

## MULTIFACTOR AUTHENTICATION MEMBUKA KUNCI PINTU RUMAH MENGGUNAKAN IMAGE PROCESSING, FINGERPRINT DAN APLIKASI TELEGRAM UNTUK NOTIFIKASI

Laxsmy Devy<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang, Kampus Limau Manis Politeknik Negeri Padang, 25164, Indonesia

[laxsmydevy@gmail.com](mailto:laxsmydevy@gmail.com)

### ABSTRACT

*The front door serves as the primary entry point to a home and is typically secured with a standard lock. However, such locks have drawbacks, including the risk of the key being forgotten or lost, as well as the ease with which standard keys can be duplicated. Without a CCTV system, homeowners remain unaware of which family members are accessing the house. This system utilizes the Telegram app to enable homeowners to identify family members entering the house. The multi-factor authentication system for unlocking the door combines image processing and fingerprint recognition technologies. It employs a webcam to automatically detect and recognize the user's face using an OpenCV-based algorithm, followed by fingerprint verification via an R307 sensor. An ESP32 microcontroller acts as the controller, processing authentication results and activating a relay to release the solenoid door lock once the user is verified. An I2C LCD displays access status, while a buzzer serves as an audible indicator. The system also features real-time notifications via Wi-Fi using Telegram, allowing homeowners to monitor access activity remotely. Test results demonstrate that the system operates effectively, providing a high level of security through two layers of biometric verification that are difficult to forge.*

### Keywords:

*Multifactor authentication, image processing, fingerprint recognition, telegram.*

### PENDAHULUAN

Pada umumnya rumah-rumah masyarakat masih menggunakan kunci sebagai pengunci pintu rumah. Namun ada beberapa kelemahan pada cara tersebut, antara lain faktor lupa, kehilangan atau kunci biasa mudah diduplikatkan. Ada beberapa teknologi yang sudah digunakan antara lain menggunakan kartu yang masih lemah dengan situasi serupa. Ada yang menggunakan keypad sebagai kunci elektronik, dimana sering lupa kode kuncinya. Dengan menggunakan Multifactor Authentication (keamanan berlapis) yang mudah dalam penggunaan, karena langsung dari identitas manusia yang tidak akan pernah tertukar dari wajah dan sidik jari. Teknologi yang digunakan pada sistem ini menggabungkan image processing dan fingerprint recognition. Sistem ini menggunakan webcam untuk mendeteksi serta mengenali wajah pengguna secara otomatis melalui algoritma face recognition berbasis OpenCV, dan dilanjutkan dengan verifikasi sidik jari menggunakan sensor fingerprint. Sistem juga dilengkapi fitur notifikasi real-time melalui jaringan Wi-Fi menggunakan aplikasi Telegram agar pemilik rumah dapat memantau aktivitas akses secara jarak jauh.

### KAJIAN LITERATUR

Salah satu pendekatan yang relevan dan mutakhir dalam sistem keamanan rumah adalah penerapan teknologi biometrik dan pengolahan citra digital (image processing). Webcam eksternal digunakan untuk menangkap citra wajah pengguna yang kemudian diproses menggunakan algoritma pengenalan wajah berbasis OpenCV. Teknologi ini memungkinkan sistem mengenali pengguna secara unik dan non-kontak, sehingga aman dari manipulasi fisik. Setelah proses pengenalan wajah berhasil, sistem akan melanjutkan ke proses verifikasi biometrik tahap kedua menggunakan sensor fingerprint. Kombinasi dua lapisan verifikasi ini tidak hanya meningkatkan akurasi dan keamanan akses, tetapi juga menjadikan sistem lebih terpercaya dalam pengendalian pintu rumah. (Kurniawan et al., 2020)

Hasil dari proses pengenalan wajah dan verifikasi fingerprint akan diproses oleh mikrokontroler ESP32, yang berfungsi sebagai pusat kontrol. Jika kedua autentikasi lolos, ESP32 akan mengaktifkan relay untuk mengalirkan arus listrik ke solenoid door lock, sehingga pintu akan terbuka secara otomatis. Sebagai pelengkap sistem, ditambahkan LCD 16x2 sebagai penampil status akses dan buzzer sebagai indikator suara. Sementara itu, push button disediakan untuk membuka pintu dari dalam rumah secara manual, tanpa melalui proses verifikasi. Desain sistem ini mendukung penggunaan yang nyaman dan efisien oleh penghuni rumah, tanpa mengurangi aspek keamanannya. (Putra & Ihsan, 2025)

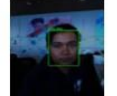
Keunggulan utama sistem ini terletak pada penerapan Internet of Things (IoT) melalui kemampuan komunikasi ESP32 yang mendukung koneksi Wi-Fi. Sistem dirancang agar setiap aktivitas akses yang berhasil, baik melalui face recognition maupun finger print akan dikirimkan secara otomatis dalam bentuk notifikasi pesan ke perangkat pengguna, seperti melalui aplikasi Telegram. Notifikasi mencakup informasi waktu, identitas pengguna dan status pintu, sehingga

pemilik rumah dapat memantau kondisi keamanan secara real-time dari mana saja. Fitur ini memberikan nilai tambah signifikan karena memungkinkan kontrol dan pemantauan akses secara transparan dan digital. (Wiro Pranoto & Khumaidi, 2025)

Secara keseluruhan, sistem keamanan rumah yang dibangun ini menggabungkan berbagai teknologi modern dalam satu platform terintegrasi. Penggunaan verifikasi berlapis berbasis image processing dan biometrik, ditambah dengan fitur IoT, menjadikan sistem ini tidak hanya tangguh dari sisi keamanan tetapi juga ramah pengguna dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk kebutuhan smart home di masa depan. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bidang teknologi sistem keamanan, khususnya untuk skala rumah tangga dan lingkungan permukiman. (Syahputra Esthomihi Siagian et al., 2024).

Sistem keamanan pintu berlapis merupakan sebuah pendekatan pengamanan akses yang menggabungkan dua metode autentikasi berbeda untuk meningkatkan tingkat keamanan. Dalam sistem ini, verifikasi pertama dilakukan melalui kamera yang terintegrasi dengan teknologi image processing. Kamera akan menangkap citra wajah pengguna dan mencocokkannya dengan database wajah yang telah terdaftar menggunakan algoritma pengenalan wajah (Dewi & Ismawan, 2021). Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa hanya wajah yang dikenali sistem yang dapat melanjutkan ke tahap selanjutnya.

**Tabel 1. Identifikasi wajah**

| Citra uji                                                                           | Jenis Pengujian                            | Hasil    | Keterangan                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Citra wajah tampak depan.                  | Dikenali | Ketika wajah dengan pose menghadap depan, sistem dapat mengidentifikasi wajah.                            |
|   | Citra wajah dengan posisi kepala menunduk. | Dikenali | Ketika wajah dengan pose menunduk saat menghadap depan, sistem dapat mengidentifikasi wajah.              |
|  | Pencahaya Normal.                          | Dikenali | Ketika wajah dengan pose menghadap depan, pada saat pencayaan normal sistem dapat mengidentifikasi wajah. |
|  | Pencayaan redup                            | Dikenali | Ketika wajah dengan pose menghadap depan, pada saat pencayaan redup sistem dapat mengidentifikasi wajah.  |
|  | Pencayaan gelap                            | Dikenali | Ketika wajah dengan pose menghadap depan, pada saat pencayaan gelap sistem dapat mengidentifikasi wajah.  |

(Dewi & Ismawan, 2021)

Setelah verifikasi wajah berhasil, sistem akan melanjutkan ke tahap kedua berupa verifikasi sidik jari (fingerprint). Pengguna harus menempelkan jarinya ke sensor fingerprint, yang kemudian akan mencocokkan pola sidik jari dengan data yang tersimpan. Dengan adanya dua lapis verifikasi biometrik yang berbeda, sistem ini memberikan keamanan ganda yang lebih sulit untuk dibobol. Penerapan metode ini sangat sesuai untuk sistem keamanan rumah modern yang membutuhkan autentikasi presisi tinggi dan proteksi akses yang maksimal.

**Tabel 2. Identifikasi fingerprint**

| Skenario Pengujian      | Kasus pengujian                                              | Hasil yang diharapkan   |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Mendaftarkan sidik jari | Mendaftarkan melalui Arduino IDE diserial monitor            | Jari berhasil terdaftar |
| Verifikasi sidik jari   | Verifikasi sidik jari yang telah terdaftar                   | Verifikasi berhasil     |
| Solenoid door lock      | Membuka atau tetap terkunci setelah sidik jari terverifikasi | Solenoid terbuka        |

(Handika et al., 2021)

### Webcam

Penggunaan kamera dalam sistem keamanan rumah telah berkembang dari sekadar alat pemantau pasif menjadi komponen aktif yang mampu mendeteksi dan mengenali objek secara otomatis. Dengan memanfaatkan teknologi image processing, kamera dapat diintegrasikan dengan algoritma pengenalan wajah untuk meningkatkan keamanan rumah. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah metode Haar-cascade, yang memungkinkan sistem untuk mendeteksi wajah secara real-time dan membandingkannya dengan basis data yang telah disimpan sebelumnya. Implementasi sistem semacam ini telah dilakukan menggunakan Raspberry Pi dan webcam, di mana sistem akan mengirimkan notifikasi kepada pemilik rumah jika terdeteksi wajah yang tidak dikenal.(Madjid Sutardi & Studi Rekayasa Sistem Komputer, 2021).



Gambar 1.Webcam

### Sensor Fingerprint

Sensor fingerprint adalah perangkat biometrik yang digunakan untuk melakukan identifikasi atau verifikasi individu melalui pola sidik jari. Komponen ini semakin populer dalam sistem keamanan rumah pintar karena menawarkan 15 tingkat keamanan tinggi serta tidak memerlukan kunci atau kartu akses (Arba'i Yusuf et al., 2023a). Modul seperti R307 memiliki kemampuan pengolahan citra sidik jari, ekstraksi ciri, dan pencocokan template secara mandiri, dengan proses memerlukan waktu kurang dari satu detik. Sistem ini populer digunakan pada aplikasi pintu elektronik, brankas, maupun kehadiran berbasis biometric, sensor fingerprint dapat dilihat pada gambar 2 berikut. (Handika et al., 2021).



Gambar 2.SensorFingerprint

### PushButton

Dalam implementasinya pada sistem keamanan rumah, push button sering digunakan sebagai perangkat input manual untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sistem, seperti membuka atau mengunci pintu secara manual dari dalam rumah. Penggunaan push button dalam sistem ini memberikan lapisan kontrol tambahan yang dapat meningkatkan keamanan dan kenyamanan penghuni rumah. Sebagai contoh, dalam penelitian yang dilakukan oleh Wuryandari (2016), push button digunakan dalam rangkaian kontrol dengan IC TTL untuk mengendalikan LED sebagai indikator status sistem. Hal ini menunjukkan bahwa push button dapat diintegrasikan dengan berbagai komponen elektronik untuk membentuk sistem kontrol yang efektif dan efisien.(Arba'i Yusuf et al., 2023b).



Gambar 3.Push Button

## ESP32

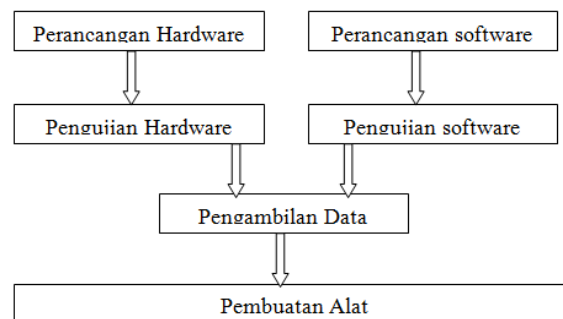
Mikrokontroler ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (System on Chip) terpadu dengan dilengkapi WiFi dan Bluetooth dan berbagai peripheral. ESP32 adalah chip yang cukup lengkap, terdapat prosesor, penyimpanan dan akses pada GPIO (General Purpose Input Output) ESP32 bisa digunakan untuk rangkaian pengganti pada Arduino, ESP32 memiliki kemampuan untuk mendukung koneksi ke WiFi secara langsung.



Gambar 4. ESP32

## METODE PENELITIAN

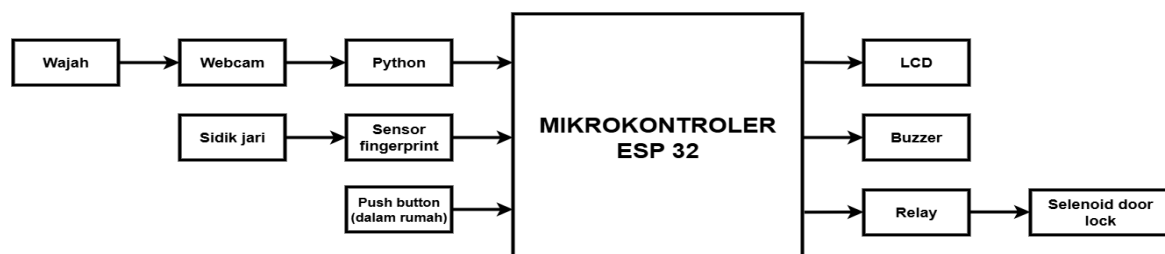
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pembuatan prototype alat yang dimulai dari studi literature, perancangan sistem, perancangan perangkat keras (hardware), perancangan perangkat lunak (software), pengujian hardware, software dan analisa hasil pengujian. Tahapan penelitian Multifactor Authentication Membuka Kunci Pintu Rumah Menggunakan Image Processing, Fingerprint dan Aplikasi Telegram Untuk Notifikasi dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Metode Penelitian

## Perancangan Hardware

Perancangan hardware sistem ini terdiri dari diagram blok pada gambar 6 :



Gambar 6. Blok Diagram Perangkat Keras Sistem

Berdasarkan pada gambar 6 dapat dijelaskan blok diagram tersebut menggambarkan alur kerja sistem keamanan pintu yang berbasis mikrokontroler ESP32 dengan integrasi beberapa teknologi biometrik dan komponen pendukung. Proses dimulai dari input berupa wajah pengguna yang ditangkap oleh sebuah webcam. Citra wajah kemudian diproses menggunakan perangkat lunak berbasis Python yang melakukan deteksi dan pengenalan wajah. Hasil identifikasi ini diteruskan ke ESP32 sebagai sinyal autentikasi. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan sensor sidik jari yang berfungsi membaca dan mencocokkan pola fingerprint pengguna, sehingga menghadirkan lapisan keamanan tambahan. Di samping itu, terdapat sebuah push button yang ditempatkan di dalam rumah sebagai kontrol manual agar penghuni dapat membuka pintu tanpa melalui proses autentikasi biometrik.



Setelah menerima data dari berbagai input tersebut, ESP32 bertindak sebagai pusat kendali utama yang menentukan respon sistem. Informasi status autentikasi ditampilkan melalui LCD, sehingga pengguna dapat melihat pesan seperti "Selamat Datang", "Akses Diterima", atau "Akses Ditolak". Selain itu, buzzer diaktifkan untuk memberikan notifikasi suara sebagai tanda keberhasilan atau kegagalan proses verifikasi. Apabila autentikasi berhasil, ESP32 akan mengaktifkan relay yang terhubung ke solenoid door lock, sehingga pintu dapat terbuka secara otomatis. Dengan mekanisme ini, sistem tidak hanya mengandalkan satu metode autentikasi, tetapi menggabungkan beberapa teknologi sekaligus untuk meningkatkan tingkat keamanan serta kenyamanan pengguna. Secara keseluruhan, blok diagram ini menunjukkan integrasi yang efektif antara pengolahan citra, sensor biometrik, dan kontrol aktuator melalui ESP32.

Kehadiran LCD, buzzer, dan relay menjadikan sistem mampu memberikan umpan balik visual, audio, maupun mekanis secara real-time. Dengan kombinasi tersebut, sistem keamanan pintu ini tidak hanya melindungi akses dari pihak yang tidak berwenang, tetapi juga memberikan fleksibilitas dan kemudahan bagi penghuni rumah dalam mengoperasikan pintu, baik melalui pengenalan wajah, fingerprint, maupun tombol manual. Fungsi masing-masingnya sebagai berikut:

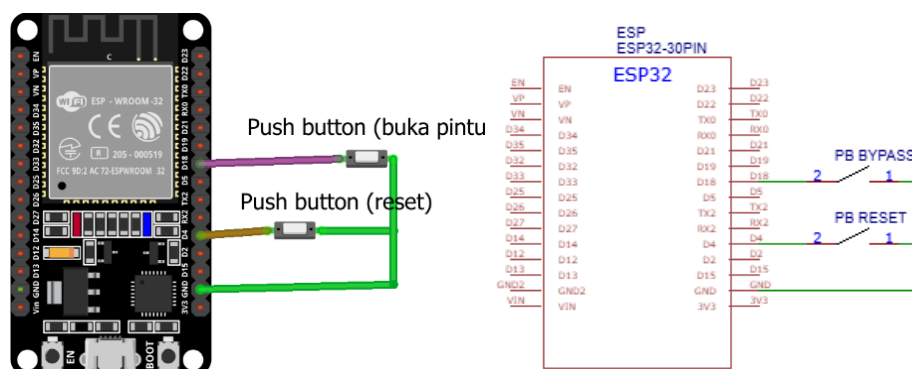
1. Wajah yang akan diverifikasi dihadapkan ke arah kamera agar dapat dideteksi.
2. Webcam sebagai input untuk melakukan face recognition.
3. Python merupakan *software* untuk membuat program face recognition.
4. Fingerprint sebagai input verifikasi tahap ke-2 dengan cara menempelkan jari pada sensor.
5. Push button ada dua jenis yaitu push button reset ketika terjadi kesalahan dalam verifikasi, push button tersebut di tekan untuk mengulang verifikasi dari awal. Push button buka pintu ketika pemilik rumah berada didalam rumah, maka push button tersebut yang digunakan untuk membuka pintu dengan otomatis pintu terbuka tanpa verifikasi face recognition dan fingerprint.
6. Mikrokontroler ESP32 sebagai pemroses data input yang diterima untuk selanjutnya diolah dan dikirimkan ke bagian output.
7. LCD sebagai perangkat output dalam sistem, yang memberikan umpan balik visual kepada pengguna berdasarkan proses yang terjadi di dalam sistem mikrokontroler.
8. Buzzer sebagai indikator ketika terjadi kesalahan dalam verifikasi maka akan berbunyi 1x, namun apabila pintu terbuka berbunyi 2x.
9. Relay berfungsi sebagai pengontrol arus dari power supply ke solenoid.
10. Power supply sebagai catu daya yang dibutuhkan oleh solenoid door lock.
11. Solenoid door lock sebagai output

Perancangan hardware terdiri dari rangkaian elektronika dari sistem yang dibuat. Perancangan rangkaian elektronika terdiri dari:

### Rangkaian Push Button

Push button berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dalam suatu rangkaian. Ketika pemilik rumah berada didalam dan membuka pintu dari dalam maka hanya perlu menekan push button yang akan mengaktifkan relay secara langsung dan tidak perlu untuk melakukan verifikasi face recognition dan fingerprint.

Pada push button (Reset) merupakan ketika terjadi kesalahan pada saat verifikasi face recognition dan fingerprint buzzer akan berbunyi 1x, dengan menekan push button reset maka verifikasi ulang pada tahap awal. Berikut merupakan gambar rangkaian push button buka pintu dan push button reset ketika terjadi kesalahan dalam verifikasi untuk membuka solenoid sebagai pengaman pintu rumah.



Gambar 7. Koneksi modul push button dan rangkaian skematik

Pada rangkaian yang terdapat pada gambar 7 merupakan rangkaian dari push button yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32. Dapat dilihat salah satu pin dari push button terhubung ke ground dan salah satunya terhubung ke pin digital dari ESP32, Push button yang diperintahkan sebagai (Buka pintu) pin pada kakinya terhubung ke pin D18 di ESP32 dan pada push button yang berfungsi sebagai (Reset) kesalahan terhubung ke pin D4 di ESP32.

Tabel 3. Koneksi rangkaian pin push button

|            | Push Button | Mikrokontroler |
|------------|-------------|----------------|
| Buka Pintu | Pin (+)     | D18            |
|            | Pin (-)     | GND            |
| Reset      | Pin (+)     | D4             |
|            | Pin (-)     | GND            |

### Webcam dan Labtop

Pada gambar 7 menunjukkan hubungan antara webcam eksternal dan laptop dalam sistem keamanan pintu rumah berbasis pengenalan wajah. Webcam berfungsi sebagai perangkat input yang menangkap gambar wajah seseorang secara real-time dan mengirimkannya ke laptop untuk dianalisis. Di dalam laptop telah terinstal program berbasis Python dengan pustaka OpenCV, yang memungkinkan sistem melakukan proses deteksi dan identifikasi wajah secara otomatis. Teknologi ini memanfaatkan metode image processing untuk mengidentifikasi ciri-ciri wajah yang unik dan mencocokkannya dengan data yang telah tersimpan dalam sistem.

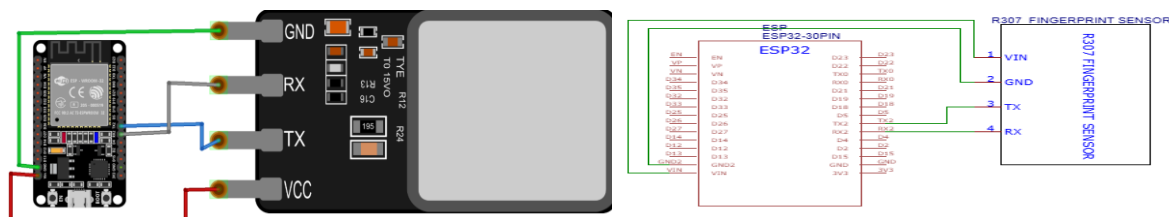


Gambar 8. Koneksi webcam dan labtop

Jika wajah pengguna berhasil dikenali, maka laptop akan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler (misalnya ESP32) untuk membuka kunci pintu melalui solenoid door lock. Sistem ini bekerja cepat dan efisien karena memproses data secara langsung melalui komputer. Selain itu, pendekatan ini juga dapat diintegrasikan dengan fitur keamanan lain seperti sensor fingerprint, push button, dan sistem IoT untuk mengirim notifikasi. Dengan demikian, proses identifikasi wajah melalui webcam dan pemrosesan data menggunakan Python OpenCV memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi, modern, dan praktis untuk aplikasi sistem keamanan rumah.

### Rangkaian Sensor Fingerprint

Rangkaian skematik sensor fingerprint R307 yang terhubung ke ESP32, Sensor ini digunakan sebagai deteksi sidik jari pemilik rumah yang sudah tersimpan dalam database untuk sistem keamanan pintu rumah. Rangkaian skematik dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. koneksi modul sensor fingerprint dan rangkaian skematik

Pada gambar 9 rangkaian sensor fingerprint terhubung dengan mikrokontroler ESP32. Pin TX (Transmit) dari sensor terhubung ke pin (TX2) untuk mengirim data ke mikrokontroler ESP32, lalu pin RX (Receive) dari sensor terhubung ke pin (RX2) yang ada di mikrokontroler ESP32.

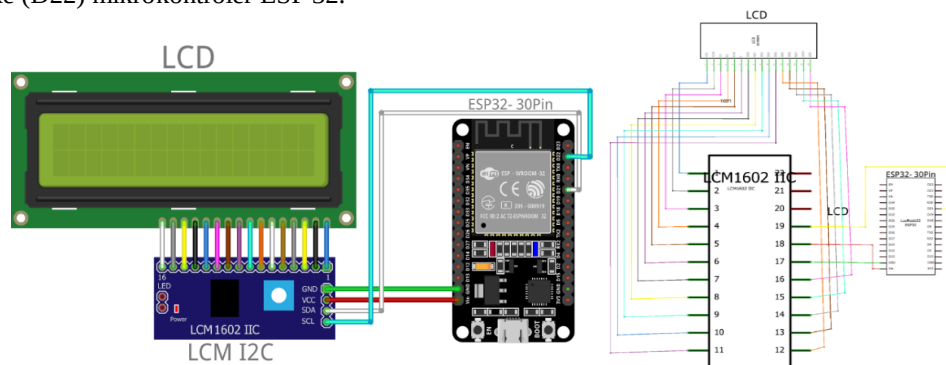
Tabel 4. Koneksi rangkaian sensor fingerprint

| Sensor Fingerprint | Mikrokontroler |
|--------------------|----------------|
| VCC                | Vin            |
| GND                | GND            |
| RX                 | RX2            |
| TX                 | TX2            |

### Rangkaian LCD I2C

Gambar 10 menunjukkan rangkaian skematik LCD I2C yang terhubung ke mikrokontroler ESP32. LCD I2C menampilkan hasil identifikasi wajah dan fingerprint ‘akses diterima / akses ditolak’.

Koneksi antara modul LCD I2C yang terhubung ke mikrokontroler ESP 32 memiliki 4 pin yaitu GND, VCC, SDA, SCL. Untuk menghubungkan LCD I2C ke mikrokontroler dengan menghubungkan GND dari LCD I2C ke pin GND pada mikrokontroler, kemudian pin VCC dari LCD I2C dihubungkan ke pin 5V di mikrokontroler, selanjutnya pin SDA yang ada pada LCD I2C dihubungkan ke pin (D21) yang ada di mikrokontroler ESP32 dan pin SCL dari LCD I2C dihubungkan ke (D22) mikrokontroler ESP 32.



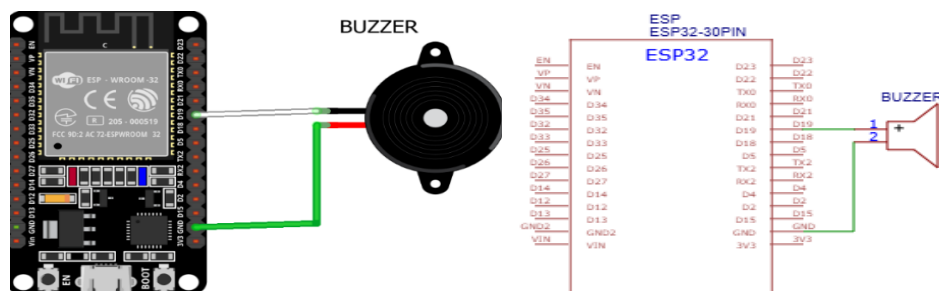
Gambar 10. Koneksi modul LCD I2C dan rangkaian skematik

Tabel 5. Koneksi rangkaian LCD I2C

| LCD I2C | Mikrokontroler |
|---------|----------------|
| VCC     | VIN            |
| GND     | GND            |
| SDA     | D21            |
| SCL     | D22            |

### Rangkaian Buzzer

Pada gambar 11 rangkaian skematik pada buzzer merupakan indikator sebagai tanda pintu terbuka yang berbunyi 1x dan sebagai tanda kesalahan verifikasi dari face recognition dan fingerprint yang berbunyi 2x.



Gambar 11. Koneksi modul buzzer dan rangkaian skematik

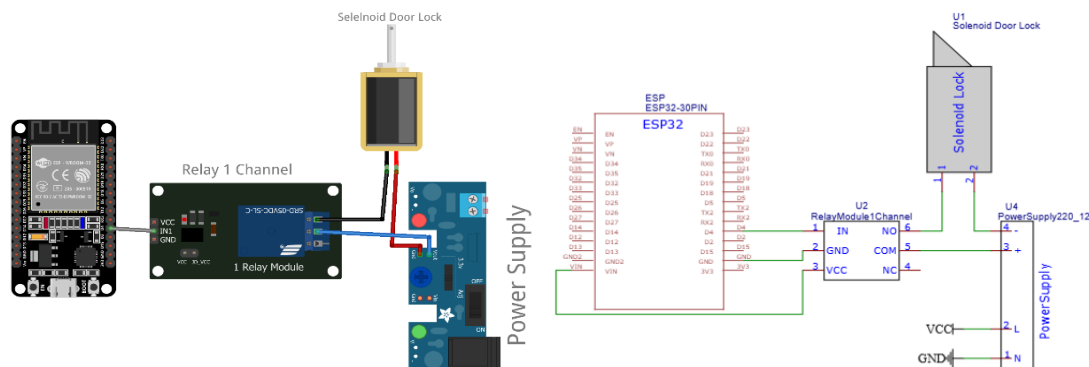
Koneksi dari modul buzzer yang terhubung ke mikrokontroler ESP 32 dengan menghubungkan pin (+) pada buzzer di hubungkan ke pin (D19) yang ada di mikrokontroler ESP32 dan pada pin buzzer yang belum terhubung dihubungkan ke GND yang ada di ESP32.

Tabel 6. Koneksi rangkaian buzzer

| Buzzer  | Mikrokontroler |
|---------|----------------|
| Pin (+) | D19            |
| Pin (-) | GND            |

### Rangkaian Solenoid Door Lock

Pada gambar 12 dibawah merupakan rangkaian skematik dari solenoid door lock yang terhubung dari power supply untuk menyediakan tegangan yang di butuhkan oleh solenoid, lalu diteruskan ke relay sebagai penghubung dan pemutus tegangan untuk solenoid door lock dan mikrokontroler sebagai pemberi perintah untuk mengaktifkan atau menonaktifkan solenoid.



Gambar 12. Koneksi modul solenoid door lock dan rangkaian skematik

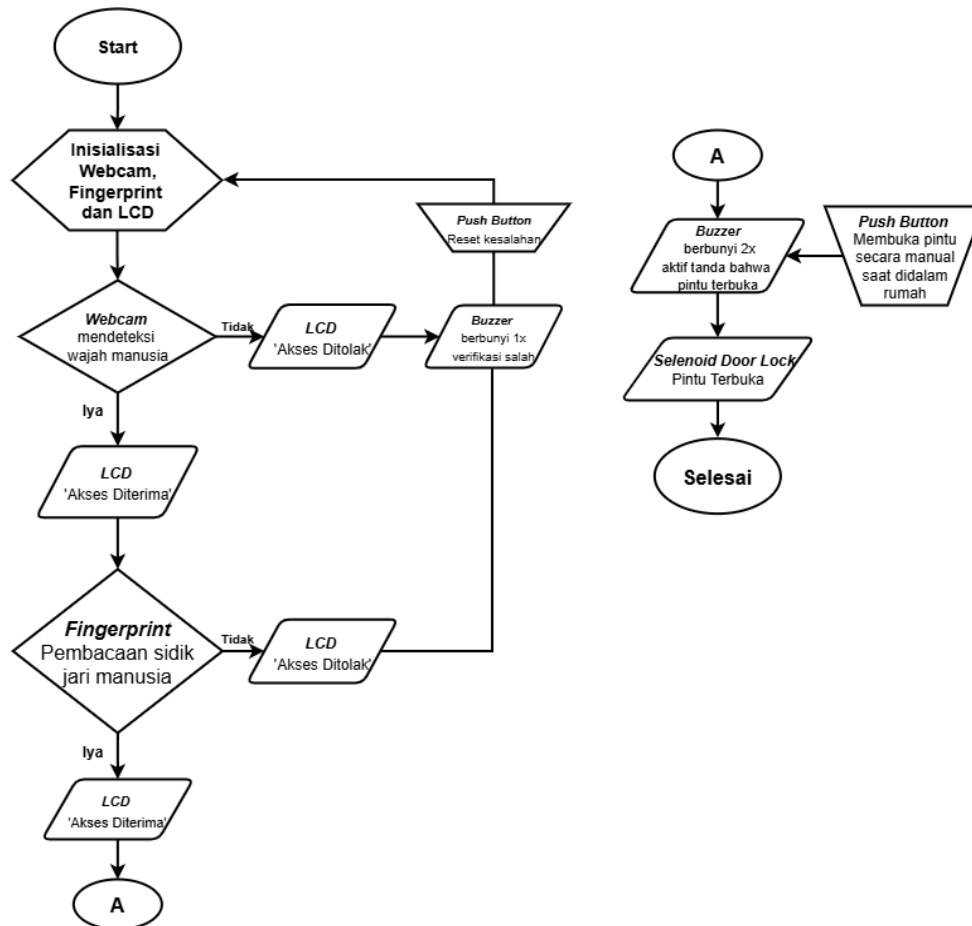
Rangkaian solenoid door lock yang terhubung dengan power supply, relay dan mikrokontroler ESP32. Sebelum solenoid menerima tegangan dari power supply, tegangan terlebih dahulu masuk ke relay lalu diteruskan ke solenoid door lock. Penjelasan rangkaian tersebut yaitu pin (VCC) dari relay masuk ke pin (Vout) power supply, lalu pin (IN1) relay terhubung ke pin (D34) mikrokontroler ESP32 dan pin (GND) relay terhubung dengan pin (GND) power supply. Setelah itu output dari relay pin (MAIN) terhubung ke pin 1 solenoid door lock dan pin (NO) terhubung ke pin 2 solenoid door lock.

Tabel 7. Koneksi rangkaian solenoid door lock

| Power Supply | Relay | Mikrokontroler | Solenoid |
|--------------|-------|----------------|----------|
| Vin          | VCC   |                |          |
| Vout         | GND   |                |          |
|              | IN1   | D34            |          |
|              | NO    |                | Pin (+)  |
|              | MAIN  |                | Pin (-)  |

Perancangan dan pembuatan software meliputi sistem kerja dari keseluruhan alat dengan algoritma yang digambarkan dengan flowchart . Flowchart (bagan alir) adalah representasi grafis dari suatu proses, sistem, atau algoritma, yang menunjukkan urutan langkah-langkah atau keputusan secara sistematis menggunakan simbol-simbol standar.



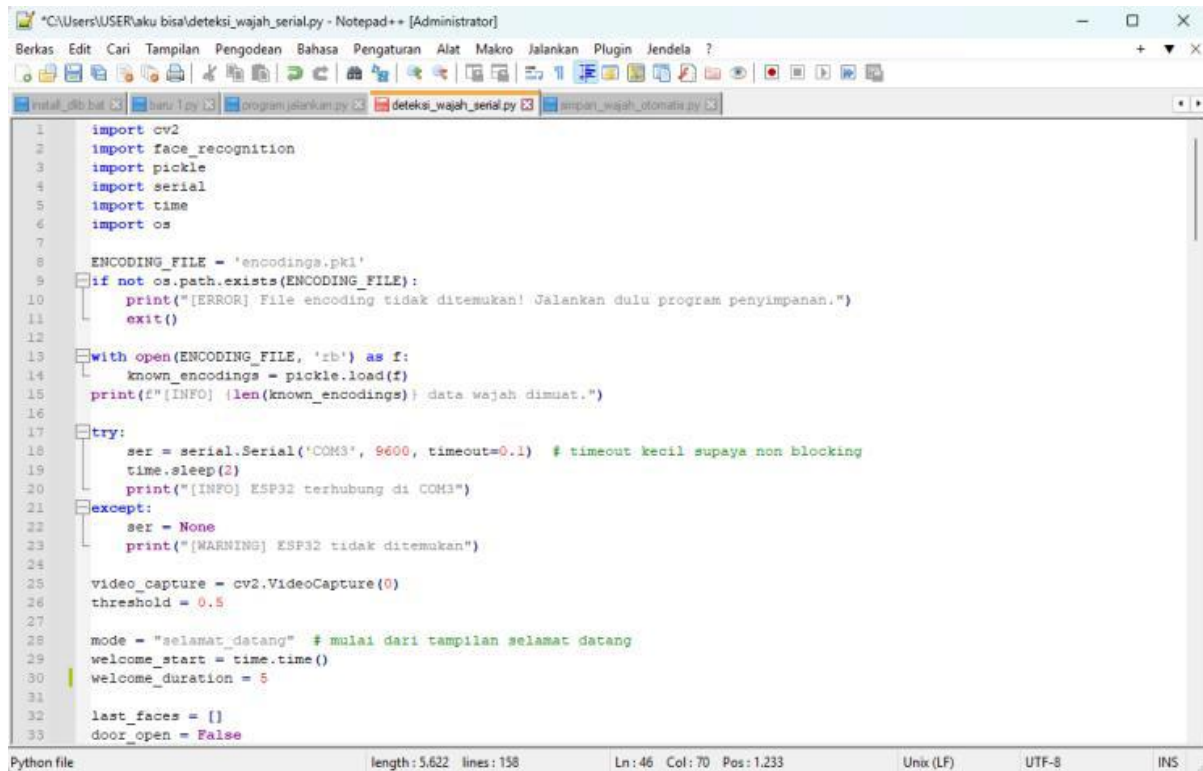


Gambar 13. Flowchart Sistem

### Pengujian dan Pengambilan Data

Setelah pengerjaan seluruh sistem, maka perlu dilakukan pengujian dan penganalisaan terhadap alat yang dibuat. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah alat dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Pengujian dan analisa yang menyangkut beberapa hal.

Langkah-langkah pengujian sistem keamanan pintu Adapun langkah-langkah pengujian dalam menjalankan ‘sistem keamanan pintu berlapis menggunakan image processing’ yang menggunakan verifikasi face recognition dan fingerprint dapat di lihat pada penjelasan berikut ini:

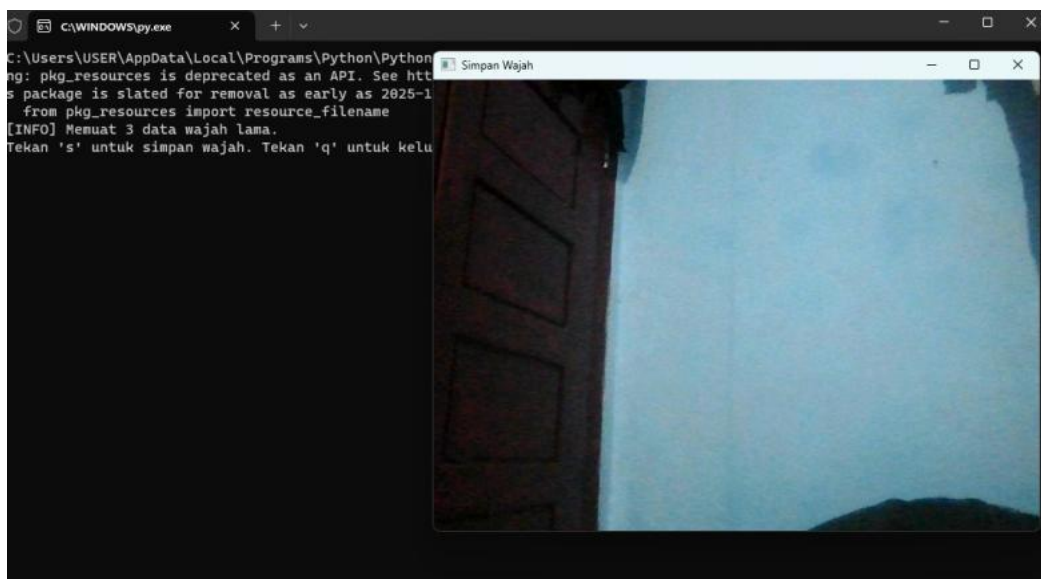


```

1 import cv2
2 import face_recognition
3 import pickle
4 import serial
5 import time
6 import os
7
8 ENCODING_FILE = 'encodings.pkl'
9 if not os.path.exists(ENCODING_FILE):
10     print("[ERROR] File encoding tidak ditemukan! Jalankan dulu program penyimpanan.")
11     exit()
12
13 with open(ENCODING_FILE, 'rb') as f:
14     known_encodings = pickle.load(f)
15     print(f"[INFO] {len(known_encodings)} data wajah dimuat.")
16
17 try:
18     ser = serial.Serial('COM3', 9600, timeout=0.1) # timeout kecil supaya non blocking
19     time.sleep(2)
20     print("[INFO] ESP32 terhubung di COM3")
21 except:
22     ser = None
23     print("[WARNING] ESP32 tidak ditemukan")
24
25 video_capture = cv2.VideoCapture(0)
26 threshold = 0.5
27
28 mode = "selamat_datang" # mulai dari tampilan selamat datang
29 welcome_start = time.time()
30 welcome_duration = 5
31
32 last_faces = []
33 door_open = False
  
```

Gambar 14. Program *simpan\_wajah\_otomatis.py*.

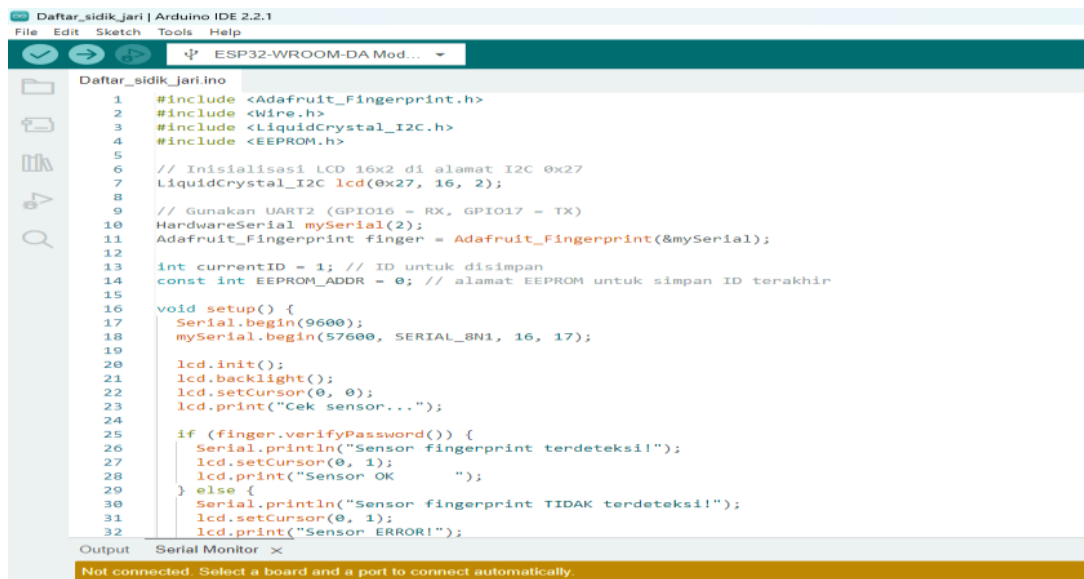
1. Pada gambar 14 program *simpan\_wajah\_otomatis.py* dijalankan untuk mendaftarkan wajah pemilik rumah kedalam database 'sistem keamanan pintu rumah menggunakan image processing' agar dapat dikenali saat sistem mulai di jalankan.
2. Setelah program dijalankan akan menampilkan layar deteksi dan arahkan wajah yang ingin didaftarkan ke depan kamera, dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Tampilan layar deteksi.

3. Jika ingin menyimpan wajah yang telah diarahkan kedepan kamera dan ditampilkan ke layar deteksi pemilik rumah harus menekan tombol 's' dan ingin mengakhiri jalan dari program harus menekan tombol 'q'.

4. Selanjutnya agar bisa berhasil pada verifikasi fingerprint harus mendaftarkan sidik jarinya terlebih dahulu kedalam program *Daftar\_sidik\_jari.ion* dan mengikuti perintah yang di perintahkan saat program di jalankan. Program dilihat pada gambar 16.

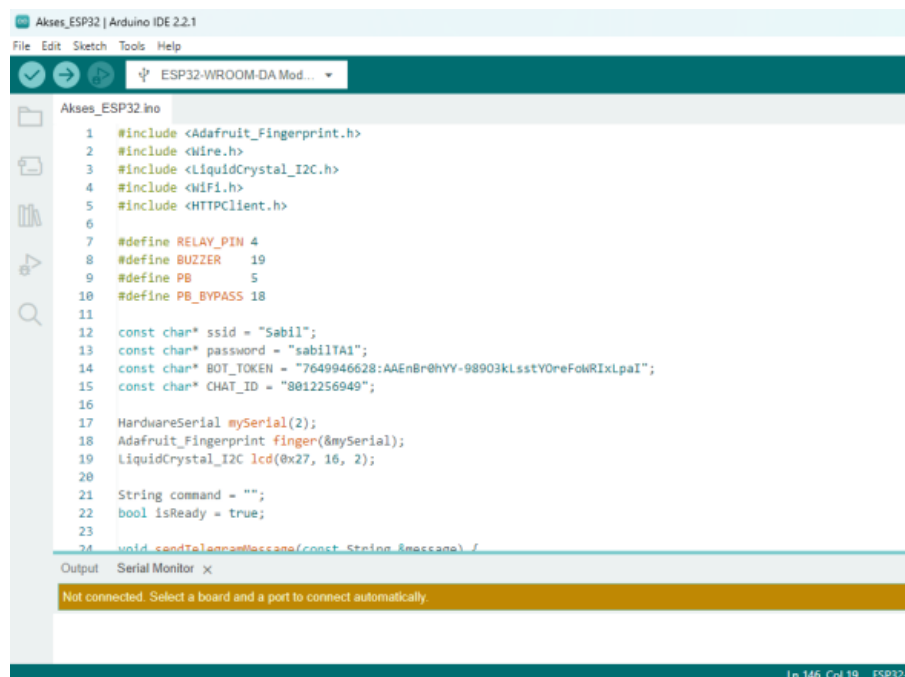


```

Daftar_sidik_jari.ino
1 #include <Adafruit_Fingerprint.h>
2 #include <Wire.h>
3 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
4 #include <EEPROM.h>
5
6 // Inisialisasi LCD 16x2 di alamat I2C 0x27
7 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
8
9 // Gunakan UART2 (GPIO16 = RX, GPIO17 = TX)
10 HardwareSerial mySerial(2);
11 Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&mySerial);
12
13 int currentID = 1; // ID untuk disimpan
14 const int EEPROM_ADDR = 0; // alamat EEPROM untuk simpan ID terakhir
15
16 void setup() {
17   Serial.begin(9600);
18   mySerial.begin(57600, SERIAL_8N1, 16, 17);
19
20   lcd.init();
21   lcd.backlight();
22   lcd.setCursor(0, 0);
23   lcd.print("Cek sensor...");
24
25   if (finger.verifyPassword()) {
26     Serial.println("Sensor fingerprint terdeteksi!");
27     lcd.setCursor(0, 1);
28     lcd.print("Sensor OK");
29   } else {
30     Serial.println("Sensor fingerprint TIDAK terdeteksi!");
31     lcd.setCursor(0, 1);
32     lcd.print("Sensor ERROR!");
33   }
34 }
  
```

Gambar 16. Program Daftar\_sidik\_jari.ino.

5. Setelah program dijalankan, program akan memberikan perintah ‘Tempelkan Jari’, ‘Lepaskan Jari’, ‘Tempel Ulang Jari’ dan jari sudah selesai didaftarkan.
6. Setelah wajah pemilik rumah sudah didaftarkan dan sidik jari juga sudah didaftarkan maka dilakukan ‘sistem keamanan pintu rumah berlapis menggunakan image processing’ dapat dilakukan.
7. Upload program *Akses\_ESP32.ino* yang ada pada *software* Arduino IDE ke mikrokontroler ESP32 seperti pada gambar 17.



```

Akses_ESP32.ino
1 #include <Adafruit_Fingerprint.h>
2 #include <Wire.h>
3 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
4 #include <WiFi.h>
5 #include <HTTPClient.h>
6
7 #define RELAY_PIN 4
8 #define BUZZER 19
9 #define PB 5
10 #define PB_BYPASS 18
11
12 const char* ssid = "Sabil";
13 const char* password = "sabilTa1";
14 const char* BOT_TOKEN = "7649946628:AAEnBr0hYY-98903klstY0reFohRixlpaI";
15 const char* CHAT_ID = "8812256949";
16
17 HardwareSerial mySerial(2);
18 Adafruit_Fingerprint finger(&mySerial);
19 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
20
21 String command = "";
22 bool isReady = true;
23
24 void sendTelegramMessage(const String &message) {
25   // ...
26 }
  
```

Gambar 17. Program akses\_ESP32.ino.

8. Setelah program *Akses\_ESP32* tersimpan di mikrokontroler ESP32, maka jalankan program *deteksi\_wajah\_serial.py*.

9. Setelah dijalankan, arahkan wajah ke depan kamera untuk diverifikasi, jika wajah telah disimpan dalam database maka layar deteksi akan menampilkan 'Diizinkan' dan LCD menampilkan 'Akses Diterima, Tempelkan sidik jari' program akan mengirim 'ON' ke mikrokontroler ESP32 dalam bentuk serial data. Apabila wajah yang tidak tersimpan dalam database dan mencoba melakukan verifikasi maka layar deteksi akan menampilkan 'Tidak Dikenal' dan menampilkan 'Akses Ditolak' program akan mengirimkan perintah OFF ke mikrokontroler ESP32. Jika ingin mengulang untuk melakukan verifikasi sistem keamanan harus menekan push button reset terlebih dahulu.



Gambar 18. Verifikasi face recognition

10. Jika verifikasi face recognition berhasil, verifikasi berikutnya yaitu fingerprint dengan cara menempelkan jari yang telah didaftarkan ke sensor fingerprin. Jika berhasil LCD akan menampilkan 'Akses Diterima, Pintu Terbuka!!' lalu buzzer berbunyi 2x dan keamanan pintu solenoid door lock akan terbuka secara otomatis. Jika verifikasi tidak berhasil maka LCD menampilkan 'Akses Ditolak' lalu buzzer berbunyi 1x.



Gambar 19. Verifikasi fingerprint

11. Setelah itu ketika pemilik rumah berada didalam rumah dan hendak ingin keluar, telah disediakan push button untuk membuka pintu dari dalam tanpa harus melakukan verifikasi face recognition dan fingerprint

Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan fitur log data serta notifikasi real-time ke smartphone melalui koneksi Wi-Fi pada ESP32. Dengan fitur ini, pemilik rumah bisa memantau siapa saja yang masuk atau mencoba masuk secara langsung. Dengan kombinasi teknologi pengenalan wajah berbasis image processing, verifikasi sidik jari, serta kontrol manual, sistem ini menghadirkan solusi keamanan rumah yang lebih efisien, dan sulit ditembus oleh orang yang tidak berwenang.



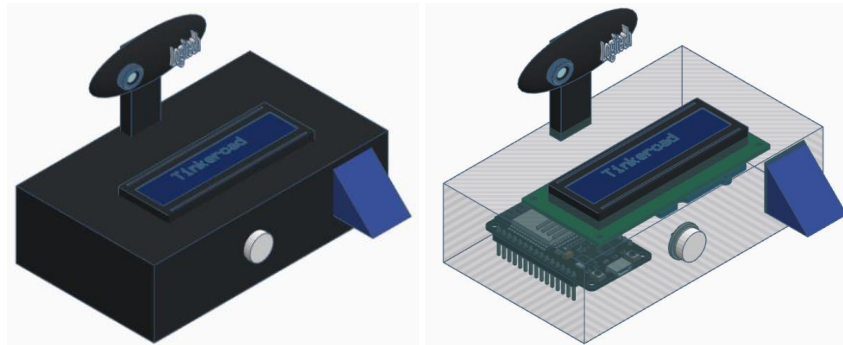
Gambar 20. Membuka pintu dari dalam rumah

### Pembuatan Mekanik Alat

Perancangan bentuk fisik alat berupa box elektronik yang berbahan plastic (isolator) berwarna hitam dengan ukuran 14 cm x 11 cm x 6 cm. Di dalam box terdapat mikrokontroler dan Relay 1 channel, di atas box terdapat Push



button (reset), Sensor Fingerprint, Webcam dan LCD I2C. Berikut bentuk fisik alat ukur gula darah yang dapat dilihat pada gambar 21.



Gambar 21. Mekanik Alat

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian dan pembahasan face recognition

Pada gambar 22 sistem diuji dengan wajah yang sebelumnya telah disimpan dalam basis data lokal. Jika wajah dikenali, sistem akan memberikan keluaran berupa notifikasi pada LCD 'Akses Diterima' dan melanjutkan ke tahap verifikasi fingerprint. Pada tahap pengujian wajah yang belum pernah disimpan dicoba untuk dikenalkan ke kamera maka sistem akan mendeteksi bahwa wajah tersebut tidak dikenal dan memberikan tampilan 'Tidak Dikenal' pada layar deteksi dan LCD akan menampilkan 'Akses Ditolak'. Dari pengujian wajah yang telah didaftarkan atau disimpan dalam basis data lokal, dilakukan pemalsuan wajah dalam bentuk foto wajah yang telah diprint dan sistem menampilkan hasil pada layar deteksi dengan label 'Tidak Dikenal'.

| No. | Layar deteksi | Keterangan     |               |
|-----|---------------|----------------|---------------|
|     |               | LCD            | Layar deteksi |
|     |               | Akses Diterima | Diizinkan     |

| No. | Layar Deteksi | Keterangan                                                               |  |
|-----|---------------|--------------------------------------------------------------------------|--|
|     |               |                                                                          |  |
| 1   |               | Objek 'Diizinkan' pemilik rumah dan 'Tidak Dikenal' bukan pemilik rumah. |  |

| No. | Layar Deteksi | Keterangan |               |
|-----|---------------|------------|---------------|
|     |               |            |               |
| 1   |               |            | Tidak Dikenal |

Gambar 22. Pengujian face recognition wajah yang terdaftar (warna hijau), tidak terdaftar (warna merah) dan tidak dikenal (palsu).

Pengujian sistem face recognition dengan wajah yang telah disimpan dalam basis data lokal, pada saat wajah menghadap ke arah kamera layar deteksi akan menampilkan indikator dalam bentuk label 'Diizinkan', dengan begitu LCD akan menampilkan 'Akses Diterima, Tempelkan Jari'.

### Pengujian dan pembahasan pendaftaran fingerprint

Pengguna meletakkan jari diatas sensor sebanyak dua kali untuk proses pendaftaran. Setelah proses pendaftaran, sidik jari yang sama diletakkan Kembali di atas sensor untuk proses verifikasi. Jika cocok maka sistem akan menampilkan 'Akses Diterima' dan akan mengaktifkan output solenoid door lock untuk membuka kunci pintu.

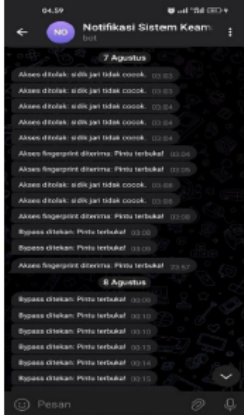
| No. | Verifikasi sidik jari | Keterangan                                                                                     |
|-----|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   |                       | Sistem akan menampilkan 'Akses Diterima. Pintu terbuka' dan LCD menampilkan 'Pintu Terbuka!!!' |

Gambar 23. Pengujian Fingerprint



### Pengujian dan pembahasan notifikasi telegram

Pada saat sistem keamanan digunakan semua kegiatan yang dilakukan oleh pemilik rumah maupun tidak akan dapat dimonitoring menggunakan sistem notifikasi telegram ini secara real-time.

| Pengujian notifikasi                                                              | Keterangan                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Sistem yang ada pada telegram berjudul 'Notifikasi Sistem Keamanan Pintu Rumah'. Semua kegiatan yang dilakukan saat menggunakan sistem keamanan pintu dikirim secara real-time dalam bentuk yang sangat detail. |

Gambar 24. Pengujian notifikasi telegram

### KESIMPULAN

Sistem keamanan pintu rumah berlapis yang menggunakan dua tahap verifikasi untuk dapat membuka sistem keamanan pintu. Tahap awal untuk verifikasi sistem keamanan yaitu face recognition dengan langkah awal sebelum dapat menjalankan sistem face recognition, pengguna harus mendaftarkan wajah kedalam sistem database. Setelah itu pengguna dapat melakukan akses face recognition dengan cara wajah di luruskan menghadap ke depan kamera agar sistem dapat memproses data wajah dan dikenali dengan data wajah yang telah disimpan pada database. Jika face recognition berhasil maka layar deteksi akan menampilkan 'Diizinkan' dan jika tidak berhasil layar deteksi menampilkan 'Tidak Dikenal'.

Tahap ke-2 verifikasi sistem keamanan yaitu fingerprint, dengan langkah awal sidik jari terlebih dahulu di daftarkan dan datanya disimpan dalam memori internal dari sensor fingerprint. Setelah sidik jari disimpan maka untuk verifikasi fingerprint dapat dijalankan untuk membuka sistem keamanan, pada saat verifikasi fingerprint ada beberapa cara agar verifikasi berjalan dengan baik yaitu jari tidak boleh dalam keadaan basah, jari tidak boleh dalam keadaan terlalu kering dan jari tidak boleh dalam posisi yang salah. Ketika verifikasi telah berhasil dalam dua tahap tersebut LCD akan menampilkan 'Pintu Terbuka!!' dan buzzer akan berbunyi 2x.

Pada saat ini proses face recognition dijalankan di laptop, akan lebih baik apabila sistem ini dapat dikembangkan dengan integrasi mikrokontroler atau mini-PC seperti Raspberry Pi yang bertujuan agar sistem menjadi lebih compact dan portable.

Sistem backup daya seperti UPS (Uninterruptible Power Supply) atau baterai cadangan juga sebaiknya disiapkan agar sistem tetap berfungsi selama pemadaman listrik, mengingat keamanan rumah tidak boleh terganggu.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagai ucapan terima kasih kepada yang telah meneliti sebelumnya dan karyanya juga menjadi referensi khususnya pada tinjauan pustaka dan sumber pengetahuan yang menjadi bahan dasar pada penulisan jurnal ini.

### REFERENSI

- Achmady, S., Qadriah, L., & Auzan, A. (2022). JRR RANCANG BANGUN MAGNETIC SOLENOID DOOR LOCK DENGAN SPEECH RECOGNITION MENGGUNAKAN NODEMCU BERBASIS ANDROID. *Jurnal Real Riset* |, 4(2), 79. <https://doi.org/10.47647/jrr>
- Adetia, S., Wicaksono, A., Gustina, S., Hartiyani, S. D., Studi, P., Informasi, T., & Teknik, F. (2025). PENERAPAN SISTEM KEAMANAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DENGAN SENSOR ALARM BUZZER. *In Media Informatika* (Vol. 24, Issue 1).
- Adi Sucipto, B., Sucipto, A., Ayu Wulandari, S., Fahriyannur Rosyady, A., Rizky Prasetya, F., Prayoga, B., Agung Nugroho, D., Fahar Laila, A., Informasi, T., & Negeri Jember, P. (2024). Sistem Keamanan Otomatis Kunci Pintu Rumah Dengan Microcontroller ESP, P.,. Penerapan Sistem Keamanan Otomatis Kunci Pintu Rumah Dengan

- Microcontroller ESP32 Berbasis Website Implementation of an Automatic Home Door Lock Security System Using ESP32 Microcontroller Website-Based Interface. *Journal of Electrical, Electronic, Mechanical, Informatic, and Social Applied Science Jurnal EEMISAS*, 3(1), 1–8.
- Arba'i Yusuf, Asni Tafrikhatin, Jati Sumarah, & Hudaifah, N. N. (2023a). Media Pembelajaran Sensor Berbasis Arduino Uno Untuk Pembelajaran Mikrokontroler Pemula. *JASATEC : Journal of Students of Automotive, Electronic and Computer*, 3(1), 15–26. <https://doi.org/10.37339/jasatec.v3i1.1403>
- Arba'i Yusuf, Asni Tafrikhatin, Jati Sumarah, & Hudaifah, N. N. (2023b). Media Pembelajaran Sensor Berbasis Arduino Uno Untuk Pembelajaran Mikrokontroler Pemula. *JASATEC : Journal of Students of Automotive, Electronic and Computer*, 3(1), 15–26. <https://doi.org/10.37339/jasatec.v3i1.1403>
- Arif Candra, R., Nur Ilham, D., Sipahutar, E., & Politeknik Aceh Selatan, D. (2019). METHOMIKA: Jurnal Manajemen Informatika & Komputerisasi Akuntansi PERANCANGAN SMART SECURITY CAMERA DENGAN MODEL IMAGE PROCESSING MENGGUNAKAN RASPBERRY PI. *Jurnal Manajemen Informatika & Komputerisasi Akuntansi*, 3, 105–111. <https://doi.org/10.46880/jmika.Vol3No2.pp105-111>
- De Melo, F. C. H., Tjahjono, G., Fahmi, I., Adisucipto, J., & Kupang, P. (2020). Rancang Bangun Switching Mode Power Supply (SMPS) Menggunakan Topologi Flyback. *Jurnal Spektro*, 7, 1–7.
- Dewi, N., & Ismawan, F. (2021). IMPLEMENTASI DEEP LEARNING MENGGUNAKAN CNN UNTUK SISTEM PENGENALAN WAJAH. *Faktor Exacta*, 14(1), 34. <https://doi.org/10.30998/faktorexacta.v14i1.8989>
- Dias Sugiarto1, Baehaqi Mudofar, & Erfan Subiyanta. (2022). Design Web-Based Attention System Using RFID Rancang Bangun Sistem Absensi Menggunakan RFID Berbasis Web382-Article Text-1388-2-10-20230525. *MESTRO JURNAL*, Vol. 4, No. 01, 4, 25–32. <https://jurnal.publikasi-untagcirebon.ac.id/>
- Fakhrudin, A., Irawan, D., & Teknik, J. (2024). RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN PINTU RUMAH BERBASIS INTERNET OF THINGS DENGAN ESP32 DAN APLIKASI BLYNK. *Jurnal Teknik Elektro Dan Informatika*, 19, 53–59.
- Handika, R., Hartama, D., Kirana, I. O., Safii, M., & Parlina, I. (2021). KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer Prototype Alat Pengamanan Pintu dengan Menggunakan Sensor Sidik Jari Berbasis Arduino Mega2560. *Media Online*, 1(6), 240–247. <https://djournals.com/klik>
- Mutiara Syafrizal, Vidya Ikawati, Agus Siswanto, & Lestari, N. (2024). SISTEM KEAMANAN DOOR LOCK BERBASIS VOICE RECOGNITION DENGAN NATURAL LANGUAGE PROCESSING. *Infotronik : Jurnal Teknologi Informasi Dan Elektronika*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.32897/infotronik.2024.9.1.3611>
- Nizam, M., Yuana, H., & Wulansari, Z. (2022). MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 6, Issue 2).
- OO, A., & TT, O. (2018). Design and Implementation of Arduino Microcontroller Based Automatic Lighting Control with I2C LCD Display. *Journal of Electrical & Electronic Systems*, 07(02). <https://doi.org/10.4172/23320796.1000258>
- Pardede, M., Hutajulu, E., & Sirait, R. (2020). Laboratory Room Control Access and Monitoring System Using Fingerprint and XBee Pro S2C. In *Jurnal Mantik* (Vol. 4, Issue 3). <https://iocscience.org/ejournal/index.php/mantik>
- Phie Chyan, Adi Chandra Syarif, Sean Coonery Sumarta, & Fransiskus Eduardus Daromes. (2018). Desain Model Sistem Keamanan Berbasis Kamera Dengan Image Enhancement Algorithm. *Jurnal Riset Komputer (JURIKOM)*, 5, 390–396. <http://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom>
- Putra, R. H., & Ihsan, M. (2025). BERBASIS ESP32-CAM. *RANCANG BANGUN SMART DOOR LOCK BERBASIS ESP32-CAM*, 10, 1–6.
- Rahmatunnisa, E. N., Fernanda, B. A., Maulana, Y., & Aripin, A. M. H. (2024). Implementasi Sistem Keamanan Rumah Berbasis Pengenalan Wajah Peningkatan Keamanan Residensial. *Infotek: Jurnal Informatika Dan Teknologi*, 7(1), 205–215. <https://doi.org/10.29408/jit.v7i1.23868>
- Saleh, M., & Haryanti, M. (2017). RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN RUMAH MENGGUNAKAN RELAY. *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, 8, 181–186.
- Sepudin, D. M., & Abdullah, S. (2022). *Jurnal Restikom : Riset Teknik Informatika dan Komputer Sistem Keamanan Pintu Rumah Berbasis Internet of Things Berbasis NodeMCU ESP32 dan Telegram A B S T R A K*. 4(3), 93–<https://restikom.nusaputra.ac.id>
- Slamet p santosa, & Nugroho wahyu R.mas. (2021). RANCANG BANGUN ALAT PINTU GESER OTOMATIS MENGGUNAKAN MOTOR DC 24 V 5.+slamet-9.1. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna Vol 9 No 1 Januari 2021*
- Sulistiyowati, R., Dwi, D., Jurusan, F., & Elektro, T. (2012). *PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM KONTROL DAN MONITORING PEMBATA DAYA LISTRIK BERBASIS MIKROKONTROLER*.
- Sunardi, S., Yudhana, A., & Talib, M. A. (2022). Perancangan Sistem Pengenalan Wajah untuk Keamanan Ruang Menggunakan Metode Local Binary Pattern Histogram. *Jurnal Teknologi Elektro*, 13(2), 123. <https://doi.org/10.22441/jte.2022.v13i2.010>

- Suwartika, R., & Sembada, G. (2020a). 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>
- Suwartika, R., & Sembada, G. (2020b). 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>
- Syahputra Esthomihi Siagian, H., Rahmadani, F., Telekomunikasi, T., Elektro, T., & Negeri Medan, P. (2024). *RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN AKSES MASUK PINTU RUMAH DENGAN IDENTIFIKASI SIDIK JARI DAN ESP32 CAM BERBASIS TELEGRAM*.
- Subiyanto, S., Priliyana, D., Riyadani, Moh. E., Iksan, N., & Wibawanto, H. (2020). Face recognition system with PCA-GA algorithm for smart home door security using Raspberry Pi. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 8(3), 210–216. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2020.135>
- Thoriq muhammad, & Baskoro Farid. (2020). RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS INTERNET OF THING DENGAN MODUL NODEMCU V3 ESP8266. *Jurnal Teknik Elektro*, Volume 09, Nomor 03, 09, 511–519. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/34044/30356>
- Waroh, A. P. Y., Sajangbati, N., Sawidin, S., Kondo, M. A. S., & Wungkana, T. J. (2024). Sistem Keamanan Rumah Melalui Pengenalan Wajah Dengan Webcam Berbasis Raspberry Pi4. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 7, 7–14.
- Wiro Pranoto, S., & Khumaidi, A. (2025). “Jurnal TRANSFORMASI (Informasi & Pengembangan Iptek)” (STMIK BINA PATRIA) Rancang Bangun Prototipe Sistem Keamanan Akses Pintu menggunakan Radio Frequency Identification(RFID) Berbasis Internet of Things (Studi Kasus : PT Nok Indonesia). *Jurnal TRANSFORMASI*, 21(1), 62–73.
- Wisnu Wiraditama, Dedi Candra, Ami Prasena Nugraha, & Sulartopo Sulartopo. (2023). Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Sensor Passive Infrared. *Seminar Nasional Teknologi Dan Multidisiplin Ilmu (SEMNASTEKMU)*, 3(1), 200–210. <https://doi.org/10.51903/semnastekmu.v3i1.215>
- Yu, Z., Qin, Y., Li, X., Zhao, C., Lei, Z., & Zhao, G. (2022). *Deep Learning for Face Anti-Spoofing: A Survey*. <http://arxiv.org/abs/2106.14948>