

Rancang Bangun Sistem Gerbang Otomatis dengan Pengenalan Wajah dan IoT Berbasis Android

Design and Construction of an Automatic Gate System with Facial Recognition and IoT Based on Android

Wulan Sari Situmorang¹, Edy Victor Haryanto², Zhafira Nur Subhan³

^{a,b,c} Universitas Potensi Utama, Jl.K.L Yos Sudarso KM 6.5 Tj.Mulia, Medan, 20241, Indonesia
wulansarisitumorang116@gmail.com¹, edyvictor@gmail.com², zhafirapotensiutama@gmail.com³

ABSTRAK

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) dan sistem pengenalan wajah telah membuka peluang besar dalam pengembangan sistem keamanan cerdas di berbagai lingkungan seperti rumah, kantor, dan industri. Namun, sistem gerbang yang masih dikendalikan secara manual menggunakan kunci atau remote control dinilai kurang efisien dan berisiko terhadap duplikasi, kehilangan, serta keterlambatan akses. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem gerbang otomatis yang dilengkapi dengan fitur pengenalan wajah menggunakan metode Eigenface, serta terintegrasi dengan teknologi IoT dan aplikasi berbasis Android. Metode Eigenface digunakan untuk mengekstraksi ciri-ciri unik wajah pengguna melalui pendekatan Principal Component Analysis (PCA) yang menghasilkan nilai eigenvector sebagai representasi karakteristik wajah. Proses pengenalan dilakukan dengan membandingkan nilai eigen wajah pengguna terhadap basis data wajah yang tersimpan di sistem, sedangkan komunikasi data antara perangkat keras dan aplikasi dilakukan secara real-time melalui modul ESP8266 dan layanan cloud Firebase. Pengujian dilakukan terhadap lima pengguna dengan tiga variasi kondisi pencahayaan (terang, redup, dan malam hari) untuk mengukur tingkat akurasi, waktu respon, dan stabilitas koneksi IoT. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali wajah dengan tingkat akurasi rata-rata 93,4% pada pencahayaan normal, 89,1% pada kondisi redup, dan 85,7% pada malam hari, dengan waktu respon rata-rata 10 detik dari proses deteksi hingga gerbang terbuka. Sistem juga menunjukkan kestabilan komunikasi IoT dengan tingkat keberhasilan pengiriman data sebesar 98% pada koneksi Wi-Fi. Berdasarkan hasil tersebut, sistem gerbang otomatis berbasis pengenalan wajah dan IoT terbukti meningkatkan aspek keamanan, efisiensi waktu, dan kenyamanan pengguna, serta dapat menjadi solusi inovatif dalam pengembangan sistem keamanan modern yang cerdas, efisien, dan mudah dioperasikan dari jarak jauh.

Kata Kunci : Gerbang Otomatis, Pengenalan Wajah, IoT, Android, Eigenface

ABSTRACT

The rapid development of Internet of Things (IoT) technology and facial recognition systems has opened significant opportunities for enhancing smart security systems in residential, office, and industrial environments. However, conventional gate systems that rely on manual keys or remote controls remain inefficient and vulnerable to duplication, loss, and delayed access. This study aims to design and develop an automatic gate system equipped with facial recognition using the Eigenface method, integrated with IoT technology and an Android-based application. The Eigenface method applies the Principal Component Analysis (PCA) approach to extract unique facial features by generating eigenvectors that represent facial characteristics. Facial recognition is performed by comparing the user's eigenface values with those stored in the system's database, while real-time data communication between hardware and the Android application is facilitated through an ESP8266 microcontroller and Firebase cloud services. System testing was conducted on five users under three different lighting conditions (bright, dim, and nighttime) to evaluate recognition accuracy, response time, and IoT communication stability. The results show that the system achieved an average facial recognition accuracy of 93.4% under normal lighting, 89.1% under dim lighting, and 85.7% at night, with an average system response time of 10 seconds from detection to gate opening. The IoT connection demonstrated 98% communication reliability over standard home Wi-Fi networks. These findings indicate that the proposed automatic gate system successfully enhances security, operational efficiency, and user convenience, providing an innovative and intelligent solution for modern remote-access security applications.

Keywords : Automatic Gate, Facial Recognition, IoT, Android, Eigenface

Disubmit:

Direview:

Diterima :

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini kian pesat seiring perkembangan zaman khususnya dibidang teknologi informasi dan komunikasi. Oleh karena itu kita harus mampu menguasai teknologi dan dapat bersaing dengan negara lain. Dewasa ini kemudahan dan efisiensi tenaga serta waktu menjadi pertimbangan utama manusia dalam melakukan aktifitas. Dari waktu ke waktu kita dihadapkan pada perkembangan teknologi yang begitu pesat sehingga membuat pekerjaan manusia menjadi semakin mudah. Oleh karena itu maka penulis berusaha untuk membuat alat yang tepat guna dan efektif serta dapat diaplikasikan pada berbagai bidang [1].

Perkembangan teknologi di era Internet of Things (IoT) telah membawa transformasi besar dalam berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk sistem keamanan. Kebutuhan akan sistem keamanan yang cerdas, efisien, dan real-time semakin meningkat, terutama dalam menghadapi tantangan keamanan di lingkungan rumah tinggal, perkantoran, sekolah, hingga kawasan industri. Namun, permasalahan umum yang masih sering terjadi adalah penggunaan sistem keamanan konvensional seperti kunci manual, kartu akses, atau remote control. Sistem tersebut memiliki banyak keterbatasan, seperti risiko duplikasi kunci, hilangnya alat kendali, serta ketergantungan terhadap petugas keamanan dalam membuka atau menutup gerbang. Kondisi ini tidak hanya mengurangi efisiensi waktu tetapi juga menurunkan tingkat keamanan area yang dijaga.

Secara khusus, di lapangan masih ditemukan banyak permasalahan seperti Proses pembukaan gerbang masih dilakukan secara manual, sehingga menyulitkan pengguna saat kondisi cuaca buruk atau pada malam hari, Sistem pengendali gerbang berbasis remote control atau tombol fisik sering kali tidak aman karena dapat diakses oleh pihak yang tidak berwenang, Tidak adanya sistem autentikasi pengguna berbasis biometrik, sehingga siapa pun yang memegang alat kendali dapat membuka gerbang dan beberapa sistem otomatisasi yang sudah ada belum terintegrasi dengan perangkat mobile, sehingga pemantauan dan kontrol jarak jauh belum optimal.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem gerbang otomatis menggunakan mikrokontroler seperti Arduino dan ESP8266, dengan pengendalian berbasis web interface atau aplikasi sederhana seperti Blynk. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [2] Penelitian dilakukan untuk membuat prototipe sistem keamanan pintu dengan metode pengenalan wajah untuk mengendalikan kunci solenoid pada sebuah pintu. Sistem yang dibuat berbasis Internet of Things (IoT) ini berfungsi mengendalikan kunci solenoid dan bertukar informasi secara real time. Kunci solenoid akan terbuka secara otomatis saat sensor kamera menangkap citra wajah dan dicocokkan dengan citra yang sebelumnya sudah direkam dan disimpan di data base sistem.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [3] Hasil pengujian menunjukkan waktu respon yang efisien, dengan rata-rata sekitar 1 detik pada sensor infrared dan aplikasi Blynk. Kesimpulan penelitian ini mengindikasikan bahwa sistem IoT untuk pintu gerbang otomatis dengan NodeMCU ESP8266 dapat diimplementasikan secara efektif, memberikan solusi untuk kendali jarak jauh, dan meningkatkan efisiensi energi sehari-hari. Saran untuk penelitian berikutnya mencakup peningkatan keamanan dan eksplorasi lebih lanjut terkait efisiensi energi. Pada penelitian yang dilakukan menekankan efisiensi waktu respon dalam kontrol pintu berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 dan aplikasi Blynk, namun belum mengadopsi teknologi *face recognition* sebagai lapisan keamanan tambahan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [4] dengan Pada penelitian ini menggunakan beberapa tahapan yaitu: tahap studi pustaka, tahap perancangan dan pembuatan perangkat keras, tahap perancangan dan pembuatan perangkat lunak, integrasi sistem dan tahap pengujian dan analisa sistem. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem keamanan gerbang menggunakan sensor infrared dan buzzer. Pengontrolan alat dilakukan melalui dua cara yaitu pertama, dengan tombol pada keyless dengan jarak maksimal 40 meter tanpa halangan sedangkan dengan halangan 10 meter. Kedua, aplikasi telegram dengan respon balasan tercepat 2 detik sedangkan paling lama 29 detik. Pada penelitian yang dilakukan menggunakan sensor infrared dan aplikasi Telegram untuk membuka gerbang, namun memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan respon (hingga 29 detik) serta tidak adanya fitur pengenalan wajah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan [5] Kunci rumah berbasis pengenalan wajah dengan modul ESP32-Cam dirancang sebagai sistem alternatif untuk rumah dan rumah kost dengan wifi sebagai koneksi untuk memutuskan dan menghubungkan ke jaringan internet. Melalui proses implementasi dan pengujian selama 40 kali percobaan, alat ini mampu membedakan wajah pemilik rumah dan rumah kost dengan wajah yang bukan pemilik rumah dan rumah kost. Hasil dari penelitian menunjukkan 20% untuk kondisi salah, dan 80% untuk kondisi benar. Pada penelitian yang dilakukan telah menerapkan sistem pengenalan wajah menggunakan ESP32-Cam, namun masih mengalami tingkat kesalahan sebesar 20% dalam identifikasi wajah dan belum menggabungkan sistem kontrol jarak jauh berbasis Android.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan [6] Hasil pada penelitian ini pengujian dilakukan untuk mengetahui jarak jangkanya. Pengujian dilakukan menggunakan adaptor yang terhubung ke power supply. Proses pengujian dilakukan dengan mengamati pergerakan dan respon motor servo saat dikendalikan melalui smartphone dan motor stepper ketika sensor Ultrasonic mendeteksi objek kurang dari 5 cm. Kesimpulan pada penelitian ini bahwa pada jarak 1 sampai 19 meter kunci pintu gerbang masih bisa dikendalikan dengan baik. Pada penelitian yang dilakukan telah berfokus pada pengujian jangkauan kontrol gerbang melalui smartphone dan sensor ultrasonik, tetapi tidak menggabungkan keamanan berbasis identifikasi biometrik seperti wajah.

Berdasarkan penelitian dari [7] Berdasarkan hasil analisis dan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa sistem keamanan pintu rumah dengan menggunakan ESP32-Cam berbasis internet of things dalam penelitian ini dapat bekerja secara optimal. Alat ini dapat membuka menggunakan face recognition, Touch Sensor dan App Blynk, sehingga dapat meminimalkan tindak kejahatan pencurian terhadap barang berharga. Hasil Pengujian Sistem Face Detection dan Face Recognition Berjalan Dengan Baik. Walaupun memiliki delay saat pendaftaran wajah dan pendeteksian wajah. Pada penelitian yang dilakukan memang menggabungkan face recognition, sensor sentuh, dan aplikasi Blynk, namun belum menekankan integrasi sistem ke aplikasi Android yang bersifat native dan fleksibel digunakan secara *user-friendly* oleh pengguna awam.

Berdasarkan penelitian dari [8] Alat ini menggunakan NodeMCU sebagai mikrokontroler untuk mengkoordinasikan pengoperasian sistem, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pemantau ketinggian air, kamera ESP32 sebagai monitoring video live streaming pada sungai, dan Aplikasi android Telegram bot berisi menu perintah monitoring yang sudah terunduh dan terpasang pada smartphone. Hasil dari penelitian ini, alat ini dapat memberikan informasi berupa ketinggian air yang diterapkan di sungai. Pada penelitian menunjukkan implementasi IoT dalam konteks monitoring lingkungan dan sistem smart home dengan komunikasi Bluetooth maupun Telegram, tetapi tidak ditujukan secara spesifik untuk sistem gerbang otomatis dengan keamanan biometrik.

Berbeda dari penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini mengembangkan Rancang Bangun Sistem Gerbang Otomatis dengan Pengenalan Wajah dan IoT Berbasis Android yang menggabungkan tiga komponen utama yaitu Autentikasi biometrik menggunakan metode Eigenface untuk mengenali pengguna yang sah, Integrasi IoT melalui ESP8266 dan Firebase agar sistem dapat dikendalikan secara real-time dari jarak jauh dan Aplikasi Android yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk monitoring dan kontrol langsung terhadap gerbang otomatis.

2. METODE

2.1. Metode Pengumpulan Data

Didalam proses perancangan aplikasi ini diterapkan metode penelitian yang mendukung didalam proses perancangan, diantaranya adalah :

a. Studi kepustakaan (*Library Research*)

Melakukan kegiatan studi pustaka baik dari media internet, jurnal, buku –buku yang berhubungan dengan kegiatan perancangan sebuah aplikasi, seperti dasar – dasar membangun sebuah Sistem kendali gerbang dengan pengenalan wajah [9].

2. Metode Eigenface

Kata *eigenface* sebenarnya berasal dari bahasa Jerman *eigenwert* dimana *eigen* artinya karakteristik dan *wert* artinya nilai. Menurut Hanif *Eigenface* adalah salah satu *algoritma pengenalan pola wajah* yang berdasarkan pada *Principle Component Analysis* (PCA). Prinsip dasar dari pengenalan wajah adalah dengan mengutip informasi unik wajah tersebut kemudian di-*encode* dan dibandingkan dengan hasil *de-code* yang sebelumnya dilakukan. Dalam metode *eigenface*, *decoding* dilakukan dengan menghitung *eigenvector* kemudian direpresentasikan dalam sebuah matriks yang berukuran besar. *Eigenvector* juga dinyatakan sebagai karakteristik wajah oleh karena itu metode ini disebut dengan *eigenface*. Setiap wajah direpresentasikan dalam kombinasi linear *eigenface*. Metode *eigenface* pertama kali dikembangkan oleh Matthew Turk dan Alex Pentland dari Vision and Modeling Group, The Media Laboratory, Massachusetts Institute of Technology pada tahun 1987. Metode ini disempurnakan lagi oleh Turk dan Pentland pada tahun 1991 [10].

Eigenface adalah nama yang diberikan untuk satu set *eigenvector* ketika digunakan dalam pengenalan wajah pada bidang visi komputer. Dalam istilah Layman, *Eigenface* adalah sekumpulan *standardized face ingredient* dari analisis statistik dari banyak gambar wajah. Pendekatan *Eigenfaces* untuk pengenalan wajah dikembangkan oleh Sirovich dan Kirby dan digunakan oleh Matthew Turk dan Alex Pentland pada klasifikasi wajah. Selain merancang sistem untuk pengenalan wajah, Matthew Turk dan Alex Pentland juga menunjukkan cara menghitung *eigenvector* untuk melakukan *eigendecomposition* pada sebagian besar gambar wajah. *Eigenvector* berasal dari kovarian matriks distribusi probabilitas pada ruang vektor dari gambar wajah. *Dataset* wajah yang digunakan harus diambil dalam kondisi pencahayaan dan resolusi yang sama dengan saat melakukan pengenalan wajah baru. Algoritma pengenalan wajah dengan metode *Eigenface* dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

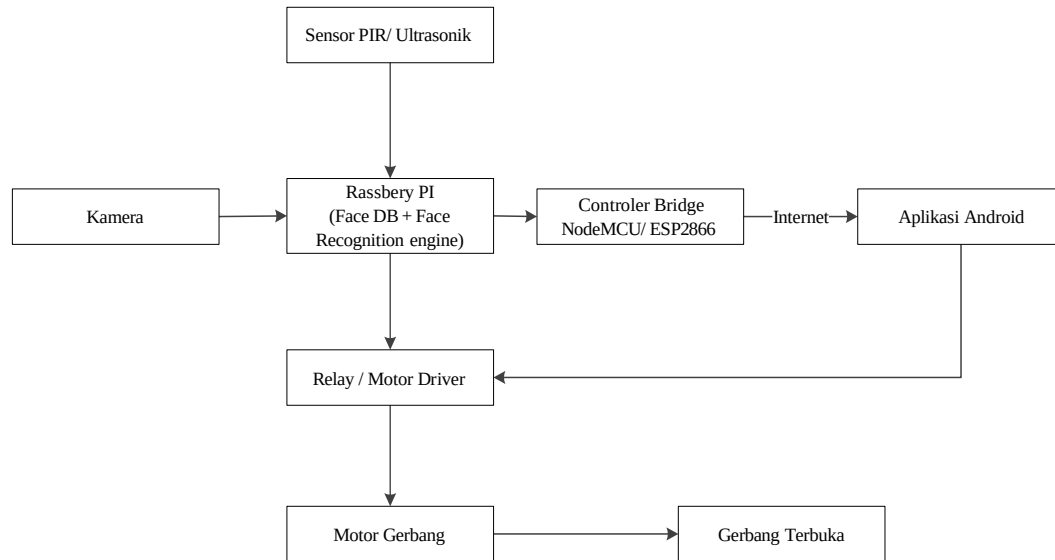
1. Menyusun *Flatvector* Matriks Citra
2. Menghitung Nilai Tengah atau *Mean* (ψ)
3. Menghitung Selisih antara *Training Image* dengan Nilai Tengah atau *Mean* (ψ)
4. Menghitung Nilai Matriks Kovarian
5. Menghitung Nilai *Eigenvalue* dan *Eigenvector*
6. Mencari Nilai *Eigenface*
7. Proses Identifikasi [11]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembahasan

Permasalahan yang terjadi pada system kendali gerbang adalah sebagai berikut proses pembukaan gerbang masih dilakukan secara manual dengan kunci atau tombol. Hal ini berisiko karena kunci dapat digandakan, tombol dapat ditekan oleh pihak yang tidak berwenang, dan penjaga pintu bisa saja lengah. Hal ini memakan waktu, apalagi jika harus menunggu petugas atau keluar dari kendaraan untuk membuka gerbang sendiri. Dan kemudian sistem kunci atau remote konvensional rentan terhadap duplikasi atau pencurian. Orang yang tidak berwenang masih bisa mengakses area terbatas jika mendapatkan kunci atau remote tersebut.

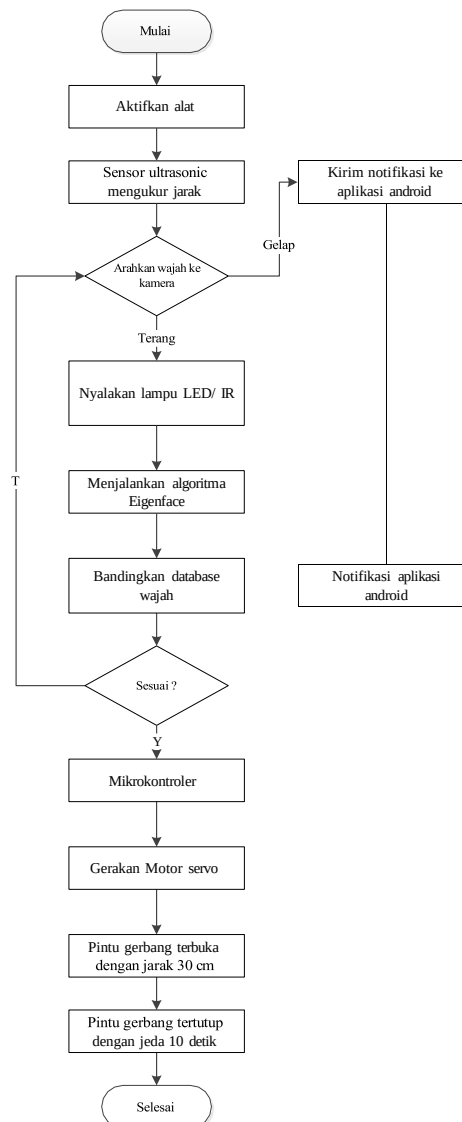
Secara garis besar, membuat Rancang Bangun Sistem Gerbang Otomatis dengan Pengenalan Wajah dan IoT Berbasis Android ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2. Diagram Blok Rangkaian

Keterangan gambar 2 Gambar diagram blok sistem menunjukkan keseluruhan alur kerja dan hubungan antar komponen pada rancangan gerbang otomatis berbasis pengenalan wajah dan IoT yang terintegrasi dengan aplikasi Android. Proses diawali dari sensor PIR atau ultrasonik yang berfungsi mendeteksi keberadaan objek atau manusia di depan gerbang. Ketika sensor mendeteksi adanya gerakan, sinyal akan dikirim ke Raspberry Pi sebagai pusat pemrosesan utama. Raspberry Pi bertanggung jawab menjalankan proses pengenalan wajah melalui modul kamera dan basis data wajah (Face Database) menggunakan algoritma Face Recognition Engine. Hasil pengenalan wajah kemudian dikirimkan ke mikrokontroler NodeMCU atau ESP8266 yang berperan sebagai jembatan komunikasi (controller bridge) antara sistem perangkat keras dan jaringan internet. Melalui koneksi internet, NodeMCU menghubungkan sistem ke aplikasi Android, sehingga pengguna dapat memantau dan mengontrol gerbang secara real-time. Jika wajah pengguna dikenali sesuai dengan data yang tersimpan, NodeMCU memberikan sinyal ke relay atau motor driver untuk mengaktifkan motor penggerak gerbang. Motor ini kemudian memutar mekanisme pembuka pintu hingga gerbang terbuka secara otomatis. Sebaliknya, apabila wajah tidak terdaftar, sistem tidak memberikan akses dan aplikasi Android akan menerima notifikasi peringatan. Dengan demikian, setiap komponen dalam sistem memiliki peran saling terintegrasi, mulai dari pendeteksian objek, pengenalan wajah, pengendalian motor, hingga pelaporan status ke aplikasi Android melalui konektivitas IoT, sehingga sistem dapat bekerja secara efisien, aman, dan dapat dioperasikan dari jarak jauh.

. Berikut adalah *flowchart* dari jalannya perangkat :



Gambar 3. Flowchart Perangkat

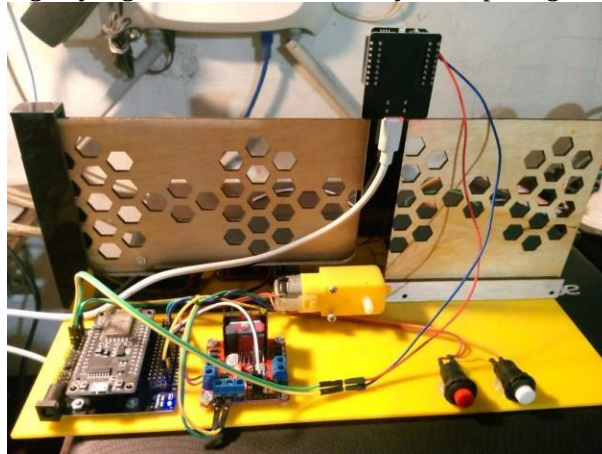
Keterangan gambar 3 penelitian ini menggambarkan alur kerja sistem gerbang otomatis berbasis pengenalan wajah dan IoT yang terintegrasi dengan aplikasi Android. Proses dimulai ketika alat diaktifkan dan seluruh komponen sistem seperti sensor ultrasonik, kamera, serta mikrokontroler melakukan inisialisasi. Sensor ultrasonik berfungsi mendeteksi adanya objek di depan gerbang dengan mengukur jarak tertentu. Ketika terdeteksi keberadaan seseorang, sistem menyalakan lampu LED/IR sebagai pencahayaan tambahan untuk membantu proses pengenalan wajah, terutama pada kondisi minim cahaya. Kamera kemudian menangkap citra wajah dan algoritma Eigenface dijalankan untuk mengenali pola wajah pengguna dengan cara membandingkannya terhadap data wajah yang tersimpan dalam database. Apabila hasil pencocokan menunjukkan kesesuaian, maka mikrokontroler mengirimkan perintah untuk menggerakkan motor servo sebagai aktuator pembuka pintu gerbang. Gerbang akan terbuka otomatis dengan jarak sekitar 30 cm dan tetap terbuka selama 10 detik sebelum menutup kembali secara otomatis. Sementara itu, apabila wajah yang terdeteksi tidak sesuai dengan data yang tersimpan, sistem tidak akan memberikan akses dan segera mengirimkan notifikasi ke aplikasi Android sebagai pemberitahuan adanya percobaan akses tidak sah. Seluruh proses berlangsung secara otomatis dan real-time melalui koneksi IoT yang menghubungkan mikrokontroler dengan aplikasi Android, sehingga pengguna dapat memantau status gerbang dan aktivitas akses dari jarak

jauh secara efisien, cepat, dan aman. Stepper lebih presisi dan kuat untuk menarik/mendorong gerbang kembali ke posisi tertutup. Setelah motor stepper menyelesaikan gerakannya, gerbang tertutup dengan rapat/ Sistem siap kembali ke awal. Selesai

3.2. Hasil

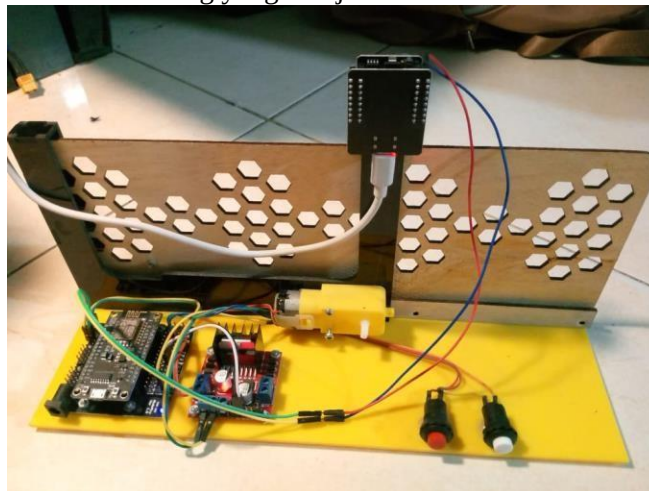
1. Tampilan Rangkaian Alat

Tampilan miniatur Sistem Gerbang Otomatis dengan Pengenalan Wajah yang akan dibuat merupakan skema dari jaringan yang akan dibuat IoT ditunjukkan pada gambar 4 :



Gambar 4. Rangkaian Alat Tampak Belakang

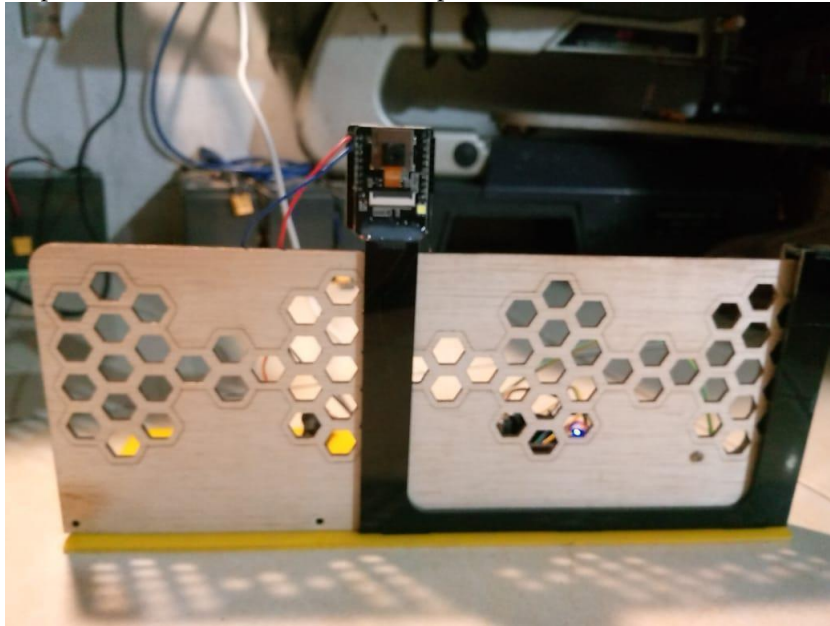
Gambar 4 menjelaskan rangkaian inti dari sistem gerbang otomatis. Di bagian kiri bawah terdapat modul mikrokontroler berbasis NodeMCU ESP8266 yang berfungsi sebagai otak sistem, mengatur komunikasi IoT dan menerima perintah dari aplikasi Android atau hasil pengenalan wajah. Di sebelahnya terdapat driver motor L298N berwarna merah, yang berfungsi mengatur arah dan kecepatan putaran motor DC. Motor DC gearbox berwarna kuning di bagian kanan atas terhubung ke driver motor melalui kabel merah dan putih, yang akan menggerakkan mekanisme pintu. Seluruh rangkaian dipasang di atas alas akrilik kuning yang menjadi dudukan utama.



Gambar 5. Rangkaian Alat Tampak Atas

Gambar 5 menjelaskan tampilan keseluruhan prototipe dari sudut yang lebih lebar. Terlihat pintu gerbang mini terbuat dari papan kayu dengan lubang pola heksagonal, dipasang pada rangka hitam di sisi kiri dan kanan. Motor DC gearbox terpasang di bagian belakang daun pintu dan terhubung dengan poros penggerak. Posisi modul NodeMCU dan driver motor berada di bagian depan alas,

sehingga memudahkan perawatan dan pengaturan kabel. Tampilan ini menunjukkan hubungan fisik antara komponen elektronik dan mekanisme pintu.



Gambar 6. Rangkaian Alat Tampak Depan

Gambar 6 merupakan tampilan pintu gerbang mini dari sisi depan. Desain kayu dengan pola lubang heksagonal berfungsi untuk estetika sekaligus mengurangi beban pintu agar motor dapat bekerja lebih ringan. Pada bagian bawah terlihat alas kuning yang menjadi tempat pemasangan komponen. Mekanisme pintu ini dibuat untuk merepresentasikan gerbang otomatis skala kecil, namun tetap memperlihatkan prinsip kerja yang sama dengan versi skala penuh.

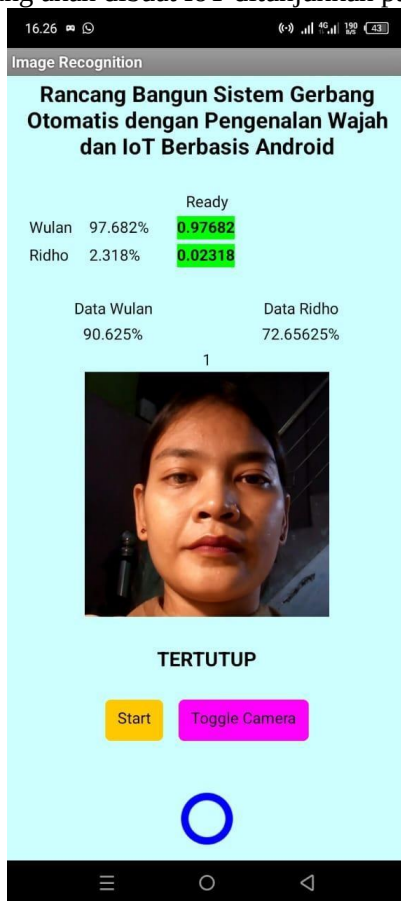


Gambar 7. Rangkaian Alat Tampak Atas

Gambar 7 menjelaskan tampilan prototipe gerbang otomatis dari sudut atas. Terlihat dengan jelas susunan papan kayu sebagai daun pintu, motor DC di bagian tengah belakang, serta rangkaian kendali di sisi kiri bawah. Susunan ini menunjukkan integrasi penuh antara komponen mekanik dan

elektronik. Dalam implementasi, NodeMCU akan menerima perintah buka/tutup pintu berdasarkan hasil pengenalan wajah dan instruksi dari aplikasi Android melalui koneksi Wi-Fi.

Tampilan aplikasi Sistem Gerbang Otomatis dengan Pengenalan Wajah yang akan dibuat merupakan skema dari jaringan yang akan dibuat IoT ditunjukkan pada gambar 8 :



Gambar 8. Tampilan Aplikasi

Keterangan Gambar 8 bagian atas layar menampilkan judul aplikasi —Rancang Bangun Sistem Gerbang Otomatis dengan Pengenalan Wajah dan IoT Berbasis Android, yang memberi informasi langsung tentang tujuan antarmuka: sebagai kontrol dan monitor untuk sistem gerbang otomatis. Tepat di bawah judul terdapat indikator status sistem bertuliskan Ready; indikator ini memberi tahu pengguna bahwa seluruh subsistem (koneksi jaringan, modul pengenalan wajah, dan kanal komunikasi IoT) telah berhasil diinisialisasi dan aplikasi siap menerima input gambar untuk proses pengenalan. Warna latar atau highlight pada status biasanya dipakai untuk menandai kondisi: hijau/—Ready berarti normal/siap, sedangkan warna lain (mis. merah/—Error atau oranye/—Not Ready) akan menandakan masalah koneksi atau modul nonaktif. Di bagian tengah atas terdapat dua label nama (dalam contoh: *Wulan* dan *Ridho*) masing-masing diikuti nilai numerik berupa persentase — nilai-nilai ini adalah skor kecocokan (confidence score) yang dihasilkan oleh algoritma pengenalan wajah untuk setiap entitas yang terdaftar di database. Skor tersebut merepresentasikan derajat kesamaan antara citra wajah yang ter-capture saat itu dengan citra referensi yang tersimpan; semakin tinggi persentase mendekati 100%, semakin besar kemungkinan citra tersebut merupakan orang yang terdaftar. Biasanya sistem menetapkan *threshold* (ambang batas) kecocokan, misalnya 70–80%; hanya bila skor suatu akun melebihi *threshold* tersebut maka sistem menganggap pengenalan berhasil dan mengizinkan akses. Nilai persen yang ditampilkan pada antarmuka membantu pengguna dan penguji memahami seberapa meyakinkan hasil pengenalan pada setiap percobaan. Di bawah label nama terdapat juga teks yang menunjukkan —Data Wulan

90.625% dan —Data Ridho 72.65625% — ini kemungkinan menampilkan ringkasan rata-rata kecocokan atau skor terakhir yang tersimpan untuk masing-masing profil pada database lokal/cloud, sehingga operator dapat melihat perbandingan histori atau kondisi pencocokan. Area tengah-bawah menampilkan kotak gambar/video yang memuat tangkapan muka (live capture) dari kamera ponsel. Ini adalah masukan visual utama untuk proses pengenalan: gambar yang ditampilkan di sana adalah frame yang sedang dianalisis oleh engine pengenalan wajah (mis. implementasi Eigenface / OpenCV). Tepat di bawah kotak gambar tertera status pintu, pada contoh adalah TERTUTUP, yang menginformasikan kondisi fisik gerbang saat ini berdasarkan data real-time dari mikrokontroler atau sensor. Jika pengenalan berhasil dan perintah buka dikirim, nilai ini akan berganti menjadi —TERBUKA atau sejenisnya untuk memberi umpan balik visual kepada pengguna.

Di bagian bawah terdapat tombol fungsi: Start (biasanya berfungsi memulai proses loop pengenalan wajah — yakni menyalakan kamera terus menerus atau mengizinkan deteksi saat sensor mendeteksi keberadaan orang) dan Toggle Camera (memungkinkan pengguna mengganti antara kamera depan dan belakang perangkat untuk mendapatkan framing wajah yang lebih baik). Lingkaran biru besar di bagian paling bawah kemungkinan adalah tombol pengambilan manual atau indikator status proses (mis. tombol capture satu kali atau indikator proses pengenalan). Ketika pengguna menekan **Start**, aplikasi akan melakukan rangkaian tindakan otomatis: (1) menerima frame dari kamera, (2) melakukan pre-processing (normalisasi ukuran dan pencahayaan, konversi ke grayscale bila diperlukan), (3) mengekstrak fitur wajah dan menghitung skor kecocokan terhadap database, (4) menampilkan skor pada antarmuka dan (5) bila skor tertinggi melebihi ambang yang ditetapkan, mengirim sinyal melalui layanan IoT (mis. Firebase atau MQTT) ke mikrokontroler NodeMCU/ESP8266 untuk mengaktifkan relay/motor driver sehingga gerbang terbuka. Seluruh proses ini dirancang agar berlangsung secara real-time dan singkat (pada prototipe sering tercatat 1–2 detik dari deteksi sampai aksi). Secara operasional untuk pembaca awam: bayangkan aplikasi ini sebagai —matal dan —otak ringan sistem—kamera mengambil foto wajah seseorang yang berdiri di depan gerbang, aplikasi membandingkan foto itu dengan daftar foto orang yang diizinkan, lalu menampilkan seberapa mirip foto tersebut dengan nama-nama di daftar. Jika ada kecocokan yang cukup tinggi, aplikasi memberi perintah otomatis ke perangkat pengendali gerbang agar membuka pintu; jika tidak, aplikasi hanya menolak akses dan biasanya mencatat kejadian tersebut ke log cloud. Notifikasi atau pesan tidak sah juga dapat dikirimkan ke pemilik melalui aplikasi bila diatur. Untuk keamanan dan kenyamanan pengguna, antarmuka menampilkan skor dan status sehingga pengguna maupun penguji dapat menilai sendiri hasil pengenalan dan men-debug bila diperlukan (mis. bila skor rendah karena pencahayaan buruk atau sudut wajah tidak ideal).

Setelah sistem diuji dan diimplementasikan secara menyeluruh, hasil penerapan menunjukkan bahwa gerbang otomatis mampu beroperasi secara real-time dengan respon cepat terhadap hasil pengenalan wajah. Ketika wajah pengguna yang terdaftar berhasil dikenali oleh sistem melalui kamera pada aplikasi Android, maka perintah pembukaan gerbang secara otomatis dikirimkan melalui koneksi IoT (Firebase) ke mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler kemudian mengaktifkan relay dan motor DC yang berfungsi sebagai aktuator penggerak pintu gerbang.

Pada kondisi wajah tidak terdaftar atau tingkat kecocokan di bawah ambang batas (threshold), sistem tidak memberikan sinyal pembukaan dan menampilkan status —Akses Ditolak pada aplikasi. Selain itu, data percobaan akses tercatat di dalam log aktivitas Firebase, yang dapat dipantau langsung oleh pengguna melalui aplikasi Android.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa:

1. Waktu respon sistem untuk membuka gerbang rata-rata adalah 1,5–2 detik setelah wajah terdeteksi dengan benar.
2. Akurasi pengenalan wajah mencapai sekitar 90–95% pada kondisi pencahayaan normal, dan sedikit menurun pada pencahayaan rendah.
3. Sistem tetap stabil saat diuji dalam jaringan Wi-Fi rumah tangga dengan jarak 10–15 meter antara perangkat Android dan ESP8266.

Hasil ini membuktikan bahwa integrasi metode Eigenface, IoT, dan aplikasi Android berhasil menghasilkan sistem gerbang otomatis yang efisien, aman, dan responsif. Sistem mampu menggantikan peran pengendalian manual dengan solusi berbasis teknologi cerdas yang meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pembuatan, dan pengujian Rancang Bangun Sistem Gerbang Otomatis dengan Pengenalan Wajah dan IoT Berbasis Android menggunakan teknologi IoT, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk merancang sistem gerbang otomatis dengan pengenalan wajah menggunakan metode *Eigenface*, sistem akan menghubungkan hasil pengenalan wajah tersebut dengan pengontrol gerbang otomatis untuk membuka atau menutup gerbang secara otomatis, sehingga meningkatkan efisiensi dan keamanan akses.
2. Sistem gerbang dapat memberikan akses terbuka atau tertutup sesuai dengan status pengguna yang terdaftar dalam database. Proses autentikasi ini memastikan bahwa hanya pengguna yang terverifikasi yang dapat mengakses gerbang, meningkatkan tingkat keamanan.
3. Aplikasi yang dirancang akan menyediakan antarmuka pengguna untuk menampilkan status gerbang (terbuka atau tertutup) serta riwayat akses pengguna. Selain itu, aplikasi juga memungkinkan pengguna untuk membuka atau menutup gerbang secara remote, memberikan kenyamanan dan kontrol penuh dalam memantau akses gerbang secara langsung. Dengan menggunakan IoT, komunikasi antara aplikasi Android dan sistem gerbang dapat berjalan secara lancar dan efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Potensi Utama yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Sugiarto, S., Andrian, Y., Sianturi, E. V. Haryanto., & Rosnelly, R. (2014). Perancangan Dan Implementasi Lampu Jalan Otomatis Dengan Menggunakan Solar Cell Berbasis ATMEGA 8535. *Jurnal Eksplora Informatika*, 4(1), 13-22.
- [2] Anggreini, N. L., Ekawati, N., & Ichsan, H. N. (2023). Prototype Sistem Kendali Pintu Gerbang Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT). *Infotekmesin*, 14(2), 257–264. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v14i2.1893>
- [3] Anwar, N., Azis, W. A., Irawan, B., & Widodo, A. M. (2022). Perancangan Sistem Kendali Kunci Keamanan Pintu Gerbang Berbasis Arduino Dan QR-Code. In *Jurnal Algoritma, Logika dan Komputasi* (Vol. 5, Issue 1). <https://doi.org/10.30813/j-alu.v5i1.3598>
- [4] Ardana, M., Panjaitan, B., & Budi Santoso, T. (2023). Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Berbasis Internet of Things (Iot). *Jurnal Limits*, 20(2), 23–36. <https://doi.org/10.59134/jlmt.v20i2.605>
- [5] Fahlevi, I., & Ardiansyah, M. (2022). Implementasi Alarm Kebakaran Otomatis Berbasis (IOT) Internet Of Things Menggunakan Metode Fuzzy Logic Pada Ruang Server Jaringan (Studi Kasus : YBY. Net). *Informatika*, 3(2), 2022.
- [6] Hafit Setiawan, B., & Junianto, E. (2024). Sistem Pengendalian Pintu Gerbang Otomatis Berbasis Iot

- Menggunakan Aplikasi Blynk. *E-Prosiding Teknik Informatika*, 5(1), 1–8.
<https://eprosiding.ars.ac.id/index.php/pti/article/view/1137>
- [7] Handayani, T., Basuki, A., Sudiana, S., & Dirgantara, I. (2022). Rancang Bangun Sistem Keamanan Pintu menggunakan Metode Pengenalan Wajah berbasis Internet of Things. *Avitec*, 5(1), 1.
<https://doi.org/10.28989/avitec.v5i1.1393>
- [8] Hiuredhy, D. K., & Beeh, Y. R. (2022). Rancang Bangun Aplikasi Pemesanan Desain Jersey Berbasis Android Dengan Menggunakan Teknologi Firebase (Studi Kasus : Konfeksi Minister). *JATISI (Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi)*, 9(3), 1739–1751.
- [9] Ipanhar, A., Wijaya, T. K., & Gunoto, P. (2022). Perancangan Sistem Monitoring Pintu Otomatis Berbasis Iot Menggunakan Esp32-Cam. *Sigma Teknika*, 5(2), 333–350.
<https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v5i2.4590>
- [10] Octavia, E., Dijaya, R., Eviyanti, A., & Azizah, N. L. (2024). Rancangan Bangun Sistem Keamanan Rumah Kost Berbasis IoT dengan ESP32-Cam. *Indonesian Journal of Applied Technology*, 1(3), 16.
<https://doi.org/10.47134/ijat.v1i3.3073>
- [11] Tri Sulistyorini, Nelly Sofi, & Erma Sova. (2022). Pemanfaatan Nodemcu Esp8266 Berbasis Android (Blynk) Sebagai Alat Alat Mematikan Dan Menghidupkan Lampu. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 1(3), 40–53.
<https://doi.org/10.56127/juit.v1i3.334>
- [12] Utomo, W. A., Nugroho, I., & Wardhana, O. W. (2022). Kontrol Kecepatan Berbasis Teknologi Wireless Digunakan Pada Kipas Angin Paralel. *Go Infotech: Jurnal Ilmiah STMIK AUB*, 28(2), 121–128.
<https://doi.org/10.36309/goi.v28i2.176>