



PENERAPAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) PADA SISTEM KENDALI TIRAI OTOMATIS BERBASIS GESTURE RECOGNITION SEBAGAI TEKNOLOGI ASISTIF

Rivaldi Anggrian¹, Hevlie Winda Nazry Simbolon²

^{1,2}Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi,
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, Sumatera Utara, Indonesia

E-mail: rivaldyanggrian9b@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) dan computer vision mendorong terciptanya sistem otomasi yang mampu meningkatkan kemandirian pengguna, khususnya penyandang disabilitas dan individu dengan keterbatasan mobilitas. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem kendali tirai otomatis berbasis gesture recognition menggunakan modul ESP32-CAM, mikrokontroler ESP32, algoritma Convolutional Neural Network (CNN), serta MediaPipe sebagai teknologi asistif yang memungkinkan pengguna membuka dan menutup tirai tanpa kontak fisik. Sistem bekerja dengan menangkap citra gerakan tangan secara real-time melalui ESP32-CAM, kemudian melakukan deteksi landmark tangan dan klasifikasi gesture sebelum mengirimkan perintah ke ESP32 untuk mengendalikan motor servo sebagai aktuator tirai. Proses pengembangan meliputi analisis kebutuhan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi sistem, serta pengujian pada berbagai kondisi pencahayaan dan variasi gesture. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali gesture buka dan tutup tirai dengan rata-rata akurasi 93,3% pada pengujian 90 percobaan. Tingkat keberhasilan deteksi terbaik diperoleh pada intensitas cahaya 300-500 lux dengan akurasi mencapai 97%, sehingga sistem dinilai efektif, responsif, dan layak diterapkan sebagai solusi otomasi rumah pintar berbasis teknologi asistif.

Kata kunci: *Internet of Things (IoT), Gesture Recognition, ESP32-CAM, Convolutional Neural Network (CNN), MediaPipe, Tirai Otomatis*

Article History

Received: September 2026

Reviewed: September 2026

Published: September 2026

Plagiarism Checker No
237.u873247.fh8374

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed
under a [Creative Commons
Attribution-
NonCommercial 4.0
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

**ABSTRACT**

The development of Internet of Things (IoT) and computer vision technologies has encouraged the creation of automation systems that can improve user independence, particularly for people with disabilities and individuals with limited mobility. This study aims to design and implement an automatic curtain control system based on gesture recognition using an ESP32-CAM module, ESP32 microcontroller, Convolutional Neural Network (CNN) algorithm, and MediaPipe as an assistive technology that enables users to open and close curtains without physical contact. The system works by capturing hand movement images in real time through the ESP32-CAM, followed by hand landmark detection and gesture classification before sending commands to the ESP32 to control the servo motor as the curtain actuator. The system development process includes requirements analysis, hardware and software design, system implementation, and testing under various lighting conditions and gesture variations. The test results show that the system is capable of recognizing open and close curtain gestures with an average accuracy of 93.3% over 90 trials. The highest detection success rate was obtained at a light intensity of 300-500 lux, reaching 97%, indicating that the system is effective, responsive, and feasible to be implemented as an assistive smart-home automation solution.

Keywords: *Internet of Things (IoT), Gesture Recognition, ESP32-CAM, Convolutional Neural Network (CNN), MediaPipe, Automatic Curtain*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era digital telah mendorong lahirnya berbagai inovasi dalam bidang otomasi dan kecerdasan buatan yang bertujuan meningkatkan kualitas hidup manusia. Salah satu inovasi yang semakin berkembang adalah teknologi gesture recognition, yaitu kemampuan sistem komputer untuk mengenali dan menginterpretasikan gerakan tangan manusia sebagai perintah, sehingga membuka peluang besar dalam pengembangan antarmuka manusia-mesin yang lebih intuitif, terutama dalam konteks teknologi asistif bagi penyandang disabilitas dan individu dengan keterbatasan fisik [5]. Bagi individu penyandang disabilitas, seperti pengguna kursi roda, penderita kelumpuhan anggota gerak, atau lansia dengan keterbatasan mobilitas, aktivitas sederhana seperti membuka dan menutup tirai dapat menjadi



tantangan tersendiri. Ketergantungan pada bantuan orang lain untuk melakukan aktivitas dasar tersebut dapat mengurangi rasa kemandirian dan kenyamanan dalam kehidupan sehari-hari, sehingga diperlukan solusi teknologi yang memungkinkan pengguna mengendalikan perangkat di sekitarnya secara mandiri dan tanpa kontak fisik langsung [1].

Perangkat kamera yang mampu mengambil gambar secara berkelanjutan diperlukan untuk menjalankan sistem dan memperoleh informasi gerakan tangan secara real-time. Penelitian ini menggunakan modul ESP32-CAM, yaitu modul kamera berbasis mikrokontroler ESP32 yang memiliki kemampuan komunikasi nirkabel dan pemrosesan citra, sehingga sistem menjadi lebih kompak dan mandiri karena tidak bergantung pada kamera eksternal seperti webcam laptop [4]. Hand gesture recognition sendiri merupakan teknologi yang mampu membaca gerak tangan kemudian mengubahnya menjadi teks, suara, ataupun perintah. Gesture recognition merupakan topik dalam computer science dan language technology yang bertujuan agar komputer bisa memahami gerakan manusia pada umumnya melalui gesture tangan [3].

Dari sudut pandang algoritma, sistem bekerja melalui serangkaian proses pengolahan data yang terstruktur. Citra gerakan tangan yang ditangkap ESP32-CAM diproses menggunakan framework MediaPipe, yang mendeteksi telapak tangan menggunakan teknik Single Shot Detection (SSD) dan mengekstrapolasi 21 titik landmark tangan secara real-time [11]. Titik-titik landmark tersebut selanjutnya diklasifikasikan menggunakan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) untuk menentukan jenis gesture, seperti perintah membuka atau menutup tirai, sebagaimana pendekatan MediaPipe sebagai ekstraktor fitur kerangka yang dipadukan dengan CNN telah terbukti akurat untuk klasifikasi pose secara real-time [10]. Perintah hasil klasifikasi kemudian dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses menjadi sinyal PWM yang menggerakkan motor servo, sehingga tirai dapat bergerak sesuai dengan instruksi gesture yang diberikan pengguna secara otomatis, terstruktur, dan responsif.

Penelitian sejenis sebelumnya masih menggunakan pendekatan kendali tirai yang berbeda, misalnya sistem pembuka tirai otomatis berbasis bot Telegram dengan komunikasi satu arah (teknik simplex) melalui NodeMCU ESP8266 untuk menggerakkan motor DC penggerak tirai [8], maupun sistem gorden otomatis berbasis sensor cahaya (LDR) yang bergerak berdasarkan kondisi terang atau gelap lingkungan [2]. Kedua pendekatan tersebut belum memanfaatkan gesture tangan sebagai input kendali yang lebih interaktif dan tidak bergantung pada kondisi pencahayaan lingkungan sebagai pemicu utama pergerakan tirai, sehingga menjadi celah yang diisi oleh penelitian ini.

Selain aspek kemandirian pengguna, pemanfaatan gesture recognition juga sejalan dengan kebutuhan otomasi rumah pintar (smart home) pada era industri 4.0. Integrasi ESP32-CAM, MediaPipe, dan algoritma CNN memungkinkan perintah gesture tangan diproses secara lokal dan real-time tanpa memerlukan perangkat tambahan seperti remote control atau aplikasi smartphone, sehingga interaksi antara pengguna dan tirai menjadi lebih sederhana dan alami. Berdasarkan uraian tersebut, peneliti mengangkat judul “Penerapan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) pada Sistem Kendali Tirai Otomatis Berbasis Gesture Recognition sebagai Teknologi Asistif”.

1.1 Rumusan Masalah dan Batasan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem kendali tirai otomatis berbasis



pengenalan gesture tangan menggunakan ESP32-CAM sebagai perangkat penangkap citra yang dapat digunakan sebagai teknologi asistif bagi penyandang disabilitas; dan (2) bagaimana tingkat akurasi algoritma Convolutional Neural Network (CNN) berbasis MediaPipe dalam mengenali gesture tangan pada sistem tersebut. Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang ditetapkan, penelitian ini dibatasi pada dua hal, yaitu: sistem yang dikembangkan hanya mengendalikan tirai dalam dua kondisi, yaitu membuka dan menutup tirai; serta sistem difokuskan pada pengenalan gesture tangan dan tidak mencakup pengenalan wajah, suara, maupun objek lainnya.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk (1) merancang dan mengimplementasikan sistem kendali tirai otomatis berbasis pengenalan gesture tangan menggunakan modul ESP32-CAM sebagai perangkat penangkap citra, yang dapat difungsikan sebagai teknologi asistif bagi penyandang disabilitas dalam mengoperasikan tirai secara mandiri tanpa kontak fisik langsung; serta (2) mengukur tingkat akurasi algoritma Convolutional Neural Network (CNN) berbasis MediaPipe dalam mengenali gesture tangan pada sistem tersebut secara real-time. Manfaat yang diharapkan antara lain membantu pengguna, khususnya penyandang disabilitas atau individu dengan keterbatasan fisik, dalam mengoperasikan tirai secara lebih mudah tanpa kontak langsung; memberikan solusi alternatif sistem kendali tirai otomatis tanpa menggunakan perintah suara; serta menghasilkan prototipe sistem kendali tirai otomatis yang dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi bagian dari sistem rumah pintar (smart home) berbasis IoT [6].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pendekatan dan Tahapan Penelitian

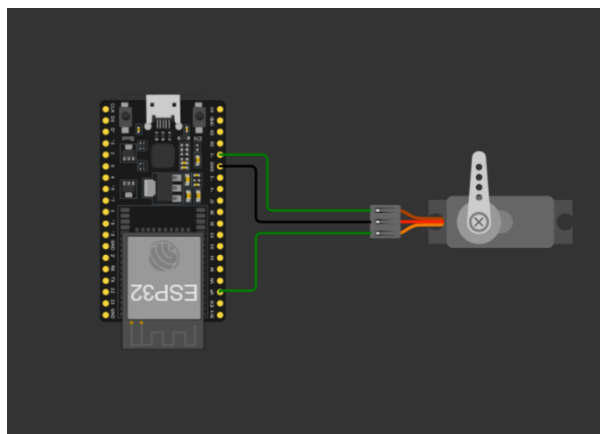
Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk merancang, membangun, serta menguji sistem kendali tirai otomatis berbasis gesture recognition menggunakan modul ESP32-CAM dan mikrokontroler ESP32 [7]. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengendalikan tirai secara otomatis melalui gerakan tangan yang dideteksi oleh kamera. Tahapan penelitian disusun secara sistematis sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1, mulai dari studi literatur hingga penarikan kesimpulan.

Tahap	Aktivitas
Studi Literatur	Mengkaji literatur terkait gesture recognition, computer vision, mikrokontroler ESP32, dan penelitian sejenis
Perancangan Sistem	Merancang arsitektur sistem, flowchart, dan diagram blok sistem kendali tirai otomatis
Perancangan Perangkat	Merancang perangkat keras (ESP32, ESP32-CAM, servo) dan perangkat lunak pengenalan gesture (Python, OpenCV, MediaPipe)
Pengujian	Menguji kemampuan sistem mendeteksi gesture tangan dan menggerakkan tirai pada berbagai kondisi
Implementasi	Mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak menjadi satu sistem yang utuh
Analisis Hasil	Menganalisis data hasil pengujian dan menarik kesimpulan penelitian

Tabel 1. Tahapan penelitian dan pengembangan sistem

2.2 Alat, Bahan, dan Kebutuhan Pencahayaan

Alat dan bahan yang digunakan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Modul ESP32-CAM berfungsi menangkap citra gerakan tangan, mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama motor servo, sedangkan Python, OpenCV, dan MediaPipe digunakan untuk membangun program deteksi serta pengenalan gesture tangan. Selain perangkat keras dan lunak, faktor pencahayaan merupakan kebutuhan penting karena proses deteksi gesture sangat bergantung pada kualitas citra yang ditangkap ESP32-CAM, sehingga kondisi pencahayaan di sekitar area pengujian perlu memenuhi spesifikasi tertentu sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3 agar sistem dapat bekerja secara optimal.



Gambar 1. Rangkaian pengkabelan ESP32 dan motor servo SG90

Komponen	Terhubung ke	Jenis Sinyal
Servo SG90	GPIO 18 (ESP32)	Output (PWM)
Servo SG90	Pin 5V / VIN (ESP32)	Power
Servo SG90	GND (ESP32)	Ground
ESP32	USB Laptop / Adaptor 5V	Power dan Komunikasi Serial
ESP32-CAM	Modul WiFi (nirkabel)	Input citra gerakan tangan
ESP32-CAM	Python (Laptop/PC)	Streaming video MJPEG
ESP32	Server backend (WiFi)	Pengiriman status tirai

Tabel 2. Konfigurasi koneksi perangkat keras

No	Parameter	Spesifikasi/Kebutuhan
1	Intensitas cahaya minimum	≥ 150 lux
2	Intensitas cahaya optimal	300-500 lux
3	Sumber cahaya	Cahaya alami atau lampu LED putih netral (4000-5000K)
4	Arah pencahayaan	Dari depan/samping objek, menghindari backlight
5	Jarak objek terhadap kamera	20-40 cm dari modul ESP32-CAM
6	Kondisi yang dihindari	Cahaya berlebih (overexposure) dan bayangan tajam pada tangan

Tabel 3. Spesifikasi kebutuhan pencahayaan sistem

2.3 Perancangan Sistem



Secara umum, sistem bekerja melalui beberapa tahap yang membentuk satu alur proses yang berurutan, yaitu inialisasi sistem (ESP32-CAM dan program Python), mendeteksi tangan pengguna, mengenali jenis gesture menggunakan MediaPipe dan CNN, mengirimkan hasil klasifikasi ke ESP32 melalui komunikasi jaringan, kemudian menggerakkan servo SG90 untuk membuka atau menutup tirai sesuai gesture yang dikenali, dan kembali ke tahap deteksi apabila gesture tidak dikenali. Perangkat keras dirancang agar kompak dan mudah dipasang pada rangka tirai, terdiri atas ESP32-CAM sebagai penangkap citra, mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali motor servo, serta motor servo SG90 yang dihubungkan dengan tali penarik tirai, sebagaimana ditunjukkan pada rangkaian pengkabelan pada Gambar 1.

2.4 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian terkait dengan kendali perangkat berbasis gesture maupun otomasi tirai/gorden antara lain penelitian Wameed dkk. yang menerapkan MediaPipe untuk mengendalikan pergerakan robot beroda menggunakan gesture tangan, namun diterapkan pada domain robotika, bukan pada kendali perangkat rumah tangga [11]. Somayasa dkk. mengembangkan prototipe pengontrolan nyala dan padamnya lampu berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 dan modul relay, namun kendali dilakukan melalui aplikasi smartphone, bukan melalui gesture tangan [9]. Fitriyah merancang prototipe sistem buka tutup gorden berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang digerakkan menggunakan sensor cahaya (LDR) sebagai pemicu otomatis, sehingga pergerakan gorden sepenuhnya bergantung pada kondisi terang atau gelap lingkungan, bukan pada perintah pengguna secara langsung [2]. Berbeda dari penelitian-penelitian tersebut, penelitian ini menggabungkan ESP32-CAM sebagai penangkap citra, MediaPipe untuk ekstraksi landmark tangan, serta algoritma CNN untuk klasifikasi gesture, yang kemudian dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 untuk menggerakkan motor servo, sehingga kendali tirai dapat dilakukan secara langsung melalui gerakan tangan pengguna tanpa kontak fisik maupun ketergantungan pada kondisi pencahayaan sebagai pemicu utama.

2.5 Teknik Pengujian dan Validasi Sistem

Pengujian sistem dilakukan melalui tujuh skenario pengujian, yaitu: (1) pengujian koneksi dan streaming video ESP32-CAM; (2) pengujian deteksi tangan pada citra; (3) pengujian pengenalan gesture buka tirai; (4) pengujian pengenalan gesture tutup tirai; (5) pengujian kondisi tanpa gesture (tangan tidak terdeteksi); (6) pengujian pengaruh variasi intensitas cahaya terhadap keberhasilan deteksi; serta (7) pengujian keseluruhan sistem dari deteksi gesture hingga pergerakan motor servo. Setiap gesture (buka dan tutup) diuji sebanyak 30 kali percobaan, sedangkan kondisi tanpa gesture turut diuji 30 kali percobaan, sehingga total pengujian akurasi berjumlah 90 percobaan.

Evaluasi performa deteksi gesture dilakukan dengan menghitung persentase keberhasilan, yaitu jumlah percobaan berhasil dibagi jumlah total percobaan dikalikan 100%. Pengujian dilakukan pada jarak 20-40 cm antara tangan pengguna dan ESP32-CAM, dengan variasi intensitas cahaya mulai dari kondisi redup (di bawah 50 lux) hingga kondisi terang optimal (300-500 lux) untuk mengetahui pengaruh pencahayaan terhadap performa deteksi. Selain akurasi, dicatat pula waktu respons sistem mulai dari citra ditangkap hingga motor servo bergerak sesuai perintah gesture yang dikenali.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Sistem

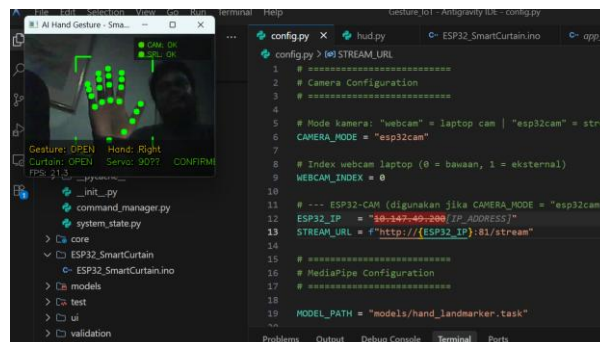
Implementasi sistem dilakukan dengan merakit seluruh komponen perangkat keras pada satu unit prototipe, meliputi modul ESP32-CAM sebagai penangkap citra gerakan tangan, mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali motor servo, serta motor servo SG90 yang dihubungkan dengan tali penarik tirai (Gambar 2). Perangkat lunak sistem terdiri atas dua bagian, yaitu program Python yang berjalan pada laptop/PC untuk menjalankan MediaPipe dan model klasifikasi CNN guna mendeteksi serta mengenali gesture tangan dari aliran video ESP32-CAM, dan firmware ESP32 berbahasa C++ yang bertugas menerima perintah hasil klasifikasi kemudian menggerakkan motor servo SG90 sesuai gesture yang dikenali.



Gambar 2. Implementasi prototipe sistem kendali tirai otomatis berbasis gesture recognition

3.2 Pengujian Komponen dan Deteksi Gesture

Pengujian ESP32-CAM dilakukan untuk memastikan modul mampu melakukan streaming video secara stabil ke program Python melalui jaringan WiFi lokal. Selanjutnya program Python menjalankan MediaPipe untuk mendeteksi telapak tangan dan mengekstraksi 21 titik landmark, yang kemudian diklasifikasikan oleh model CNN menjadi salah satu dari tiga kelas gesture, yaitu gesture terbuka (Buka Tirai), gesture mengepal (Tutup Tirai), atau tidak ada gesture yang dikenali. Hasil pengujian pada Gambar 3 menunjukkan sistem berhasil mendeteksi gesture tangan terbuka dan mengklasifikasikannya sebagai perintah membuka tirai, sedangkan Gambar 4 menunjukkan sistem berhasil mendeteksi gesture mengepal (fist) dan mengklasifikasikannya sebagai perintah menutup tirai. Pengujian motor servo SG90 sebagai aktuator menunjukkan servo mampu berputar secara konsisten antara posisi 0° (tertutup) dan 90° (terbuka) sesuai perintah yang diterima dari ESP32.



Gambar 3. Pengujian deteksi gesture buka tirai pada antarmuka program



Gambar 4. Pengujian deteksi gesture tutup tirai pada antarmuka program

3.3 Analisis Pengaruh Pencahayaan

Proses deteksi gesture sangat bergantung pada kualitas citra yang ditangkap ESP32-CAM, sehingga intensitas cahaya di sekitar area pengujian turut memengaruhi tingkat keberhasilan deteksi. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan intensitas cahaya mulai dari kondisi sangat redup (di bawah 50 lux) hingga kondisi berlebih (di atas 500 lux), kemudian mencatat persentase keberhasilan sistem mengenali gesture tangan pada setiap kondisi (Tabel 4). Hasil pengujian menunjukkan bahwa keberhasilan deteksi meningkat seiring bertambahnya intensitas cahaya hingga mencapai titik optimal pada rentang 300-500 lux dengan keberhasilan deteksi tertinggi sebesar 97%, namun menurun kembali pada intensitas cahaya berlebih akibat munculnya overexposure yang mengaburkan kontur tangan pada citra.

Intensitas Cahaya	Kondisi Pencahayaan	Keberhasilan Deteksi (%)
< 50 lux	Sangat redup	40%
50-150 lux	Redup	68%
150-300 lux	Cukup terang	85%
300-500 lux	Optimal	97%
> 500 lux	Berlebih (overexposure)	72%

Tabel 4. Pengaruh intensitas pencahayaan terhadap keberhasilan deteksi gesture

3.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk memastikan seluruh tahapan, mulai dari penangkapan citra oleh ESP32-CAM, deteksi dan klasifikasi gesture menggunakan MediaPipe dan CNN, hingga pergerakan motor servo, dapat berjalan sebagai satu kesatuan yang utuh. Hasil pengujian pada ketujuh skenario menunjukkan bahwa ESP32-CAM berhasil melakukan streaming video secara stabil ke program Python, sistem berhasil mendeteksi keberadaan tangan pada citra, serta berhasil mengenali gesture buka tirai, gesture tutup tirai, dan kondisi tanpa gesture sesuai dengan perilaku yang diharapkan. Perintah hasil klasifikasi juga berhasil dikirimkan ke ESP32 dan diterjemahkan menjadi pergerakan motor servo yang sesuai, tanpa mengalami kegagalan komunikasi selama pengujian, sehingga sistem dinyatakan berfungsi sebagaimana yang dirancang.

3.5 Pengujian Akurasi Sistem



Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi sistem terhadap gesture yang sebenarnya diberikan pengguna pada 90 percobaan, terdiri atas 30 percobaan gesture buka tirai, 30 percobaan gesture tutup tirai, dan 30 percobaan kondisi tanpa gesture (Tabel 5).

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian (Akurasi)
Gesture Buka Tirai	93,3% (28/30 percobaan berhasil)
Gesture Tutup Tirai	90,0% (27/30 percobaan berhasil)
Tanpa Gesture (Tidak Dikenali)	96,7% (29/30 percobaan berhasil)
Rata-rata Keseluruhan	93,3% (84/90 percobaan berhasil)

Tabel 5. Hasil pengujian akurasi deteksi gesture

Beberapa kesalahan deteksi (misclassification) terjadi terutama pada kondisi pencahayaan redup dan pada posisi tangan yang berada di tepi bidang pandang kamera ESP32-CAM, yang menyebabkan sebagian titik landmark tangan tidak terdeteksi secara sempurna oleh MediaPipe, sehingga model CNN keliru mengklasifikasikan jenis gesture atau gagal mendeteksi gesture sama sekali.

3.6 Pengujian Waktu Respons Sistem

Pengujian waktu respons mengukur durasi mulai dari citra gerakan tangan ditangkap ESP32-CAM hingga motor servo mulai bergerak sesuai perintah gesture yang dikenali. Hasil pengujian menunjukkan durasi rata-rata berkisar antara 0,8-1,3 detik per siklus deteksi pada kondisi pencahayaan optimal, sehingga sistem dinilai cukup responsif untuk digunakan sebagai teknologi asistif dalam kegiatan sehari-hari tanpa jeda yang mengganggu kenyamanan pengguna.

3.7 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu menjawab permasalahan kemandirian pengguna, khususnya penyandang disabilitas, melalui integrasi ESP32-CAM, MediaPipe, algoritma CNN, dan mikrokontroler ESP32 dalam satu alur kendali tirai otomatis berbasis gesture. Dibandingkan dengan penelitian kendali robot berbasis MediaPipe pada domain lain [11] dan sistem kontrol lampu berbasis IoT yang masih memerlukan aplikasi smartphone [9], pendekatan berbasis gesture tangan pada penelitian ini menawarkan interaksi yang lebih langsung dan intuitif. Dibandingkan pula dengan sistem gorden otomatis berbasis sensor cahaya (LDR) yang pergerakannya sepenuhnya ditentukan oleh kondisi lingkungan [2], sistem yang dikembangkan memberikan kendali penuh kepada pengguna melalui gesture tangan, sehingga lebih fleksibel digunakan kapan pun dibutuhkan tanpa bergantung pada waktu atau cuaca. Rata-rata akurasi deteksi gesture sebesar 93,3% dengan waktu respons di bawah 1,3 detik menunjukkan bahwa sistem cukup akurat dan responsif, meskipun performanya tetap dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4, sehingga sistem paling optimal digunakan pada ruangan dengan pencahayaan yang memadai.

3.8 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, sistem hanya mengenali dua jenis gesture (buka dan tutup tirai) sehingga belum mendukung variasi gesture lain untuk fungsi tambahan. Kedua, akurasi deteksi masih dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan dan posisi tangan terhadap kamera, dengan performa terbaik hanya pada rentang intensitas cahaya



tertentu (300-500 lux). Ketiga, pengujian sistem masih dilakukan dalam skala prototipe pada satu unit tirai dan belum diuji pada berbagai jenis tirai berukuran atau berbahan berbeda, sehingga generalisasi hasil pada skala penerapan yang lebih luas masih memerlukan pengujian lebih lanjut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa sistem kendali tirai otomatis berbasis gesture recognition berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan modul ESP32-CAM sebagai penangkap citra gerakan tangan, mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali motor servo SG90, serta framework MediaPipe dan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan gesture tangan pengguna. Sistem mampu mengenali gesture buka tirai, gesture tutup tirai, dan kondisi tanpa gesture, kemudian menggerakkan motor servo secara otomatis sesuai gesture yang dikenali tanpa memerlukan kontak fisik langsung dari pengguna. Hasil pengujian pada 90 percobaan menunjukkan rata-rata akurasi deteksi gesture sebesar 93,3%, dengan tingkat keberhasilan deteksi tertinggi mencapai 97% pada kondisi pencahayaan optimal (300-500 lux), serta waktu respons rata-rata di bawah 1,3 detik per siklus deteksi. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem cukup akurat, responsif, dan layak digunakan sebagai teknologi asistif bagi penyandang disabilitas maupun individu dengan keterbatasan mobilitas dalam mengoperasikan tirai secara mandiri. Pengembangan lanjutan disarankan mencakup penambahan variasi gesture untuk fungsi kendali lain, peningkatan ketahanan sistem terhadap kondisi pencahayaan yang kurang optimal, pengujian pada berbagai jenis dan ukuran tirai, serta pengembangan sistem menjadi bagian dari ekosistem smart home yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dosen pembimbing, serta pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, serta informasi yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Damatraseta, F., Novariany, R., & Ridhani, M. A. (2021). Real-time BISINDO Hand Gesture Detection and Recognition with Deep Learning CNN. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 5(6), 1128-1134.
- [2] Fitriyah. (2024). Rancang Bangun Prototype Sistem Buka Tutup Gorden Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*.
- [3] Ibrary, M. E. L., Dan, O. P., & Ipe, M. E. P. (2022). Hand Gesture Recognition Sebagai Media Interaksi Manusia dan Komputer. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*.
- [4] Khairianto, D., & Firdaus, R. (2024). Penerapan Hand Gesture Recognition Sebagai Media Kontrol Presentasi Aplikasi Powerpoint. *Jurnal Teknik Informatika*.
- [5] Nasution, M. F., Nulfatwa, R. I., Maryam, R. N., dkk. (2022). Perancangan Alat Bantu Komunikasi Pasien Stroke Berat Menggunakan Gesture Recognition Terintegrasi Internet of Things. *Jurnal Teknik Elektro*.



- [6] Nasution, M. S., Amin, M., & Fitriani, W. (2023). Smart Sistem IoT Pemberi Pakan Ikan Dengan Menggunakan Metode Time Scheduling Berbasis Mikrokontroller. Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi.
- [7] Penelitian, M., & Pengertian, D. (2025). Metode Penelitian dan Tahapan Pengembangan Sistem. Jurnal Rekayasa Perangkat Lunak.
- [8] Perangin - Angin, A., Ishak, I., & Sitorus Pane, U. F. S. (2022). Implementasi IoT Sistem Pembuka Tirai Otomatis Menggunakan Metode Simplex Via Bot Telegram. Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi.
- [9] Somayasa, D. M. N., Nursalam, M. N., Taslimah, I. I., Nafarudin, Sutiari, D. K., & Abidin, M. Z. (2024). Prototipe Pengontrolan Nyala Dan Padamnya Lampu Berbasis IoT. Jurnal Teknik Elektro.
- [10] Tanjaya, K. A., Naufal, M. F., & Arwoko, H. (2023). Pilates Pose Classification Using MediaPipe and Convolutional Neural Networks with Transfer Learning. Jurnal Ilmu Komputer dan Informasi.
- [11] Wameed, M., Alkamachi, A. M., & Ercelebi, E. (2023). Tracked Robot Control with Hand Gesture Based on MediaPipe. International Journal of Intelligent Engineering and Systems.