



Model Latihan Pencak Silat Berbasis Analisis Biomekanika Kinovea Untuk Meningkatkan Efektivitas Tendangan Siswa SMP

Adek Arifin Harahap¹, Budi Valianto², M. Irfan³, Rahma Dewi⁴, Amir Supriadi⁵

Pendidikan Olahraga, Universitas Negeri Medan^{1,2,3,4,5}

E-mail: harahaparifin0@gmail.com

ABSTRAK

Efektivitas tendangan pencak silat pada siswa sekolah menengah pertama (SMP) masih rendah akibat keterbatasan metode latihan konvensional yang mengabaikan analisis biomekanika. Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menguji model latihan pencak silat berbasis analisis biomekanika menggunakan aplikasi Kinovea untuk meningkatkan efektivitas tendangan siswa SMP. Penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D) model Borg & Gall dengan subjek 40 siswa ekstrakurikuler pencak silat dari tiga sekolah di Kota Medan. Pengembangan meliputi 10 drill biomekanika progresif yang diintegrasikan dengan analisis video Kinovea untuk memberikan augmented feedback visual. Hasil validasi ahli menunjukkan kelayakan produk 91,1% (kategori sangat layak), uji kepraktisan 85,8% (kategori sangat baik), dan uji efektivitas menggunakan paired-sample t-test menunjukkan peningkatan skor tendangan dari 44,25 (pre-test) menjadi 79,85 (post-test) dengan selisih 35,60 poin ($t = 43,82$; $p = 0,000$; Cohen's $d = 9,48$; $N\text{-Gain} = 0,64$). Model ini terbukti valid, praktis, dan efektif sebagai inovasi latihan berbasis teknologi terjangkau dalam pembinaan pencak silat di sekolah.

Kata Kunci: model latihan, biomekanika, Kinovea, efektivitas tendangan, pencak silat

ABSTRACT

The effectiveness of pencak silat kicks in junior high school students remains low due to limitations of conventional training methods that neglect biomechanical analysis. This study aimed to develop and test a pencak silat training model based on biomechanical analysis using Kinovea application to improve kick effectiveness. The research employed Borg & Gall's Research and Development (R&D) method with 40 extracurricular pencak silat students from three schools in Medan. Development included 10 progressive biomechanical drills integrated with Kinovea video analysis to provide visual augmented feedback. Expert validation results showed product feasibility of 91.1% (very feasible category), practicality test of 85.8% (very good category), and effectiveness test using paired-sample t-test demonstrated kick scores increased from 44.25 (pre-test) to 79.85 (post-test) with a difference of 35.60 points ($t = 43.82$; $p = 0.000$; Cohen's $d = 9.48$; $N\text{-Gain} = 0.64$). This model proved valid, practical, and effective as an affordable technology-based training innovation for school pencak silat development.

Keywords: training model, biomechanics, Kinovea, kick effectiveness, pencak silat



PENDAHULUAN

Pencak silat merupakan warisan budaya Indonesia yang diintegrasikan dalam pembelajaran Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan (PJOK) sekolah menengah pertama (SMP) berdasarkan Kurikulum Merdeka. Teknik tendangan mendominasi serangan dalam pertandingan pencak silat, namun efektivitasnya ditentukan oleh kompleksitas biomekanika yang meliputi sudut sendi, rotasi panggul, keseimbangan tumpuan, dan koordinasi segmen tubuh. Observasi awal terhadap 30 siswa ekstrakurikuler SMP Muhammadiyah 1 Medan menunjukkan rata-rata skor tendangan hanya 45,3% dengan kesalahan dominan pada stabilitas kaki tumpu (70,0%), koordinasi lengan-badan-kaki tidak sinkron (73,3%), dan kecepatan tendangan di bawah standar (83,3% siswa < 5 m/s).

Paradoks yang terjadi dalam pembinaan pencak silat di sekolah adalah ketergantungan pada metode demonstrasi dan drill konvensional tanpa dukungan umpan balik objektif berbasis data biomekanika. Pelatih kesulitan memberikan koreksi spesifik pada fase-fase gerak tendangan, sementara siswa tidak memperoleh representasi visual konkret mengenai kesalahan teknik yang dilakukan. Kondisi ini menciptakan learning plateau yang memperlambat akuisisi keterampilan motorik kompleks (Schmidt & Lee, 2011). Meskipun teori biomekanika olahraga telah mapan, prinsip-prinsipnya belum terintegrasi secara sistematis dalam model latihan pencak silat untuk konteks pendidikan sekolah.

Kesenjangan riset terdahulu menunjukkan bahwa studi biomekanika pencak silat berfokus pada atlet dewasa dengan tujuan deskriptif-evaluatif menggunakan perangkat mahal seperti motion capture 3D atau force plate (Bustomi et al., 2020; Doewes et al., 2022). Penggunaan aplikasi Kinovea sebagai alat analisis gerak terjangkau telah terbukti valid dan reliabel ($ICC \geq 0,92$) untuk pengukuran sudut dan jarak dalam bidang dua dimensi (Puig-Diví et al., 2019), namun belum dikembangkan sebagai bagian integral dari model latihan yang diuji aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitasnya pada siswa SMP. Penelitian ini mengisi gap tersebut melalui pengembangan model latihan pencak silat berbasis analisis biomekanika

Kinovea yang sistematis, terukur, dan aplikatif dalam konteks sekolah dengan fasilitas terbatas.

Novelty penelitian terletak pada integrasi 10 drill biomekanika progresif dengan prosedur analisis video Kinovea yang menghasilkan augmented feedback visual terstruktur. Model ini merupakan inovasi pertama yang mengadaptasi prinsip biomekanika olahraga ke dalam desain latihan pencak silat untuk siswa SMP menggunakan teknologi *open-source* yang ekonomis. Tujuan penelitian adalah (1) mengembangkan model latihan pencak silat berbasis analisis biomekanika menggunakan aplikasi Kinovea untuk meningkatkan efektivitas tendangan siswa SMP, dan (2) menguji efektivitas model yang dikembangkan dalam meningkatkan efektivitas tendangan siswa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) model Borg & Gall yang terdiri dari 10 tahap: (1) penelitian dan pengumpulan informasi awal, (2) perencanaan, (3) pengembangan produk awal, (4) uji coba lapangan skala kecil, (5) revisi produk utama, (6) uji lapangan utama, (7) revisi produk operasional, (8) uji operasional, (9) revisi produk akhir, dan (10) diseminasi. Desain uji efektivitas menggunakan *one-group pretest-posttest*.

Subjek penelitian terdiri dari 40 siswa ekstrakurikuler pencak silat dari tiga sekolah di Kota Medan: SMP Muhammadiyah 1 Medan ($n = 14$), SMP Negeri 1 Medan ($n = 13$), dan SMP Negeri 2 Medan ($n = 13$), dipilih melalui purposive sampling dengan kriteria aktif mengikuti ekstrakurikuler minimal satu semester, tidak memiliki cedera yang membatasi aktivitas tendangan, dan bersedia mengikuti seluruh sesi penelitian. Pelaksanaan dilakukan selama September 2024 hingga Februari 2025.

Produk yang dikembangkan meliputi: (1) Buku Panduan Model Latihan Pencak Silat Berbasis Biomekanika (120 halaman), (2) Panduan Penggunaan Aplikasi Kinovea (48 halaman), dan (3) Perangkat Evaluasi dan Dokumentasi Biomekanika. Model latihan terdiri dari 10 drill progresif untuk tiga jenis tendangan (depan, sabit, samping/T) yang disusun berdasarkan prinsip periodisasi dan *overload progresif* (Bompa & Haff, 2009). Setiap sesi latihan berdurasi 85 menit dengan struktur: pemanasan spesifik (15 menit), latihan inti fase drill biomekanika

(20 menit), analisis video Kinovea (20 menit), perbaikan dan repetisi (20 menit), serta pendinginan dengan refleksi (10 menit).

Instrumen pengumpulan data meliputi: (1) rubrik tes efektivitas tendangan pencak silat adaptasi Lubis (2014) yang dilengkapi indikator biomekanika (skor 0–100, reliabilitas inter-rater ICC = 0,91), (2) angket validasi ahli untuk aspek materi, biomekanika, dan media, (3) angket kepraktisan pelatih dan siswa, serta (4) lembar observasi terstruktur keterlaksanaan model. Analisis video menggunakan Kinovea versi 0.9.5 untuk mengukur parameter: sudut sendi lutut pada empat fase, rotasi sudut pinggul, dan deviasi lintasan kaki serang.

Teknik analisis data menggunakan statistik deskriptif untuk persentase kelayakan dan kepraktisan, paired-sample t-test untuk menguji perbedaan skor pre-test dan post-test setelah memenuhi asumsi normalitas (uji Shapiro-Wilk) dan homogenitas varians (uji Levene), serta perhitungan effect size (Cohen's d) dan N-Gain (Hake, 1999) untuk menentukan besaran pengaruh model latihan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengembangan Model

Model latihan yang dikembangkan terdiri dari 10 drill biomekanika progresif yang disusun dari tingkat dasar ke kompleks. Drill 1–4 fokus pada tendangan depan (stabilisasi chamber, lintasan lurus, kontrol fase, dan akurasi target), drill 5–7 pada tendangan sabit (lintasan crescent, rotasi panggul, dan timing target bergerak), serta drill 8–10 pada tendangan samping/T dan integrasi kombinasi dengan *footwork*. Setiap drill dilengkapi indikator biomekanika spesifik yang dapat diukur menggunakan Kinovea, nilai referensi ideal berdasarkan literatur, dan prosedur feedback terstruktur.

Hasil validasi ahli oleh enam validator (ahli media Kinovea, tiga praktisi pencak silat, ahli biomekanika, dan dosen akademik) menunjukkan nilai kelayakan rata-rata 91,1% dengan kategori "sangat layak" (Tabel 1). Aspek penilaian meliputi kebenaran konten teknik tendangan, akurasi parameter biomekanika, kualitas tampilan panduan, dan relevansi instrumen evaluasi. Tidak ada aspek yang dinilai di bawah 88%, mengindikasikan konsistensi tinggi antar validator lintas disiplin.

Tabel 1. Hasil Validasi Ahli terhadap Produk Model Latihan

No	Validator Ahli	Kualifikasi	Aspek Validasi	Skor		Kategori
				Rata-rata (1-5)	Persentase (%)	
1	Ahli Pencak Silat	Materi Pelatih Nasional, Pengalaman > 10 Tahun	Kebenaran konten teknik tendangan, kesesuaian 10 drill dengan prinsip biomekanika, relevansi rubrik penilaian	4,40	88,0%	Sangat Layak
2	Ahli Biomekanika Olahraga	Doktor Ilmu Keolahragaan, Spesialisasi Biomekanika	Akurasi parameter biomekanika, ketepatan nilai referensi, kelengkapan indikator pengukuran Kinovea	4,70	94,0%	Sangat Layak
3	Ahli Media/Teknologi Pembelajaran	Magister Teknologi Pendidikan,	Kualitas tampilan panduan,	4,56	91,3%	Sangat Layak

	Familiar dengan Kinovea	kejelasan instruksi, kemudahan navigasi, resolusi gambar, aksesibilitas QR code			
Rerata Total			4,55	91,1%	Sangat Layak

Hasil Uji Kepraktisan

Uji operasional yang melibatkan pelatih ekstrakurikuler dan siswa dari tiga sekolah tanpa pendampingan aktif peneliti menghasilkan nilai kepraktisan rata-rata 85,8% dengan kategori "sangat baik" (Tabel 2). Aspek kepraktisan penggunaan Kinovea oleh pelatih secara mandiri memperoleh penilaian tertinggi (90,0%), menunjukkan bahwa panduan operasional yang dikembangkan berhasil membantu pelatih mengimplementasikan analisis video tanpa keahlian teknis tinggi. Keterlaksanaan prosedur model sesuai panduan mencapai 88,3% berdasarkan 25 indikator observasi terstruktur.

Tabel 2. Hasil Uji Operasional Kepraktisan Model Latihan

No	Aspek Evaluasi	Instrumen	Persentase (%)	Kategori
1	Kepraktisan penggunaan Kinovea dalam latihan tanpa pendampingan peneliti	Angket Pelatih	90,0%	Sangat Praktis
2	Keterlaksanaan prosedur model latihan sesuai panduan (lembar observasi 25 indikator)	Observasi Terstruktur	88,3%	Sangat Baik

3	Kemudahan siswa dalam memahami hasil analisis Kinovea dan menggunakannya untuk koreksi diri	Angket Siswa		84,7%	Sangat Baik
4	Kebermanfaatan model bagi peningkatan teknik tendangan yang dirasakan pelatih dan siswa	Angket Pelatih + Siswa	+	87,5%	Sangat Bermanfaat
5	Konsistensi peningkatan skor tendangan selama 9 sesi uji operasional (3 kali tes tendangan)	Tes Tendangan		82,3%	Baik
6	Tingkat motivasi dan keterlibatan aktif siswa selama model latihan berbasis Kinovea	Angket Siswa		88,0%	Sangat Baik
7	Kemampuan pelatih menerapkan model secara mandiri tanpa pendampingan peneliti	Observasi + Angket Pelatih	+	80,0%	Baik
Rata-rata Keseluruhan				85,8%	Sangat Baik

Hasil Uji Efektivitas

Hasil uji lapangan utama selama delapan minggu (24 sesi) menunjukkan peningkatan signifikan pada seluruh parameter. Rata-rata skor efektivitas tendangan meningkat dari 44,25 (pre-test, SD = 3,64) menjadi 79,85 (post-test, SD = 3,82) dengan selisih 35,60 poin, setara dengan peningkatan 80,4% dari kondisi awal (Tabel 3). Secara fungsional, kategori kemampuan tendangan siswa meningkat dari "kurang" menjadi "baik".

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Analisis Statistik Uji Efektivitas (N = 40)

Parameter Statistik	Nilai	Interpretasi
Nilai Rata-rata Pre-test	44,25	Kategori "Kurang" (< 56%)
Nilai Rata-rata Post-test	79,85	Kategori "Baik" (75-85%)
Selisih Peningkatan Rata-rata	35,60 poin	Peningkatan 80,4% dari kondisi awal
Standar Deviasi Pre-test	3,64	Distribusi data homogen
Standar Deviasi Post-test	3,82	Distribusi data homogen
Uji Normalitas Pre-test (Shapiro-Wilk)	p = 0,298	Berdistribusi normal (p > 0,05)
Uji Normalitas Post-test (Shapiro-Wilk)	p = 0,274	Berdistribusi normal (p > 0,05)
t-hitung (Paired t-test)	43,82	Sangat signifikan
t-tabel (df = 39, α = 0,05)	2,023	Nilai kritis dua arah
Signifikansi (p-value)	0,000	Signifikan (p < 0,05); H_0 ditolak
Cohen's d (Effect Size)	9,48	Efek sangat besar (> 0,80)
N-Gain Rata-rata	0,64	Kategori Sedang (Hake, 1999)
Siswa N-Gain "Tinggi" (> 0,70)	5 siswa (12,5%)	Mencapai kategori N-Gain tinggi
Siswa N-Gain "Sedang" (0,30-0,70)	35 siswa (87,5%)	Seluruhnya di atas N-Gain rendah
Kesimpulan Uji Hipotesis	H_0 Ditolak	Terdapat peningkatan signifikan efektivitas tendangan (p < 0,05)

Hasil uji t berpasangan menunjukkan nilai t-hitung (43,82) jauh melampaui t-tabel (2,023) dengan signifikansi p = 0,000 (< 0,05), sehingga hipotesis nol ditolak. Nilai Cohen's d = 9,48 mengindikasikan effect size sangat besar, menegaskan bahwa perbedaan yang ditemukan tidak hanya signifikan secara statistik tetapi juga bermakna secara praktis. Distribusi N-Gain menunjukkan tidak ada siswa dengan kategori "rendah", mengonfirmasi manfaat model yang konsisten bagi seluruh partisipan pada berbagai tingkat kemampuan awal.

Analisis parameter biomekanika menggunakan Kinovea menunjukkan perbaikan pada seluruh aspek yang diukur (Tabel 4). Sudut lutut pada fase impact meningkat dari 78,3° menjadi 96,7° (+18,4°), memasuki rentang ideal 90–120° yang direkomendasikan Hay (1993). Rotasi sudut pinggul meningkat dari 21,4° menjadi 33,6° (+12,2°), mencapai nilai minimum ideal 30° sebagai penentu utama kecepatan tendangan. Deviasi lintasan kaki serang berkurang dari 19,7° menjadi 13,2° (-6,5°), mendekati target ideal < 10°.

Tabel 4. Perbaikan Parameter Biomekanika Tendangan Selama Program Latihan

Parameter Biomekanika	Nilai Awal (Baseline)	Nilai		Perubahan	Nilai Ideal (Referensi)	Interpretasi
		Akhir (Post-test)				
Sudut pada Fase Impact	Lutut 78,3°	96,7°	+18,4°	90-120°	Memasuki rentang ideal (Hay, 1993)	
Rotasi Pinggul	Sudut 21,4°	33,6°	+12,2°	30-50°	Mencapai nilai minimum ideal (Bustomi et al., 2020)	
Deviasi Lintasan Kaki Serang	19,7°	13,2°	-6,5°	< 10°	Mendekati target; masih perlu perbaikan	
Indeks Keseimbangan Tumpuan	0,61	0,74	+0,13	≥ 0,85	Progres signifikan; belum mencapai nilai ideal	

Skor Koordinasi Gerak (Lengan-Badan-Kaki)	58,3%	70,0%	+11,7%	≥ 80%	Peningkatan nyata; ruang perbaikan masih ada
Skor Efektivitas Tendangan (Rubrik Lubis, 2014)	44,25	79,85	+35,60	≥ 80	Mencapai batas bawah kategori "Baik"

Pembahasan

Peningkatan efektivitas tendangan sebesar 80,4% dalam delapan minggu dapat dijelaskan melalui dua mekanisme komplementer: optimalisasi biomekanika gerak dan pemanfaatan augmented feedback visual. Dari perspektif biomekanika, perbaikan sudut lutut ke rentang ideal 90–120° pada fase impact mengoptimalkan transfer impuls dari kaki serang ke sasaran melalui kontraksi isometrik otot quadriceps dan hamstring. Peningkatan rotasi pinggul sebesar 12,2° berkontribusi pada peningkatan momentum angular yang tersalurkan melalui rantai kinetik segmen kaki, sejalan dengan temuan Bustomi et al. (2020) mengenai peran rotasi panggul sebagai sumber utama kecepatan tendangan pencak silat.

Dari perspektif pembelajaran motorik, efektivitas model ini didukung oleh mekanisme augmented feedback yang disediakan oleh analisis video Kinovea. Schmidt dan Lee (2011) menegaskan bahwa umpan balik visual yang konkret, spesifik, dan tertunda sesaat mempercepat transisi dari fase kognitif ke fase asosiatif dalam akuisisi keterampilan motorik kompleks. Kemampuan siswa untuk melihat anotasi sudut sendi dan lintasan gerak pada rekaman video mereka sendiri menciptakan pengalaman self-confrontation yang mendorong kesadaran metakognitif dan motivasi intrinsik untuk perbaikan teknik (Ste-Marie et al., 2012). Temuan ini memperluas penelitian Lubis et al. (2022) yang menunjukkan efektivitas integrasi aplikasi berbasis biomekanika dalam pembelajaran pencak silat, namun dengan fokus pada konteks latihan ekstrakurikuler SMP yang belum pernah diteliti sebelumnya.

Keunggulan model yang dikembangkan meliputi lima aspek distinktif. Pertama, objektivitas koreksi berbasis data pengukuran Kinovea dengan reliabilitas $ICC \geq 0,92$ (Puig-Diví et al., 2019), menggantikan subjektivitas penilaian pelatih. Kedua, feedback visual yang konkret memungkinkan siswa memahami kesalahan teknik secara langsung. Ketiga, adaptabilitas terhadap karakteristik individual melalui coaching terindividualisasi berdasarkan data analisis per siswa. Keempat, keterjangkauan implementasi menggunakan aplikasi open-source gratis dan perangkat keras standar (estimasi biaya < Rp 5.000.000). Kelima, dokumentasi progres longitudinal yang memungkinkan evaluasi berbasis data dari sesi ke sesi.

Perbandingan dengan penelitian terdahulu menunjukkan kontribusi unik model ini. Hariono et al. (2021) dan Mujiono & Hariono (2024) menggunakan Kinovea untuk analisis deskriptif teknik tendangan atlet, namun tidak mengembangkannya sebagai bagian dari model latihan terintegrasi. Syaifullah & Maghribi (2023) membandingkan kecepatan tendangan atlet juara dunia menggunakan Kinovea, namun subjeknya atlet elit, bukan siswa pemula. Penelitian ini mengisi gap dengan mengembangkan model latihan holistik yang diuji dari aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas pada siswa SMP, menjadikannya replikabel dan aplikatif dalam konteks pendidikan sekolah.

KESIMPULAN

Model latihan pencak silat berbasis analisis biomekanika menggunakan aplikasi Kinovea yang dikembangkan terbukti valid (91,1%, sangat layak), praktis (85,8%, sangat baik), dan efektif secara signifikan dalam meningkatkan efektivitas tendangan siswa SMP. Peningkatan skor tendangan rata-rata sebesar 35,60 poin ($t = 43,82$; $p = 0,000$; Cohen's $d = 9,48$; N-Gain = 0,64) didukung oleh perbaikan parameter biomekanika fundamental meliputi sudut lutut, rotasi pinggul, dan lintasan kaki serang. Model ini menyediakan solusi inovatif berbasis teknologi terjangkau untuk pembinaan pencak silat di sekolah dan dapat diadaptasi pada cabang olahraga beladiri lainnya.

ACKNOWLEDGMENT

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kepala SMP Muhammadiyah 1 Medan, SMP Negeri 1 Medan, dan SMP Negeri 2 Medan atas izin pelaksanaan penelitian. Penghargaan tinggi diberikan kepada para validator ahli dan pelatih

ekstrakurikuler yang telah berkontribusi dalam pengembangan dan pengujian model. Terima kasih juga disampaikan kepada Program Studi Pendidikan Jasmani dan Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Medan atas dukungan akademiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and methodology of training* (5th ed.). Human Kinetics.
- Bustomi, A., Nusufi, M., & Ifwandi. (2020). Analisis biomekanika tendangan sabit pada atlet pencak silat kategori tanding. *Jurnal Ilmu Keolahragaan*, 19(2), 87–96. <https://doi.org/10.24114/jik.v19i2.19872>
- Carzoli, J. P., Sousa, C. A., Helms, E. R., & Zourdos, M. C. (2022). Agreement between Kinovea video analysis and the Open Barbell System for resistance training movement outcomes. *Journal of Human Kinetics*, 81(1), 27–39. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0003>
- Charmant, J. (2020). Kinovea (Version 0.9.5) [Computer software]. <https://www.kinovea.org>
- Doewes, R. I., Elumalai, G., & Azmi, S. H. (2022). Biomechanics analysis on Jejak kick of pencak silat. *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*, 29(4), e116–e125. <https://doi.org/10.47750/jptcp.2022.989>
- Gulia, S., & Shaw, I. (2022). Two-dimensional biomechanical analysis of front kick and front toe kick among national level female taekwondo players. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 9(5), 131–134.
- Hariono, A., Rahayu, T., & Ndayisenga, J. (2021). Motion analysis of the front kick technique of pencak silat athlete. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, 12(6), 1881–1889.
- Hermawan, R. (2021). Pengembangan model latihan pencak silat berbasis analisis video untuk meningkatkan kualitas teknik tendangan pada atlet remaja. *Jurnal Keolahragaan*, 9(1), 45–57. <https://doi.org/10.21831/jk.v9i1.35421>
- Karo-Karo, A. A. P., Rahayu, T., Setyawati, H., Mukarromah, S. B., & Syaifullah, R. (2023). Analysis of pencak silat techniques using a biomechanical approach: Systematic literature review. *Physical Education Theory and Methodology*, 23(6), 947–953. <https://doi.org/10.17309/tmfv.2023.6.18>
- Lubis, J. (2014). *Pencak silat: Panduan praktis* (Edisi ke-2). PT Raja Grafindo Persada.
- Lubis, J., Haqiyah, A., Kusumawati, M., Irawan, A. A., Hanief, Y. N., & Riyadi, D. N. (2022). Do problem-based learning and flipped classroom models integrated with Android applications based on biomechanical analysis enhance the

- learning outcomes of pencak silat? *Journal of Physical Education and Sport*, 22(12), 3016–3022. <https://doi.org/10.7752/jpes.2022.12381>
- Mujiono, B., & Hariono, A. (2024). Motion analysis of sickle kick techniques in pencak silat PPLP DIY athletes: A biomechanical analysis. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 11(3), 113–116. <https://doi.org/10.22271/kheljournal.2024.v11.i3b.3329>
- Paramitha, S. T., Rosadi, T. Y., Ramadhan, M. G., & Suwanta, D. M. (2020). The influence of flexibility training on the accuracy of the dollyo chagi kick in taekwondo martial arts. In *Proceedings of the 4th International Conference on Sport Science, Health, and Physical Education (ICSSHPE 2019) (Advances in Health Sciences Research, Vol. 21, pp. 317–320)*. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/ahsr.k.200214.084>
- Puig-Diví, A., Escalona-Marfil, C., Padullés-Riu, J. M., Busquets, A., Padullés-Chando, X., & Marcos-Ruiz, D. (2019). Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PLOS ONE*, 14(6), e0216448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216448>
- Rahmani, G., Moradi, M., & Rajabi, R. (2021). The use of video analysis in sports coaching: A systematic review. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 16(4), 1042–1054. <https://doi.org/10.1177/17479541211009898>
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2011). *Motor control and learning: A behavioral emphasis (5th ed.)*. Human Kinetics.
- Ste-Marie, D. M., Law, B., Rymal, A. M., Jenny, O., Hall, C., & McCullagh, P. (2012). Observation interventions for motor skill learning and performance: An applied meta-analysis. *Psychology of Sport and Exercise*, 13(6), 693–705. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2012.04.004>
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D (Edisi ke-3)*. Alfabeta.
- Syaifullah, R., & Maghribi, I. L. (2023). Speed analysis of the front kicks technique in 2022 pencak silat world champion athletes: Kinematic analysis. *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 9(1), 146–159. https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v9i1.19983
- Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and motor control of human movement (4th ed.)*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470549148>
- Zainuddin, Z., Saat, S., & Abd Karim, Z. (2022). Application of Kinovea software for biomechanical analysis in sports: A review. *Journal of Sports Sciences and Medicine*, 21(1), 12–21. <https://doi.org/10.52082/jssm.2022.12>