



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 2 Tahun 2025 Page 1787-1798

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Pengaruh Kelelahan Otot Tungkai Terhadap Parameter Kinematika Teknik Tendangan Depan Atlet Pencak Silat

Hafsha Afni Aini Asyifa^{1✉}, Agus Rusdiana², Iwa Ikhwan Hidayat³, Tono Haryono⁴, Tian Kurniawan⁵,
Iman Imanudin⁶, Unun Umaran⁷
Universitas Pendidikan Indonesia
Email: hainiasyifa@Upi.edu^{1✉}

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kelelahan otot tungkai terhadap parameter kinematika teknik tendangan depan pada atlet pencak silat. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Subjek penelitian terdiri atas 12 atlet pencak silat perempuan dari perguruan Tajimalela. Teknik purposive sampling digunakan dalam pengambilan sampel, sementara pengumpulan data dilakukan di laboratorium Ilmu Keolahragaan FPOK Universitas Pendidikan Indonesia. Pengambilan data dilakukan sebelum dan setelah atlet mengalami kelelahan yang diinduksi menggunakan protokol tes Bosco, yang mencakup squat jump (SJ), counter movement jump (CMJ), dan drop jump (DJ). Analisis biomekanika tendangan depan dilakukan dengan bantuan software Kinovea dan Skill Spector menggunakan rekaman video dari kamera Go-Pro. Parameter yang dianalisis meliputi sudut impact, sudut anjang-ancang, sudut knee kuda-kuda, serta kecepatan rata-rata lutut dan pinggul. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perubahan signifikan pada kadar asam laktat sebelum dan sesudah perlakuan ($p < 0,05$), yang menandakan kondisi kelelahan otot. Selain itu, analisis kinematika menunjukkan peningkatan signifikan pada sudut impact, sudut anjang-ancang, serta kecepatan rata-rata lutut dan pinggul setelah kondisi kelelahan ($p < 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa kelelahan otot tungkai berpengaruh terhadap mekanisme gerakan tendangan depan, yang dapat memengaruhi efektivitas dan efisiensi teknik atlet. Penelitian ini memberikan wawasan bagi pelatih dan atlet pencak silat mengenai dampak kelelahan otot terhadap performa teknik tendangan, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam perancangan program latihan yang lebih optimal.

Kata Kunci: *Kelelahan Otot, Biomekanika, Pencak Silat, Tendangan Depan, Kinematika*

Abstract

This study aims to analyze the effect of muscle fatigue on the kinematic parameters of front kick techniques in pencak silat athletes. The method used is quantitative with a descriptive approach. The subjects of the study consisted of 12 female pencak silat athletes from the Tajimalela school. Purposive sampling technique was used in sampling, while data collection was carried out in the Sports Science laboratory of FPOK Universitas Pendidikan Indonesia. Data collection was carried out Before and After athletes experienced fatigue which was reduced using the Bosco test protocol, which included squat jump (SJ), counter movement jump (CMJ), and drop jump (DJ). Analysis of front kick biomechanical assistance was carried out using Kinovea and Skill Spector software using video recordings from Go-Pro cameras. The parameters described include impact angle, approach angle, knee stance angle, and average knee and Hip speed. The results showed that there was a significant change in lactic acid levels Before and After treatment ($p < 0.05$), which indicated muscle fatigue. In addition, kinematic analysis showed a significant increase in the impact angle, approach angle, and average knee and Hip speed After fatigue conditions ($p < 0.05$). This indicates that muscle fatigue affects the front kick movement mechanism, which can affect the effectiveness and efficiency of the athlete's technique. This study provides insight for pencak silat coaches and athletes regarding the impact of muscle fatigue on kicking technique performance, so that it can be used as a reference in designing a more optimal training program.

Keyword: *Muscle Fatigue, Biomechanics, Pencak Silat, Front Kick, Kinematics*

PENDAHULUAN

Pencak silat adalah seni bela diri tradisional Indonesia yang kini telah menjadi cabang olahraga kompetitif di tingkat nasional dan internasional. Dalam olahraga ini, keterampilan teknik menjadi kunci keberhasilan seorang atlet, dengan tendangan sebagai salah satu teknik utama yang sering digunakan baik untuk menyerang maupun bertahan. Di antara jenis tendangan yang ada, tendangan depan menjadi teknik yang paling sering diandalkan dalam pertandingan karena kemampuannya untuk mencetak poin tinggi dan menjatuhkan lawan (Syaifullah & Maghribi, 2023). Teknik ini melibatkan gerakan dinamis yang mengandalkan komponen biomotorik, seperti kekuatan, daya tahan, kelincahan, dan daya ledak otot tungkai (Ferdinands et al., 2013; Mun et al., 2015).

Namun, faktor fisiologis seperti kelelahan otot tungkai sering kali menjadi tantangan utama yang memengaruhi efektivitas tendangan depan. Kelelahan dapat didefinisikan sebagai penurunan kapasitas kontraksi otot akibat aktivitas berulang, yang berdampak negatif pada keluaran gaya dan efisiensi gerak. Hal ini juga memengaruhi koordinasi motorik dan fungsi sistem saraf pusat, sehingga berpotensi menurunkan performa atlet dalam pertandingan (Nurul Ihsan, 2015). Dalam pencak silat, kelelahan otot tungkai yang tidak terkelola dengan baik dapat menghambat kemampuan atlet untuk menghasilkan

tendangan yang optimal hingga akhir pertandingan.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan pentingnya kekuatan otot tungkai dalam mendukung performa tendangan. Hardiansyah (2019) menemukan bahwa daya tahan dan daya ledak otot tungkai berkontribusi sebesar 31% terhadap efektivitas tendangan depan. Zona et al. (2021) juga melaporkan bahwa fleksibilitas, keseimbangan, dan daya ledak otot tungkai berkontribusi sebesar 63% terhadap kemampuan tendangan atlet. Meskipun demikian, masih sedikit penelitian yang secara khusus mengkaji bagaimana kelelahan otot tungkai memengaruhi parameter kinematika tendangan depan, seperti kecepatan, percepatan, sudut, dan koordinasi gerakan.

Seiring dengan perkembangan teknologi olahraga, pengukuran parameter kinematika menjadi semakin akurat dan aplikatif untuk mengevaluasi performa atlet. Namun, dalam pencak silat, penerapan teknologi ini masih belum optimal. Banyak pelatih lebih menekankan latihan teknik tanpa mengintegrasikan aspek biomekanika dan fisiologis dalam program pelatihan. Akibatnya, potensi maksimal atlet tidak dapat sepenuhnya dimanfaatkan, khususnya dalam menghadapi tantangan seperti kelelahan selama pertandingan (Pratama & Wiyaka, 2021).

Untuk mencapai gerakan yang efektif dan optimal, diperlukan analisis mekanika gerak. Analisis kinematika adalah pendekatan yang digunakan untuk memahami dan mengevaluasi teknik gerakan melalui analisis video. Ferdinands et al. (2013) menjelaskan bahwa biomekanika merupakan cabang ilmu yang mengkaji struktur dan fungsi sistem biologis manusia dari sudut pandang mekanika gerak, yang dikenal sebagai biomekanik. Dalam olahraga, penerapan biomekanika memberikan manfaat yang signifikan, salah satunya melalui observasi menggunakan aplikasi yang dapat menganalisis gerakan dalam format 2D maupun 3D, serta mengevaluasi aktivitas otot atlet yang diamati. Proses analisis gerakan dapat disesuaikan dengan alat yang tersedia dan tingkat kedalaman analisis yang diperlukan (Syaifullah & Maghribi, 2023). Di bidang olahraga, analisis gerakan sering memanfaatkan perangkat seperti kamera tunggal dan aplikasi analisis khusus, misalnya *Kinovea* dan *Skill Spector*.

Kinematika merupakan cabang ilmu fisika yang fokus pada studi tentang gerakan suatu benda tanpa memperhatikan penyebab atau gaya-gaya yang memengaruhi gerakan tersebut (Ishac & Eager, 2021). Efisiensi mekanis dalam gerakan tendangan sering kali menjadi faktor penentu keberhasilan seorang atlet dalam olahraga. Oleh karena itu Analisis kinematik dari teknik tendangan dapat membantu meningkatkan performa atlet (Arjunnaja et al., 2022). Analisis kinematik dapat informasi mengenai faktor-faktor yang

memengaruhi kecepatan, ketepatan, dan efisiensi berbagai teknik.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan parameter dan membandingkan parameter kinematika otot tungkai sebelum dan sesudah kelelahan, khususnya pada teknik tendangan depan pencak silat dengan pendekatan analisis kinematika gerak teknik pencak silat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi atlet dan pelatih untuk meningkatkan efisiensi performa atlet pada teknik tendangan depan.

METODE PENELITIAN

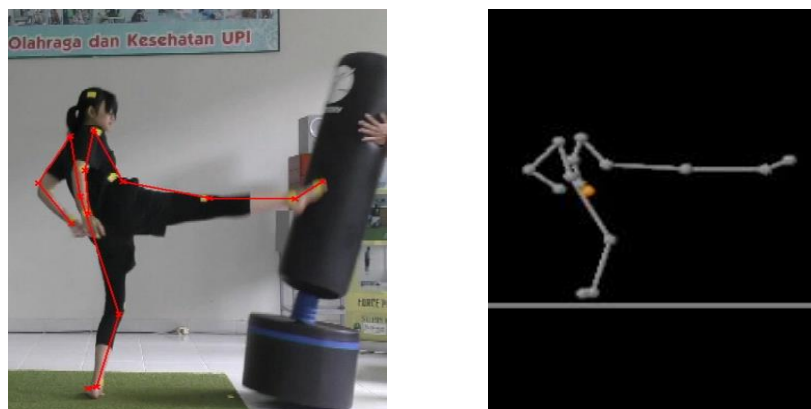
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif untuk menggambarkan atau menjelaskan suatu fenomena tanpa menganalisis alasan terjadinya, melainkan hanya berfokus pada apa yang terjadi (Nugroho, 2020). Subjek penelitian adalah atlet pencak silat, dengan pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan atau karakteristik tertentu yang sesuai dengan kriteria penelitian (Junanda et al., 2016). Populasi penelitian mencakup atlet pencak silat dari perguruan tajimalela, sedangkan pengumpulan data dilakukan di laboratorium Ilmu Keolahragaan FPOK Universitas Pendidikan Indonesia. Sampel yang terdiri atas 12 atlet perempuan diuji melalui teknik tendangan depan sebelum dan setelah kelelahan. Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis aspek biomekanika tendangan depan agar dapat menghasilkan gerakan yang lebih efisien dan efektif.

Perekaman video dalam penelitian ini menggunakan kamera *Go-Pro* untuk menganalisis gerakan. Instrumen penelitian memanfaatkan software *Kinovea* versi 0.9.4 dan *Skill Spector*. Aplikasi *Kinovea* digunakan untuk menganalisis variasi gerakan dua dimensi, sementara *Skill Spector* membantu membuat animasi serta trajektori gerakan dengan merekonstruksi koordinat 3D dari video 2D. Kedua software ini dinilai layak untuk digunakan dalam penelitian karena mampu mendukung analisis biomekanik tendangan depan baik sebelum maupun setelah kondisi kelelahan (Ali et al., 2021; Aritonang et al., 2023; Putra et al., 2023).

Kelelahan otot umumnya terjadi setelah melakukan latihan dengan intensitas tinggi atau aktivitas fisik yang berlangsung lama. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa salah satu metode untuk memicu kelelahan otot anaerobik adalah melalui protokol tes Bosco (Cooper et al., 2020; Nikolaidis et al., 2016). Protokol Bosco mencakup gerakan *squat jump* (SJ), *counter movement jump* (CMJ), dan *drop jump* (DJ) (Harty et al., 2020), yang

dilakukan secara berkesinambungan selama 60 detik dan melibatkan *stretch-shortening cycle* (SSC) pada ekstremitas bawah. Selama tes Bosco, atlet diminta untuk melompat setinggi mungkin dalam durasi 60 detik sambil berusaha mempertahankan waktu kontak dengan tanah sependek mungkin. Selain itu, atlet juga diwajibkan menjaga tangan tetap di pinggang selama tes untuk membantu menjaga keseimbangan. Rata-rata kekuatan selama pengujian 60 detik dinyatakan dalam satuan $W \cdot kg^{-1}$ (Nikolaidis et al., 2016).

Prosedur pengambilan data dimulai dengan langkah-langkah berikut: (1) Mengukur *Antropometri* sampel yang meliputi tinggi badan, berat badan, kadar lemak, dan BMI; (2) Melakukan pemeriksaan kadar asam laktat (mmol) dalam darah sebelum tes, dengan metode pengambilan sampel melalui ujung jari; (3) Atlet melakukan pemanasan (4) Melakukan kalibrasi (5) Melaksanakan tes awal tendangan depan sebelum diberikan perlakuan berupa tes Bosco (6) Setelah tes awal, atlet menjalani perlakuan tes Bosco yang terdiri atas *squat jump* (SJ), *counter movement jump* (CMJ), dan *drop jump* (DJ) (7) Dilanjutkan dengan pengecekan kembali kadar asam laktat dalam darah setelah perlakuan tes Bosco (8) Akhirnya, pengambilan data tendangan depan dilakukan kembali setelah perlakuan. Pengujian normalitas dan *Hipotesis* dilakukan untuk menganalisis data. Hasil data akan diolah menggunakan software SPSS versi 26.0. Analisis perbandingan dilakukan dengan uji *Paired T-Test* untuk menentukan perbedaan pada parameter kelelahan.



Gambar 1. Analisis *Skill Spector*

Tabel 1 Data *Antropometri*

Variabel	Rata-rata	Stdv
Umur	17,17	0,90
TB (cm)	159	4,86
BB (kg)	58,51	9,11
Fat (%)	26,11	5,41
IBM (kg/m ²)	22,55	3,67

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang tertera ditabel bahwa adanya perbedaan yang signifikan asam laktat sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan.

Tabel 2. Asam laktat sebelum dan sesudah kelelahan

Variabel	Rata-rata <i>Before</i>	SD <i>Before</i>	Rata-Rata <i>After</i>	SD <i>After</i>	<i>Mean Deferent</i>	Nilai t	Sig.
Asam Laktat	1,54	0,63	4,56	1,81	-30,16667	-5,416	0,000*

Berdasarkan hasil uji *Paired Samples t-Test*, terdapat perbedaan yang signifikan antara kadar asam laktat sebelum dan sesudah perlakuan. Nilai rata-rata perbedaan (*mean difference*) sebesar -30,17, yang menunjukkan bahwa kadar asam laktat setelah perlakuan mengalami penurunan rata-rata 30,17 dibandingkan sebelum perlakuan. Selain itu, nilai t sebesar -5,416 dengan p-value 0,000 ($< 0,05$) menunjukkan bahwa perbedaan ini sangat signifikan secara statistik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perlakuan yang diberikan efektif dalam menurunkan kadar asam laktat, yang mungkin berkaitan dengan mekanisme pemulihan otot setelah aktivitas fisik atau faktor lain yang memengaruhi metabolisme asam laktat.

Tabel 3. Hasil Parameter Kinematika dilihat dari Sudut

Variabel	Rata-Rata Sebelum	Rata-Rata Sesudah	SD Sebelum	SD Sesudah	Signifikasi (Perbedaan)
Sudut <i>Impact</i>	103,8	109,9	4,46	4,68	0,000
Sudut Ajang-ancang	37,75	39,08	7,11	8,92	0,000
Sudut <i>Knee</i> Kuda-kuda Kaki Dominan	169,92	172,75	5,26	6,06	0,000

Berdasarkan hasil analisis parameter kinematika, terdapat perubahan signifikan pada beberapa sudut variabel setelah intervensi. Sudut *impact* mengalami peningkatan dari rata-rata 103,8° sebelum intervensi menjadi 109,9° setelahnya, dengan standar deviasi masing-masing sebesar 4,46 dan 4,68. Hal ini menunjukkan adanya perubahan yang konsisten dalam sudut *impact*.

Selain itu, sudut ajang-ancang juga mengalami peningkatan dari 37,75° menjadi 39,08°, dengan standar deviasi sebelum intervensi sebesar 7,11 dan setelahnya sebesar 8,92. Peningkatan ini menunjukkan adanya perbaikan dalam teknik ajang-ancang yang dapat berpengaruh terhadap performa gerakan.

Terakhir, sudut *knee* kuda-kuda pada kaki dominan juga mengalami peningkatan dari 169,92° menjadi 172,75°, dengan standar deviasi masing-masing 5,26 dan 6,06. Peningkatan ini mengindikasikan adanya perubahan pada posisi kuda-kuda yang lebih optimal setelah

intervensi.

Ketiga variabel menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000, yang mengindikasikan bahwa perubahan yang terjadi memiliki perbedaan yang sangat signifikan secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa intervensi yang dilakukan memberikan dampak nyata terhadap parameter kinematika yang dianalisis.

Tabel 4. Hasil Parameter Kinematika dilihat dari Kecepatan

Variabel	Rata-Rata Sebelum	Rata-Rata Sesudah	SD Sebelum	SD Sesudah	Signifikasi (Perbedaan)
Kecepatan <i>Avg Velocity Knee</i>	188,2	220,50	8,57	10,99	0,000
Kecepatan <i>Avg Velocity Hip</i>	129,45	131,25	1,05	4,94	0,000
Kecepatan <i>Avg Velocity Knee (Impact)</i>	230,2	235,3	1,08	2,50	0,000

Berdasarkan hasil analisis parameter kinematika yang dilihat dari kecepatan, terdapat perubahan yang signifikan pada berbagai variabel sebelum dan sesudah perlakuan. Pada variabel *Avg Velocity Knee*, kecepatan rata-rata meningkat dari 188,2 menjadi 220,50, dengan standar deviasi sebelum 8,57 dan setelah perlakuan 10,99. Peningkatan ini memiliki nilai signifikansi 0,000, yang menunjukkan bahwa perubahan tersebut sangat signifikan secara statistik. Selanjutnya, pada variabel *Avg Velocity Hip*, terjadi peningkatan kecepatan dari 129,45 menjadi 131,25, dengan standar deviasi sebelum 1,05 dan setelah perlakuan 4,94. Meskipun perubahan nilai rata-rata tidak terlalu besar, nilai signifikansi 0,000 mengindikasikan bahwa perbedaan ini tetap signifikan secara statistik. Sementara itu, pada variabel *Avg Velocity Knee (Impact)*, kecepatan mengalami peningkatan dari 230,2 menjadi 235,3, dengan standar deviasi sebelum 1,08 dan setelah 2,50. Peningkatan ini juga memiliki nilai signifikansi 0,000, yang menunjukkan bahwa perubahan tersebut secara statistik sangat bermakna.

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh kelelahan otot tungkai terhadap parameter kinematika teknik tendangan depan atlet pencak silat. Kelelahan otot tungkai memainkan peran penting dalam perubahan parameter kinematika tendangan depan atlet pencak silat. Kelelahan secara signifikan memengaruhi sudut lutut selama fase kuda-kuda dan persiapan, serta sudut abduksi pinggul dan kecepatan sudut lutut selama tumbukan Pratiwi et al. (2024). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi kelelahan dapat mengubah mekanisme gerakan atlet, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi efektivitas dan efisiensi tendangan. Sinaga et al. (2024) menegaskan bahwa kekuatan otot tungkai dan kecepatan reaksi memiliki keterkaitan erat dengan performa tendangan depan. Dengan kata lain, jika otot tungkai mengalami kelelahan, maka kemampuan atlet dalam mengontrol sudut gerakan dan kecepatan eksekusi tendangan akan menurun. Kelelahan ini dapat berpengaruh terhadap sudut *impact*, anjang-ancang, serta posisi *knee* kuda-kuda pada kaki dominan,

yang semuanya merupakan elemen penting dalam eksekusi tendangan depan yang optimal.

Zona et al. (2021), menyatakan bahwa kekuatan otot tungkai, fleksibilitas, dan keseimbangan berkontribusi secara signifikan terhadap performa tendangan depan pada atlet silat. Jika otot tungkai mengalami kelelahan, maka kemampuan atlet dalam mengontrol sudut gerakan dan kecepatan eksekusi tendangan akan menurun, yang berujung pada ketidaktepatan teknik. Kondisi kelelahan ini dapat menyebabkan perubahan dalam pola gerak yang mempengaruhi stabilitas dan kontrol tubuh. Teknik tendangan depan yang membutuhkan keseimbangan optimal dapat terganggu oleh ketidakteraturan pada sudut *impact* dan anjang-ancang. Wilson et al. (2018) menambahkan bahwa kelelahan otot dapat mengganggu kemampuan tubuh untuk mempertahankan formasi yang stabil dalam teknik tertentu, yang pada akhirnya berdampak pada akurasi dan efektivitas gerakan. Dalam kondisi lelah, atlet cenderung mengalami perubahan biomekanika yang dapat menurunkan akurasi, kecepatan, serta kekuatan tendangan. Perubahan sudut *impact* yang tidak sesuai dapat mengurangi daya serang tendangan, sementara gangguan pada fase anjang-ancang dan kuda-kuda dapat mengurangi stabilitas serta keseimbangan tubuh. Oleh karena itu, pemahaman mengenai pengaruh kelelahan otot tungkai terhadap aspek-aspek kinematika ini menjadi krusial dalam upaya meningkatkan performa atlet pencak silat, baik melalui strategi latihan yang tepat maupun pengelolaan kelelahan yang optimal.

Selain pengaruh terhadap sudut, kelelahan otot tungkai juga berdampak pada kecepatan gerakan. Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa meskipun atlet berusaha meningkatkan kecepatan pada fase tertentu, seperti pada gerakan lutut di fase gerakan kaki, kecepatan pada titik tubuh lainnya, seperti panggul dan titik *impact*, justru mengalami penurunan yang signifikan. Penurunan kecepatan pada panggul dan titik *impact* menunjukkan penurunan kontrol tubuh secara keseluruhan, yang dapat memengaruhi kekuatan tendangan. Dalam tendangan, faktor kekuatan otot perut, daya ledak tungkai, dan fleksibilitas sendi panggul sangat menentukan kecepatan dan efektivitas tendangan (Kuswantokho et al., 2020). Penurunan kecepatan pada panggul mengindikasikan adanya kehilangan kekuatan dan kontrol dalam mempertahankan posisi tubuh saat melakukan tendangan. Pada titik *impact*, penurunan kecepatan juga menunjukkan bahwa atlet tidak mampu menghasilkan kekuatan tendangan yang maksimal karena tubuh yang kelelahan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Mündel et al. (2016), yang menjelaskan bahwa kelelahan otot dapat mengurangi kemampuan tubuh untuk menghasilkan kekuatan optimal dalam gerakan yang memerlukan tenaga besar, seperti tendangan. Dalam kondisi lelah, atlet cenderung mengalami perubahan biomekanika yang menurunkan akurasi, kecepatan, serta kekuatan tendangan.

Penurunan kecepatan pada panggul mengindikasikan adanya kehilangan kekuatan dan

kontrol dalam mempertahankan posisi tubuh saat melakukan tendangan. Pada titik *impact*, penurunan kecepatan juga menunjukkan bahwa atlet tidak mampu menghasilkan kekuatan tendangan yang maksimal karena tubuh yang kelelahan. Ini sejalan dengan temuan yang dikemukakan oleh Mündel et al. (2016), yang menjelaskan bahwa kelelahan otot dapat mengurangi kemampuan tubuh untuk menghasilkan kekuatan optimal dalam gerakan yang memerlukan tenaga besar, seperti tendangan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mengonfirmasi bahwa kelelahan otot tungkai tidak hanya mempengaruhi aspek kinematika teknik tendangan depan, tetapi juga berdampak pada efektivitas dan efisiensi gerakan. Meskipun atlet berusaha untuk menyesuaikan diri dengan kelelahan, perubahan yang terjadi pada sudut gerakan dan kecepatan menunjukkan adanya penurunan performa. Hal ini bisa mengurangi kekuatan dan ketepatan tendangan depan, yang sangat penting dalam pertandingan pencak silat yang membutuhkan akurasi tinggi dan kemampuan fisik yang optimal. Penurunan kontrol dan stabilitas tubuh yang diakibatkan oleh kelelahan otot dapat memengaruhi efektivitas teknik tendangan depan, yang seharusnya dilakukan dengan kontrol yang sangat presisi. Dalam hal ini, penelitian oleh Araujo et al. (2019) menyatakan bahwa latihan yang tidak hanya mengembangkan kekuatan tetapi juga daya tahan otot sangat diperlukan untuk meminimalkan dampak kelelahan terhadap teknik dalam olahraga.

Berdasarkan temuan ini, penting untuk menekankan bahwa strategi pemulihan yang tepat dan latihan yang terstruktur dapat membantu atlet untuk mengurangi dampak kelelahan. Pemulihan yang dilakukan sebelum pertandingan, seperti peregangan dan latihan pernapasan, dapat membantu menjaga kestabilan teknik. Selain itu, latihan yang berfokus pada peningkatan daya tahan otot tungkai menjadi kunci untuk mengurangi pengaruh negatif kelelahan terhadap kinematika teknik tendangan. Jovanović et al. (2020), yang mengungkapkan bahwa latihan penguatan otot dapat memperlambat penurunan performa akibat kelelahan, sekaligus meningkatkan efisiensi gerakan dalam olahraga bela diri seperti pencak silat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kelelahan otot tungkai memiliki pengaruh signifikan terhadap parameter kinematika teknik tendangan depan atlet pencak silat. Kelelahan menyebabkan perubahan dalam sudut dan kecepatan gerakan, yang memengaruhi koordinasi tubuh dan kekuatan tendangan. Oleh karena itu, pemulihan yang tepat dan latihan yang terfokus pada peningkatan daya tahan otot tungkai sangat penting untuk mengurangi dampak negatif kelelahan, serta menjaga

efektivitas teknik tendangan depan dalam pertandingan pencak silat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S., Mina, A., Mehdi, S., & Iman, S.-M. (2021). C3D data based on 2-dimensional images from video camera. *Annals of Biomedical Science and Engineering*, 5(1), 001–005. <https://doi.org/10.29328/journal.abse.100101>
- Araujo, D. R., Monteiro, J. P., Silva, M. B., & Silva, R. M. (2019). *Effects of strength and endurance training on performance in combat sports*. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(1), 1-9.
- Arjunnaja, A., Asnawi, S., Pamungkas, A.T., & Le tran, M.N. (2022). Analisis gerakan tendangan instep pada atlet sepakbola dalam peningkatan performa. *Sepakbola*.
- Aritonang, T., Manik, N., Tamba, Y., Tinggi, S., & Real, T. (2023). *Educatum: Jurnal Dunia Pendidikan*, 1(1), 27–38.
- Berg, K. (2017). *Biomechanics of the front kick in martial arts: An analysis of kinematic variables*. *Journal of Sports Biomechanics*, 16(4), 457-465.
- Ferdinands, R. E. D., Kersting, U. G., & Marshall, R. N. (2013). A twenty-segment kinematics and kinetics model for analysing golf swing mechanics. *Sports Technology*, 6(4), 184–201. <https://doi.org/10.1080/19346182.2013.854799>
- Hardiansyah, S. (2019). Kontribusi daya tahan kekuatan dan daya ledak otot tungkai terhadap kemampuan tendangan depan atlet pencak silat unit kegiatan olahraga UNP.
- 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(November), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.585900>
- 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>
- Jovanović, M., Dopsaj, M., & Milijaš, D. (2020). *Impact of endurance and strength training on the performance of martial arts athletes: A review of the literature*. *Kinesiology*, 52(2), 133-141.
- Junanda, H. A., Rusdiana, A., & Rahayu, N. I. (2016). Kecepatan dan akurasi shuttlecock pada. *Jurnal Terapan Ilmu Keolahragaan*, 01(01), 17–23.
- Kuswantokho, W., Sugito, S., & Pratama, B.A. (2020). Hubungan Antara Kekuatan Otot Perut, Daya Ledak Otot Tungkai Dan Kelentukan Sendi Panggul Dengan Kecepatan

Tendangan Sabit Pada Pesilat Persaudaraan Setia Hati Terate Rayon Patranrejo Tahun 2020.

- Mündel, T., Bender, L., & Brune, R. (2016). *Fatigue in endurance sports: A review of the effects on strength and motor control*. *Journal of Sports Sciences*, 34(3), 288-299.
- Mun, F., Suh, S. W., Park, H. J., & Choi, A. (2015). Kinematic relations *Hip* between rotation of lumbar spine and *Hip* joints during golf swing in professional golfers. *BioMedical Engineering Online*, 14(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12938-015-0041-5>
- 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), 1–7. <https://doi.org/10.3390/sports4010009>
- Nugroho, A. (2020). Analisis penilaian prestasi teknik dalam pertandingan pencak silat. *Jorpres (Jurnal Olahraga Prestasi)*, 16(2), 66–71. <https://doi.org/10.21831/jorpres.v16i2.31655>
- Pratama, S.M., & Wiyaka, I. (2021). Profil kondisi fisik, teknik, dan psikis atlet sepak takraw. *Jurnal Olahraga dan Kesehatan Indonesia*.
- Pratiwi, H.D., Rusdiana, A., Imanudin, I., Badruzaman, B., Hidayat, I.I., Hardwis, S.H., Haryono, T., Umaran, U.U., Kurniawan, T., & Ugelta, S. (2024). Analisis Kinematik Tendangan T Pencak Silat Melalui Prosedur Kelelahan: Analisis 2D. *Jurnal Dunia Pendidikan*.
- Putra, A. I. Y., Irawan, F. A., Hidayah, T., & Anam, K. (2023). Analisis gerak tendangan penalti pada atlet U-19 klub futsal Fantaboys di Kota Tanjungpinang. *Journal of SPORT (Sport, Physical Education, Organization, Recreation, and Training)*, 7(2), 143–155. <https://doi.org/10.37058/sport.v7i2.6673>
- Sabatini, N.K., Nugraha, M.H., & Dewi, A.A. (2019). Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan, kekuatan, dan daya ledak terhadap tendangan pada atlet taekwondo.
- Sinaga, F.A., Vai, A., & Adila, F. (2024). Hubungan power otot tungkai dan kecepatan reaksi dengan tendangan depan pada atlet putra pencak silat. *Journal Sport Science Indonesia*.
- Syaifulah, R., & Maghribi, I. L. (2023). Analisis kecepatan teknik tendangan depan pencak silat 2022. 1, 146–15.
- Wilson, G. J., Murphy, A. J., & Pryor, J. F. (2018). *Biomechanics of martial arts: The impact of fatigue on performance and technique*. *International Journal of Sports Science*, 15(4), 456-467.

Zona, R.D., Ridwan, M., Suwirman, S., & Yenes, R. (2021). Kontribusi daya ledak otot tungkai, kelentukan dan keseimbangan terhadap kemampuan tendangan depan atlet perguruan silat Tangan Mas. *Jurnal Patriot*.