. *Progressive overload* bertujuan dalam mendorong perbaikan performa berdasarkan volume latihan (Ramírez-Campillo et al., 2015). Terjadi perubahan fenotipe otot rangka, simpanan nutrisi, jumlah dan jenis enzim metabolismik, jumlah protein kontraktil, dan kekakuan pada jaringan ikat dapat

disebutkan sebagai respon dari adaptasi latihan (Hughes et al., 2018). Otot menunjukkan adanya adaptasi latihan dimana otot bereaksi jauh lebih kuat dari sebelumnya yang dikenal dengan *repeated bout effect* (RBE) karena tubuh menerima latihan tidak biasa (*unaccustomed*) dengan menggunakan kontraksi otot eksentrik dalam intensitas tinggi yang umumnya akan mengalami *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS) (Connolly et al., 2002).

Latihan *strenuous* merupakan suatu bentuk latihan yang berat (*vigorous*). Latihan *strenuous* berpotensi dapat menghasilkan perubahan pada *biomarker* yaitu *Creatine Kinase* (Bird et al., 2014). Berdasarkan salah satu penelitian, terjadi kenaikan berupa *Creatine Kinase* (CK), *Myoglobin* (Myo) dan *cardiac Troponin T* (cTnT) pada non-elit atlet ketika melakukan *half* dan *full marathon* (Jassal et al., 2009). Pada orang yang tidak terlatih, otot mereka tidak terbiasa dengan pembebanan pada saat berlatih. Maka dari itu orang yang tidak terlatih cenderung lebih berpotensi dalam terkena adaptasi latihan dibandingkan dengan orang yang terlatih atau atlet ketika diberikan latihan *strenuous* (Newton et al., 2008).

Lari merupakan salah satu dari contoh latihan *strenuous* (Retamoso et al., 2016). Dibutuhkan daya tahan tubuh yang lama saat berlari, terutama lari jarak jauh (Faude & Donath, 2016). Berlari di lintasan datar dengan berlari menanjak ataupun menurun memiliki perbandingan. Lari menanjak membutuhkan frekuensi langkah yang lebih tinggi dan peningkatan pekerjaan mekanis internal, ayunan pendek/durasi udara fase dibanding dengan lari di lintasan datar dan menurun. Pada lari menurun, energi yang dikeluarkan lebih sedikit dari pada lari menanjak dan lari di lintasan sehingga dapat mengurangi *energy cost*, namun disisi lain

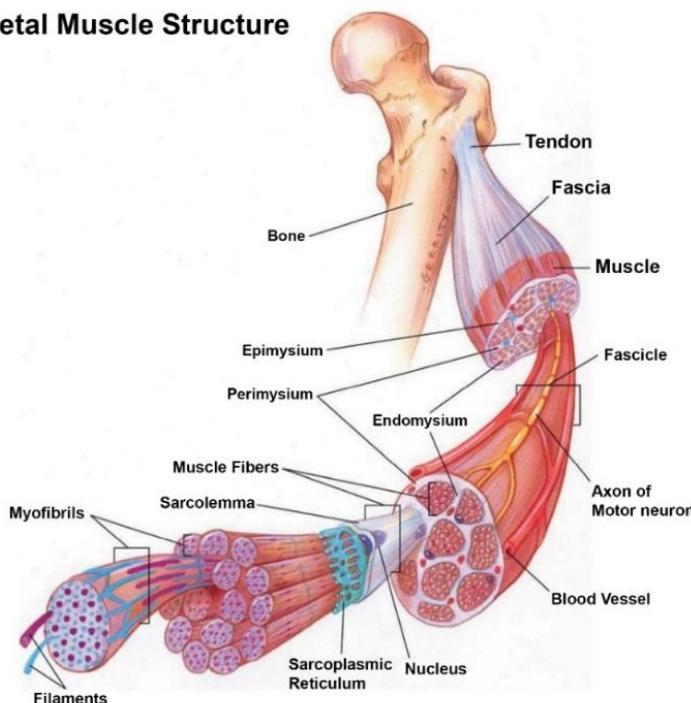
dapat meningkatkan tekanan pada *tibial* dan benturan pada tungkai sehingga cenderung dikaitkan dengan *overuse injury*. (Vernillo et al., 2017).

Perbedaan berlari dengan berjalan adalah adanya peningkatan kecepatan atau jarak yang ditempuh, serta adanya fase udara atau mengambang (Dugan & Bhat, 2005). Serangkaian gerakan pada ekstremitas bawah yang diawali dengan benturan kaki dengan permukaan hingga berhubungan kembali dengan permukaan pada akhir siklus dapat disebut dengan *Gait cycle* atau siklus melangkah. Terdapat dua fase dalam *gait cycle*, yaitu fase *stance* yang dimulai saat kaki bersentuhan dengan permukaan sedangkan fase *swing* dimulai saat ujung jari kaki bergerak lepas dari permukaan (Dicharry, 2010).

2.3 Cara Kerja Otot Rangka Pada Latihan Fisik

Otot yang membentuk tubuh pada manusia terdiri dari tiga jenis, yaitu: 1) otot jantung, 2) otot polos, dan 3) otot rangka. Otot rangka memiliki beragam bentuk, ukuran, lokasi anatomi, dan fungsi fisiologis yang dicirikan oleh penampilan komposit karena selain serat otot, mereka mengandung jaringan ikat, adiposa, vaskular, dan saraf (Listrat et al., 2016). Otot rangka berfungsi sebagai penggerak rangka tubuh yang ditopang oleh tulang. Dalam aktivitasnya, otot rangka memerlukan energi dari pemecahan *adenosine triphosphate* (ATP) yang didapatkan dari proses fosforilasi oksidatif pada mitokondria.

Skeletal Muscle Structure



Gambar 2.1 Struktur Otot Rangka (Nayak et al., 2015)

Struktur otot rangka dilapisi jaringan ikat yang dikenal sebagai *epimysium* yang melapisi otot rangka secara keseluruhan. Kelompok serat otot disusun menjadi *fascicle* yang dilapisi jaringan ikat *perimysium*. *Fascicle* disusun dari serat-serat yang dilapisi jaringan ikat *endomysium*, dan pada akhirnya serat-serat otot tersebut tersusun atas *myofibril* yang dilapisi membran plasma *sarcolemma*. *Myofibril* adalah kontraktile sel yang tersusun atas sub-unit berulang bernama *sarcomere*. Di dalam *Sarcomere* ada filamen-filamen yang dikenal dengan filamen *actin* dan *myosin*. Filamen tipis *actin* berada di ujung *sarcomere* dibatasi dengan garis Z, sedangkan filament tebal *myosin* berada di tengah *sarcomere* dibatasi oleh garis M (Frontera & Ochala, 2015; Nayak et al., 2015).

Mekanisme kontraksi otot dimulai ketika serat otot mendapat rangsangan dari impuls saraf dan ion kalsium dilepaskan. Ion kalsium akan berikatan dengan *troponin C* sehingga menyebabkan perubahan yang menggeser *tropomyosin*,

memungkinkan kepala myosin menempel pada *myosin binding sites* di filamen *actin* yang menciptakan jembatan yang dikenal sebagai *cross-bridge*. Ketika ATP dihidrolisis menjadi ADP dan Pi, fosfat dilepaskan oleh *myosin* yang menyebabkan *myosin* menempel pada *myosin binding sites* di *filament actin* yang menggambarkan ikatan dinamakan *cross-bridge*. *Myosin* menarik *filament actin* yang menyebabkan otot berkontraksi dan kemudian ADP dilepaskan. Kontraksi otot berhenti ketika ATP berikatan pada domain ATP yang berada pada kepala *myosin*, menyebabkan *myosin* terlepas dari *actin* yang akan memutus *cross-bridge* (Brenner & Eisenberg, 1987).

Otot berkontraksi untuk membuat sebuah gerakan yang mengakibatkan perpindahan. Adapun jenis kontraksi pada otot diantaranya: *concentric*, *eccentric* dan *isometric*. Kontraksi otot *concentric* dan *eccentric* termasuk ke dalam kontraksi otot *anisometric* yang mana adanya perubahan panjang-pendeknya otot. Pada kontraksi otot *concentric* terjadi pemendekan otot dan peningkatan ketegangan otot untuk memenuhi resistensi, kemudian tetap stabil saat otot memendek, sedangkan kontraksi otot *eccentric* terjadi pemanjangan otot dan menghasilkan tegangan yang besar karena resistensi lebih besar dari kekuatan yang dihasilkan otot. Kontraksi otot *isometric* tidak terjadi perubahan terhadap panjang-pendek otot tetapi tegangan otot cenderung stabil (Madeleine et al., 2001; Mannheimer, 1969; Padulo et al., 2013).

Pada umumnya otot bekerja hanya dapat menarik, tidak dapat mendorong. *Insertions* (bagian otot yang menempel pada tulang yang dapat digerakan) ditarik mendekati *origin* (bagian otot yang menjadi pangkal gerakan). Otot dapat dikelompokkan berdasarkan fungsi geraknya, antara lain: 1) *agonist*, 2) *antagonist*, 3) *synergist* dan 4) *fixator*. *Agonist* dapat disebut dengan *prime*

mover yang bertanggung jawab dalam gerakan secara spesifik. Saat otot *agonist* bekerja, otot *antagonist* bekerja secara berkebalikan dengan otot *agonist* berada dalam keadaan relaksasi. Otot yang bekerja secara *synergist* memiliki tujuan untuk menyempurnakan dan membantu otot *agonist* yang membuatnya menjadi lebih kuat. Sedangkan *fixator* bekerja untuk menstabilkan gerakan dengan mencegah gerakan yang tidak diinginkan pada sendi (Gorkovenko et al., 2012; Hoffman & Strick, 1986).

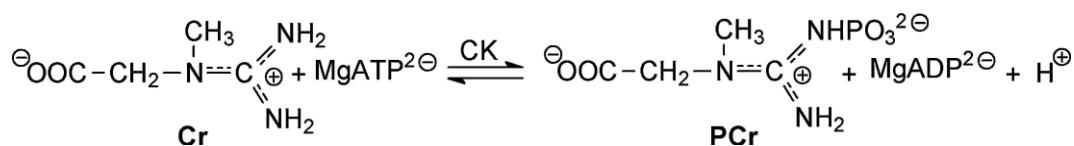
Setiap kelompok otot mampu bekerja secara harmonis, otot kecil akan ikut bekerja jika otot besar bergerak. Pada saat berlari, otot pada ekstremitas bawah cenderung lebih dominan dalam bekerja. Kelompok otot *quadriceps femoris, iliopsoas, glutes, hamstring, tricep surae, tibialis anterior, adductor magnus* dan *tensor fascia latae* merupakan otot ekstremitas bawah yang bekerja pada saat berlari (Hamner et al., 2010). Otot ekstrimitas bawah bekerja secara eksentrik dan konsentrik. Otot-otot tersebut berkontraksi secara bergantian yang mana pembebanan akan lebih besar saat kontraksi otot secara eksentrik (Dugan & Bhat, 2005).

2.4 Metabolisme Creatine Kinase Saat dan Setelah Latihan Fisik

Creatine Kinase adalah enzim kompak yang dapat ditemukan didalam sel pada sitosol dan mitokondria. Ditemukan dua jenis subunit polipeptida M (tipe otot) dan B (tipe otak) pada sitosol. Subunit-subunit tersebut membentuk tiga isoenzim spesifik diantaranya: CK-MB (otot jantung), CK-MM (otot rangka), dan CK-BB (otak). Rasio subunit ini bervariasi dengan jenis jaringannya yaitu: pada otot rangka terdapat sebesar 98% MM dan 2% MB, pada otot jantung terdapat sebesar 70-80% MM dan 20-30% MB; serta pada otak didominasi oleh BB. Mitokondria memiliki dua bentuk spesifik *mitochondrial CK* (Mt-CK) yaitu: tipe

nonsarcomeric yang disebut *ubiquitous* Mt-CK yang diekspresikan pada berbagai jaringan seperti otak, otot halus, dan sperma; serta tipe *sarcomeric* Mt-CK yang diekspresikan pada otot jantung dan tulang. (Schlattner et al., 2006)

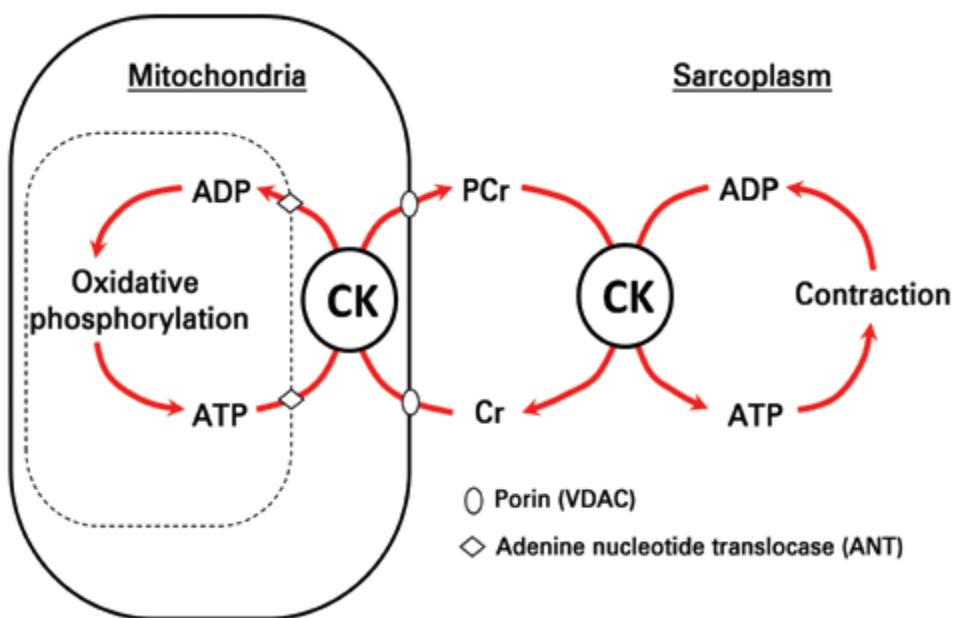
Creatine phosphokinase (CPK) atau secara sederhana bisa disebut dengan *Creatine Kinase* (CK) yang terdapat berada di beberapa jaringan tubuh (Teixeira & Borges, 2012). *Creatine Kinase* dapat ditemukan pada otot rangka, otot jantung, otot polos, otak, ginjal, plasenta dan pankreas (Teixeira & Borges, 2012; Wallimann & Hemmer, 1994). *Creatine Kinase* biasanya ditemukan pada jaringan otot yang berfungsi sebagai katalisator pada konversi *creatine* (Cr) menjadi *phosphocreatine* (PCr) (Leverenz et al., 2016). Dalam reaksi tersebut, ATP dikonversi menjadi ADP. Reaksi dalam konversi ini dapat *reversible* (bolak-balik) sehingga memungkinkan penyimpanan energi yang siap digunakan pada metabolisme yang tinggi dalam otot rangka (Iaccarino et al., 2014; McLeish & Kenyon, 2005). (Lihat gambar 2.2)



Gambar 2.2 Konversi oleh *Creatine Kinase* (McLeish & Kenyon, 2005)

Pada otot berkontraksi saat latihan fisik yang memiliki intensitas tinggi, otot membutuhkan ATP dalam jumlah besar dan dalam waktu yang cepat sehingga tingkat penggunaan ATP dapat melebihi kapasitasnya. Melalui *phosphocreatine shuttle system*, resintesis ATP dapat diproduksi dengan cepat dengan bantuan enzim *Creatine Kinase*. Sistem ini memiliki tingkat produksi ATP yang tinggi, maka sangat penting dalam situasi permintaan metabolik yang tinggi. Pada *phosphocreatine shuttle system*, ATP yang dibentuk melalui fosforilasi oksidatif dalam mitokondria dan *creatine* (Cr) dikonversi melalui aksi *Creatine*

Kinase di mitokondria (CKmit), sehingga menghasilkan *phosphocreatine* (PCr) dan *adenosine diphosphate* (ADP). PCr berdifusi ke dalam sitoplasma, CK yang berada di sitoplasma membantu pada konversi yang menghasilkan ATP dan Cr. ATP kemudian digunakan oleh otot, sementara Cr kembali mitokondria (Guimarães-Ferreira, 2014). (Lihat gambar 2.3)



Gambar 2.3 *Phosphocreatine Shuttle System* (Guimarães-Ferreira, 2014)

Alasan meningkatnya aktivitas *Creatine Kinase* dapat dijelaskan melalui kontraksi serat otot yang menyebabkan kerusakan mekanis pada membran sarkoplasma yang meningkatkan permeabilitasnya dan menyebabkan kebocoran enzim sitoplasma ke dalam cairan ekstraseluler dan aliran darah terutama ketika saat kontraksi otot eksentrik. Penyebab yang paling umum yang mungkin terjadi ketika *Long Distance Running* melibatkan kontraksi otot yang keras dan eksentrik dapat merusak struktur serat otot rangka pada tingkat *sarcolemma* dan *Z-disk*, diketahui dari konsentrasi CK yang diukur setelah latihan pada 8 jam dan dapat terus meningkat hingga 24 jam (Iaccarino et al., 2014).

2.5 *Foam Rolling*

Inovasi dalam terapi olahraga terus berkembang, manusia selalu mencari solusi yang efektif dalam mengatasi setiap permasalahan. *Foam rolling* kini semakin dikenal didunia olahraga. *Foam rolling* menerapkan bentuk terapi *self-myofascial release* (SMR) yang dapat mempengaruhi tubuh mirip dengan mekanisme *self-massage* (Dębski et al., 2019). *Myofascial release* (MR) sebuah terapi manual yang diterapkan pada otot dan *fascia* (McKenney et al, 2013).

Foam rolling menggunakan alat yang terbuat dari busa yang berbentuk silinder yang dikenal dengan *foam roller*. *Foam roller* aman diterapkan pada jaringan lunak karena memiliki bentuk silindris yang memudahkan penggunanya dalam mengaplikasikannya. Cheatham dan Stull (2018) meneliti perbedaan densitas atau kepadatan *foam roller*, mereka menyimpulkan bahwa tidak ada perbedaan efek terapeutik dari tiga jenis densitas yang berbeda terhadap *range of motion* (ROM) dan *pressure pain threshold* (PPT) pasca-intervensi. Faktor persepsi nyeri mungkin berpengaruh pada perubahan mekanis dan neurofisiologis karena *soft-density foam roller* tidak cukup dalam memberi tekanan kepada *myofascial*. *Foam roller* memiliki permukaan yang berbeda-beda mulai dari permukaan berjenis *smooth*, *grid* dan *multilevel*. Permukaan yang memiliki tekstur bergerigi mampu lebih efektif dalam mengasilkan efek mekanis dan efek umum neurofisiologis karena adanya deformasi pada otot (Cheatham & Stull, 2019).

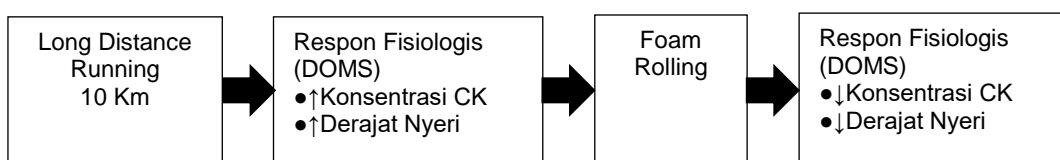
Foam rolling sebagai terapi dapat digunakan sebelum maupun sesudah latihan. Tujuan penggunaan *foam roller* sebelum latihan adalah sebagai *warming-up*. Tubuh perlu disiapkan secara fisik dan psikis, peregangan bertujuan untuk menghilangkan ketegangan dan memperluas rentang gerak tubuh.serta

fungsi kognitif pada pengambilan keputusan yang tepat menjadi faktor yang berkontribusi pada suksesnya performa (Racinais et al, 2017). Terapi setelah latihan diharapkan dapat memulihkan kondisi fisik dan mampu meredakan rasa kaku, nyeri dan kemerahan. Namun penelitian yang meneliti tentang efek penggunaan *massage* setelah latihan baru pada orang tidak terlatih terhadap kekakuan otot menunjukkan hasil yang tidak efektif pada otot *quadriceps*, *hamstring* dan *calf* (Kong et al, 2018).

Foam rolling dapat diterapkan oleh atlet, pelatih dan sebagian masyarakat untuk meminimalisir DOMS dan mempercepat *recovery*. Penggunaan *foam roller* dapat digunakan dengan mudah, alat ini dapat digunakan dimana saja dan cara menggunakannya dengan menggulirkan *foam roller* pada bagian kelompok otot dan beban tubuh digunakan sebagai pemberi tekanan. Tekanan mekanis yang berasal dari beban tubuh dapat mempengaruhi mekanisme biomekanik, neurologis dan fisiologis (Weerapong et al, 2005).

Foam roller adalah alat terapi yang mudah diterapkan, mudah disimpan, memiliki desain yang menarik dan bermanfaat, harganya yang terjangkau serta pada penggunaanya tidak membutuhkan tenaga seorang terapis. Alat ini akan cocok digunakan dalam mengatasi DOMS pada siapapun yang menggunakan.

2.6 Kerangka Berpikir



Gambar 2.4 Kerangka Berpikir

Long Distance Running sejauh 10 kilometer sebagai bentuk aktivitas lari yang berkepanjangan dan bagian dari latihan *strenuous* mengakibatkan respon fisiologis berupa *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS) yang dapat diketahui dari naiknya konsentrasi *Creatine Kinase* (CK) sebagai indikator kerusakan otot dan derajat nyeri. Jika dilihat dari sistem klasifikasi *The Munich Consensus Statement*, DOMS merupakan trauma otot tipe 1B yang menimbulkan rasa sakit atau nyeri pada waktu istirahat dan digambarkan melalui alat MRI tidak adanya kerusakan struktur otot secara serius atau hanya terjadi *oedema*. *Foam Rolling* (FR) menggunakan alat berbahan dasar busa *Ethylene-Vinyl Acetate* (EVA) memiliki kelebihan daya tahan yang lama, ringan dan mudah dibentuk. Memberikan perlakuan fisioterapi berupa *Foam Rolling* dapat membantu meringankan gejala yang muncul saat terjadi DOMS. FR mampu menurunkan konsentrasi CK yang naik akibat suatu latihan atau aktivitas fisik dan juga dapat menurunkan derajat nyeri yang dirasakan setelah melakukan suatu latihan atau aktivitas fisik. (lihat Gambar 2.4)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian *Quasi Experiment*, dengan menggunakan desain *One Group Repeated-Measures Design*. *One Group Repeated-measures Design* adalah pengukuran secara berulang-ulang pada grup eksperimen (Gliner, Morgan, & Harmon, 2002).

3.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian terdapat variabel-variabel, yaitu variabel bebas (*independent*) dan variabel terikat (*dependent*). Pada setiap penelitian, variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas (SP, 2013). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah *Foam Rolling*, sedangkan variabel terikat yang diukur adalah *Creatine Kinase* (U/L) dan derajat nyeri (VAS). *Foam rolling* adalah terapi yang dianggap membantu dalam meringankan kelelahan dan nyeri pada otot serta dapat meningkatkan kinerja dan fleksibilitas otot (Wiewelhove et al., 2019). *Creatine Kinase* adalah indikator yang menandakan pada kerusakan otot (P. Brancaccio, 2006). Derajat nyeri adalah tingkat yang menggambarkan keadaan nyeri yang dapat diukur dengan *Visual Analog Scale* (VAS) (Lau et al., 2013).

3.3 Populasi, Sampel, dan Teknik Penarikan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah laki-laki muda sehat (17-25 tahun). **Sampel** berjumlah 10 orang yang terdiri dari 50% mahasiswa FIK dan 50% laki-laki muda terlatih kota Semarang. **Teknik Penarikan Sampel** yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik *purposive sampling*. **Purposive Sampling** digunakan saat memilih sampel yang layak sesuai dengan kriteria INKLUSI : bersedia

menjadi sampel; dinyatakan sehat oleh dokter; tidak sedang dalam pengobatan; usia tidak kurang dari 17 tahun dan tidak lebih dari 25 tahun; berstatus mahasiswa aktif, belum pernah menggunakan *foam roller*, sedangkan kriteria EKSKLUSI : mengundurkan diri; tidak mengikuti prosedur penelitian yang telah sampaikan; atlet; memiliki riwayat gangguan sistem peredaran darah; memiliki gangguan pernapasan; memiliki kontraindikasi latihan yang berhubungan dengan cidera otot, sakit pinggang; memiliki riwayat cidera ligamen tingkat III; cidera otot tingkat II atau III; memiliki riwayat operasi; patah tulang pada ekstremitas tubuh bagian bawah kurang dari dua tahun.

3.4 Instrumen Penelitian

Pengukuran Creatine Kinase (U/L): Instrumen yang dipakai adalah prosedur pengukuran mengikuti standar dari laboratorium Klinik CITO menggunakan alat COBAS INTEGRA 400 plus dan dianalisis menggunakan metode *International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* (IFCC). Pengukuran diambil pada sebelum *Long Distance Running 10 Km (Pre-test)*, 24 jam, 48 jam dan 72 jam setelah latihan.

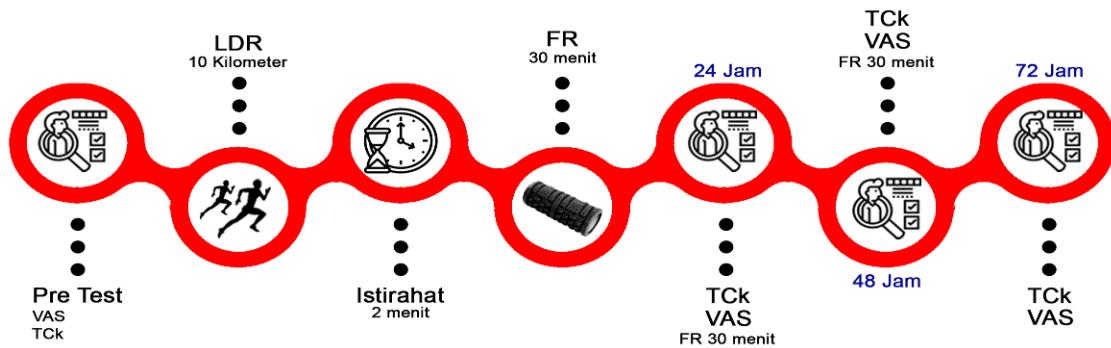
Pengukuran Derajat Nyeri : Instrumen yang dipakai derajat nyeri adalah *Visual Analog Scale (VAS)*.

3.5 Prosedur Penelitian

Tahap Persiapan terdiri dari pengecekan tempat, alat, dan petugas medis untuk pengambilan data, pengumpulan sampel penelitian, setelah itu semua sampel diberikan pengarahan tentang prosedur penelitian dan simulasi singkat pemberian latihan.

Tahap Pelaksanaan diawali dengan pengondisian sampel, review prosedur penelitian yang sudah disampaikan, pemanasan selama lima menit, pemberian *Long Distance Running* 10 Km, setelah itu istirahat dua menit dilanjutkan pemberian perlakuan *Foam Rolling*. Protokol *Foam Rolling*: *Foam Roller* dengan merk HAPPYFIT dengan bahan EVA foam digunakan sesaat setelah pendinginan dilakukan. Setiap kelompok otot diberikan selama 45 detik dan 15 detik *rest* dengan 3 kali set dan total waktu *Foam Rolling* untuk lima kelompok otot yang terlibat (*Triceps Surae*, *Anterior Tibialis*, *Hamstring*, *Quadriceps Femoris*, dan *Glutes*) adalah 30 menit. Teknik *Foam Rolling* yang diberikan menggunakan protokol dari Dre “Master of Muscle” yang dikombinasikan dengan Mathew “Casall”. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali yaitu *Pre-test*, 24 jam, dan 48 jam setelah latihan.

Tahap Akhir menganalisis dan menyajikan data yang didapatkan kemudian memberikan penjelasan serta pembahasan dan diakhiri dengan penarikan kesimpulan.



Keterangan :

- VAS : Visual Analog Scale
- TCK : Tes Creatine Kinase (U/L)
- LDR : Long Distance Running
- FR : Foam Rolling

Gambar 3.1 Prosedur Penelitian

3.6 Analisis Data

Uji Normalitas dan uji Homogenitas telah dilakukan sebagai uji prasyarat analisis. Selanjutnya data dianalisis dengan menggunakan IBM SPSS *Statistic* 26. Uji *Repeated Measures* ANOVA digunakan untuk mengetahui pengaruh dan efektivitas *Foam Rolling* terhadap konsentrasi *Creatine Kinase* (U/L) pasca *Long Distance Running* 10 Km dengan mempertimbangkan nilai $P < 0.05$ untuk signifikansinya. Sedangkan data derajat nyeri (VAS) dianalisis menggunakan deskriptif kuantitatif dengan melihat sebaran derajat nyeri (VAS).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Deskripsi Umum

Penelitian yang berjudul Efektivitas *Foam Rolling* terhadap Perubahan Konsentrasi *Creatine Kinase* (U/L) dan Derajat Nyeri (VAS) akibat *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS) pasca Latihan *Long Distance Running* (10 Km) pada Laki-Laki Muda Sehat Terlatih, telah mendapat persetujuan dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Universitas Negeri Semarang Nomor: 120/KEPK/EC/2020. Perlakuan latihan yang diberikan dalam penelitian ini sebelumnya adalah *long distance uphill running*, namun akibat pandemic *covid-19* perlakuan tersebut digantikan dengan *long distance running* 10 Km (*Quarter Marathon*) dengan tidak mengurangi efek DOMS yang ditimbulkan. Hasil dari *pilot study* dengan menggunakan instumen VAS dan *McGill questionnaire* menunjukan bahwa *long distance running* 10 Km mampu mengakibatkan DOMS. (Lihat lampiran 5)

Penelitian ini dilakukan pada hari Sabtu, tanggal 27 Juni 2020 di Lapangan Sumurboto, tembalang dan hari Minggu s.d. Selasa, tanggal 28 s.d. 30 Juni 2020 di Jl. Karangrejo Selatan VI RT. 02 RW. 07, Kel. Tinjomoyo, Kec. Banyumanik, Semarang serta di Laboratorium Klinik CITO Jl. Setiabudi No. 120A Semarang. Pada proses pengambilan data penelitian, dibantu oleh petugas laboratorium professional dan relawan yang sudah diberi arahan serta penjelasan terlebih dahulu.

4.1.2 Deskripsi Data

Sampel merupakan laki-laki muda yang terlatih dengan sukarela menjadi bagian dari penelitian. Sampel yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 10 orang

yang telah memenuhi kriteria inklusi: bersedia menjadi sampel penelitian; tidak merokok; tidak melakukan latihan fisik selama satu minggu sebelum perlakuan lari 10 Km; tidak dalam fase pemulihan setelah sakit. Sedangkan kriteria eksklusi adalah sebagai berikut: mengundurkan diri; tidak mengikuti prosedur penelitian yang telah sampaikan; atlet; memiliki riwayat gangguan sistem peredaran darah; memiliki gangguan pernapasan; memiliki kontraindikasi latihan yang berhubungan dengan cidera otot, sakit pinggang; memiliki riwayat cidera ligamen tingkat III; cidera otot tingkat II atau III; memiliki riwayat operasi; patah tulang pada ekstremitas tubuh bagian bawah kurang dari dua tahun; tidak dehidrasi; memiliki konsentrasi *creatinine kinase* 35-175 U/L sebelum lari 10 Km; skala VAS ≤ 5. Berikut adalah data karakteristik sampel, (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Data Karakteristik Sampel

Data Sampel n=10	
Kriteria	Mean ± SD
Usia (Tahun)	19 ± 1
Tinggi Badan (cm)	166.8 ± 5.6
Berat Badan (Kg)	64 ± 6.7
<i>Body Mass Index</i> (Kg/m ²)	23 ± 2.5

4.1.3 Hasil Uji Prasyarat Analisis

Uji normalitas dan homogenitas dilakukan pada data *Creatine Kinase* (CK) yang diperoleh dari pengukuran Pre-Test, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam. Uji normalitas yang digunakan pada penelitian ini adalah Uji *Shapiro-Wilk Test* karena jumlah sampel ≤ 50 (Mishra et al., 2019). Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak, dimana data dapat dikatakan berdistribusi normal jika nilai $P > .05$. Data CK pada *Pre-Test*, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam masing-masing menunjukkan nilai $P > .05$. Sedangkan uji normalitas untuk data VAS menunjukkan nilai $P < .05$. (Lihat pada tabel 4.2 dan tabel 4.3)

Tabel 4.2 Tes Normalitas *Creatine Kinase*

Tests of Normality								
Pengukuran		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
<i>Creatine Kinase</i>	Pre Test	.209	10	.200*	.941	10	.568	
	Post 24 jam	.142	10	.200*	.946	10	.627	
	Post 48 jam	.132	10	.200*	.948	10	.643	
	Post 72 jam	.298	10	.012	.886	10	.151	

* $P > .05$ Tabel 4.3 Tes Normalitas *Visual Analog Scale*

Tests of Normality								
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
Otot	Pengukuran	c	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
Tricep Surae	Pretest	.382	10	.000	.639	10	.000	
	24 jam	.213	10	.200*	.947	10	.630	
	48 jam	.216	10	.200*	.922	10	.374	
	72 jam	.269	10	.039	.744	10	.003	
Tibialis Aanterior	Pretest	.331	10	.003	.703	10	.001	
	24 jam	.291	10	.016	.808	10	.018	
	48 jam	.259	10	.055	.881	10	.133	
	72 jam	.448	10	.000	.456	10	.000	
Quadriceps Femoris	Pretest	.329	10	.003	.653	10	.000	
	24 jam	.291	10	.016	.790	10	.011	
	48 jam	.167	10	.200*	.949	10	.660	
	72 jam	.275	10	.031	.801	10	.015	
Hamstring	Pretest	.351	10	.001	.736	10	.002	
	24 jam	.219	10	.191	.931	10	.461	
	48 jam	.308	10	.008	.858	10	.072	
	72 jam	.453	10	.000	.475	10	.000	
Glutes	Pretest	.412	10	.000	.647	10	.000	
	24 jam	.165	10	.200*	.927	10	.422	
	48 jam	.113	10	.200*	.928	10	.426	
	72 jam	.400	10	.000	.623	10	.000	

* $P > .05$

Uji homogenitas pada penelitian ini menggunakan uji *Levene* dari table *Test of Homogeneity Variances* yang dilihat dari nilai *significant based on mean*. Data dapat dikatakan berdistribusi normal jika nilai $P > .05$. Uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah data dapat digeneralisasi secara luas untuk skala populasi atau hanya untuk sampel dengan kriteria tertentu (Wright, 2009). Pada penelitian ini menunjukkan data CK dan VAS *Tibialis Anterior, Hamstring* dan *Glutes* memiliki nilai $P < .05$ sehingga hasil dari penelitian ini hanya untuk individu yang memiliki karakteristik sama dengan sampel yang ada di dalam penelitian ini. Sedangkan VAS *Triceps Surae* dan *Quadriceps Femoris* memiliki $P > .05$. (Lihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5)

Tabel 4.4 Tes Homogenitas *Creatine Kinase*

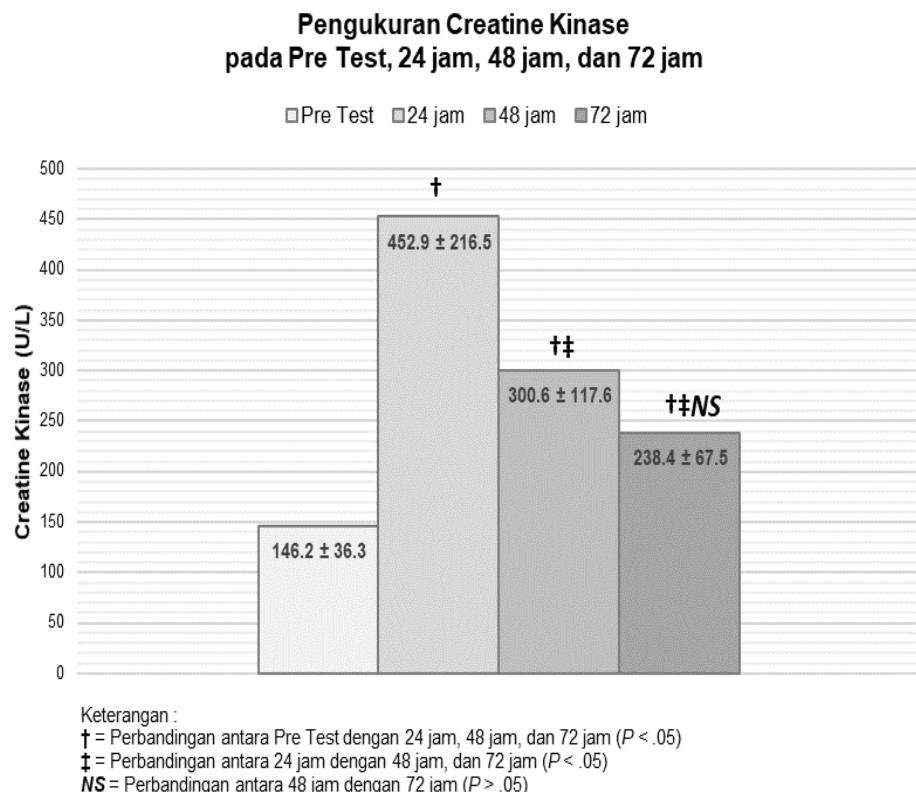
Test of Homogeneity of Variances		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
<i>Creatine Kinase</i>	Based on Mean	13.930	3	36	.000
	Based on Median	12.920	3	36	.000
	Based on Median and with adjusted df	12.920	3	23.258	.000
	Based on trimmed mean	13.812	3	36	.000

Tabel 4.5 Tes Homogenitas *Visual Analog Scale*

Test of Homogeneity of Variance		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
<i>Tricep Surae</i>	Based on Mean	1.551	3	36	.218
	Based on Median	.810	3	36	.497
	Based on Median and with adjusted df	.810	3	30.159	.499
	Based on trimmed mean	1.419	3	36	.253
<i>Tibialis Anterior</i>	Based on Mean	7.726	3	36	.000
	Based on Median	5.321	3	36	.004
	Based on Median and with adjusted df	5.321	3	23.876	.006
	Based on trimmed mean	7.575	3	36	.000
<i>Quadriceps Femoris</i>	Based on Mean	.909	3	36	.446
	Based on Median	.202	3	36	.894
	Based on Median and with adjusted df	.202	3	29.358	.894
	Based on trimmed mean	.707	3	36	.554
<i>Hamstring</i>	Based on Mean	3.281	3	36	.032
	Based on Median	1.987	3	36	.133
	Based on Median and with adjusted df	1.987	3	29.894	.137
	Based on trimmed mean	3.430	3	36	.027
<i>Glutes</i>	Based on Mean	5.010	3	36	.005
	Based on Median	4.719	3	36	.007
	Based on Median and with adjusted df	4.719	3	32.545	.008
	Based on trimmed mean	5.059	3	36	.005

4.1.4 Analisis Data *Creatine Kinase*

Analisis pada penelitian ini menggunakan uji *Repeated Measures ANOVA* yang bertujuan melihat perubahan data pada setiap interval waktu dari konsentrasi *Creatine Kinase*. Hasil dari uji tersebut (lihat gambar 4.1) menunjukkan rerata CK pada *Pre-Test* sebesar $146,2 \pm 36,3$ U/L rerata CK pada 24 jam sebesar $452,3 \pm 216,5$ U/L, rerata CK pada 48 jam sebesar $300,6 \pm 117,6$ U/L, dan rerata CK pada 72 jam sebesar $238,4 \pm 67,5$ U/L. Terdapat perubahan pada setiap interval waktu pengukuran ketika dibandingkan dengan menggunakan metode *Pairwise Comparison Bonferroni* (lihat tabel 4.6). Naiknya konsentrasi CK setelah 24 jam dan turunnya konsentrasi CK ketika setelah 48 hingga 72 jam



Gambar 4.1 Pengukuran *Creatine Kinase* (U/L) pada *Pre Test*, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam

Tabel 4.6 Uji *Repeated Measures ANOVA* efektivitas *Foam Rolling* terhadap konsentrasi *Creatine Kinase* (U/L)

		Pairwise Comparisons				
		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
(I) Waktu	(J) Waktu				Lower Bound	Upper Bound
Pre test	24 jam	-306.700*	63.433	.006	-520.101	-93.299
	48 jam	-154.400*	31.400	.005	-260.037	-48.763
	72 jam	-92.200*	17.865	.004	-152.301	-32.099
24 jam	Pre test	306.700*	63.433	.006	93.299	520.101
	48 jam	152.300*	33.271	.008	40.369	264.231
	72 jam	214.500*	51.988	.015	39.603	389.397
48 jam	Pre test	154.400*	31.400	.005	48.763	260.037
	24 jam	-152.300*	33.271	.008	-264.231	-40.369
	72 jam	62.200	20.080	.077	-5.352	129.752
72 jam	Pre test	92.200*	17.865	.004	32.099	152.301
	24 jam	-214.500*	51.988	.015	-389.397	-39.603
	48 jam	-62.200	20.080	.077	-129.752	5.352

* $P < .05$

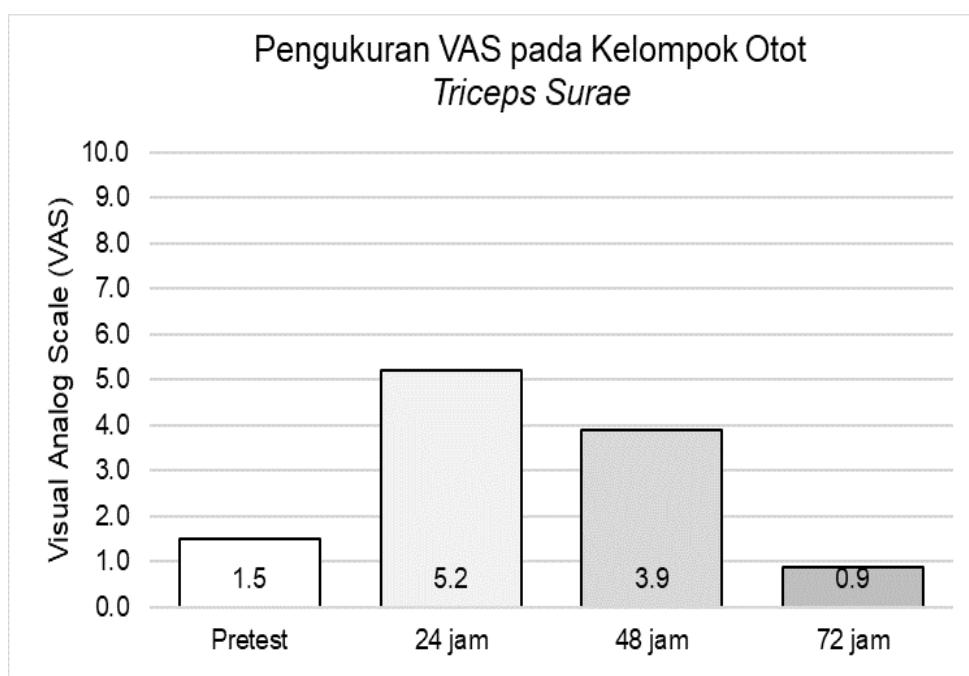
4.1.5 Analisis Data Derajat Nyeri

Pengukuran derajat nyeri pada otot menggunakan *Visual Analog Scale* (VAS) (Wong, Hockenberry-Eaton, Wilson, Winkelstein, & Schwartz, 2001). VAS menggambarkan tingkatan nyeri yang dirasakan. VAS terbagi dalam beberapa tingkatan, diantaranya : skala 0 = tidak nyeri, 1-3 = nyeri ringan, 4-6 = nyeri sedang, 7-9 = nyeri berat, dan 10 = super nyeri. Otot yang diukur derajatnya nyerinya yaitu: *Triceps Surae*, *Tibialis Anterior*, *Quadriceps Femoris*, *Hamstring*, dan *Glutes*.

Terdapat sebaran data Derajat Nyeri pada kelompok otot *Triceps Surae* menggunakan pengukuran VAS (lihat pada tabel 4.7).

Tabel 4.7 Derajat Nyeri pada Kelompok Otot *Triceps Surae*

VAS	<i>Triceps Surae Groups</i>					
	Pre-Test		24 jam		48 jam	
Super Nyeri	0	0%	0	0%	0	0%
Nyeri Berat	0	0%	3	30%	1	10%
Nyeri Sedang	2	20%	4	40%	6	60%
Nyeri Ringan	3	30%	2	20%	1	10%
Tidak Nyeri	5	50%	1	10%	2	20%

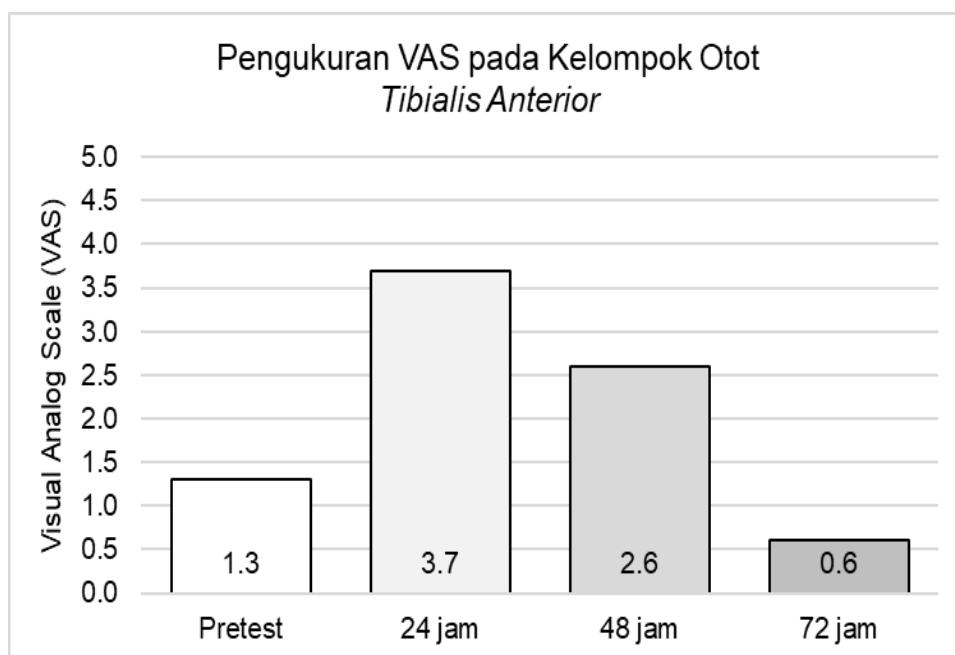
Gambar 4.2 Pengukuran VAS pada Kelompok Otot *Triceps Surae*

Jika dilihat dalam bentuk grafik, terlihat peningkatan derajat nyeri pada kelompok otot *Triceps Surae* yang diakibatkan oleh LDR 10 Km pada 24 jam kemudian terjadi penurunan pada 48 hingga 72 jam setelah diberikan perlakuan FR pada sesaat setelah LDR 10 Km, 24 jam dan 48 jam (lihat gambar 4.2). Pada *Pretest* menunjukkan rerata nilai VAS sebesar 1.5 kemudian meningkat di angka 5.2 pada 24 jam. Lalu, terjadi penurunan derajat nyeri pada angka 3.9 di 48 jam hingga 0.9 di 72 jam.

Terdapat sebaran data Derajat Nyeri pada otot *Tibialis Anterior* menggunakan pengukuran VAS (lihat pada tabel 4.8).

Tabel 4.8 Derajat Nyeri pada Otot *Tibialis Anterior*

VAS	<i>Tibialis Anterior</i>				
	<i>Pre-Test</i>	24 jam	48 jam	72 jam	
Super Nyeri	0	0%	0	0%	0
Nyeri Berat	0	0%	3	30%	0
Nyeri Sedang	2	20%	2	20%	4
Nyeri Ringan	2	20%	3	30%	4
Tidak Nyeri	6	60%	2	20%	8

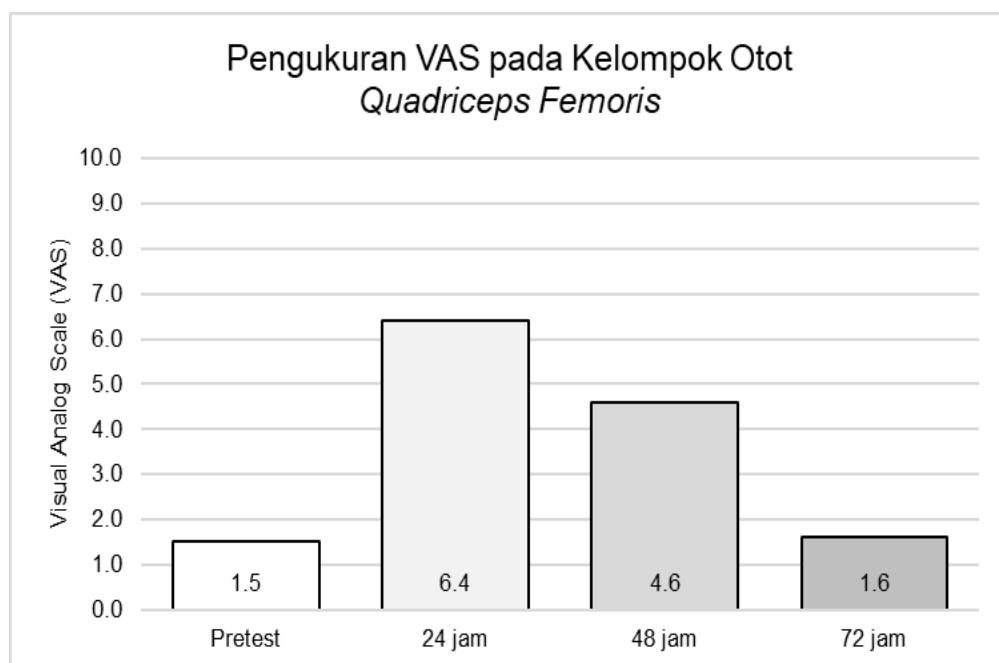
Gambar 4.3 Pengukuran VAS pada Kelompok Otot *Tibialis Anterior*

Jika dilihat dalam bentuk grafik, terlihat peningkatan derajat nyeri pada kelompok otot *Tibialis Anterior* yang diakibatkan oleh LDR 10 Km pada 24 jam kemudian terjadi penurunan pada 48 hingga 72 jam setelah diberikan perlakuan FR pada sesaat setelah LDR 10 Km, 24 jam dan 48 jam (lihat gambar 4.3). Pada *Pretest* menunjukkan rerata nilai VAS sebesar 1.3 kemudian meningkat di angka 3.7 pada 24 jam. Lalu, terjadi penurunan derajat nyeri pada angka 2.6 di 48 jam hingga 0.6 di 72 jam.

Terdapat sebaran data Derajat Nyeri pada kelompok otot *Quadriceps Femoris* menggunakan pengukuran VAS (lihat pada tabel 4.9).

Tabel 4.9 Derajat Nyeri pada Kelompok Otot *Quadriceps Femoris*

VAS	<i>Quadriceps Femoris Groups</i>			
	Pre-Test	24 jam	48 jam	72 jam
Super Nyeri	0	0%	0	0%
Nyeri Berat	0	0%	7	70%
Nyeri Sedang	2	20%	0	0%
Nyeri Ringan	2	20%	2	20%
Tidak Nyeri	6	60%	1	10%

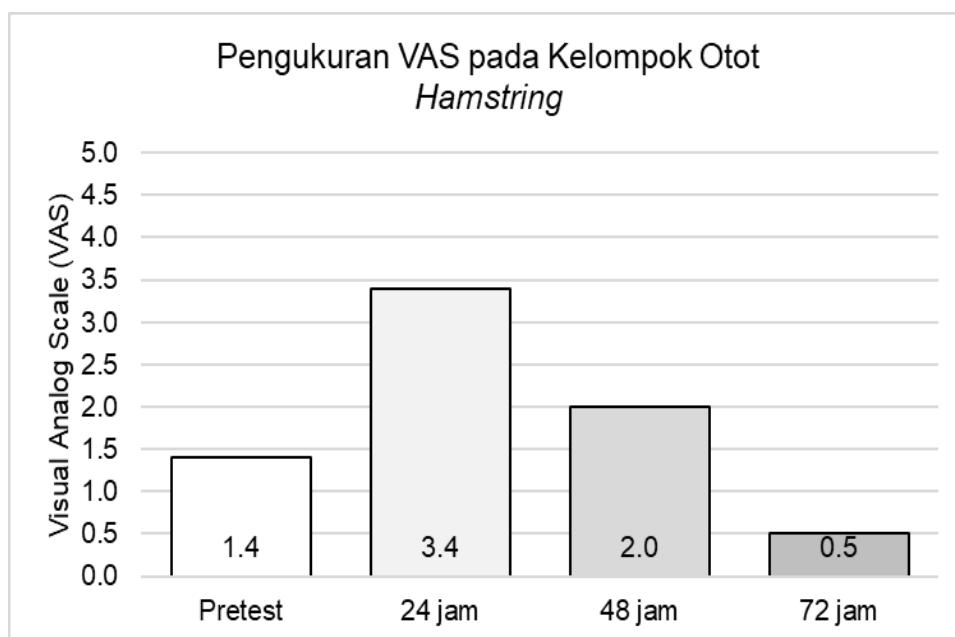
Gambar 4.4 Pengukuran VAS pada Kelompok Otot *Quadriceps Femoris*

Jika dilihat dalam bentuk grafik, terlihat peningkatan derajat nyeri pada kelompok otot *Quadriceps Femoris* yang diakibatkan oleh LDR 10 Km pada 24 jam kemudian terjadi penurunan pada 48 hingga 72 jam setelah diberikan perlakuan FR pada sesaat setelah LDR 10 Km, 24 jam dan 48 jam (lihat gambar 4.4). Pada *Pretest* menunjukkan rerata nilai VAS sebesar 1.5 kemudian meningkat di angka 6.4 pada 24 jam. Lalu, terjadi penurunan derajat nyeri pada angka 4.6 di 48 jam hingga 1.6 di 72 jam.

Terdapat sebaran data Derajat Nyeri pada kelompok otot *Hamstring* menggunakan pengukuran VAS (lihat pada tabel 4.10).

Tabel 4.10 Derajat Nyeri pada Kelompok Otot *Hamstring*

VAS	<i>Hamstring Groups</i>			
	<i>Pre-Test</i>	24 jam	48 jam	72 jam
Super Nyeri	0	0%	0	0%
Nyeri Berat	0	0%	1	10%
Nyeri Sedang	1	10%	4	40%
Nyeri Ringan	3	30%	4	40%
Tidak Nyeri	6	60%	1	10%

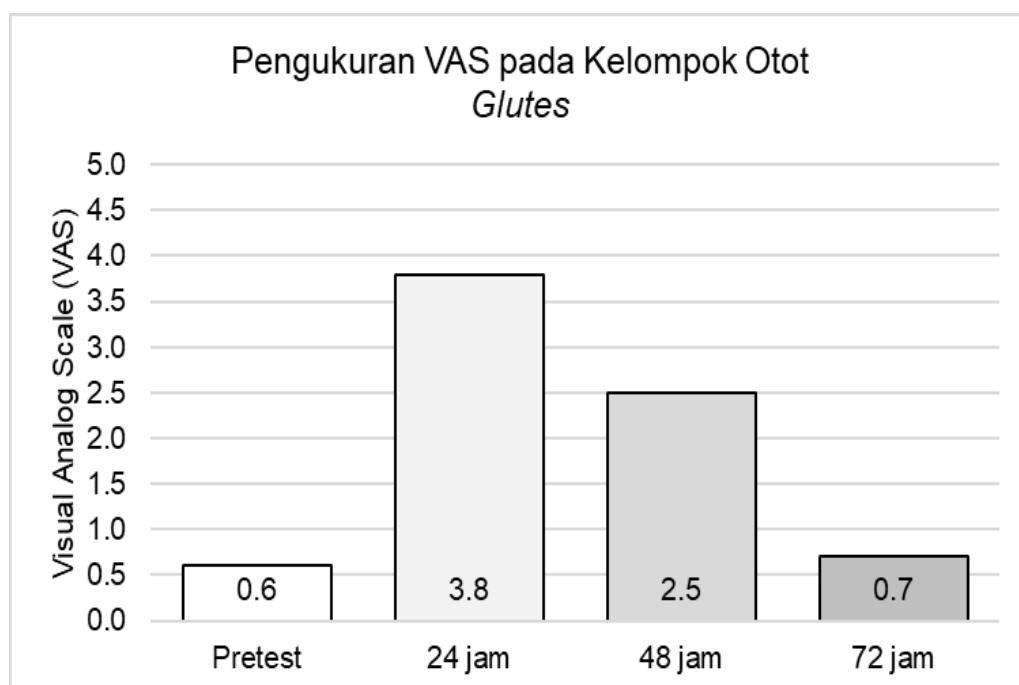
Gambar 4.5 Pengukuran VAS pada Kelompok Otot *Hamstring*

Jika dilihat dalam bentuk grafik, terlihat peningkatan derajat nyeri pada kelompok otot *Hamstring* yang diakibatkan oleh LDR 10 Km pada 24 jam kemudian terjadi penurunan pada 48 hingga 72 jam setelah diberikan perlakuan FR pada sesaat setelah LDR 10 Km, 24 jam dan 48 jam (lihat gambar 4.5). Pada *Pretest* menunjukkan rerata nilai VAS sebesar 1.4 kemudian meningkat di angka 3.4 pada 24 jam. Lalu, terjadi penurunan derajat nyeri pada angka 2.0 di 48 jam hingga 0.5 di 72 jam.

Terdapat sebaran data Derajat Nyeri pada kelompok otot *Glutes* menggunakan pengukuran Visual Analog Scale (lihat pada tabel 4.11).

Tabel 4.11 Derajat Nyeri pada Kelompok Otot *Glutes*

VAS	<i>Glutes Groups</i>				
	<i>Pre-Test</i>	24 jam	48 jam	72 jam	
Super Nyeri	0	0%	0	0%	0
Nyeri Berat	0	0%	3	30%	0
Nyeri Sedang	0	0%	2	20%	3
Nyeri Ringan	3	30%	3	30%	5
Tidak Nyeri	7	70%	2	20%	7

Gambar 4.6 Pengukuran VAS pada Kelompok Otot *Glutes*

Jika dilihat dalam bentuk grafik, terlihat peningkatan derajat nyeri pada kelompok otot *Glutes* yang diakibatkan oleh LDR 10 Km pada 24 jam kemudian terjadi penurunan pada 48 hingga 72 jam setelah diberikan perlakuan FR pada sesaat setelah LDR 10 Km, 24 jam dan 48 jam (lihat gambar 4.6). Pada *Pretest* menunjukkan rerata nilai VAS sebesar 0.6 kemudian meningkat di angka 3.8 pada 24 jam. Lalu, terjadi penurunan derajat nyeri pada angka 2.5 di 48 jam hingga 0.7 di 72 jam.

4.2 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh *Long Distance Running* 10 Km dan efektivitas *Foam Rolling* terhadap perubahan pada konsentrasi *Creatine Kinase* (CK) dan derajat nyeri (VAS) yang diakibatkan *Delayed Onset Of Muscle Soreness* (DOMS) pada laki-laki muda terlatih. Setelah dilakukan analisis data pada penelitian ini ditemukan perubahan konsentrasi CK dan sebaran data derajat nyeri pada sampel penelitian.

4.2.1 Pengaruh *Long Distance Running* terhadap Perubahan Konsentrasi *Creatine Kinase*

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa ada perubahan pada biomarker *Creatine Kinase* (CK) setelah ada perlakuan berupa *Long Distance Running* (LDR). LDR sejauh 10 Km merupakan bentuk latihan berat yang mampu meningkatkan konsentrasi CK yang terjadi setelah 24 jam, penelitian sebelumnya pun menunjukkan hasil yang sama yaitu konsentrasi CK naik setelah berlari pada tiga kategori lari *marathon* 10 Km, 21 Km, dan 42 Km (Ryu et al., 2016). Namun perbedaan dengan penelitian sebelumnya ada pada pengukuran yang diukur sesaat setelah lari. Aktivitas atau latihan yang berkepanjangan memang mampu menyebabkan peningkatan konsentrasi CK dimana permeabilitas membran berubah dan enzim yang menjadi indikator kerusakan otot seperti *Creatine Kinase* (CK) dan *Lactate Dehydrogenase* (LDH) dilepaskan ke dalam aliran darah (Paola Brancaccio, Maffulli, & Limongelli, 2007; Ryu et al., 2016).

Pada penelitian sebelumnya menunjukkan peningkatan aktivitas CK setelah 24 jam pada perlakuan latihan aerobik dengan 80% $\text{VO}_{2\text{max}}$ berupa lari diatas *treadmill* (Callegari et al., 2017). Mekanisme *stretch-shorthening cycle* pada latihan tersebut mampu menghasilkan kerusakan otot pada ekstrimitas

bawah selama berlari yang akhirnya mengarah pada peningkatan CK (Siqueira et al., 2009). Latihan aerobik dengan 80% VO_{2max} dapat menyebabkan partisipan hampir kelelahan (Callegari et al., 2017), selain itu lari yang merupakan latihan aerobik dapat menyebabkan peningkatan biomarker lain yaitu *Lactate Dehydrogenase* (LDH) selama 12 hingga 24 jam (Kobayashi, Takeuchi, Hosoi, Yoshizaki, & Loepky, 2005). Peningkatan volume latihan dan intensitas yang berkaitan pada *stress tension* pada latihan aerobik juga dapat menimbulkan perubahan pada hormon dan imunologi (Walsh et al., 2011).

4.2.2 Pengaruh *Long Distance Running* terhadap Perubahan Derajat Nyeri

Pada penelitian ini menunjukkan derajat nyeri yang diukur pada otot ekstremitas bawah (*Triceps Surae, Tibialis Anterior, Quadriceps Femoris, Hamstring, dan Gluteus*) mengalami peningkatan derajat nyeri setelah adanya perlakuan berupa *Long Distance Running* (LDR) 10 Km. Peningkatan derajat nyeri terjadi setelah 24 jam diberikan perlakuan LDR. Nyeri yang dirasakan pada setiap sampel sangat beragam. Derajat nyeri yang tertinggi yang dirasakan pada sampel berada pada kategori nyeri berat dan yang terendah pada kategori tidak nyeri.

Kelompok otot *Triceps Surae* dikenal dengan kelompok otot yang terdiri dari otot *Gastrocnemius, Soleus, dan Achilles Tendon*. *Triceps Surae* menunjukkan hasil tertinggi di 24 jam yang mengalami nyeri berat setelah LDR 10 Km. Hasil ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menunjukkan sensasi nyeri namun terdapat perbedaan pada bermulanya DOMS yang berkembang pada kelompok eksperimen di 24 jam dan memuncak di 48 jam atau 72 jam (Regueme, Nicol, Barthelemy, & Grelot, 2005).

Pada otot *Tibialis Anterior*, hasil yang didapat pada penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat sampel dengan kategori nyeri berat di 24 jam setelah LDR 10 Km. Hal ini mungkin saja terjadi karena *Tibialis Anterior* merupakan otot yang membantu selama *propulsion* pada fase *stance* bersama dengan otot *hamstring* dan *iliopsoas* yang bekerjasama dalam mengakselerasi pusat massa tubuh ke bawah pada akhir fase *stance* (Hamner et al., 2010). *Tibialis Anterior* berperan aktif pada kontraksi eksentrik pada gerakan *plantarflexion* dan bekerja secara konsentrik selama berlari untuk menghasilkan gerakan *dorsiflexion*, menstabilkan sendi pada pergelangan kaki, mempertahankan dan meningkatkan kecepatan (Dugan & Bhat, 2005; Mann, Moran, & Dougherty, 1986). Penelitian sebelumnya yang memberikan perlakuan 40 menit *Downhill Running* menunjukkan peningkatan derajat nyeri pada bagian otot *Tibialis Anterior* yang puncaknya berada setelah 24 jam, namun hasil tersebut tidak signifikan (Kong et al., 2018).

Pada kelompok otot *Quadriceps Femoris*, kelompok otot ini menunjukkan tingkat nyeri paling tinggi setelah 24 jam yang menunjukkan nyeri berat. Jika dilihat dari cara kerjanya, otot *Quadriceps Femoris* memiliki kontribusi besar pada penggeraman pusat massa tubuh dan pendukung vertikal massa tubuh yang dilihat pada fase berlari (Hamner et al., 2010). Pada perlakuan lain, *Downhill Running* (DR) selama 40 menit dapat menginduksi DOMS pada otot *Quadriceps Femoris* dimana rasa nyeri memuncak di 24 jam setelah DR (Kong et al., 2018).

Pada kelompok otot *Hamstring* menunjukkan derajat nyeri yang meningkat setelah 24 jam. Pada penelitian sebelumnya yang meneliti efek penggunaan *elastic hamstring assistance device* selama *Downhill Running*, uji coba latihan menunjukkan perubahan signifikan dimana terjadi peningkatan derajat nyeri otot di

kelompok otot *Hamstring* pada 48 jam setelah uji coba pada *group device* dan *group non-device* (Aldret, Trahan, Davis, Campbell, & Bellar, 2017).

Kelompok otot *Glutes* menunjukkan peningkatan intensitas derajat nyeri pada 24 jam setelah *Long Distances Running* (LDR), jika dilihat dari sebaran datanya terdapat 8 sampel (80%) dari 10 sampel yang merasakan 3 sampel (30%) nyeri ringan, 2 sampel (20%) nyeri sedang, dan 3 sampel (30%) nyeri berat. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa derajat nyeri pada kelompok otot *Glutes* meningkat saat setelah lari *full marathon* dan mulai menurun di 24 jam dan telah pulih pada 96 jam (Tokinoya et al., 2020).

4.2.3 Pengaruh *Foam Rolling* terhadap Perubahan Konsentrasi *Creatine Kinase*

Pada penelitian ini, puncak konsentrasi CK berada pada 24 jam setelah lari, kemudian setelah itu konsentrasi CK menurun secara signifikan pada 48 jam yang telah diberikan *Foam Rolling* pada 24 jam setelah lari. Teknik FR yang hampir sama seperti *massage* mampu menghasilkan peningkatan aliran darah dan pemulihan akibat kerusakan pada otot (Pearcey et al., 2015). Sebuah *sistematic review* dan *meta-analysis* mengungkapkan bahwa pembersihan konsentrasi CK dalam sistem peredaran darah dianggap dapat membantu meningkatkan pemulihan dan kinerja otot (Guo et al., 2017). Namun pada salah satu penelitian yang membandingkan antar kelompok FR dan non-FR tidak menemukan perbedaan yang signifikan yang menunjukkan tidak adanya efek FR pada konsentrasi CK (Beimborn, 2018). Selain FR dilakukan sesaat dan 24 jam setelah lari, pada penelitian ini FR juga dilakukan pada 48 jam setelah lari namun menunjukkan penurunan yang tidak signifikan.

4.2.4 Pengaruh *Foam Rolling* terhadap Perubahan Derajat Nyeri

Pada penelitian ini dapat dilihat dari hasil penelitian, setiap otot menunjukkan peningkatan derajat nyeri setelah diberikan *Long Distance Running* (LDR) 10 Km, kemudian setelah itu menunjukkan penurunan pada setiap kelompok otot setelah diberikan perlakuan *Foam Rolling* (FR). FR yang diberikan sesaat setelah LDR, 24 jam dan 48 jam memberikan efek pada penurunan derajat nyeri. Seiring dengan pemberian FR pada kelompok otot *Triceps Surae*, derajat nyeri menurun di 48 jam dengan sebaran terbanyak di kategori tidak nyeri sebanyak 50% total sampel meskipun 50% total sampel yang lain masih merasakan nyeri ringan dan nyeri sedang. Namun pada penelitian sebelumnya yang memberikan perlakuan analgesik topikal dan 2 menit *Roller Massage* menunjukkan tidak ada efek utama yang signifikan pada *Range of Motion* (ROM) dan *Pain Pressure Threshold* (PPT) di kelompok otot *Triceps Surae* (Behm, Duffett, Wiseman, & Halperin, 2018).

Pada otot *Tibialis Anterior*, jika dilihat dari cara kerja otot pada *Gait Cycle* mampu meningkatkan efek negatif *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS) berupa nyeri, penggunaan FR pada otot tersebut membantu meringankan efek negatif DOMS. Penelitian lain yang hampir sejenis mengungkapkan perlakuan *massage* setelah *downhill running* dapat menurunkan kekakuan dan persepsi nyeri pada otot *Tibialis Anterior* yang mulai menurun di 48 jam hingga 96 jam setelah *downhill running* (Kong et al., 2018).

Pada kelompok otot *Quadriceps Femoris*, derajat nyeri berat mulai turun menjadi 20% dari total sampel. Pada penelitian terdahulu yang membandingkan terapi *Neurodynamic Mobilization* (NM) dan *Foam Rolling* (FR) menggambarkan bahwa kedua terapi ini efektif dalam mengurangi persepsi nyeri karena *Delayed*

Onset of Muscle Soreness (DOMS) (Romero-Moraleda et al., 2017). Saraf parasimpatetik yang aktif, perubahan kadar hormon, dan penurunan kadar kortisol yang dihasilkan oleh perlakuan NM dan FR mampu menurunkan persepsi terhadap rasa nyeri yang dirasakan (Best, Hunter, Wilcox, & Haq, 2008).

Self Myofascial Release (SMR) merupakan teknik dari *Foam Rolling* yang digambarkan sebagai terapi yang bertujuan untuk mengurangi rasa sakit atau nyeri yang dikaitkan dengan DOMS (MacDonald, Button, Drinkwater, & Behm, 2014; Pearcey et al., 2015). Pada otot *hamstring*, terjadi penurunan *Pain Pressure Threshold* (PPT) melalui penghambatan timbal balik (*agonist-antagonist*) (Cavanaugh, Aboodarda, Hodgson, & Behm, 2017). FR menghasilkan respon neurofisiologis berupa relaksasi jaringan dan pengurangan rasa sakit melalui sistem saraf pusat sari refleks *golgi tendon, mechanoreceptors*, dan *nociceptors*, selain itu FR juga menimbulkan respon fisiologis berupa perubahan cairan tubuh, respon sel, dan mengurangi inflamasi pada *fascia* (Jay et al., 2014; Kelly & Beardsley, 2016).

Pada otot *Glutes*, penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa ada penurunan rasa sakit pada *Gluteals* antara 24-48 jam ketika diberikan FR pada perlakuan *10 x 10 squat protocol* (MacDonald et al., 2014). Terdapat beberapa alasan yang menjelaskan bahwa pijatan pada FR dapat membantu meningkatkan aliran darah dan limfa secara lokal, mengurangi rasa nyeri dan edema (Weerapong et al., 2005).

4.3 Keterbatasan

Pada penelitian ini memiliki limitasi dimana penggunaan FR tidak memiliki kecepatan pengguliran yang sama, hanya fokus pada penyelesaian jarak tempuh lari bukan fokus pada waktu tempuh, dikarenakan pandemi *Covid-19*

mengumpulkan orang dalam jumlah banyak tidak disarankan sehingga sumber daya manusia dalam pengawasan treatment FR dikurangi, ketika pengukuran derajat nyeri tingkat sensitivitas nyeri setiap individu berbeda-beda serta tidak mampu mengetahui secara jelas penuruannya karena tidak ada kelompok kontrol untuk dibandingkan. Hal-hal tersebut adalah faktor yang bisa mempengaruhi kualitas data.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian, memperoleh simpulan yaitu:

- 1) *Long Distance Running* (LDR) 10 Km dapat meningkatkan konsentrasi *Creatine Kinase* secara signifikan pada 24 jam.
- 2) *Foam Rolling* mampu menurunkan konsentrasi *Creatine Kinase* setelah dilakukan selama 30 menit FR pada yang dilakukan sesaat setelah LDR, 24 jam, dan 48 jam.
- 3) Persentase peningkatan derajat nyeri akibat *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS) pasca *Long Distance Running* 10 Km terjadi pada hari pertama (24 jam).
- 4) Persentase penurunan derajat nyeri pasca pemberian *Foam Rolling* terjadi pada hari kedua (48 jam) dan ketiga (72 jam).

5.2 Saran

Berdasarkan pada hasil penelitian, peneliti memberikan saran sebagai berikut :

- 1) Melakukan prosedur pemanasan serta pendinginan dengan baik dan benar demi mencegah terjadinya *Delayed Onset of Muscle Soreness* (DOMS).
- 2) Melakukan prosedur *Foam Rolling* sesuai panduan dan bantuan praktisi terapi jika dibutuhkan.
- 3) Untuk penelitian selanjutnya, pemeriksaan terhadap konsentrasi *Creatine Kinase* dan derajat nyeri hingga hari ke tujuh mungkin diperlukan demi melihat penurunan hingga ambang normalnya.
- 4) Untuk penelitian selanjutnya, pemeriksaan terhadap biomarker lain mungkin diperlukan demi melihat pengaruh lain terhadap respon fisiologis.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldret, R. L., Trahan, B. A., Davis, G., Campbell, B., & Bellar, D. M. (2017). Effects of an Elastic Hamstring Assistance Device During Downhill Running. *Journal of Human Kinetics*, 57(1), 73–83. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0048>
- Behm, D. G., Duffett, C., Wiseman, S., & Halperin, I. (2018). Use of Topical Analgesic and Rolling Alone or in Combination Does Not Increase Flexibility, Pain Pressure Threshold, and Fatigue Endurance—A Repeated-Measures Randomized, Within-Subjects, Exploratory Study. *JPHR: Journal of Performance Health Research*, 2(1). <https://doi.org/10.25036/jphr.2018.2.1.behm>
- Beimborn, B. (2018). *The Effects of Foam Rolling on Hamstring Flexibility* (California State University). Retrieved from <https://search.proquest.com/openview/0914fcd7558891de286d18de00d9c1ff/1.pdf?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Best, T. M., Hunter, R., Wilcox, A., & Haq, F. (2008). Effectiveness of Sports Massage for Recovery of Skeletal Muscle From Strenuous Exercise. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(5), 446–460. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e31818837a1>
- Bhardwaj, S. (2013). Common sports injuries and their management. *International Journal of Informative and Futuristic Research*, (1), 2347–1697. Retrieved from www.ijifr.com
- Bird, S. R., Linden, M., & Hawley, J. A. (2014). Acute changes to biomarkers as a consequence of prolonged strenuous running. *Annals of Clinical Biochemistry*, 51(2), 137–150. <https://doi.org/10.1177/0004563213492147>
- Borghi, S. M., Pinho-Ribeiro, F. A., Fattori, V., Bussmann, A. J. C., Vignoli, J. A., Camilios-Neto, D., ... Verri, W. A. (2016). Quercetin inhibits peripheral and spinal cord nociceptive mechanisms to reduce intense acute swimming-induced muscle pain in mice. *PLoS ONE*, 11(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162267>
- Brancaccio, P. (2006). Monitoring of serum enzymes in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 40(2), 96–97. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.020719>
- Brancaccio, Paola, Maffulli, N., Buonauro, R., & Limongelli, F. M. (2008). Serum Enzyme Monitoring in Sports Medicine. *Clinics in Sports Medicine*, 27(1), 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2007.09.005>
- Brancaccio, Paola, Maffulli, N., & Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*, 81–82(1), 209–230. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldm014>
- Brenner, B., & Eisenberg, E. (1987). The mechanism of muscle contraction. Biochemical, mechanical, and structural approaches to elucidate cross-bridge action in muscle. *Basic Research in Cardiology*, 82 Suppl 2, 3–16. https://doi.org/10.1007/978-3-662-11289-2_1

- Brewster, L. M., Mairuhu, G., Bindraban, N. R., Koopmans, R. P., Clark, J. F., & Van Montfrans, G. A. (2006). Creatine kinase activity is associated with blood pressure. *Circulation*, 114(19), 2034–2039. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.584490>
- Bryant, A. E., Aldape, M. J., Bayer, C. R., Katahira, E. J., Bond, L., Nicora, C. D., ... Stevens, D. L. (2017). Effects of delayed NSAID administration after experimental eccentric contraction injury - A cellular and proteomics study. *PLoS ONE*, Vol. 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172486>
- Callegari, G. A., Novaes, J. S., Neto, G. R., Dias, I., Garrido, N. D., & Dani, C. (2017). Creatine Kinase and Lactate Dehydrogenase Responses After Different Resistance and Aerobic Exercise Protocols. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 65–72. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0071>
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1974). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. In *Public health reports* (Vol. 100). Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3920711%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC1424733>
- Cavanaugh, M. T., Aboodarda, S. J., Hodgson, D. D., & Behm, D. G. (2017). Foam Rolling of Quadriceps Decreases Biceps Femoris Activation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(8), 2238–2245. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001625>
- Cheatham, S. W., & Stull, K. R. (2018). Comparison of Three Different Density Type Foam Rollers on Knee Range of Motion and Pressure Pain Threshold: a Randomized Controlled Trial. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(3), 474–482. <https://doi.org/10.26603/ijsp20180474>
- Cheatham, S. W., & Stull, K. R. (2019). Roller massage: Comparison of three different surface type pattern foam rollers on passive knee range of motion and pain perception. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 23(3), 555–560. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.05.002>
- Cheung, K., Hume, P. A., & Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors. *Sports Medicine*, 33(2), 145–164. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333020-00005>
- Connolly, D. A. J., Reed, B. V., & McHugh, M. P. (2002). The repeated bout effect: Does evidence for a crossover effect exist? *Journal of Sports Science and Medicine*, 1(3), 80–86.
- Cruz dos Santos, R. R., Rodrigues Rossi, R., & Campos Caldas, E. C. (2016). Perception of Delayed Onset Muscle Soreness in Children and Adults Trained, Submitted to a Training Session of Force Eccentric. *International Journal of Sports Science*, 2(2), 23–26. <https://doi.org/10.5923/j.sports.20160602.01>
- Dannecker, E. A., Liu, Y., Rector, R. S., Thomas, T. R., Fillingim, R. B., & Robinson, M. E. (2012). Sex differences in exercise-induced muscle pain and muscle damage. *Journal of Pain*, 13(12), 1242–1249. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2012.09.014>

- Dębski, P., Białas, E., & Gnat, R. (2019). The parameters of foam rolling, self-myofascial release treatment: A review of the literature. *Biomedical Human Kinetics*, 11(1), 36–46. <https://doi.org/10.2478/bhk-2019-0005>
- Dicharry, J. (2010). Kinematics and Kinetics of Gait: From Lab to Clinic. *Clinics in Sports Medicine*, 29(3), 347–364. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2010.03.013>
- Dugan, S. A., & Bhat, K. P. (2005). Biomechanics and Analysis of Running Gait. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 16(3), 603–621. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2005.02.007>
- Elmagd, M. A. (2016). Common Sports Injuries. *International Journal of Physical Education, Sport and Health*, 3(5), 142–148. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-0334-6.50040-6>
- Faude, O., & Donath, L. (2016). Thermoregulation During Marathon Running. In *Marathon Running: Physiology, Psychology, Nutrition and Training Aspects* (pp. 69–81). https://doi.org/10.1007/978-3-319-29728-6_4
- Fleckenstein, J., Niederer, D., Auerbach, K., Bernhörster, M., Hübscher, M., Vogt, L., & Banzer, W. (2016). No Effect of Acupuncture in the Relief of Delayed-Onset Muscle Soreness: Results of a Randomized Controlled Trial. *Clinical Journal of Sport Medicine*, Vol. 26, pp. 471–477. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000259>
- Flores, D. V., Gómez, C. M., Estrada-Castrillón, M., Smitaman, E., & Pathria, M. N. (2018). MR imaging of muscle trauma: Anatomy, biomechanics, pathophysiology, and imaging appearance. *Radiographics*, 38(1), 124–148. <https://doi.org/10.1148/rg.2018170072>
- Foster, C., Porcari, J., de Koning, J., Bannwarth, E., Casolino, E., Condello, G., ... Walraven, L. (2012). Exercise Training for Performance and Health. *Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin*, 2012(03), 69–74. <https://doi.org/10.5960/dzsm.2011.066>
- Friden, J., Sjostrom, M., & Ekblom, B. (1983). Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *International Journal of Sports Medicine*, 4(3), 170–176. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1026030>
- Frontera, W. R., & Ochala, J. (2015). Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. *Calcified Tissue International*, 45(2), 183–195. <https://doi.org/10.1007/s00223-014-9915-y>
- Gagliano, M., Corona, D., Giuffrida, G., Giaquinta, A., Tallarita, T., Zerbo, D., ... Veroux, M. (2009). Low-intensity body building exercise induced rhabdomyolysis: A case report. *Cases Journal*, 2(1).
- Gliner, J. A., Morgan, G. A., & Harmon, R. J. (2002). Single-Factor Repeated-Measures Designs: Analysis and Interpretation. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 41(8), 1014–1016.
- Gorkovenko, A. V., Sawczyn, S., Bulgakova, N. V., Jasczur-Nowicki, J., Mishchenko, V. S., & Kostyukov, A. I. (2012). Muscle agonist-antagonist interactions in an experimental joint model. *Experimental Brain Research*, 222(4), 399–414. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3227-0>

- Guimarães-Ferreira, L. (2014). Role of the phosphocreatine system on energetic homeostasis in skeletal and cardiac muscles. *Einstein*, 12(1), 126–131. <https://doi.org/10.1590/S1679-45082014RB2741>
- Guo, J., Li, L., Gong, Y., Zhu, R., Xu, J., Zou, J., & Chen, X. (2017). Massage Alleviates Delayed Onset Muscle Soreness after Strenuous Exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology*, 8(SEP). <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00747>
- Hamner, S. R., Seth, A., & Delp, S. L. (2010). Muscle contributions to propulsion and support during running. *Journal of Biomechanics*, 43(14), 2709–2716. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2010.06.025>
- Hawley, J. A. (2002). Adaptations Of Skeletal Muscle To Prolonged, Intense Endurance Training. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 29(3), 218–222. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1681.2002.03623.x>
- Hoffman, D. S., & Strick, P. L. (1986). Activity of wrist muscles during step-tracking movements in different directions. *Brain Research*, 367(1–2), 287–291. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(86\)91604-5](https://doi.org/10.1016/0006-8993(86)91604-5)
- Hughes, D. C., Ellefsen, S., & Baar, K. (2018). Adaptations to endurance and strength training. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 8(6).
- Hui, T., Petrofsky, J., & Laymon, M. (2014). Agreement with Microcurrent Conductance, Serum Myoglobin, and Diagnostic Ultrasound When Evaluating Delayed Onset Muscle Soreness. *International Journal of Clinical Medicine*, 05(09), 531–539. <https://doi.org/10.4236/ijcm.2014.59073>
- Iaccarino, L., Pegoraro, E., Bello, L., Bettio, S., Borella, E., Nalotto, L., ... Doria, A. (2014). Assessment of patients with idiopathic inflammatory myopathies and isolated creatin-kinase elevation. *Autoimmunity Highlights*, 5(3), 87–94.
- Ihsan, M., Watson, G., & Abbiss, C. R. (2016). What are the Physiological Mechanisms for Post-Exercise Cold Water Immersion in the Recovery from Prolonged Endurance and Intermittent Exercise? *Sports Medicine*, Vol. 46, pp. 1095–1109. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0483-3>
- Jajtner, A. R., Fragala, M. S., Townsend, J. R., Gonzalez, A. M., Wells, A. J., Fukuda, D. H., ... Hoffman, J. R. (2014). Mediators of Monocyte Migration in Response to Recovery Modalities following Resistance Exercise. *Mediators of Inflammation*, 2014, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2014/145817>
- Jassal, D. S., Moffat, D., Krahn, J., Ahmadie, R., Fang, T., Eschun, G., & Sharma, S. (2009). Cardiac injury markers in non-elite marathon runners. *International Journal of Sports Medicine*, 30(2), 75–79.
- Jay, K., Sundstrup, E., Søndergaard, S. D., Behm, D., Brandt, M., Særvoll, C. A., ... Andersen, L. L. (2014). Specific and cross over effects of massage for muscle soreness: randomized controlled trial. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(1), 82–91. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24567859%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3924612>

- JD, D., J, W., & F, K. (2017). Foam Rolling as a Warm-up Technique for Anaerobic Power Activities. *International Journal of Sports and Exercise Medicine*, 3(5). <https://doi.org/10.23937/2469-5718/1510077>
- Kelly, S., & Beardsley, C. (2016). Specific and Cross-Over Effects of Foam Rolling on Ankle Dorsiflexion Range of Motion. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 11(4), 544–551. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27525179%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4970845>
- Kim, J., & Lee, J. (2015). The relationship of creatine kinase variability with body composition and muscle damage markers following eccentric muscle contractions. *The Journal of Exercise Nutrition and Biochemistry*, 6(1), 123–129. <https://doi.org/10.5717/jenb.2015.19.2.123>
- Knols, R. H., Vanderhenst, T., Verra, M. L., & De Bruin, E. D. (2016). Exergames for Patients in Acute Care Settings: Systematic Review of the Reporting of Methodological Quality, FITT Components, and Program Intervention Details. *Games for Health Journal*, 5(3), 224–235. <https://doi.org/10.1089/g4h.2015.0067>
- Kobayashi, Y., Takeuchi, T., Hosoi, T., Yoshizaki, H., & Loeppky, J. A. (2005). Effect of a Marathon Run on Serum Lipoproteins, Creatine Kinase, and Lactate Dehydrogenase in Recreational Runners. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76(4), 450–455. <https://doi.org/10.1080/02701367.2005.10599318>
- Kong, P. W., Chua, Y. H., Kawabata, M., Burns, S. F., & Cai, C. (2018). Effect of post-exercise massage on passive muscle stiffness measured using myotonometry – A double-blind study. *Journal of Sports Science and Medicine*, 17(4), 599–606.
- Larkin-Kaiser, K. A., Parr, J. J., Borsa, P. A., & George, S. Z. (2015). Range of Motion as a Predictor of Clinical Shoulder Pain During Recovery From Delayed-Onset Muscle Soreness. *Journal of Athletic Training*, 50(3), 289–294. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.5.05>
- Lau, W. Y., Muthalib, M., & Nosaka, K. (2013). Visual analog scale and pressure pain threshold for delayed onset muscle soreness assessment. *Journal of Musculoskeletal Pain*, 21(4), 320–326.
- Leverenz, D., Zaha, O., Crofford, L. J., & Chung, C. P. (2016). Causes of creatine kinase levels greater than 1000 IU/L in patients referred to rheumatology. *Clinical Rheumatology*, 35(6), 1541–1547. <https://doi.org/10.1007/s10067-016-3242-9>
- Lim, S., & Lee, W. (2018). Effect of two types of muscle contraction training on muscle thickness, strength, and delayed onset of muscle soreness in persons with chronic stroke. *Physical Therapy Rehabilitation Science*, 7(4), 154–163. <https://doi.org/10.14474/ptrs.2018.7.4.154>
- Listrat, A., Lebret, B., Louveau, I., Astruc, T., Bonnet, M., Lefaucheur, L., ... Bugeon, J. (2016). How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *Scientific World Journal*, 2016.

- MacDonald, G. Z., Button, D. C., Drinkwater, E. J., & Behm, D. G. (2014). Foam Rolling as a Recovery Tool after an Intense Bout of Physical Activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(1), 131–142. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182a123db>
- Madeleine, P., Bajaj, P., Søgaard, K., & Arendt-Nielsen, L. (2001). Mechanomyography and electromyography force relationships during concentric, isometric and eccentric contractions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 11(2), 113–121. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00044-4](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00044-4)
- Malanga, G. A., Yan, N., & Stark, J. (2015). Mechanisms and efficacy of heat and cold therapies for musculoskeletal injury. *Postgraduate Medicine*, Vol. 127, pp. 57–65. <https://doi.org/10.1080/00325481.2015.992719>
- Mann, R. A., Moran, G. T., & Dougherty, S. E. (1986). Comparative electromyography of the lower extremity in jogging, running, and sprinting. *The American Journal of Sports Medicine*, 14(6), 501–510. <https://doi.org/10.1177/036354658601400614>
- Mannheimer, J. S. (1969). A comparison of strength gain between concentric and eccentric contractions. *Physical Therapy*, 49(11), 1201–1207.
- Manojlović, V., & Erčulj, F. (2019). Using blood lactate concentration to predict muscle damage and jump performance response to maximal stretch-shortening cycle exercise. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(4), 581–586. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08346-9>
- McKenney, K., Elder, A. S., Elder, C., & Hutchins, A. (2013). Myofascial release as a treatment for orthopaedic conditions: A systematic review. *Journal of Athletic Training*, 48(4), 522–527. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.3.17>
- McLeish, M. J., & Kenyon, G. L. (2005). Relating structure to mechanism in creatine kinase. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 40(1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/10409230590918577>
- Mishra, P., Pandey, C., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C., & Keshri, A. (2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 22(1), 67. https://doi.org/10.4103/aca.ACA_157_18
- Mueller-Wohlfahrt, H. W., Haensel, L., Mithoefer, K., Ekstrand, J., English, B., McNally, S., ... Ueblicker, P. (2013). Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement. *British Journal of Sports Medicine*, 47(6), 342–350. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091448>
- Nayak, N. K., Khedkar, G. D., Khedkar, C. C., & Khedkar, C. D. (2015). Skeletal Muscle. In *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 795–801). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00629-2>
- Newton, M. J., Morgan, G. T., Sacco, P., Chapman, D. W., & Nosaka, K. (2008). Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow flexors between resistance-trained and untrained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 597–607.

- Nikolaidis, M. G. (2017). The effects of eccentric exercise on muscle damage and blood redox status in men and women. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 2(2). <https://doi.org/10.3390/jfmk2020020>
- Padulo, J., Laffaye, G., Ardigò, L. P., & Chamari, K. (2013). Concentric and eccentric: Muscle contraction or exercise? *Journal of Human Kinetics*, 37(1), 5–6. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0019>
- Pearcey, G. E. P., Bradbury-Squires, D. J., Kawamoto, J.-E., Drinkwater, E. J., Behm, D. G., & Button, D. C. (2015). Foam Rolling for Delayed-Onset Muscle Soreness and Recovery of Dynamic Performance Measures. *Journal of Athletic Training*, 50(1), 5–13. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.1.01>
- Racinais, S., Cocking, S., & Périard, J. D. (2017). Sports and environmental temperature: From warming-up to heating-up. *Temperature*, Vol. 4, pp. 227–257. <https://doi.org/10.1080/23328940.2017.1356427>
- Ramírez-Campillo, R., Henríquez-Olguín, C., Burgos, C., Andrade, D. C., Zapata, D., Martínez, C., ... Izquierdo, M. (2015). Effect of Progressive Volume-Based Overload during Plyometric Training on Explosive and Endurance Performance in Young Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1884–1893. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000000836>
- Regueme, S. C., Nicol, C., Barthelemy, J., & Grelot, L. (2005). Acute and delayed neuromuscular adjustments of the triceps surae muscle group to exhaustive stretch?shortening cycle fatigue. *European Journal of Applied Physiology*, 93(4), 398–410. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1221-3>
- Retamoso, L. T., Silveira, M. E. P., Lima, F. D., Busanello, G. L., Bresciani, G., Ribeiro, L. R., ... Royes, L. F. F. (2016). Increased xanthine oxidase-related ROS production and TRPV1 synthesis preceding DOMS post-eccentric exercise in rats. *Life Sciences*, 152, 52–59. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2016.03.029>
- Romero-Moraleda, B., La Touche, R., Lerma-Lara, S., Ferrer-Peña, R., Paredes, V., Peinado, A. B., & Muñoz-García, D. (2017). Neurodynamic mobilization and foam rolling improved delayed-onset muscle soreness in a healthy adult population: a randomized controlled clinical trial. *PeerJ*, 5(10), e3908. <https://doi.org/10.7717/peerj.3908>
- Rose, C., Edwards, K. M., Siegler, J., Graham, K., & Caillaud, C. (2017). Whole-body Cryotherapy as a Recovery Technique after Exercise: A Review of the Literature. *International Journal of Sports Medicine*, Vol. 38, pp. 1049–1060. <https://doi.org/10.1055/s-0043-114861>
- Rossato, M., De Souza Bezerra, E., De Ceselles Seixas Da Silva, D. A., Avila Santana, T., Rafael Malezam, W., & Carpes, F. P. (2015). Effects of cryotherapy on muscle damage markers and perception of delayed onset muscle soreness after downhill running: A Pilot study. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 8(2), 49–53. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2014.07.003>

- Ryu, J. H., Paik, I. Y., Woo, J. H., Shin, K. O., Cho, S. Y., & Roh, H. T. (2016). Impact of different running distances on muscle and lymphocyte DNA damage in amateur marathon runners. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(2), 450–455. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.450>
- Safran, M. R., Seaber, A. V., & Garrett, W. E. (1989). Warm-Up and Muscular Injury Prevention An Update. *Sports Medicine*, 8(4), 239–249. <https://doi.org/10.2165/00007256-198908040-00004>
- Schlattner, U., Tokarska-Schlattner, M., & Wallimann, T. (2006). Mitochondrial creatine kinase in human health and disease. *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Basis of Disease*, 1762(2), 164–180. <https://doi.org/10.1016/j.bbadi.2005.09.004>
- Selkar, S. P., Ramteke, G. J., & Dongare, A. K. (2009). Effect of eccentric muscle training to reduce severity of delayed onset muscle soreness in athletic subjects. *European Journal of General Medicine*, Vol. 6, pp. 213–217. <https://doi.org/10.29333/ejgm/82672>
- Shah, S., & Bhalara, A. (2012). Myofascial Release. *International Journal of Health Sciences and Research*, 2(2), 69–77. Retrieved from https://www.ijhsr.org/IJHSR_Vol.2_Issue.2_May2012/11.pdf
- Singh, K. (2013). A Study Of Physicalactivity, Exercise, And Physical Fitness: Definitions And Bifurcation For Physical Related Research. *Academic Sports Scholar*, 1(11), 1–5. <https://doi.org/10.9780/2277-3665/1112013/37>
- Siqueira, L. de O., Muccini, T., Dall Agnol, I., Filla, L., Tibbola, P., Luvison, A., ... Moreira, J. C. F. (2009). Análise de parâmetros bioquímicos séricos e urinários em atletas de meia maratona. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 53(7), 844–852. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302009000700008>
- SP, K. (2013). Variables in Research. *Indian Journal of Research and Reports in Medical Sciences*, 3(4), 36–38. Retrieved from <https://sites.usp.br/dncc/wp-content/uploads/sites/598/2019/09/complemento-aula-1.pdf>
- Teixeira, A. M., & Borges, G. F. (2012). CREATINE KINASE: STRUCTURE AND FUNCTION. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 6(2), 53–65. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/930/93023658001.pdf>
- Tokinoya, K., Ishikura, K., Ra, S.-G., Ebina, K., Miyakawa, S., & Ohmori, H. (2020). Relationship between early-onset muscle soreness and indirect muscle damage markers and their dynamics after a full marathon. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 18(3), 115–121. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.03.001>
- Vandusseldorp, T. A., Escobar, K. A., Johnson, K. E., Stratton, M. T., Moriarty, T., Cole, N., ... Mermier, C. M. (2018). Effect of branched-chain amino acid supplementation on recovery following acute eccentric exercise. *Nutrients*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/nu10101389>
- Vejar, Z. (2013). Causes and Management of Delayed Onset Muscle Soreness : A Review. *Elixir Human Physio.*, 55, 13205–13211.

- Vernillo, G., Giandolini, M., Edwards, W. B., Morin, J. B., Samozino, P., Horvais, N., & Millet, G. Y. (2017). Biomechanics and Physiology of Uphill and Downhill Running. *Sports Medicine*, 47(4), 615–629. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0605-y>
- Visconti, L., Capra, G., Carta, G., Forni, C., & Janin, D. (2015). Effect of massage on DOMS in ultramarathon runners: A pilot study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, Vol. 19, pp. 458–463. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2014.11.008>
- Wallimann, T., & Hemmer, W. (1994). Creatine kinase in non-muscle tissues and cells. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 133–134(1), 193–220. <https://doi.org/10.1007/BF01267955>
- Walsh, N. P., Gleeson, M., Shephard, R. J., Gleeson, M., Woods, J. A., Bishop, N. C., ... Simon, P. (2011). Position statement. Part one: Immune function and exercise. *Exercise Immunology Review*, 17, 6–63. Retrieved from <http://web.b.ebscohost.com.oxfordbrookes.idm.oclc.org/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=8301a42f-56bb-489b-8640-ed2cb640024b%40sessionmgr104&vid=0&hid=116>
- Weerapong, P., Hume, P. A., & Kolt, G. S. (2005). The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention. *Sports Medicine*, 35(3), 235–256. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535030-00004>
- Wiewelhove, T., Döweling, A., Schneider, C., Hottenrott, L., Meyer, T., Kellmann, M., ... Ferrauti, A. (2019). A Meta-Analysis of the Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery. *Frontiers in Physiology*, 10(APR). <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00376>
- Winke, M., & Williamson, S. (2018). Comparison of a Pneumatic Compression Device to a Compression Garment During Recovery from DOMS. *International Journal of Exercise Science*, Vol. 11, pp. 375–383. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29795729%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5955306>
- Wong, D., Hockenberry-Eaton, M., Wilson, D., Winkelstein, M., & Schwartz, P. (2001). *Wong's essentials of pediatric nursing*. St.Louis, Mi.: Elsevier.
- Wright, C. S. (2009). Testing Homogeneity of Variance. *SSRN Electronic Journal*, 89. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2953900>
- Yanagisawa, O., Kurihara, T., Kobayashi, N., & Fukubayashi, T. (2011). Strenuous resistance exercise effects on magnetic resonance diffusion parameters and muscle-tendon function in human skeletal muscle. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 34(4), 887–894. <https://doi.org/10.1002/jmri.22668>
- Zondi, P. C., Janse van Rensburg, D. C., Grant, C. C., & Jansen van Rensburg, A. (2015). Delayed onset muscle soreness: No pain, no gain? The truth behind this adage. *South African Family Practice*, 57(3), 29–33. <https://doi.org/10.4102/safp.v57i3.4148>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Usulan Dosen Pembimbing Skripsi



KEMENTERIAN RISTEK DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
 JURUSAN ILMU KEOLAHRAGAAN
 Gedung F1 Lt. 1, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
 Telepon: 024 8508007
 Laman: www.ikor.unnes.ac.id, surel: ikor@mail.unnes.ac.id

Nomor : 900 / ur139 .1 .6 / TU . Ikor / 2019
 Lamp. :
 Hal : Usulan Pembimbing

Yth. Dekan Fakultas Ilmu Keolahragaan
 Universitas Negeri Semarang

Merujuk Keputusan Rektor Unnes Nomor 164/O/2004 tentang Pedoman Penyusunan Skripsi Mahasiswa Program S1 pasal 7 mengenai penentuan pembimbing, dengan ini saya usulkan

Nama : MOHAMMAD ARIF ALI, S. Si., M. Sc.
 NIP : 198812312015041002
 Pangkat/Golongan : Penata Muda Tk. I - III/b
 Jabatan Akademik : Asisten Ahli
 Sebagai Dosen Pembimbing

Dalam penyusunan Skripsi/Tugas Akhir untuk mahasiswa

Nama : BAYU PANGESTU
 NIM : 6211416054
 Program Studi : Ilmu Keolahragaan, S1
 Topik : Efek Penggunaan Foam Roller Terhadap Creatine Kinase (CK) dan Delayed Onset of Muscle Soreness (DOMS) Pasca Latihan Eksentrik Pada Atlet Softball Putri Jawa Tengah

Untuk itu, mohon diterbitkan surat penetapannya.



Lampiran 2. Surat Keputusan Penetapan Dosen Pembimbing Skripsi


KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
Nomor: 21124/UN37.1.6/PT/2019
Tentang
PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER
GASAL/GENAP
TAHUN AKADEMIK 2019/2020

Menimbang : Bawa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan/Prodi Ilmu Keolahragaan/Ilmu Keolahragaan Fakultas Ilmu Keolahragaan membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Ilmu Keolahragaan/Ilmu Keolahragaan Fakultas Ilmu Keolahragaan UNNES untuk menjadi pembimbing.

Mengingat : 1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)
 2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES
 3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;
 4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;

Menimbang : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Ilmu Keolahragaan/Ilmu Keolahragaan Tanggal 9 Desember 2019

MEMUTUSKAN

Menetapkan :

PERTAMA : Menunjuk dan menugaskan kepada:

Nama : MOHAMMAD ARIF ALI, S. Si., M. Sc.
 NIP : 198812312015041002
 Pangkat/Golongan : Penata Muda Tk. I - III/b
 Jabatan Akademik : Asisten Ahli
 Sebagai Pembimbing

Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :

Nama : BAYU PANGESTU
 NIM : 6211416054
 Jurusan/Prodi : Ilmu Keolahragaan/Ilmu Keolahragaan
 Topik : Efek Penggunaan Foam Roller Terhadap Creatine Kinase (CK) dan Delayed Onset of Muscle Soreness (DOMS) Pasca Latihan Eksentrik Pada Atlet Softball Putri Jawa Tengah

KEDUA : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Tembusan
 1. Wakil Dekan Bidang Akademik
 2. Ketua Jurusan
 3. Petinggal

6211416054
 FM-03-AKD-24/Rev. 00



Lampiran 3. Surat Permohonan Izin Observasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
 Gedung Dekanat FIK Kampus UNNES Sekaran Gunungpati Semarang 50229
 Telepon +6224-8508007, Faksimile +6224-8508007
 Laman: <http://fik.unnes.ac.id>, surel: fik@mail.unnes.ac.id

Nomor : B/3912/UN37.1.6/LT/2020
 Hal : Permohonan Izin Observasi

23 Maret 2020

Yth. Dekan Fakultas Ilmu Keolahragaan
 Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang

Dengan hormat, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini:

Nama	:	Bayu Pangestu
NIM	:	6211416054
Program Studi	:	Ilmu Keolahragaan, S1
Semester	:	Genap
Tahun akademik	:	2019/2020
Topik observasi	:	Efektivitas Foam Rolling terhadap Perubahan Kadar Creatine Kinase (IU/L) dan Derajat Nyeri (VAS) akibat Delayed Onset of Muscle Soreness Pasca Long Distance Uphill Running pada Laki-laki Muda Terlatih

Kami mohon yang bersangkutan diberikan izin observasi untuk penelitian awal skripsi di perusahaan atau instansi yang Saudara pimpin, dengan alokasi waktu 1 April s.d 7 April 2020.

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami mengucapkan terima kasih.



Tembusan:
 Dekan FIK;
 Universitas Negeri Semarang



Lampiran 4.Surat Permohonan Kelaikan Etik Penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
JURUSAN ILMU KEOLAHRAGAAN
 Gedung F1 Lt. 1, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229 Telepon: 024 8508007
 Laman: www.ikor.unnes.ac.id, surel: ikor@mail.unnes.ac.id

Nomor : 516 /UN37.1.6/TU.IKOR/2020
 Hal : Permohonan Surat Kelaikan Etik Penelitian

Kepada :

Yth. Ketua Komisi Etik Penelitian Kesehatan (KEPK)
 Universitas Negeri Semarang

Dengan hormat,

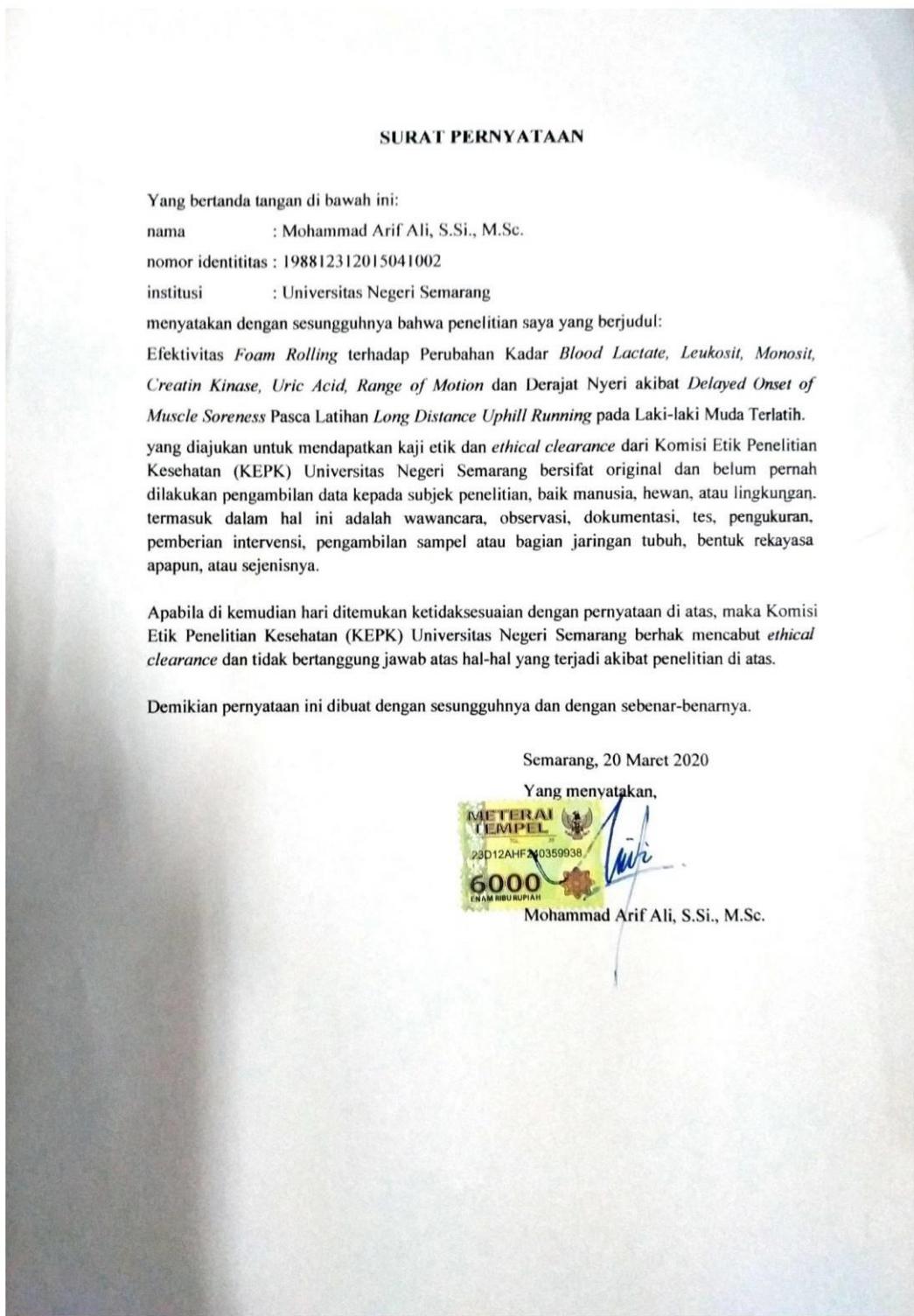
Bersama ini kami mohon diterbitkan surat kelaikan etik penelitian kesehatan (Ethical Clearance) atas rancangan Penelitian Dosen Pemula oleh Dosen berikut :

Nama : Mohammad Arif Ali, S.Si., M.Sc
 NIP : 198812312015041002
 Fakultas/Prodi : FIK / Ilmu Keolahragaan
 Judul : Efektivitas Foam Rolling Terhadap Perubahan Kadar Blood Lactate, Leukosit, Monosit, Creatin, Kinase, Uric Acid, Range of Motion dan Derajat Nyeri Akibat Delayed Onset of Muscle Soreness Pasca Latihan Long Distance Running Pada laki-Laki Muda Terlatih.

Demikian surat permohonan ini dibuat, atas perhatian dan kerjasamnya kami ucapan terima kasih.



Lampiran 5. Surat Pernyataan



Lampiran 6. *Ethical Clearance*



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
KOMISI ETIK PENELITIAN KESEHATAN (KEPK)
Gedung F5, Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, Telp (024) 8508107

ETHICAL CLEARANCE
Nomor:120/KEPK/EC/2020

Komisi Etik Penelitian Kesehatan Universitas Negeri Semarang, setelah membaca dan menelaah usulan penelitian dengan judul :

Efektivitas Foam Rolling terhadap Perubahan Kadar Blood Lactate, Leukosit, Monosit, Creatin Kinase, Uric Acid, Range of Motion dan Derajat Nyeri akibat Delayed Onset of Muscle Soreness Pasca Latihan Long Distance Uphill Running pada Laki-laki Muda Terlatih

Nama Peneliti Utama : Mohamad Arif Ali, S.Si., M.Sc.
Alamat Institusi Peneliti : Prodi Ilmu Keolahragaan, FIK, UNNES
Lokasi Penelitian : Laboratorium Human Performance Universitas Negeri Semarang.
Tanggal Persetujuan : 23 Juli 2020
(berlaku 1 tahun setelah tanggal persetujuan)

menyatakan bahwa penelitian di atas telah memenuhi prinsip-prinsip yang dinyatakan dalam Standards and Operational Guidance for Ethics Review of Health-Related Research with Human Participants dari WHO 2011 dan International Ethical Guidelines for Health-related Research Involving Humans dari CIOMS dan WHO 2016. Oleh karena itu, penelitian di atas dapat dilaksanakan dengan selalu memperhatikan prinsip-prinsip tersebut.

Komisi Etik Penelitian Kesehatan berhak untuk memantau kegiatan penelitian tersebut.

Peneliti harus melampirkan *informed consent* yang telah disetujui dan ditandatangani oleh peserta penelitian dan saksi pada laporan penelitian.

Peneliti diwajibkan menyerahkan:

- Laporan kemajuan penelitian
- Laporan kejadian bahaya yang ditimbulkan
- Laporan akhir penelitian

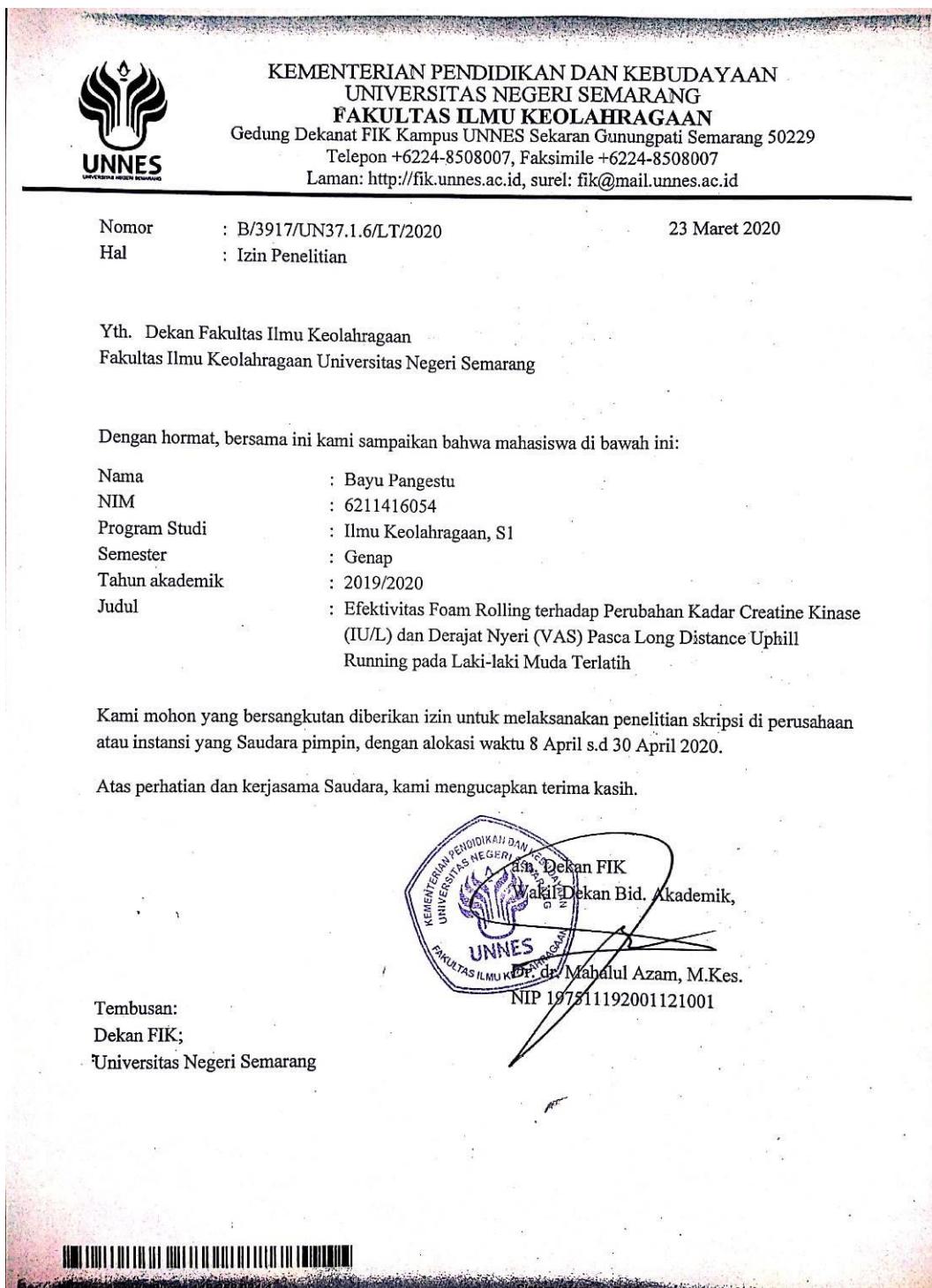
Semarang, 23 Juli 2020



Prof. Dr. dr. Oktia Woro K.H., M.Kes.

NIP. 19591001 198703 2 001

Lampiran 7. Surat Izin Penelitian



Lampiran 8. Hasil Pilot Study

Sampel	Data Visual Analog Scale					McGill Questionaire	
	Triceps Surae	Tibialis Anterior	Quadriceps Femoris	Hamstring	Glutes	Score	Percentage (%)
S-01	7	3	8	7	7	55	70
S-02	7	0	8	9	3	70	89
S-03	4	4	9	6	2	55	70

Lampiran 9. Rekap Data Pengukuran Creatine Kinase (U/L)

Sample	Creatine Kinase (U/L)			
	Pre Test	24 jam	48 jam	72 jam
S-01	96	236	192	238
S-02	149	327	253	247
S-03	80	144	107	100
S-04	149	773	444	316
S-05	130	639	360	239
S-06	200	673	449	323
S-07	167	586	387	261
S-08	175	223	167	153
S-09	169	404	310	241
S-10	147	524	337	266

Lampiran 10. Rekap Data Pengukuran Derajat Nyeri (VAS) Pre Test

Sampel	VAS Pre Test				
	Triceps Surae	Hamstring	Gluteus	Quadriceps	Tibialis Anterior
S-1	0	0	0	0	0
S-2	0	0	0	0	0
S-3	0	0	0	0	0
S-4	1	2	0	0	2
S-5	6	3	3	6	4
S-6	1	3	1	2	1
S-7	0	0	0	0	0
S-8	1	0	0	1	0
S-9	0	0	0	0	0
S-10	6	6	2	6	6

Lampiran 11. Rekap Data Pengukuran Derajat Nyeri (VAS) 24 jam

Sampel	VAS 24 jam				
	Triceps Surae	Hamstring	Gluteus	Quadriceps	Tibialis Anterior
S-1	0	0	0	0	0
S-2	7	6	7	9	6
S-3	6	3	2	7	1
S-4	6	5	7	8	8
S-5	9	8	8	9	7
S-6	2	4	4	9	7
S-7	5	1	3	3	1
S-8	3	1	2	3	1
S-9	8	1	0	8	0
S-10	6	5	5	8	6

Lampiran 12. Rekap Data Pengukuran Derajat Nyeri (VAS) 48 jam

Sampel	VAS 48 jam				
	Triceps Surae	Hamstring	Gluteus	Quadriceps	Tibialis Anterior
S-1	0	0	0	0	0
S-2	4	3	3	5	4
S-3	5	1	3	6	1
S-4	5	5	5	7	5
S-5	6	4	5	8	6
S-6	0	1	2	3	3
S-7	5	1	2	3	1
S-8	2	1	1	3	1
S-9	8	0	0	6	0
S-10	4	4	4	5	5

Lampiran 13. Rekap Data Pengukuran Derajat Nyeri (VAS) 72 jam

Sampel	VAS 72 jam				
	Triceps Surae	Hamstring	Gluteus	Quadriceps	Tibialis Anterior
S-1	0	0	0	0	0
S-2	2	0	0	0	0
S-3	0	0	0	3	0
S-4	0	0	0	0	0
S-5	1	1	2	4	1
S-6	0	0	1	1	0
S-7	1	0	0	0	0
S-8	1	0	0	2	0
S-9	0	0	0	0	0
S-10	4	4	4	6	5

Lampiran 14. Hasil Pengolahan Data

Case Processing Summary						
	Pengukuran			Cases		Total
		Valid	Percent	Missing	Percent	
		N		N	Percent	
CK	Pre Test	10	100.0%	0	0.0%	10 100.0%
	Post 24H	10	100.0%	0	0.0%	10 100.0%
	Post 48H	10	100.0%	0	0.0%	10 100.0%
	Post 72H	10	100.0%	0	0.0%	10 100.0%

Descriptives						
	Pengukuran		Statistic		Std. Error	
CK	Pre Test	Mean	146.2000		11.47829	
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	120.2343		
			Upper Bound	172.1657		
		5% Trimmed Mean		146.8889		
		Median		149.0000		
		Variance		1317.511		
		Std. Deviation		36.29754		
		Minimum		80.00		
		Maximum		200.00		
		Range		120.00		
		Interquartile Range		49.00		
		Skewness		-.640	.687	
		Kurtosis		.080	1.334	
CK	Post 24H	Mean	452.9000		68.46515	
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	298.0211		
			Upper Bound	607.7789		
		5% Trimmed Mean		452.2778		
		Median		464.0000		
		Variance		46874.767		
		Std. Deviation		216.50581		
		Minimum		144.00		
		Maximum		773.00		
		Range		629.00		
		Interquartile Range		414.75		
		Skewness		-.018	.687	
		Kurtosis		-1.483	1.334	

Post 48H	Mean	300.6000	37.17562
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	216.5029
		Upper Bound	384.6971
	5% Trimmed Mean		303.1111
	Median		323.5000
	Variance		13820.267
	Std. Deviation		117.55963
	Minimum		107.00
	Maximum		449.00
	Range		342.00
	Interquartile Range		215.50
	Skewness		-.334 .687
	Kurtosis		-1.088 1.334
Post 72H	Mean	238.4000	21.33865
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	190.1286
		Upper Bound	286.6714
	5% Trimmed Mean		241.3889
	Median		244.0000
	Variance		4553.378
	Std. Deviation		67.47872
	Minimum		100.00
	Maximum		323.00
	Range		223.00
	Interquartile Range		61.75
	Skewness		-.980 .687
	Kurtosis		1.013 1.334

Tests of Normality						
Pengukuran	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
CK Pre Test	.209	10	.200*	.941	10	.568
Post 24H	.142	10	.200*	.946	10	.627
Post 48H	.132	10	.200*	.948	10	.643
Post 72H	.298	10	.012	.886	10	.151

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Test of Homogeneity of Variances					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
CK	Based on Mean	13.930	3	36	.000
	Based on Median	12.920	3	36	.000
	Based on Median and with adjusted df	12.920	3	23.258	.000
	Based on trimmed mean	13.812	3	36	.000

Pairwise Comparisons						
			95% Confidence Interval for Difference ^b			
			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	
(I) Waktu	(J) Waktu	J				
Pre test	24 jam	-306.700*	63.433	.006	-520.101	-93.299
	48 jam	-154.400*	31.400	.005	-260.037	-48.763
	72 jam	-92.200*	17.865	.004	-152.301	-32.099
24 jam	Pre test	306.700*	63.433	.006	93.299	520.101
	48 jam	152.300*	33.271	.008	40.369	264.231
	72 jam	214.500*	51.988	.015	39.603	389.397
48 jam	Pre test	154.400*	31.400	.005	48.763	260.037
	24 jam	-152.300*	33.271	.008	-264.231	-40.369
	72 jam	62.200	20.080	.077	-5.352	129.752
72 jam	Pre test	92.200*	17.865	.004	32.099	152.301
	24 jam	-214.500*	51.988	.015	-389.397	-39.603
	48 jam	-62.200	20.080	.077	-129.752	5.352

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Otot	Pengukuran	Tests of Normality (VAS)					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Tricep Surae	Pretest	.382	10	.000	.639	10	.000
	24 jam	.213	10	.200*	.947	10	.630
	48 jam	.216	10	.200*	.922	10	.374
	72 jam	.269	10	.039	.744	10	.003
Tibialis Aanterior	Pretest	.331	10	.003	.703	10	.001
	24 jam	.291	10	.016	.808	10	.018
	48 jam	.259	10	.055	.881	10	.133
	72 jam	.448	10	.000	.456	10	.000
Quadriceps Femoris	Pretest	.351	10	.001	.736	10	.002
	24 jam	.219	10	.191	.931	10	.461
	48 jam	.308	10	.008	.858	10	.072
	72 jam	.453	10	.000	.475	10	.000
Hamstring	Pretest	.329	10	.003	.653	10	.000
	24 jam	.291	10	.016	.790	10	.011
	48 jam	.167	10	.200*	.949	10	.660
	72 jam	.275	10	.031	.801	10	.015
Glutes	Pretest	.412	10	.000	.647	10	.000
	24 jam	.165	10	.200*	.927	10	.422
	48 jam	.113	10	.200*	.928	10	.426
	72 jam	.400	10	.000	.623	10	.000

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Test of Homogeneity of Variance (VAS)					
Levene					
		Statistic	df1	df2	Sig.
Tricep Surae	Based on Mean	1.551	3	36	.218
	Based on Median	.810	3	36	.497
	Based on Median and with adjusted df	.810	3	30.159	.499
	Based on trimmed mean	1.419	3	36	.253
Tibialis Aanterior	Based on Mean	7.726	3	36	.000
	Based on Median	5.321	3	36	.004
	Based on Median and with adjusted df	5.321	3	23.876	.006
	Based on trimmed mean	7.575	3	36	.000
Quadriceps Femoris	Based on Mean	3.281	3	36	.032
	Based on Median	1.987	3	36	.133
	Based on Median and with adjusted df	1.987	3	29.894	.137
	Based on trimmed mean	3.430	3	36	.027
Hamstring	Based on Mean	.909	3	36	.446
	Based on Median	.202	3	36	.894
	Based on Median and with adjusted df	.202	3	29.358	.894
	Based on trimmed mean	.707	3	36	.554
Glutes	Based on Mean	5.010	3	36	.005
	Based on Median	4.719	3	36	.007
	Based on Median and with adjusted df	4.719	3	32.545	.008
	Based on trimmed mean	5.059	3	36	.005

Lampiran 15 Panduan *Foam Rolling*

casall® **FOAM ROLL GUIDE**

THE ULTIMATE GUIDE TO GET INSPIRED AND LEARN MORE ABOUT FOAM AND TUBE ROLL. IT WILL HELP IMPROVE BOTH YOUR TRAINING AND BODY.



casall.com

RECOVERY & WARM UP **TOOLS**

WELCOME TO THE CASALL FOAM ROLLER GUIDE

This guide has been created to optimize the use of the Casall Foam rollers which can help reduce risk of injuries, joint pain and improve your energy and movement capacity.

This booklet will guide you carefully how to complete some of the most effective Foam Roll exercises shared by our Casall training expert Matthew Griffiths.

The exercises are supported by 7 specific training programs and 20 illustrated exercises. The programs have been designed to help you enhance and optimize your position when you play sports and move. Giving you a functional body that feels stronger with a reduced risk of injury and pain.

Let's get started and make your body move and feel better!

How does foam roll training work?

Foam and tube roll training works by applying localized pressure to chosen regions of the body using, prescribed techniques as explained in this booklet.

that is easy to manage and comfortable to use. If your training type is performance, then we advise possibly a harder density such as a Casall tube roller or Casall Foam roll mini. If you are interested in using the roller for additional training such as stability training, then we suggest a Casall Long foam roller.

If you want to travel with a roller, then the mini roller is an ideal choice. It is important to ask the store staff if you have further questions to assure you purchase the right product for you.

Can foam roller help prevent injuries?

Yes, studies have shown the benefits of regular foam and tube roll training can help reduce joint and back pain. Also aid as an excellent injury prevention tool.

How do I choose a foam roller?

We have designed different rollers based upon your needs and wants. The Casall foam and tube rollers vary in material density, length and travel convenience. Generally, if you are new to roller training or suffer with muscular tension then we suggest you to go for a softer density such as a Casall small or medium foam roller.



My name is Matthew Griffiths and I am a Professional Trainer within the fields of health and fitness.

I focus on performing with control, strength and rhythm. My training is diverse, as I integrate many training forms to achieve total athleticism. This keeps the individual athletic, injury free and energized. In the Casall foam roller guide, I will show you how to effectively complete the exercises and programs that we have compiled to help you along the way.

FRONT LEG CROSS FRICTION**BODY ZONE:** LOWER LEG**WHAT IT WORKS:** QUADRICEPS**FOAM ROLLER:** MINI, SMALL, MEDIUM, LONG, TUBE ROLL

Place the roller above the knee while supporting the body with flexed arms. Keep the upper body stable through your arms. Gently move the thigh in side ways motion across the roller. Work in a range of 5-10 cm in each direction.

BACK LEG ROLL**BODY ZONE:** LOWER BODY**WHAT IT WORKS:** HAMSTRINGS**FOAM ROLLER:** MINI, SMALL, MEDIUM, LONG, TUBE ROLL

Position the roller under the upper thigh, close to the backside of the hip on one leg. Support yourself with both arms while keeping the other leg flexed. Flex the foot and use both the arms and the supportive leg to gently roll backwards and forwards 15-20 cm. Placing the other leg over the working leg, will help increase the pressure and the effect.

FRONT LEG HOLD AND STRETCH**BODY ZONE:** LOWER LEG**WHAT IT WORKS:** QUADRICEPS**FOAM ROLLER:** MINI, SMALL, MEDIUM, LONG, TUBE ROLL

Place the roller above the knee while supporting the body with flexed arms. Flex the knee and position the working leg a 90 degree angle. Keep the upper body stable with your arms. Flex the knee bringing the foot towards the hip, stop when you have reached the end of the movement. Straighten the leg and repeat.

FRONT LEG ROLL**BODY ZONE:** LOWER LEG**WHAT IT WORKS:** QUADRICEPS**FOAM ROLLER:** MINI, SMALL, MEDIUM, LONG, TUBE ROLL

Place the roller above the knee while supporting the body with flexed arms. Use the upper body to move the thigh in a forwards and backwards motion across the roller. Work in a range of 5-10 cm in each direction avoiding rolling the knee.

LOWER BACK LEG HOLD AND STRETCH**BODY ZONE:** LOWER LEG**WHAT IT WORKS:** CALVES**FOAM ROLLER:** MINI, SMALL, MEDIUM, LONG, TUBE ROLL

Position the roller under the lower portion of the leg. Support yourself with both arms while keeping the other leg flexed. Flex the foot and use both the arms and the supportive leg to gently roll backwards and forwards 10-15 cm. Placing the other leg over the working leg, will help increase the pressure and the effect.

Use the arms to support the upper body in a stable position. Point the foot away, follow by flexing the foot. Point and flex foot repeatedly as suggested. Placing the other leg over the working leg, will help increase the pressure and the effect.

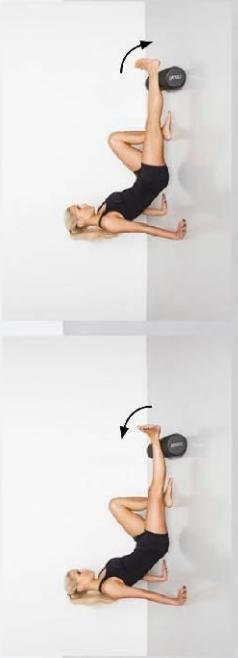
LOWER FRONT LEG ROLL**BODY ZONE:** LOWER LEG**WHAT IT WORKS:** SHIN, TIBIALIS ANTERIOR**FOAM ROLLER:** MINI, SMALL, MEDIUM, LONG,

Position the roller under the lower portion of the leg. Support yourself with both arms and the opposite leg. Use the arms to support the upper body in a stable position. Flex the foot and rotate the lower leg on the roller in a inward and outward motion. Placing the other leg over the working leg, will help increase the pressure and the effect.

Point the foot and use both the arms and the supportive leg to gently roll backwards and forwards 10-15 cm.

LOWER BACK LEG CROSS FRICTION**BODY ZONE:** LOWER LEG**WHAT IT WORKS:** CALVES**FOAM ROLLER:** MINI, SMALL, MEDIUM, LONG, TUBE ROLL

Position the roller under the lower portion of the leg. Support yourself with both arms while keeping the other leg flexed. Use the arms to support the upper body in a stable position. Flex the foot and rotate the lower leg on the roller in a inward and outward motion. Placing the other leg over the working leg, will help increase the pressure and the effect.

LOWER BACK LEG HOLD AND STRETCH**BODY ZONE:** LOWER LEG**WHAT IT WORKS:** SHIN, TIBIALIS ANTERIOR**FOAM ROLLER:** MINI, SMALL, MEDIUM, LONG,

Position the roller under the lower portion of the leg. Support yourself with both arms while keeping the other leg flexed. Use the arms to support the upper body in a stable position. Flex the foot and rotate the lower leg on the roller in a inward and outward motion. Placing the other leg over the working leg, will help increase the pressure and the effect.

FRONT HIP HOLD AND STRETCH

BODY ZONE: HIPS

WHAT IT WORKS: HIP FLEXORS

FOAM ROLLER: MINI, SMALL, MEDIUM, LONG, TUBE ROLL



Place the roller under frontal portion of your hip, while supporting the upper body with flexed arms. Use the upper body to roll backward and forward 10-15 cm across the front of the hip.



Place the roller under frontal portion of your hip, while supporting the upper body with flexed arms. Flex the knee and position the working leg a 90 degree angle.



Keep the upper body stable with your arms, gently move the leg in a rotational motion across the roller. Work inwards and outwards with control, stopping at the end movement.

FRONT HIP CROSS FRICTION

BODY ZONE: HIPS

WHAT IT WORKS: HIP FLEXORS

FOAM ROLLER: MINI, SMALL, MEDIUM, LONG, TUBE ROLL



Place the roller under frontal portion of your hip, while supporting the upper body with flexed arms. Keep the upper body stable with your arms, gently move the hip in a side ways motion across the roller. Work in a range of 5-10 cm in each direction.



Keep the upper body stable with your arms, gently move the leg in a rotational motion across the roller. Work inwards and outwards with control, stopping at the end movement.

BACK HIP ROLL

BODY ZONE: HIPS

WHAT IT WORKS: HIP ROTATORS

FOAM ROLLER: MINI, SMALL, MEDIUM, LONG, TUBE ROLL



Sit on the roller placing the one leg over the other at a 90 degree angle. Support yourself with the arm that is on the same side as the leg that is crossed, while gently pushing the knee down with opposite arm.

Use the supportive leg to gently push yourself forwards and backward in a range of 10-15 cm, applying pressure to the whole outer portion of the outer hip.

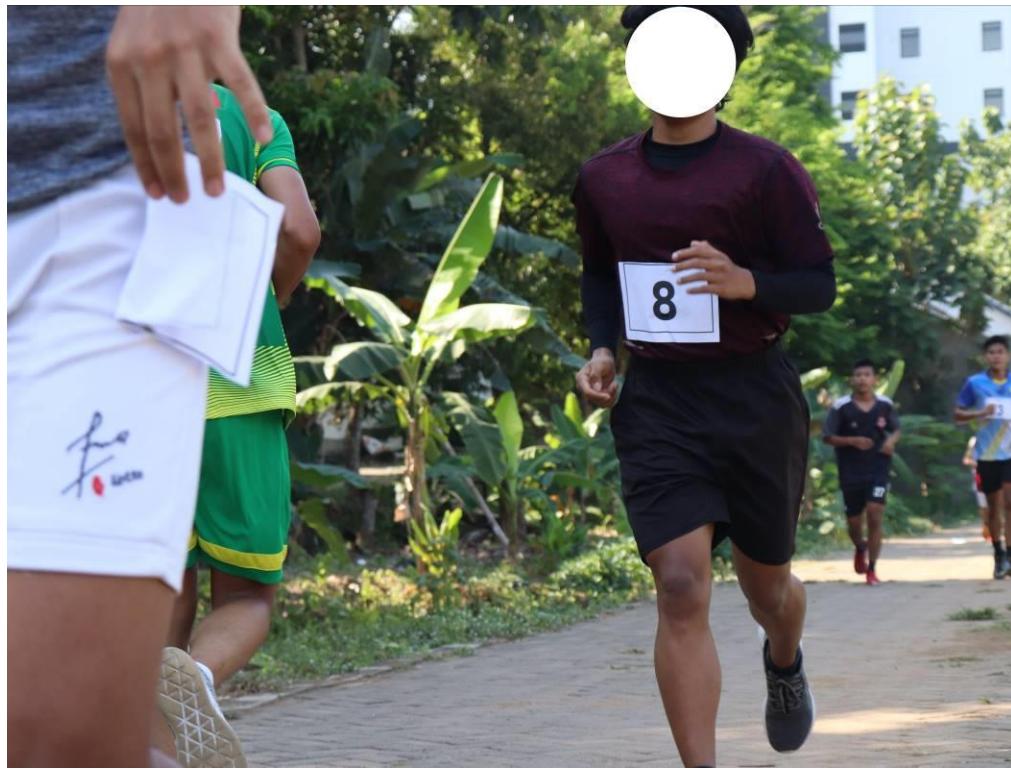
Lampiran 16. Tim Peneliti, Relawan, dan Sampel



Lampiran 17. Pengambilan Serum Creatine Kinase



Lampiran 18. Sampel sedang Melakukan *Long Distance Running* 10 Km



Lampiran 19. Sampel sedang Melakukan *Foam Rolling*



Lampiran 20. Pengukuran Visual Analog Scale



Lampiran 21. Sampel Penelitian

