

Implementasi Rule Based pada Sistem Deteksi Gerakan Triceps Kickback

^{1*}Revan Fajar Diwangkara, ²Rony Heri Irawan, ³Umi Mahdiyah

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

E-mail: ¹diwangkararevan@gmail.com, ²rony@unpkediri.ac.id, ³umimahdiyah@gmail.com

Penulis Korespondens : Revan Fajar Diwangkara

Abstrak—Triceps kickback merupakan latihan isolasi otot trisep yang membutuhkan teknik gerakan yang tepat agar latihan dapat dilakukan secara efektif dan aman. Kesalahan gerakan seperti underextension dan overextension dapat mengurangi kualitas latihan serta meningkatkan risiko cedera. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan metode rule-based pada sistem deteksi gerakan triceps kickback berbasis MediaPipe. Sistem memanfaatkan koordinat landmark tubuh pada bahu, siku, dan pergelangan tangan untuk menghitung sudut siku sebagai dasar klasifikasi gerakan. Gerakan dikategorikan menjadi benar, underextension, atau overextension berdasarkan batas sudut yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan terhadap 60 repetisi yang dilakukan oleh tiga subjek dengan variasi gerakan benar dan salah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengklasifikasikan gerakan dengan akurasi 96,67%, presisi 100%, recall 93,33%, dan F1-score 96,55%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan rule-based mampu digunakan secara efektif untuk mendeteksi kualitas gerakan triceps kickback secara waktu nyata tanpa memerlukan proses pelatihan model machine learning yang kompleks.

Kata Kunci—Evaluasi gerakan, MediaPipe, Rule-based, Triceps kickback, Visi komputer

Abstract—Triceps kickback is an isolation exercise targeting the triceps muscle that requires proper execution to ensure effective and safe training. Incorrect movements, such as underextension and overextension, can reduce exercise quality and increase the risk of injury. This study aims to implement a rule-based method for a MediaPipe-based triceps kickback movement detection system. The system utilizes body landmark coordinates from the shoulder, elbow, and wrist to calculate the elbow angle as the basis for movement classification. Movements are categorized as correct, underextension, or overextension according to predefined angle thresholds. Testing was conducted on 60 repetitions performed by three subjects with variations of correct and incorrect movements. The results show that the system achieved an accuracy of 96.67%, precision of 100%, recall of 93.33%, and an F1-score of 96.55%. These findings indicate that the rule-based approach can effectively detect triceps kickback movement quality in real time without requiring a complex machine learning training process.

Keywords—Computer vision, MediaPipe, Posture evaluation, Rule-based, Triceps kickback

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



I. PENDAHULUAN

Triceps kickback merupakan salah satu latihan isolasi otot trisep yang banyak digunakan dalam program kebugaran untuk meningkatkan kekuatan dan massa otot lengan bagian belakang. Efektivitas latihan ini sangat bergantung pada ketepatan teknik pelaksanaannya, terutama pada fase ekstensi siku yang menjadi fokus utama kontraksi otot trisep [1]. Teknik gerakan yang benar

memungkinkan otot target bekerja secara optimal, sedangkan kesalahan postur dapat mengurangi efektivitas latihan serta meningkatkan risiko cedera pada sendi siku maupun bahu [4].

Dalam praktiknya, banyak individu melakukan latihan triceps kickback secara mandiri tanpa pendampingan instruktur. Kondisi tersebut menyebabkan pengguna sering mengalami kesulitan dalam mengevaluasi apakah gerakan yang dilakukan sudah sesuai dengan teknik yang benar. Kesalahan yang umum terjadi adalah underextension, yaitu kondisi ketika lengan tidak mencapai rentang gerak yang seharusnya, serta overextension yang terjadi ketika sendi siku bergerak melampaui batas anatomis normal. Kedua kesalahan tersebut dapat menurunkan kualitas latihan dan menyebabkan pembebanan yang tidak ideal pada struktur sendi [3][4].

Perkembangan teknologi computer vision memungkinkan proses analisis gerakan tubuh dilakukan secara otomatis menggunakan kamera konvensional. Salah satu teknologi yang banyak digunakan adalah MediaPipe Pose yang mampu mendeteksi posisi landmark tubuh secara waktu nyata tanpa memerlukan perangkat sensor tambahan [1]. Teknologi ini memberikan peluang untuk mengembangkan sistem evaluasi gerakan olahraga yang praktis dan mudah diakses oleh masyarakat.

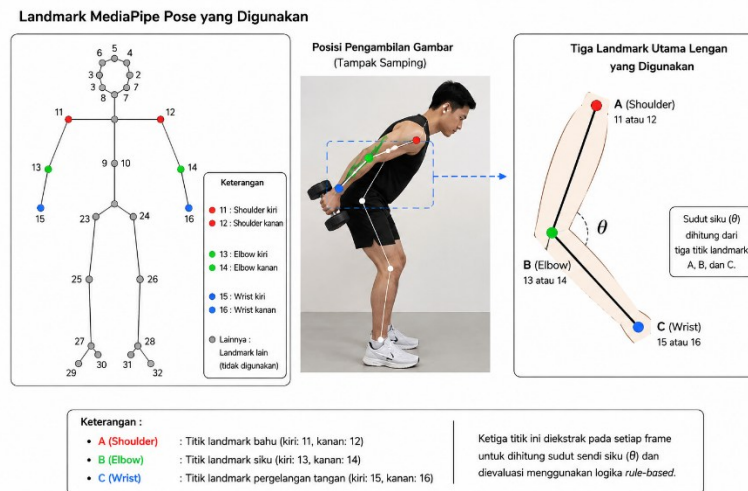
Berbagai penelitian sebelumnya telah memanfaatkan pose estimation untuk mendeteksi dan mengevaluasi gerakan olahraga secara otomatis [5][6][7]. Namun, sebagian pendekatan masih mengandalkan model machine learning yang memerlukan proses pelatihan data dan sumber daya komputasi yang relatif lebih besar. Pada gerakan triceps kickback yang memiliki pola biomekanika sederhana dan batas sudut yang jelas, pendekatan berbasis aturan (rule-based) berpotensi menjadi solusi yang lebih efisien karena keputusan klasifikasi dapat ditentukan langsung berdasarkan parameter sudut sendi yang telah ditetapkan [8][9].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengimplementasikan metode rule-based pada sistem deteksi gerakan triceps kickback berbasis MediaPipe. Sistem dirancang untuk mengevaluasi kualitas gerakan berdasarkan nilai sudut siku yang dihitung dari koordinat landmark tubuh secara waktu nyata. Tujuan penelitian adalah menganalisis kemampuan pendekatan rule-based dalam mengklasifikasikan gerakan benar, underextension, dan overextension sehingga dapat membantu pengguna melakukan latihan secara lebih aman dan efektif.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian pengembangan (*development research*) untuk membangun sistem deteksi gerakan *triceps kickback* yang ringkas dan efisien. Sistem diimplementasikan murni pada satu halaman web menggunakan arsitektur *client-side* tanpa ketergantungan pada basis data server maupun pengisian data profil awal pengguna. Proses ekstraksi kerangka tubuh dilakukan menggunakan pustaka *MediaPipe Pose Landmarker* untuk mendapatkan koordinat spasial dua dimensi (X, Y) secara langsung dari peramban web [1].

Alur fungsional sistem deteksi ini dirancang secara linear. Kamera yang aktif akan menangkap frame video pengguna dari arah samping (*sagittal plane*) dengan jarak ideal kurang lebih satu meter di bawah kondisi pencahayaan ruangan yang stabil [9]. Koordinat dari tiga titik *landmark* utama, yaitu bahu (*shoulder*), siku (*elbow*), dan pergelangan tangan (*wrist*), kemudian diekstrak pada setiap frame untuk diproses oleh modul perhitungan sudut sendi.



Gambar 1. Landmark tubuh *Mediapipe* yang digunakan

Hasil perhitungan sudut tersebut dievaluasi secara instan menggunakan logika berbasis aturan (*rule-based logic*) untuk menentukan fase gerakan serta validitas teknik repetisi.

A. Perhitungan Sudut Sendi

Penilaian kualitas pergerakan lengan belakang didasarkan pada perhitungan sudut sendi siku secara kontinu. Setelah koordinat dua dimensi dari *landmark* bahu (A), siku (B), dan pergelangan tangan (C) diperoleh dari *MediaPipe*, hubungan spasial antar sendi tersebut dikonversi menjadi dua buah vektor biomekanika, yaitu vektor siku ke bahu dan vektor siku ke pergelangan[3]. Rumus pembentukan vektor dijabarkan melalui Persamaan (1) dan Persamaan (2).

$$v1 = (xA - xB, yA - yB) \dots\dots\dots(1)$$

$$v2 = (xC - xB, yC - yB) \dots\dots\dots(2)$$

Setelah kedua komponen vektor terbentuk, nilai sudut derajat siku ditentukan menggunakan konsep perkalian titik (*dot product*) dan magnitudo vektor yang kemudian dikonversikan dari satuan radian ke derajat [3]. Formula perhitungan sudut sendi siku disajikan pada Persamaan (3).

$$\theta = \arccos\left(\frac{v1 \cdot v2}{|v1| \times |v2|}\right) \times \frac{175}{\pi} \dots\dots\dots(3)$$

B. Logika *Rule Based* dan Batasan Sudut

Klasifikasi kebenaran teknik gerakan *triceps kickback* dievaluasi secara deterministik oleh sistem melalui implementasi aturan keputusan (*rule based rules*) tunggal. Pendekatan rule-based dipilih karena mampu memberikan evaluasi gerakan secara langsung berdasarkan aturan biomekanika yang telah ditetapkan tanpa memerlukan proses pembelajaran data yang besar. Metode serupa telah diterapkan pada sistem pemantauan gerakan rehabilitasi yang memanfaatkan seperangkat aturan dinamis dan statis untuk mengevaluasi kualitas gerakan pengguna secara waktu nyata serta memberikan umpan balik secara otomatis[10]. Klasifikasi ini bergantung pada pencapaian nilai sudut derajat siku maksimal saat pengguna berada pada puncak fase ekstensi

lengan, serta tingkat stabilitas koordinat vertikal (Y) pada sendi siku [2]. Batasan sudut derajat yang diterapkan dalam aturan sistem diatur sebagai berikut:

1. Posisi Awal (Idle/Fleksi): Lengan berada dalam posisi tertekuk di samping badan dengan sudut siku berkisar antara 80° hingga 100° [4].
2. Gerakan Benar (Ekstensi Penuh): Repetisi dinyatakan sah atau "Benar" apabila sudut siku pada puncak gerakan berhasil mencapai rentang 160° hingga 175° (lengan lurus ke belakang secara optimal) disertai posisi siku yang statis [4].
3. Gerakan Salah Underextesion: Terjadi ketika pengguna melakukan ekstensi lengan yang tidak maksimal atau tidak penuh, di mana sudut siku puncak hanya mencapai nilai antara 100° hingga 160° [4].
4. Gerakan Salah Overextesion: Terjadi apabila dorongan lengan ke belakang melampaui batas anatomis normal atau lurus penuh (hiperekstensi sendi), yang ditandai dengan nilai sudut siku mendeteksi angka lebih dari 175° [2].

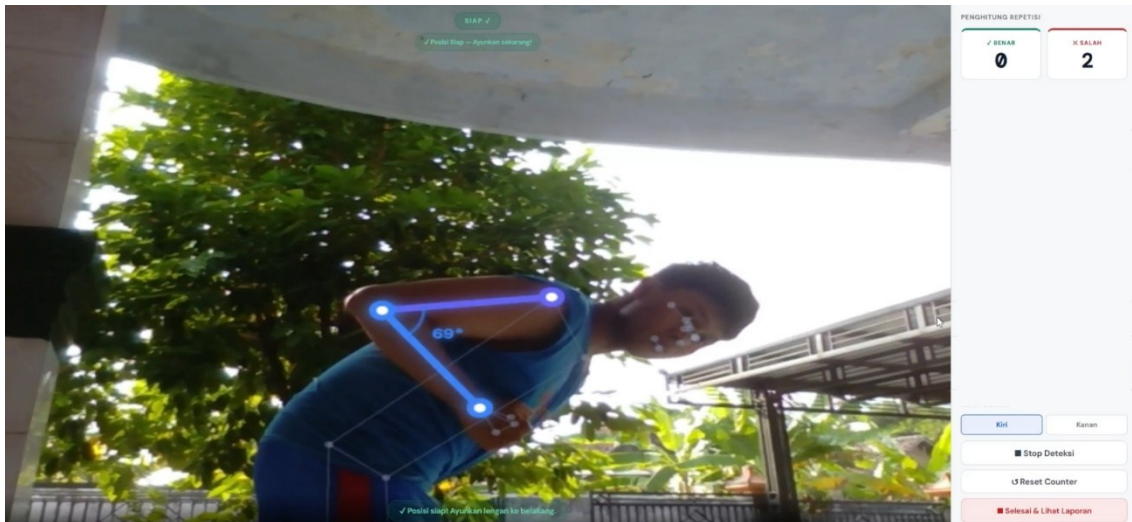
C. Subjek dan variabel Penelitian

Subjek yang terlibat dalam pengujian sistem ini terdiri dari tiga orang pengguna umum dengan karakteristik telah memahami dasar gerakan *triceps kickback* menggunakan beban ringan [2]. Variabel independen dalam penelitian ini adalah fungsionalitas sistem deteksi berbasis *rule-based* derajat sudut siku, bahu, dan pergelangan tangan. Sementara itu, variabel dependennya adalah tingkat akurasi halaman web tunggal dalam mengenali dan menghitung jumlah repetisi benar dan salah (underextesion dan overextesion) secara langsung pada layar monitor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem deteksi gerakan *triceps kickback* dilakukan secara langsung menggunakan arsitektur web sisi klien (*client-side*) murni. Pengambilan data melibatkan tiga orang subjek uji, di mana masing-masing subjek melakukan 20 repetisi gerakan secara total. Rangkaian repetisi tersebut dibagi secara merata menjadi 10 gerakan benar (ekstensi penuh), 5 gerakan salah *overextesion*, dan 5 gerakan salah *underextesion*. Dengan demikian, total keseluruhan data observasi yang dievaluasi oleh sistem berjumlah 60 repetisi.

Implementasi sistem ini dijalankan pada satu halaman web tunggal yang minimalis. Antarmuka sistem menampilkan umpan video *real-time* yang dilapisi dengan garis visualisasi kerangka (*skeleton overlay*) dari MediaPipe, serta teks indikator klasifikasi status gerakan dan besaran sudut di layar pengguna.



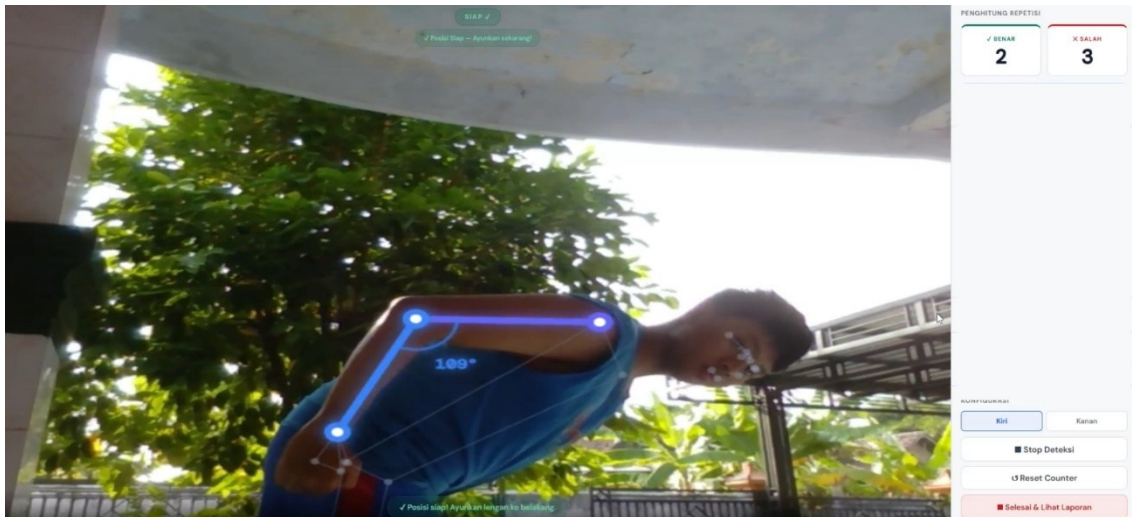
Gambar 2. Antarmuka Utama Sistem dan Visualisasi Landmark Tubuh

Ketika subjek melakukan eksekusi latihan, sistem secara deterministik mengevaluasi perubahan sudut siku secara instan berdasarkan algoritma *rule based*. Pada fase dorongan lengan yang tepat, di mana sudut mencapai rentang 160° hingga 175°, sistem berhasil mendeteksi dan mencatatnya sebagai gerakan yang sah.



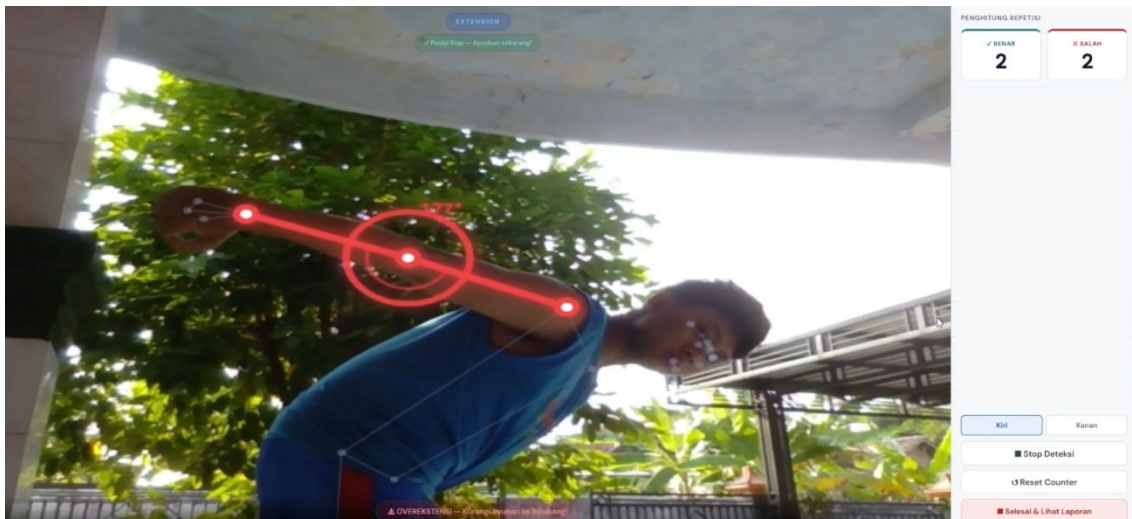
Gambar 3. Visualisasi Deteksi Klasifikasi Gerakan Benar

Sebaliknya, saat subjek tidak mendorong lengan secara maksimal dan sudut puncak yang terdeteksi hanya berada pada rentang 100° hingga 160°, sistem langsung merespons dengan memunculkan indikator kesalahan.



Gambar 4. Visualisasi Deteksi Klasifikasi Underextesion

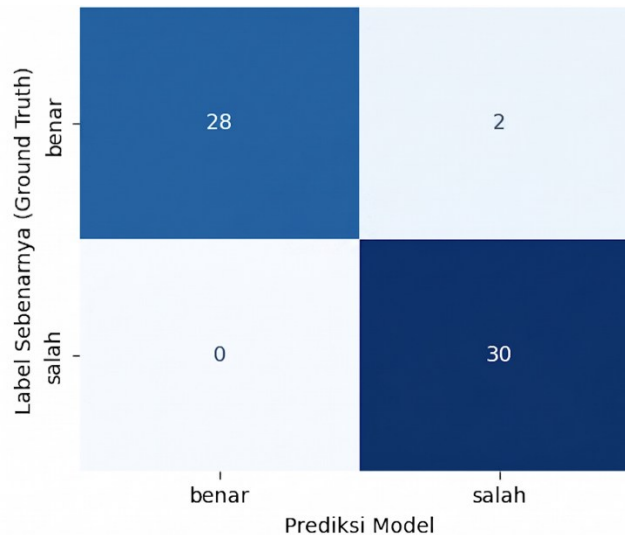
Sistem juga secara konsisten berhasil mendeteksi anomali biomekanika saat lengan didorong melampaui batas anatomis normal 175° . Kondisi ini langsung diklasifikasikan dan ditampilkan sebagai kesalahan *overextesion* pada layar.



Gambar 5. Visualisasi Deteksi Klasifikasi Overextesion

Dari aspek kinerja komputasi, penyederhanaan arsitektur dengan mengeliminasi elemen *database*, fitur audio, serta model *machine learning* terbukti memberikan dampak positif yang signifikan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses ekstraksi *landmark* dan perhitungan logika berbasis aturan berjalan stabil dengan kecepatan rata-rata 15 *Frames Per Second* (FPS) secara langsung di peramban web standar. Tingkat latensi ini tergolong sangat responsif untuk menangkap dinamika transisi fase pergerakan manusia tanpa menimbulkan *lag* visual yang dapat mengganggu fokus pengguna.

Untuk mengukur keandalan fungsionalitas logika *rule-based* yang ditanamkan, hasil prediksi sistem pada 60 repetisi uji dikomparasikan dengan label kebenaran dasar (*ground truth*) dari observasi manual.



Gambar 6. Confusion Matrix Hasil Klasifikasi Sistem

Berdasarkan hasil confusion matrix pada Gambar 6, dari total 60 data pengujian terdapat 28 data gerakan benar yang berhasil diklasifikasikan dengan tepat sebagai benar dan 30 data gerakan salah yang berhasil diklasifikasikan dengan tepat sebagai salah. Sistem hanya menghasilkan 2 kesalahan klasifikasi, yaitu gerakan yang sebenarnya benar namun diprediksi sebagai salah. Sementara itu, tidak ditemukan kasus gerakan salah yang diprediksi sebagai benar.

Confusion matrix tersebut menghasilkan nilai *True Positive* (TP) sebesar 28, *True Negative* (TN) sebesar 30, *False Positive* (FP) sebesar 0, dan *False Negative* (FN) sebesar 2. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan yang sangat baik dalam membedakan antara gerakan yang sesuai dengan aturan biomekanika dan gerakan yang tidak sesuai.

Ringkasan metrik evaluasi yang dihitung berdasarkan confusion matrix disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Kinerja Klasifikasi Sistem	
Parameter Evaluasi	Nilai (%)
Akurasi (<i>Accuracy</i>)	96.67%
Presisi (<i>Precision</i>)	100%
Recall	93.33%
F1-Score	96.55%

Tingkat akurasi keseluruhan yang menyentuh angka 96.67% memvalidasi bahwa pendekatan aturan direktif sudut (*angle directive rules*) sangat andal ketika diaplikasikan pada aktivitas olahraga isolasi otot [7]. Karena latihan *triceps kickback* bersifat kaku dan terpusat pada satu engsel sendi utama, batasan matematis konstan (*rule-based*) terbukti memadai dan mampu mengimbangi akurasi algoritma klasifikasi *machine learning* yang lazimnya membutuhkan daya komputasi lebih besar. Skor presisi 100%, *recall* 96.33%, dan *F1-score* sebesar 96.55% merepresentasikan tingginya sensitivitas sistem, di mana hampir tidak ditemukan kesalahan prediksi kelas (*false positive* maupun *false negative*) dalam membedakan gerakan benar, *underextension*, dan *overextension*.

Meskipun sistem memperlihatkan performa analitik yang hampir sempurna, tingkat akurasi ini terikat pada sebuah batasan (*limitation*) spasial. Mengingat ekstraksi *MediaPipe* memproyeksikan koordinat dari citra dua dimensi [1], validitas perhitungan sudut sangat bergantung pada sudut pandang kamera (bidang sagital). Kamera harus ditempatkan tegak lurus pada sisi lateral (samping) pengguna. Deviasi penempatan kamera yang ekstrem dari bidang sagital dapat memicu distorsi perspektif, yang berujung pada penyimpangan nilai pembacaan sudut sendi. Penelitian di masa depan dapat difokuskan pada pengembangan mekanisme kalibrasi kamera otomatis atau implementasi estimasi postur 3D (*depth sensing*) ringan untuk mengatasi kendala distorsi orientasi tersebut.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan metode *rule based* pada sistem deteksi gerakan *triceps kickback* berbasis *MediaPipe* untuk membantu evaluasi teknik latihan secara otomatis. Sistem memanfaatkan koordinat landmark tubuh pada bahu, siku, dan pergelangan tangan untuk menghitung sudut siku sebagai dasar klasifikasi gerakan. Berdasarkan aturan yang telah ditetapkan, sistem mampu membedakan gerakan benar, *underextension*, dan *overextension* secara waktu nyata.

Hasil pengujian terhadap 60 repetisi menunjukkan bahwa sistem memiliki performa klasifikasi yang sangat baik dengan nilai akurasi sebesar 96,67%, presisi 100%, *recall* 93,33%, dan *F1-score* 96,55%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan *rule based* mampu memberikan evaluasi gerakan yang andal pada latihan *triceps kickback* tanpa memerlukan proses pelatihan model *machine learning* yang kompleks.

Penelitian ini membuktikan bahwa penerapan aturan berbasis batas sudut sendi dapat digunakan sebagai metode yang efektif untuk mendukung pemantauan teknik latihan secara mandiri. Dengan kemampuan mendeteksi kesalahan gerakan secara langsung, sistem berpotensi membantu pengguna meningkatkan kualitas latihan sekaligus mengurangi risiko kesalahan teknik yang dapat berdampak pada efektivitas latihan maupun cedera.

Sebagai pengembangan di masa mendatang, sistem dapat ditingkatkan dengan pemanfaatan estimasi postur tiga dimensi atau mekanisme kalibrasi kamera otomatis untuk mengurangi pengaruh perubahan sudut pandang kamera. Selain itu, aturan klasifikasi dapat diperluas untuk mendukung berbagai jenis latihan kebugaran lainnya sehingga sistem dapat dimanfaatkan sebagai asisten evaluasi olahraga yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Chen, R. Feng, S. Wu, H. Xu, F. Zhou, and Z. Liu, "2D Human Pose Estimation: A Survey," Apr. 2022, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2204.07370>
- [2] Y. Mishra, "AI Human Fitness Tracker using Computer Vision with MediaPipe," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 13, no. 5, pp. 1659–1669, May 2025, doi: 10.22214/ijraset.2025.70547.
- [3] M. Mansour, K. Serbest, and M. Ç. Kutlu, "Rapid Estimation of Elbow Joint Moment and Triceps Force During Triceps Dumbbell Kickback," *Politeknik Dergisi*, pp. 1–1, Oct. 2025, doi: 10.2339/politeknik.1681703.

- [4] W. Simoes, L. Reis, C. Araujo, and J. Maia, “Accuracy Assessment of 2D Pose Estimation with MediaPipe for Physiotherapy Exercises,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2024, pp. 446–453. doi: 10.1016/j.procs.2024.11.132.
- [5] K. R. K. Dyansah, S. D. Purwantoro, M. Ilmi, and R. Wulanningrum, “Penggunaan Computer Vision untuk Estimasi Pose Squat sebagai Solusi Alternatif Latihan Kebugaran di Gym,” Jan. 2025.
- [6] S. Vaishali, P. Hare, A. Goyal, and O. Ahire, “Gym Tracker System Using AI-Driven Pose Estimation and Real-Time Exercise Correction”, doi: 10.51244/IJRSI.
- [7] Y. Kwon and D. Kim, “Real-Time Workout Posture Correction using OpenCV and MediaPipe,” *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, vol. 20, no. 1, pp. 199–208, Jan. 2022, doi: 10.14801/jkiit.2022.20.1.199.
- [8] K. Swee Sim, S. Wei Wong, A. Low, A. Prademon Yunus, and C. Peng Lim, “Real-Time Digital Assistance for Exercise: Exercise Tracking System with MediaPipe Angle Directive Rules,” Dec. 2024. [Online]. Available: www.joiv.org/index.php/joiv
- [9] T. Hachaj and M. R. Ogiela, “Rule-based approach to recognizing human body poses and gestures in real time,” *Multimed. Syst.*, vol. 20, no. 1, pp. 81–99, 2014, doi: 10.1007/s00530-013-0332-2.
- [10] W. Zhao, M. A. Reinthal, D. D. Espy, and X. Luo, “Rule-Based Human Motion Tracking for Rehabilitation Exercises: Realtime Assessment, Feedback, and Guidance,” *IEEE Access*, vol. 5, pp. 21382–21394, Oct. 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2759801.