# Pengaruh Kelelahan Otot Lower Body Terhadap Parameter Kinematika Teknik Tendangan Roundhouse Pada Olahraga Muaythai

**Gimas Septian[1], Agus Rusdiana[2], Iman Imanudin[3], Badruzaman[4], Iwa Ikhwan Hidayat[5], Syam Hardwis[6], Tono Haryono[7], Unun Umaran[8], Tian Kurniawan[9], Surdiniaty Ugelta[10], Angga M Syahid[11]**

[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11]Universitas Pendidikan Indonesia, Jawa Barat, Indonesia
Jl Dr Setiabudi No 229, Isola, Sukasari, Bandung, Jawa Barat 40154
Email : gimasseptian.8@gmail.com

**ABSTRAK**
*Roundhouse kick* muay thai merupakan salah satu teknik serangan yang efektif serta sering digunakan saat pertandingan. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis perubahan parameter kinematika *roundhouse kick* sebelum dan sesudah kelelahan otot bagian bawah tubuh. Penelitian ini menggunakan Mentode kuantitatif dengan bentuk deskriptif. Populasi dalam penelitian ini yaitu atlet dari Cobra Muaythai dan BO.S.S Camp dipilih menggunakan *purposive sampling*. Sample diberikan *treatment bosco* terdiri dari *Squat Jump (sj), counter movement jump (CM),* dan *drop jump (DJ)* dengean masing masing *item* tes selama 60 detik. Pengambilan data menggunakan kamera Sony Handycam HDR-PJ410 kemudian untuk analisis vidio menggunakan software skill spector, dan untuk analisi data menggunakan spss versi 24.0, menggunakan uji *Paired T Test*. Paremeter kinematic yang diteliti pada tendangan *roundhouse kick* adalah (1) *Ankle* posisi terhadap Y (2) *Knee* posisi terhadap Y (3) *Hip* posisi terhadap Y (4) *Center of Gravity* posisi terhadap Y (5) *Ankle Velocity* (6) *Knee Velocity* (7) *Knee* sudut (8) *Hip* Sudut. Didapatkan hasil bahwa kelelahan dapat mempengaruhi posisi dan keecepatan ankle. Dapat dilihat dari hasil yang didapatkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada posisi dan kecepatan ankle dengan nilai *p-0.024* pada posisi ankle dan pada kecepatan ankle terdapat nilai *p-0.004*. sedangkan pada parameter kinematika yang lainnya tidak terdapat perubahan yang signifikan. Hasil ini diharapkan bermanfaat bagi atlet dan pelatih untuk meningkatkan efesiensi dan efektifitas pada performa *roundhouse kick* muay thai.

***Kata kunci: Kinematika, Kelelahan Otot, Anaerobic, Muay Thai, Roundhouse Kick***

**ABSTRACT**
The muay thai roundhouse kick is one of the most effective attack techniques and is often used during matches. The purpose of this study was to analyze changes in roundhouse kick kinematics parameters before and after lower body muscle fatigue. This research uses quantitative method with descriptive form. The population in this study were athletes from Cobra Muaythai and BO.S.S Camp selected using purposive sampling. The sample was given the bosco treatment consisting of Squat Jump (sj), counter movement jump (CM), and drop jump (DJ) with each test item for 60 seconds. Data collection using a camera Sony Handycam HDR-PJ410 then for video analysis using skill spector software, and for data analysis using spss version 24.0, using the Paired T Test test. The kinematic parameters studied in the

roundhouse kick are (1) Ankle position to Y (2) Knee position to Y (3) Hip position to Y (4) Center of Gravity position to Y (5) Ankle Velocity (6) Knee Velocity (7) Knee angle (8) Hip Angle. It was found that fatigue can affect the position and velocity of the ankle. It can be seen from the results obtained that there are significant differences in the position and velocity of the ankle with a value of p-0.024 in the position of the ankle and at the ankle velocity there is a value of p-0.004. while in other kinematics parameters there are no significant changes. These results are expected to be useful for athletes and coaches to improve their performance.

***Keywords: Kinematics, Muscle Fatigue, Anaerobic, Muay Thai, Roundhouse Kick***

## PENDAHULUAN

Muay Thai adalah seni bela diri yang dilatih untuk mempertahankan diri dalam situasi pertarungan apapun. Namun dengan adanya perkembangan zaman olahraga tersebut menjadi semakin popular sebagai olahraga kompetitif yang bermula pada tahun 2013 di Indonesia (Khakiki & Wahyudi, n.d.). Muay Thai menjadi hal yang spektakuler dan sangat intensif pada saat bertanding. Para atlet saling menyerang hingga fisik lelah dengan teknik yang perlu dikuasi keterampilan dasar nya yaitu penggunaan tinju, lutut, tendangan dan sikut. dengan teknik tersebut olahraga ini umumnya disebut dengan "*art of eight limbs*" karena penggunaan teknik teknik tersebut mennggunakan 8 anggota tubuh (Wongso & Istiono, n.d.).

Teknik dasar menjadi hal yang penting untuk dikuasai agar dapat prestasi yang maksimal (Nofitarini & Subagio, n.d.). Dalam Muay Thai hampir semua teknik dalam melakukan nya menggunakan gerakan seluruh tubuh, memutar pinggul (Widodo, 2022). Teknik tendangan pada muaythai Menjadi salah satu teknik serangan yang efektif saat pertandingan yang sangat sering di gunakan (Nofitarini & Subagio, n.d.). Tipe tendangan bundar yang biasa di sebut dengan teknik tendangan *roundhouse kick* yang mengarah pada bagian badan lawan. Teknik tendangan tersebut sangat mudah beradaptasi, memungkinkan para atlet untuk membuat perubahan yang relatif kecil dalam teknik menendang untuk menargetkan batang tubuh (Gavagan & Sayers, 2017).

Olahraga muaythai dengan intensitas yang tinggi dalam bertandingnya membutuhkan latihan latihan beban yang cukup berat, untuk dapat menopang gerakan pada saat bertanding (Slimani et al., 2018). Selain itu postur badan pun menjadi hal penting dalam olahraga tersebut agar mempermudah dalam melancarkan serangan sehingga latihan postur

menjadi salah satu hal yang cukup penting (Weerawat et al., 2020). Sehingga kondisi fisik seperti daya ledak, daya tahan, kekuatan dan kelincahan menjadi faktor utama dalam melakukan teknik dalam olahraga (Cooper et al., 2018). Kekuatan otot tungkai berperan penting agar dapat memberikan daya ledak yang tinggi saat memberikan serangan dengan teknik *roundhouse kick*. Karena pada teknik tendangan dalam pelaksanaanya menggunakan tungkai kaki sebagai komponen penyerang. Dan pada saat melakukan teknik tendangan para atlet melakukan teknik yang dihasilkan dari kontraksi dan rileksasi otot rangka. Dan untuk dapat bekerja, otot rangka maka memerlukan energi agar tidak terjadi kelelahan (Ihsan, 2015). Penurunan kekuatan atau *output* gaya setelah kontraksi otot yang berulang – ulang dapat didefiniskan sebagai kelelahan. Hal ini akan memberikan efek negatif pada kinerja atlet. Oleh karena itu, untuk dapat melakukan teknik tendangan yang efektif hingga akhir pertandingan tanpa mengalami penurunan kemampuan yang cukup berat, dibutuhkan dukungan kemampuan fisik yang baik (Hidayat et al., 2018). Sama halnya menurut (Wahyuni, 2020) kondisi fisik menjadi komponen yang juga harus diperhatikan serius, sebab menjadi salah satu pondasi dasar dalam meningkatkan kemampuan lainnya yang dimiliki oleh setiap atlet apabila ingin meraih prestasi.

Analisis mekanika gerak diperlukan agar dapat melakukan gerakan yang efektif dan optimal. Analisi kinematika adalah analisis yang dilakukan untuk mengetahui dan mengevaluasi suatu teknik gerakan melalui pendekatan dengan metode analisi video. Dan biomekanika ialah ilmu yang mengkaji struktur dan fungsi system biologis manusia di tinjau dari system gerak atau mekanika yang disebut biomekanik. Penerapan biomekanika dalam dunia olahraga memiliki peran positif dan dapat dilakukan dengan cara observasi dengan bantuan aplikasi yang dapat menganalisis gerakan melalui analisis 2D dan 3D serta analisis kerja otot atlet yang diamati. Analisis juga dapat dipilih berdasarkan kesiapan alat dan detail analisis yang akan dilakukan (Suharjana et al., n.d.). Analisis Gerakan sering digunakan dalam kebutuhan olahraga dan dapat dilakukan mengguakan satu kamera dan aplikasi analisis Gerakan seperti kinovea dan skill spector. Kinematika adalah salah satu cabang ilmu fisika yang mempelajari gerak suatu benda tanpa mempertimbangkan sebab-sebab gerak tersebut, misalnya gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda (Ishac & Eager, 2021). Efisiensi mekanis gerakan tendangan sering kali menentukan keberhasilan seorang atlet olahraga.

Oleh karena itu, penelitian terkait analisis kinematik Tendangan ini membantu memahami aspek keilmuan terkait teknik gerak dan juga membantu meningkatkan performa atlet secara optimal. Kinematika meliputi analisis posisi, kecepatan, dan percepatan bagian tubuh yang terlibat dalam gerakan (Suharjana et al., n.d.). Analisis kinematik dapat memberikan informasi tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan, keakuratan dan efektivitas berbagai teknik.

Beberapa metode telah digunakan untuk mengukur intensitas latihan selama kompetisi olahraga tarung. Metode yang paling umum digunakan adalah analisis upaya fisik, teknis, taktis, dan gerak waktu (Slimani et al., 2017). Dengan banyak nya kepentingan yang perlu di perhatikan maka perlunya penerapan ilmu keolahragaan terhadap perkembangan olahraga Muaythai yang menjadi penting dan fundamental. Sebagian besar peneliti biomekanika tentang Teknik tendangan berfokus pada penlitian tendangan yang lain dan khusunya pada olahraga muaythai penelitian tentang tendangan tersebut sangat terbatas (Gavagan & Sayers, 2017). Akibatnya tujuan dari penelitian ini yaitu untuk dapat menganalisis , mendeskripsikan, dan membandingkan parameter kinematic sebelum dan sesudah kelelahan, khususnya pada teknik *roundhouse kick* dengan pendekatan analisis kinematika gerak teknik Muay Thai. Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi atlet dan pelatih untuk meningkatkan efisiensi performa atlet pada teknik *roundhouse kick*.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif untuk memperoleh gambaran, deskripsi atau uraian penjelasan mengenai sebuah fenomena atau kejadian yang tidak memperhatikan mengapa peristiwa terjadi, hanya fokus pada apa yang terjadi (Nugroho, 2020). Penelitian ini mengunakan subjek penelitian yaitu atlet muaythai, dalam pengambilan sample terdapat beberapa pertimbangan yang terdiri dari beberapa faktor khusus yang sesuai dengan kriteria yang diperlukan (Junanda, 2016). Populasi sample yang digunakan dalam penelitian ini yaitu atlet muaythai Cobra dan BO.S.S Muaythai, penelitian ini dilakukan di BO.S.S Camp Muaythai, Teknik tendangan muaythai yang diteliti dalam penelitian ini ialah middle kick muaythai sebelum dan setelah kelelahan. Analisis ini bertujuan untuk menghasilkan teknik dengan gerakan yang efisien dan efektif.

**Tabel 1.** Data Antropometri Sample

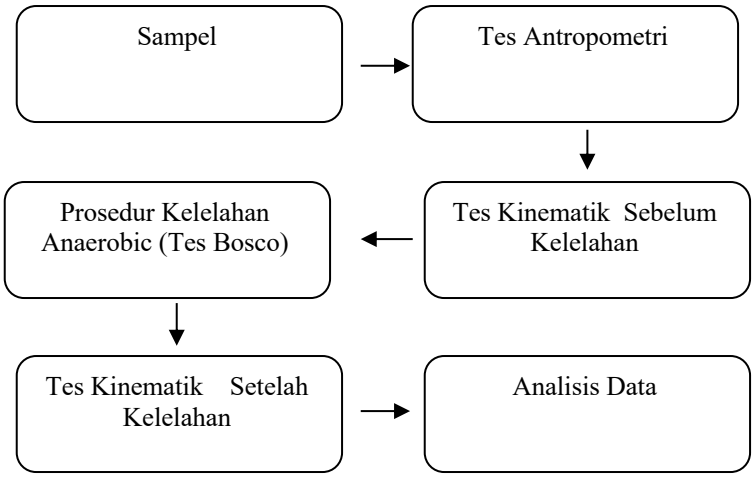
| No | Variabel | Rata Rata |
|---|---|---|
| 1 | Usia | 19 |
| 2 | BB | 58.4 |
| 3 | TB | 172.9 |
| 4 | Fat | 13% |
| 5 | BMI | 20.3 |

Dalam penelitian ini menggunakan kamera Sony Handycam HDR-PJ410 untuk melakukan analisis gerakan. Untuk instrumen penelitian software yang digunakan ialah skill spector agar dapat membantu dalam melakukan analisis variasi gerakan. Aplikasi skill spector digunakan untuk melakukan analisis video, membuat animasi, dan *trajectory* gerakan dengan merkontruksi koordinat 3D.

Kelelahan otot dapat terjadi setelah latihan dengan tingkat intensitas atau aktivitass fisik yang tinggi dan berkepanjangan. Penelitian yang lain telah menunjukan bahwa salah satu cara agar kelelahan otot anaerobic dapat terjadi yaitu melalui protocol test bosco (Cooper et al., 2018; Nikolaidis et al., 2016). Protokol Bosco terdiri dari *Squat Jump (sj), counter movement jump (CM),* dan *drop jump (DJ)* (Harty et al., 2020). Dalam pelaksanaanya dilakukan secara terus menerus dengan waktu 60 detik setiap gerakan dan melibatkan SSC ekstremitas bawah. Dalam test bosco atlet diharuskan dapat mempertahankan waktu kontak dengan tanah dalam waktu yang singkat, dan para atlet diminta agar dapat tetap meletakan tangan di pinggang. Selama tes untuk mempertahankan keseimbangan, kekuatan rata-rata selama pengujian 60 detik dinyatakan dalam W-kg -1 (Nikolaidis et al., 2016). Selain itu dalam pelaksanaanya para atlet dipakaikan alat Polar untuk mengawasi *Heart rate (HR)* agar dapat mengetahui apakah para atlet telah memasuki denyut jantung latihan atau yang biasa disebu *training zone HR*.

Pelaksaan prosuder pengambilan data di awali dengan : (1) pengukuran antropometri pada sample terdiri dari tinggi badan, berat badan, kadar lemak dan BMI, (2) pengecekan kadar asam laktat (mmol) sebelum melakukan pengetesan. (3) Pemasangan alat polar untuk dapat memantau denyut jantung para atlet (4) Melakukan Pemanasan (5)

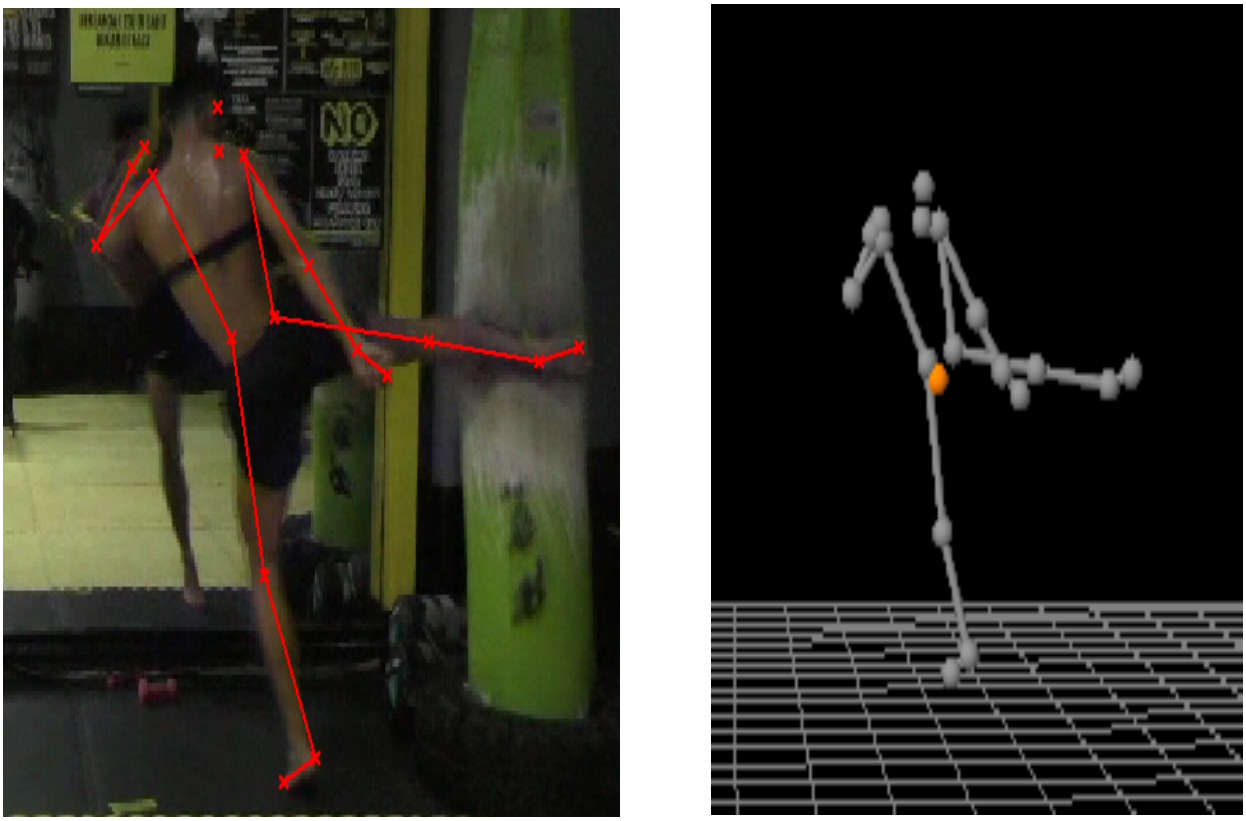
Melakukan Kalibrasi (6) Melakukan test awal, *roundhouse kick* sebelum diberikan treatment bosco (7) Diberikan *treatment test bosco* [*Squat Jump (sj), counter movement jump (CM),* dan *drop jump (DJ)]*. (8) Atlet melakukan pengecekan kadar asam laktat setelah diberikan *treatment* (9) Sample melakukan kembali teknik *roundhouse kick.*




Gambar 1. Gambar design Penelitian

Proses pengambilan video tendangan diawali dengan gerakan menendang, tes awal tendangan sebelum kelelahan dilakukan oleh atlet, subjek berdiri di wilayah yang sudah disiapkan. Kemudian atlet melakukan test Bosco hingga terasa lelah, setelah itu atlet diambil sampel darah untuk mengukur kadar asam laktat, yang menjadi salah satu parameter kelelahan. Kemudian atlet melakukan *roundhouse kick* Kembali di wilayah yang sudah disiapkan sebelumnya. Posisi video kamera diletakkan pada sisi samping atau sisi lapangan dengan jarak 2,5 meter dengan posisi subjek berdiri.

Parameter kinematic pada penelitian ini ialah (1) *Ankle* posisi terhadap Y (2) *Knee* posisi terhadap Y (3) *Hip* posisi terhadap Y (4) *Center of Gravity* posisi terhadap Y (5) *Ankle Velocity* (6) *Knee Velocity* (7) *Knee* sudut (8) *Hip* Sudut. Untuk menguji normalitas dan hipotesis. Dan untuk membandingkan hasil dari data yang akan di olah menggunakan SPSS versi 24.0. Uji perbandingan menggunakan uji PAIRED T TEST untuk mengetahui perbedaan terkait parameter kelelahan.



Gambar 2. Parameter Kinematika

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Berdasarkan data pada table, dapat dilihat bahwa ada perbedaan kada asam laktat pada saat sebelum dan sesudah kelelahan dengan nilai sig, 0.00 < 0.05

**Tabel 2.** Asam laktat sebelum Kelelahan dan sesudah kelelahan

| Variable | Avg Before ± SD | AVG After ± SD | Sig (Perbedaan) |
|---|---|---|---|
| Asam Laktat (mmol/L) | 2.4 ± 0.7 | 10.4 ± 0.4 | 0,000* |

Dapat dilihat dari tabel 3, bahwa adanya perbedaan pada posisi pada saat sebelum kelelahan dan setelah kelelahan . dari hasil data di bawah avg position ankle memiliki

perbedaan posisi dengan nilai sig. 0.024 < 0.05, lalu hasil data avg position knee tidak terdapat perbedaan yang signifikan dengan nilai 0.365 > 0.05, Kemudian dari data avg postion hip knee tidak terdapat perbedaan yang signifikan dengan nilai 0.072 > 0.05, lalu hasil data avg position center of gravity tidak terdapat perbedaan yang signifikan dengan nilai 0.269 > 0.05.

**Tabel 3.** Analisis Posisi Terhadap Y

| No | Variable | Average Before ± SD | Average After ± SD | Sig (Perbedaan |
|---|---|---|---|---|
| **Posisi ( Y ) (m)** | | | | |
| 1 | Ankle | 1.066 ± 0.1412 | 1.071 ± 0.1471 | 0.024* |
| 2 | Knee | 1.098 ± 0.063 | 1.116 ± 0.076 | 0.365 |
| 3 | Hip | 1.089 ± 0.040 | 1.103 ± 0.085 | 0.072 |
| 4 | Center of gravity | 0.972 ± 0.035 | 0.998 ± 0.057 | 0.269 |

Dari data table 4, dapat dilihat adanya perubahan yang signifikan pada kecepatan ankle dengan nilai 0.004 < 0.05 sedangkan pada knee tidak ada perubahan yang begitu signifikan dapat terlihat dengan adanya nilai 0.322 > 0.05,

**Tabel 4.** Analisis kecepatan

| No | Variable | Average Before ± SD | Average After ± SD | Sig (Perbedaan |
|---|---|---|---|---|
| **Kecepatan (Puncak) (m/s)** | | | | |
| 1 | Ankle | 7.341 ± 1.625 | 6.545 ± 1.859 | 0.004* |
| 2 | Knee | 4.989 ± 0.643 | 4.399 ± 0.826 | 0.322 |

Dari data table 5, dapat dilihat bahwasannya pada saat tendangaan untuk sudut saat swing tidak ada perbedaan yang begitu signifikan. hasil data avg sudut knee tidak terdapat

perbedaan yang signifikan dengan nilai 0.439 > 0.05, Kemudian dari data avg sudut hip knee tidak terdapat perbedaan yang signifikan dengan nilai 0.390 > 0.05

**Tabel 5.** Analisis Sudut Saat Swing

| No | Variable | Average Before ± SD | Average After ± SD | Sig (Perbedaan |
|---|---|---|---|---|
| **Sudut (Swing) (deg)** | | | | |
| 1 | Knee | 256.053 ± 27.309 | 274.894 ± 21.555 | 0.439 |
| 2 | Hip | 139.446 ± 8.987 | 130.887 ± 11.392 | 0.390 |

**Pembahasan**

Hasil dari penelitian yang dilakukan dalam *roundhouse kick* muay thai pada saat sebelum dan sesudah kelelahan dalam Parameter yang dianalisis ialah posisi ankle, posisi knee, posisi hip, posisi center of gravity, keceptan ankle, kecepatan knee, sudut knee, dan sudut hip. Setelah diberikan treatment bosco terdapat dua parameter yang berbeda signifikan yaitu pada posisi ankle dan juga kecepatan ankle. Sedangkan pada parameter yang lainnya tidak terdapat peberdaan yaitu pada posisi knee, posisi hip, posisi center of gravity, sudut hip, sudut knee, dan kecepatan knee tidak ada perbedaan yang cukup siginifikan.

Setelah diberikan treatment kelelahan tes bosco yang terfokus pada otot bagian bawah tubuh sehingga meningkat kan posisi dan meningkatkan kecepatan pada bagian ankle dikarenakan berkaca dari penelitian yang sudah ada panjang otot pada gerakan fleksi dan ekstensi akan menghasilkan torsi yang lebih besar yang berarti otot otot tersebut menghasilkan tegangan terbesarnya dalam waktu yang pendek seiring pada otot bagian bawah (Pupo et al., 2014). Oleh karena itu mempengaruhi tinggi posisi dan kecepatan ankle pada saat melakukan tendangan (Ibrahim, 2018). Karena pada saat melakukan tendangan pada fase sesaat sebelum *impact* terjadi gerakan swing yang dimana gerakan tersebut memerlukan keseimbangan tubuh yang baik, oleh karena itu terdapat perubahan posisi (Huang et al., 2023). Sebelum *treatment* posisi ankle memiliki rata-rata 1,066 m, sedangkan pada saat setelah *treatment* sample memeiliki rata-rata 1,071 m. Pada fase *swing* terdapat perubahan pada kecepatan ankle sebelum *treatment* memiliki rata rata 7.431 m/s sedangkan setelah diberikan *treatment* memiliki rata rata 6.545 m/s hal ini disebabkan oleh

ekstensi lutut, karena pada saat ekstensi lutut otot *quadriceps* berperan dominan. Hal ini terjadi dikarenakan adanya kelelahan pada otot bagian bawah yang menyebabkan terjadinya penurunana pada posisi dan kecepatan ankle..

Menurut (Aragonés et al., 2018) beberapa atlet dapat mempertahankan bentuk gerakannya meskipun sudah mendapati kelelahan. Hal ini berbanding lurus dengan penelitian (Machado et al., 2024) yaitu kelelahan otot bagian bawah pada ekstensi lutut tidak berpengaruh signifikan . Dengan demikian pada hasil di atas pada ankle posisi knee, posisi hip, posisi center of gravity, sudut hip, sudut knee, dan kecepatan knee tidak terjadi perbedaan yang signifikan. Hal ini pun didukung oleh kondisi fisik atlet yang prima, karena menurut (Cooper et al., 2018) kondisi fisik seperti daya ledak, daya tahan, kekuatan dan kelincahan menjadi faktor utama dalam melakukan teknik dalam olahraga. Adapun faktor lainnya yaitu pada anaerobic test dalam penelitian ini, test bosco pada saat melakukan gerakan nya itu tidak terjadi pembebanan yang berlebih, atau kelelahan yang berlebih sehingga tidak terlalu berpengaruh besar pada pelaksanaan teknik setelah diberikan *treatment* tersebut. Meskipun terdapat rentang gerak sudut pinggul yang serupa dengan perubahan posisi pinggul, perbedaan nilai sudut pinggul minimum dan maksimum menunjukkan bahwa perkembangan gaya dan produksi tenaga bervariasi. Sehingga hal ini menunjukan bahwa posisi pinggul memberikan distribusi beban yang merata pada berbagai kelompok otot yang terlibat saat melakukan teknik (Manitu et al., n.d.; Too, 1991)

## KESIMPULAN

Kelelahan otot merupakan faktor yang mampu mempengaruhi efektifitas dan efesiensi pada tendangan. Hal tersebut dikarenakan adanya efek dari penurunan kekuatan otot atau kelelahan yang menumpuk pada otot sehingga menurunkan performa atlet pada saat melakukan teknik tendangan. Setelah diberikan *treatment* kelelahan otot *lower body* menggunakan protocol bosco, terdapat perubahan pada dua parameter kinematika *roundhouse kick* yaitu pada posisi dan kecepatan ankle yang signifikan yang disebabkan oleh konsentrasi laktat yang meningkat pada *lower body* atlet. Namun, tidak terdapat perubahan parameter pada posisi knee, hip, dan center of gravity, selanjutnya juga tidak terdapat perbedaan pada parameter besar sudut hip, knee dan kecepatan knee. Dengan demikian perlu adanya program latihan yang sesuai untuk atlet muay thai agar dapat melakukan

gerakan *roundhouse kick* secara konsisten, khususnya pada bagian lower body agar dapat melaksanakan gerakan *roundhouse kick* secara maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

Aragonés, D., Eekhoff, A., Horst, F., & Schöllhorn, W. I. (2018). Fatigue-related changes in technique emerge at different timescales during repetitive training. *Journal of Sports Sciences*, *36*(11), 1296–1304. https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1374758

Cooper, C. N., Dabbs, N. C., Davis, J., & Sauls, N. M. (2018). *Effects Of Lower-Body Muscular Fatigue On Vertical Jump And Balance Performance*. www.nsca.com

Gavagan, C. J., & Sayers, M. G. L. (2017). A biomechanical analysis of the roundhouse kicking technique of expert practitioners: A comparison between the martial arts disciplines of Muay Thai, Karate, and Taekwondo. *PLoS ONE*, *12*(8). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182645

Harty, P. S., Zabriskie, H. A., Stecker, R. A., Currier, B. S., Tinsley, G. M., Surowiec, K., Jagim, A. R., Richmond, S. R., & Kerksick, C. M. (2020). Caffeine Timing Improves Lower-Body Muscular Performance: A Randomized Trial. *Frontiers in Nutrition*, *7*. https://doi.org/10.3389/fnut.2020.585900

Hidayat, S., Kadir, S., Ledak, D., Tungkai, O., Keseimbangan, ;, & Author, C. (2018). *COMPETITOR: Jurnal Pendidikan Kepelatihan Olahraga*.

Huang, C., Ye, J., Song, Y., Kovács, B., Baker, J. S., Mao, Z., & Gu, Y. (2023). The Effects of Fatigue on the Lower Limb Biomechanics of Amateur Athletes during a Y-Balance Test. *Healthcare (Switzerland)*, *11*(18). https://doi.org/10.3390/healthcare11182565

Ibrahim, R. (2018). *Pengaruh Latihan Kekuatan Otot Tungkai Menggunakan Tahanan Karet Terhadap Kemampuan Tendangan Sabit Pencak Silat*.

Ihsan, N. (2015). *Pengaruh Latihan Lateral Hop, Hop, And Hold Opposite Leg With Barries Terhadap Kemampuan Tendangan Samping Atlet Pencak Silat*.

Ishac, K., & Eager, D. (2021). Evaluating martial arts punching kinematics using a vision and inertial sensing system. *Sensors*, *21*(6), 1–25. https://doi.org/10.3390/s21061948

Junanda, H. A. , R. A. , & R. N. I. (2016). *Kecepatan Dan Akurasi Shuttlecock Pada*.

Khakiki, M. A., & Wahyudi, H. (n.d.). *Analisis Kondisi Fisik Atlet Putra Muay Thai Tuban Di Era Pandemi Covid-19*.

Machado, C. L. F., Fortes, R. P., Trapaga, I. D., & Pinto, R. S. (2024). Effects of an isokinetic fatigue protocol on knee flexion–extension performance and hamstrings-to-quadriceps ratio in women professional soccer players. *Sport Sciences for Health*, *20*(1), 119–126. https://doi.org/10.1007/s11332-023-01073-9

Manitu, I., Luh Widani, N., Aima, H., Studi, P., Keperawatan, M., Tinggi, S., Kesehatan, I., & Carolus Jakarta, S. (n.d.). *Efektifitas Bridging Exercise Terhadap Kekuatan Otot Dan Keseimbangan Tubuh Pada Pasien Stroke Di Rsud Poso Sulawesi Tengah*.

Nikolaidis, P. T., Afonso, J., Clemente-Suarez, V. J., Alvarado, J. R. P., Driss, T., Knechtle, B., & Torres-Luque, G. (2016). Vertical jumping tests versus wingate anaerobic test in female volleyball players: The role of age. *Sports*, *4*(1). https://doi.org/10.3390/sports4010009

Nofitarini, E., & Subagio, I. (n.d.). *JPO: Jurnal Prestasi Olahraga Analisis Pukulan Dan Tendangan Muaythai Kategori Final Putri Pon Xx Papua Tahun 2021*.

Pupo, J. D., Detanico, D., & Santos, S. G. Dos. (2014). The fatigue effect of a simulated futsal match protocol on isokinetic knee torque production. *Sports Biomechanics*, *13*(4), 332–340. https://doi.org/10.1080/14763141.2014.981202

Slimani, M., Davis, P., Franchini, E., & Moalla, W. (2017). Rating of perceived exertion for quantification of training and combat loads during combat sport-specific activities: A short review. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 31, Issue 10, pp. 2889–2902). NSCA National Strength and Conditioning Association. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002047

Slimani, M., Znazen, H., Sellami, M., & Davis, P. (2018). Heart rate monitoring during combat sports matches: a brief review. In *International Journal of Performance Analysis in Sport* (Vol. 18, Issue 2, pp. 273–292). Routledge. https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1469080

Suharjana, M., Hariono, A., & Herka Maya Jatmika, Mo. (n.d.). *PROCEEDING SEMINAR NASIONAL OLAHRAGA TAHUN 2014 "Refleksi KritisPresfasi Otahraga lndonesia di AsianGames 2014 dan Tantangan Menghadapi Asian Games zol g dalam perspektif ttmu Editor: Layouter*.

Too, D. (1991). The Effect of Hip Position/Configuration on Anaerobic Power and Capacity in Cycling. In *International Journal Of Sport Biomechanics* (Vol. 7).

Wahyuni, S. (2020). *Vo2max, Daya Ledak Otot Tungkai, Kelincahan Dan Kelentukan Untuk Kebutuhan Kondisi Fisik Atlet Taekwondo*.

Weerawat, T., Jiraphon, S., Kontorn, C., & Sorada, K. (2020). Motion Analysis of Kick Mechanism Using in Muay Thai Matial Art. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *717*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/717/1/012023

Widodo, A. (2022). *Analisis Pertandingan Muaythai Saenchae (Thailad) Vs Azize Hlali (France) Pada Pertandingan Phoenix Championship Di Beruit, Lebanon April 29 2017*.

Wongso, M., & Istiono, W. (n.d.). Learn Muay Thai Basic Movement In Virtual Reality And Sattolo Shuffle Algorithm. In *International Journal of Science*. http://ijstm.inarah.co.id