

Otomatisasi Pintu Dengan Menggunakan ESP32-CAM Berbasis Telegram

Ira Fitri Chorliana Dewi^{1*}, Jihan Amirah Munif²

¹Teknik informatika / Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
^{1*}220103155.mhs.udb.ac.id

²Teknik Informatika
Universitas Duta Bangsa Surakarta
²220103156@mhs.udb.ac.id

Abstrak— Perkembangan Internet of Things (IoT) mendorong terciptanya sistem keamanan yang terintegrasi dan responsif. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem otomatisasi pintu berbasis ESP32-CAM yang terhubung dengan aplikasi Telegram. Sistem akan mengirimkan notifikasi dan foto pengunjung secara real-time saat tombol bel ditekan, dan memungkinkan pengguna membuka atau mengunci pintu dari jarak jauh melalui perintah Telegram. Untuk mengevaluasi kinerja sistem, dilakukan pengujian pada 10 titik penglihatan kamera yang tersebar dalam pola segitiga di area depan kamera, mencakup posisi kanan, tengah, kiri dengan variasi jarak dekat (± 50 cm), sedang (± 100 cm), dan jauh (± 120 cm), serta satu titik tambahan untuk menguji objek parsial (hanya tangan). Hasil menunjukkan bahwa kamera mampu mengenali wajah pada 8 dari 10 titik, dengan tingkat keberhasilan deteksi wajah sebesar 80%. Titik-titik pada jarak jauh atau objek non-wajah (tangan saja) tidak berhasil dikenali. Waktu rata-rata pengiriman notifikasi ke Telegram adalah 2,3 detik, dan respon perintah penguncian/pembukaan pintu adalah 1,8 detik. Sistem ini terbukti cukup andal dan layak diterapkan sebagai solusi keamanan rumah berbasis IoT.

Kata kunci— Internet of Things, ESP-32CAM, Telegram Bot, Keamanan Rumah, Sistem Cerdas.

Abstract— The development of the Internet of Things (IoT) encourages the creation of integrated and responsive security systems. This research designs and implements an automation system for doors based on ESP32-CAM connected to a Telegram application. The system will send notifications and photos of visitors in real-time when the doorbell is pressed, and allows users to open or lock the door remotely through Telegram commands. To evaluate the system's performance, testing was conducted at 10 camera view points arranged in a triangular pattern in front of the camera, covering right, center, and left positions with variations of close range (± 50 cm), medium (± 100 cm), and far (± 120 cm), as well as one additional point to test partial objects (only hands). The results show that the camera can recognize faces at 8 out of 10 points, with a face detection success rate of 80%. The points at far distances or non-face objects (hands only) were not successfully recognized. The average time to send notifications to Telegram is 2.3 seconds, and the response time for lock/unlock commands is 1.8 seconds. This system has proven to be quite reliable and is suitable to be implemented as an IoT-based home security solution.

Keywords— Internet of Things, ESP-32CAM, Telegram Bot, Home Security, Smart System.

I. PENDAHULUAN

Keamanan rumah merupakan aspek krusial dalam kehidupan modern yang mendorong pengembangan sistem penguncian pintu yang lebih cerdas dan efisien. Teknologi pengenalan wajah kini menjadi solusi inovatif dalam meningkatkan keamanan akses pintu, menggantikan penggunaan kunci konvensional yang rentan terhadap pencurian atau kehilangan. Dalam konteks ini, modul ESP32-CAM menjadi salah satu perangkat andalan karena mendukung integrasi antara teknologi pengenalan wajah dan Internet of Things (IoT). Dengan fitur konektivitas Wi-Fi yang dimilikinya, ESP32-CAM memungkinkan sistem dikendalikan dan dipantau secara jarak jauh melalui aplikasi seperti Telegram.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas kombinasi teknologi ini dalam meningkatkan sistem keamanan rumah. Sistem keamanan pintu otomatis berbasis pengenalan wajah dengan ESP32-CAM yang terhubung ke Telegram, mampu mengidentifikasi wajah secara akurat dan mengirim notifikasi real-time ke pengguna [1]. Sistem kunci pintu pintar berbasis pengenalan wajah dengan ESP32-CAM dan Telegram telah terbukti efisien dan mudah digunakan [2]. Metode Haar-Cascades dan LBPH dengan tingkat keberhasilan pengenalan wajah dapat mencapai lebih dari 85% [3]. Sistem kunci pintu berbasis IoT yang memanfaatkan ESP32-CAM dan bot Telegram, mampu mendeteksi wajah hingga jarak 80 cm dan memberikan respons waktu yang cepat [4]. Pengembangan

sistem kunci dan bel pintu berbasis ESP32-CAM dan Telegram telah berhasil dilakukan yang memungkinkan pengguna menerima notifikasi secara langsung saat wajah terdeteksi [5].

Penelitian lainnya memperluas fungsionalitas sistem ini. Beberapa diantaranya mengombinasikan pengenalan wajah alternatif melalui keypad dan menambahkan fitur penyimpanan cloud untuk menyinkronkan data pengenalan wajah secara terpusat [6], [7]. Pengujian pada ESP32-CAM tetap menunjukkan performa pengenalan wajah yang handal dalam kondisi pencahayaan rendah saat menggunakan algoritma LBPH [8]. Sistem verifikasi otomatis berbasis wajah dan Telegram juga telah dirancang untuk memungkinkan proses pembukaan pintu secara aman dan praktis [9].

Berdasarkan berbagai studi tersebut, dapat disimpulkan bahwa integrasi ESP32-CAM, teknologi pengenalan wajah, dan aplikasi Telegram memberikan solusi yang efektif, efisien, serta meningkatkan keamanan dan kenyamanan dalam sistem penguncian pintu berbasis IoT. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sistem kunci pintu otomatis berbasis pengenalan wajah yang terintegrasi dengan Telegram guna memberikan kemudahan kontrol akses dari lokasi yang tidak berdekatan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan eksperimental, bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem keamanan pintu otomatis berbasis pengenalan wajah menggunakan ESP32-CAM, yang terintegrasi dengan notifikasi real-time melalui aplikasi Telegram. Sistem ini dikembangkan melalui proses iteratif mulai dari desain perangkat keras, pemrograman perangkat lunak, hingga pengujian fungsional di lingkungan simulasi rumah pintar [10].



Gambar 1. Alur Penelitian

Flowchart diatas merupakan tahapan penelitian yang berguna untuk menyelesaikan penelitian ini. Diharapkan sistem ini dapat dikembangkan secara optimal untuk solusi keamanan berbasis *Internet of Things*.

2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai tahap awal dengan mengumpulkan, membaca, dan mencatat berbagai referensi ilmiah yang relevan. Referensi diambil dari 23 sumber ilmiah mencakup topik pengenalan wajah, *Internet of Things* (IoT), bot telegram, serta performa ESP32-CAM dalam berbagai kondisi [1]-[23]. Referensi tersebut digunakan dalam menyusun spesifikasi sistem, pemilihan metode, dan perancangan prototipe yang digunakan dalam penelitian ini.

2.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Pada tahap kebutuhan analisis sistem, perancangan dilakukan secara menyeluruh mencakup aspek perangkat keras (*Hardware*) maupun perangkat lunak (*Software*) yang dibutuhkan. Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan dapat berjalan secara optimal sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, serta mampu memenuhi kebutuhan fungsional dan non-fungsional dari pengguna maupun lingkungan operasional. Sistem akan dirancang baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak :

1. Perangkat Keras (Hardware)

Sistem dirancang dengan mempertimbangkan komponen – komponen utama yang mendukung kinerja sistem secara keseluruhan. Perangkat keras yang digunakan dengan fungsi dan kebutuhan operasional, seperti mikrokontroler sebagai pusat kendali, sensor sebagai alat deteksi, modul komunikasi untuk pengiriman data, serta aktuator jika diperlukan untuk menjalankan perintah tertentu.

Selain itu, pemilihan perangkat keras juga mempertimbangkan efisiensi daya, kompatibilitas antar komponen dan kemudahan integrasi dengan sistem perangkat lunak yang akan digunakan. Dengan demikian, perangkat keras yang dirancang mampu memberikan performa yang stabil, akurat dan dapat diandalkan dalam mendukung tujuan sistem.

a. Kamera ESP32-CAM



Gambar 1.1 Kamera ESP32-CAM

Modul ESP32-CAM merupakan mikrokontroler berbasis ESP32 yang telah terintegrasi dengan kamera OV2640 serta mendukung konektivitas Wi-Fi. Modul ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi *Internet of Things* (IoT) karena kemampuannya dalam pemrosesan citra secara lokal (*edge processing*) serta pengiriman data visual secara real-time melalui jaringan nirkabel.

Keunggulan ESP32-CAM terletak pada efisiensinya dalam mengintegrasikan fungsi pemantauan visual, pengenalan objek, dan komunikasi nirkabel dalam satu paket hemat daya [11].

b. Solenoid Lock



Gambar 1.2 Solenoid Lock

Solenoid lock berfungsi sebagai aktuator elektromagnetik untuk membuka dan mengunci pintu secara otomatis ketika arus listrik diberikan. Pin pengunci diaktifkan dan kembali ke posisi semula sesuai kebutuhan sistem. Dalam sistem *smart door lock* berbasis IoT, solenoid ini dikontrol melalui aplikasi atau antarmuka web, memungkinkan pengguna membuka atau mengunci pintu secara remote. Teknologi ini sangat efisien dan aman karena didukung otomatisasi dan log akses yang terekam oleh sistem berbasis ESP8266 atau NodeMCU [12].

c. Relay



Gambar 1.3 Relay

Relay berperan sebagai saklar elektromekanik yang memisahkan sirkuit kontrol (mikrokontroler) dan beban tegangan tinggi (misalnya solenoid lock atau lampu). Relay ini digunakan untuk meningkatkan keamanan sistem karena menghindari langsungnya hubungan arus tinggi ke mikrokontroler.

Secara umum, relay terdiri dari tiga bagian utama kumparan (*coil*), kontak (*contact*), dan mekanisme saklar. Ketika arus listrik dialirkan ke kumparan, medan magnet yang dihasilkan akan menarik kontak saklar, sehingga terjadi perubahan posisi kontak dan memungkinkan aliran listrik ke rangkaian yang dikendalikannya.

Selain itu, relay memungkinkan sistem IoT memilih beban mana yang akan diaktifkan atau dimatikan berdasarkan kondisi sensor atau perintah pengguna via internet [13].

d. Buzzer

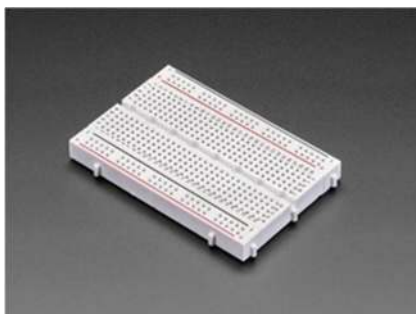


Gambar 1.4 Buzzer

Buzzer merupakan salah satu komponen aktuator yang berfungsi menghasilkan suara sebagai bentuk notifikasi pada sistem elektronik. Prinsip kerjanya didasarkan pada pemberian sinyal listrik berfrekuensi tertentu yang menyebabkan diafragma di dalamnya bergetar dan menghasilkan bunyi.

Pada sistem *smart door lock* berbasis *Internet of Things* (IoT), buzzer digunakan sebagai alarm yang memberikan peringatan suara saat terdeteksi adanya akses tidak sah terhadap pintu, sehingga dapat meningkatkan aspek keamanan sistem secara menyeluruh [14].

e. Breadboard



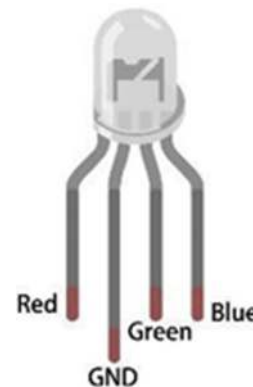
Gambar 1.5 Breadboard

Breadboard adalah papan prototipe elektronik non-solder yang sangat penting dalam tahap pengembangan dan pengujian rangkaian IoT. Komponen ini memungkinkan peneliti dan pengembang untuk merakit dan memodifikasi

sistem sementara dengan cepat, tanpa perlu mengubah sirkuit permanen. Papan rangkaian tansolder atau papan purwarupa adalah dasar konstruksi yang digunakan untuk membuat purwarupa sirkuit elektronik semipermanen. Tidak seperti perfboard atau stripboard, papan rangkaian tidak memerlukan penyolderan atau penghancuran trek dan karenanya dapat digunakan kembali.

Pada tempat seperti laboratorium universitas atau workshop teknologi, breadboard digunakan untuk memastikan desain dan koneksi antar komponen seperti sensor, mikrokontroler (ESP32-CAM), dan aktuator (relay, servo) telah berfungsi sebelum dirakit menjadi PCB final [16].

f. LED RGB



Gambar 1.6 LED RGB

LED RGB adalah dioda pemancar cahaya yang terdiri dari tiga komponen warna—merah (*Red*), hijau (*Green*), dan biru (*Blue*)—yang dapat dikendalikan secara terpisah melalui teknik *pulse-width modulation* (PWM) untuk menghasilkan spektrum warna yang luas.

Dalam sistem *smart door lock* berbasis ESP32-CAM dan integrasi dengan Telegram. Indikator visual ini memberikan umpan balik langsung kepada pengguna tanpa perlu memantau log atau aplikasi. Implementasi praktis ditemukan dalam sistem kunci otomatis di mana ESP32-CAM mengirim gambar ke Telegram sekaligus mengaktifkan LED RGB untuk memberi tahu status terkini pintu [15].

g. Laptop



Gambar 1.7 Laptop

Laptop atau komputer digunakan sebagai alat utama untuk memprogram dan mengunggah kode ke ESP32-CAM melalui Arduino IDE. Proses ini melibatkan penulisan skrip, konfigurasi board, serta pemilihan port serial untuk komunikasi dengan mikrokontroler.

Dalam pengembangan sistem keamanan berbasis ESP32-CAM dan Telegram, konfigurasi awal seperti koneksi Wi-Fi, integrasi kamera, dan bot Telegram dilakukan seluruhnya melalui perangkat lunak Arduino IDE yang dijalankan pada laptop. Perangkat ini juga digunakan untuk *debugging* dan pemantauan serial saat pengujian sistem berlangsung [17].

h. Smartphone



Gambar 1.8 Smartphone

Smartphone berfungsi sebagai alat penerima notifikasi dan gambar secara *real-time* dari sistem keamanan berbasis ESP32-CAM melalui aplikasi Telegram. Melalui Telegram Bot, pengguna tidak hanya menerima pemberitahuan berupa pesan dan foto aktivitas di depan pintu, tetapi juga dapat mengendalikan kunci pintu dari jarak jauh, seperti membuka pintu setelah verifikasi identitas. Fitur ini memberikan kemudahan dan keamanan tambahan bagi pengguna, karena memungkinkan pemantauan

dan pengendalian akses rumah dilakukan secara fleksibel kapan saja dan di mana saja. Integrasi antara ESP32-CAM, Telegram Bot, dan smartphone menciptakan sistem keamanan pintar yang efisien dan responsif terhadap ancaman atau aktivitas mencurigakan di sekitar area pemantauan.

Melalui Telegram Bot, pengguna tidak hanya menerima pemberitahuan berupa pesan dan foto aktivitas di depan pintu, tetapi juga dapat mengendalikan kunci pintu dari jarak jauh, seperti membuka pintu setelah verifikasi identitas. Fungsionalitas ini menjadikan smartphone sebagai komponen utama dalam sistem IoT yang mendukung keamanan rumah pintar secara praktis dan efisien [19].

i. Tactile Switch



Gambar 1.9 Tactile Switch

jenis saklar tekan (push button) yang bekerja secara momentary, artinya hanya akan menghubungkan sirkuit listrik saat ditekan, dan kembali ke posisi awal ketika dilepas. Komponen ini menghasilkan umpan balik sentuhan (tactile feedback) sehingga pengguna dapat merasakan respon dari tekanannya. Dalam implementasinya, tactile switch digunakan sebagai pemicu sistem untuk memulai proses pengambilan gambar atau mengaktifkan fitur lainnya, layaknya fungsi tombol bel pada pintu.

Saat tombol ditekan, ESP32-CAM akan langsung menangkap citra kamera dan mengirimkannya melalui aplikasi Telegram. Dalam sistem kunci dan bel otomatis berbasis IoT, tactile switch berperan sebagai input sederhana yang memicu sistem untuk mendeteksi kehadiran pengunjung atau aktivitas di depan pintu, tanpa perlu menggunakan sensor gerak tambahan. Komponen ini umum digunakan karena responsif, ekonomis, dan mudah dipasang pada breadboard [18].

j. Baterai 9 Volt



Gambar 1.10 Baterai 9 Volt

Dalam sistem penguncian otomatisasi berbasis ESP32-CAM, solenoid lock membutuhkan arus dan tegangan yang relatif tinggi saat aktif. Oleh karena itu, sumber daya alternatif seperti adaptor 12V digunakan untuk memasok energi ke solenoid lock melalui modul relay.

Relay berperan sebagai saklar elektronik yang dikontrol oleh mikrokontroler, memungkinkan pengaktifan solenoid hanya saat diperlukan. Pendekatan ini menghindari beban berlebihan pada ESP32-CAM dan meningkatkan keandalan sistem. Implementasi ini digunakan dalam sistem verifikasi wajah otomatis, dimana pintu terbuka secara otomatis setelah autentifikasi berhasil melalui kamera dan bot telegram [20].

k. Kabel Mikro



Gambar 1.11 Kabel Mikro

Modul USB to TTL (FTDI) digunakan untuk menghubungkan ESP32-CAM ke laptop selama proses upload program dan konfigurasi awal. Karena ESP32-CAM tidak memiliki port

USB bawaan, maka diperlukan FTDI sebagai jembatan komunikasi serial antara mikrokontroler dan laptop.

Modul ini memungkinkan pengiriman perintah dari Arduino IDE ke ESP32-CAM, serta monitoring melalui serial monitor. Dalam implementasi sistem keamanan berbasis IOT, proses awal seperti pengaturan jaringan wifi, bot telegram dan pengujian kamera dilakukan menggunakan koneksi ini [21].

2. Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak dalam sistem ini dirancang dengan mempertimbangkan elemen-elemen ini yang mendukung kinerja sistem otomatisasi pintu secara menyeluruh. Perangkat lunak dikembangkan untuk mengelola alur logika pengoperasian sistem, mulai dari proses inisialisasi koneksi jaringan, pengendalian kamera, hingga pengiriman data secara *real-time*. Dalam implementasinya digunakan Arduino IDE sebagai platform pemrograman utama yang mendukung pemrograman ESP32-CAM dengan berbagai *library* penting untuk menghubungkan sistem dengan bot telegram.

Melalui program yang dikembangkan, sistem ini mampu melakukan pengenalan wajah menggunakan fitur *face detection* dan *face recognition* bawaan ESP32-CAM tanpa memerlukan server eksternal. Selain itu, perangkat lunak memungkinkan pengambilan gambar dan pengiriman hasil deteksi secara langsung ke aplikasi telegram sebagai bentuk notifikasi kepada pengguna. Perangkat lunak ini juga mengatur respon terhadap perintah yang diterima melalui telegram seperti membuka pintu secara jarak jauh.

Pengembangan perangkat lunak mempertimbangkan efisiensi penggunaan memori, stabilitas koneksi wifi serta kemudahan integrasi dengan perangkat keras yang digunakan. Dengan rancangan yang tepat, perangkat lunak mampu memberikan kontrol sistem yang *real-time*, responsif dan andal, sehingga dapat menunjang sistem otomatisasi pintu berbasis IoT secara optimal.

a. Arduino IDE



Gambar 1.12 Arduino IDE

ESP32-CAM diprogramkan menggunakan arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Proses pemrograman melibatkan penggunaan beberapa *library* penting, seperti *wifi.h* untuk mengelola koneksi jaringan nirkabel, *httpclient*. Untuk melakukan komunikasi HTTP dengan server atau API eksternal, serta *servo.h* untuk mengontrol motor servo dalam mekanisme buka tutup pintu otomatis.

Pendekatan ini banyak diterapkan dalam pengembangan sistem smart door lock otomatis karena struktur *library* yang modular dan dokumentasi yang luas memudahkan proses integrasi perangkat keras dan layanan IoT [23].

b. Telegram



Gambar 1.13 Telegram

Sistem otomatisasi pintu otomatis berbasis ESP32-CAM mengintegrasikan bot telegram untuk menyediakan notifikasi *real-time* berupa status pintu dan foto aktivitas pengenalan wajah atau deteksi gerakan. ESP32-CAM saat menerima sinyal menangkap gambar dan mengirimkannya melalui bot telegram ke akun pengguna. Pengguna juga dapat mengirimkan perintah seperti unlock melalui chat bot untuk membuka pintu secara remote.

Pendekatan ini telah diuji dalam sistem menggunakan *algoritma haar cascade* untuk berbasis IoT dan terbukti meningkatkan mendeteksi wajah dan metode *Local Binary Pattern* keamanan serta kendali jarak jauh secara *Histogram (LBPH)* sebagai metode identifikasi setelah wajah dikenali.

signifikan dalam lingkungan rumah dan usaha kecil menengah [22].

c. Wi-fi



Gambar 1.14 Wi-fi

ESP32-CAM diprogram menggunakan arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++ yang memungkinkan integrasi berbagai fungsi perangkat keras dan komunikasi jaringan. Struktur pemrograman ini mendukung pengembangan sistem seperti kunci dan bel otomatis berbasis IoT yang dikendalikan melalui aplikasi telegram dan sensor kamera.

Pemanfaatan *library* tersebut mempercepat pengembangan prototipe dan mempermudah integrasi modul secara modular [24].

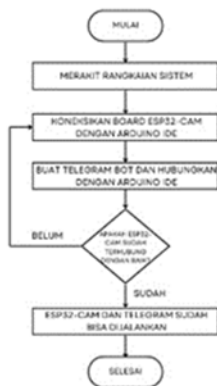
3. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap awal dalam membangun sistem otomatisasi pintu berbasis pengenalan wajah dengan ESP32-CAM dan integrasi notifikasi melalui telegram. Proses perancangan dimulai dengan menyusun alur logika sistem secara keseluruhan yang dituangkan dalam diagram alir (*Flowchart*), dilanjutkan dengan merancang koneksi antar perangkat keras seperti ESP32-CAM sebagai inti pengontrol dan kamera, tombol bel sebagai input manual, serta buzzer dan solenoid door lock sebagai output sistem. Seluruh komponen ini disusun menggunakan breadboard dan dirancang sedemikian rupa agar mudah diintegrasikan melalui arduino IDE dan jaringan wifi, ESP32-CAM terhubung ke jaringan dan bot telegram untuk mengirim notifikasi secara *real-time* kepada pengguna saat sistem mendeteksi wajah. Sistem ini dirancang agar mampu melakukan proses pendeteksi dan pengenalan wajah

Sistem akan mengaktifkan akuator berupa solenoid doorlock untuk membuka pintu. Rancangan ini mendukung komunikasi dua arah melalui bot telegram, sehingga memungkinkan pengguna menerima notifikasi sekaligus memberikan perintah balik ke sistem. Penggunaan ESP32-CAM dengan integrasi telegram mampu meningkatkan efisiensi sistem keamanan berbasis Iot.

A. Diagram Alir

Diagram ini menggambarkan alur proses perancangan sistem otomatisasi pintu berbasis ESP32-CAM yang terhubung dengan bot telegram. Proses dimulai dengan langkah merakit rangkaian sistem, yaitu menyusun dan menghubungkan seluruh komponen perangkat keras seperti ESP32-CAM, tombol, relay, dan akuator. Setelah perakitan selesai dilakukan koneksi antara board ESP32-CAM dengan arduino IDE melalui antarmuka pemrograman untuk mengunggah kode program ke dalam modul.



Gambar 1.15 Diagram alir proses perancangan sistem

Langkah selanjutnya adalah membuat bot telegram yang akan berfungsi sebagai sarana komunikasi antara sistem dan pengguna, kemudian menghubungkan dengan kode yang telah ditanamkan pada ESP32-CAM melalui arduino IDE, setelah konfigurasi telah dilakukan sistem akan memeriksa apakah koneksi ESP32-CAM dengan Arduino IDE dan telegram bot berhasil terhubung dengan baik. Jika belum terhubung proses akan mengulang pada tahap selanjutnya untuk memastikan semua pengaturan benar. Jika sudah terhubung dengan baik, maka sistem siap dijalankan.

B. Cara Kerja Sistem

Pada proses deteksi wajah, sistem menggunakan algoritma *Haar Cascade Classifier* untuk deteksi wajah dan *Local Binary Pattern Histogram* (LBPH) sebagai metode utama untuk meninjau dan mengidentifikasi wajah pengguna yang telah dimasukkan ke dalam basis data lokal. Setelah tahap konstruksi, sistem diimplementasikan yang meliputi pengaturan jaringan Wi-Fi pada ESP32-CAM, pembuatan bot Telegram yang dapat menerima dan mengirim pesan sebagai sarana interaksi pengguna dengan sistem, dan kalibrasi motor servo untuk mengoperasikan mekanisme pintu.

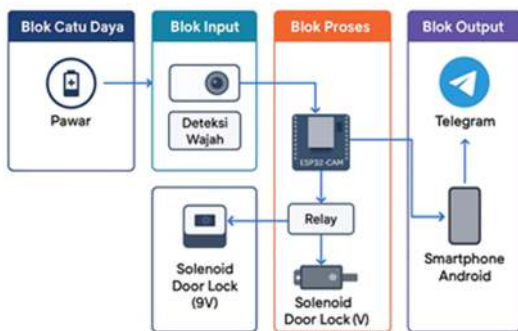


Gambar 1.16 Alur cara kerja sistem

Sistem diuji pada kondisi dunia nyata yaitu pada saat terang. Pengujian sistem dilakukan secara eksperimental dengan mengatur beberapa parameter utama, seperti sensitivitas wajah, waktu respons motor servo saat mulai atau berhenti, dan kecepatan pengiriman notifikasi kepada pengguna melalui Telegram. Selain itu, observasi dan masukan dari pengguna dilakukan untuk mengetahui kegunaan dan penanganan sistem dalam skenario penggunaan sehari-hari. Data yang diperoleh dari penelitian tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk mengetahui kinerja sistem dan indikator kinerja, serta metode kualitatif untuk mengetahui pengalaman dan motivasi pengguna.

Hal ini akan memberikan gambaran yang komprehensif mengenai efektivitas dan potensi pengembangan sistem lebih lanjut. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang pemeliharaan rumah berbasis IoT, khususnya dalam pengembangan teknologi wajah yang terintegrasi dengan platform komunikasi populer seperti Telegram.

C. Prototipe

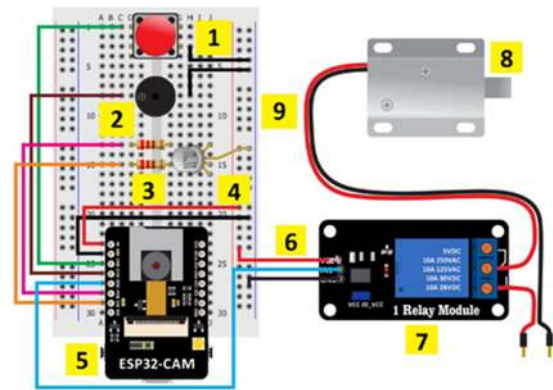


Gambar 1.17 Alur prototipe

Sumber listrik baterai dipilih karena fleksibel apabila habis. Sistem melakukan deteksi wajah pengunjung yang kemudian diolah dengan ESP32-CAM yang kemudian mengaktifkan relay dan menggerakkan solenoid. Memberikan notifikasi pada HP menggunakan Telegram Bot Father.

D. Rangkaian Sistem

Perancangan sistem dimulai dari perakitan rangkaian sistem dari alat-alat di atas, yang mencakup penyambungan ESP32-CAM dengan modul relay, tactile switch, dan catu daya pada breadboard. Selanjutnya, dilakukan konfigurasi awal berupa pemrograman mikrokontroler menggunakan Arduino IDE untuk mengatur logika kerja sistem, seperti pengambilan gambar saat tombol ditekan, pengiriman data ke Telegram, serta pengendalian relay untuk membuka dan mengunci pintu. Setelah perakitan dan pemrograman selesai, sistem diuji secara bertahap guna memastikan setiap komponen berfungsi sesuai dengan perannya. Perancangan sistem dimulai dari perakitan rangkaian sistem dari alat-alat di atas sebagai berikut:



Gambar 1.18 Rangkaian Sistem

Gambar diatas merupakan rancangan rangkaian sistem otomatisasi pintu berbasis ESP32-CAM yang terintegrasi dengan beberapa komponen utama seperti buzzer, LED, relay module, dan solenoid doorlock, yang keseluruhannya dirangkai pada breadboard untuk menguji fungsionalitas sistem secara menyeluruh. Berikut penjelasan singkat beberapa rangkaian yang ada digambar :

1. **Tombol Tact Switch** : sebagai input manual yang dapat digunakan untuk mengaktifkan atau menguji sistem secara langsung, seperti proses pembukaan pintu atau pengujian respon komponen lainnya.
2. **Buzzer** : digunakan sebagai alarm atau indikator suara. Buzzer akan aktif saat sistem mendeteksi perintah tertentu, seperti saat wajah berhasil dikenali atau saat pintu dibuka.
3. **Resistor** : berfungsi sebagai membatasi arus listrik agar tidak merusak komponen seperti LED atau tombol. Resistor ini memastikan tegangan yang masuk tetap aman.
4. **LED RGB** : sebagai indikator visual, dapat digunakan untuk menandakan status sistem seperti jika LED merah maka wajah tidak dikenali sebaliknya jika LED bewarna hijau maka wajah dikenali, akan tetapi bisa digunakan sebagai penanda bahwa sistem terhubung ke Wi-fi.
5. **ESP32-CAM** : merupakan otak dari sistem. Modul ini dilengkapi kamera dan Wi-fi yang digunakan untuk mendeteksi

wajah dan mengirimkan notifikasi ke telegram juga mengontrol output seperti buzzer dan relay.

6. **Kabel Jumper** : digunakan untuk menghubungkan komponen satu dengan yang lainnya di breadboard dan ESP32-CAM. Kabel ini menjadi jalur arus dan sinyal antar perangkat.
7. **Relay modul** : berfungsi sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh ESP32-CAM. Relay digunakan untuk menghubungkan sistem mikrokontroler dengan beban listrik berdaya tinggi seperti solenoid doorlock.
8. **Solenoid Doorlock** : komponen kunci pintu otomatis yang akan terbuka atau tertutup berdasarkan sinyal yang dikirimkan oleh relay, sesuai dengan hasil deteksi wajah atau perintah dari telegram.
9. **Breadboard** : papan tempat menyusun dan menguji rangkaian sementara tanpa perlu menyolder. Breadboard memudahkan perakitan dan pengujian sebelum sistem dirancang permanen.

Dengan adanya integrasi dari seluruh komponen tersebut, sistem otomatisasi pintu ini mampu bekerja secara efektif dan efisien dalam mengenali wajah pengguna, mengirimkan notifikasi ke Telegram, serta mengontrol akses pintu secara otomatis. Sistem ini tidak hanya meningkatkan keamanan, tetapi juga memberikan kenyamanan bagi pengguna dalam mengelola akses rumah secara jarak jauh melalui teknologi Internet of Things (IoT).



Gambar 1.19 Peletakan Solenoid

Gambar 4.5 merupakan aplikasi rangkaian solenoid pada pintu. Setiap komponen memiliki peran penting yang saling mendukung satu sama

lain, sehingga menghasilkan sistem yang stabil, responsif dan sesuai dengan tujuan implementasi berbasis *internet of things* (IoT) dalam meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan pada sepuluh titik yang tersebar di area penglihatan kamera dengan pola, segitiga, mencakup posisi kanan, tengah, dan kiri pada tiga variasi jarak yaitu dekat (± 50 cm), sedang (± 100) dan jauh (± 120).



Gambar 1.20 Penerapan sistem pada miniatur rumah

Rangkaian diletakkan pada rumah miniatur sebagai media percobaan untuk mensimulasikan kondisi nyata ketika sistem dijalankan. Penggunaan rumah miniatur ini bertujuan untuk menguji efektivitas kerja sistem dalam skala kecil sebelum diterapkan pada lingkungan sebenarnya, serta mempermudah proses pengamatan dan analisis fungsi tiap komponen secara visual.

A. Hasil Pengujian Jarak Kamera

Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jarak antara objek wajah dengan kamera terhadap kemampuan sistem dalam mendeteksi dan mengenali wajah. Pengujian dilakukan dengan mengambil citra wajah pada beberapa jarak berbeda, yaitu dekat, sedang dan jauh guna mengevaluasi efektivitas deteksi wajah oleh sistem.

No.	Titik	Jarak	Dikenali / Tidak dikenali	Keterangan
1.	Kanan dekat	± 50 cm	Dikenali	Berhasil
2.	Kanan sedang	± 100 cm	Dikenali	Berhasil
3.	Kanan jauh	± 120 cm	Tidak dikenali	Gagal
4.	Tengah dekat	± 50 cm	Dikenali	Berhasil
5.	Tengah sedang	± 100 cm	Dikenali	Berhasil
6.	Tengah jauh	± 120 cm	Dikenali	Berhasil
7.	Kiri dekat	± 50 cm	Dikenali	Berhasil
8.	Kiri sedang	± 100 cm	Dikenali	Berhasil
9.	Kiri jauh	± 120 cm	Tidak dikenali	Gagal
10	Tengah-tengah	± 60 cm	Tidak dikenali	Gagal

Tabel 1. Hasil pengujian jarak kamera

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem dalam mendeteksi wajah berdasarkan variasi jarak dan posisi relatif terhadap kamera. Terdapat sepuluh titik uji yang merepresentasikan posisi wajah dari tiga sudut utama (kanan,tengah,kiri) dengan tiga variasi jarak (± 50 cm, ± 100 cm dan ± 150 cm), serta satu titik tambahan di tengah – tengah dengan jarak ± 60 cm. tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengidentifikasi jarak optimal dimana sistem mampu melakukan deteksi wajah secara akurat dan stabil menggunakan algoritma Haar Cascade dan pengenalan wajah LBPH pada modul ESP32-CAM.

Hasil yang diperoleh sistem mampu mengenali wajah dengan baik pada jarak dekat (± 50 cm) dan sedang (± 100) di hampir seluruh posisi pengujian. Hal ini ditunjukkan oleh keluaran sistem yang menyatakan bahwa wajah berhasil dikenali dengan keterangan “Berhasil”. Sebaliknya, pada jarak jauh (± 120 cm) tingkat keberhasilan sistem mengalami penurunan, terutama pada titik kanan jauh, kiri jauh, dan titik acak di tengah – tengah (± 60 cm), yang menunjukkan hasil “ Tidak Dikenali” dengan keterangan “Gagal”. Pengujian ini mengindikasikan bahwa akurasi sistem mulai menurun ketika objek berada terlalu jauh dari jangkauan optimal kamera yang dapat disebabkan oleh penurunan resolusi citra wajah yang ditangkap atau gangguan pencahayaan. Dengan demikian dapat disimpulkan bawah jarak ideal untuk mendukung peforma deteksi wajah secara optimal berada pada retang antara ± 50 cm hingga ± 100 cm.

Hasil pengujian ini bertujuan untuk mengukur tingkat keakuratan sistem saat menghadapi variasi jarak, serta menguji seberapa optimal algoritma Haar Cascade dan metode LBPH dalam mengenali wajah dari jarak yang berbeda. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk menentukan jarak ideal agar sistem dapat bekerja secara stabil, cepat dan akurat dalam proses identifikasi wajah.

B. Hasil Pengujian Notifikasi

Rata-rata waktu pengiriman notifikasi ke aplikasi Telegram adalah 2,3 detik, sementara waktu respons untuk perintah penguncian dan

pembukaan pintu berkisar 1,8 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem bekerja secara efektif dan cepat dalam mendeteksi wajah serta mengirimkan notifikasi, terutama pada jarak dekat hingga sedang.

Namun demikian, sistem masih memiliki keterbatasan dalam mengenali wajah pada jarak yang lebih jauh atau ketika objek yang tertangkap kamera bukan merupakan wajah secara utuh. Hal ini dapat memengaruhi akurasi proses identifikasi.

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan notifikasi secara real-time melalui Telegram Bot, yang mencerminkan hasil dari proses deteksi dan pengenalan wajah oleh modul ESP32-CAM. Setiap notifikasi yang dikirimkan berisi tangkapan gambar dari kamera dan status hasil verifikasi identitas.

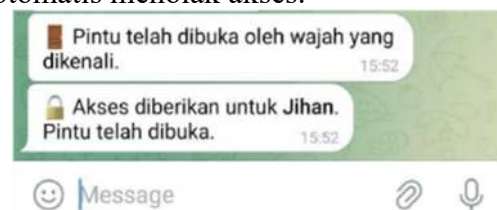
Sistem merespons secara otomatis dengan dua kemungkinan:

- **"Akses diberikan"** apabila wajah sesuai dengan data yang tersimpan dalam database.
- **"Akses ditolak"** jika wajah tidak dikenali atau tidak sesuai data yang ada.



Gambar 1.21 Notifikasi jika wajah tidak dikenali

Notifikasi dengan pesan “**X** Wajah tidak dikenali akses ditolak” menunjukkan bahwa wajah yang terdeteksi oleh kamera tidak sesuai dengan dataset yang tersimpan, sehingga sistem secara otomatis menolak akses.



Gambar 1.22 Notifikasi jika wajah dikenali

Jika saat sistem mengenali wajah yang sesuai dengan dataset, maka notifikasi “Pintu telah Dibuka oleh wajah yang dikenali”. Dan diberikan notifikasi kembali berupa “Akses diberikan oleh jihan. Pintu telah dibuka”.

Dikirimkan sebagai konfirmasi bahwa akses berhasil diberikan dan pintu telah terbuka.

Pengujian ini menunjukkan bahwa proses komunikasi antara ESP32-CAM dan platform telegram berjalan dengan stabil dan responsif, dimana setiap kejadian di sistem dapat langsung di informasikan ke pengguna melalui perangkat seluler. Dengan demikian, fitur notifikasi ini menjadi komponen penting dalam sistem keamanan berbasis IoT karena memungkinkan pengguna untuk menerima informasi secara langsung kapan pun sistem mendeteksi interaksi di depan kamera.

KESIMPULAN

Sistem otomatisasi pintu berbasis ESP32-CAM dan Telegram berhasil mendeteksi serta mengenali wajah secara optimal pada jarak $\pm 50 - 100$ cm dengan tingkat keberhasilan 80%. Notifikasi dapat dikirim secara real-time dengan rata-rata waktu 2,3 detik, dan respon perintah buka/tutup pintu sebesar 1,8 detik. Sistem ini terbukti efisien, responsif, dan layak diterapkan sebagai solusi keamanan rumah berbasis Internet of Things (IoT).

REFERENSI

- [1] R. Syafutra, H. Wijaya, and D. Lestari, "Implementasi sistem keamanan pintu otomatis menggunakan ESP32-CAM dan pengenalan wajah berbasis Telegram," *J. Teknol. dan Syst. Inform.*, vol. 12, no. 1, pp. 45–53, 2024.
- [2] M. Harun and A. Zainal, "Desain kunci pintu pintar berbasis deteksi wajah menggunakan ESP32-CAM dan bot Telegram," *J. Inform. Terapan*, vol. 9, no. 3, pp. 101–108, 2023.
- [3] S. Kurniasari, Y. Prasetyo, and M. Handayani, "Penerapan Haar-Cascades dan LBPH dalam sistem otomatisasi kunci pintu berbasis ESP32-CAM," *J. Sist. Cerdas*, vol. 5, no. 2, pp. 74–82, 2023.
- [4] A. Renwarin, A. Toding, and M. Sanger, "Sistem kunci pintu berbasis IoT dengan deteksi wajah dan kontrol jarak jauh menggunakan Telegram Bot," *J. Elektron. dan Otomasi*, vol. 6, no. 4, pp. 150–158, 2023.
- [5] Merilsafani, M., Wibisono, D. A., & Rizky, A. P. (2025). Sistem Kunci dan Bel Pintu Otomatis Berbasis WiFi Menggunakan ESP32-CAM dan Telegram Bot. *Jurnal Elektronika dan Fisika*, 2(1), 33–40.
- [6] M. Merilsafani, D. A. Wibisono, and A. P. Rizky, "Sistem kunci dan bel pintu otomatis berbasis WiFi menggunakan ESP32-CAM dan Telegram Bot," *J. Elektron. dan Fisika*, vol. 2, no. 1, pp. 33–40, 2025.
- [7] A. Darmawan and R. Septian, "Implementasi sistem akses pintu dengan deteksi wajah dan notifikasi Telegram berbasis ESP32-CAM," *J. Teknol. Inform. dan Komput.*, vol. 8, no. 2, pp. 92–99, 2024.
- [8] R. Azhari, H. A. Nugroho, and D. Supriyadi, "Integrasi ESP32-CAM dengan cloud storage untuk sistem keamanan rumah otomatis," *J. Sist. Komput. dan Inform. (JSKI)*, vol. 7, no. 1, pp. 20–27, 2023.
- [9] A. P. Wibowo, D. Ramadhan, and R. Maulana, "Pengembangan sistem verifikasi wajah otomatis berbasis ESP32-CAM dan Telegram untuk kontrol pintu," *J. Ilmu Komput. dan Apl.*, vol. 10, no. 2, pp. 58–65, 2024.
- [10] A. D. Saputra and M. F. Mubarak, "Sistem pengamanan pintu menggunakan ESP32-CAM berbasis face recognition dengan notifikasi Telegram," *J. Ilm. Tek. Inform. Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 34–41, 2024.
- [11] S. T. Nowroz, N. M. Saleh, S. Shakur, S. Banerjee, and F. Amsaad, "A benchmark reference for ESP32-CAM module," *arXiv preprint*, arXiv:2505.24081, May 2025.
- [12] M. S. Asih and A. Z. Hasibuan, "Pemanfaatan Internet of Thing untuk pengendalian solenoid doorlock dalam sistem keamanan rumah cerdas," *J. Ilmu Komput. dan Sist. Komput. Terapan (JIKSTRA)*, vol. 5, no. 1, Jul. 2023.
- [13] R. U. M. Raharja, A. P. Pudoli, and D. Kusumaningsih, "Prototype smart home berbasis IoT dengan NodeMCU ESP8266, motor servo dan sensor suhu DHT11 berbasis web," *SKANIKA*, vol. 5, no. 2, Jul. 2022.
- [14] A. M. Salim, R. Siregar, and A. Amran, "Sistem pengaman rumah berbasis Internet of Things," *GO Infotech: J. Ilm. STMIK GICI*, vol. 27, no. 2, pp. 23–30, 2021.
- [15] M. Merilsafani, W. Tulummah, and E. Elin, "Pengembangan sistem kunci dan bel pintu berbasis WiFi menggunakan ESP32-CAM terintegrasi Telegram," *J. Electr. Field*, vol. 1, no. 2, pp. 82–90, Feb. 2025.
- [16] M. F. Pela and R. Pramudita, "Pengembangan sistem pengendalian lampu otomatis berbasis deteksi gerak dan optimalisasi konsumsi energi menggunakan pendekatan IoT," *MARS: J. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 2, no. 6, pp. 225–236, 2024.
- [17] A. N. Prasetyo and S. H. Perdana, "Implementasi sistem keamanan rumah berbasis ESP32-CAM dan Telegram menggunakan Arduino IDE," *J. Teletronik*, vol. 4, no. 2, pp. 90–98, 2024.
- [18] N. Syahputra and R. Ginting, "Rancang bangun sistem kunci dan bel pintu otomatis berbasis ESP32-CAM dengan notifikasi Telegram," *J. Teknol. dan Informatika (JATIKA)*, vol. 5, no. 1, pp. 12–20, 2024.
- [19] M. F. Dewantara and E. Suhendar, "Sistem pengendalian kunci pintu otomatis berbasis IoT menggunakan Telegram Bot dan ESP32-CAM," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 11, no. 2, pp. 163–170, 2023.
- [20] S. P. Nugroho and I. Maulana, "Rancang bangun sistem kunci dan bel otomatis berbasis ESP32-CAM dengan notifikasi Telegram," *J. Tek. Elektro dan Komput. AMIKOM*, vol. 9, no. 2, pp. 78–85, 2023.
- [21] A. F. Ramadhan and L. Wicaksono, "Implementasi sistem keamanan pintu otomatis berbasis ESP32-CAM dengan notifikasi Telegram," *J. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 10, no. 1, pp. 33–40, 2023.
- [22] L. P. Antoro, A. I. Rizal, and A. S. Wardhana, "Implementasi sistem keamanan untuk mendeteksi gerakan berbasis IoT menggunakan ESP32-CAM dan Bot Telegram," in *Proc. Sem. Nas. Teknol. dan Manajemen (SNTEM)*, Univ. Muhammadiyah Semarang, vol. 4, no. 1, 2023.
- [23] S. S. Purwanto, A. D. Indraprastha, and I. Putri, "Rancang bangun kunci pintu otomatis menggunakan ESP32-CAM berbasis Internet of Things," in *Proc. SNTEM 2023*, Univ. Muhammadiyah Semarang, 2023.