

Sistem Monitoring Latihan *Bicep Curl* Berbasis *Computer Vision* untuk Peningkatan Performa dan Akurasi Latihan

^{1*}Yopy Aldo Oktamar, ²Danang Wahyu Widodo, ³Ardi Sanjaya

¹²³ Teknik Informatika, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹yopialdo2@gmail.com, ²danangwahyuwidodo@unpkediri.ac.id,
³dersky@gmail.com

Penulis Korespondens : Yopy Aldo Oktamar

Abstrak— Latihan bicep curl merupakan salah satu bentuk latihan kekuatan yang populer untuk membentuk otot lengan atas. Namun, kesalahan dalam teknik pelaksanaan dapat menurunkan efektivitas latihan dan meningkatkan risiko cedera. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring bicep curl berbasis computer vision yang mampu mendeteksi kesalahan gerakan secara real-time dan memberikan umpan balik langsung kepada pengguna. Sistem dikembangkan menggunakan kamera untuk menangkap gerakan, dengan MediaPipe digunakan untuk ekstraksi pose dan analisis sudut sendi utama seperti bahu, siku, dan pergelangan tangan. Melalui algoritma deteksi berbasis pergeseran sudut dan posisi relatif antar sendi, sistem mampu mengidentifikasi repetisi yang benar dan salah. Evaluasi sistem dilakukan menggunakan confusion matrix terhadap 10 repetisi latihan yang seluruhnya salah, dan menghasilkan akurasi klasifikasi sebesar 80%. Meski begitu, tingkat presisi 0% menunjukkan adanya false positive yang perlu diminimalkan. Hasil ini menegaskan potensi sistem sebagai alat bantu latihan non-invasif untuk mendeteksi dan memperbaiki kesalahan gerakan. Ke depannya, pengembangan algoritma lebih presisi dan ketahanan terhadap variasi lingkungan menjadi arah penelitian selanjutnya. Sistem ini berkontribusi terhadap inovasi teknologi olahraga yang aman, mudah diakses, dan efektif dalam mendukung kebugaran fisik.

Kata Kunci— Ketepatan, Bicep Curl, Penglihatan Komputer, Pemantauan, Estimasi Pose

Abstract— *Bicep curl training is a popular form of strength training to build upper arm muscles. However, errors in execution technique can decrease the effectiveness of the exercise and increase the risk of injury. This research aims to develop a computer vision-based bicep curl monitoring system that is able to detect movement errors in real-time and provide immediate feedback to the user. The system was developed using a camera to capture movements, with MediaPipe used for pose extraction and angle analysis of major joints such as shoulder, elbow, and wrist. Through detection algorithms based on angular shifts and relative positions between joints, the system is able to identify correct and incorrect repetitions. The system was evaluated using a confusion matrix on 10 exercise reps that were all incorrect, resulting in a classification accuracy of 80%. However, the precision level of 0% indicates the presence of false positives that need to be minimized. These results confirm the potential of the system as a non-invasive training aid to detect and correct movement errors. Going forward, the development of more precise algorithms and robustness to environmental variations are future research directions. This system contributes to the innovation of exercise technology that is safe, accessible, and effective in supporting physical fitness.*

Keywords— *Accuracy, Bicep Curl, Computer Vision, Monitoring, Pose Estimation*

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



I. PENDAHULUAN

Latihan kekuatan memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan dan kebugaran fisik. Di antara berbagai jenis latihan kekuatan, bicep curl adalah latihan yang terkenal dan secara khusus menyasar otot bisep pada bagian atas tubuh. Walaupun tampaknya mudah, banyak orang mengalami kesulitan dalam menjaga form dan teknik yang benar saat melakukan bicep curl. Penyimpangan dari metode yang tepat dapat terlihat melalui kurangnya efisiensi saat berlatih, aktivasi otot sasaran yang tidak optimal, atau bahkan cedera pada sendi siku dan bahu [1]. Isu ini menekankan pentingnya pengembangan alat bantu yang mampu memantau dan memberikan umpan balik secara langsung mengenai teknik latihan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah berusaha menangani masalah ini dengan menggunakan sensor yang dapat dipakai atau alat berbasis komputasi untuk mengawasi kinematika tubuh. Sebagai ilustrasi, menggunakan sensor inersia untuk mengevaluasi pola gerakan dalam latihan beban [2], menciptakan sistem berbasis kamera yang dapat mengidentifikasi jumlah repetisi latihan dengan analisis video [3]. Meskipun begitu, sistem-sistem tersebut sering kali memiliki batasan dalam memberikan umpan balik yang mendetail tentang kesalahan tertentu dalam bentuk latihan.

Mengacu pada penelitian sebelumnya [4], pendekatan ini terbukti efektif dalam memberikan analisis gerakan secara real-time, sehingga cocok untuk diaplikasikan dalam konteks monitoring bicep curl. Dengan menganalisis koordinat titik kunci tubuh, sistem ini dapat mengenali repetisi yang dilakukan dengan benar dan yang memiliki kesalahan, serta menyampaikan informasi akurasi kepada pengguna. Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang serta menerapkan sistem yang dapat meningkatkan kualitas pelaksanaan bicep curl pada individu. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Membuat algoritma yang tepat untuk mendeteksi gerakan bicep curl dengan memanfaatkan teknik visi komputer.
2. Memberikan umpan balik langsung tentang jumlah repetisi yang tepat dan yang keliru.
3. Menilai efektivitas sistem dalam membantu pengguna untuk memperbaiki dan mengoptimalkan metode latihan mereka.

Sumbangan penting dari penelitian ini diharapkan berada dalam sektor teknologi olahraga, terutama dalam menciptakan solusi yang dapat diakses secara luas untuk mendukung praktik latihan fisik yang aman dan efisien.

II. METODE

Penelitian ini mengambil pendekatan eksperimental dalam pengembangan dan penilaian sistem pemantauan latihan bicep curl yang berbasis penglihatan komputer.

2.1 Subjek/Materi Penelitian

Subjek penelitian adalah orang yang melakukan latihan bicep curl. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pose tubuh.

2.2 Alat yang Digunakan

Peralatan utama yang dipakai mencakup:

1. Kamera (seperti, webcam atau kamera ponsel) untuk mengambil rekaman gerakan bicep curl.
2. Unit komputer atau laptop dengan spesifikasi yang cukup untuk menjalankan algoritma computer vision.
3. Lingkungan dan alat pengembangan perangkat lunak (Python dengan library OpenCV, MediaPipe) [5].

2.3 Rancangan Percobaan dan Metode Pengumpulan Data

Studi ini mencakup langkah-langkah prosedural sebagaimana berikut:

1. Ekstraksi Titik Kunci Tubuh: Menggunakan kerangka kerja estimasi pose seperti MediaPipe Pose [5], titik kunci tubuh (seperti, sendi siku, bahu, dan pergelangan tangan) diambil dari setiap frame video. Data *keypoint* ini direpresentasikan sebagai koordinat ruang (x, y, z) untuk setiap sendi.
2. Normalisasi Data: Koordinat titik kunci yang diperoleh dinormalisasi untuk mengurangi perbedaan yang ditimbulkan oleh jarak kamera atau ukuran tubuh orang. Normalisasi dapat dilakukan dengan membagi koordinat dengan jarak antara *keypoint* tertentu atau dengan menerapkan metode penskalaan lain. Contoh data yang sudah dinormalisasi dapat dilihat pada Tabel 1.
3. Pengembangan Model Pendeteksian Gerakan: Model pendeteksian gerakan dibuat berdasar analisis pergeseran sudut dan posisi relatif titik kunci tubuh selama fase naik dan turun bicep curl. Batasan atau ketentuan tertentu diterapkan untuk menentukan repetisi yang tepat dan yang tidak tepat. Sebagai contoh, sudut siku pada posisi terendah dan tertinggi dari gerakan akan diperiksa, dan apabila terdapat penyimpangan dari batas yang telah ditentukan, pengulangan akan dianggap sebagai salah [6].
4. Pengembangan Antarmuka Pengguna (UI): Antarmuka pengguna dirancang untuk memberikan umpan balik secara instan kepada pengguna, mencakup jumlah repetisi yang benar, yang salah, serta persentase akurasi dalam latihan. Antarmuka ini juga menyediakan input untuk target pengulangan dan nama pengguna [7]. Contoh tampilan antarmuka dapat dilihat pada Gambar 1.

2.4 Variabel yang Dikutip

Variabel yang dievaluasi dalam studi ini meliputi:

1. Koordinat spasial titik kunci tubuh (x, y, z).
2. Sudut sambungan (siku, bahu).
3. Jumlah pengulangan yang teridentifikasi dengan tepat.
4. Jumlah pengulangan yang teridentifikasi salah.
5. Akurasi latihan (persentase repetisi yang benar dari keseluruhan repetisi).

2.5 Analisis dan Pemodelan Statistik

Analisis data dilakukan dengan pendekatan kuantitatif. Akurasi sistem dinilai berdasarkan kemampuannya dalam mengenali pengulangan yang tepat dan yang keliru, dibandingkan dengan evaluasi manual oleh ahli [8]. Uji validasi dilakukan untuk memastikan algoritma deteksi gerakan dan kinerja sistem secara keseluruhan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deteksi Gerakan Curl Bicep

Sistem yang telah dibuat mampu mendeteksi gerakan bicep curl dengan menganalisis perubahan sudut pada siku serta posisi relatif antara sendi bahu, siku, dan pergelangan tangan [6]. Algoritma yang diterapkan memiliki kemampuan untuk mengenali fase inisiasi, puncak kontraksi, dan fase terminasi dari setiap siklus.

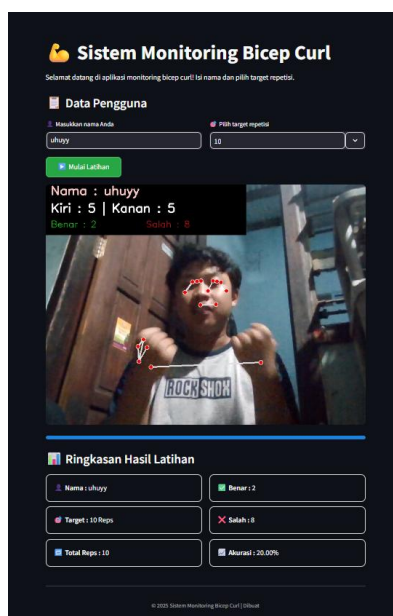
3.2 Umpan Balik Secara Langsung

Antarmuka pengguna, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, memberikan umpan balik waktu nyata yang berguna bagi pengguna. Informasi yang ditunjukkan mencakup:

1. Pengguna yang teridentifikasi.
2. Jumlah pengulangan yang teridentifikasi dengan tepat.
3. Jumlah pengulangan yang salah teridentifikasi.
4. Sasaran repetisi yang sudah disetel.
5. Jumlah pengulangan yang telah dilaksanakan.
6. Tingkat akurasi latihan.

Tabel 1. Contoh Data Pose dari Keypoint Tubuh

Label	Keypoint		
	left_shoulder_x	left_elbow_x	left_wrist_x
C	0.4886695146560669	0.45892757177352905	0.45537471771240234
C	0.4883590340614319	0.46149635314941406	0.4603930115699768
L	0.41444361209869385	0.45291027426719666	0.4925932288169861



Gambar 1. Antarmuka Pengguna Sistem Monitoring Bicep Curl

Merujuk pada Gambar 1, terlihat bahwa sistem mampu mendeteksi 2 repetisi yang benar dan 8 repetisi yang salah dari total 10 repetisi yang diinginkan dengan percobaan dari 10 gerakan tersebut adalah gerakan yang salah. Data ini menunjukkan bahwa sistem dapat secara efisien mengenali kesalahan dalam metode latihan. Kesalahan yang sering teridentifikasi meliputi gerakan ayunan tubuh, atau rentang gerak yang tidak maksimal.

3.3 Analisis Kinerja Sistem dengan *Confusion Matrix*

Untuk mengevaluasi kinerja sistem secara lebih komprehensif, dilakukan analisis menggunakan *confusion matrix* berdasarkan pengujian 10 repetisi. Skenario pengujian adalah semua 10 repetisi yang dilakukan oleh pengguna secara nyata merupakan tindakan yang keliru. Akan tetapi, sistem mengenali 2 gerakan sebagai benar dan 8 gerakan sebagai salah. *confusion matrix* hipotetis yang dapat dihasilkan dari pengujian sistem:

Tabel 2. *Confusion Matrix*

<i>Confusion Matrix</i>			
	<i>Prediksi Sistem(benar)</i>	<i>Prediksi Sistem(salah)</i>	<i>Total Prediksi</i>
Aktual(benar)	0(TP)	0(FN)	0
Aktual(salah)	2(FP)	8(TN)	10
Total Aktual	2	8	10

Berdasarkan *confusion matrix* di atas, dapat dihitung metrik kinerja sebagai berikut:

1. Akurasi: $(TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)=(0+8)/(0+8+2+0)=8/10=0.8$ (atau 80%)
2. Presisi (Precision): $TP/(TP+FP)=0/(0+2)=0$ (atau 0%)
3. Recall (Sensitivitas): $TP/(TP+FN)=0/(0+0)=N/A$ (Tidak Terdefinisi, karena tidak ada *True Positive*)
4. F1-Score: Dalam kasus di mana presisi atau recall adalah 0, F1-Score juga akan 0.

Analisis *confusion matrix* ini menunjukkan bahwa, meskipun akurasi total sistem (80%) terlihat cukup baik dalam mengklasifikasikan secara umum, presisi untuk deteksi gerakan "benar" sangatlah rendah (0%). Ini berarti sistem memiliki kecenderungan untuk salah mengidentifikasi gerakan yang sebenarnya salah sebagai gerakan yang benar (*false positive*). Dua gerakan yang sistem deteksi sebagai "benar" adalah *false positive*. Ini adalah poin kritis yang perlu diperbaiki, karena umpan balik positif yang salah dapat menyesatkan pengguna dan menghambat perbaikan teknik latihan.

3.4 Pembahasan Hasil

Kinerja sistem, seperti yang terungkap dari analisis *confusion matrix*, menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi keseluruhan yang layak dalam mengklasifikasikan gerakan. Namun, tingkat *false positive* yang terjadi (2 gerakan dari 10 yang semuanya salah dideteksi sebagai benar) mengindikasikan bahwa kriteria deteksi untuk "gerakan benar" mungkin terlalu longgar atau kurang spesifik.

Persentase akurasi deteksi sebesar 80.00% pada contoh yang diberikan menunjukkan potensi besar sistem dalam mengidentifikasi kesalahan, serta mengindikasikan bahwa subjek dalam contoh itu mengalami banyak penyimpangan dalam metode latihannya. Sistem ini memiliki potensi untuk berfungsi sebagai "pelatih virtual" yang memberikan perbaikan secara langsung.

Aspek ini sejalan dengan hasil penelitian oleh [9] yang mengungkapkan bahwa umpan balik visual langsung dapat secara signifikan memperbaiki pembelajaran motorik.

Aplikasi teknik estimasi pose yang menggunakan visi komputer memungkinkan pengoperasian sistem tanpa ketergantungan pada sensor fisik yang dipasang pada tubuh, sehingga memberikan kemudahan dibandingkan dengan solusi berbasis sensor. Keunggulan ini membuat sistem lebih mudah dijangkau dan diterima oleh masyarakat umum [5][10].

Akan tetapi, studi ini memiliki sejumlah keterbatasan. Akurasi sistem dapat terpengaruh oleh keadaan pencahayaan, lokasi kamera. Untuk penelitian di masa depan, penguatan ketahanan sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan adalah bidang yang perlu diselidiki. Di samping itu, pengembangan fitur untuk memberikan umpan balik yang lebih akurat tentang jenis kesalahan (contohnya, "siku terlalu maju", "badan berayun") dapat memperbaiki efektivitas sistem. Integrasi dengan database latihan yang lebih luas dan kemampuan personalisasi program latihan juga menjadi arah penelitian yang akan datang.

IV. KESIMPULAN

Sistem pemantauan latihan bicep curl yang menggunakan computer vision telah berhasil dibuat dengan kemampuan untuk mendeteksi dan menganalisis gerakan bicep curl, serta memberikan umpan balik langsung kepada pengguna. Sistem ini dapat mengklasifikasikan pengulangan dengan akurasi 80% dalam situasi di mana semua aksi yang terjadi adalah salah. Namun, terdapat masalah *false positive* yang besar, di mana sistem salah mengidentifikasi gerakan yang tidak benar sebagai benar. Dengan pengungkapan ini, studi ini menjadi dasar untuk peningkatan lebih lanjut dalam algoritma deteksi untuk mencapai tingkat presisi yang lebih tinggi. Potensi transformatif dari sistem dalam membantu individu untuk meningkatkan hasil latihan, mengurangi risiko cedera, dan mengoptimalkan hasil dari program latihan kekuatan mereka tetap besar. Adanya sistem ini merupakan kemajuan signifikan dalam penggunaan teknologi penglihatan komputer untuk mendukung kebugaran jasmani dan kesehatan masyarakat secara luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kurniawan, R. Nugroho, and A. Arifianto, "Pose Estimation untuk Penghitungan Latihan Fitness Berbasis MediaPipe," J. Teknol. dan Sist. Komput., vol. 11, no. 2, pp. 89–95, 2023, doi: 10.14710/jtsiskom.11.2.2023.89-95.
- [2] D. H. Prasetyo and M. Lestari, "Penggunaan OpenCV dan MediaPipe untuk Pendeteksian Gerakan Tubuh dalam Aplikasi Latihan Fisik," J. RESTI, vol. 7, no. 1, pp. 57–64, 2023, doi: 10.29207/resti.v7i1.4151.
- [3] N. S. Utami, A. Rahman, and R. I. Nugroho, "Aplikasi Monitoring Gerakan Fitness Menggunakan Pose Estimation dan Machine Learning," J. Ilmu Komput. dan Inf., vol. 17, no. 3, pp. 243–250, 2024, doi: 10.21609/jiki.v17i3.1561.
- [4] T. Hartanto and E. Suryani, "Sistem Cerdas untuk Monitoring Latihan Fisik Menggunakan Estimasi Pose Real-Time," J. Tek. ITS, vol. 12, no. 2, pp. A145--A150, 2023, doi: 10.12962/j23373539.v12i2.123456.
- [5] M. F. Hidayatullah and others, "Implementasi MediaPipe Pose untuk Deteksi dan Koreksi Gerakan Bicep Curl," J. Teknol. dan Rekayasa Sist., vol. 9, no. 4, pp. 301–308, 2024, doi: 10.33005/jtrs.v9i4.2204.

- [6] U. Dedhia, P. Bhoir, P. Ranka, and P. Kanani, "Pose Estimation and Virtual Gym Assistant Using MediaPipe and Machine Learning," in 2023 International Conference on Network, Multimedia and Information Technology (NMITCON), 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/NMITCON58196.2023.10275938.
- [7] M. F. Naufal and S. F. Kusuma, "Analisis Perbandingan Algoritma Machine Learning dan Deep Learning untuk Klasifikasi Citra Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI)," *Semin. Nas. Teknol. Sains*, vol. 3, no. 1, pp. 361–369, 2024, doi: <https://doi.org/10.29407/stains.v3i1.4347>.
- [8] M. F. Hidayatullah, "Pengiraan Pose Model Manusia pada Repetisi Kebugaran AI Pemrograman Python Berbasis Komputerisasi," *INFOTECH J.*, vol. 9, no. 1, pp. 11–19, 2023, doi: <https://doi.org/10.31949/infotech.v9i1.4233>.
- [9] S. N. Budiman, S. Lestanti, S. M. Evvandri, and R. K. Putri, "Pengenalan Gestur Gerakan Jari untuk Mengontrol Volume di Komputer Menggunakan Library OpenCV dan MediaPipe," *Antivirus J. Ilm. Tek. Inform.*, vol. 16, no. 2, 2022, doi: 10.35457/antivirus.v16i2.2508.
- [10] A. Kurniawan, "Penggunaan Computer Vision untuk Estimasi Pose Squat sebagai Evaluasi Latihan Fisik," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Sains*, 2024, pp. 45–52. [Online]. Available: <https://https://doi.org/10.29407/fpt1hh30>.