

Implementasi Sistem Evaluasi Fase Gerak Lempar Lembing Berbasis Landmark Pose

^{1*}Reihan Rafi Rahmadtulloh, ²Patmi Kasih, ³Muh. Aris Saputra

^{1,2,3} Teknik Informatika, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹reihanrafi31@gmail.com, ²patmikasih@unpkediri.ac.id, ³aris.saputra@unpkediri.ac.id

Penulis Korespondens : Reihan Rafi Rahmadtulloh

Abstrak—Evaluasi teknik lempar lembing umumnya masih dilakukan melalui pengamatan langsung, sehingga hasil penilaian dapat dipengaruhi oleh subjektivitas pengamat. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem evaluasi fase gerak lempar lembing berbasis *landmark pose* untuk membantu proses penilaian teknik secara lebih terstruktur. Sistem dikembangkan menggunakan *Streamlit* sebagai antarmuka, *OpenCV* untuk pemrosesan video, *MediaPipe Pose* untuk ekstraksi *landmark* tubuh, dan *CNN 1D* untuk klasifikasi kualitas gerakan. Gerakan dianalisis pada tiga fase utama, yaitu awalan, langkah silang, dan pelepasan. Dataset yang digunakan berjumlah 337 sampel dengan dua kelas, yaitu sempurna dan tidak sempurna. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan visualisasi *skeleton*, label evaluasi, nilai *confidence*, probabilitas kelas, serta umpan balik teknik pada setiap fase. Sistem ini dapat menjadi alat bantu evaluasi awal yang lebih objektif dan mudah dipahami.

Kata Kunci— *CNN 1D*, *landmark pose*, lempar lembing, *MediaPipe*, *Streamlit*

Abstract— *Javelin throw technique evaluation is commonly performed through direct observation, which may be affected by observer subjectivity. This study aims to implement a phase-based javelin throw movement evaluation system using pose landmarks to support a more structured technical assessment. The system was developed using Streamlit as the interface, OpenCV for video processing, MediaPipe Pose for body landmark extraction, and 1D-CNN for movement quality classification. The movement was analyzed in three main phases: approach, cross-step, and release. The dataset consisted of 337 samples with two classes, namely perfect and imperfect. The implementation results show that the system can display skeleton visualization, evaluation labels, confidence scores, class probabilities, and technical feedback for each phase. The proposed system can serve as an initial evaluation tool that is more objective and easier to understand.*

Keywords— *1D-CNN, javelin throw, MediaPipe, pose landmark, Streamlit*

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Lempar lembing merupakan salah satu nomor atletik yang membutuhkan keterpaduan antara teknik gerak, kekuatan, kecepatan, koordinasi, dan daya ledak tubuh. Gerakan lempar lembing tidak dilakukan secara tunggal, tetapi terdiri atas beberapa fase yang saling berkaitan, mulai dari awalan, peralihan atau *cross steps*, fase akhir, hingga pelepasan lembing. Setiap fase memiliki peran penting terhadap keberhasilan gerakan, karena kesalahan pada salah satu fase dapat memengaruhi kesinambungan gerak berikutnya. Rahman dkk. menjelaskan bahwa lempar

lembing dilakukan melalui beberapa tahapan gerak yang membutuhkan daya ledak, kecepatan, dan koordinasi sebagai komponen kondisi fisik utama [1].

Evaluasi teknik lempar lembing pada kegiatan latihan umumnya masih dilakukan melalui pengamatan langsung oleh pelatih atau guru olahraga. Cara tersebut memang mudah diterapkan, tetapi hasil penilaian dapat berbeda antara satu pengamat dengan pengamat lain karena bergantung pada pengalaman, ketelitian, dan sudut pandang penilai. Selain itu, gerakan lempar lembing berlangsung cepat sehingga kesalahan kecil pada fase awalan, langkah silang, atau pelepasan tidak selalu mudah diamati secara langsung. Hamzah dan Aksir menyatakan bahwa performa lempar lembing dipengaruhi oleh kemampuan atlet dalam menggabungkan kecepatan lari, koordinasi tubuh, kekuatan, dan daya ledak otot lengan [2]. Selain faktor daya ledak, kekuatan otot lengan juga memiliki hubungan dengan kemampuan lempar lembing, sehingga aspek teknik dan kondisi fisik perlu diperhatikan dalam proses evaluasi gerakan [3]. Hal ini menunjukkan bahwa evaluasi teknik membutuhkan pendekatan yang lebih terstruktur agar setiap fase gerakan dapat diamati secara lebih jelas.

Perkembangan teknologi *computer vision* membuka peluang untuk membantu proses evaluasi gerakan olahraga secara lebih objektif. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah *human pose estimation*, yaitu teknik untuk mendeteksi titik-titik penting tubuh manusia dari citra atau video. MediaPipe Pose menjadi salah satu framework yang banyak digunakan karena mampu mendeteksi landmark tubuh dan mengubah posisi tubuh menjadi data koordinat. Fimaskoro dkk. memanfaatkan MediaPipe Pose untuk pengukuran antropometri atlet anggar dan menunjukkan bahwa landmark tubuh dapat digunakan sebagai dasar analisis berbasis citra dalam bidang olahraga [4]. Dengan data landmark tersebut, gerakan tubuh tidak hanya diamati secara visual, tetapi juga dapat diolah menjadi fitur numerik untuk kebutuhan evaluasi sistem.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan MediaPipe dan metode klasifikasi untuk analisis gerakan. Mubayyin dkk. menggunakan MediaPipe dan Random Forest untuk mengklasifikasikan pose pilates menjadi gerakan benar dan salah serta menghasilkan umpan balik secara *real-time* [5]. Pambudi dan Wijaya juga memanfaatkan MediaPipe Body Pose Estimation untuk menganalisis kesesuaian gerakan koreografi berdasarkan data landmark tubuh [6]. Penelitian lain oleh Rizki dan Zuliarso menerapkan klasifikasi teknik bulutangkis berbasis pose menggunakan Convolutional Neural Network untuk mengenali jenis teknik gerakan olahraga [7]. Tanugraha dkk. juga menggunakan MediaPipe dan LSTM untuk mengenali gerakan olahraga berbasis urutan video [8]. Berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa landmark pose dapat digunakan untuk membantu analisis gerakan, tetapi penerapannya pada sistem evaluasi fase gerak lempar lembing masih belum banyak dibahas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem evaluasi fase gerak lempar lembing berbasis landmark pose. Sistem yang dikembangkan berfokus pada tiga fase utama, yaitu awalan, langkah silang, dan pelepasan. Video gerakan diproses menggunakan OpenCV, kemudian landmark tubuh diekstraksi menggunakan MediaPipe Pose dan diklasifikasikan dengan model CNN 1D. Berbeda dari penelitian yang hanya menampilkan hasil klasifikasi, sistem ini juga dirancang untuk menampilkan visualisasi *skeleton*, probabilitas kelas, nilai *confidence*, dan umpan balik teknik pada setiap fase gerakan. Dengan demikian, sistem yang dihasilkan diharapkan dapat membantu pelatih, guru olahraga, dan atlet dalam memperoleh informasi evaluasi teknik yang lebih terarah dan mudah dipahami.

II. METODE

A. Desain Sistem

Penelitian ini mengembangkan sistem evaluasi fase gerak lempar lembing berbasis video dengan memanfaatkan data *landmark pose* sebagai dasar analisis gerakan. Sistem dirancang untuk menerima masukan berupa video gerakan lempar lembing, kemudian memproses video tersebut menjadi beberapa frame. Setiap frame dianalisis menggunakan MediaPipe Pose untuk memperoleh titik tubuh atlet. Data titik tubuh tersebut selanjutnya digunakan sebagai fitur masukan model CNN 1D untuk menghasilkan evaluasi kualitas gerakan pada setiap fase. Alur sistem yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur sistem evaluasi fase gerak lempar lembing berbasis landmark pose

Secara umum, sistem terdiri dari beberapa tahapan, yaitu input video, ekstraksi frame, deteksi *landmark pose*, pembentukan fitur gerakan, klasifikasi kualitas teknik, dan penyajian hasil evaluasi. Hasil akhir sistem tidak hanya berupa label klasifikasi, tetapi juga dilengkapi nilai *confidence*, probabilitas kelas, visualisasi skeleton, dan umpan balik teknik. Dengan rancangan tersebut, sistem diharapkan dapat membantu proses evaluasi gerakan lempar lembing secara lebih terarah.

B. Pengumpulan dan Pembagian Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa video gerakan lempar lembing yang telah dikelompokkan berdasarkan fase gerakan. Fase yang digunakan terdiri dari tiga bagian utama, yaitu awalan, langkah silang, dan pelepasan. Setiap data diberi label kualitas teknik ke dalam dua kelas, yaitu sempurna dan tidak sempurna. Jumlah keseluruhan data yang digunakan adalah 337 sampel. Distribusi data pada setiap fase dan kelas ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Dataset Berdasarkan Fase dan Kelas

Fase	Sempurna	Tidak Sempurna	Total
Awalan	49	68	117
Langkah Silang	50	52	102
Pelepasan	50	68	118
Total	149	188	337

Pembagian data dilakukan berdasarkan fase agar sistem dapat mengevaluasi karakteristik gerakan secara lebih spesifik. Pendekatan ini digunakan karena setiap fase dalam lempar lembing memiliki pola gerakan yang berbeda. Fase awalan lebih menekankan kestabilan gerak awal, fase langkah silang berkaitan dengan transisi tubuh sebelum melempar, sedangkan fase pelepasan berkaitan dengan posisi tubuh, lengan, dan kaki penopang saat lembing dilepaskan.

C. Ekstraksi Landmark Pose

Tahap ekstraksi *landmark pose* dilakukan dengan bantuan OpenCV dan MediaPipe Pose. OpenCV digunakan untuk membaca video dan mengambil frame dari video gerakan lempar lembing. Setelah frame diperoleh, MediaPipe Pose digunakan untuk mendeteksi titik-titik tubuh

atlet. MediaPipe Pose menghasilkan 33 titik tubuh yang merepresentasikan bagian penting seperti bahu, siku, pergelangan tangan, pinggul, lutut, dan pergelangan kaki.

Setiap titik tubuh memiliki koordinat x, y, dan z. Koordinat tersebut digunakan sebagai fitur numerik yang menggambarkan posisi tubuh pada setiap frame. Dengan cara ini, video gerakan yang awalnya berupa data visual dapat diubah menjadi data fitur yang lebih mudah diproses oleh model klasifikasi. Hasil dari tahap ini berupa koordinat landmark tubuh yang digunakan sebagai dasar pembentukan fitur gerakan. Visualisasi hasil deteksi landmark akan ditampilkan pada bagian hasil dan pembahasan.

D. Pembentukan Fitur Gerakan

Data hasil ekstraksi *landmark pose* disusun menjadi bentuk fitur gerakan. Setiap sampel gerakan direpresentasikan menggunakan 30 frame. Pada setiap frame terdapat 33 landmark tubuh, dan setiap landmark memiliki tiga koordinat, yaitu x, y, dan z. Dengan demikian, setiap frame menghasilkan 99 fitur. Representasi fitur yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Representasi Fitur Landmark Pose

Komponen	Nilai
Jumlah sampel	337
Frame per sampel	30
Landmark per frame	33
Koordinat per landmark	x, y, z
Fitur per frame	99
Bentuk input	30×99
Kelas keluaran	Sempurna, Tidak Sempurna

Bentuk input 30×99 digunakan karena data gerakan lempar lembing memiliki pola berurutan antar-frame. Oleh karena itu, model CNN 1D digunakan untuk mempelajari pola perubahan posisi tubuh pada setiap fase gerakan. Model dibuat secara terpisah untuk fase awalan, langkah silang, dan pelepasan agar setiap model dapat fokus pada karakteristik gerak masing-masing fase.

E. Implementasi Sistem Evaluasi

Sistem evaluasi diimplementasikan menggunakan *Streamlit* sebagai antarmuka aplikasi. Antarmuka ini dipilih karena dapat menampilkan proses evaluasi secara sederhana dan mudah digunakan. Sistem menyediakan fitur unggah video serta mode kamera *real-time*. Pada mode unggah video, pengguna dapat memasukkan video gerakan lempar lembing, kemudian sistem memproses video tersebut dan menampilkan hasil evaluasi per fase. Tampilan antarmuka sistem dan hasil evaluasi akan disajikan pada bagian hasil dan pembahasan.

Hasil evaluasi sistem ditampilkan dalam bentuk label kualitas teknik pada setiap fase, yaitu sempurna atau tidak sempurna. Selain label, sistem juga menampilkan nilai *confidence*, probabilitas kelas, jumlah frame pose yang terdeteksi, visualisasi skeleton, dan umpan balik teknik. Umpan balik diberikan agar pengguna dapat mengetahui bagian gerakan yang perlu diperhatikan. Hasil evaluasi sistem meliputi label kualitas gerakan, nilai confidence, probabilitas kelas, visualisasi skeleton, dan umpan balik teknik yang akan dibahas pada bagian hasil implementasi.

Model CNN 1D dilatih menggunakan skema pembagian data 80:20 untuk data latih dan data uji. Proses pelatihan menggunakan optimizer Adam, fungsi loss *sparse categorical*

crossentropy, ukuran batch 8, jumlah epoch maksimal 50, dan *early stopping* untuk mengurangi risiko *overfitting*. Konfigurasi pelatihan model ditunjukkan pada Tabel 3.

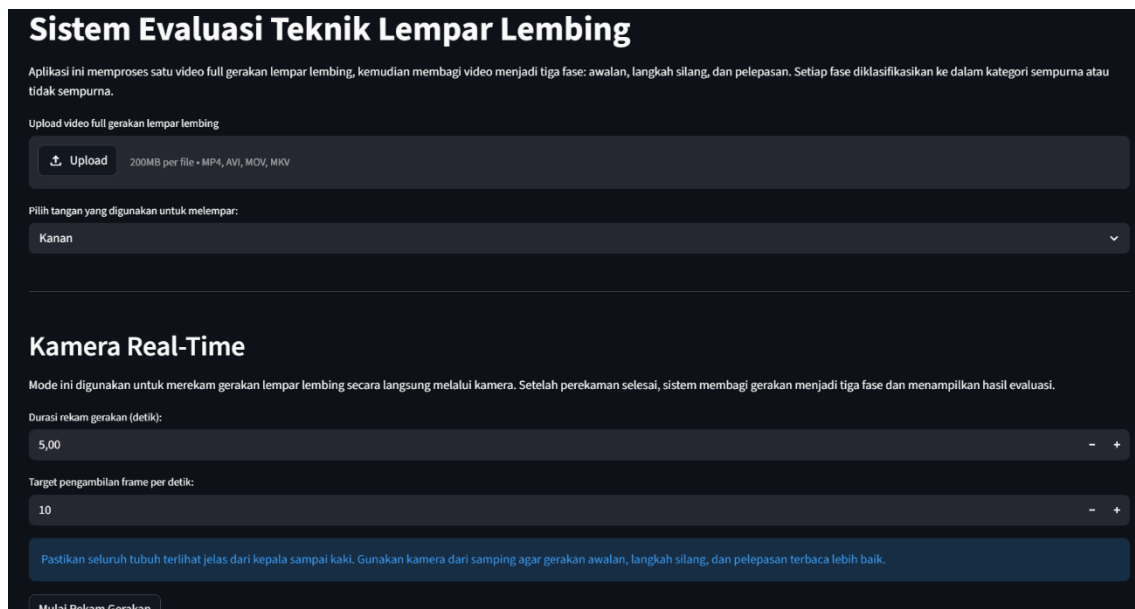
Tabel 3. Konfigurasi Pelatihan Model CNN 1D

Parameter	Nilai
Model	CNN 1D
Skema pelatihan	Model terpisah untuk setiap fase
Pembagian data	80:20
Optimizer	Adam
Loss function	Sparse categorical crossentropy
Batch size	8
Epoch maksimal	50
Early stopping	Patience 10
Kelas keluaran	Sempurna, Tidak Sempurna

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Implementasi Antarmuka Sistem

Sistem evaluasi fase gerak lempar lembing berhasil diimplementasikan dalam bentuk aplikasi berbasis Streamlit. Antarmuka sistem dirancang sederhana agar pengguna dapat melakukan evaluasi gerakan tanpa perlu memahami proses teknis yang kompleks. Pada halaman utama, sistem menyediakan fitur unggah video, pilihan tangan yang digunakan, serta mode kamera real-time. Tampilan utama sistem evaluasi berbasis Streamlit ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan utama sistem evaluasi berbasis Streamlit

Melalui antarmuka tersebut, pengguna dapat memasukkan video gerakan lempar lembing untuk diproses oleh sistem. Video yang dimasukkan akan dianalisis berdasarkan fase gerakan, kemudian sistem menampilkan hasil evaluasi dalam bentuk informasi visual dan numerik. Implementasi berbasis antarmuka visual ini dibuat agar hasil evaluasi lebih mudah dipahami oleh pelatih, guru olahraga, maupun atlet. Pendekatan berbasis pose dan *deep learning* juga telah diterapkan pada analisis pose olahraga menembak untuk mendukung evaluasi teknik olahraga secara lebih terukur [9].

B. Hasil Visualisasi Landmark Pose

Setelah video dimasukkan, sistem membaca frame video dan melakukan deteksi titik tubuh menggunakan MediaPipe Pose. Hasil deteksi ditampilkan dalam bentuk skeleton yang menunjukkan posisi tubuh atlet pada setiap fase gerakan. Visualisasi ini membantu pengguna memastikan bahwa tubuh atlet berhasil terdeteksi sebelum sistem menampilkan hasil evaluasi. Contoh visualisasi skeleton pada fase awalan, langkah silang, dan pelepasan ditunjukkan pada Gambar 3.

Visualisasi Skeleton pada Fase Awalan, Langkah Silang, dan Pelepasan

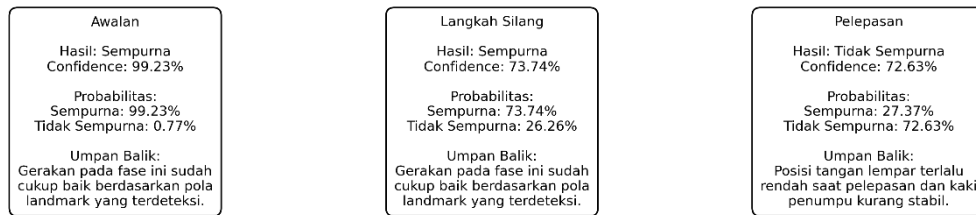


Gambar 3. Visualisasi skeleton pada fase awalan, langkah silang, dan pelepasan

Visualisasi skeleton menunjukkan bahwa gerakan tubuh dapat direpresentasikan dalam bentuk titik landmark dan garis penghubung antarbagian tubuh. Representasi ini digunakan karena sistem tidak menilai gerakan hanya dari tampilan video mentah, tetapi dari posisi tubuh yang diubah menjadi data koordinat. Pemanfaatan MediaPipe untuk analisis postur olahraga juga telah diterapkan pada deteksi postur panahan, sehingga pendekatan landmark pose dapat membantu pengamatan posisi tubuh atlet secara lebih objektif [10].

C. Hasil Evaluasi Fase Gerak

Hasil evaluasi sistem ditampilkan berdasarkan tiga fase utama, yaitu awalan, langkah silang, dan pelepasan. Setiap fase menghasilkan label kualitas teknik berupa sempurna atau tidak sempurna. Selain label, sistem juga menampilkan nilai *confidence*, probabilitas kelas, jumlah frame pose yang terdeteksi, visualisasi skeleton, dan umpan balik teknik. Contoh hasil evaluasi dan umpan balik teknik per fase ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil evaluasi dan umpan balik teknik per fase

Pada hasil evaluasi, pengguna dapat melihat kualitas gerakan pada masing-masing fase secara terpisah. Informasi ini membuat proses evaluasi lebih jelas karena pengguna tidak hanya memperoleh hasil akhir, tetapi juga mengetahui fase mana yang sudah baik dan fase mana yang perlu diperbaiki. Pendekatan pengenalan gerakan berbasis MediaPipe juga telah diterapkan pada gerakan Tai Chi, yang menunjukkan bahwa data pose dari video dapat digunakan untuk mengenali pola gerakan olahraga secara berurutan [11].

D. Hasil Pengujian Model

Pengujian model dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengenali kualitas gerakan pada setiap fase. Model diuji menggunakan data uji dari masing-masing fase dengan metrik akurasi, presisi, *recall*, dan F1-score. Hasil pengujian model pada setiap fase ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Evaluasi Model pada Setiap Fase

Fase	Akurasi	Presisi	Recall	F1-score
Awalan	0.9167	0.9167	0.9167	0.9167
Langkah Silang	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Pelepasan	0.7083	0.8056	0.7083	0.6590

Berdasarkan Tabel 4, model pada fase langkah silang memperoleh hasil terbaik dengan nilai akurasi, presisi, *recall*, dan F1-score sebesar 1.0000. Model pada fase awalan juga menunjukkan performa yang baik dengan nilai seluruh metrik sebesar 0.9167. Sementara itu, fase pelepasan memperoleh hasil lebih rendah dibandingkan dua fase lainnya, yaitu akurasi sebesar 0.7083 dan F1-score sebesar 0.6590.

Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa setiap fase memiliki tingkat kesulitan klasifikasi yang berbeda. Fase awalan dan langkah silang memiliki pola gerakan yang lebih stabil, sehingga lebih mudah dikenali oleh model. Sebaliknya, fase pelepasan memiliki gerakan yang lebih cepat dan kompleks karena melibatkan koordinasi lengan, posisi tubuh, kaki penopang, serta keseimbangan akhir. Pengembangan sistem berbasis OpenCV dan MediaPipe pada aplikasi pengenalan gerakan juga menunjukkan bahwa pemrosesan visual berbasis kamera dapat digunakan untuk membaca pola gerakan pengguna secara interaktif [12].

E. Analisis Kinerja dan Keterbatasan Sistem

Berdasarkan hasil implementasi, sistem dapat menjalankan proses evaluasi gerakan lempar lembing mulai dari unggah video, deteksi pose, pembentukan fitur landmark, hingga

penampilan hasil evaluasi pada setiap fase gerakan. Hasil keluaran sistem tidak hanya berupa label sempurna atau tidak sempurna, tetapi juga dilengkapi nilai *confidence*, probabilitas kelas, visualisasi skeleton, dan umpan balik teknik. Penyajian informasi tersebut membuat hasil evaluasi lebih mudah dipahami karena setiap fase gerakan ditampilkan secara terpisah.

Dari sisi kinerja, fase langkah silang memperoleh hasil terbaik dibandingkan fase lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pola gerakan pada fase tersebut cenderung lebih konsisten dan lebih mudah dikenali oleh model. Fase awalan juga menghasilkan performa yang baik karena pola gerakannya relatif stabil. Sementara itu, fase pelepasan memperoleh nilai lebih rendah karena gerakan pada fase ini berlangsung cepat dan melibatkan perubahan posisi tubuh yang lebih kompleks.

Dari sisi penggunaan, sistem dapat membantu pengguna mengetahui fase gerakan yang sudah baik dan fase yang masih perlu diperbaiki. Misalnya, ketika fase pelepasan diklasifikasikan tidak sempurna, sistem dapat memberikan catatan terkait posisi tangan, keseimbangan tubuh, atau kestabilan kaki penopang. Dengan demikian, sistem dapat digunakan sebagai alat bantu evaluasi awal sebelum dilakukan penilaian lanjutan oleh pelatih atau guru olahraga.

Keterbatasan sistem terdapat pada kualitas deteksi pose yang masih dipengaruhi oleh kondisi perekaman. Posisi tubuh yang tidak terlihat jelas, sudut kamera yang kurang tepat, pencahayaan rendah, dan latar belakang yang ramai dapat menurunkan hasil deteksi landmark. Selain itu, jumlah dataset masih perlu ditambah agar sistem dapat mengenali variasi gerakan dari lebih banyak atlet. Kombinasi OpenCV dan MediaPipe pada sistem pelacakan gerakan berbasis kamera juga menunjukkan bahwa kualitas masukan visual menjadi faktor penting dalam keberhasilan pemrosesan gerakan [13]. Pengembangan berikutnya dapat dilakukan dengan menambah data video, memperbaiki pemilihan frame, serta menguji sistem pada kondisi perekaman yang lebih beragam.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi, sistem evaluasi fase gerak lempar lembing berbasis *landmark pose* berhasil dikembangkan untuk membantu proses penilaian teknik secara lebih terstruktur. Sistem mampu memproses video gerakan lempar lembing, mengekstraksi *landmark* tubuh menggunakan MediaPipe Pose, membentuk fitur gerakan, serta menampilkan hasil evaluasi pada tiga fase utama, yaitu awalan, langkah silang, dan pelepasan. Hasil keluaran sistem tidak hanya berupa label sempurna atau tidak sempurna, tetapi juga dilengkapi nilai *confidence*, probabilitas kelas, visualisasi skeleton, dan umpan balik teknik pada setiap fase gerakan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa fase langkah silang memperoleh performa terbaik dengan nilai akurasi, presisi, *recall*, dan F1-score sebesar 1.0000. Fase awalan juga menunjukkan hasil yang baik dengan nilai seluruh metrik sebesar 0.9167, sedangkan fase pelepasan memperoleh hasil lebih rendah dengan akurasi sebesar 0.7083 dan F1-score sebesar 0.6590. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa fase pelepasan memiliki karakteristik gerakan yang lebih kompleks dan membutuhkan pengembangan lebih lanjut. Sistem ini dapat digunakan sebagai alat bantu evaluasi awal bagi pelatih, guru olahraga, dan atlet, namun pengembangan berikutnya masih diperlukan melalui penambahan dataset, peningkatan variasi video, serta pengujian pada kondisi perekaman yang lebih beragam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang telah memberikan dukungan akademik dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses pengembangan sistem dan penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam pengumpulan data, pengujian sistem, serta penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Rahman and N. Hamdiana, "Analisis Kondisi Fisik pada Atlet Atletik Nomor Lempar Lembing Binaan PASI Kabupaten Paser," *Borneo Physical Education Journal*, vol. 3, pp. 64–72, 2022, doi: <https://doi.org/10.30872/bpej.v3i2.2081>.
- [2] A. Hamzah, M. Ilham Aksir, J. A. Kesehatan dan Rekreasi Jl P Pettarani, K. Rappocini, K. Makassar, and S. Selatan, "Analisis Daya ledak Otot Lengan pada Atlet Lempar Lembing FIKK UNM," *Jurnal Dunia Pendidikan*, vol. 5, no. 6, 2025, doi: <https://doi.org/10.55081/jurdip.v6i5>.
- [3] A. Darmawan and J. Penjaskes-Rek, "HUBUNGAN KEKUATAN OTOT LENGAN DENGAN KEMAMPUAN LEMPAR LEMBING PADA SISWA SMA NEGERI 2 TOMIA," *Jurnal Olympic*, vol. 1, no. 1, 2021, doi: <https://doi.org/10.36709/olympic.v1i1.7>.
- [4] B. Alif Fimaskoro, S. Aulia, and D. Rimasa, "Identifikasi Atlet Anggar Berdasarkan Pengukuran Antropometri Menggunakan MediaPipe Pose," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 13, no. 1, pp. 11–17, Feb. 2024, doi: [10.22146/jnteti.v13i1.8145](https://doi.org/10.22146/jnteti.v13i1.8145).
- [5] M. T. Mubayyin, E. M. A. Anantacia, C. Salsabila, and M. F. Hidayattullah, "Klasifikasi dan deteksi pose pilates menggunakan mediapipe dan random forest classifier," *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, vol. 19, no. 1, pp. 56–63, Jun. 2025, doi: [10.24252/teknosains.v19i1.53698](https://doi.org/10.24252/teknosains.v19i1.53698).
- [6] R. Krisna Pambudi and N. Wijaya, "Sistem Finding Choreography HipHop Basic Menggunakan MediaPipe Body Pose Estimation untuk Dancer," *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 15, no. 1, pp. 1–11, 2026, doi: [10.35889/jutisi.v15i1.3404](https://doi.org/10.35889/jutisi.v15i1.3404).
- [7] B. A. Rizki and E. Zuliarso, "Klasifikasi Teknik Bulutangkis Berdasarkan Pose Dengan Convolutional Neural Network," *Jurnal Ilmiah Informatika*, vol. 10, pp. 96–101, 2022, doi: [10.33884/jif.v10i02.5559](https://doi.org/10.33884/jif.v10i02.5559).
- [8] F. Daniel Tanugraha, H. Pratikno, M. Musayanah, and W. Indah Kusumawati, "Pengenalan Gerakan Olahraga Berbasis (Long Short- Term Memory) Menggunakan Mediapipe," *Journal of Advances in Information and Industrial Technology*, vol. 4, no. 1, pp. 37–45, May 2022, doi: [10.52435/jaiit.v4i1.182](https://doi.org/10.52435/jaiit.v4i1.182).
- [9] B. Sobari, M. Moedjiono, and M. A. Rizkiawan, "Pose Analysis and Classification in Shooting Sport Using Convolutional Neural Network and Long Short-Term Memory,"

- Jurnal Informatika*, vol. 12, no. 2, pp. 122–130, Oct. 2025, doi: 10.31294/inf.v12i2.25566.
- [10] M. A. B. Prasetya, Harits Ar Rosyid, and M. Zainal Arifin, “Accuracy Evaluation of 2D MediaPipe-Based Pose Estimation for Archery Posture Detection Using N-MPJPE,” *JURNAL TEKNIK INFORMATIKA*, vol. 19, no. 1, pp. 109–121, Apr. 2026, doi: 10.15408/jti.v19i1.49778.
- [11] V. Suhandi and H. Santoso, “Personal Training with Tai Chi: Classifying Movement using Mediapipe Pose Estimation and LSTM,” *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 6, no. 2, pp. 767–775, Sep. 2024, doi: 10.47065/bits.v6i2.5536.
- [12] Muhammad Rizaldi, Rudi Heriansyah, and Nazori Suhandi, “Pengenalannya Gerakan Tangan untuk Kontrol Slide Presentasi Menggunakan Framework Mediapipe, OpenCV, dan Model LSTM,” *Jurnal Publikasi Teknik Informatika*, vol. 4, no. 3, pp. 98–111, Sep. 2025, doi: 10.55606/jupti.v4i3.5332.
- [13] A. M. Chalik, A. Qowy, F. Hanafi, and A. Nuraminah, “Mouse Tracking Tangan dengan Klasifikasi Gestur Menggunakan OpenCV dan Mediapipe,” *JUITIK*, vol. 1, no. 2, 2021, doi: <https://doi.org/10.55606/juitik.v1i2.323>.