

Implementation of WebSocket in an IoT-Based Smart Home Door Security System Using ESP32-CAM with Face Recognition

Safriadi¹, Muhammad Nasir^{2*}, Umri Erdiansyah³

¹ Teknologi Rekayasa Komputer Jaringan, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, 24355, Indonesia

^{2,3} Teknologi Rekayasa Multimedia, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, 24355, Indonesia

Informasi Artikel

Diterima :
Revisi :
Publikasi :

ABSTRAK

Kemajuan teknologi *Internet of Things*, khususnya di bidang teknologi informasi, membuka peluang dalam pengembangan sistem keamanan rumah yang lebih cerdas, efisien, dan fleksibel. Sistem yang sering digunakan seperti sidik jari dan RFID masih memiliki Keterbatasan dalam fleksibilitas, skalabilitas, dan efektivitas terhadap ancaman. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dikembangkan sistem keamanan pintu rumah berbasis IoT menggunakan ESP 32 - CAM dan teknologi *face recognition*. Sistem ini memanfaatkan algoritma *Haar Cascade Classifier* untuk deteksi wajah dan *Local Binary Pattern Histogram* untuk pengenalan wajah. Hasil pengujian menunjukkan respons cepat, kestabilan komunikasi, dan peningkatan akurasi 66,07% dengan 10 dataset, 86,07% dengan 50 dataset, dan 93,03% dengan 100 dataset. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak dataset yang digunakan, semakin tinggi akurasi sistem dalam mengenali wajah pengguna.

Kata Kunci:

Websocket
Face recognition
Haar Cascade Classifier
Local Binary Pattern Histogram
Internet of Things

ABSTRACT

The advancement of Internet of Things technology, especially in the field of information technology, opens up opportunities in the development of smarter, more efficient, and flexible home security systems. Frequently used systems such as fingerprints and RFID still have limitations in flexibility, scalability, and effectiveness against threats. To overcome these problems, an IoT-based home door security system was developed using ESP 32 - CAM and face recognition technology. This system utilizes the Haar Cascade Classifier algorithm for face detection and the Local Binary Pattern Histogram for face recognition. Test results show a fast response, communication stability, and an increase in accuracy of 66.07% with 10 datasets, 86.07% with 50 datasets, and 93.03% with 100 datasets. This shows that the more datasets used, the higher the system's accuracy in recognizing user faces.

This is an open-access article under the [CC BY-SA](#) license



*Penulis Koresponden

Email: muhnasir.tmj@pnl.ac.id

Cara sitasi IEEE::

S. Safriadi, M. Nasir, U. Erdiansyah, "Implementation of WebSocket in an IoT-Based Smart Home Door Security System Using ESP32-CAM with Face Recognition," *Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering (J-AISE)*, vol. 6, no. 1, p. 55-67, Maret 2026. doi: 10.30811/jaise.v6i1.9052

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama di bidang teknologi informasi, dapat meningkatkan sistem keamanan ruangan atau rumah, khususnya sistem keamanan pintu.[1]

ada berbagai macam teknologi untuk keamanan pintu yang dapat membantu pemilik rumah tetap aman saat meninggalkan rumah. Sistem keamanan pintu yang umum digunakan meliputi kamera CCTV, sensor sidik jari, sensor suara dan RFID. Namun dengan kemajuan teknologi, sistem keamanan ini telah menunjukkan masalah seperti kesalahan dalam sidik jari dan sensor suara. Oleh karena itu, dirancang sebuah pintu rumah yang lebih aman dan inovatif, dengan mengembangkan sistem keamanan menggunakan deteksi wajah menggunakan ESP 32 - CAM untuk deteksi wajah dan sebagai pengontrol sistem *Internet of Things*. Hasil penelitian mencakup kecepatan dan akurasi pengenalan wajah dan kecepatan mengirimkan informasi peringatan sistem keamanan melalui *Websocket* [2].

Dalam bidang keamanan *face recognition* dikembangkan dengan bahasa pemrograman *Python*, *face recognition* menawarkan sejumlah fitur dan fungsionalitas yang memudahkan pengembangan dalam mengimplementasikan sistem pengenalan wajah yang handal dan akurat. Selain itu, *library* ini juga menyediakan fitur untuk mengenali identitas wajah. Dalam konteks pengenalan wajah, sistem harus mampu mengelola dan memproses jumlah data gambar wajah yang besar, serta melayani permintaan pengenalan dari banyak pengguna secara bersamaan [3].

Penelitian ini menggunakan algoritma *Haar Cascade Classifier* yang digunakan untuk proses pengenalan wajah atau objek yang berupa gambar digital, dapat menampilkan fungsi matematika yang berupa kotak dengan menampilkan nilai RGB pada setiap *pixel*. Algoritma ini dapat mendeteksi dengan cepat dan *real-time* sebuah benda termasuk wajah manusia. Algoritma *Haar Cascade Classifier* memiliki kelebihan yaitu komputasi yang cepat karena hanya bergantung pada jumlah *pixel* dalam persegi dari sebuah *image*. [4] Tinjauan ini berbentuk *websocket* dengan data berupa sampel citra yang di *capture* dari sebuah *webcam* yang terhubung dengan komputer [5]. Citra wajah manusia yang diambil berbeda-beda dengan masing-masing mendapatkan perlakuan variasi yang sama yaitu kemiringan sudut posisi citra wajah, jarak wajah terhadap *camera* ESP 32 - CAM. Peneliti akan mencoba mendeteksi dan mengenali wajah pada foto secara *real-time*. Hasil dari penelitian ini bahwa sistem dapat mengidentifikasi nama menggunakan citra wajah dengan tingkat akurasi baik [6].

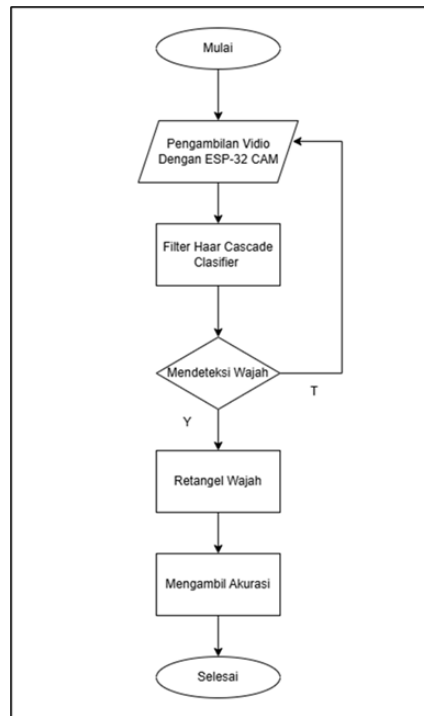
Dalam penelitian ini menerapkan metode *Local Binary Pattern Histogram* (LBPH) pada pengenalan wajah untuk mengkarakterisasi tekstur suatu gambar dengan menganalisis hubungan antara setiap *pixel*. Untuk membangun pola, algoritma ini memanfaatkan lingkungan bulat di sekitar setiap piksel. *Histogram* ini berfungsi sebagai deskripsi representative dari tekstur dan tampilan gambar. Ide dasar *Local Binary pattern Histogram* adalah asumsi bahwa struktur wajah dapat diidentifikasi secara efisien berdasarkan pola perubahan intensitas yang terjadi dalam suatu gambar. *Local Binary Pattern Histogram* menunjukkan akurasi yang tinggi dalam secara akurat mengidentifikasi baik wajah depan maupun wajah samping, yang meningkatkan kinerja secara keseluruhan dibandingkan. Selain itu karena akurasi dan kinerjanya algoritma LBPH menunjukkan ketahanan yang baik terhadap berbagai kondisi pencahayaan, meningkatkan akurasi dan kinerja dianggap sebagai metode yang ampuh untuk pengenalan wajah. Ini relatif cepat dan tidak memerlukan banyak gambar per orang untuk dilakukan pelatihan [7].

Terkait dengan permasalahan tersebut, maka dirancang sebuah sistem yang dapat mempermudah pemilik rumah dalam menjaga keamanan rumah menggunakan sistem keamanan pintu rumah cerdas berbasis *Internet of Things*, *Cloud* dan *Websocket*, pintu rumah cerdas yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan rumah, sekaligus dapat mempermudah pemilik rumah dalam pemantauan akses masuk rumah secara *real-time* dan memperoleh data yang akurat dan terkini [8]. Hal ini dapat mengurangi resiko terjadinya kejahatan dan meningkatkan dengan keamanan yang maksimal.

2. METODE

2.1 Alur Face Recognition

Alur *face recognition* menunjukkan cara kerja dari *face recognition*. Dapat dilihat pada gambar 1.

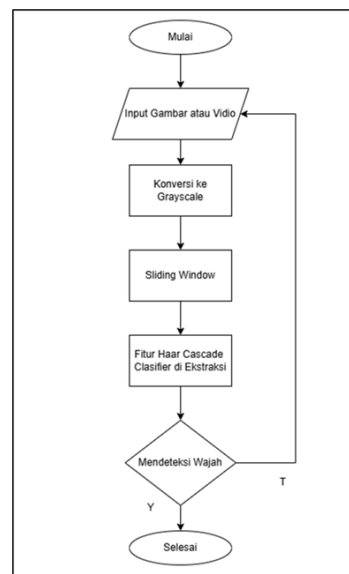


Gambar 1. Flowchart *Face Recognition*

Gambar 1, menunjukkan alur kerja dari *face recognition* tersebut menggambarkan proses deteksi wajah menggunakan *haar cascade classifier* dari *video* yang diambil melalui ESP-32 CAM. Proses dimulai dengan pengambilan *video* melalui ESP-32 CAM, algoritma *haar cascade classifier* kemudian mendeteksi wajah dalam *video* tersebut. Jika wajah terdeteksi, persegi panjang di menampilkan akurasi. Jika gagal, sistem akan kembali ke bagian pengambilan *video* dan mencoba lagi hingga wajah terdeteksi. Informasi ditampilkan dan proses selesai.

2.2. Alur Haar Cascade Classifier

Alur *Haar Cascade Classifier* menunjukkan cara kerja dari *Haar Cascade Classifier*. Dapat dilihat pada gambar 2.

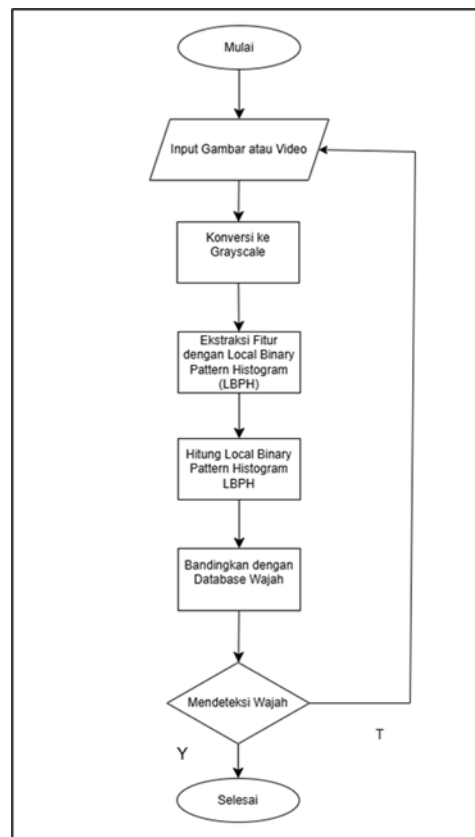


Gambar 2 Flowchart *Haar Cascade Classifier*

Gambar 2, alur kerja dari algoritma *haar cascade classifier* mulai sampai selesai. Algoritma *haar cascade classifier* digunakan untuk memulai proses deteksi wajah dengan memasukkan gambar atau *video* dari kamera. Kemudian, gambar tersebut dikonversi ke skala abu-abu untuk mengurangi kompleksitas data. *Sliding window* digunakan untuk mendeteksi wajah adalah *haar cascade classifier* yang dapat mendeteksi wajah manusia dengan cepat dan *real-time*, kemudian dipindahkan ke seluruh bagian gambar untuk melihat setiap area. Agar dapat mengekstraksi fitur *haar* dari setiap jendela, termasuk area terang dan gelap dihitung. Nilai-nilai ini kemudian dibandingkan dengan ambang batas yang telah ditentukan. Proses dilanjutkan jika hasilnya sesuai, jika tidak jendela dipindahkan ke posisi berikutnya. Apabila wajah berhasil ditemukan maka semua tahap klasifikasi selesai.

2.3. Alur Local binary Pattern Histogram

Alur *Local Binary Pattern Histogram* menunjukkan cara kerja dari *Local Binary Pattern Histogram*. Dapat dilihat pada gambar 3.



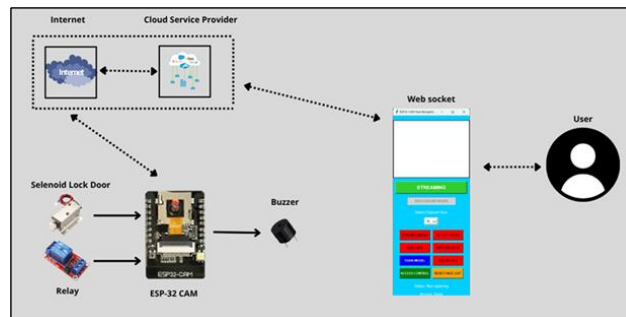
Gambar 3 Flowchart LBPH

Gambar 3, menunjukkan alur kerja dari algoritma LBPH dalam proses pengenalan wajah. Proses diawali dengan input berupa gambar atau *video* dari kamera. Gambar yang diperoleh kemudian dikonversi ke dalam skala abu-abu (*grayscale*) guna menyederhanakan informasi dan mengurangi kompleksitas perhitungan. Setelah itu, dilakukan ekstraksi fitur menggunakan metode LBPH, di mana setiap piksel dibandingkan dengan piksel-piksel di sekitarnya untuk membentuk pola biner lokal. Pola-pola tersebut dikonversi menjadi nilai desimal dan disusun ke dalam *histogram* yang merepresentasikan ciri khas tekstur wajah. *Histogram* hasil ekstraksi kemudian dibandingkan dengan *histogram* yang telah disimpan dalam *database* wajah [9]. Jika ditemukan kecocokan dengan salah satu data wajah dalam *database*, maka wajah berhasil dikenali dan proses selesai. Sebaliknya, jika tidak ada kecocokan, sistem akan kembali ke awal dan mengulangi proses pada input berikutnya.

2.4. Rancangan Sistem (Software/Hardware)

2.4.1 Blok Diagram

Rancangan sistem digunakan untuk menjelaskan gambaran mengenai sistem alat yang akan dibuat. Blok diagram menjelaskan secara menyeluruh bagaimana penerapan sistem *Internet of Things* pada sistem keamanan pintu rumah cerdas kepada pemilik rumah. Dapat dilihat pada gambar 4.

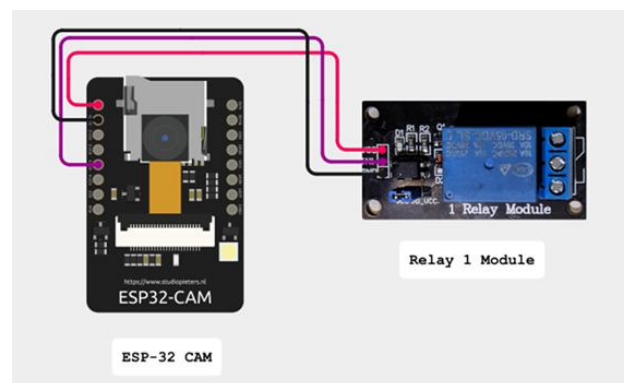


Gambar 4 Blok Diagram

Berdasarkan pada gambar 4, adalah Penerapan IoT, dan *cloud* pada sistem keamanan pintu cerdas. Tahapan ini menghasilkan alur jalannya sistem komponen yang akan digunakan. *Cloud Service Provider* sebagai penyimpanan data dan monitoring keamanan pintu rumah cerdas secara *real-time*. ESP 32 - CAM sebagai perangkat utama untuk mengontrol akses pintu secara otomatis. Modul ini dilengkapi kamera yang dapat digunakan untuk menangkap gambar atau *video*, misalnya untuk mendeteksi wajah atau memantau aktivitas di depan pintu. Selain itu, ada relay yang mengatur kunci pintu solenoid *lock* agar pintu bisa dibuka atau dikunci secara otomatis. Jika ada aktivitas yang mencurigakan atau kesalahan akses, buzzer akan berbunyi sebagai tanda peringatan. Sistem ini juga terhubung ke *cloud service provider*, sehingga pengguna bisa memantau status pintu atau mengontrolnya dari jarak jauh melalui *Websocket*. Dengan teknologi ini, pengguna mendapatkan solusi praktis untuk mengelola keamanan pintu rumah dengan mudah dan modern.

2.4.2 Perancangan ESP-32 CAM dan Relay

Menghubungkan ESP-32 CAM dan modul relay berfungsi untuk mengendalikan perangkat eksternal melalui relay. Saat ESP-32 CAM mengirimkan sinyal, modul relay mengaktifkan atau menonaktifkan aliran listrik ke perangkat lain, seperti motor atau lampu, sesuai dengan logika yang diprogram. Berikut adalah Perancangan antara ESP-32 CAM dan Relay dapat dilihat pada gambar 5 dan pengkabelan pada tabel 3.1



Gambar 5 Perancangan ESP-32 CAM dan relay

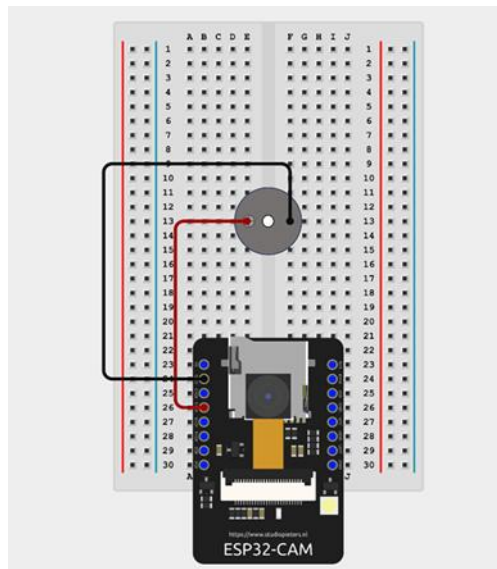
Tabel 1 Pengkabelan ESP-32 CAM dan relay

ESP-32 CAM	Relay 1 Module
VCC	5V
IO15	IN1
GND	GND

Berdasarkan Tabel 3.1 Perancangan ESP-32 CAM dan Relay 1 Modul yang terhubung ke ESP-32 CAM dengan VCC terhubung ke 5V, IN1 ke pin IO15, dan GND ke GND mempermudah ESP-32 CAM untuk mengontrol perangkat listrik yang mempunyai tegangan tinggi atau arus besar melalui relay itu. Dalam pengaturan ini, pin IO15 berperan sebagai pengendali (*input*) yang digunakan untuk menghidupkan atau mematikan relay. Saat ESP-32 CAM mengeluarkan sinyal HIGH pada IO15, relay akan menutup dan membuka jalur aliran listrik menuju perangkat yang dikendalikan (seperti lampu, motor, atau perangkat elektronik lainnya). Sebaliknya, saat sinyal rendah diterima, relay akan terbuka dan menghentikan aliran listrik. Keunggulan paling signifikan dari penggunaan relay adalah kemampuan ESP-32 CAM untuk mengatur perangkat yang memerlukan tegangan dan arus lebih tinggi daripada yang dapat disuplai oleh pin GPIO secara langsung. Relay berfungsi sebagai perangkat elektronik yang aman dan efisien untuk memisahkan rangkaian kontrol berdaya rendah dari rangkaian beban berdaya tinggi. Namun, terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan. Pertama, relay memerlukan catu daya sebesar 5V agar dapat berfungsi, sehingga perlu dipastikan bahwa ESP-32 CAM menerima suplai 5V yang stabil. Kedua, arus yang melewati relay harus sesuai dengan spesifikasi modul supaya tidak terjadi kerusakan. Ketiga, ketika relay berfungsi, umumnya terdengar suara klik, sehingga hal ini perlu diperhatikan jika digunakan di tempat yang memerlukan suasana tenang. Secara umum, pemanfaatan Relay 1 Modul bersama ESP-32 CAM yang terhubung pada pin IO15 dan sumber daya 5V ini sangat sesuai untuk aplikasi yang memerlukan pengaturan perangkat listrik secara otomatis, dengan keuntungan berupa stabilitas dan keamanan dalam mengelola beban listrik.

2.4.3 Perancangan ESP-32 CAM dan Buzzer

Menunjukkan Perancangan yang menghubungkan ESP-32 CAM dengan Buzzer, ESP-32 CAM berfungsi sebagai pengendali utama dalam rangkaian ini, mengelola aliran data atau perintah yang kemudian diteruskan ke buzzer untuk mengeluarkan suara sebagai indikator. Berikut adalah perancangan ESP-32 CAM dan Buzzer dapat dilihat pada gambar 6 dan pengkabelan pada Tabel 2.



Gambar 6 Perancangan ESP-32 CAM dan Buzzer

Tabel 2 Pengkabelan ESP-32 CAM dan Buzzer

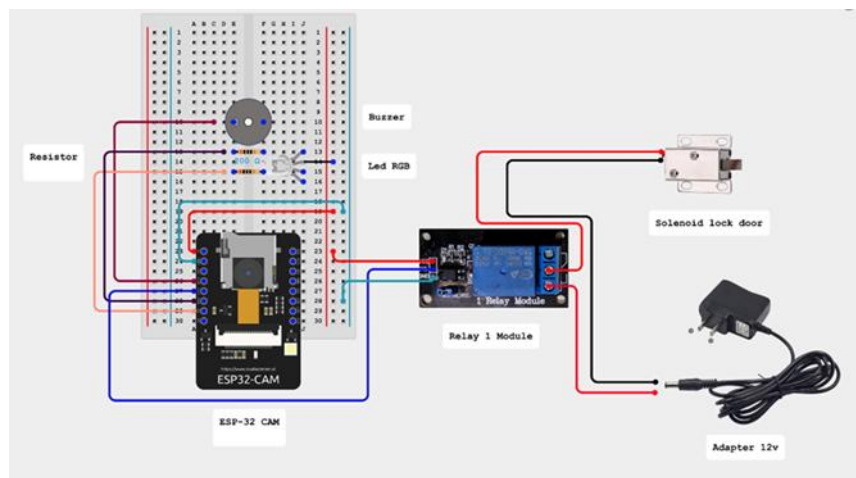
ESP-32 CAM	Buzzer
IO13	Positif (+)
GND	Negatif (-)

Berdasarkan Tabel 2 Perancangan ESP-32 CAM dan Buzzer Buzzer yang dihubungkan ke ESP-32 CAM lewat pin IO13 sebagai positif (+) dan GND sebagai negatif (-) merupakan cara sederhana untuk membuat perangkat menghasilkan bunyi sebagai tanda atau pemberitahuan. Pin IO13 berfungsi sebagai saklar digital yang bisa menghidupkan atau mematikan buzzer sesuai perintah program. Kelebihan dari cara ini adalah mudah dan langsung, tanpa perlu alat tambahan. Jadi, ESP-32 CAM bisa langsung mengendalikan buzzer untuk

memberi alarm, peringatan, atau tanda kalau ada sesuatu yang terjadi, misalnya deteksi wajah atau sensor lain aktif. Namun, ada hal yang perlu diperhatikan. Karena pin IO13 hanya mampu memberikan arus listrik terbatas, jika buzzer yang dipakai butuh daya besar, bisa berisiko merusak pin atau buzzer. Oleh karena itu, jika bunyi yang diinginkan cukup keras atau buzzer besar, sebaiknya pakai tambahan seperti transistor sebagai penguat agar pin ESP-32 tetap aman. Selain itu, pemasangan kabel juga harus benar, jangan sampai terbalik antara positif dan negatif, supaya buzzer bisa berfungsi dengan baik dan tidak cepat rusak. Singkatnya, menghubungkan buzzer ke ESP-32 CAM lewat pin IO13 dan GND adalah solusi praktis untuk memberikan suara tanda, cocok untuk proyek sederhana yang butuh pemberitahuan audio.

2.4.5 Perancangan Rangkaian keseluruhan

Perancangan sistem keseluruhan sistem digunakan pada perancangan implementasi sistem keamanan pintu rumah cerdas menggunakan ESP - 32 CAM dengan *face recognition*. Meliputi rangkaian *hardware* ESP - 32 CAM sebagai pusat kendali pada keamanan pintu rumah cerdas Berikut adalah perancangan Buzzer, Resistor, Relay, Led, Solenoid *lock door* dapat dilihat pada gambar 7 dan Pengkabelan pada Tabel 3.



Gambar 7 Perancangan Keseluruhan

Tabel 3 Pengkabelan keseluruhan

ESP-32 CAM	Relay 1 Module	Resistor 1	Resistor 2	Buzzer	Led	Solenoid	Adaptor 12V
5V	VCC				Green cathode		
GND	GND			Negatif (-)			
IO13				Positif (+)			
IO15	IN1						
IO14		Pin 1					
IO2			Pin 1				
	COM					VCC	
	NO					GND	GND
						GND	VCC

Berdasarkan Tabel 3 Perancangan Keseluruhan ini memanfaatkan modul ESP-32 CAM sebagai unit pengendali yang terhubung dengan modul relay, buzzer, LED, solenoid, dan adaptor 12V. Tegangan 5V dari ESP-32 CAM disuplai ke pin VCC pada modul relay dan juga ke resistor 1 serta resistor 2, yang selanjutnya terhubung ke LED hijau melalui terminal katoda. Ground (GND) dari ESP-32 CAM dan modul relay digabungkan dan dihubungkan ke terminal negatif buzzer sebagai acuan arus yang serupa. Pin IO13 pada ESP-

32 CAM berfungsi sebagai penyuplai tegangan positif bagi buzzer, sementara pin IO15 mengatur modul relay melalui input IN1, yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk menghidupkan atau mematikan sirkuit. Pin IO14 dan IO2 dihubungkan masing-masing dengan resistor 1 dan resistor 2, yang berperan dalam membatasi arus guna melindungi komponen yang terhubung dari arus yang berlebihan. Pada modul relay, terminal COM terhubung dengan LED dan solenoid melalui jalur VCC, sementara terminal NO (*Normally Open*) terhubung ke ground solenoid yang juga terhubung ke ground adaptor 12V. Adaptor 12V berperan sebagai sumber energi utama bagi solenoid dan modul relay, dengan kabel ground adaptor dihubungkan ke ground modul relay sesuai dengan skema rangkaian. Dengan pengaturan ini, ESP-32 CAM dapat mengontrol pengaktifan buzzer, LED, dan solenoid melalui modul relay dengan cara yang aman dan efisien. Semua ground digabungkan untuk menjaga kestabilan tegangan dan arus dalam sirkuit serta memastikan bahwa komponen memperoleh sumber energi yang tepat untuk mencegah terjadinya kerusakan.

2.4.6 Teknik Pengujian

Pada teknik pengujian sistem melibatkan metode *Haar Cascade Classifier* dan LBPH untuk memastikan deteksi wajah yang akurat [10]. di mulai dengan mengaktifkan *streaming* kamera melalui tombol *streaming camera* yang akan menampilkan video secara real-time di area yang dideteksi oleh ESP 32 - CAM setelah *streaming* aktif, pengguna dapat menekan tombol *detect faces* untuk memulai proses deteksi wajah secara otomatis pada gambar wajah yang tertangkap kamera ESP 32 - CAM. Selanjutnya, untuk menambah data wajah baru ke sistem, pengguna dapat memasukkan nama pada kolom masukkan nama dan menekan tombol *Add User*. Gambar wajah yang diambil selama *streaming camera* akan disimpan ke dalam dataset dengan label nama tersebut. Setelah cukup data terkumpul, pengguna menekan tombol *train model* untuk melatih model pengenalan wajah menggunakan data yang tersimpan agar dapat mengenali wajah dengan akurat. Data beserta model yang telah dilatih disimpan dan dapat digunakan dalam fitur *Access Control* untuk mengatur akses berdasarkan hasil pengenalan wajah. informasi hasil deteksi dan pengenalan wajah akan ditampilkan secara *real - time*, termasuk nama yang dikenali dan tingkat kepercayaan model. Jika perlukan, seluruh data wajah yang disimpan dapat dihapus menggunakan tombol *Delete All* untuk memulai ulang proses. Dalam proses pengujian penelitian ini menggali dari jurnal dengan permasalahan yang dihadapi.

1. Analisis Sistem

Tahap analisis sistem mencakup kebutuhan sistem terdapat dua tahapan untuk pembuatan sistem. Terdiri dari dua bagian sebagai berikut:

a) Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat Internet of Things yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

- ESP32-CAM
- Adapter ESP32-CAM
- Solenoid door lock
- Breadboard 400
- Relay module 1ch
- Buzzer
- LED RGB
- Resistor
- Kabel microUSB
- Kabel konektor (*Jumper cable*)
- Box Listrik
- Box miniatur pintu.

b) Perangkat Lunak (*Software*)

- Penggunaan Bahasa pemrograman *Python* untuk pengolahan *dataset* wajah.
- Penggunaan Bahasa pemrograman *C++* untuk pengontrolan perangkat *Internet of Things*.
- Penggunaan *firebase* sebagai *cloud* untuk penyimpanan data yang dihasilkan perangkat IoT.

c) Perancangan Sistem

Perancangan sistem dalam penelitian ini dari penggunaan *real-time* database melalui *cloud* pada *websocket Face recognition*, yang mencakup perancangan sistem pada penelitian ini.

d) Implementasi

Pada implementasi ini merupakan tahapan untuk menjalankan rencana yang telah dibuat. Dengan demikian implementasi dapat dilakukan jika terdapat sebuah rencana.

e) Pengujian Sistem

Pada pengujian sistem ini menggunakan metode *haar cascade classifier* dan LBPH untuk mendeteksi dan mengolah wajah yang sudah terdaftar dan mengevaluasi kendala sistem yang telah dikembangkan serta kepuasan pengguna.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, penulis menyajikan hasil-hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan. Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap setiap performa dan efektivitas sistem dalam proses perancangan.

3.1. Pengujian Algoritma *Haar Cascade Classifier* dan LBPH

Pengujian ini dilakukan dengan cara mendeteksi wajah agar dapat mengetahui seberapa akurat Algoritma *Haar Cascade Classifier* dan LBPH untuk mengetahui persentase keberhasilan metode ini pada *Face Recognition*. *Dataset* yang diuji dengan 3 variasi dataset yang di training (10, 50, dan 100) yang digunakan pada penelitian ini mencakup variasi dalam pencahayaan dan akurasi.

3.2. Hasil Pengujian Waktu Eksekusi

Pada pengujian ini terdapat beberapa pengujian yaitu dimulai dari 10, 50 sampel data sampai dengan 100 sampel data yang diambil. Pengujian ini data yang diambil berupa objek wajah manusia. Berikut ini adalah jumlah sampel yang diuji dan waktu estimasi dapat dilihat pada tabel 4:

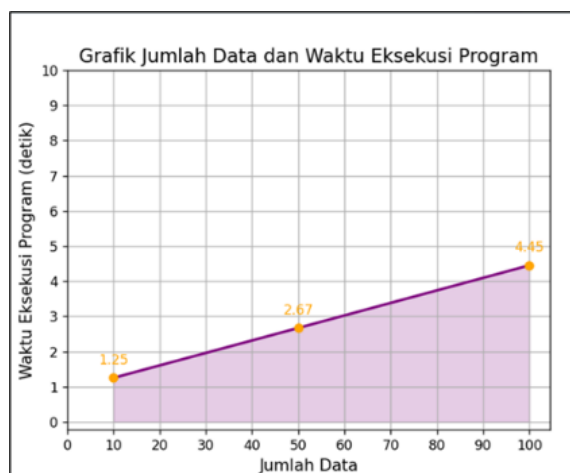
Tabel 4 Waktu Eksekusi

Jumlah Data	Waktu Eksekusi Program
10	1,25 detik
50	2,67 detik
100	4,45 detik

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa waktu eksekusi program mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah data yang digunakan. Ketika jumlah data sebanyak 10, waktu eksekusi yang dibutuhkan oleh program adalah 1,25 detik. Pada saat jumlah data ditingkatkan menjadi 50, waktu eksekusi meningkat menjadi 2,67 detik. Sementara itu, untuk jumlah data sebanyak 100, waktu eksekusi mencapai 4,45 detik. Peningkatan waktu eksekusi ini menunjukkan bahwa semakin banyak data yang diproses, maka semakin besar pula beban kerja program dalam melakukan proses identifikasi atau pengenalan wajah. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya kompleksitas pencocokan data antara citra wajah yang dikenali dengan data wajah yang telah tersimpan sebelumnya. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang sebanding antara jumlah data dengan waktu eksekusi program [11]. Oleh karena itu, untuk penggunaan dalam skala besar atau kebutuhan sistem yang berjalan secara *real-time*, diperlukan optimasi algoritma agar proses pengenalan wajah tetap efisien dan responsif.

3.3 Grafik Dataset

Data Pada Grafik dataset menampilkan data waktu eksekusi program seperti ditampilkan pada gambar8.



Gambar 8 Dataset

Berdasarkan gambar grafik *dataset* 8, dapat dilihat bahwa waktu eksekusi program meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah data yang diproses. Saat jumlah data yang digunakan sebanyak 10, waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan program adalah 1,25 detik. Ketika jumlah data ditambah menjadi 50, waktu eksekusi naik menjadi 2,67 detik. Dan, ketika jumlah data mencapai 100, waktu eksekusinya mencapai 4,45 detik. Peningkatan waktu eksekusi ini menunjukkan bahwa semakin banyak data yang diproses, semakin lama waktu yang dibutuhkan oleh program untuk menjalankan tugasnya. Hal ini terjadi karena semakin banyak data wajah yang harus dibandingkan dengan data wajah yang sudah ada, yang membuat proses pencocokan menjadi lebih kompleks. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa ada hubungan yang jelas antara jumlah data dan waktu yang diperlukan untuk menjalankan program. Jadi, jika data yang diproses semakin banyak, waktu yang dibutuhkan juga akan semakin lama. Oleh karena itu, jika program ini akan digunakan untuk pengolahan data dalam jumlah besar atau untuk aplikasi yang membutuhkan kecepatan misalnya, sistem pengenalan wajah *real-time*, perlu dilakukan optimasi pada algoritma yang digunakan agar proses tetap cepat dan efisien.

3.3.1. Pembahasan Penelitian

Face recognition berbasis IoT. Hasilnya menunjukkan bahwa teknologi ini efektif untuk meningkatkan keamanan rumah dengan pengenalan wajah otomatis.

3.3.2. Pengujian Persentase Akurasi

Akurasi *haar cascade* pada pendeteksi wajah dapat dikatakan akurat apabila nilai persentase lebih dari 80% dalam kondisi yang ideal. Namun, dalam kondisi yang kurang ideal atau dalam kondisi yang ramai, akurasi akan menurun. Agar mendapatkan hasil yang lebih baik, sebaiknya objek dalam kondisi pencahayaan dan kualitas gambar yang baik. Pengujian akurasi dari sampel yang telah diambil dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Persentase Akurasi

Dataset	Percobaan	Benar	Salah	Akurasi(%)
10	15	10	5	66.07%
50	15	13	2	86.07%
100	15	14	1	93.03%

Berdasarkan tabel 5, ditunjukkan bahwa akurasi sistem pengenalan wajah meningkatnya data uji coba yang digunakan dalam proses pelatihan. Variasi dalam jumlah data uji coba yang diuji adalah 10, 50 dan 100 gambar per orang, dengan total tiga objek wajah yang terdaftar dalam sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jumlah data pelatihan hanya dapat dicapai pada akurasi 66,07%. Ini menunjukkan bahwa data masih terbatas. Jika jumlah gambar meningkat menjadi 50, dan jika mencapai 100 per individu akurasi meningkat secara signifikan menjadi 86,07%, dan lagi menjadi 93,03%. Peningkatan akurasi ini disebabkan oleh variasi yang semakin lengkap dalam data wajah yang digunakan selama pelatihan, seperti: Menggunakan data lebih lanjut, algoritma LBPH membedakan referensi yang lebih komprehensif untuk membedakan antara karakteristik yang berbeda dari masing-masing individu. Secara umum, Tabel 5 menunjukkan bahwa jumlah data pelatihan secara langsung mempengaruhi kinerja sistem pengenalan wajah. Semakin banyak gambar yang digunakan dalam proses pelatihan, semakin akurat dicapai oleh sistem. Ini memperkuat pentingnya menggunakan catatan data yang tepat dan representatif untuk membangun sistem pengenalan wajah [12].

3.3.3. Pengujian Sistem dalam Mendeteksi

Pada Penelitian ini untuk mendapatkan hasil dari jarak yang telah ditentukan adalah 50 cm dan 100 cm. Agar sistem *face recognition* dapat mendeteksi wajah pemilik rumah secara akurat dengan sampel yang telah diambil yaitu 3 sampel objek wajah pemilik rumah. Tingkat akurasi untuk mendapatkan wajah yang telah ditentukan yaitu *threshold* mulai 80% hingga 100% agar sistem *face recognition* dapat mendeteksi wajah yang sudah terdaftar. Berikut data yang telah di uji dengan jarak dan *threshold* yang telah ditentukan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Indikator Keberhasilan


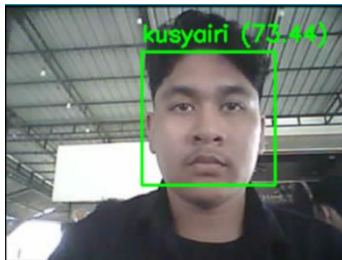
ID Anggota keluarga	Nama	Jarak Yang Telah Ditetapkan	Jarak Yang Telah Ditetapkan
		Jarak 100 cm	Jarak 50 cm
ID 1	Safriadi	Gagal	Berhasil
ID 2	kusyairi	Gagal	Berhasil
ID 3	Rigid	Gagal	Berhasil
ID 4	Akil	Gagal	Berhasil
ID 5	Imam	Gagal	Berhasil
ID 6	Iyan	Gagal	Berhasil




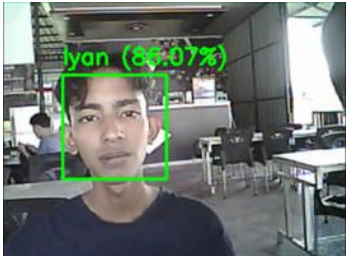
Tabel 6, menunjukkan hasil penelitian pengenalan wajah untuk lima anggota keluarga dengan dua kondisi jarak yaitu lebih dari 100 cm dan kurang dari 100 cm. Dengan referensi utama pada jarak 50 cm dan 100 cm. pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jarak terhadap keberhasilan sistem dalam mendeteksi dan mengenali wajah yang telah didaftarkan ke dalam sistem [13]. Hasil pengujian pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa pada pengujian pada jarak lebih dari 100 cm sistem gagal mengenali wajah, disebabkan oleh penurunan kualitas citra yang ditangkap kamera ESP-32 CAM, berkurangnya ketajaman fitur wajah, dan meningkatkan *noise* latar belakang.

3.3.4 Pengujian Wajah

Pada pengujian pengenalan wajah menampilkan nama dan nilai akurasi ditampilkan pada tabel 7.

Tabel 7 Pengujian Pengenalan Wajah

Nama	Wajah
Safriadi	
Kusyairi	

Rigid	
Akil	
Imam hidayat	
Iyan	

Tabel 7, Menampilkan wajah yang sudah terdaftar pada Kamera ESP-32 CAM. Dalam gambar tersebut, terdapat wajah individu yang berhasil terdeteksi, ditandai dengan kotak hijau yang mengelilingi area wajah. Di atas kotak tersebut, menampilkan teks nama yang mengindikasikan identitas yang berhasil dikenali oleh sistem. Selain itu, di dalam kotak terdapat angka akurasi, yang menunjukkan tingkat kecocokan identitas wajah yang terdeteksi dengan data yang telah terdaftar pada sistem.

Tabel 8 Nama dan Akurasi

ID	NAMA	AKURASI
ID 1	Safriadi	93.03%
ID 2	Kusyairi	73.44%
ID 3	Rigid	93.03%

ID 4	Akil	86.07%
ID 5	Imam hidayat	71.83%
ID 6	Iyan	86.07%

Tabel 8, Menampilkan nama dan akurasi. Safriadi terdeteksi dengan akurasi sebesar 93.03%, Kusyairi dengan akurasi 73.44%, Rigid dengan akurasi 93.03%, Akil dengan akurasi 86.07%, Imam hidayat dengan akurasi 71.83%, dan Iyan dengan akurasi 86.07%. Angka akurasi ini memberikan informasi tentang seberapa tepat identifikasi wajah tersebut, memberikan gambaran tentang kualitas deteksi yang dilakukan oleh sistem.

4. KESIMPULAN

Faktor jarak memiliki pengaruh besar terhadap performa dan ketepatan algoritma *Haar cascade classifier* dan LBPH. Pengujian menunjukkan bahwa bekerja dengan baik dan menghasilkan akurasi yang tinggi pada jarak 50 cm, namun mengalami penurunan performa yang signifikan pada jarak 100 cm. Penurunan kinerja kedua algoritma ini disebabkan oleh berkurangnya kualitas citra yang ditangkap dan meningkatnya *noise* pada jarak yang lebih jauh. Oleh karena itu, untuk memperoleh hasil optimal dari sistem pengenalan wajah menggunakan algoritma *Haar cascade classifier* dan LBPH, jarak operasional sebaiknya tidak melebihi 50 cm.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, pengaruh jumlah dataset terhadap akurasi sistem sangat signifikan. Dengan 10 *dataset*, akurasi yang tercapai hanya 66,07%, namun dengan 50 *dataset*, akurasi meningkat menjadi 86,07% dan dengan 100 *dataset*, akurasi mencapai 93,03%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak data pelatihan yang digunakan, semakin tinggi akurasi yang dapat dicapai oleh sistem dalam mengenali wajah pengguna.

REFERENSI

- [1] Muwardi, R., & Adisaputro, R. R. (2021). Design sistem keamanan pintu menggunakan face detection. *Jurnal Teknologi Elektro*, 12(3), 120-128.
- [2] Cam, E. S. P., & Winarno, A. (2024). Home Door Security System with Face Recognition Using. 06(02), 9–14.
- [3] Alifa, R. F. (2024). Analisis Skalabilitas Sistem Pengenalan Wajah menggunakan Library Face Recognition di Lingkungan Cloud Computing. *Explore*, 14(2), 113-117.
- [4] Alamsyah, R., & Sidabutar, I. (2021). Facial Recognition Using The Haar Cascade Classifier Method For Smart Absence. *Jurnal Info Sains: Informatika dan Sains*, 11(1), 27-34.
- [5] Jutika, A. P. (2022). Implementasi Face Recognition Berbasis Haar-Cascade Classifier Pada Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Dual-Camera. *INFOTECH journal*, 8(2), 106-115.
- [6] S. Muliana, Nasir.M, and Mursyidah, "Monitoring Jadwal Belajar Mengajar Prodi Teknik Multimedia Dan Jaringan Dengan Raspberry Pi" *Jurnal Infomedia: Teknik Informatika, Multimedia, dan Jaringan*, Vol 3, No 1, 2018. doi. Prefix 10.30811/jim by Crossref
- [7] Jamal Rosid. (2022). Face Recognition Dengan Metode Haar Cascade dan Facenet. *Indonesian Journal of Data and Science*, 3(1), 30–34. <https://doi.org/10.56705/ijodas.v3i1.38>
- [8] Tej Chinimilli, B., Anjali, A., Kotturi, A., Reddy Kaipu, V., & Varma Mandapati, J. (2020). Face Recognition based Attendance System using Haar Cascade and Local Binary Pattern Histogram Algorithm. *Proceedings of the 4th International Conference on Trends in Electronics and Informatics, ICOEI 2020*, 1(1), 701–704. <https://doi.org/10.1109/ICOEI48184.2020.9143046>
- [9] Muslimin, Z., Wicaksono, M. A., Fadlurachman, M. F., & Ramli, I. (2019). Rancang Bangun Sistem Keamanan dan Pemantau Tamu pada Pintu Rumah Pintar Berbasis Raspberry Pi dan Chat Bot Telegram. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 23(2), 121-128.
- [10] Antono, F. B., & Rofii, F. (2020). Deteksi Jumlah dan Pengenalan Wajah Manusia Menggunakan Metode Histogram of Oriented Gradient dan Viola Jones. *Techno. com*, 19(1).
- [11] Gunawan, M. A., Purba, H. S., Saputra, N. A. B., Wiranda, N., & Adini, M. H. (2024). Perancangan Pendeteksi Wajah dengan Metode Haar Cascade dan Local Binary Pattern Berbasis OpenCV. *Computing and Education Technology Journal*, 4(1), 7-16.
- [12] Rohmana, A. D. A., Mubarak, H., & Gunawan, R. (2019). Pengukuran Kinerja Stored Procedure pada Database Relasional. *Jurnal Siliwangi Seri Sains dan Teknologi*, 5(2), 51-55.
- [13] Kortylewski, A., Schneider, A., Gerig, T., Egger, B., Morel-Forster, A., & Vetter, T. (2018). Training deep face recognition systems with synthetic data. *arXiv preprint arXiv:1802.05891*.
- [14] Alber, E. (2025). Perancangan Sistem Presensi Face Recognition Dengan Menggunakan Metode Haar Cascade Object Detection. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Komputer (JAKAKOM)*, 5(1), 1365-1374.