

Pengenalan Gerakan Olahraga (Push Up dan Sit Up) menggunakan Mediapipe

Andrew Hendisutio¹, Azis Dzaffin Alfarabi², Wahidin Wahab³, Meirista Wulandari⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Tarumanagara

Jl. Letjend S. Parman no. 1, Jakarta, Indonesia

andrew.525200011@stu.untar.ac.id

azis.525250006@stu.untar.ac.id

wahidinwahab@ft.untar.ac.id

meiristaw@ft.untar.ac.id

Motion in sports workouts plays a crucial role in evaluation and learning. This design aims to develop a sports workout movement recognition device based on image processing with high accuracy. The design methodology involves acquiring image data of workout movements and training a recognition model using Mediapipe, which is a deep learning-based object detection algorithm. Image data of workout movements is obtained from push-up and sit-up exercises performed in front of the Sports Movement Acquisition module. The training process of the Mediapipe model utilizes this input data to recognize movements such as push-ups and sit-ups. Furthermore, this research includes testing the system with varying distances to determine its accuracy at different ranges. In further experiments, the system can be refined or improved to achieve higher accuracy. This research contributes significantly to the development of sports workout movement recognition technology using the Mediapipe algorithm, focusing on the classification of push-up and sit-up movements. The system can be used in training, evaluation, and assessment of specific workout movements, namely push-ups and sit-ups. The integration of image processing and deep learning in this field holds potential for further development in movement analysis and training for both athletes and beginners. By combining modern technology and sports science, this research opens new opportunities for understanding and enhancing workout movements, particularly in push-up and sit-up exercises, potentially providing significant benefits in athlete training and the development of workout sports. Initial experimental results show that the system is able to recognize workout movements with satisfactory accuracy. It obtains the highest accuracy upto 96% under optimal lighting conditions, while achieving 93,4% accuracy for push-up repetition detection and 93% for sit-up repetition detection.

Keywords: Workout Movement Recognition, Image Processing, Mediapipe, Push-up, Sit-up

I. PENDAHULUAN

Olahraga dan kebugaran fisik memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan tubuh seseorang. Dengan melakukan olahraga, seseorang dapat merubah pola hidupnya menjadi pola hidup sehat. Berdasarkan sebuah penelitian analisis yang dilakukan oleh UNICEF pada tahun 2018, 20% anak kecil, 14,8% anak remaja, dan 35,5% orang dewasa yang berada di Indonesia hidup dengan gaya hidup tidak sehat [1]. Cara mengurangi pola hidup tersebut adalah dengan berpartisipasi dalam banyak kegiatan olahraga, seperti bermain olahraga, latihan di gym, ataupun kalistenik. Gerakan olahraga *workout* yang sering dilakukan juga termasuk dalam

banyak program kebugaran tubuh seperti *push-up* dan *sit-up* untuk mendapatkan tubuh bugar.

Untuk melakukan olahraga yang efektif, setiap peserta olahraga memerlukan konsistensi dalam pikiran untuk setiap gerakan olahraga yang dilakukan. Dengan melakukan gerakan olahraga, peserta olahraga dapat mencegah penyakit berbahaya seperti diabetes, obesitas, sakit jantung dan lainnya [2]. Manfaat dari gerakan olahraga tersebut dapat dirasakan melalui *hypertrophy* atau situasi dimana otot yang dilatih berkembang dalam massa ototnya. Program latihan yang disarankan untuk mencapai hasil yang optimal adalah dengan melakukan gerakan olahraga sebanyak 3 – 4 set untuk 6 – 15 repetisi dari gerakan [3].

Perhitungan repetisi yang dilakukan secara terus-menerus selama aktivitas olahraga sering kali menimbulkan ketidaknyamanan dan dapat mengganggu fokus pengguna. Hal ini terjadi karena pengguna harus membagi perhatian antara melakukan gerakan dengan benar dan menghitung jumlah repetisi secara manual, sehingga berpotensi menurunkan kualitas latihan serta meningkatkan risiko kesalahan gerakan. Oleh karena itu, diperlukan bantuan baik dari orang lain maupun dari sistem atau alat bantu otomatis untuk melakukan proses perhitungan tersebut. Seiring dengan perkembangan teknologi, berbagai perangkat telah dikembangkan untuk membantu aktivitas olahraga secara lebih efektif dan efisien, seperti alat yang mampu memantau denyut jantung, durasi latihan, serta estimasi pembakaran kalori. Namun demikian, masih belum banyak alat yang secara khusus mampu membantu setiap individu dalam memantau dan menghitung gerakan olahraga secara individual, terutama dalam hal perhitungan repetisi secara otomatis, sehingga dengan perkembangan teknologi diharapkan dapat digunakan untuk membantu peserta olahraga yang kurang nyaman melakukan perhitungan di setiap gerakan olahraga.

Survei dilakukan pada beberapa penelitian untuk pemanfaatan teknologi yang mengasistensi aktivitas olahraga. Survei pertama dilakukan pada jurnal yang berjudul “Pengembangan Teknologi *Chin Up* Berbasis Arduino Uno dan Sensor *Infrared* dengan LCD *Display*” yang dilakukan oleh Egih Rahmat, Agus Rusdiana, dan Yati Ruhayati [4]. Jurnal ini menjelaskan tentang pembuatan alat pengukur gerakan *chin-up* menggunakan modul sensor *infrared* yang akan menampilkan informasi pada LCD *Display*. Posisi sensor diletakkan pada salah

satu tiang yang dibuat, sehingga dapat terjadi perubahan sinyal saat pengguna alat tersebut melakukan *chin-up*. LCD *Display* dipasang di samping tiang untuk memperlihatkan jumlah repetisi dari *chin-up*.

Survei kedua dilakukan pada salah satu jurnal yang berjudul “*Workout Type Recognition and Repetition Counting with CNNs From 3D Acceleration Sensed on the Chest*” yang dibuat oleh Kacper Skawinski, Ferran Montraveta Reca, dan Rainhard Dieter [5]. Jurnal ini menggunakan sensor IMU, Sebuah sensor akselerometer 3D dipasang pada dada pengguna yang melakukan latihan fisik.

Sensor ini akan mendeteksi gerakan tubuh selama latihan. Algoritma pengenalan jenis latihan akan bekerja dengan menggunakan data dari sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*). Dengan mengamati pola gerakan dan karakteristik dari data akselerometer, algoritma akan mengidentifikasi jenis latihan yang sedang dilakukan, seperti *push-up*, *sit-up*, *squats*, atau *jumping jacks*.

Penelitian ini melibatkan 10 subjek yang mengenakan sensor *Movesense* pada dada mereka selama melakukan latihan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa jenis latihan dapat dikenali dengan benar rata-rata sebesar 89,9% dari waktu, dan penghitungan repetisi latihan mencapai akurasi deteksi rata-rata sebesar 97,9% untuk semua jenis latihan yang diuji [5].

Survei ketiga dilakukan pada jurnal yang berjudul “*YOLO Based Human Action Recognition and Localization*” yang dibuat oleh Shubham Shinde, Ashwin Kothari, Vikram Gupta [6]. Jurnal ini membahas mengenai metode YOLO (*You Only Look Once*) telah digunakan dan terbukti efektif serta relatif cepat dalam pengenalan dan lokalisir aktivitas dalam dataset *Liris Human Activities*. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode ini dapat memberikan hasil yang memuaskan dalam mengenali aktivitas manusia, seperti dari aliran video dengan menggunakan pendekatan *frame* tunggal atau sekelompok kecil *frame*.

Survei terakhir dilakukan untuk salah satu *library* yang memiliki peran penting dalam pengambilan gambar sebagai input, yaitu OpenCV (*OpenSource Computer Vision Library*). Cara untuk mendeteksi gerakan olahraga adalah menggunakan perpustakaan (*library*) yaitu OpenCV yang menggunakan fungsi-fungsi pemrograman untuk visi komputer *real-time*. OpenCV menggunakan lisensi *Berkeley Software Distribution* (BSD) dan gratis digunakan baik untuk tujuan akademis maupun komersial. OpenCV dapat digunakan dalam bahasa pemrograman C, C++, Python, Java, dan lainnya [7].

Setelah selesai melakukan survei terhadap berbagai penelitian, perbandingan dapat dilakukan untuk menganalisis perangkat pengenalan gerakan olahraga yang dirancang. Perbandingan dilakukan untuk menentukan alat dan ide optimal yang dipakai. Pada Tabel I, terdapat beberapa perbandingan ide seperti gerakan yang dikenali, yang menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi satu atau lebih jenis aktivitas olahraga, sensor yang dipakai, pemroses dan metode pemroses yang menjelaskan perangkat keras atau platform yang

digunakan untuk mengolah data, beserta hasil dari rancangan yang dibuat.

TABEL I
PERBANDINGAN ALAT DAN METODE PADA SURVEI DENGAN PERANCANGAN PERANGKAT YANG DIBUAT

No.	Parameter	Survei 1 [4]	Survei 2 [5]	Survei 3 [6]	Alat yang Dirancang
1.	Gerakan yang dikenali	<i>Chin-up</i>	<i>Push-up, Sit-up, Squat, Jumping Jacks</i>	Berbicara, masuk ruangan	<i>Push-up</i> dan <i>Sit-up</i>
2.	Sensor	Sensor <i>Infrared</i>	Sensor Akselerometer	Kamera	Kamera <i>Webcam</i>
3.	Pemroses	Arduino UNO	Komputer	Komputer	Komputer
4.	Metode Pemroses	Program Arduino Uno	Convolutional Neural Networks (CNNs)	YOLO (<i>You Only Look Once</i>)	<i>Mediapipe</i> (CNN)
5.	Hasil	Keakuratan Tes <i>Chin-up</i>	Akurasi Perhitungan Repetisi	Akurasi Pengenalan Aktivitas	Pengenalan Latihan <i>Push-up</i> dan <i>Sit-up</i> , beserta perhitungan repetisi.

Alat yang dirancang adalah perangkat pengenalan gerakan olahraga workout yang berbasis pengolahan citra. Alat ini menggunakan *computer vision* dan pengolahan citra untuk mengklasifikasi olahraga yang sedang dilakukan dan menghitung repetisi dari olahraga yang disebutkan untuk memaksimalkan efisiensi dari latihan olahraga tersebut. Terdapat 4 modul dalam perancangan perangkat ini. Modul akuisisi gerakan olahraga mengambil gambar secara *video streaming* dan memasukkan data. Modul pemroses mengklasifikasi gambar yang diberikan dan menghitung repetisi dari *feed video streaming*. Lalu, modul penampil informasi menampilkan informasi melalui antarmuka pengguna atau *Graphical User Interface* (GUI). Terakhir, modul peringatan dini bertugas untuk memberi peringatan kepada pengguna melalui output suara saat pengguna mencapai repetisi yang ditargetkan.

Perancangan perangkat pengenalan gerakan olahraga workout ini bertujuan untuk mendeteksi gerakan *push-up* dan *sit-up* beserta melakukan perhitungan repetisi dari gerakan olahraga. Sistem diharapkan mampu mendeteksi gerakan olahraga yang dilakukan dengan benar dan akurat yang ditunjukkan dengan nilai akurasi lebih dari 80%.

II. LANDASAN TEORI

A. Sistem Komputasi

Sistem komputasi diharuskan menggunakan *virtual environment* yang bernama *anaconda* sehingga program terstruktur. Sistem komputasi pada perancangan menggunakan OS (*Operating System*) *Windows 11*, yang memiliki spesifikasi CPU i3 Core 1115G4, RAM 16GB, dengan GPU *UHD Graphics Family*.

B. Image Processing

Image Processing adalah penggabungan *computer science* dan *engineering*, sehingga memanipulasi gambar digital

untuk mengambil informasi dari gambar gambar tersebut, ataupun meningkatkan kualitas gambar digital. Penggunaan *image processing* adalah untuk memberikan kualitas data terbaik untuk model *machine learning*, sehingga meningkatkan presisi untuk rekognisi gambar secara keseluruhan [8]. *Image processing* adalah proses komputasi yang kompleks untuk mengolah, menganalisis, dan merekonstruksi citra digital multidimensi menggunakan teknik statistik dan algoritma, dengan tujuan memperoleh informasi ilmiah dari data citra [9].

C. Web Camera

Web Camera atau disebut juga *Webcam* adalah perangkat kamera elektronik digital yang menangkap citra untuk dikendalikan atau diproses pada komputer.[10] *Webcam* biasanya dipakai untuk *meeting online*, *video call*, *live streaming*, dan sebagainya. Karakteristik *Webcam* dapat dilihat dari bentuknya yang kecil dan dapat dengan mudah dipasang ke komputer menggunakan *USB Port*.

Web Camera yang digunakan pada perancangan perangkat adalah *webcam* Logitech dengan spesifikasi HD 1080p. *Webcam* Logitech memiliki output USB plug sehingga dapat langsung *plug-n-play* untuk menjadi modul akuisisi pada sistem perangkat pengenalan gerakan. Selain itu, dengan spesifikasi HD 1080p, input gambar yang diambil untuk pemrosesan data memiliki kualitas tinggi.

D. Python

Python adalah bahasa pemrograman level tinggi (*high-level programming language*) dengan bahasa pemrograman yang sederhana dan mudah dimengerti bagi para *developer*. Selain itu, bahasa pemrograman Python bersifat *open source*, sehingga memungkinkan *developer* lain juga dapat berkolaborasi untuk mengembangkan pemrograman Python. Python juga bersifat *cross-platform*, yang berarti dapat dijalankan pada berbagai OS (*Operating System*), seperti *Windows*, *macOS*, *linux*, dll. Dengan dukungan *library* yang sangat luas, Python banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti pengembangan aplikasi, pengolahan data, kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), serta *image processing*.

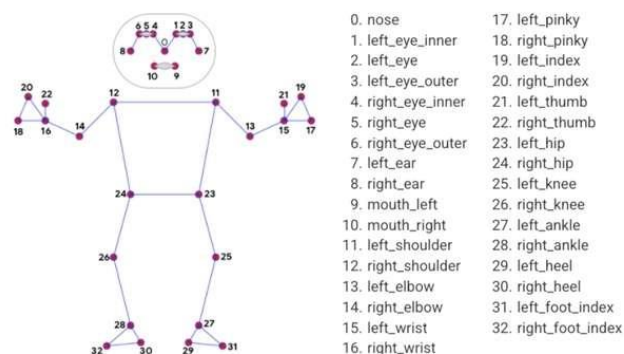
Dalam perancangan ini, digunakan beberapa *library* yang dimanfaatkan untuk pembuatan antarmuka, pengambilan input kamera dan pengolahan data yang telah diambil. *Library* tersebut terdiri dari *PyQt5*, *OpenCV*, *Mediapipe*, *Pandas*, *Pickle* dan *Playsound*.

1) *PyQt5*: *PyQt5* adalah *Python binding* untuk *framework Qt* yang memungkinkan pengembang membuat antarmuka grafis (GUI) dengan mudah dan serbaguna [11]. *Library PyQt5* adalah *library* yang dikhususkan untuk membuat GUI sederhana suatu program yang nantinya dapat disambungkan dengan algoritma lainnya. *PyQt* juga menyediakan beberapa fitur-fitur selain pembuatan GUI, seperti abstraksi jaringan *network*, pembuatan *thread*, *database SQL*, *framework multimedia* yang dapat digunakan untuk pengubahan GUI-nya ke bentuk skrip kode. Modul penampil informasi memanfaatkan *PyQt5* untuk pembuatan GUI, menampilkan gambar olahraga secara visual, serta mencatat secara *real-time* jumlah repetisi yang telah dilakukan oleh pengguna. Dengan desain GUI yang intuitif, pengguna dapat dengan mudah mengikuti perkembangan latihan mereka dan

memastikan bahwa mereka mencapai target repetisi yang diinginkan. Penggunaan *PyQt5* disarankan karena kelengkapan setiap *widget / fitur* untuk GUI yang dirancang. *PyQt5* juga menyediakan antarmuka untuk pembuatan GUI sendiri, yang nantinya setelah disimpan dalam bentuk file *.ui* (contoh: *x.ui*) diubah menggunakan script python dengan *command* `pyuic5 x.ui -o x.py` dari tipe file *.ui* menjadi *.py*.

2) *OpenCV*: *OpenCV* adalah *library computer vision open-source* yang dirancang untuk aplikasi *computer vision* secara *real-time* dengan menyediakan berbagai algoritma pengolahan citra dan video yang efisien, serta mendukung implementasi berbagai algoritma dalam *machine learning*. Sehingga banyak digunakan dalam penelitian dan pengembangan sistem berbasis visual seperti deteksi objek, pengenalan pola, dan analisis gerakan [12]. *OpenCV* memberikan rentang fitur dan algoritma yang luas untuk mengatur data yang akan dipelajari oleh algoritma yang digunakan, yaitu *BlazePose*. Data atau gambar yang telah diakuisisi akan dilakukan *transforming*, yaitu proses yang mengubah gambar menjadi gambar lain berbasis data yang diubah [13]. Pada perancangan alat, perubahan data terjadi pada format RGB yang diterima dari *webcam*, dari BGR menjadi RGB menggunakan script `cv2.cvtColor(x, cv2.COLOR_BGR2RGB)` sehingga data memiliki format yang sesuai dengan format *machine learning*.

3) *Mediapipe*: *Mediapipe* merupakan *library machine learning* yang diciptakan *Google* untuk mendeteksi objek, khususnya manusia. *Mediapipe* menyediakan solusi seperti tracking tangan, deteksi muka, dan estimasi pose. Untuk perancangan ini, digunakan estimasi pose untuk menentukan pose yang sedang dilakukan oleh pengguna aplikasinya. Kecepatan estimasi pose dari model *mediapipe* cukup untuk disebut sebagai model *real-time*, yang dibutuhkan untuk perancangan perangkat pengenalan gerakan *workout* ini. Solusi yang dipakai pada perancangan perangkat ini khususnya adalah solusi *holistic*, yang memberikan lokasi-lokasi titik umum seperti pada Gambar 1 untuk menggambarkan tubuh manusia [14]. Dengan penggambaran dari setiap lokasi, dapat dilakukan perhitungan algoritma dari setiap titik sendi yang ditentukan, sehingga untuk menghitung sudut dari titik yang diinginkan.



Gambar. 1. Sendi-sendii pada Tubuh atau disebut sebagai *Landmark* [14]

Arsitektur *Machine Learning* yang dipakai adalah *BlazePose* yang dapat melakukan performa secara *real-time* pada perangkat *smartphone* ataupun *PC*. *BlazePose* akan

E. Speaker

Speaker merupakan perangkat elektronik *transducer* mengubah sinyal elektronik menjadi sinyal suara yang dapat didengar. *Speaker* adalah komponen yang esensial dan dimanfaatkan dalam berbagai hal seperti *stereo system*, televisi, komputer, dan perangkat elektronik lain yang membutuhkan suara output. *Speaker* bekerja dengan memanfaatkan elektromagnet yang akan naik turun, menyebabkan cone yang menempel pada elektromagnet tersebut naik dan turun. Karakteristik yang dihasilkan *speaker* dipengaruhi oleh parameter sinyal listrik yang diberikan, seperti frekuensi dan amplitudo. Frekuensi menentukan tinggi rendahnya suara, sedangkan amplitudo menentukan keras atau lemahnya suara. Oleh karena itu, kualitas *speaker* sangat dipengaruhi oleh kualitas sinyal masukan dan material penyusun *speaker* itu sendiri. Sebuah *Speaker* biasanya terdiri dari komponen seperti *Transducer*, *Radiator* (Struktur Cone untuk menyebarkan suara), *Enclosure* (Penutup agar mengurangi noise), dan *crossover* (jika perlu untuk networking ke perangkat elektronik lain).

Speaker yang digunakan pada perancangan perangkat ini terintegrasi dengan sistem komputasi. *Speaker* Realtek® Audio digunakan untuk memberikan output notifikasi ke pengguna saat repetisi sudah mencapai 12 kali.

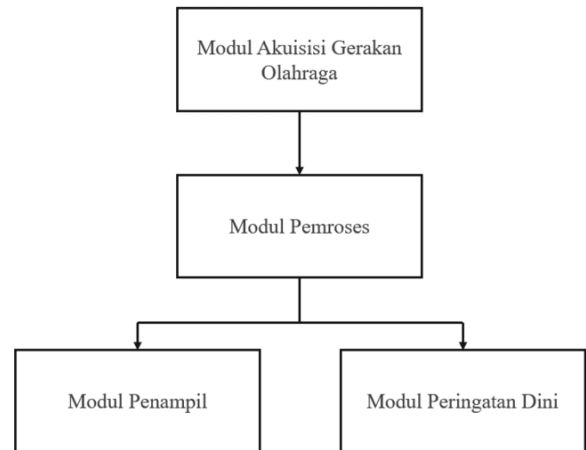
III. METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan perangkat yang dibentuk dapat membantu meningkatkan efisiensi olahraga dengan melihat postur tubuh saat olahraga dan menghitung repetisi yang dilakukan oleh orang tersebut. Program ini membutuhkan beberapa modul, yaitu modul akuisisi gambar, modul pemroses, modul penampil gambar, dan modul peringatan dini. Modul akuisisi gerakan olahraga mengambil gerakan per gerakan sebagai data input untuk mengenali gerakan olahraga yang dilakukan. Modul pemroses memproses data input tersebut dan mengenali data input sesuai dengan gerakan olahraga yang ditentukan. Modul penampil informasi menghasilkan output berupa informasi gerakan olahraga dan perhitungan repetisi, dan modul peringatan dini bertugas untuk memberikan suara sebagai *warning system*.

Modul akuisisi gerakan olahraga yang digunakan adalah webcam yang mempunyai resolusi 1080p, sehingga gambar input dapat terlihat dengan jelas. Modul pemroses menggunakan sistem komputasi 11th gen Intel® Core TM I 3. Pengolahan data input dari modul akuisisi gerakan olahraga menggunakan library yang tersedia yaitu Mediapipe. Metode pengenalan jenis olahraga adalah menggunakan salah satu metode yang tersedia pada library Mediapipe. Metode tersebut adalah metode *pose estimation*, beberapa perintah yang akan mendeteksi figure manusia dalam gambar atau video untuk mencari titik sendi yang ada pada gambar [18]. Modul penampil informasi menggunakan GUI sederhana, menampilkan informasi seperti *feed camera*, jumlah repetisi dan set yang sedang dilakukan, jenis olahraga yang dilakukan, beserta tanda bahwa *warning system* sedang berjalan. Modul terakhir, yaitu modul peringatan dini, yang menggunakan *built-in speaker* yang digunakan pada laptop, yaitu *speaker* Realtek® Audio.

Diagram blok dari perangkat pengenalan Perangkat Pengenal Gerakan Olahraga *Workout* Berbasis Pengolahan

Citra dapat dilihat pada Gambar 6. Sistem ini terdiri dari 4 modul yaitu modul akuisisi gerakan olahraga, modul pemroses, modul penampil informasi, dan modul peringatan dini.



Gambar 6. Diagram Blok Perangkat Pengenal Gerakan Olahraga *Workout* Berbasis Pengolahan Citra

A. Modul Akuisisi Gerakan Olahraga

Realisasi modul akuisisi gerakan olahraga pada perancangan perangkat pengenalan gerakan olahraga *workout* menggunakan kamera webcam Logitech HD 1080p. Webcam dipasang pada *standing selfie stick* pada ketinggian 70 cm dengan jarak 40 cm dari pengguna perangkat. Sumber daya webcam dihubungkan ke sistem komputasi dengan kabel USB sebesar 5V dengan 500mA. Penampakan Modul Akuisisi Gerakan Olahraga dapat dilihat pada Gambar 7.

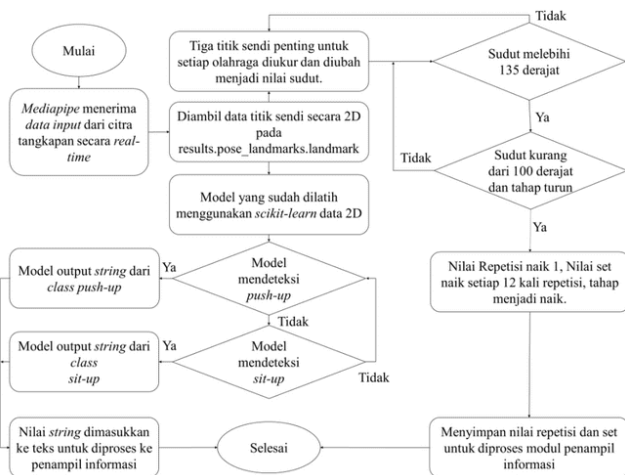


Gambar 7. Modul Akuisisi Gerakan Olahraga dengan Webcam dan *Selfie Stick*

B. Modul Pemroses

Realisasi modul pemroses yang digunakan pada perancangan perangkat pengenalan gerakan olahraga *workout* menggunakan program mediapipe sebagai modul utama untuk pemrosesan data dari data input. Model dari library mediapipe akan langsung mengambil titik sendi yang sudah ditentukan untuk pengukuran repetisi dari olahraga *push-up* dan *sit-up*, yaitu titik bahu, titik siku, titik pergelangan tangan, titik panggul dan titik lutut. Setelah itu, data lokasi dari titik akan dimasukkan ke data array panjang yang dinamakan `result.pose_landmarks.landmark`. terdapat 4 nilai yang ada dalam array tersebut, yaitu x, y, z, dan *visibility*. Nilai yang dipakai adalah nilai x dan y untuk lokasi secara 2d. Setelah ditentukan dari setiap titik, nilai x dan y dikalkulasi dan diubah menjadi nilai sudut karena tiga titik tersebut membuat sudut seperti segitiga.

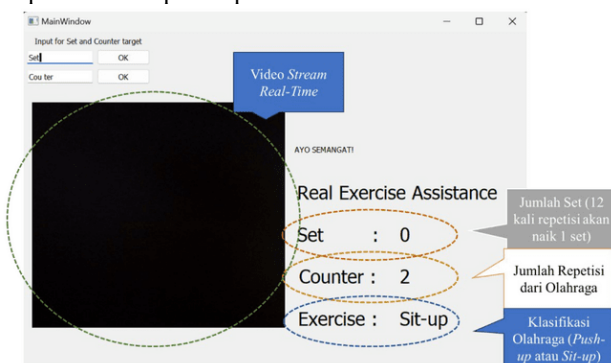
Sudut akan diukur untuk 2 tipe olahraga, yaitu olahraga *push-up* dan *sit-up* dari sudut pada siku dan sudut pada pinggul. Jika sudut melebihi dari parameter yang diberikan, maka akan terjadi kenaikan repetisi. Estimasi pose dilakukan menggunakan model yang sudah dilatih menggunakan *scikit-learn* dan data yang disiapkan menggunakan *pandas*. Model hasil pelatihan membaca hasil data titik sendi dari `result.pose_landmarks.landmark` untuk menentukan titik-titik yang membentuk pose *push-up* atau *sit-up*. Diagram alir modul pemroses dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Modul Pemroses Pengenal Gerakan Olahraga

C. Realisasi Subsistem Modul Penampil Informasi

Realisasi modul penampil informasi menampilkan informasi berupa jumlah repetisi, jumlah set yang dilakukan, jenis olahraga yang dilakukan, video stream dari modul akuisisi gerakan olahraga, dan pengguna yang terdeteksi dalam video. Batas maksimal set dan *counter* dapat diatur menggunakan *button* yang terdapat di atas bagian kamera. Hasil realisasi modul penampil informasi ditampilkan pada layar dengan ukuran $1080p \times 720p$. Gambar 9 menunjukkan tampilan modul penampil informasi.



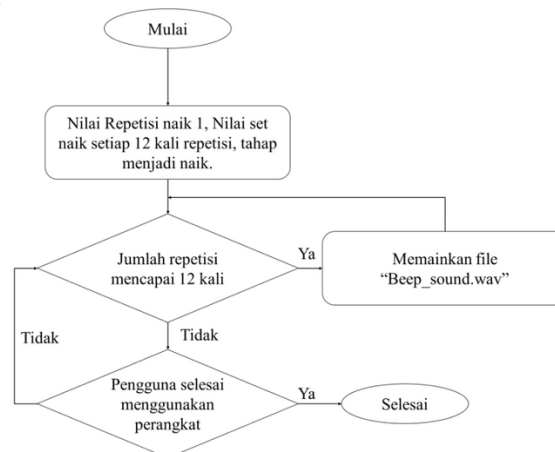
Gambar 9. Modul Penampil Informasi Gerakan Olahraga

D. Realisasi Subsistem Modul Peringatan Dini

Realisasi modul peringatan dini memberikan informasi berupa suara ketika jumlah repetisi mencapai pembagian 12. Suara yang dimainkan berupa file “Beep_sound.wav” selama 5 detik. Pengguna dapat mengetahui ketika sudah mencapai repetisi yang diinginkan dan melakukan istirahat sejenak.

Setiap kali repetisi mencapai angka yang dapat dibagi dengan 12, maka suara akan dinotifikasikan sehingga pengguna diberikan peringatan untuk mengetahui jumlah

repetisi dan jumlah set yang telah dilakukan. Pengulangan ini akan terjadi sampai pengguna memutuskan untuk menutup perangkat. Diagram alir peringatan dini gerakan olahraga dapat dilihat Gambar 10.

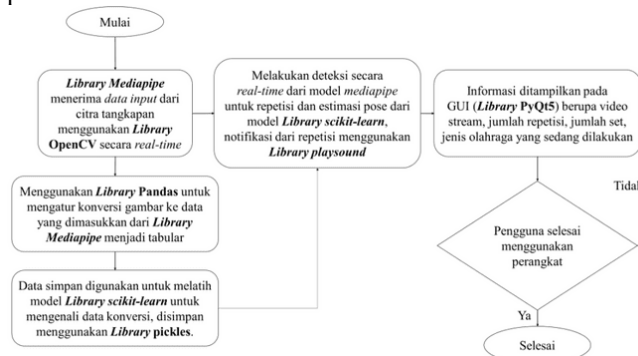


Gambar 10. Diagram Alir Peringatan Dini Gerakan Olahraga

E. Keseluruhan Perangkat Gerakan Olahraga Workout Berbasis Pengolahan Citra

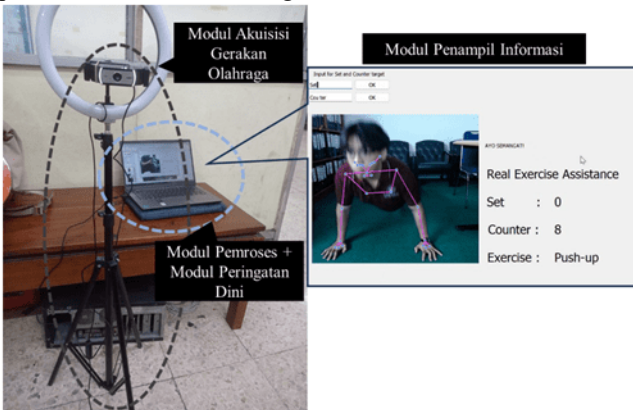
Realisasi penggabungan seluruh sistem akan menggabungkan seluruh subsistem menjadi satu sistem. Program dibuka menggunakan perintah pada terminal dengan folder yang sama yaitu Python `test_demo.py`. Sistem wajib menginstall library *mediapipe*, *opencv*, *pickle*, *pandas*, dan *PyQt5* sebelum dijalankan.

Sistem dimulai dengan penerimaan gambar pada setiap *frame* dari modul akuisisi gerakan olahraga yang diproses oleh salah satu *library* modul pemroses, yaitu *mediapipe*. Hasil pengolahan data titik sendi dari *mediapipe* digunakan untuk mengukur sudut dari 2 titik penting yaitu titik siku dan titik pinggul. Selain itu, hasil tersebut juga dipakai dalam proses deteksi dan klasifikasi pose olahraga yang sedang dilakukan menggunakan salah *library machine learning* yaitu *scikit-learn*. Berdasarkan sudut dan lokasi titik-titik koordinat, hasil pengolahan dapat diklasifikasikan menjadi gerakan *workout push-up* atau *sit-up* yang dapat dihitung jumlah repetisi dan jumlah set yang dilakukan seseorang. Hasil jumlah set, jumlah repetisi, klasifikasi jenis *workout*, dan video stream real time disajikan melalui GUI *PyQt5*. Jendela GUI ini dapat ditutup ketika pengguna selesai menggunakan perangkat. Diagram alir Perangkat Gerakan Olahraga *Workout* Berbasis Pengolahan Citra dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram Alir Perangkat Gerakan Olahraga *Workout* Berbasis Pengolahan Citra

Gambar 12 menunjukkan rancangan Perangkat Gerakan Olahraga Workout Berbasis Pengolahan Citra yang terdiri dari tiga modul utama, yaitu modul akuisisi gerakan olahraga, modul pemroses dan peringatan dini, serta modul penampil informasi. Modul akuisisi gerakan menggunakan web kamera yang dipasang pada *selfie stick* untuk menangkap citra atau video gerakan pengguna saat melakukan aktivitas olahraga. Data visual yang diperoleh kemudian dikirimkan ke modul pemroses yang dijalankan pada komputer untuk dianalisis menggunakan metode pengolahan citra guna mendeteksi posisi tubuh dan mengenali jenis gerakan olahraga. Selain itu, modul ini juga berfungsi memberikan peringatan dini apabila gerakan yang dilakukan tidak sesuai dengan pola yang diharapkan. Hasil analisis selanjutnya ditampilkan pada modul penampil informasi dalam bentuk antarmuka pengguna yang menunjukkan jenis latihan yang sedang dilakukan serta jumlah repetisi secara *real-time*. Sistem ini dirancang untuk membantu pengguna dalam memantau dan mengevaluasi pelaksanaan latihan olahraga secara otomatis dan interaktif.



Gambar 12. Perangkat Gerakan Olahraga Workout Berbasis Pengolahan Citra

IV. HASIL DAN ANALISIS

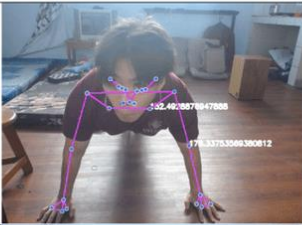
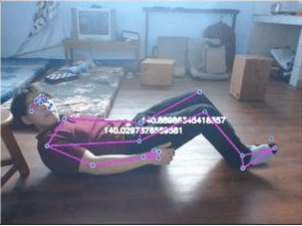
A. Hasil Pengujian dan Analisis Modul Akuisisi Gerakan Olahraga

Pengujian dan analisis pada modul akuisisi gerakan olahraga dilakukan untuk mengetahui bahwa modul dapat berjalan dengan baik. Hasil pengujian dari modul akuisisi data gerakan olahraga memperlihatkan seseorang di depan kamer yang dapat terdeteksi. Hasil pengujian modul akuisisi dapat dilihat pada Tabel III.

Tabel III menunjukkan hasil pengujian sistem dalam mendeteksi gerakan olahraga menggunakan metode estimasi pose tubuh berbasis pengolahan citra. Kolom No menunjukkan nomor pengujian, kolom Hasil menampilkan citra keluaran sistem yang memperlihatkan titik-titik koordinat sendi tubuh serta garis penghubung yang merepresentasikan struktur kerangka tubuh pengguna, sedangkan kolom Keterangan (Terdeteksi/Tidak Terdeteksi) menunjukkan status keberhasilan sistem dalam mengenali gerakan yang dilakukan. Pada pengujian pertama, sistem berhasil mendeteksi gerakan *push-up*, yang ditunjukkan oleh teridentifikasinya titik-titik penting pada bagian kepala, bahu, siku, dan pergelangan tangan. Pada pengujian kedua, sistem juga mampu mendeteksi posisi tubuh saat pengguna

berada pada posisi berbaring dengan lutut ditekuk. Kedua hasil pengujian tersebut memperoleh keterangan terdeteksi, yang menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pelacakan posisi tubuh dan mengenali pola gerakan olahraga dengan baik berdasarkan titik-titik pose yang dihasilkan.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN MODUL AKUISISI GERAKAN OLAHRAGA

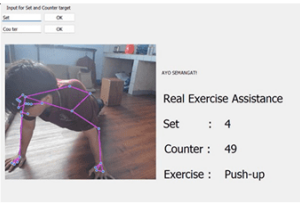
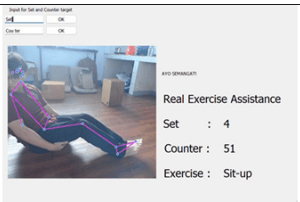
No	Hasil	Keterangan (Terdeteksi/Tidak Terdeteksi)
1.		Terdeteksi
2.		Terdeteksi

Tabel III menunjukkan bahwa modul akuisisi gerakan olahraga yang digunakan pada perancangan ini dapat bekerja dengan baik untuk mengambil citra sebagai data input. Hasil ini dinyatakan dengan keterangan terdeteksi.

B. Hasil Pengujian dan Analisis Modul Pemroses

Pengujian dan analisis dilakukan terhadap modul pemroses bagian *software* yang dipakai pada perancangan sehingga dapat diketahui modul berjalan dengan benar atau tidak. Pengujian dilakukan hanya pada modul pemroses sistem komputasi. Pengujian dilakukan dengan melakukan olahraga *push-up* dan *sit-up* dengan menghitung repetisi yang dilakukan, dan hasilnya akan dibandingkan dengan hasil yang muncul pada GUI. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN MODUL PERANGKAT LUNAK MODUL PEMROSES

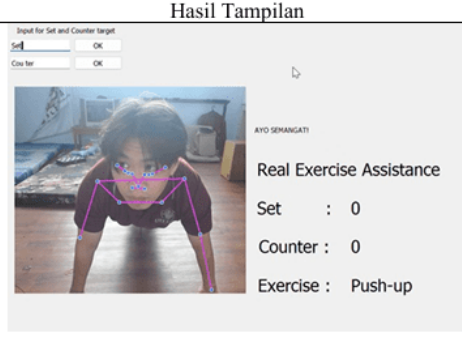
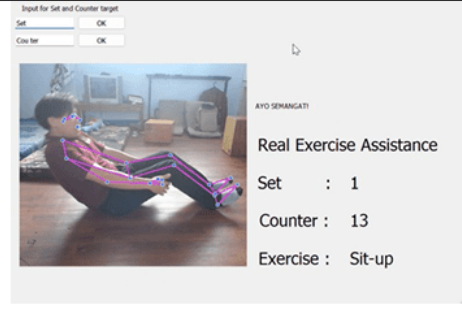
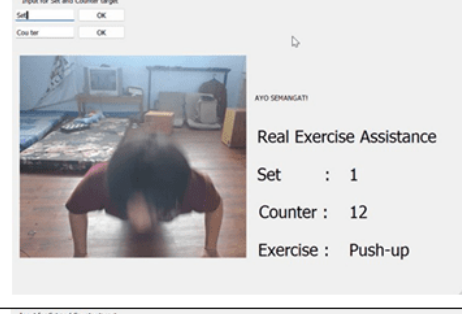
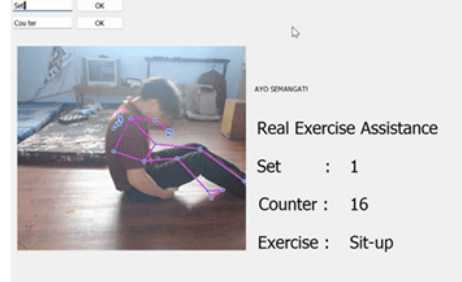
No.	Jenis Olahraga	Jumlah Repetisi Manual	Jumlah Set Manual	Hasil Perhitungan Modul Pemroses
1.	Push-up	48	4	
2.	Sit-up	48	4	

Berdasarkan Tabel IV dapat dilihat bahwa perhitungan modul pemroses mencapai akurasi 90% untuk jumlah repetisi yang dilakukan dari kedua jenis olahraga. Dengan tercapainya akurasi senilai 90%, modul pemroses dapat menghitung jumlah repetisi dan set dengan cukup tepat. Sehingga, modul pemroses dapat digunakan untuk melakukan estimasi repetisi dan asistensi olahraga *workout push-up* dan *sit-up*.

C. Hasil Pengujian dan Analisis Modul Penampil Informasi

Pengujian dan Analisis dari modul penampil informasi dilakukan dengan melihat hasil rekognisi dan repetisi dari modul penampil informasi. Hasil dari pengujian dan analisis dapat dilihat pada Tabel V.

TABEL V
HASIL PENGUJIAN MODUL PENAMPIL INFORMASI

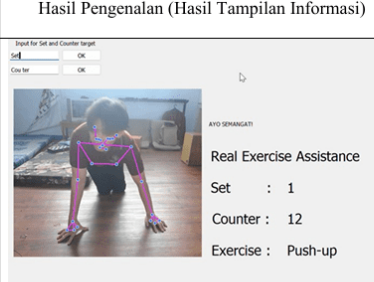
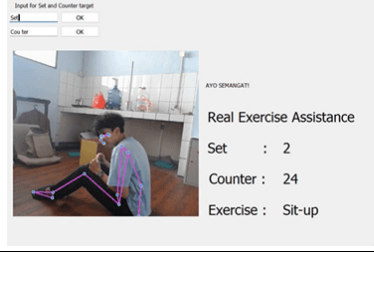
No.	Parameter	Hasil Tampilan
1.	Rekognisi <i>push-up</i>	
2.	Rekognisi <i>sit-up</i>	
3.	Repetisi <i>push-up</i>	
4.	Repetisi <i>sit-up</i>	

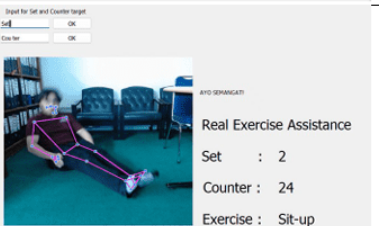
Tabel V menunjukkan bahwa tampilan informasi yang ditampilkan menggunakan modul penampil informasi berhasil menampilkan pose olahraga yang sesuai, beserta jumlah repetisi yang sedang dilakukan penggunaannya. Dengan pengujian dan analisis ini, modul penampil informasi dapat ditentukan berhasil memberikan informasi yang sesuai ke penggunaannya.

D. Hasil Pengujian dan Analisis Sistem Keseluruhan

Pengujian dan analisis sistem secara keseluruhan dilakukan dengan melihat fungsi dari setiap modul yang dapat bekerja sesuai dengan spesifikasinya. Proses ini melibatkan pengujian modul akuisisi gerakan olahraga, pengujian modul pemroses yang mencakup penggunaan program dan algoritma pengolahan citra, pengujian modul penampil informasi yang terhubung dengan layar komputer dan GUI, serta pengujian modul peringatan dini. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel VI.

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN SISTEM KESELURUHAN

No.	Contoh Kasus	Hasil Pengenalan (Hasil Tampilan Informasi)	Keterangan
1.	Seseorang melakukan <i>push up</i> dalam cahaya terang (271 lux)		Repetisi: 12 kali Set: 1 kali Informasi yang muncul: Repetisi: 12 kali Set: 1 kali Notifikasi suara: Terdengar
2.	Seseorang melakukan <i>sit up</i> dalam cahaya terang (264 lux)		Repetisi: 23 kali Set: 1 kali Informasi yang muncul: Repetisi: 24 kali Set: 2 kali Notifikasi suara: Terdengar

3.	Seseorang melakukan <i>push up</i> dalam cahaya gelap (109 lx)		Repetisi: 27 kali Set: 2 kali Informasi yang muncul: Repetisi: 24 kali Set: 2 kali Notifikasi suara: Terdengar
4.	Seseorang melakukan <i>sit up</i> dalam cahaya gelap (112 lux)		Repetisi: 20 kali Set: 1 kali Informasi yang muncul: Repetisi: 24 kali Set: 2 kali Notifikasi suara: Terdengar
5.	Seseorang melakukan <i>push-up</i> dilihat dari depan		Repetisi: 23 kali Set: 1 kali Informasi yang muncul: Repetisi: 25 kali Set: 2 kali Notifikasi suara: Terdengar
No.	Contoh Kasus	Hasil Pengenalan (Hasil Tampilan Informasi)	Keterangan
6.	Seseorang melakukan <i>push-up</i> dilihat dari kiri		Repetisi: 22 kali Set: 1 kali Informasi yang muncul: Repetisi: 24 kali Set: 2 kali Notifikasi suara: Terdengar
7.	Seseorang melakukan <i>push-up</i> dilihat dari kanan		Repetisi: 10 kali Set: 0 kali Informasi yang muncul: Repetisi: 12 kali Set: 1 kali Notifikasi suara: Terdengar
8.	Seseorang melakukan <i>sit-up</i> dilihat dari depan		Repetisi: 24 kali Set: 2 kali Informasi yang muncul: Repetisi: 23 kali Set: 1 kali Notifikasi suara: Terdengar
9.	Seseorang melakukan <i>sit-up</i> dilihat dari kiri		Repetisi: 23 kali Set: 1 kali Informasi yang muncul: Repetisi: 24 kali Set: 2 kali Notifikasi suara: Terdengar
10.	Seseorang melakukan <i>sit-up</i> dilihat dari kanan		Repetisi: 48 kali Set: 4 kali Informasi yang muncul: Repetisi: 51 kali Set: 4 kali Notifikasi suara: Terdengar

Berdasarkan Tabel VI dapat dilihat bahwa sistem keseluruhan dapat bekerja dengan tepat untuk jenis olahraga *push-up* dan cukup tepat untuk *sit-up*. Tabel VI menampilkan hasil pengujian sistem *Real Exercise Assistance* dalam mengenali dan menghitung gerakan olahraga, khususnya *push-up* dan *sit-up*, pada berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pandang kamera. Setiap baris menunjukkan skenario berbeda, seperti pencahayaan rendah (109 lux), pencahayaan terang (112 lux), serta sudut pengambilan dari depan, kiri, dan kanan. Sistem mampu mendeteksi jumlah repetisi (*counter*) dan set latihan secara otomatis, yang kemudian ditampilkan pada antarmuka. Secara umum, hasil menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dalam berbagai kondisi, dengan jumlah repetisi yang terdeteksi mendekati atau sesuai dengan jumlah aktual yang dilakukan oleh pengguna.

Selain itu, kolom keterangan memberikan perbandingan antara hasil aktual dan hasil yang ditampilkan oleh sistem, termasuk informasi jumlah set dan notifikasi suara. Terlihat bahwa pada beberapa kondisi, terutama pada sudut tertentu atau gerakan yang kurang optimal, terdapat sedikit perbedaan antara repetisi aktual dan hasil deteksi sistem. Namun, secara keseluruhan, sistem tetap konsisten dalam memberikan informasi latihan secara *real-time*. Hal ini menunjukkan bahwa metode yang digunakan cukup robust terhadap variasi lingkungan dan posisi kamera, meskipun masih terdapat peluang untuk meningkatkan akurasi, terutama dalam kondisi sudut ekstrem atau variasi gerakan pengguna.

Akurasi pada pengujian ini diperoleh dengan cara membandingkan hasil deteksi sistem yang ditampilkan pada gambar (jumlah repetisi dan set) dengan perhitungan manual yang tercantum pada kolom keterangan. Perbandingan tersebut dilakukan untuk melihat tingkat kesesuaian antara hasil otomatis dari sistem dengan jumlah aktual gerakan yang dilakukan oleh pengguna, sehingga dapat diketahui seberapa tepat sistem dalam mengenali dan menghitung setiap aktivitas latihan. Akurasi jumlah repetisi yang dilakukan untuk olahraga *push-up* bernilai sebesar 93,4% dan akurasi jumlah repetisi yang dilakukan untuk olahraga *sit-up* bernilai sebesar 93%. Akurasi sistem pada kondisi ruangan terang mencapai 96%, yang menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan menghitung gerakan dengan sangat baik

ketika pencahayaan memadai. Sementara itu, pada kondisi ruangan gelap, akurasi sistem menurun menjadi 85,5% akibat keterbatasan pencahayaan yang memengaruhi kualitas deteksi pose. Perbedaan ini menunjukkan bahwa faktor pencahayaan memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja sistem. Penurunan akurasi pada kondisi sudut ekstrem terjadi karena sebagian bagian tubuh tidak tertangkap secara utuh oleh kamera atau mengalami *occlusion*, sehingga sistem kesulitan dalam mengenali titik-titik pose secara tepat. Selain itu, pada kondisi pencahayaan yang rendah, kualitas citra menjadi kurang jelas akibat minimnya intensitas cahaya, sehingga fitur penting seperti kontur tubuh dan titik sendi lebih sulit dideteksi oleh sistem. Hal ini mempengaruhi penurunan tingkat akurasi

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan perangkat pengenalan gerakan olahraga *workout* berbasis pengolahan citra, didapatkan beberapa kesimpulan dari hasil pengujian sistem. Berdasarkan hasil pengujian, perangkat pengenalan gerakan olahraga lebih baik digunakan dalam ruangan terang dibandingkan ruangan gelap, dengan akurasi untuk ruangan terang sebesar 96% dan ruangan gelap sebesar 85,5%. Perangkat pengenalan gerakan olahraga juga lebih optimal diposisikan pada sudut kiri, depan, dan kanan pengguna, sehingga bagian tubuh dapat terdeteksi secara lebih lengkap. Perangkat ini dapat digunakan untuk mendukung kegiatan *workout* seperti *push-up* dan *sit-up*.

Berdasarkan hasil pengujian dan perancangan gerakan olahraga *workout* yang berbasis pengolahan citra, penelitian ini dapat dikembangkan dimana penggunaan *machine learning library* seperti *Mediapipe* atau *scikit-learn* dapat ditingkatkan lagi dengan memperbanyak waktu atau data yang diinput. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan sistem komputasi yang digunakan dapat lebih baik lagi sehingga pemrosesan data informasi lebih cepat dan stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] UNICEF, "Landscape Analysis of Overweight and Obesity in Indonesia," 2021. Accessed: Sep. 25, 2023. [Online]. Available: <https://www.unicef.org/indonesia/media/15481/file/Landscape%20analysis%20of%20overweight%20and%20obesity%20in%20Indonesia.pdf>
- [2] M. A. Elmagd, "Benefits, need and importance of daily exercise," *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, vol. 3, no. 5, pp. 22–27, 2016. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/306118434>
- [3] B. Schoenfeld et al., "Resistance Training Recommendations to Maximize Muscle Hypertrophy in an Athletic Population: Position Stand of the IUSCA," *International Journal of Strength and Conditioning*, vol. 1, no. 1, Aug. 2021, doi: 10.47206/ijsc.v1i1.81.
- [4] E. Rahmat, A. Rusdiana, and Y. Ruhayati, "PENGEMBANGAN TEKNOLOGI TES CHIN UP BERBASIS ARDUINO UNO DAN SENSOR INFRARED DENGAN LCD DISPLAY," *Jurnal Terapan Ilmu Keolahragaan*, vol. 2, no. 1, p. 14, May 2017, doi:10.17509/jtikor.v2i1.4961.
- [5] K. Skawinski, F. M. Roca, and R. Dieter, "Workout Type Recognition and Repetition Counting with CNNs from 3D Acceleration Sensed on the Chest."
- [6] S. Shinde, A. Kothari, and V. Gupta, "YOLO based Human Action Recognition and Localization," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2018, pp. 831–838. doi: 10.1016/j.procs.2018.07.112.
- [7] J. S. Charlie, M. Wulandari, and Nurwijayanti, "Classification of fertilizer using OpenCV based on color characteristic," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing Ltd, Dec. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/1007/1/012053.

- [8] V. Tyagi, *Understanding Digital Image Processing*. CRC Press, 2018. doi: 10.1201/9781315123905.
- [9] M. van Heel, G. Harauz, E. V. Orlova, R. Schmidt, dan M. Schatz. (Jan. 1996). A New Generation of the IMAGIC Image Processing System. *Journal of Structural Biology*. [online]. 116(1), hal. 17–24. Tersedia: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8742718/>
- [10] J. Ali, "SISTEM SECURITY WEBCAM DENGAN MENGGUNAKAN MICROSOFT VISUAL BASIC (6.0)," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi UNIVRAB*, vol. 1, no. 2, 2016.
- [11] B. N. Soliev dan N. G'iyosiddinov. (2024). Optimizing PyQt5 Development with Qt Designer. Fergana Branch of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi. [online]. Tersedia: -
- [12] Gary Bradski, "The OpenCV Library," *Dr. Dobb's Journal*, 2000.
- [13] N. Mahamkali, V. Ayyasamy, M. Naveenkumar, and A. Vadivel, "OpenCV for Computer Vision Applications," 2015. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/301590571>
- [14] Google, "MediaPipe Pose," <https://github.com/google/mediapipe/tree/master>.
- [15] J. W. Kim, J. Y. Choi, E. J. Ha, and J. H. Choi, "Human Pose Estimation Using MediaPipe Pose and Optimization Method Based on a Humanoid Model," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 13, no. 4, Feb. 2023, doi: 10.3390/app13042700.
- [16] J. Kerr and B. Warsaw, "Pickle - Python Object Serialization," <https://github.com/python/cpython/blob/3.10/Doc/library/pickle.rst>
- [17] NumFOCUS, "About Pandas," <https://pandas.pydata.org/about/index.html>.
- [18] A. Moryossef et al., "Evaluating the Immediate Applicability of Pose Estimation for Sign Language Recognition," Apr. 2021, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2104.10166>