



Analisis Perhitungan Sudut Kemiringan Siku untuk Validasi Gerakan Pull-Up Berbasis Computer Vision

Sanditya Arry Prabowo¹, Daniel Swanjaya^{1*}, Patmi Kasih¹

¹ Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI, Kediri, Indonesia.

*Corresponding author email: daniel@unpkediri.ac.id

Article Info

Article history:

Received December 24, 2025

Approved July 30, 2026

Keywords:

Computer Vision, Pull-Up, MediaPipe

ABSTRACT

Pull-ups are an effective indicator of physical fitness for training upper body muscle strength. However, pull-ups often face problems such as technical errors and inaccuracies in counting the number of repetitions, especially when performed independently without the assistance of a trainer. This study aims to develop and evaluate the effectiveness of a computer vision-based system in automatically detecting, calculating, and validating pull-up movements through video analysis. The system was developed as a website using the MediaPipe framework to detect key points of the body (pose landmarks) and trigonometric methods to calculate the elbow angle as the main parameter in determining the up and down phases of the movement. This study used a quantitative approach with an experimental method, where the system's calculation results were compared with manual calculations for comparison. Test videos of 10–20 seconds with a minimum resolution of 720p were used as system input. The results showed that the system was able to calculate the number of pull-up repetitions accurately and consistently based on changes in elbow angle, and provided objective movement validation. Thus, this system can be a practical, efficient, and easily accessible alternative solution to help users evaluate pull-up exercises independently without the need for additional devices.

ABSTRAK

Latihan pull-up merupakan salah satu indikator kebugaran jasmani yang efektif untuk melatih kekuatan otot tubuh bagian atas. Namun, pelaksanaan pull-up sering menghadapi permasalahan berupa kesalahan teknik dan ketidakakuratan dalam menghitung jumlah repetisi, terutama ketika dilakukan secara mandiri tanpa pendampingan pelatih. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi efektivitas sistem berbasis *computer vision* dalam mendeteksi, menghitung, dan memvalidasi gerakan pull-up secara otomatis melalui analisis video. Sistem dikembangkan berbasis website dengan memanfaatkan framework MediaPipe untuk mendeteksi titik-titik kunci tubuh (pose landmarks) serta metode trigonometri untuk menghitung sudut siku sebagai parameter utama dalam menentukan fase gerakan naik (up) dan turun (down). Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen, di mana hasil perhitungan sistem dibandingkan dengan penghitungan manual sebagai data pembanding. Video uji berdurasi 10–20 detik dengan resolusi minimal 720p digunakan sebagai input sistem. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu menghitung jumlah repetisi pull-up secara akurat dan konsisten berdasarkan perubahan sudut siku, serta memberikan validasi gerakan yang objektif. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi solusi alternatif yang praktis, efisien, dan mudah diakses untuk membantu pengguna melakukan evaluasi latihan pull-up secara mandiri tanpa memerlukan perangkat tambahan.

Copyright © 2026, The Author(s).

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



How to cite: Prabowo, S. A., Swanjaya, D., & Kasih, P. (2026). Analisis Perhitungan Sudut Kemiringan Siku untuk Validasi Gerakan Pull-Up Berbasis Computer Vision. *Jurnal Ilmiah Global Education*, 7(3), 2335–2348. <https://doi.org/10.55681/jige.v7i3.5504>

PENDAHULUAN

Kebugaran jasmani merupakan aspek fundamental dalam menunjang kesehatan dan produktivitas individu. Salah satu bentuk latihan yang efektif untuk meningkatkan kekuatan tubuh bagian atas adalah gerakan pull up (Sembiring et al., 2025). Gerakan ini melibatkan aktivitas otot-otot utama seperti latissimus dorsi, biceps, dan otot bahu yang berperan penting dalam menunjang kekuatan dan stabilitas tubuh bagian atas. Oleh karena itu, *pull up* sering digunakan sebagai indikator kebugaran fisik, khususnya pada latihan kekuatan tubuh bagian atas (Ayu, 2025).

Meskipun gerakan *pull up* tampak sederhana, teknik pelaksanaan yang tidak tepat dapat menyebabkan penurunan efektivitas latihan bahkan meningkatkan risiko cedera, terutama jika dilakukan tanpa pendampingan yang memadai (Kalua et al., 2024). Berdasarkan penelitian yang menyebutkan bahwa cedera muskuloskeletal termasuk dalam sepuluh besar keluhan kesehatan akibat aktivitas fisik dan olahraga, dengan persentase di mana proporsi penduduk yang kurang melakukan aktifitas fisik dengan mencapai angka 37,4% (Imam et al., 2025). Data tersebut menunjukkan bahwa risiko cedera akibat kesalahan teknik latihan masih menjadi permasalahan nyata dan memerlukan perhatian khusus dalam pelaksanaan latihan kekuatan seperti *pull up*.

Seiring dengan perkembangan teknologi, pendekatan digital berbasis computer vision memberikan peluang untuk melakukan analisis gerakan tubuh secara otomatis melalui input berupa video hasil rekaman atau unggahan. Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam analisis gerakan manusia adalah MediaPipe, sebuah framework yang mampu mendeteksi titik-titik kunci (keypoints) tubuh secara *real-time* (Dodi, 2025). Dengan memanfaatkan titik-titik tersebut dan menerapkan prinsip-prinsip trigonometri, sistem dapat menghitung sudut sendi secara akurat untuk membantu mengidentifikasi fase dan kualitas gerakan olahraga (Zhang et al., 2024).

Sejalan dengan perkembangan tersebut, berbagai penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem pengenalan dan analisis gerakan olahraga menggunakan pendekatan machine learning maupun perangkat keras tambahan seperti sensor gerak (Ragil et al., 2025). Namun, pendekatan tersebut umumnya memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi komputasi, kebutuhan pelatihan data yang besar, serta ketergantungan pada perangkat tambahan yang kurang praktis untuk penggunaan umum (Wibisono, 2025). Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sebuah website berbasis computer vision yang mengintegrasikan MediaPipe dan metode trigonometri untuk mendeteksi, menghitung, dan memvalidasi gerakan pull up secara otomatis berbasis video. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan validasi gerakan *pull up* yang objektif dan konsisten menggunakan sudut siku sebagai parameter utama dalam sistem berbasis website, sehingga dapat digunakan secara mandiri tanpa instalasi tambahan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk mengembangkan sistem berbasis website yang mampu mendeteksi dan menghitung gerakan pull-up secara otomatis. Sistem memanfaatkan MediaPipe untuk deteksi pose tubuh dan metode trigonometri untuk menghitung sudut siku sebagai acuan penentuan fase gerakan.

Variabel penelitian meliputi video gerakan pull-up dengan berbagai sudut pengambilan dan kondisi pencahayaan sebagai variabel independen, jumlah repetisi pull-up yang dihitung sistem sebagai variabel dependen, serta resolusi video minimal 720p, pencahayaan, sudut kamera, dan jarak kamera sebagai variabel kontrol.

Instrumen penelitian mencakup perangkat keras (Intel Core 3 CPU, 8GB RAM, Intel HD Graphics 4400 GPU, 128GB SSD) dan perangkat lunak (Python 3.10, OpenCV, MediaPipe, Matplotlib, NumPy, HTML/CSS/JavaScript). Dataset berupa video pull-up dengan durasi 10-20 detik, format MP4, dan resolusi minimal 720p yang direkam dari berbagai sudut.

Penelitian dilakukan di Gym Universitas Nusantara PGRI Kediri dengan subjek penelitian mahasiswa Program Studi Pendidikan Jasmani dan Kesehatan berusia 14-18 tahun yang mampu melakukan pull-up tanpa bantuan.

Analisis kebutuhan sistem mencakup kebutuhan fungsional (deteksi gerakan, perhitungan repetisi, validasi gerakan, antarmuka pengguna) dan non-fungsional (kinerja, kegunaan, portabilitas, reliabilitas). Objek penelitian adalah aplikasi Pull Up Analyzer yang menggunakan deteksi pose tubuh dan perhitungan sudut siku untuk mengidentifikasi fase gerakan.

Prosedur penelitian meliputi studi literatur, observasi, pengumpulan data, perancangan sistem, implementasi, evaluasi, dan penyusunan laporan. Teknik analisis data menggunakan desain sistem dengan diagram Use Case, Activity, Sequence, dan Class, serta antarmuka pengguna yang mencakup halaman utama, upload, riwayat, dan kelola anggota.

Sistem melakukan pra-pemrosesan data, menghitung panjang sisi segitiga antar titik tubuh menggunakan rumus jarak Euclidean, dan menghitung sudut siku dengan aturan kosinus. Gerakan dianggap valid saat terjadi transisi dari fase "down" (sudut $> 150^\circ$) ke fase "up" (sudut $< 65^\circ$) dan kembali ke fase "down". Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil deteksi sistem dengan observasi manual untuk mengukur akurasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi dan pengujian dari sistem Pull Up Analyzer yang dikembangkan dalam penelitian ini. Sistem berbasis computer vision ini dirancang untuk mendeteksi, menghitung, dan memvalidasi gerakan pull up secara otomatis melalui analisis video. Hasil penelitian ini mencakup implementasi desain sistem yang telah dijabarkan pada Bab III, keterkaitan antar modul kerja, serta hasil pengujian fungsional dan non-fungsional yang dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam mengenali gerakan "up" dan "down" secara akurat. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur sejauh mana sistem mampu menjawab rumusan masalah penelitian, yaitu mengembangkan sistem yang dapat mendeteksi gerakan pull up secara otomatis menggunakan MediaPipe dan menerapkan metode trigonometri untuk perhitungan yang akurat.

Implementasi Sistem Berbasis Website

Implementasi desain sistem dilakukan dengan membangun beberapa modul utama yang saling terintegrasi, sesuai dengan rancangan yang telah dijelaskan pada Bab III. Proses implementasi meliputi pemrosesan video input, deteksi pose tubuh menggunakan MediaPipe,

perhitungan sudut siku menggunakan rumus trigonometri, serta penentuan fase gerakan berdasarkan nilai sudut yang diperoleh.

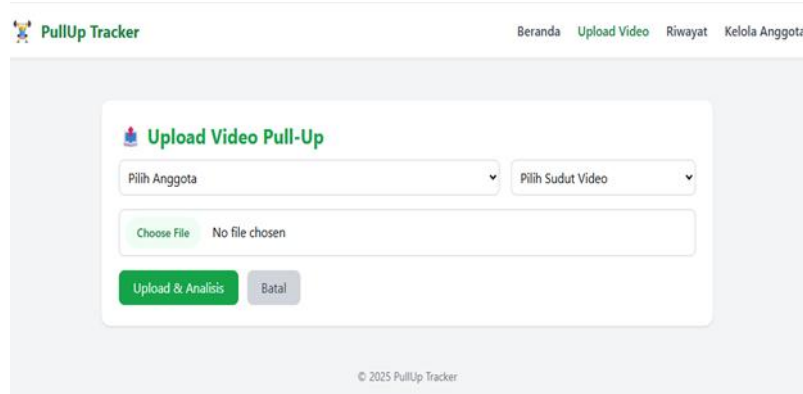
Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman *Python*, dengan dukungan pustaka OpenCV untuk pemrosesan video, MediaPipe untuk deteksi titik tubuh (*keypoints*), dan *NumPy* untuk menghitung sudut menggunakan aturan kosinus. Tujuan implementasi ini adalah agar sistem mampu melakukan analisis gerakan *pull up* secara efisien pada perangkat dengan spesifikasi menengah, serta menampilkan hasil berupa jumlah gerakan dan tingkat akurasi dalam bentuk visual yang mudah dipahami pengguna.

1. Implementasi Sistem Kerja

Sistem Pull Up Analyzer terdiri dari beberapa lembar kerja atau modul yang dirancang untuk menjalankan fungsi spesifik guna memastikan proses analisis pull up berjalan secara efektif dan terstruktur. Keterkaitan antar lembar kerja ini membentuk alur kerja yang sistematis dari unggahan video hingga penyajian hasil analisis.

1.) Lembar Kerja Unggahan Video

Bagian ini menjelaskan secara rinci lembar kerja atau modul yang digunakan dalam sistem Pull Up Analyzer. Setiap modul dirancang untuk menjalankan fungsi spesifik guna memastikan proses analisis *pull up* berjalan secara efektif dan terstruktur.

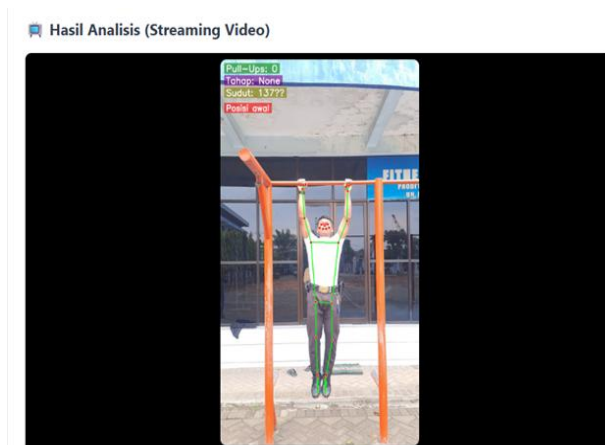


Gambar 1. Halaman Upload Video

Lembar kerja ini merupakan antarmuka utama tempat pengguna pertama kali berinteraksi dengan sistem. Fungsinya adalah untuk mengunggah video gerakan *pull up* dengan tampilan depan, samping, belakang dalam format MP4 melalui tombol "Upload dan Analisis" yang tersedia di halaman awal. Sistem akan menerima file video dari pengguna dan memprosesnya secara frame-per-frame. Tujuan dari lembar kerja ini adalah menyediakan antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan, sehingga pengguna tidak memerlukan keahlian teknik untuk memulai proses analisis *pull up*.

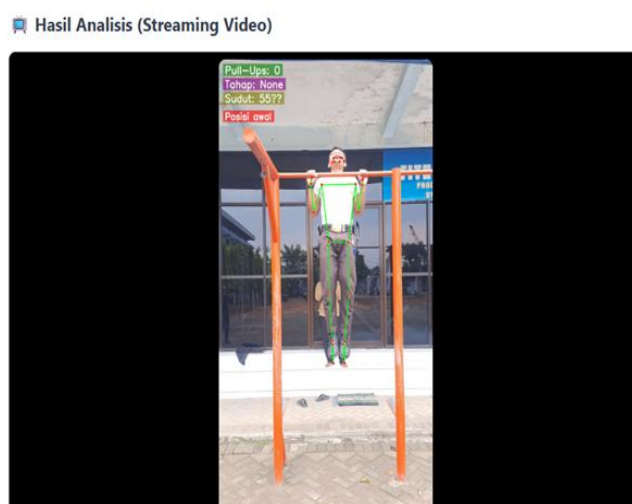
2.) Lembar Kerja Proses Analisis

Setelah video diunggah, sistem akan menampilkan status "memproses video Anda" sebagai indikator bahwa proses analisis sedang berlangsung. Pada tahap ini, sistem memanfaatkan MediaPipe untuk mendeteksi pose tubuh, khususnya pada bagian bahu, siku, dan pergelangan tangan. Dari hasil pendeteksian tersebut, sistem menghitung sudut siku pada setiap frame menggunakan metode trigonometri untuk menentukan fase gerakan "up" dan "down".



Gambar 2. Visualisasi Deteksi Fase Down

Gambar 2. menunjukkan implementasi proses analisis gerakan *pull up* pada fase up menggunakan sistem berbasis website. Pada tahap ini, sistem menampilkan hasil deteksi pose tubuh berupa kerangka (skeleton), nilai sudut siku, serta informasi fase gerakan secara *real time*. Implementasi ini menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan proses analisis video secara langsung melalui antarmuka website tanpa memerlukan instalasi tambahan pada perangkat pengguna.

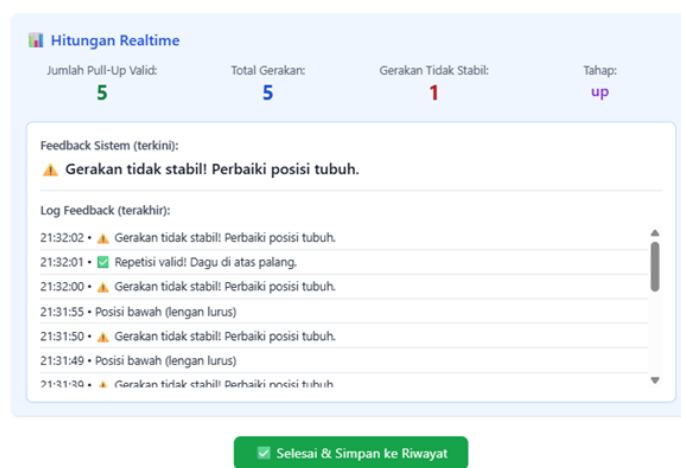


Gambar 3. Visualisasi Deteksi Fase Down

Gambar 3. menunjukkan implementasi proses analisis gerakan *pull up* pada fase down. Sistem mendeteksi posisi lengan yang lurus dan menampilkan perubahan nilai sudut siku yang lebih besar dibandingkan fase up. Tampilan ini menjadi bagian dari implementasi sistem dalam membedakan fase gerakan *pull up* sebagai dasar perhitungan jumlah repetisi.

3.) Lembar Kerja Hasil Analisis

Lembar kerja ini menyajikan hasil evaluasi secara interaktif dan informatif.



Gambar 4. Tampilan Hitungan Real-time dan Feedback Sistem

Lembar kerja ini menampilkan proses analisis video *pull up* yang telah diunggah oleh pengguna, di mana setelah tombol “Upload & Analisis” ditekan, sistem akan membaca video secara berurutan per frame dan mendeteksi posisi tubuh menggunakan MediaPipe Pose. Berdasarkan hasil pendeteksian titik-titik tubuh utama seperti bahu, siku, dan pergelangan tangan, sistem menghitung sudut siku menggunakan rumus trigonometri untuk menentukan fase gerakan naik (*up*) dan turun (*down*), sehingga jumlah *pull up* dapat dihitung secara otomatis. Selama proses analisis berlangsung, pengguna dapat melihat tampilan visual berupa kerangka tubuh (*skeleton*), nilai sudut siku, jumlah *pull up* yang telah terdeteksi, serta pesan umpan balik yang muncul apabila sistem mendeteksi gerakan yang tidak stabil.

2. Implementasi Lembar Kerja

Bagian ini menjelaskan keterkaitan antar lembar kerja dalam sistem evaluasi gerakan *pull up* berbasis video, untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai alur kerja sistem dari awal hingga akhir proses analisis.

a. Lembar Kerja Unggah Video

Lembar kerja ini menjadi titik awal interaksi pengguna dengan sistem.

- 1) Pengguna membuka sistem melalui browser dan memilih menu Upload Video pada bagian navigasi atas untuk diarahkan ke halaman unggah.
- 2) Halaman ini menampilkan beberapa komponen utama yang digunakan dalam proses unggah, yaitu:
 - a) Pilih Anggota, berfungsi untuk menentukan nama anggota atau pengguna yang akan dianalisis berdasarkan data yang telah tersimpan pada sistem.
 - b) Pilih Sudut Video, digunakan untuk memilih posisi atau arah pengambilan video (misalnya depan atau samping) sesuai dengan perspektif kamera yang digunakan.
 - c) Pilih File, merupakan tombol untuk memilih file video latihan pull-up dari perangkat pengguna dalam format MP4.
 - d) Upload & Analisis, tombol ini digunakan untuk mengunggah file video yang telah dipilih ke sistem agar siap diproses pada tahap berikutnya.
 - e) Batal, digunakan untuk membatalkan proses unggah atau kembali ke halaman sebelumnya apabila pengguna ingin mengganti file atau membatalkan proses.

b. Lembar Kerja Proses Analisis

Lembar kerja ini menangani proses evaluasi *pull up*

- 1) Setelah video diunggah, sistem akan menampilkan status “memproses video Anda” sebagai indikator bahwa proses analisis sedang berlangsung.
- 2) Sistem memanfaatkan MediaPipe untuk mendeteksi pose tubuh, khususnya pada bagian bahu, siku, dan pergelangan tangan. Dari hasil pendeteksian tersebut, sistem menghitung sudut siku pada setiap frame menggunakan metode trigonometri untuk menentukan fase gerakan *up* dan *down*.
- 3) Data hasil perhitungan sudut dan jumlah repetisi yang valid akan dikirimkan ke lembar kerja tampilan hasil untuk ditampilkan kepada pengguna secara visual dalam bentuk video yang telah dianalisis beserta informasi jumlah gerakan *pull up*.

c. Lembar Kerja Tampilan Hasil Analisis

Lembar kerja ini menyajikan hasil evaluasi secara interaktif dan informatif.

- 1) Setelah proses analisis selesai, sistem menampilkan video hasil analisis yang telah dianotasi dengan skeleton tubuh berwarna hijau sebagai hasil pendeteksian titik-titik pose menggunakan MediaPipe. Pada bagian atas video, ditampilkan informasi berupa jumlah pull-up yang terdeteksi, tahapan gerakan (*up/down*), serta nilai sudut siku ($^{\circ}$) yang dihitung pada setiap frame.
- 2) Sistem juga memberikan umpan balik otomatis dalam bentuk teks berwarna merah apabila terdeteksi ketidaksesuaian pada gerakan, seperti pesan “Gerakan tidak stabil! Perbaiki posisi tubuh!”. Fitur ini membantu pengguna memahami kesalahan postur secara langsung selama proses latihan.
- 3) Di bagian bawah video, sistem menampilkan ringkasan hasil analisis berupa nilai sudut siku secara *real-time* dan total jumlah gerakan *pull up* yang valid. Tampilan ini memberikan visualisasi yang jelas mengenai performa latihan pengguna serta menandai akhir dari proses interaksi analisis pada sistem.

3. Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen pada system Pull Up Analyzer dapat berjalan sesuai dengan fungsi yang telah ditentukan pada tahap perencanaan. Pengujian ini berfokus pada pengecekan kesesuaian antara masukan (*input*) yang dihasilkan system. Metode yang digunakan pada tahap ini adalah *Black Box Testing*, dimana pengujian dilakukan berdasarkan fungsi dan hasil keluaran tanpa memperhatikan struktur kode program.

Tabel 1. Black Box

No	Fitur yang Diuji	Deskripsi Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Upload Video	Pengguna memilih file video pull up (format MP4, 720p) dan menekan tombol Upload & Analisis.	Video berhasil diunggah dan menampilkan status pemrosesan.	Valid

2	Deteksi Pose Tubuh	Sistem mendeteksi titik bahu, siku, dan pergelangan tangan menggunakan MediaPipe.	Titik tubuh terdeteksi stabil pada setiap frame.	Valid
No	Fitur yang Diuji	Deskripsi Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
3	Perhitungan Sudut Siku	Sistem menghitung sudut siku menggunakan metode trigonometri (<i>cosine rule</i>).	Sudut berubah sesuai fase gerakan.	Valid
4	Penentuan Fase Gerakan.	Sistem menentukan fase “up” jika sudut < 65°, dan “down” jika sudut > 160°.	Fase gerakan dikenali dengan benar	Valid
5	Penghitungan Repetisi	Sistem menambah jumlah repetisi saat terjadi transisi dari <i>down</i> → <i>up</i> → <i>down</i> .	Jumlah repetisi dihitung dengan benar	Valid
6	Tampilan Hasil Analisis	Sistem menampilkan hasil analisis berupa jumlah repetisi valid, tidak valid, dan akurasi	Informasi hasil tampil lengkap dan sesuai	Valid
7	Tampilan Umpan Balik	Sistem memberikan pesan jika gerakan tidak stabil atau tidak memenuhi ambang sudut.	Pesan muncul sesuai kondisi.	Valid

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa seluruh fitur utama pada sistem telah berfungsi sebagaimana yang

diharapkan. Sistem mampu mendeteksi dan menganalisis gerakan pull up secara otomatis, menghitung jumlah repetisi dengan akurat, serta menampilkan hasil evaluasi kepada pengguna secara real-time. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi seluruh kriteria pengujian fungsional yang ditetapkan pada tahap perancangan.

4. Pengujian Non-Fungsional

Pengujian non-fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa sistem Pull Up Analyzer tidak hanya berfungsi dengan benar, tetapi juga memiliki kualitas kinerja yang baik dari sisi

kecepatan, stabilitas, kompatibilitas, dan kemudahan penggunaan. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah sistem mampu memberikan pengalaman penggunaan yang optimal dan berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

1. Evaluasi Kinerja Sistem

Evaluasi kinerja sistem dilakukan dengan mengamati proses analisis video yang dijalankan oleh sistem. Pada tahap ini, sistem memproses video secara streaming dan menampilkan hasil deteksi pose tubuh berupa kerangka (skeleton), nilai sudut siku, serta informasi jumlah repetisi pull-up yang terhitung secara real-time.

Berdasarkan hasil pengamatan, sistem menunjukkan kemampuan kinerja yang stabil dalam memproses video latihan pull up, menampilkan informasi analisis secara real-time, serta membedakan fase gerakan down dan up dengan baik. Menunjukkan bahwa waktu pemrosesan untuk satu video berdurasi 10-20 detik berada dalam kisaran 2-5 detik, yang memenuhi kriteria kebutuhan non-fungsional yang ditetapkan. Responsivitas antarmuka juga baik, dengan waktu respons kurang dari 2 detik setelah aksi dilakukan, yang menunjukkan bahwa integrasi antara frontend dan backend berjalan efisien.

2. Akurasi Sistem

Evaluasi kinerja sistem dilakukan menggunakan metode confusion matrix untuk mengukur tingkat kesesuaian antara hasil prediksi sistem dan data aktual (*ground truth*). Pengujian dilakukan menggunakan 12 video uji dengan total 80 repetisi.

Tabel 2. Hasil Pengujian non-Pengujian

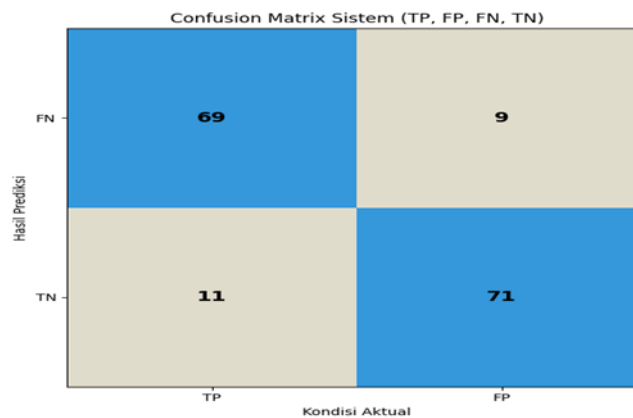
No	Video Uji	Total Repetisi	Sistem Benar	Sistem Salah	Manual Benar	Manual Salah
1	Video1	20	19	1	20	0
2	Video2	4	4	0	4	0
3	Video3	10	8	2	9	1
4	Video4	5	5	0	5	0
5	Video5	4	4	0	3	1
6	Video6	3	3	0	3	0
7	Video7	8	7	1	7	1
8	Video8	5	4	1	4	1
No	Video Uji	Total Repetisi	Sistem Benar	Sistem Salah	Manual Benar	Manual Salah
9	Video 9	6	5	1	5	1
10	Video10	5	5	0	5	0
11	Video 11	3	3	0	3	0
12	Video 12	7	5	2	5	2

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai True Positive (TP) sebesar 69, False Positive (FP) sebesar 9, False Negative (FN) sebesar 11, dan True Negative (TN) sebesar 71. Hasil confusion matrix antara prediksi sistem dan data aktual disajikan pada Tabel 2.

Tabel 3. Confusion Matrix Hasil Pengujian Sistem

Hasil Prediksi / Aktual	Aktual Benar	Aktual Salah
Prediksi Benar	69 (TP)	9 (FP)
Prediksi Salah	11 (FN)	71 (TN)

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, dapat dilihat bahwa jumlah prediksi yang benar, yang ditunjukkan oleh nilai True Positive dan True Negative, lebih dominan dibandingkan dengan jumlah prediksi yang salah, yaitu False Positive dan False Negative. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki kemampuan yang baik dalam melakukan proses klasifikasi berdasarkan data uji yang digunakan.



Gambar 5. Confusion Matrix

Gambar 5. menampilkan visualisasi confusion matrix hasil pengujian sistem Pull Up Analyzer, di mana sumbu *horizontal* menunjukkan kondisi aktual (*ground truth*) dan sumbu vertikal menunjukkan hasil prediksi sistem. Pada gambar tersebut terlihat bahwa nilai *True Positive* (69) dan *True Negative* (71) memiliki proporsi yang lebih besar dibandingkan dengan nilai *False Positive* (9) dan *False Negative* (11), yang ditunjukkan oleh intensitas warna yang lebih dominan. Dari keterangan di atas dapat menghasilkan perhitungan Akurasi system menggunakan rumus 2.5 sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)$$

$$\text{Akurasi} = (69 + 71) / (69 + 71 + 9 + 11)$$

$$\text{Akurasi} = 140 / 160 = 0,875$$

$$\text{Akurasi} = 87,5\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan akurasi menggunakan confusion matrix, diperoleh nilai akurasi sebesar 87,5%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem Pull Up Analyzer mampu

menghasilkan prediksi yang sesuai dengan data aktual pada sebagian besar data uji yang digunakan, sehingga dapat dikatakan bahwa sistem memiliki kinerja yang baik.

3. Evaluasi Sistem Lainnya

Pengujian ini bertujuan untuk menilai kualitas sistem dari aspek kinerja, responsivitas, kompatibilitas, dan kemudahan penggunaan. Setiap aspek diuji untuk memastikan sistem bekerja dengan baik dan memberikan pengalaman yang optimal bagi pengguna. Rincian pengujian disajikan pada tabel berikut:

Tabel 3. White Box

No	Aspek yang Diuji	Deskripsi Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Waktu Pemrosesan	Mengukur waktu rata-rata yang dibutuhkan sistem untuk menganalisis satu video latihan pull up berdurasi 10–20 detik.	Proses analisis selesai dalam waktu $\pm 2-5$ detik.	Valid
2	Responsivitas Antarmuka (UI)	Uji seberapa cepat sistem merespons tindakan pengguna seperti klik tombol Upload & Analisis.	Waktu respons antarmuka < 2 detik setelah aksi dilakukan.	Valid
3	Kompatibilitas Browser	Uji akses sistem melalui beberapa browser (Google Chrome, Mozilla Firefox, dan Microsoft Edge).	Sistem berjalan normal pada seluruh browser umum.	Valid
4	Kemudahan Penggunaan	Uji coba dilakukan oleh 5 pengguna tanpa latar belakang teknis komputer.	Pengguna dapat mengunggah video dan memahami hasil analisis tanpa bantuan tambahan.	Valid
5	Stabilitas Sistem	Jalankan sistem secara berulang menggunakan beberapa video dengan durasi dan pencahayaan berbeda.	Sistem tidak mengalami <i>crash</i> atau <i>error</i> selama pengujian.	Valid

No	Aspek yang Diuji	Deskripsi Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
6	Keakuratan Feedback	Evaluasi apakah pesan umpan balik muncul sesuai kondisi sudut tubuh yang terdeteksi.	Feedback seperti “Gerakan tidak valid” muncul jika sudut siku tidak sesuai ambang batas.	Valid
7	Kesesuaian Output	Memeriksa apakah hasil analisis yang ditampilkan (jumlah repetisi, status valid/tidak valid, dan pesan umpan balik) sesuai dengan data gerakan pada video.	Hasil analisis tampil sesuai kondisi sebenarnya tanpa kesalahan deteksi.	Valid
8	Kondisi Pencahayaan	Uji sistem pada video dengan variasi pencahayaan (terang, normal, dan redup).	Sistem tetap mampu mendeteksi pose tubuh selama subjek terlihat jelas.	Valid

Pembahasan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, sistem pendeteksi dan evaluasi gerakan pull-up yang dikembangkan telah mampu memenuhi tujuan penelitian. Pengujian fungsional melalui metode Blackbox menunjukkan bahwa seluruh fitur utama sistem berjalan sesuai dengan rancangan, mulai dari proses unggah video, pendeteksian keypoint tubuh menggunakan MediaPipe, perhitungan sudut siku dengan metode trigonometri, identifikasi fase gerakan *up* dan *down*, hingga penentuan repetisi valid yang ditampilkan kepada pengguna dalam bentuk informasi numerik dan visualisasi garis skeleton. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi kebutuhan fungsional yang ditetapkan pada tahap analisis.

Dari sisi akurasi, sistem menunjukkan performa yang sangat baik dalam menghitung dan memvalidasi repetisi pull-up. Berdasarkan evaluasi melalui perbandingan antara hasil sistem dan penilaian manual, tingkat kesesuaian mencapai 100% pada seluruh video uji. Hal ini menandakan bahwa metode trigonometri yang digunakan mampu menghitung sudut siku secara konsisten pada setiap frame video. Keberhasilan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti penggunaan batas sudut yang jelas (sudut $< 65^\circ$ untuk fase *up* dan $> 160^\circ$ untuk fase *down*), kestabilan deteksi titik bahu-siku-pergelangan oleh MediaPipe, serta konsistensi pola biomekanik gerakan pull-up yang menjadikan sudut siku sebagai parameter yang sangat representatif untuk menentukan validitas repetisi.

Dari sisi non-fungsional, sistem menunjukkan respons yang cepat, antarmuka yang sederhana, dan dapat dijalankan secara stabil di berbagai browser modern. Proses analisis video berdurasi 10–20 detik hanya memerlukan waktu sekitar 2–3 detik, sehingga pengalaman pengguna tetap nyaman. Visualisasi skeleton dan tampilan grafik perubahan sudut juga membantu pengguna memahami pola gerakannya dan memperbaiki teknik latihan secara mandiri. Hal ini menunjukkan

bahwa sistem tidak hanya memenuhi aspek teknis pendeteksian, tetapi juga memberikan nilai tambah dari sisi kenyamanan dan kemudahan penggunaan.

Meski demikian, sistem masih memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, pengujian hanya menggunakan dataset video dengan sudut pengambilan kamera tertentu, sehingga performa sistem terhadap variasi sudut kamera lain (misalnya kamera dari samping atau serong) belum dapat dipastikan. Kedua, sistem belum mendukung analisis secara real-time karena proses perhitungan sudut berlangsung setelah video selesai diunggah. Ketiga, sistem bergantung pada kualitas pencahayaan dan kestabilan video; kondisi gelap atau video yang terlalu goyang dapat mengurangi akurasi pendeteksian titik pose.

Secara keseluruhan, sistem ini telah menunjukkan performa yang sangat baik dalam memberikan evaluasi otomatis terhadap gerakan pull-up dan memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut, baik melalui peningkatan variasi data uji, pengembangan analisis real-time, maupun integrasi fitur pelacakan progres latihan untuk mendukung penggunaan jangka panjang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengembangan dan pengujian system Pull Up Analyzer berbasis website, diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Pada tujuan pertama, yaitu mengembangkan system berbasis website untuk mendeteksi Gerakan *pull up* secara otomatis penelitian ini menunjukkan bahwa MediaPipe mampu mendeteksi titik bahu, siku, dan pergelangan tangan secara stabil pada video beresolusi standar. Sistem dapat mengidentifikasi fase *up* dan *down* dengan baik berdasarkan pola pergerakan tiga titik tersebut. Hasil ini membuktikan bahwa pengembangan sistem deteksi pose berbasis website telah berhasil dan dapat berjalan secara ringan serta konsisten.
2. Pada tujuan kedua, yaitu menerapkan metode trigonometri untuk menghitung dan memvalidasi repetisi gerakan *pull up*, penelitian membuktikan bahwa aturan kosinus dapat menghitung sudut siku secara akurat pada setiap frame. Dengan penggunaan batasan sudut $< 65^\circ$ (fase *up*) dan $> 160^\circ$ (fase *down*), sistem mampu menghitung repetisi valid dengan tingkat akurasi 100% dibandingkan hitungan manual. Temuan ini menunjukkan bahwa metode trigonometri efektif digunakan untuk menilai ketepatan gerakan tanpa memerlukan model machine learning yang kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N., Si, M., & Pd, M. (2024). *Biomekanika Dalam Olah Raga Gerakan Tubuh Manusia Biomekanika Dalam Olah Raga*.
- Ajrina Putri Hawari, S. A. (2025). *Dasar-Dasar Mekanika Gerak Dan Gaya*.
- Dompeipen, T. A., Najoran, M. E. I., Elektro, J. T., Sam, U., & Manado, R. (2021). *Computer Vision Implementation For Detection And Counting The Number Of Humans*. 16(1), 65–76.
- Fudhail Ferio Supeli, M., & Setiaji, S. (2023). Klasifikasi Sentimen Positif Dan Negatif Pada Aplikasi Vidio Dengan Algoritma K-Nearest Neighbor. *Indonesian Journal Computer Science*, 2(1), 7–15. <https://doi.org/10.31294/Ijcs.V2i1.1874>
- Halder, A., & Tayade, A. (2021). Real-Time Vernacular Sign Language Recognition Using Mediapipe And Machine Learning. *International Journal Of Research Publication And Reviews*, 2(5), 9–17. <https://doi.org/10.13140/Rg.2.2.32364.03203>
- Indrawati, F. (2019). *Analisis Tingkat Berpikir Dan Minat Belajar Mata Kuliah Trigonometri*.

2, 56–66.

- Kalua, A. L., Kaplale, J. R., Klarissa, N., Mapalie, R., & Unsrat, J. K. (2024). *Pengembangan Alat Tes Kesamaptaan Tni / Polri Berbasis Teknologi Computer Vision Dan Iot Dengan Metode Pose. Xiii*(2), 294–299.
- Kim, J., Choi, J., Ha, E., & Choi, J. (2023). *Applied Sciences Human Pose Estimation Using Mediapipe Pose And Optimization Method Based On A Humanoid Model*.
- Kurniadi, A. R., & Setiana, D. (2025). *Klasifikasi Citra Gerakan Olahraga Dalam Gym Menggunakan Graph Convolutional Networ. 12*(01), 12–20.
- Meliala, S., Elektro, T., Teknik, F., & Malikussaleh, U. (2023). *Pengiraan Pose Model Manusia Pada Repetisi Kebugaran Ai. 9*(1), 11–19.
- Nasrulloh, A. (2022). *Dasar-Dasar Latihan Beban. August 2022*.
- Nur Syifa Maulida. (2021). *Rancang Bangun Bangun Aplikasi Pengoreksi Gerakan Olahraga Menggunakan Algoritma Neural Network Dengan Framework Flutter. 1–12*.
- Prof Ir Rudy C Tarumingkeng, P. (2024). *Deep Learning. November*.
- Putra, D. A. (2023). *Alat Penghitung Jumlah Gerakan Pull Up*. [https://Repository.Uin-Suska.Ac.Id/76119/1/Jurnal Dimas Ade Putra Repository.Pdf](https://Repository.Uin-Suska.Ac.Id/76119/1/Jurnal%20Dimas%20Ade%20Putra%20Repository.Pdf)
- Putra, D. A., Jufrizel, J., Ullah, A., & Maria, P. S. (2024). *Alat Penghitung Jumlah Gerakan Pull Up Dan Push Up Menggunakan Sudut Kemiringan Pada Sensor Mpu6050 Berbasis Internet Of Things. Jurnal Media Informatika Budidarma, 8*(1), 1. <https://doi.org/10.30865/Mib.V8i1.6937>
- Ragil, K., Dyansyah, K., Purwantoro, S. D., & Ilmi, M. (2025). *Penggunaan Computer Vision Untuk Estimasi Pose Squat Sebagai Solusi Alternatif Latihan Kebugaran Di Gym. 4*, 199–207.
- Sembiring, Z. (2025). *Indonesian Research Journal On Education. 5*, 538–544.
- Trinurais, Y., Sanjaya, A., & Suhertian, J. (2024). *Validasi Gerakan Sit Up Menggunakan Trigonometri Berbasis Opencv. 8*, 95–102.
- Valensia, A., Fretes, C. De, Adi, M., Aritonang, S., Kom, S., Kom, M., Thamrin, M., Kom, S., & Kom, M. (2024). *Ilmu Komputer*.
- Zhang, L. (2022). *Applying Deep Learning-Based Human Motion Recognition System In Sports Competition. Frontiers In Neurorobotics, 16*(May), 1–12. <https://doi.org/10.3389/Fnbot.2022.860981>