



**IMPLEMENTASI SISTEM PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN  
ESP32-CAM SEBAGAI PENGAMAN PADA KUNCI PINTU KOTAK  
AMAL OTOMATIS**



Oleh:  
**Ayang Alvin Agachi**  
**20410200010**

---

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA**  
**UNIVERSITAS DINAMIKA**  
**2025**

**IMPLEMENTASI SISTEM PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN  
ESP32-CAM SEBAGAI PENGAMAN PADA KUNCI PINTU KOTAK  
AMAL OTOMATIS**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Sarjana Teknik Komputer



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

**Disusun Oleh:**

Nama : Ayang Alvin Agachi  
NIM : 20410200010  
Program Studi : S1 Teknik Komputer

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA  
UNIVERSITAS DINAMIKA**

**2025**

## TUGAS AKHIR

### IMPLEMENTASI SISTEM PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN ESP32 CAM SEBAGAI PENGAMAN PADA KUNCI PINTU KOTAK AMAL OTOMATIS

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**Ayang Alvin Agachi**

**NIM: 20410200010**

Telah di periksa dibahas dan disetujui oleh Dewan Pembahasan pada:

4 Agustus 2025

Susunan Dewan Pembahasan

Pembimbing :

I . Heri Pratikno, M.T.

NIDN : 0716117302

II. Weny Indah Kusumawati, S.Kom., M.MT.

NIDN : 0721047201

Digitally signed by Heri Pratikno, M.T.  
Date: 2025.09.02 14:02:36 +07'00'  
Organization: Universitas Dinamika, ou=51 Teknik  
Komputer, email=heri@dinamika.ac.id,  
c=ID  
Date: 2025.09.02 14:02:36 +07'00'  
Adobe Acrobat version: 11.0.23

G1=Weny Indah Kusumawati,  
o=Undika, ou=Prodi S1 TK - FTI,  
email=wenny@dinamika.ac.id,  
c=ID  
2025.09.02 08:20:17 +07'00'

Pembahasan:

I. Pauliadie Susanto, S.Kom., M.T.

NIDN: 0729047501

  
Date: 2025.09.04 14:34:06  
+07'00'  
Organization: Universitas Dinamika, ou=51 Teknik  
Komputer, email=pauliadie@dinamika.ac.id, c=ID  
2025.09.04 14:34:06 +07'00'

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh

gelar Sarjana

Digitally signed by  
Julianto  
Date: 2025.09.04 14:34:06  
+07'00'

Julianto Lemantara, S.Kom., M.Eng.

NIDN. 0722108601

Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika

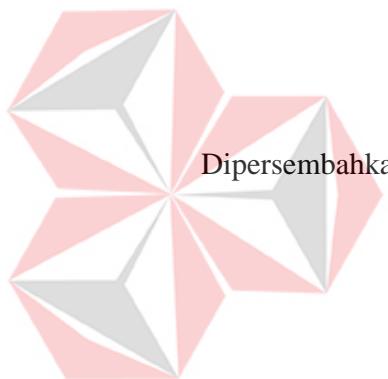
UNIVERSITAS DINAMIKA

*“Sepiro Gedening Sengsoro Yen Tinompo Amung dadi Cubo.”*

~ Ayang Alvin Agachi ~



UNIVERSITAS  
**Dinamika**



Dipersembahkan untuk Keluarga, terutama Ibu dan Bapak Tercinta, dan semua yang  
mengenal dan menyayangiku

UNIVERSITAS  
**Dinamika**

**PERNYATAAN**  
**PERSETUJUAN PUBLIKASI DAN KEASLIAN KARYA ILMIAH**

Sebagai mahasiswa **Universitas Dinamika**, Saya :

Nama : **Ayang Alvin Agachi**  
NIM : **20410200010**  
Program Studi : **S1 Teknik Komputer**  
Fakultas : **Teknologi dan Informatika**  
Jenis Karya : **Tugas Akhir**  
Judul Karya : **IMPLEMENTASI SISTEM PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN ESP32 CAM SEBAGAI PENGAMAN PADA KUNCI PINTU KOTAK AMAL OTOMATIS**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Seni, Saya menyetujui memberikan kepada **Universitas Dinamika** Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas seluruh isi/sebagian karya ilmiah Saya tersebut diatas untuk disimpan, dialihmediakan, dan dikelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) untuk selanjutnya didistribusikan atau dipublikasikan demi kepentingan akademis dengan tetap mencantumkan nama Saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
2. Karya tersebut diatas adalah hasil karya asli Saya, bukan plagiat baik sebagian maupun keseluruhan. Kutipan, karya, atau pendapat orang lain yang ada dalam karya ilmiah ini semata-mata hanya sebagai rujukan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka Saya.
3. Apabila dikemudian hari ditemukan dan terbukti terdapat tindakan plagiasi pada karya ilmiah ini, maka Saya bersedia untuk menerima pencebutan terhadap gelar kesarjanaan yang telah diberikan kepada Saya.

Demikian surat pernyataan ini Saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 12 Februari 2025



Ayang Alvin Agachi  
NIM : 20410200010

## ABSTRAK

Seiring dengan kemajuan teknologi, sistem keamanan berbasis pengenalan wajah semakin banyak diterapkan untuk meningkatkan perlindungan berbagai aset, termasuk dalam pengamanan kotak amal. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengamanan kotak amal otomatis berbasis pengenalan wajah menggunakan ESP32-CAM, yang memungkinkan akses hanya bagi pihak yang berwenang. ESP32-CAM dipilih karena kemampuannya dalam menangkap dan memproses gambar secara *real-time* dengan koneksi IoT. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk relay untuk mengontrol kunci solenoid, buzzer sebagai notifikasi peringatan, serta LED sebagai indikator status sistem. Metode *Haar Cascades* digunakan dalam pemrosesan citra untuk mendeteksi wajah yang telah terdaftar di dalam sistem. Proses diawali dengan inisialisasi perangkat, deteksi wajah, verifikasi identitas, dan aktivasi sistem penguncian jika wajah yang dikenali sesuai dengan database. Jika wajah tidak dikenali, sistem memberikan notifikasi melalui *buzzer* dan LED untuk meningkatkan keamanan. Selain itu, mekanisme tambahan berupa tombol rahasia disertakan untuk memungkinkan pengelola kotak amal mengakses sistem dengan lebih fleksibel. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi tingkat akurasi sistem dalam berbagai kondisi pencahayaan dan jarak deteksi. Hasil uji menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi 80% dalam mengenali satu wajah pada jarak 30 cm dengan kondisi pencahayaan ruangan. Sedangkan rata-rata akurasi dari 3 orang pada jarak 25 cm dan 30 cm dari kamera sebesar 53,33%. Dengan penerapan teknologi ini, keamanan kotak amal dapat ditingkatkan secara signifikan, meminimalisir risiko pencurian, dan memberikan perlindungan lebih baik terhadap dana yang tersimpan.

**Kata Kunci:** *Pengenalan wajah, ESP32-CAM, Keamanan kotak amal, Sistem penguncian otomatis, Internet of Things (IoT).*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan pada Tuhan Yang Maha Esa atas segala Rahmat yang telah diberikan-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Implementasi Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Esp32 Cam Sebagai Pengaman Pada Kunci Pintu Kotak Amal Otomatis”. Dalam perjalanan menyelesaikan pengerajan laporan Tugas Akhir ini peneliti banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, karena dengan Rahmat-Nya peneliti dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan dorongan dan dukungan baik secara moral maupun material, sehingga peneliti dapat menempuh dan menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Julianto Lemantara, S.Kom., M.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika Universitas Dinamika.
4. Bapak Pauladie Susanto, S.Kom., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Komputer dan selaku Dosen Pembahas. Peneliti mengucapkan terimakasih atas bimbingan yang diberikan dan kesempatan serta tuntunan baik secara lisan maupun tertulis, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Bapak Heri Pratikno, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan berupa motivasi, wawasan, dan saran bagi peneliti selama pelaksanaan pengerajan Tugas Akhir dan dalam pembuatan laporan Tugas Akhir.
6. Ibu Weny Indah Kusumawati, S.Kom., M.MT., selaku dosen pembimbing yang banyak memberikan masukan masukan dan Solusi agar Tugas Akhir ini menjadi lebih baik dan peneliti dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh rekan-rekan S1 Teknik Komputer Angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan dan semangatnya untuk membantu peneliti menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan

dukungan serta bantuan dalam segala bentuk yang akhirnya terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.

Peneliti berharap semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat untuk menambah wawasan bagi pembacanya. Peneliti juga menyadari dalam penelitian laporan ini banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, peneliti sangat mengharapkan saran dan kritik untuk memperbaiki kekurangan dan berusaha untuk lebih baik lagi.

Surabaya, 04 Agustus 2025

Peneliti



## DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI .....	5
2.1 ESP32-CAM.....	5
2.2 Arduino IDE .....	6
2.3 <i>Relay</i> .....	6
2.4 Kotak Amal .....	7
2.5 Solenoid <i>Door Lock</i> .....	8
2.6 Buzzer.....	9
2.7 Power Supply .....	9
2.8 USB TTL Board.....	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	11
3.1 Blok Diagram .....	14
3.2 <i>Flowchart</i> .....	14
3.3 Pengolahan Citra menggunakan Metode <i>Haar Cascades</i> .....	17
3.4 Cara kerja Esp32-CAM .....	18
3.5 Cara Kerja Solenoid <i>Door Lock</i> .....	20
3.6 Perbedaan Antara Orang Yang Mengelola Dan Orang Yang Beramal .....	21
3.7 Desain Alat.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23

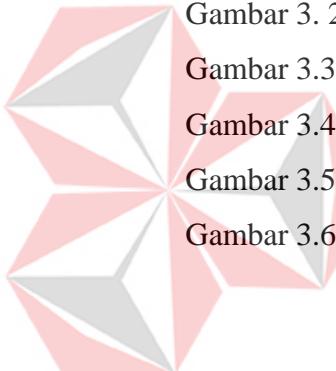


4.1 Pengujian Deteksi Wajah .....	24
4.2 Prosedur Pengujian.....	24
4.3 Hasil Pengujian Deteksi Wajah.....	24
BAB V PENUTUP .....	29
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA .....	31
BIODATA PENULIS .....	71
LAMPIRAN .....	34



## DAFTAR GAMBAR

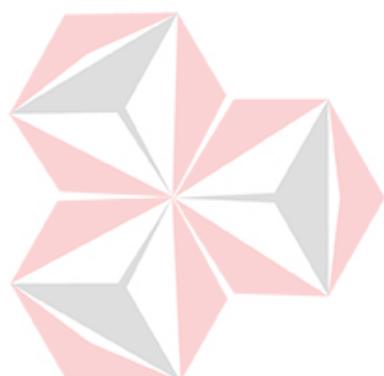
	Halaman
Gambar 2.1 ESP32-CAM .....	5
Gambar 2.2 Arduino IDE.....	6
Gambar 2.3 Relay.....	7
Gambar 2.4 Kotak Amal .....	8
Gambar 2.5 Solenoid Door Lock .....	8
Gambar 2.6 Buzzer.....	9
Gambar 2.7 Power Supply .....	9
Gambar 2.8 USB TTL.....	10
Gambar 3.1 Blok diagram .....	11
Gambar 3. 2 Rangkaian skematik .....	13
Gambar 3.3 Flowchart sistem .....	15
Gambar 3.4 Desain tampak pojok.....	22
Gambar 3.5 Desain tampak depan .....	22
Gambar 3.6 Desain tampak belakang.....	22



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

## **DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 4.1 Akurasi jarak .....	25
Tabel 4.2 Uji keseluruhan sistem .....	25



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

## **DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Lampiran 1 Program Kotak Amal Deteksi Wajah.....</b>	<b>34</b>
<b>Lampiran 2 Program Pada Kotak Amal Daftar Wajah.....</b>	<b>67</b>
<b>Lampiran 3 Form Bimbingan Tugas Akhir .....</b>	<b>70</b>
<b>Lampiran 4 Bukti Originalitas Tugas Akhir.....</b>	<b>71</b>
<b>Lampiran 5 Biodata Penulis .....</b>	<b>73</b>



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan kemajuan teknologi, berbagai perangkat otomatis telah dirancang untuk mendukung aktivitas manusia, termasuk dalam pengelolaan keamanan lingkungan. Teknologi pengenalan wajah telah dikenal luas karena keakuratannya dalam mengidentifikasi individu berdasarkan karakteristik wajah yang unik. Sistem ini semakin relevan dengan kemajuan *Internet of Things* (IoT), di mana berbagai perangkat dapat saling terhubung untuk meningkatkan efektivitas keamanan. Dalam hal ini, ESP32-CAM menjadi pilihan tepat sebagai perangkat pendukung karena kemampuannya untuk menangkap dan memproses gambar dalam waktu nyata.

Teknologi pengenalan wajah telah diimplementasikan pada berbagai aplikasi keamanan modern, seperti sistem penguncian pintu otomatis, absensi elektronik, hingga pengawasan akses pada area terbatas. Penerapan teknologi ini pada kotak amal otomatis memberikan solusi pengamanan yang lebih aman dan efisien dibandingkan dengan kunci mekanik biasa. Kotak amal otomatis dengan sistem pengenalan wajah memungkinkan otorisasi akses hanya kepada pihak yang berwenang, sehingga hanya orang tertentu yang dapat membuka kotak amal. Keamanan kotak amal yang meningkat ini mencegah potensi pencurian serta memberi rasa aman kepada donatur bahwa donasi tersimpan dengan baik.

ESP32-CAM adalah modul kamera dengan fitur pemrosesan data yang terintegrasi dan kemampuan konektivitas WiFi, menjadikannya ideal untuk membangun sistem keamanan pintar. Dengan harga yang terjangkau dan kemampuan yang memadai, ESP32-CAM menawarkan fleksibilitas tinggi dalam desain sistem pengenalan wajah yang terhubung dengan aplikasi. Selain itu, ESP32-CAM memiliki library yang mendukung pemrosesan gambar dan integrasi dengan aplikasi IoT seperti Blynk. Dalam proyek ini, ESP32-CAM digunakan untuk mengenali wajah pihak yang berwenang dan mengaktifkan kunci otomatis ketika wajah yang dikenali diidentifikasi sebagai pengguna yang sah.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Rahmawati et al., 2022) pengembangkan sistem peringatan pelanggaran *zebra cross* berbasis ESP32-CAM dan sensor ultrasonik. Sistem ini menggunakan kamera untuk menangkap gambar pelanggaran, lalu mengirimkannya ke Telegram sebagai bukti. Selain itu, *buzzer* digunakan sebagai notifikasi suara untuk peringatan pelanggaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi pelanggaran kendaraan yang melampaui garis *zebra cross* dan memproses pengiriman data dengan waktu respons yang cepat. Dalam kaitannya dengan Tugas Akhir ini, konsep pemanfaatan ESP32- CAM untuk keamanan dan kontrol otomatis dikembangkan lebih lanjut untuk pengenalan wajah guna meningkatkan keamanan akses, dengan integrasi *relay*, LED, dan *buzzer* sebagai pendukung sistem pengunci otomatis berbasis IoT.

Penelitian oleh (Yanto et al., 2022) mengembangkan sistem keamanan pintu rumah berbasis IoT menggunakan ESP32-CAM. Sistem ini mampu mendeteksi wajah pemilik rumah dan memberikan perintah otomatis melalui *relay* untuk membuka atau mengunci pintu dengan menggunakan solenoid *door lock*. Sistem keamanan ini dirancang untuk mengatasi kelemahan kunci manual yang rentan terhadap pembobolan, sehingga meningkatkan keamanan rumah secara signifikan. Penelitian yang dilakukan Yanto berfokus pada pengembangan sistem keamanan pintu rumah berbasis IoT dengan menggunakan modul ESP32-CAM. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi wajah pemilik rumah menggunakan teknologi pengenalan wajah yang diintegrasikan dengan perangkat IoT. Saat wajah yang dikenali terdeteksi, ESP32-CAM memberikan perintah otomatis melalui relay untuk membuka kunci pintu menggunakan solenoid *door lock*. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menggantikan kunci manual yang rentan terhadap pembobolan dengan sistem otomatis yang lebih aman dan praktis. Dengan memanfaatkan konektivitas internet, sistem ini memungkinkan pengawasan dan pengendalian akses secara lebih canggih. Tujuan utama dari penelitian Yanto adalah meningkatkan keamanan rumah dengan menggantikan sistem kunci manual yang lebih rentan terhadap pembobolan.

Sedangkan proyek Tugas Akhir ini berfokus pada pengembangan sistem keamanan kotak amal otomatis berbasis pengenalan wajah. Sistem ini dirancang untuk memastikan hanya pihak yang berwenang yang dapat membuka kotak amal,

sehingga donasi terlindungi dari potensi pencurian. Selain itu, proyek saya menambahkan fitur seperti *buzzer* sebagai peringatan jika ada upaya mencurigakan dan LED sebagai indikator visual untuk meningkatkan keamanan

Penerapan teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan standar keamanan bagi kotak amal, khususnya dalam lingkungan yang memerlukan pengamanan tambahan. Dengan mengimplementasikan ESP32-CAM sebagai bagian dari sistem pengenalan wajah, kotak amal otomatis dapat memberikan akses yang lebih terkontrol dan meminimalisir risiko keamanan. Sistem ini tidak hanya menjaga donasi tetap aman, tetapi juga memperkenalkan pendekatan baru dalam teknologi pengamanan kotak amal, yang dapat diterapkan di berbagai lokasi seperti masjid, gereja, atau tempat umum lainnya

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, dapat dirumuskan masalah pada Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pengenalan wajah menggunakan ESP32-CAM yang mampu mengidentifikasi pengguna dengan akurat untuk membuka kunci pintu pada kotak amal otomatis?
2. Bagaimana integrasi ESP32-CAM dengan sistem penguncian otomatis pada kotak amal untuk memastikan keamanan donasi dan membatasi akses hanya kepada pihak yang berwenang?
3. Bagaimana mengoptimalkan kinerja sistem pengenalan wajah berbasis ESP32-CAM dengan menambahkan fitur bunyi pada buzzer sebagai notifikasi suara, indikator cahaya menggunakan LED untuk memberikan tanda visual, serta kemampuan menangkap dan menyimpan gambar wajah yang tidak dikenali oleh sistem guna meningkatkan keamanan dan efisiensi kontrol akses otomatis?

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, terdapat batasan masalah pada beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem pengenalan wajah hanya mengenali dan mengidentifikasi wajah pengguna yang telah terdaftar di dalam database, sehingga tidak mencakup fitur pendaftaran wajah secara otomatis.
2. Sistem ini difokuskan untuk pengamanan kotak amal dan tidak mencakup integrasi dengan sistem keamanan lainnya seperti alarm atau CCTV tambahan.
3. Implementasi sistem pengenalan wajah diterapkan pada lingkungan dengan pencahayaan yang cukup atau merata.
4. Jarak antara ESP32-CAM dengan object atau orang kira-kira 15 cm.

### 1.4 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, yang dapat menjadi tujuan pada Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Membangun sistem pengenalan wajah menggunakan ESP32-CAM yang mampu mengidentifikasi pengguna dengan akurat untuk membuka kunci otomatis pada kotak amal.
2. Mengintegrasikan ESP32-CAM dengan sistem penguncian otomatis pada kotak amal untuk menjamin keamanan donasi dan membatasi akses hanya kepada pihak yang berwenang.
3. Mengoptimalkan kinerja sistem pengenalan wajah berbasis ESP32-CAM disertai fitur bunyi pada *buzzer*, indikator pesan cahaya menggunakan LED serta hasil *capture* gambar wajah orang yang tidak di kenali oleh sistem.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 ESP32-CAM**

ESP32-CAM adalah modul kamera yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32, dirancang untuk menangani berbagai aplikasi *Internet of Things* (IoT) dan pemrosesan gambar dengan biaya rendah. Modul ini memungkinkan pengambilan, pemrosesan, dan pengiriman gambar secara nirkabel menggunakan koneksi Wi-Fi, menjadikannya solusi ekonomis dalam bidang keamanan dan pengawasan. Beberapa studi menunjukkan bahwa ESP32-CAM cocok untuk aplikasi pengawasan, baik untuk rumah tangga maupun industri, dengan kemampuan untuk mendeteksi gerakan atau kehadiran orang serta integrasi dengan platform IoT. Selain itu, dengan integrasi ke layanan pesan seperti Telegram, ESP32-CAM dapat memberikan notifikasi otomatis dalam sistem keamanan (Rusimamto et al., 2021).



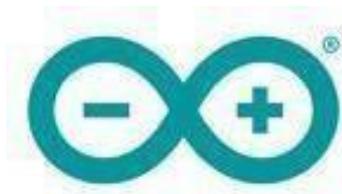
Gambar 2.1 ESP32-CAM

(Sumber : <https://www.aksesoriskomputerlampung.com/2020/02/esp-32-cam-ov2640.html> )

Dalam pengembangan aplikasi keamanan berbasis pengenalan wajah, ESP32- CAM telah digunakan sebagai bagian dari sistem pengawasan pintar. Misalnya, (Yunus et al., 2024) menggunakan ESP32-CAM yang dikombinasikan dengan sensor PIR untuk mendeteksi gerakan dan mengambil gambar secara otomatis, yang kemudian dikirimkan melalui jaringan nirkabel ke perangkat pengguna. Hal ini menunjukkan efisiensi ESP32- CAM dalam mendukung pemantauan keamanan yang terjangkau, serta fleksibilitasnya untuk digunakan pada berbagai skenario IoT.

## 2.2 Arduino IDE

Arduino IDE adalah singkatan dari (*Integrated Development Environment*), yang jika diterjemahkan secara sederhana berarti sebuah lingkungan terpadu untuk pengembangan. Alasan kenapa disebut lingkungan adalah karena software ini merupakan tempat di mana pemrograman Arduino dilaksanakan, memungkinkan Arduino untuk menjalankan berbagai fungsi yang diprogram melalui sintaks.



Gambar 2.2 Arduino IDE  
(Sumber: <https://www.arduino.cc/en/software>)

Arduino IDE telah menjadi pilihan populer di kalangan penghobi, pendidik, dan profesional untuk mengembangkan berbagai jenis proyek elektronik dan IoT. Dengan antarmuka pengguna yang ramah dan proses pemrograman yang disederhanakan, Arduino IDE memungkinkan pengguna dari semua tingkat keahlian untuk dengan cepat memulai pembuatan prototipe proyek.

## 2.3 Relay

*Relay* merupakan elemen elektronik yang digunakan sebagai saklar terkontrol yang beroperasi dengan prinsip elektromagnetik. Komponen ini dibagi menjadi dua bagian utama: elektromagnet (*coil*) dan sektor mekanikal (kontak saklar). Melalui penerapan prinsip elektromagnetisme, *relay* dapat memicu aktifasi saklar, sehingga memungkinkan sebuah arus listrik berkekuatan rendah untuk memanipulasi aliran listrik pada tingkat tegangan yang lebih tinggi.



Gambar 2.3 Relay

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/vKtakjVLEM3ScvMX7>)

*Relay* juga diaplikasikan dalam pengaturan otomatis pada berbagai alat industri, seperti pada transformator atau motor listrik. Studi tentang *relay* proteksi arus lebih pada sistem penyulang menunjukkan bahwa penggunaan relay memungkinkan proteksi lebih optimal terhadap gangguan hubung singkat dan arus lebih. Dengan pengaturan koordinasi yang tepat, *relay* ini dapat mendeteksi arus abnormal dan memutus aliran sebelum kerusakan parah terjadi, yang penting untuk perlindungan peralatan dalam lingkungan industri (Nasution et al., 2021).

#### 2.4 Kotak Amal

Kotak amal adalah wadah yang dirancang untuk menampung donasi atau sumbangan yang diberikan oleh masyarakat secara sukarela. Biasanya, kotak amal ditempatkan di tempat-tempat strategis seperti rumah ibadah, pusat perbelanjaan, sekolah, atau fasilitas umum lainnya untuk memudahkan masyarakat dalam beramal. Kotak amal memiliki peran penting dalam penggalangan dana untuk kegiatan sosial, keagamaan, dan kemanusiaan, seperti membantu kaum dhuafa, pembangunan fasilitas umum, atau mendukung program-program amal lainnya. Menurut Hidayati et al. (2021), kotak amal merupakan simbol solidaritas dan kepedulian masyarakat terhadap sesama, yang mencerminkan budaya gotong royong di dalam kehidupan bermasyarakat.

Namun, penggunaan kotak amal tradisional sering menghadapi tantangan, terutama dalam aspek keamanan. Kotak amal rentan terhadap tindakan pencurian atau penyalahgunaan dana yang terkumpul jika tidak diawasi dengan baik. Untuk mengatasi masalah ini, inovasi teknologi seperti sistem keamanan berbasis IoT mulai diterapkan pada kotak amal. Sistem ini memungkinkan kontrol dan pengawasan yang lebih efektif, termasuk penggunaan teknologi pengenalan wajah

untuk memastikan hanya pihak berwenang yang dapat mengakses kotak amal. Menurut penelitian Rahman et al. (2022), penerapan teknologi pada kotak amal tidak hanya meningkatkan keamanan, tetapi juga memberikan transparansi dalam pengelolaan donasi, sehingga menumbuhkan rasa percaya dari para donatur.



Gambar 2.4 Kotak Amal

## 2.5 Solenoid Door Lock

Solenoid *Door Lock* merupakan perangkat solenoid yang digunakan sebagai pengunci pintu elektronik dengan dua tipe sistem kerja, yaitu *Normally Closed* (NC) dan *Normally Open* (NO). Pada tipe NC, solenoid terkunci ketika diberikan tegangan, sedangkan tipe NO membuka ketika diberi tegangan. Sebagian besar *solenoid* untuk pengunci pintu membutuhkan tegangan 12V DC, meskipun beberapa model lainnya hanya memerlukan tegangan dari output pin IC digital. Jika menggunakan *solenoid* yang memerlukan 12V DC, dibutuhkan *power supply* 12V DC dan *relay* untuk mengontrol aliran listrik yang lebih besar agar dapat mengaktifkan solenoid dengan sinyal tegangan yang lebih kecil (Suwartika & Sembada, 2020).



Gambar 2.5 Solenoid Door Lock  
(Sumber: <https://journal.unigha.ac.id>)

## 2.6 Buzzer

*Buzzer* adalah komponen elektronik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi suara. Cara kerja *buzzer* mirip dengan *loudspeaker*, di mana terdapat kumparan yang dipasang pada diafragma. Ketika arus listrik mengalir melalui kumparan, kumparan tersebut berubah menjadi elektromagnet yang dapat bergerak, menarik diri ke dalam atau keluar tergantung arah arus dan polaritas magnet. Karena kumparan terpasang pada diafragma, pergerakan kumparan menggerakkan diafragma secara bolak-balik, menyebabkan udara bergetar dan menghasilkan suara (Sari et al., 2020).



Gambar 2.6 Buzzer

(Sumber: <https://ejurnal.bsi.ac.id>)

## 2.7 Power Supply

*Power supply* merupakan sebuah peralatan yang berfungsi sebagai penyedia daya untuk peralatan lainnya (Subni et al., 2020). *Power Supply* ialah perangkat elektronik yang berperan dalam mengonversi tegangan arus bolak-balik (AC) menjadi tegangan arus searah (DC). Fungsinya secara esensial adalah sebagai sumber daya atau alat catu daya yang melakukan transformasi tegangan listrik.



Gambar 2.7 Power Supply

(Sumber: <https://journal.unmaha.ac.id>)

## 2.8 USB TTL *Board*

USB TTL *Board* merupakan komponen utama yang berfungsi sebagai pusat dari seluruh perangkat, yang di dalamnya terdapat program untuk menjalankan perintah dan fungsi yang telah diprogram. Pada mikrokontroler USB TTL *Board*, implementasinya dapat dilakukan dengan menggunakan kabel jumper atau melalui penyolderan langsung (Yanto et al., 2022).



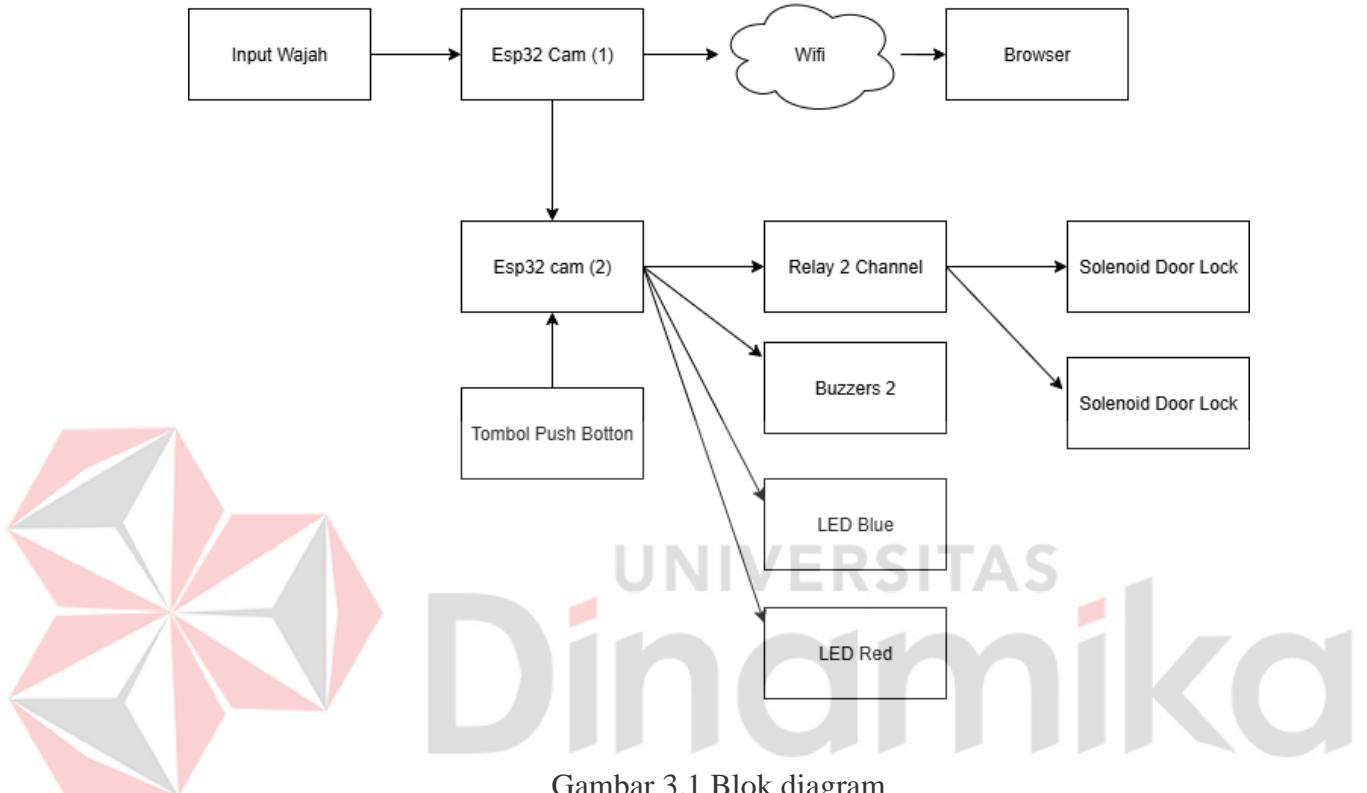
Gambar 2.8 USB TTL

(Sumber: <https://eprints.itn.ac.id>)

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Blok Diagram



Gambar 3.1 Blok diagram

Pada Gambar 3.1, masing-masing bagian yang terhubung dengan ESP32Cam memiliki fungsi sebagai berikut:

A. Input:

Tombol Push Bottom: Berfungsi sebagai kontrol manual tambahan yang hanya dapat diakses oleh pengelola kotak amal setelah sistem mengenali wajah yang telah terdaftar. Tombol ini dirancang sebagai tombol tersembunyi untuk menjaga keamanan, dan digunakan untuk membuka atau menutup kunci kedua (solenoid door lock kedua) yang tidak dibuka secara otomatis oleh sistem pengenalan wajah. Setelah wajah pengelola dikenali oleh ESP32-CAM pertama, sistem secara otomatis membuka kunci pertama, namun untuk mengakses ruang penyimpanan lebih lanjut di dalam kotak amal, pengelola harus menekan tombol ini untuk mengaktifkan relay kedua yang membuka solenoid kedua. Tombol ini

juga ditekan kembali untuk menutup kembali kunci dan mengembalikan sistem ke kondisi terkunci seperti semula. Dengan demikian, tombol push button berperan penting dalam memberikan fleksibilitas dan keamanan tambahan pada sistem, memungkinkan kontrol akses yang lebih aman dan terbatas hanya kepada pihak yang berwenang.

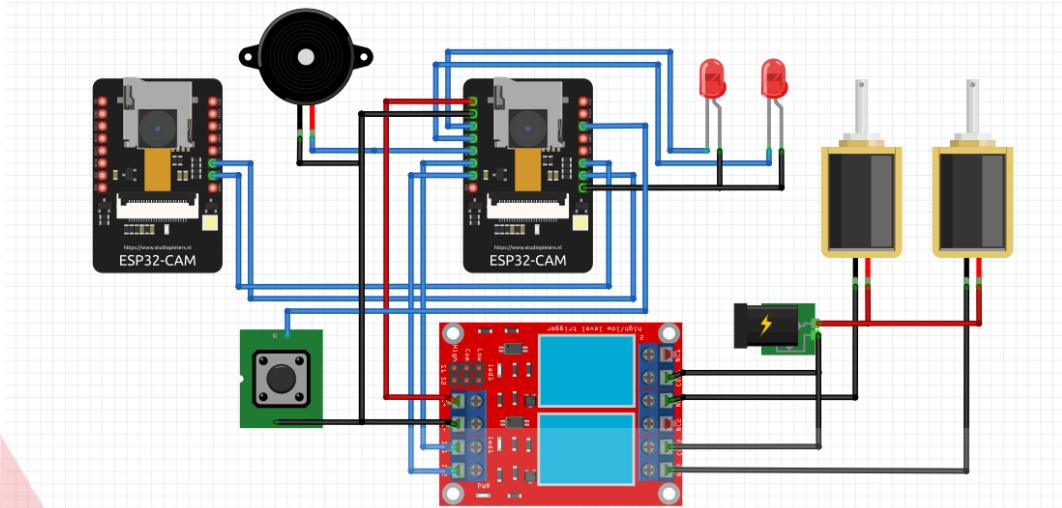
Kamera : Berfungsi sebagai komponen utama untuk menangkap citra wajah yang digunakan dalam proses identifikasi pengguna. Kamera ini bekerja dengan menangkap gambar secara real-time dan mengirimkannya ke sistem untuk dianalisis menggunakan algoritma deteksi wajah, seperti Haar Cascade. Proses dimulai saat kamera mendeteksi keberadaan wajah di depan sensor, kemudian gambar tersebut diproses untuk mencocokkan dengan data wajah yang telah terdaftar dalam database. Jika wajah cocok, maka sistem memberikan perintah untuk membuka kunci otomatis pada kotak amal melalui relay dan solenoid door lock. Selain itu, kamera pada ESP32-CAM juga berperan penting dalam proses pendaftaran wajah baru dan pengambilan gambar untuk dataset .

#### B. Output

1. Relay: Berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengontrol pengoperasian Solenoid Lock. Relay ini diaktifkan jika wajah yang terdeteksi cocok dengan data yang tersimpan, sehingga Solenoid Lock membuka atau mengunci sesuai perintah.
2. Buzzer: Berfungsi sebagai pemberi sinyal audio yang memberikan notifikasi atau peringatan ketika proses pengenalan wajah berhasil atau jika ada kesalahan.
3. LED: Berfungsi sebagai indikator visual yang menandakan status sistem. LED ini dapat digunakan untuk memberikan informasi, seperti apakah pengenalan wajah berhasil, proses sedang berlangsung, atau terjadi kesalahan.
4. Solenoid Lock: Berfungsi sebagai pengunci yang dioperasikan secara otomatis berdasarkan hasil pengenalan wajah. Jika wajah yang terdeteksi cocok, Solenoid Lock terbuka, memungkinkan akses ke area atau objek yang diamankan.

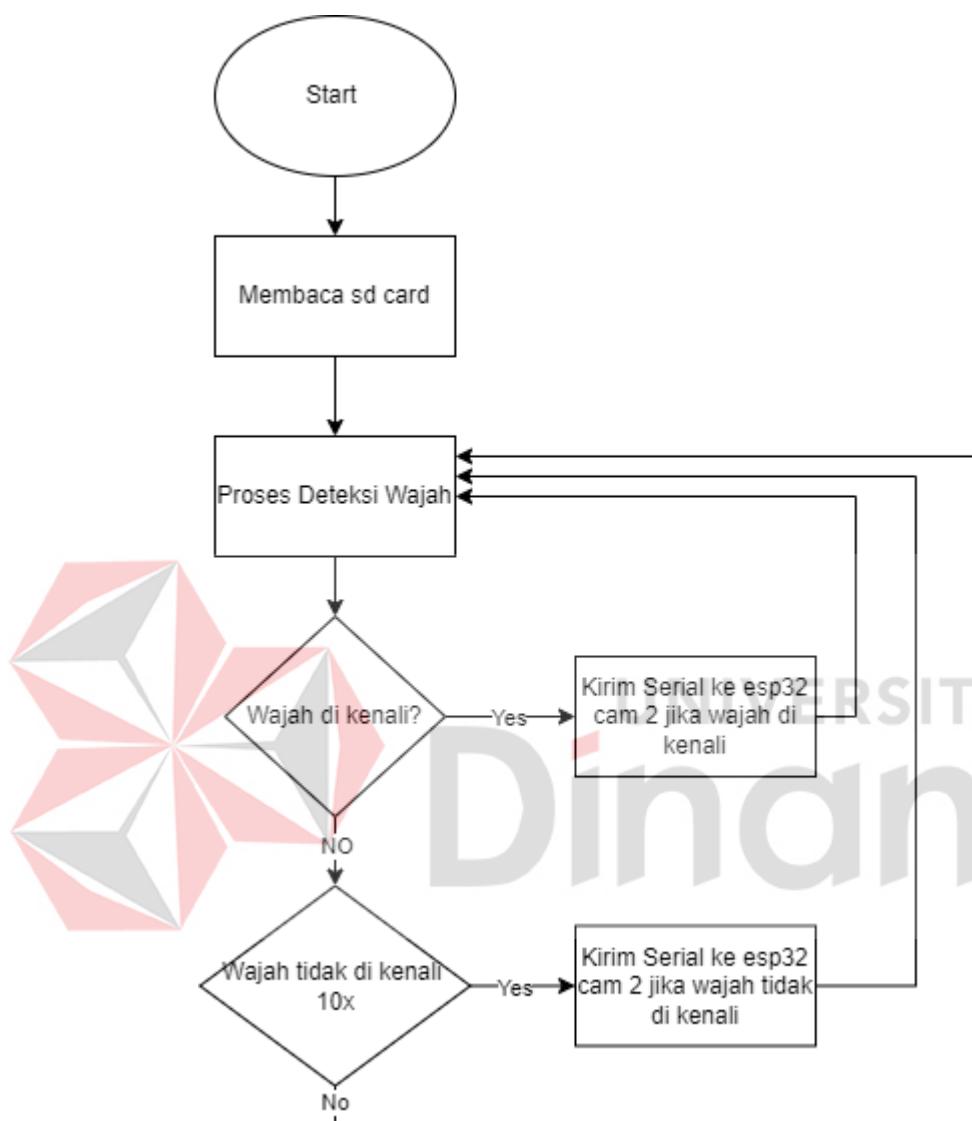
## C. Proses

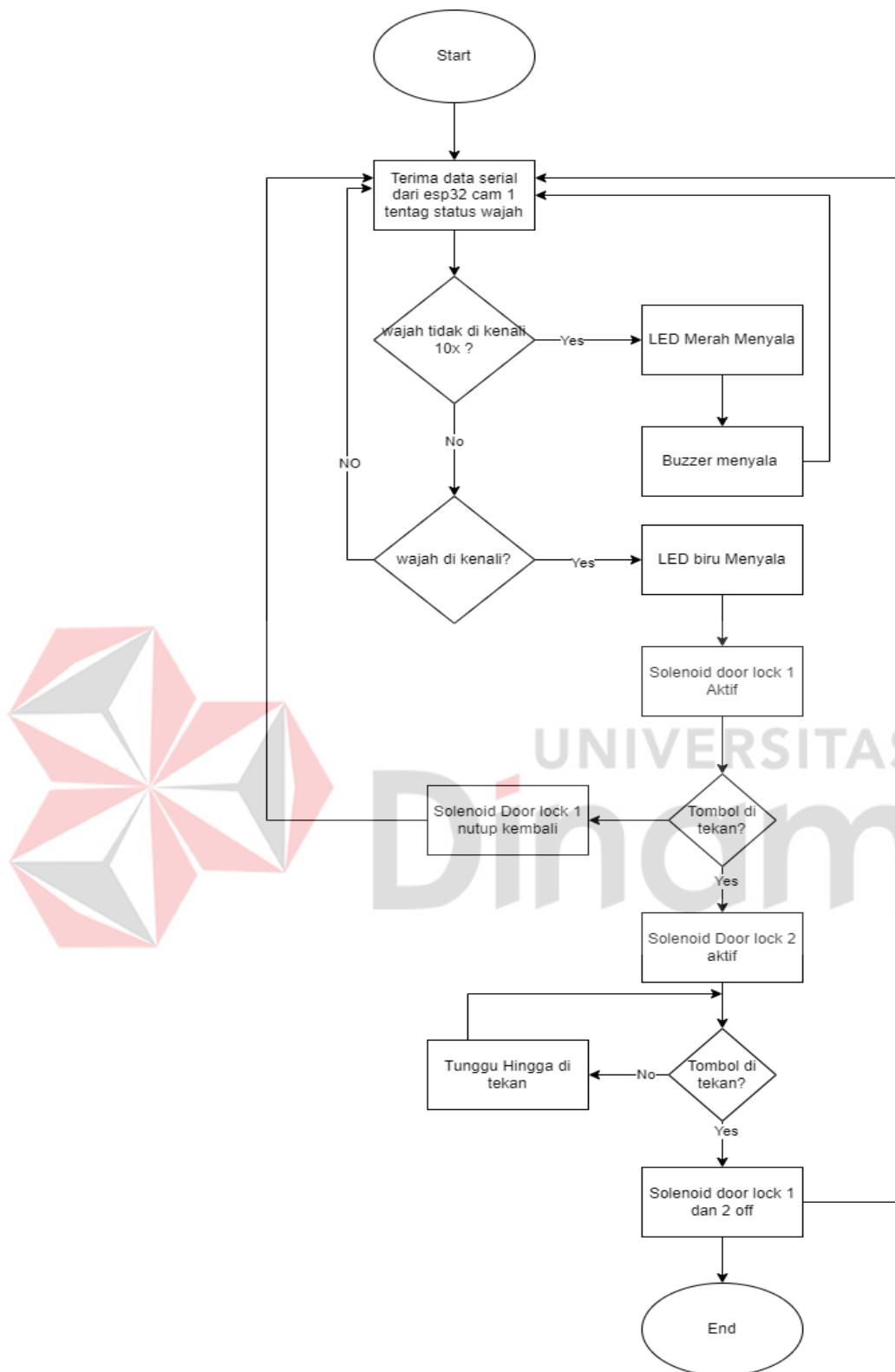
ESP32CAM: Berfungsi sebagai pengendali utama dalam sistem. ESP32CAM Pertama hanya focus pada deteksi dan pengenalan wajah. Sedangkan ESP32CAM Ke Dua bertindak sebagai menghandle input output dari Relay Buzzer , LED dan tombol tersembu



Gambar 3.2 Rangkaian skematik

### 3.2 Flowchart





Gambar 3.3 Flowchart sistem

*Flowchart* pada Gambar 3.2 menggambarkan alur kerja sistem pengenalan wajah yang menggunakan ESP32CAM untuk mengontrol akses menggunakan *relay*, LED, dan *buzzer*. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing langkah dalam alur tersebut: Proses dimulai dengan melakukan deklarasi dan inisiasi terhadap komponen utama, seperti kamera, WiFi, LED (merah dan hijau), *buzzer*, dan *relay*. Setelah inisialisasi selesai, sistem memulai server kamera yang digunakan untuk menangkap dan memproses gambar untuk mendeteksi wajah. Setelah server kamera aktif, sistem memasuki tahap deteksi wajah. Pada tahap ini, kamera mencoba mendeteksi apakah ada wajah yang terdeteksi dalam jangkauannya. Jika wajah tidak terdeteksi, sistem menyalakan LED merah dan memastikan *relay* dalam keadaan mati (OFF) sebagai tanda bahwa akses tidak diberikan. Kemudian, sistem kembali ke tahap deteksi wajah secara berulang sampai wajah terdeteksi.

Jika wajah terdeteksi, sistem mematikan LED merah dan menyalakan LED biru sebagai indikasi bahwa wajah telah dikenali. Selanjutnya, *relay* pertama diaktifkan (ON), yang memungkinkan akses atau membuka kunci melalui Solenoid *door lock* pertama yang terhubung dengan *relay*. Setelah *relay* aktif, sistem memulai timer interval selama 8 detik. Timer ini berfungsi untuk memberi batas waktu akses pada pengguna. Apabila timer mencapai batas 8 detik, sistem mematikan *relay* pertama, solenoid *door lock* pertama mengunci kembali, mematikan LED biru, dan mengaktifkan kembali LED merah, menandakan bahwa akses telah berakhir. Sistem kemudian kembali ke tahap deteksi wajah untuk menunggu wajah yang terdeteksi berikutnya.

Jika ingin membuka Solenoid Door *Lock* kedua maka user yang wajahnya sudah di daftarkan / di kenali oleh system harus menekan tombol tersembunyi. Jika tombol tersembunyi sudah di tekan maka *relay* kedua diaktifkan (ON), yang memungkinkan akses atau membuka kunci melalui Solenoid *door lock* kedua yang terhubung dengan relay. Setelah solenoid *door lock* pertama dan kedua sudah aktif dan user yang wajahnya sudah di kenali ingin menutup kotak amal lagi maka user perlu menekan tombol tersembunyi sekali lagi untuk menutup kotak amal seperti kondisi awal.

### 3.3 Pengolahan Citra menggunakan Metode *Haar Cascades*

*Haar Cascades* adalah algoritma berbasis *machine learning* yang dirancang untuk mendeteksi objek dalam gambar atau video, termasuk wajah manusia. Algoritma ini diperkenalkan oleh Paul Viola dan Michael Jones pada tahun 2001 dan telah menjadi salah satu metode populer dalam pengolahan citra karena efisiensinya dalam mendeteksi objek secara *real-time*. Metode ini bekerja dengan memanfaatkan fitur Haar, yaitu pola kontras intensitas antara wilayah terang dan gelap pada gambar. Fitur-fitur ini kemudian dianalisis menggunakan model yang telah dilatih sebelumnya untuk mengenali pola yang sesuai dengan karakteristik wajah, seperti mata, hidung, dan mulut.

Proses deteksi wajah dengan *Haar Cascades* dimulai dengan mengonversi gambar dari kamera ke dalam skala abu-abu (*grayscale*). Hal ini dilakukan untuk mengurangi kompleksitas perhitungan karena gambar warna memiliki lebih banyak informasi yang tidak relevan untuk deteksi. Setelah itu, algoritma menerapkan pendekatan *sliding window* yang memindai setiap bagian gambar secara berulang, mencari pola fitur yang sesuai dengan model yang dilatih. Selama proses ini, *Haar Cascades* memanfaatkan konsep Integral Image untuk mempercepat perhitungan, sehingga mampu memproses data dengan cepat bahkan pada perangkat dengan spesifikasi rendah seperti ESP32-CAM.

Salah satu keunggulan *Haar Cascades* adalah kemampuannya menggabungkan deteksi dari berbagai ukuran jendela sehingga dapat mengenali wajah dalam berbagai skala dan posisi. Selain itu, metode ini menggunakan algoritma Adaboost untuk memilih fitur yang paling relevan dari ribuan fitur yang ada, sehingga meningkatkan akurasi deteksi wajah. Meski sederhana, *Haar Cascades* cukup efektif untuk aplikasi seperti sistem pengenalan wajah pada kotak amal otomatis. Dengan algoritma ini, perangkat dapat mendeteksi wajah secara *real-time* dan memberikan sinyal atau aksi tertentu berdasarkan hasil pengenalan, seperti membuka kunci atau memberikan peringatan jika wajah tidak dikenali.

Namun, *Haar Cascades* memiliki keterbatasan. Algoritma ini lebih sensitif terhadap perubahan pencahayaan, posisi wajah, dan sudut pengambilan gambar. Dalam situasi dengan pencahayaan rendah atau jika wajah sebagian tertutup, tingkat akurasi dapat menurun. Oleh karena itu, implementasi metode ini sering dipadukan

dengan sensor tambahan atau preprocessing gambar untuk meningkatkan kinerja. Pada sistem kotak amal otomatis, *Haar Cascades* diterapkan untuk memastikan bahwa hanya wajah yang dikenali dapat membuka kotak, sementara wajah tidak dikenal memicu *buzzer* dan LED sebagai peringatan bahaya. Penambahan fitur ini tidak hanya meningkatkan keamanan sistem tetapi juga memberikan respons yang interaktif terhadap upaya yang mencurigakan.

### 3.4 Cara kerja Esp32-CAM

ESP32-CAM memiliki dua fungsi utama yang saling mendukung dalam sistem kotak amal otomatis, yaitu sebagai alat pendaftaran user dan sebagai alat deteksi serta pengenalan wajah. Pada tahap pendaftaran, ESP32-CAM digunakan untuk menangkap citra wajah calon pengguna melalui kamera yang terintegrasi, lalu menyimpannya sebagai dataset di memori lokal atau eksternal. Setiap wajah yang didaftarkan diberi label atau ID tertentu sebagai identitas yang akan digunakan pada tahap pengenalan. Setelah proses pendaftaran selesai dan model pengenalan wajah telah dilatih, ESP32-CAM menjalankan fungsinya sebagai alat deteksi wajah secara real-time. Ketika seseorang berada di depan kamera, modul akan menangkap citra wajah dan membandingkannya dengan data wajah yang telah tersimpan menggunakan algoritma seperti LBPH. Jika wajah dikenali sebagai pengguna yang sah, ESP32-CAM akan mengirimkan sinyal atau data hasil pengenalan melalui komunikasi serial ke modul kontrol lainnya.

Dalam sistem ini, sinyal dari ESP32-CAM utama diteruskan ke ESP32-CAM kedua (ESP32-CAM 2) yang berfungsi sebagai alat pemantau dan pengendali I/O. ESP32-CAM 2 bertugas untuk menerima data hasil pengenalan wajah dan mengaktifkan perangkat output seperti relay untuk membuka kunci solenoid, *buzzer* sebagai notifikasi suara, atau LED sebagai indikator visual. Selain itu, ESP32-CAM 2 juga dapat memantau status dari sensor atau tombol input yang terhubung, sehingga memungkinkan sistem memberikan respons tambahan secara otomatis berdasarkan kondisi yang terjadi.

Cara kerja ESP32-CAM pertama adalah hanya berfokus untuk deteksi wajah. Pendaftaran wajah dimulai dengan cara menjalankan *program examples* yang sudah disediakan oleh Arduino. Setelah program dijalankan, maka muncul alamat website

pada Serial Monitor. Ketika alamat website sudah ada, maka dicopypastekan pada Google chrome, setelah itu masuk pada halaman deteksi wajah.

Pada halaman deteksi wajah pertama kali yang dilakukan adalah dengan mengatur resolusi ke resolusi cif, setelah itu tekan tombol start stream, maka tampil wajah dalam posisi streaming. Jika ingin mengambil wajah, maka setelah alamat website ketik/capture contoh (192.168.0.1/capture), maka wajah tercapture. Proses capture diulangi proses sebanyak 5 kali.

Setelah proses mendaftarkan wajah selesai, maka kartu memori dicabut yang tertancap pada ESP32-CAM. Pertama kali ditancapkan ke card reader, setelah itu card reader yang sudah tertancap kartu memori dihubungkan ke komputer/laptop. Setelah itu beri nama hasil capture tadi dengan angka 1 sampai 5 contoh (1.jpg 2.jpg, dst). Setelah selesai ditandai dengan angka, maka card reader dilepaskan dari komputer/laptop, dan jangan lupa kartu memorinya dilepaskan juga. Setelah selesai semua, maka kartu memori yang sudah berisi wajah ditancapkan lagi, yang sebelumnya didaftarkan ke dalam ESP32-CAM pertama.

Setelah kartu memori terpasang kembali pada ESP32-CAM pertama, maka langkah selanjutnya adalah mengupload ulang program utama (program simpansdcard). Setelah berhasil mengupload, maka menunggu sambil melihat serial monitor apakah wajah yang didaftarkan lagi berhasil dikenali oleh sistem, jika sistem sudah mengenali, maka kotak amal siap untuk dipakai.

Cara kerja ESP32-CAM kedua hanya bertugas sebagai pengontrol input output seperti mengontrol Relay 2 channel, LED, Buzzer,Solenoid door lock. Lalu agar ESP32- CAM pertama dan kedua disambungkan dengan serial jadinya. Ketika wajah terdeteksi dan dikenali oleh ESP32-CAM pertama, maka ESP32-CAM pertama mengirimkan data wajah yang sudah dikenali/terdaftar lewat serial kepada ESP32-CAM kedua. Kemudian ESP32-CAM kedua menyalakan relay dan membuka Solenoid DOOR LOCK pertama. Kemudian jika ingin membuka solenoid door lock kedua, maka user / wajah orang yang sudah didaftarkan tadi menekan tombol rahasia yang ada di kotak amal, dan jika user ingin menutup semua solenoid door lock atau mengembalikan seperti keadaan semula yaitu dimana kotak amal terkunci, maka user harus menekan tombol tersembunyi 1x lagi. Setelah ditekan maka, kotak amal kembali ke mode semula yaitu terkunci.

ESP32-CAM yang telah diprogram hanya dapat mendeteksi wajah manusia. Jika objek yang dihadapkan ke kamera bukan wajah manusia, ESP32-CAM tidak bereaksi atau memicu aksi apa pun. Sistem ini dirancang secara spesifik agar fokus hanya pada pola unik wajah manusia, sehingga meningkatkan akurasi deteksi. Selain itu, sistem pada ESP32-CAM dalam proyek ini menggunakan konsep single user, yang berarti hanya dapat mengenali satu wajah yang sudah terdaftar. Wajah lain, meskipun juga wajah manusia, tidak direspon oleh sistem, sehingga keamanan akses tetap terjaga.

Perbedaan antara orang yang mengelola dan orang yang beramal dalam sistem kotak amal otomatis terletak pada peran serta akses yang pengelola miliki terhadap sistem. Orang yang mengelola bertanggung jawab penuh atas keamanan dan pengelolaan isi kotak amal. Pengelola memiliki hak akses melalui sistem pengenalan wajah, di mana wajah pengelola telah terdaftar dalam database. Ketika sistem mendeteksi wajah pengelola, kamera mengaktifkan *relay* untuk membuka kunci solenoid door *lock*, memungkinkan pengelola untuk membuka kotak amal dan melakukan pemeriksaan, pengosongan, atau perawatan tanpa hambatan. Sebaliknya, orang yang beramal datang untuk memberikan sumbangan, namun orang yang beramal tidak memiliki akses khusus terhadap sistem pengamanan kotak amal. Wajah orang beramal tidak terdaftar dalam database pengenalan wajah, sehingga sistem tidak membuka kunci kotak.

Orang yang beramal hanya dapat berinteraksi dengan kotak amal untuk memasukkan donasi tanpa mempengaruhi mekanisme kunci. Pengelola tidak perlu khawatir gangguan dari donatur, karena sistem secara otomatis membatasi akses hanya kepada pihak yang berwenang.

### 3.5 Cara Kerja Solenoid Door Lock

Cara kerja solenoid sendiri adalah menggunakan prinsip elektromagnetik untuk mengontrol gerakan plunger atau batang logam di dalamnya. Ketika arus listrik dialirkkan ke kumparan di dalam solenoid, medan magnet yang dihasilkan menarik atau mendorong plunger untuk membuka atau menutup mekanisme kunci. Dalam konteks kotak amal otomatis, solenoid *door lock* bekerja dengan mengatur posisi kunci, baik dalam keadaan terbuka maupun terkunci, tergantung pada aliran

daya dari *relay*.

Pertama-tama, langkah awal yang perlu dilakukan adalah menyetel *relay* pada posisi *Normally Open* (NO). Hal ini dilakukan dengan memindahkan posisi kabel pada terminal *relay* sehingga sesuai dengan cara kerja solenoid door lock pada kotak amal otomatis. Dengan pengaturan ini, relay hanya mengalirkan daya ke solenoid ketika dalam kondisi aktif (ON). Pengaturan ini penting agar solenoid hanya bekerja saat dibutuhkan, yaitu ketika sistem mendeteksi wajah yang sesuai.

Ketika wajah terdeteksi oleh sistem pengenalan wajah, *relay* berubah menjadi kondisi ON dan mulai mengalirkan daya ke solenoid. Dalam kondisi ini, solenoid aktif dan membuka kunci pintu kotak amal secara otomatis. Sebaliknya, ketika wajah tidak terdeteksi atau sistem dalam kondisi standby, *relay* berada dalam kondisi OFF. Pada kondisi ini, solenoid tidak teraliri daya, sehingga kunci pintu kotak amal tetap dalam keadaan terkunci untuk menjaga keamanan.

Cara kerja ini memastikan bahwa solenoid hanya bekerja ketika benar-benar diperlukan, yaitu saat wajah yang terdaftar di sistem dikenali. Sistem ini juga meningkatkan efisiensi energi, karena solenoid hanya menggunakan daya untuk membuka kunci dan tidak terus-menerus aktif. Dengan pengaturan seperti ini, keamanan kotak amal tetap terjaga, karena pintu otomatis tetap terkunci jika tidak ada input yang valid.

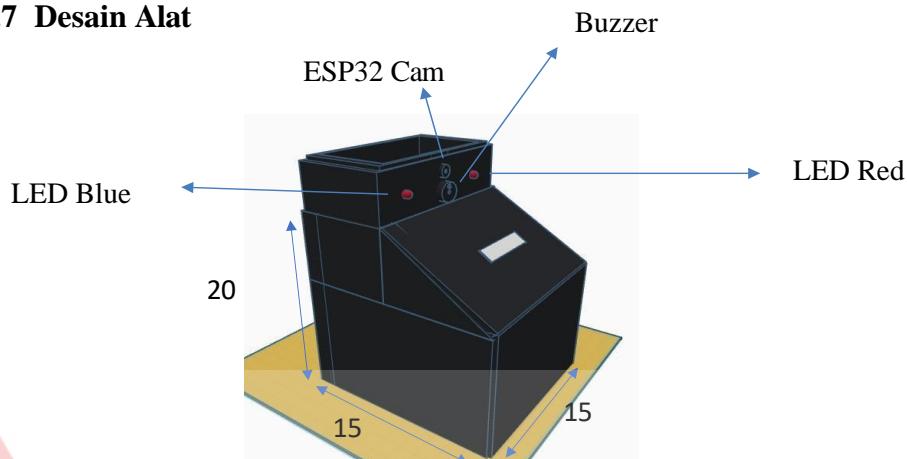
### **3.6 Perbedaan Antara Orang Yang Mengelola Dan Orang Yang Beramal**

Perbedaan antara orang yang mengelola dan orang yang beramal dalam sistem kotak amal otomatis terletak pada peran serta akses yang dimiliki terhadap sistem. Orang yang mengelola bertanggung jawab penuh atas keamanan dan pengelolaan isi kotak amal. Pengelola memiliki hak akses melalui sistem pengenalan wajah, di mana wajah pengelola telah terdaftar dalam database. Ketika sistem mendeteksi wajah pengelola, kamera mengaktifkan relay untuk membuka kunci solenoid *door lock*, memungkinkan pengelola untuk membuka kotak amal dan melakukan pemeriksaan, pengosongan, atau perawatan tanpa hambatan.

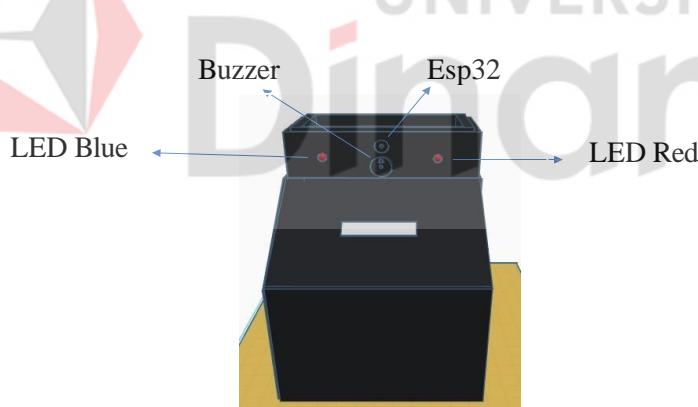
Sebaliknya, orang yang beramal datang untuk memberikan sumbangan, namun orang yang beramal tidak memiliki akses khusus terhadap sistem pengamanan kotak amal. Wajah orang yang beramal tidak terdaftar dalam database

pengenalan wajah, sehingga sistem tidak membuka kunci kotak. Orang yang beramal hanya dapat berinteraksi dengan kotak amal untuk memasukkan donasi tanpa mempengaruhi mekanisme kunci. Pengelola tidak perlu khawatir gangguan dari donatur, karena sistem secara otomatis membatasi akses hanya kepada pihak yang berwenang.

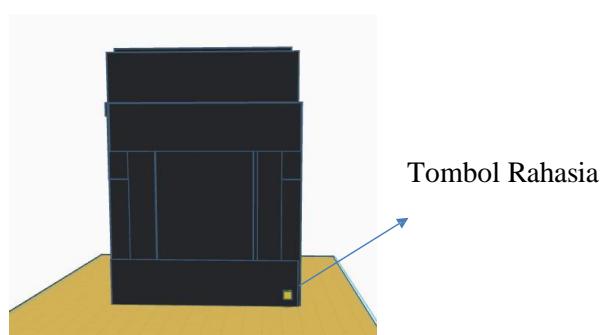
### 3.7 Desain Alat



Gambar 3.4 Desain tampak pojok



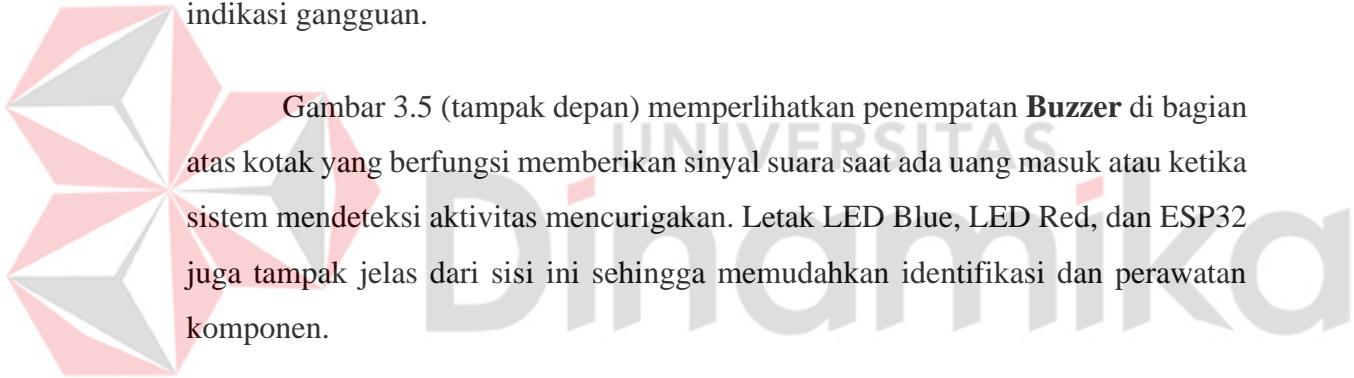
Gambar 3.5 Desain tampak depan



Gambar 3.6 Desain tampak belakang

Gambar 3.4, 3.5, dan 3.6 menampilkan desain kotak amal elektronik dari berbagai sudut pandang, yaitu tampak pojok, tampak depan, dan tampak belakang. Kotak ini memiliki dimensi dasar  $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$  dengan tinggi 20 cm, menggunakan material akrilik hitam untuk badan kotak agar terlihat modern dan kokoh, serta alas berbahan papan kayu atau akrilik tebal berwarna kuning kecokelatan untuk menambah kestabilan.

Pada Gambar 3.4 (tampak pojok), terlihat komponen utama yang terpasang pada bagian atas kotak, di antaranya **ESP32 Cam** sebagai mikrokontroler dengan kemampuan pengolahan data dan koneksi Wi-Fi sekaligus dilengkapi kamera untuk memantau kondisi kotak. Di sisi kiri terpasang **LED Blue** sebagai indikator bahwa sistem dalam kondisi aktif, sedangkan di sisi kanan terdapat **LED Red** sebagai penanda peringatan apabila terjadi kondisi tertentu seperti kotak penuh atau indikasi gangguan.



Gambar 3.6 (tampak belakang) menampilkan keberadaan **Tombol Rahasia** yang digunakan untuk fungsi khusus seperti membuka sistem keamanan, mereset perangkat, atau mengaktifkan mode pemeliharaan. Penempatan tombol ini di bagian belakang bertujuan untuk mencegah akses oleh pengguna umum dan hanya dapat dioperasikan oleh petugas yang berwenang.

Dengan desain dari ketiga sudut pandang ini, kotak amal elektronik memiliki sistem keamanan berlapis berupa pemantauan visual dengan kamera, indikator LED, notifikasi suara, dan kontrol tersembunyi. Hal ini menjadikannya bukan hanya tempat donasi biasa, tetapi perangkat pintar yang mampu memberikan keamanan, kemudahan monitoring, dan interaksi yang responsif dengan pengguna.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pengujian Deteksi Wajah**

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap kemampuan model dalam mendeteksi wajah pada kotak amal. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa model berdasarkan parameter seperti, akurasi, dan FPS dalam mendeteksi wajah. Pengujian ini menggunakan Kotak amal yang sudah di rancang dan didesain khusus untuk mendeteksi wajah sebagai pengaman pada kunci kotak amal tersebut.

Kriteria keberhasilan deteksi wajah ditentukan saat ESP32-CAM berhasil mengenali wajah yang telah dilatih sebelumnya, lengkap dengan nama yang sesuai, dalam waktu yang ditentukan yaitu 30 detik. Jika wajah dikenali, solenoid door lock pertama akan terbuka. Untuk membuka solenoid kedua, pengguna harus menekan tombol tersembunyi. Untuk menutup kembali kedua solenoid, tombol tersebut ditekan sekali lagi.

#### **4.2 Prosedur Pengujian**

Berikut merupakan langkah-langkah dalam menguji model untuk mendeteksi wajah:

1. Pengujian Akurasi Pengenalan Wajah
2. Pengujian Jarak Optimal Deteksi Wajah
3. Pengujian Pengaruh Pencahayaan
4. Pengujian Respons Sistem
5. Pengujian Mekanisme Penguncian

#### **4.3 Hasil Pengujian Deteksi Wajah**

Hasil pengujian deteksi wajah menunjukkan bahwa sistem pengenalan wajah berbasis ESP32-CAM mampu mengenali wajah yang telah terdaftar dengan tingkat akurasi yang tinggi dalam kondisi pencahayaan yang optimal. Pada jarak ideal antara 10 cm hingga 15 cm, sistem berhasil mendeteksi wajah dengan cepat dan membuka kunci secara otomatis dalam waktu kurang dari 2 detik.

Tabel 4.1 Akurasi jarak

Nomor	Jarak (cm)	Hasil deteksi		Akurasi (%)	FPS
		Terdeteksi	Tidak Terdeteksi		
1	15	-	✓		1.9
		-	✓		1.8
		-	✓	20	1.7
		-	✓		1.3
		✓	-		1.4
		✓	-		2.7
2	25	✓	-		2.9
		-	✓	60	2.6
		-	✓		1.4
		✓	-		1.9
		✓	-		1.6
		✓	-		1.7
3	30	✓	-	80	1.8
		-	✓		1.7
		✓	-		2.6

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Prediksi Benar}}{\text{Total Jumlah Prediksi}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Tabel 4.1 menampilkan hasil pengujian akurasi deteksi objek menggunakan kamera ESP32-CAM pada jarak 15 cm, 25 cm, dan 30 cm. Akurasi tertinggi dicapai pada jarak 25 cm dan 30 cm, masing-masing sebesar 60% dan 80 %, dengan rentang FPS berkisar antara 1.4–2.9 untuk 25 cm dan 1.6–2.6 untuk 30 cm. Sementara itu, pada jarak 15 cm, akurasi justru menurun menjadi 20%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem bekerja lebih optimal dalam hal akurasi pada jarak sangat jauh (30 cm) dan menengah (25 cm), namun kecepatan (FPS) meningkat pada jarak 25 cm.

Tabel 4.2 Uji keseluruhan sistem

No	Nama	Jarak (cm)	Kondisi Deteksi (%)		Kondisi Buzzer (%)		Kondisi Warna LED (%)		Rata – Rata Hasil Keseluruhan (%)
			Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	ON	OFF	RED	BLUE	
			✓	-	-	✓	-	✓	
1	Alvin	15	-	✓	✓	-	✓	-	-
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			✓	-	-	✓	-	✓	
RATA - RATA		40	60	60	40	60	40		-
		25	-	✓	✓	✓	-	✓	
			-	✓	✓	✓	-	✓	
			-	✓	✓	✓	-	✓	

No	Nama	Jarak (cm)	Kondisi Deteksi (%)		Kondisi Buzzer (%)		Kondisi Warna LED (%)		Rata - Rata Hasil Keseluruhan (%)
			Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	ON	OFF	RED	BLUE	
			-	✓	✓	✓	-	✓	
			✓	-	-	-	✓	-	
			✓	-	-	-	✓	-	
			✓	-	-	-	✓	-	
			✓	-	-	-	✓	-	
			-	✓	✓	✓	-	✓	
			-	✓	✓	✓	-	✓	
			-	✓	✓	✓	-	✓	
			<b>RATA - RATA</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>60</b>
			✓	-	-	✓	-	✓	
				✓	✓	-	✓	-	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	✓	-	✓	-	
			✓	-	✓	-	✓	-	
			<b>RATA - RATA</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>70</b>	<b>30</b>
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			<b>Rata-Rata</b>	<b>30</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>70</b>	<b>30</b>
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			<b>Rata - Rata</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>60</b>
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			<b>Rata-Rata</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
3	Rizki	15	✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	

No	Nama	Jarak (cm)	Kondisi Deteksi (%)		Kondisi Buzzer (%)		Kondisi Warna LED (%)		Rata – Rata Hasil Keseluruhan (%)
			Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	ON	OFF	RED	BLUE	
20	Rata - Rata	20	-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
25	Rata - Rata	25	✓	-	-	✓	-	✓	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
30	Rata - Rata	30	60	40	40	60	40	60	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			✓	-	-	✓	-	✓	
			-	✓	✓	-	✓	-	
			✓	-	-	✓	-	✓	
40	Rata - Rata	40	40	60	60	40	60	40	

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah Prediksi Benar}}{\text{Total Jumlah Prediksi}} \times 100\% \quad (4.2)$$

Tabel 4.2 adalah tabel pengujian merangkum hasil deteksi sistem pengenalan wajah terhadap tiga subjek yaitu Alvin, Daryan, dan Rizki, dengan jarak pengujian 15 cm, 25 cm, dan 30 cm. Parameter yang diuji meliputi kondisi deteksi wajah (terdeteksi atau tidak), respons buzzer (ON/OFF), kondisi LED (merah/biru), dan perhitungan rata-rata keberhasilan sistem.

Alvin menunjukkan hasil deteksi pada tiga jarak berbeda, yaitu 15 cm, 25 cm, dan 30 cm. Pada jarak 15 cm, sistem mencatat tingkat terdeteksi sebesar 40%, buzzer ON 60%, dengan LED merah menyala 60% dan LED biru 40%. Pada jarak 25 cm, sistem menunjukkan tingkat terdeteksi sebesar 40%, buzzer ON 40%, LED

merah 40%, dan LED biru 60%. Sedangkan pada jarak 30 cm, sistem mencatat tingkat terdeteksi sebesar 70%, buzzer ON 70%, dengan LED merah 70% dan LED biru 30%.

Daryan menunjukkan hasil deteksi pada tiga jarak pengujian yang sama. Pada jarak 15 cm, sistem mencatat tingkat terdeteksi sebesar 30%, buzzer ON 70%, LED merah 70%, dan LED biru 30%. Pada jarak 25 cm, sistem mencatat tingkat terdeteksi sebesar 60%, buzzer ON 40%, LED merah 40%, dan LED biru 60%. Sedangkan pada jarak 30 cm, tingkat terdeteksi turun menjadi 50%, dengan buzzer ON 50%, serta LED merah dan biru masing-masing menyala 50%.

Rizki menunjukkan hasil deteksi pada tiga jarak pengujian yang sama. Pada jarak 15 cm, 25 cm, dan 30 cm. Pada jarak 15 cm, sistem menunjukkan hasil terdeteksi sebesar 20%, buzzer ON 80%, dengan LED merah menyala 80% dan LED biru 20%. Pada jarak 25 cm, tingkat terdeteksi meningkat menjadi 60%, buzzer ON 40%, LED merah 40%, dan LED biru 60%. Sementara pada jarak 30 cm, sistem mencatat hasil terdeteksi sebesar 40%, buzzer ON 60%, dengan LED merah menyala 60% dan LED biru 40%.

Berdasarkan hasil pengujian dari tiga subjek yaitu Alvin, Daryan, dan Rizki, sistem menunjukkan variasi performa deteksi pada jarak yang berbeda. Alvin mencatat hasil deteksi tertinggi pada jarak 30 cm dengan tingkat deteksi, buzzer ON, dan LED merah masing-masing sebesar 70%, sedangkan pada jarak 15 cm tingkat deteksi hanya sebesar 40%. Daryan menunjukkan pola yang lebih fluktuatif, dengan tingkat deteksi sebesar 30% pada jarak 15 cm, meningkat menjadi 60% pada jarak 25 cm, lalu turun kembali menjadi 50% pada jarak 30 cm. Meskipun begitu, buzzer ON tertinggi justru tercatat pada jarak 15 cm sebesar 70%. Sementara itu, Rizki mengalami performa terendah pada jarak 15 cm dengan tingkat deteksi sebesar 20%, namun meningkat menjadi 60% pada jarak 25 cm sebelum menurun kembali menjadi 40% pada jarak 30 cm. Nilai buzzer dan LED pada ketiga subjek cenderung mengikuti pola deteksi, meskipun LED biru sering kali lebih dominan ketika sistem gagal mendeteksi wajah.

Performa sistem cenderung lebih stabil dan akurat pada jarak menengah hingga agak jauh (25 cm hingga 30 cm), sedangkan pada jarak dekat (15 cm), deteksi wajah menurun dan respons sistem menjadi kurang konsisten. Hal ini

mengindikasikan bahwa sistem bekerja lebih efektif saat objek berada pada jarak tertentu dari kamera, namun tetap dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing individu serta kondisi lingkungan saat pengujian berlangsung.

Adapun rata-rata wajah terdeteksi dari ketiga sukarelawan diperoleh rata-rata performa sistem pada tiga jarak pengujian yang berbeda, yaitu 15 cm, 25 cm, dan 30 cm. Pada jarak 15 cm, rata-rata deteksi wajah sebesar 30%, dengan rata-rata buzzer ON sebesar 70%, LED merah menyala sebesar 70%, dan LED biru menyala sebesar 30%. Pada jarak 25 cm, rata-rata deteksi wajah meningkat menjadi 53,33%, dengan rata-rata buzzer ON sebesar 40%, LED merah sebesar 40%, dan LED biru sebesar 60%. Sementara itu, pada jarak 30 cm, rata-rata deteksi wajah tercatat sebesar 53,33%, dengan buzzer ON sebesar 60%, LED merah sebesar 60%, dan LED biru sebesar 40%. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem menunjukkan performa deteksi yang lebih baik pada jarak 25 cm hingga 30 cm dibandingkan jarak 15 cm. Hal ini menunjukkan bahwa sistem bekerja lebih optimal pada jarak menengah hingga agak jauh, meskipun tetap dipengaruhi oleh karakteristik individu dan kondisi lingkungan selama proses pengujian berlangsung.


$$\text{Rumus Rata - rata} = \frac{\text{Jumlah deteksi dari semua subjek}}{\text{Jumlah subjek}} \times 100 \quad (4.3)$$

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

1. Perancangan sistem dimulai dengan pemanfaatan ESP32-CAM sebagai perangkat inti yang menangkap dan memproses gambar wajah secara *real-time*. Sistem menggunakan algoritma *Haar Cascade* untuk mendeteksi wajah yang telah terdaftar di dalam *database*. Ketika wajah yang dikenali atau terdeteksi, ESP32-CAM mengaktifkan *relay* untuk membuka *solenoid door lock* yang mengamankan kotak amal
2. Hasil pengujian dari 3 sukarelawan mendapatkan rata-rata akurasi 53,33% pada jarak 25 cm dan 30 cm dari kamera .
3. Integrasi ESP32-CAM dengan modul relay, solenoid door lock, LED, buzzer, dan tombol rahasia menjadikan sistem pengenalan wajah pada kotak amal otomatis lebih aman dan responsif. Wajah yang dikenali akan memicu pembukaan kunci secara otomatis, sementara wajah yang tidak dikenal akan ditolak dan sistem tetap terkunci. Fitur tambahan seperti LED dan buzzer memberikan notifikasi visual dan suara secara *real-time*, serta kemampuan menyimpan gambar wajah yang tidak dikenali memungkinkan pengawasan terhadap aktivitas mencurigakan. Keseluruhan integrasi ini menjadikan sistem lebih optimal, interaktif, dan andal dalam menjaga keamanan dan efisiensi kontrol akses secara menyeluruh.

#### **5.2 Saran**

Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan fitur pendukung seperti integrasi dengan aplikasi berbasis IoT untuk pemantauan jarak jauh, sehingga pengelola dapat menerima notifikasi secara *real-time* melalui perangkat seluler. Selain itu, penggunaan sensor tambahan seperti inframerah atau ultrasonik dapat membantu meningkatkan akurasi deteksi wajah, terutama dalam kondisi pencahayaan yang kurang optimal. Sistem juga dapat

dikembangkan lebih lanjut dengan menerapkan metode kecerdasan buatan (AI) yang lebih canggih agar dapat mengenali wajah dalam berbagai posisi dan sudut pandang.



## DAFTAR PUSTAKA

- Nasution, E. S., Pasaribu, F. I., & Habib Hidayat, M. (2021). *Jurnal Mesil (Mesin Elektro Sipil) Studi Proteksi Sistem Tenaga Listrik Pada Trafo 1600 kVA Menggunakan Current Relay IWU 2-3.* 2(2), 28–39.
- Hidayati, A., et al. (2021). Peningkatan Kesadaran Sosial Melalui Media Kotak Amal. *Jurnal Sosial dan Kemanusiaan*.
- Rahman, M., et al. (2022). Implementasi IoT pada Sistem Keamanan Kotak Amal Berbasis Pengenalan Wajah. *Jurnal Teknologi dan Inovasi*.
- Rahmawati, Y., Uli, I., Simanjutak, V., & Simorangkir, R. B. (2022). Rancang Bangun Purwarupa Sistem Peringatan Pengendara Pelanggar Zebra Cross Berbasis Mikrokontroler ESP-32 CAM. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4.
- Rusimamto, P. W., Endryansyah, Anifah, L., Harimurti, R., & Anistyasari, Y. (2021). Implementation of arduino pro mini and ESP32 cam for temperature monitoring on automatic thermogun IoT-based. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 23(3), 1366–1375. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v23.i3.pp1366-1375>
- Sari, A., Utami, N., Samsugi, S., & Ramdan, S. D. (2020). PENGEMBANGAN KOPERPINTAR BERBASIS ARDUINO Development of smart suitcases-based arduino. In *Jurnal ICTEE* (Vol. 1, Issue 1).
- Setiawan, D., Jaya, H., Nurarif, S., Syahputra, T., Syahril Syafnur, M., & Triguna Dharma, S. (2022). IMPLEMENTASI ESP32-CAM DAN BLYNK PADA WIFI DOOR LOCK
- SYSTEM MENGGUNAKAN TEKNIK DUPLEX. In *Journal of Science and Social Research* (Issue 1). <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- Subni, G., Putra, A., Nabila, A., Pulungan, A. B., Negeri, U., Jl, P., & Air Tawar, H. (2020). Power Supply Variabel Berbasis Arduino. In *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia* (Vol. 1, Issue 2).
- Suwartika, R., & Sembada, G. (2020). Perancangan Sistem Keamanan Menggunakan Solenoid Door Lock Berbasis Arduino Uno pada Pintu Laboratorium di PT. XYZ. *Jurnal E-Komtek (Elektro-Komputer-Teknik)*, 4(1), 62–74. <https://doi.org/10.37339/e-komtek.v4i1.217>
- Yanto, B., Basorudin, B., Anwar, S., Lubis, A., & Karmi, K. (2022a). Smart Home Monitoring Pintu Rumah Dengan Identifikasi Wajah Menerapkan Camera ESP32 Berbasis IoT. *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi Dan Komputer)*,