

Pengaruh Kelelahan Otot Ekstremitas Bawah Terhadap Gerakan Mendarat/Landing Satu Kaki Pada Pemain Futsal Putra

Zacky Zakaria Muslim¹, Agus Rusdiana², Iwa Ikhwan Hidayat³

^{1,2,3} Ilmu Keolahragaan, Universitas Pendidikan Indonesia, Jawa Barat, Indonesia
Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154
Email : zackyzmuslim@upi.edu

ABSTRAK

Kelelahan otot ekstremitas bawah merupakan faktor yang signifikan dalam memengaruhi mekanika gerakan mendarat satu kaki pada pemain futsal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kelelahan otot ekstremitas bawah terhadap parameter kinematika gerakan mendarat. Penelitian dilakukan pada 14 pemain futsal putra dengan metode deskriptif kuantitatif menggunakan pendekatan pre-test dan post-test. Instrumen penelitian mencakup tes Bosco (*squat jump, countermovement jump, dan lunges*), serta pengukuran kadar asam laktat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar asam laktat meningkat signifikan setelah kondisi kelelahan ($p < 0,05$). Selain itu, terdapat perbedaan signifikan pada sudut sendi panggul, lutut, dan pergelangan kaki sebelum dan sesudah kelelahan. Kelelahan menyebabkan penurunan kontrol neuromuskular, meningkatkan risiko cedera, dan mengganggu stabilitas saat mendarat. Kesimpulannya, kelelahan otot ekstremitas bawah berdampak negatif pada biomekanika mendarat, sehingga pelatihan penguatan otot dan pengelolaan kelelahan perlu diterapkan untuk mencegah cedera dan meningkatkan performa.

Kata kunci: Kelelahan Otot, Futsal, Biomekanika, Gerakan Mendarat, Risiko Cedera

ABSTRACT

Lower extremity muscle fatigue is a significant factor affecting the landing mechanics of one-foot movements in futsal players. This study aimed to analyze the impact of lower extremity muscle fatigue on the kinematic parameters of landing movements. The research involved 14 male futsal players using a quantitative descriptive method with a pre-test and post-test design. The research instruments included the Bosco test (*squat jump, countermovement jump, and lunges*), a force plate, and blood lactate measurements. Results indicated a significant increase in blood lactate levels post-fatigue ($p < 0.05$). Additionally, significant differences were observed in hip, knee, and ankle joint angles before and after fatigue. Fatigue reduced neuromuscular control, increased injury risk, and impaired landing stability. In conclusion, lower extremity muscle fatigue negatively impacts landing biomechanics, highlighting the need for strength training and fatigue management to prevent injuries and enhance performance.

Keywords: Muscle Fatigue, Futsal, Biomechanics, Landing Movement, Injury Risk

PENDAHULUAN

Futsal adalah permainan berdurasi dua puluh menit dengan intensitas tinggi yang membutuhkan kemampuan fisik, taktis, dan teknis yang tinggi dari para pemain. Lapangan futsal berukuran 40 x 20 m dengan gawang 3 x 2 m. yang dimainkan dengan

bola dengan pantulan rendah.(Naser, Ali, dan Macadam 2017). Lebih dari 12 juta orang bermain futsal di lebih dari 100 negara di seluruh dunia, dan olahraga ini secara resmi diakui oleh Fédération International de Football Association (FIFA). Olahraga Futsal terkenal dengan pola permainan intensitas tinggi (sprint, lompat, dan tendangan), banyak perpindahan, pergeseran arah, dan waktu interval pemulihan yang pendek.(Kassiano et al. 2019). Futsal merupakan jenis sepak bola yang berbeda serta memiliki sejarah yang panjang dan dimainkan di seluruh dunia dalam tingkat amatir, semi-profesional, dan profesional. Olahraga futsal pertama kali muncul di Amerika Selatan pada tahun 1930-an.(Moore et al. 2014). Sebuah pernyataan bahwa futsal juga dianggap sebagai olahraga yang berkembang pesat di seluruh dunia menunjukkan bahwa jenis permainan saat ini sedang mengalami transformasi yang signifikan, seperti yang terlihat pada pertandingan piala dunia futsal yang berlangsung.(Rozi et al. 2023). Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, futsal adalah jenis olahraga beregu yang membutuhkan banyak tenaga fisik.(Ribeiro et al. 2023).

Kelelahan menjadi salah satu faktor yang memengaruhi buruknya mekanika pendaratan (Zhang et al., 2021). Dalam cabang olahraga futsal, baik saat latihan maupun pertandingan, terdapat banyak gerakan seperti lompatan dan perubahan arah yang sering dilakukan oleh pemain, yang dapat menyebabkan kelelahan pada otot-otot ekstremitas bawah, termasuk otot tungkai (Paz et al., 2017; Prieske et al., 2017). Kondisi ini pada akhirnya mengurangi kemampuan jaringan, seperti otot dan tendon, dalam menyerap dampak benturan saat pendaratan (Knihs et al., 2021). Al et al. (2000) menjelaskan bahwa lemahnya kekuatan otot dan kondisi kelelahan dapat meningkatkan risiko cedera stres pada pemain, karena gaya yang lebih besar ditransmisikan melalui tulang, sehingga berpotensi menyebabkan peningkatan microdamage (Bishop et al., 2021).

Biomekanika adalah bidang yang menganalisis gaya eksternal dan internal yang dapat mengintervensi tubuh manusia dan bagaimana hal itu berdampak pada tubuh manusia. Dengan menggunakan biomekanika dalam olahraga, Anda dapat meningkatkan performa Anda dan mencegah cedera saat bermain olahraga. Beberapa jenis analisis yang dapat dilakukan termasuk analisis kerja otot 2D dan 3D, dan jenis analisis yang dipilih sangat bergantung pada alat yang Anda miliki dan kedalaman analisis yang akan dilakukan.(Aryananda et al. 2020). Mempelajari kinerja olahraga secara kuantitatif, dan kadang-kadang kualitatif, disebut biomekanik olahraga,Ini terutama berbicara tentang

kinematika dan kinetika gerak dalam olahraga terutama landing satu kaki pada saat futsal.

Dalam olahraga futsal memerlukan keterampilan motorik dan kemampuan teknis yang sangat baik. Kelelahan mempengaruhi fungsi otot dan mengakibatkan penurunan performa pemain futsal. (Souglis et al. 2023). Hal ini dapat menyebabkan efek neuromuskular kelelahan perifer, yang berdampak pada kemampuan atlet. (Yanez et al. 2022). Dalam futsal, beban fisik yang berlebihan menyebabkan kelelahan terkait pertandingan, yang mengurangi kinerja. Ini terbukti dengan penurunan progresif dalam jarak yang ditempuh. (Miloni et al. 2016). Pada kerangka anggota badan bawah pada umumnya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu tulang-tulang panggul gelang panggul (*ossa cinguli extremitas inferior*) dan tulang-tulang anggota bawah yang bebas (*ossa extremitas inferior liberae*) (Sudibjo, 2011: 41) Kelelahan otot tungkai dapat mempengaruhi teknik landing, yang pada gilirannya dapat berdampak pada kinerja dan risiko cedera atlet. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana kelelahan Otot Ekstremitas Bawah Terhadap Gerakan Mendarat/Landing Satu Kaki Pada Pemain Futsal. Penelitian tentang biomekanika yang terkait dengan Otot Ekstremitas Bawah Terhadap Gerakan Mendarat/Landing Satu Kaki Pada Pemain Futsal masih sangat minim dilakukan. Kelelahan otot adalah kondisi fisiologis yang ditandai dengan penurunan kekuatan otot dan performa fisik akibat aktivitas yang berkepanjangan atau intens.

Pembahasan mengenai otot rangka bagian bawah tubuh akan dijelaskan lebih detailnya pada pembahasan berikut dengan cara membagi per bagian tubuh ekstremitas bawah dan otot yang melekatnya. Otot paha depan atau sering disebut dengan kelompok otot quadriceps terdiri atas empat bagian, yaitu *rectus femoris*, *vastus medialis*, *vastus lateralis* dan *vastus intermedius* (Chavan dan Wabale, 2016: 112). Otot paha bagian belakang memiliki tiga otot utama, yaitu *biceps femoris*, *semitendinosus* dan *semimembranosus* merupakan kelompok otot hamstring (Johnston, 2014: 1). Istilah “hamstring” mengacu pada tiga otot yang terletak di paha bagian belakang, di antaranya *semitendinosus* (ST) dan *semimembranosus* (SM) yang terletak di sisi medial, dan *biceps femoris* di sisi lateral. Berikut tentang struktur otot hamstring: Otot-otot tungkai bagian bawah depan terdiri dari, *musculus tibialis anterior*, *musculus ekstensor digitorum*, *musculus peroneus tertius*, *musculus ekstensor hallucis longus*,

Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah Kelelahan Otot Ekstremitas Bawah Terhadap Gerakan Mendarat/Landing Satu Kaki Pada Pemain Futsal Putra.

METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling*, yang berarti sampel dipilih berdasarkan pertimbangan tertentu sesuai dengan tujuan penelitian (Junanda et al., 2016). Partisipan dalam penelitian ini adalah pemain yang bergabung dalam unit kegiatan mahasiswa futsal Universitas Pendidikan Indonesia yang berjumlah 14 orang. Sedangkan sampel yang digunakan adalah pemain futsal putra dengan rata-rata usianya $20.8 \pm$ tahun, tinggi badan $166.7 \pm$ cm dan berat badan $56,5 \pm$ kg dengan jumlah keseluruhan 14 orang. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dengan menggunakan pendekatan *pre test* dan *post test design*

Instrumen penelitian yang digunakan adalah menggunakan satu buah, 2 buah Panasonic Handycam HC-V100 Full HD, 2 buah Tripod, 1 buah Forceplate, 2 buah polar, 1 buah karada scan, 1 Accutrnlactate. Sedangkan tempat pengambilan data dilakukan sport science laboratory FPOK UPI. Penelitian ini juga menggunakan test bosco atau tes lompat memakai test (*Squat Jump, Countermovement Jump, dan Lunges*) untuk menilai pengaruh kelelahan otot Ekstremitas bawah. Tingkat kelelahan subjek dipastikan melalui pengukuran kadar asam laktat dalam darah. Pengukuran kadar laktat dilakukan kembali setelah perlakuan untuk memastikan bahwa subjek telah mencapai kondisi kelelahan, dengan ambang batas kelelahan sebesar ≥ 4 mmol/L. Setelah kondisi kelelahan tercapai, subjek melanjutkan tes gerakan pendaratan menggunakan prosedur yang sama seperti pada tes awal. Semua data pada tahap ini dicatat kembali untuk analisis lebih lanjut.

Analisis data dilakukan dengan aplikasi IBM SPSS Statistic.24 dengan melakukan uji descriptive statistic yang digunakan untuk mendeskripsikan karakteristik partisipan berdasarkan kelompoknya, uji T-test digunakan untuk mencari pengaruh kelelahan otot tungkai terhadap parameter kinematika landing

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti dengan serangkaian tes yang diberikan kepada seluruh sampel yang berjumlah 14 orang atlet futsal ukm di UPI Bandung. Data penelitian ini diperoleh dari hasil *Pre-test* dan *Post-test* menggunakan *test bosco* yang terdiri dari *squat jump, countermovement jump* dan *lunges*. Berikut ini

penjelasan analisis data terkait pengaruh kelelahan otot Ekstremitas bawah terhadap gerakan mendarat/landing satu kaki pada pemain futsal putra.

Tabel 1. Deskripsi data Sampel

	N	Minimum	Maximum	Mean
1 Umur	14	19	23	20.8
2 Tinggi Badan	14	156	174	166.7
3 Berat Badan	14	54	69	56.5
4 Fat	14	8	21	17.4
5 BMI	14	18	24	20.69
6 Laktat Sebelum	14	1	4	2.66
7 Laktat Sesudah	14	11	19.7	14.6

Pada tabel 1 menunjukkan bahwa deskripsi data sampel yang pertama adalah umur, dimana nilai umur minimunya yaitu 19 tahun dan nilai maximumnya 23 tahun dengan rata rata 20,88 tahun, yang kedua yaitu tinggi badan dengan nilai tinggi minimum yaitu 156cm dan nilai maximum yaitu 174 cm dengan nilai rata rata 166.7cm, yang ketiga yaitu adalah berat badan dengan nilai minimum yaitu 54 kg lalu nilai maximumnya 69 kg dengan nilai rata rata 56.51 kg, setelah itu kategori Fat dimana nilai minimunya yaitu 8 dan nilai maximumnya 21 dengan nilai rata rata 17.4, yang kelima ada BMI dengan nilai minimum 18, nilai maximumnya adalah 24, dan rata ratanya adalah 20,69

Tabel 2. Tabel asam laktat sebelum kelelahan dan sesudah kelelahan

Variable	Average Before ± SD	Average After ± SD	Signifikansi (Perbedaan)
Asam Laktat (mmol/L)	1,5 ± 0,5	12,9 ± 3,7	0,003*

Pada tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kadar asam laktat sebelum dan sesudah kelelahan pada atlet futsal yaitu dengan nilai sig, $0.003 < 0.05$. Pada table diatas menunjukkan rata-rata sudut fleksi sebelum kelelahan adalah

Tabel 3. Sudut Kaki Sebelum dan Sesudah Melakukan Test

	Pretest	Post Test
1	125,5	120,8
2	128,3	123,0
3	124,2	119,7
4	130,1	122,5
5	127,6	121,0
6	123,9	118,6
7	122,5	116,4
8	126,7	120,5
9	129,4	123,8
10	127,0	121,5
11	125,8	120,2
12	130,5	124,3
13	128,8	122,9
14	126,3	120,7

Pada tabel 3 menunjukkan bahwa ada perbedaan sudut antara sebelum dan sesudah melakukan test *squat jump*, *countermovement jum* dan *lunges*, yang dimana ada efek kelelahan setelah melakukan test tersebut.

Tabel 4. Data Sudut Kanan Sebelum Dan Sesudah Test

Variabels	AVERAGE SEBELUM ± SD	AVERAGE SESUDAH ± SD	Signifikansi (perbedaan)
hip angle	72,5 ± 7,0	70,0 ± 7,5	0,001*
knee angle	65,8 ± 6,8	62,3 ± 6,4	0,000*
ankle angle	38,2 ± 5,5	36,5 ± 5,8	0,000*

Dari hasil data pada tabel 4 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan sebelum kelelahan dan sesudah kelelahan pada sudut sendi panggul dengan nilai sig $0.00 < 0.05$. Lalu pada fase knee kanan sebelum kelelahan dan sesudah kelelahan terdapat perbedaan derajat pada sudut sendi lutut dengan nilai sig $0.000 < 0.05$ Dan pada ankle kanan sebelum kelelahan dan sesudah kelelahan terdapat perbedaan nilai sig $0.000 < 0.05$.

Tabel 5. Data Sudut Kiri Sebelum Dan Sesudah Test

Variabels	AVERAGE SEBELUM ± SD	AVERAGE SESUDAH ± SD	Signifikansi (perbedaan)
hip angle	82,3 ± 8,9	78,5 ± 7,8	0,004*
knee angle	58,2 ± 7,5	54,3 ± 6,8	0,000*
ankle angel	45,6 ± 6,2	42,8 ± 5,5	0,000*

Dari hasil data pada tabel 5 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan sebelum kelelahan dan sesudah kelelahan pada sudut sendi panggul dengan nilai sig $0.004 < 0.05$. Lalu pada fase knee kiri sebelum kelelahan dan sesudah kelelahan terdapat perbedaan derajat pada sudut sendi lutut dengan nilai sig $0.000 < 0.05$ Dan pada ankle kanan sebelum kelelahan dan sesudah kelelahan terdapat perbedaan nilai sig $0.000 < 0.05$

Tabel 6. Parameter kinematic pada saat landing depan pada olahraga Futsal

Kinematic Parameter Analysis	Kelelahan	Tidak Kelelahan
1 Knee Kanan	-0.45	-0.52
2 Knee Kiri	-0.48	-0.65

Data menunjukkan pergerakan sudut lutut kanan dan lutut kiri dalam dua kondisi berbeda: kelelahan dan tidak kelelahan. Nilai negatif menunjukkan sudut fleksi pada sendi lutut selama landing. Dalam futsal, landing depan sering terjadi saat pemain melompat untuk duel udara atau menahan bola. Data ini dapat memberikan gambaran bahwa kelelahan memengaruhi kemampuan kontrol lutut saat mendarat, yang berpotensi meningkatkan risiko cedera.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelelahan otot ekstremitas bawah memiliki dampak signifikan terhadap mekanika gerakan mendarat satu kaki pada pemain futsal. Penurunan sudut fleksi pada sendi lutut, panggul, dan pergelangan kaki setelah kelelahan mengindikasikan adanya gangguan kontrol neuromuskular akibat meningkatnya kelelahan otot. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa kelelahan dapat memengaruhi mekanika gerakan tubuh, meningkatkan gaya reaktif tanah, dan menurunkan kemampuan tubuh untuk menyerap dampak saat mendarat (Paz et al., 2017; Prieske et al., 2017).

Pada tabel 4 dan tabel 5, terlihat bahwa sudut sendi panggul, lutut, dan pergelangan kaki mengalami penurunan signifikan setelah kelelahan. Perubahan ini dapat dikaitkan dengan berkurangnya kemampuan otot untuk menghasilkan gaya optimal selama aktivitas intensif, seperti yang dilaporkan oleh (Bishop et al. 2021). Kelelahan pada otot quadriceps dan hamstring memainkan peran penting dalam menstabilkan sendi lutut selama fase mendarat. Hal ini mendukung temuan bahwa otot yang lelah tidak dapat mempertahankan kontrol postural dengan baik, sehingga meningkatkan risiko cedera, seperti ligament sprain atau microdamage pada jaringan keras (Zhang et al., 2021; Knihš et al., 2021).

Penurunan kinerja biomekanik ini juga berdampak pada parameter kinematika yang diuji selama penelitian. Sebagai contoh, sudut lutut kanan dan kiri pada tabel 6 menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kondisi kelelahan dan tidak kelelahan. Hasil ini memperkuat bukti bahwa kelelahan otot memengaruhi pola gerakan atlet secara keseluruhan, terutama dalam olahraga dengan intensitas tinggi seperti futsal (Dal Pupo et al., 2017). Penurunan performa ini tidak hanya berkontribusi terhadap risiko cedera, tetapi juga memengaruhi efektivitas pemain dalam melakukan aksi teknis selama pertandingan, seperti melompat dan mendarat dengan stabil.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan wawasan baru terkait bagaimana kelelahan otot ekstremitas bawah memengaruhi mekanika mendarat pemain futsal. Hasil ini relevan untuk diterapkan dalam upaya pencegahan cedera melalui pengembangan program pelatihan yang berfokus pada penguatan otot inti dan peningkatan kontrol neuromuskular saat kelelahan terjadi.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kelelahan otot ekstremitas bawah memiliki pengaruh signifikan terhadap mekanika gerakan mendarat satu kaki pada pemain futsal. Kelelahan menyebabkan penurunan sudut fleksi pada sendi panggul, lutut, dan pergelangan kaki, yang dapat meningkatkan risiko cedera dan mengganggu performa atlet selama pertandingan. Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kondisi sebelum dan sesudah kelelahan, baik dalam kadar asam laktat maupun parameter kinematika mendarat. Penurunan kontrol neuromuskular akibat kelelahan memengaruhi stabilitas postural dan kemampuan tubuh untuk menyerap dampak saat mendarat, terutama pada gerakan intensif dalam olahraga futsal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryananda, I. D. M., et al. (2020). Kinematika Gerak yang Mempengaruhi Kecepatan Bola pada Teknik Passing Permainan Futsal. *Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 6(3), 674–683. https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v6i3.14785.
- Bishop, C., et al. (2021). Impact of Fatigue on Biomechanical Risk Factors for Lower Limb Injuries: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 51(5), 1031–1048.
- Chavan, R., & Wabale, R. (2016). Anatomy of the Quadriceps Femoris Muscle Group. *International Journal of Anatomy and Research*, 4(2), 112–118.
- Dal Pupo, J., Detanico, D., Ache-Dias, J., & Santos, S. G. (2017). The Fatigue Effect of a Simulated Futsal Match Protocol on Sprint Performance and Kinematics of the Lower Limbs. *Journal of Sports Sciences*, 35(1), 81–88.
- Dufek JS, Bates BT. Biomechanical factors associated with injury during landing in jump sports. *Sports Med*. 2009;12:326–337.
- Fu L, Ren F, Baker JS. Comparison of joint loading in badminton lunging between professional and amateur badminton players. *Appl Bionics Biomech*. 2017.
- Goh, S., Ali, M., Mokhtar, A., & Mohamed, I. (2013). Injury risk predictors among student badminton players in a Malaysian national sports school: Preliminary study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16, e59 <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.10.140>
- Graci, V., Van Dillen, L. R., & Salsich, G. B. (2012). Gender differences in trunk, pelvis and lower limb kinematics during a single leg squat. *Gait and Posture*, 36(3), 461–466. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.04.006>
- Jacobs, K., Riveros, D., Vincent, H. K., & Herman, D. C. (2018). The effect of landing

- surface on landing error scoring system grades. *Sports Biomechanics*, 00(00), 1–8. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1535617>
- James, J., Ambegaonkar, J. P., Caswell, S. V., Onate, J., & Cortes, N. (2016). Analyses of Landing Mechanics in Division I Athletes Using the Landing Error Scoring System. *Sports Health*, 8(2), 182–186. <https://doi.org/10.1177/1941738115624891>
- Lam W.-K., Lee K.-K., Park S.-K., Ryue J., Yoon S., Ryu J. Understanding the impact loading characteristics of a badminton lunge among badminton players. *PLoS ONE*. 2018;13:e0205800. doi: 10.1371/journal.pone.0205800.
- Kuenze, C. M., Trigsted, S., Lisee, C., Post, E., & Bell, D. R. (2018). Sex differences on the landing error scoring system among individuals with anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Athletic Training*, 53(9), 837–843. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-459-17>
- Lee, J. J. J., & Loh, W. P. (2019). A state-of-the-art review on badminton lunge attributes. *Computers in Biology and Medicine*, 108(April), 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2019.04.003>
- McNair, P. J., & Prapavassis, H. (1999). Normative data of vertical ground reaction forces during landing from a jump. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2(1), 86–88. [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(99\)80187-X](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(99)80187-X)