

## PENERAPAN FACE RECOGNITION UNTUK MODEL SMART LOCK DOOR BERBASIS IOT

Muhamad Nur<sup>1</sup>, H.S. Sulistyowati<sup>2</sup>, Alif Nurrohman<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Bani Saleh, [mnur@ubs.ac.id](mailto:mnur@ubs.ac.id)

<sup>2</sup>Universitas Bani Saleh, [sulis@ubs.ac.id](mailto:sulis@ubs.ac.id)

<sup>3</sup>Universitas Bani Saleh, [nurrohmanalif1@gmail.com](mailto:nurrohmanalif1@gmail.com)

### ABSTRAK

Keamanan menjadi salah satu aspek utama dalam lingkungan perumahan, yang memotivasi pengembangan teknologi pengenalan wajah dan kunci pintu pintar berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kunci pintu pintar yang menggunakan teknologi pengenalan wajah dengan algoritma Haar Cascade Classifier dan perangkat ESP32, serta mengevaluasi tingkat akurasi dan kinerja sistem. Sistem ini diuji dalam berbagai kondisi pencahayaan dan jarak deteksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat mengenali wajah dengan akurasi yang cukup baik pada jarak 40 cm hingga 100 cm, dengan penurunan akurasi yang signifikan pada kondisi pencahayaan yang buruk. Secara keseluruhan, sistem mencapai akurasi rata-rata 85%, menunjukkan bahwa teknologi ini dapat meningkatkan keamanan rumah dengan kinerja yang baik dalam berbagai kondisi.

**Kata Kunci:** Face Recognition, Smart Lock Door, Haar Cascade Classifier, FaceNet dan Internet Of Things

### ABSTRACT

Security is a crucial aspect in residential environments, which drives the development of face recognition technology and smart lock door systems based on the Internet of Things (IoT) as an innovative solution. This study aims to design and implement a smart lock door system that uses face recognition technology combined with the Haar Cascade Classifier algorithm and the ESP32 device, as well as to evaluate its accuracy and performance. The results of the study show that the system can recognize faces with an accuracy of 100% at distances of 40 cm and 60 cm, and maintain high accuracy up to 100 cm due to the superior face detection capability of Haar Cascade and the precise face recognition. Accuracy decreases under deplorable lighting conditions, but overall, the system achieves an average accuracy of 85%, indicating that this technology effectively enhances home security with good performance under various conditions..

**Keywords:** Face Recognition, Smart Lock Door, Haar Cascade Classifier, FaceNet and Internet Of Things

### PENDAHULUAN

Keamanan rumah telah menjadi prioritas utama dalam kehidupan sehari-hari, yang mendorong pengembangan teknologi untuk meningkatkan sistem pengamanan dan kontrol akses. Sistem kunci tradisional kini semakin digantikan oleh solusi yang lebih canggih, seperti smart lock, yang menawarkan akses aman berbasis pengenalan biometrik. Pengenalan wajah, sebagai metode identifikasi biometrik, telah terbukti menjadi cara yang efisien dan handal untuk sistem akses yang aman berkat akurasi dan kemudahan penggunaannya (Zhang & Zhang, 2020). Digabungkan dengan kemampuan Internet of Things (IoT), teknologi pengenalan wajah dapat meningkatkan fungsionalitas sistem rumah pintar dengan memungkinkan kontrol akses otomatis dan pemantauan jarak jauh.

Sistem pengenalan wajah umumnya bergantung pada algoritma yang mendeteksi dan memverifikasi fitur wajah untuk mengidentifikasi individu. Salah satu algoritma yang sering digunakan adalah Haar Cascade Classifier, yang banyak diterapkan dalam deteksi objek, termasuk wajah. Algoritma Haar Cascade memanfaatkan fitur sederhana yang diperoleh dari perbedaan intensitas piksel pada gambar, memungkinkan deteksi wajah yang cepat pada aplikasi waktu nyata (Viola & Jones, 2001). Algoritma ini efektif digunakan pada sistem dengan sumber daya

komputasi terbatas, seperti perangkat embedded atau IoT seperti mikrokontroler ESP32, yang menjadikannya pilihan yang tepat untuk mengembangkan sistem pengenalan wajah yang efisien dan terjangkau.

Penerapan Haar Cascade Classifier yang dipadukan dengan perangkat IoT memberikan kesempatan untuk menciptakan sistem kunci pintu pintar yang tidak hanya memberikan keamanan fisik, tetapi juga dapat terintegrasi dengan sistem rumah pintar. Dengan menyematkan teknologi pengenalan wajah pada sistem kunci pintu pintar, pemilik rumah dapat memperoleh cara yang lebih aman dan praktis untuk mengakses rumah tanpa memerlukan kunci fisik. Selain itu, integrasi IoT memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem secara jarak jauh, memberikan fleksibilitas dan kenyamanan lebih bagi penggunaannya (Chaudhary & Yadav, 2020). Penggunaan mikrokontroler seperti ESP32 memungkinkan implementasi sistem ini dengan biaya rendah sambil tetap menawarkan konektivitas Wi-Fi untuk pengoperasian jarak jauh.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem smart lock berbasis pengenalan wajah dengan menggunakan Haar Cascade Classifier dan perangkat ESP32. Sistem ini akan diuji untuk mengevaluasi efektivitasnya dalam kondisi dunia nyata, dengan memperhatikan faktor-faktor seperti akurasi, waktu respons, dan kinerja pada kondisi pencahayaan yang berbeda. Dengan meningkatnya kebutuhan akan solusi keamanan pintar, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan sistem kunci pintu pintar yang andal dan dapat diakses untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan rumah.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Sistem Smart Lock Berbasis IoT

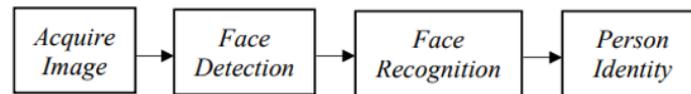
Sistem smart lock merupakan teknologi yang memungkinkan pengguna untuk mengunci dan membuka pintu menggunakan perangkat digital, yang bisa diakses melalui aplikasi smartphone atau perangkat lainnya. Pada umumnya, smart lock menggunakan berbagai metode autentikasi seperti pengenalan wajah, sidik jari, atau PIN. Penggunaan IoT dalam sistem kunci pintar memungkinkan perangkat untuk terhubung dan berkomunikasi melalui internet, memberikan kemudahan dalam pengelolaan akses secara jarak jauh. Sistem ini dapat dikendalikan melalui aplikasi di smartphone atau perangkat lain, serta memungkinkan pemantauan status pintu secara real-time (Chaudhary & Yadav, 2020).

Seiring dengan perkembangan teknologi, sistem kunci pintar kini dapat dipadukan dengan pengenalan wajah untuk meningkatkan tingkat keamanan. Menurut Singh & Yadav (2020), penerapan Haar Cascade dalam sistem kunci pintu pintar berbasis IoT memungkinkan deteksi wajah secara real-time dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sistem ini juga dilengkapi dengan kemampuan untuk mengirimkan pemberitahuan ke pemilik rumah melalui aplikasi jika ada upaya akses yang tidak sah.

### Pengenalan Wajah (Face Recognition) untuk Keamanan

Pengenalan wajah merupakan teknologi biometrik yang digunakan untuk mengidentifikasi atau memverifikasi identitas seseorang berdasarkan fitur wajahnya. Teknologi ini telah banyak diterapkan dalam berbagai sistem keamanan, seperti kontrol akses dan pengawasan. Salah satu metode yang paling populer dalam pengenalan wajah adalah menggunakan Haar Cascade Classifier, yang pertama kali diperkenalkan oleh Viola & Jones pada tahun 2001. Algoritma ini memanfaatkan fitur Haar-like untuk mendeteksi objek, terutama wajah, dengan cara yang efisien dan cepat dalam kondisi real-time (Viola & Jones, 2001). Haar Cascade Classifier bekerja dengan membangun cascade of classifiers yang mengidentifikasi pola tertentu pada gambar untuk mendeteksi wajah secara akurat. Algoritma pengenalan wajah akan mengekstrak dan membandingkan fitur-fitur spesifik dari wajah untuk menentukan kecocokan dengan identitas yang diinginkan, sehingga memungkinkan identifikasi atau verifikasi yang akurat dan cepat (Aditya et

al 2020).

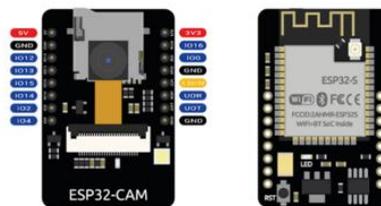


**Gambar 1.** Tahapan Face Recognition

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa Haar Cascade dapat diimplementasikan pada berbagai perangkat dengan keterbatasan komputasi seperti ESP32 atau mikrokontroler lainnya. Dalam sebuah penelitian oleh Zhang & Zhang (2020), teknologi pengenalan wajah menggunakan Haar Cascade telah diadaptasi untuk sistem kontrol akses pintu pintar, memberikan solusi yang efektif dan efisien di lingkungan rumah pintar. Teknologi ini mengurangi ketergantungan pada kunci fisik dan memungkinkan akses otomatis berdasarkan identitas yang terverifikasi secara biometrik.

### **Penerapan ESP32 dalam Sistem Pengenalan Wajah**

ESP32 adalah mikrokontroler berbasis Wi-Fi dan Bluetooth yang memiliki kinerja tinggi dengan konsumsi daya rendah. Perangkat ini sering digunakan dalam aplikasi IoT karena kemampuannya dalam menangani komunikasi nirkabel dan integrasi dengan sensor atau perangkat lainnya. Dalam implementasi pengenalan wajah berbasis IoT, ESP32 digunakan untuk mengendalikan sistem smart lock, menerima input dari kamera yang menangkap gambar wajah, serta memproses data tersebut untuk mencocokkan wajah dengan data yang sudah tersimpan (Gulati & Soni, 2022).



**Gambar 2.** ESP32

Sebagai contoh, dalam penelitian yang dilakukan oleh Singh & Yadav (2020), ESP32 digunakan untuk menjalankan algoritma Haar Cascade yang mendeteksi dan mengenali wajah dalam sistem kunci pintu pintar. Setelah wajah dikenali, ESP32 akan mengirimkan sinyal untuk membuka kunci pintu jika wajah yang terdeteksi cocok dengan data yang ada. Sistem ini juga dapat memanfaatkan kemampuan Wi-Fi pada ESP32 untuk memberikan kontrol jarak jauh melalui aplikasi berbasis smartphone.

### **Tantangan dalam Implementasi Haar Cascade untuk Smart Lock**

Salah satu kelebihan utama dari Haar Cascade adalah kemampuannya untuk bekerja pada perangkat dengan sumber daya terbatas, seperti mikrokontroler ESP32. Algoritma ini memungkinkan deteksi wajah secara cepat dan efisien meskipun dalam kondisi yang terbatas. Namun, sistem ini juga memiliki tantangan, terutama dalam kondisi pencahayaan yang buruk atau ketika objek wajah tertutup sebagian (Sharma & Pandey, 2019). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa akurasi deteksi dapat menurun jika pencahayaan tidak cukup atau jika wajah terhalang oleh kaca atau masker, yang mempengaruhi hasil verifikasi wajah.

Gulati & Soni (2022) menunjukkan bahwa meskipun Haar Cascade bekerja dengan baik di bawah kondisi pencahayaan yang optimal, penggunaan teknologi tambahan seperti FaceNet dapat meningkatkan akurasi dalam sistem pengenalan wajah berbasis IoT. Penelitian ini juga

mengindikasikan bahwa pentingnya optimasi algoritma dan peningkatan kualitas input gambar untuk mencapai performa terbaik dalam sistem smart lock.

### METODOLOGI PENELITIAN

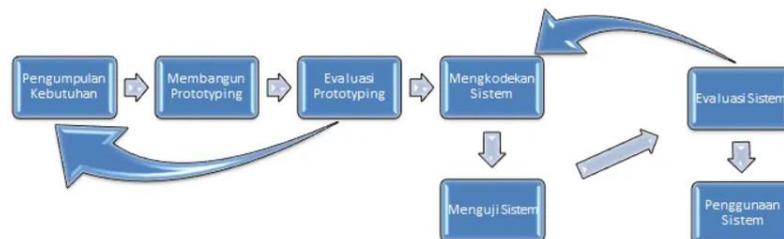
Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem smart lock door berbasis IoT yang menggunakan teknologi face recognition dengan algoritma Haar Cascade Classifier dan FaceNet. Dalam penelitian ini, sistem akan dikembangkan menggunakan perangkat keras ESP32, yang memungkinkan komunikasi melalui Wi-Fi, serta perangkat lunak yang mencakup deteksi wajah dan verifikasi identitas pengguna.

### Subjek dan Objek Pengembangan

Subjek pengembangan ini adalah sistem keamanan pintu berbasis teknologi pengenalan wajah yang diintegrasikan dengan Internet of Things (IoT). Sistem ini dirancang untuk mengamankan akses pintu dengan cara mengenali wajah pengguna yang terdaftar, mengirimkan notifikasi melalui platform IoT, dan memungkinkan kontrol akses pintu secara real-time melalui aplikasi mobile atau web. Objek pengembangan ini meliputi komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang membentuk sistem smart lock door berbasis face recognition dan IoT

### Perancangan Penelitian

Metode dalam pengembangan sistem yang digunakan peneliti adalah metode Prototype. Metode Prototype adalah versi awal dari sistem perangkat lunak yang digunakan untuk mendemonstrasikan konsep-konsep, percobaan rancangan, dan menemukan lebih banyak masalah dan solusi yang memungkinkan. Sistem dengan model prototype memperbolehkan pengguna untuk mengetahui bagaimana sistem berjalan dengan baik. Metode prototyping yang digunakan di dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran aplikasi yang akan dibangun melalui perancangan aplikasi prototype terlebih dahulu kemudian akan dievaluasi oleh user. (Rohmat et al 2023) dalam (Aptiant 2023)



Gambar 3. Alur Metode Prototype

### Teknik Pengumpulan Data

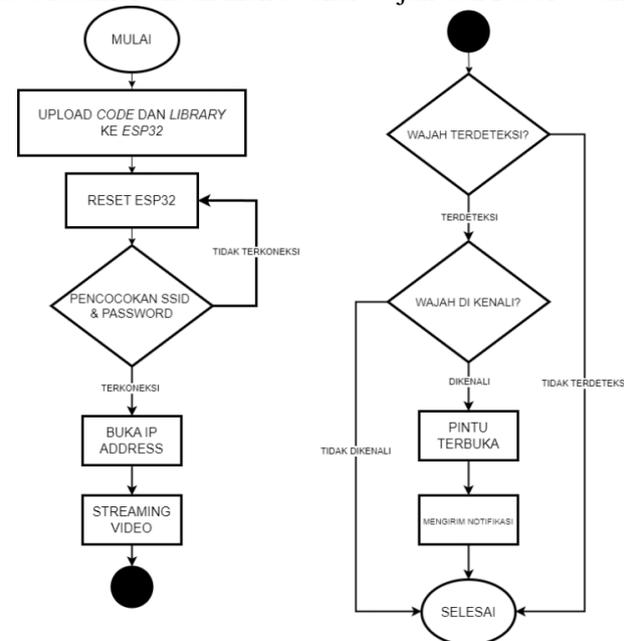
Tahap awal penelitian adalah dengan melakukan pengumpulan data yaitu data wajah dan nama yang akan didaftarkan ke dalam sistem smart lock door berbasis face recognition. Pada penelitian ini diambil jumlah data wajah sebanyak 6 orang, dengan pengambilan sebanyak 5 sampel wajah pada setiap satu orang. Data ini akan disimpan dengan bentuk binary didalam partisi ESP32.

No	Nama	Data Wajah
1	Alif	
2	Salsa	
3	Ayah	
4	Ibu	
5	Fadil	
6	Nazwa	

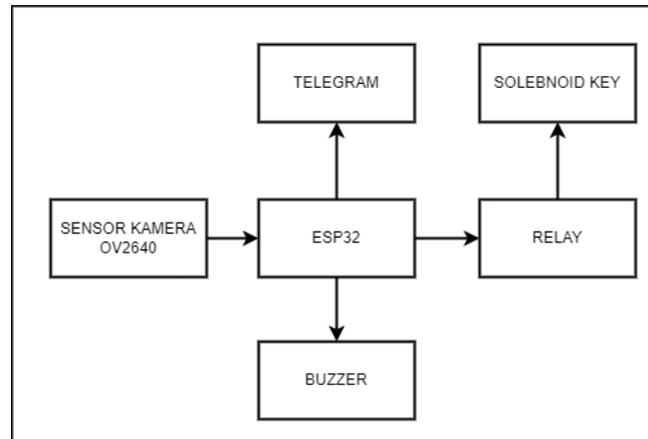
**Gambar 4.** Data Face (Wajah)

### Desain System

Desain sistem dimulai dengan perancangan arsitektur smart lock berbasis IoT yang mencakup tiga komponen utama: perangkat keras, perangkat lunak, dan komunikasi antar perangkat. Komponen perangkat keras utama adalah ESP32, yang berfungsi sebagai mikrokontroler untuk mengontrol sistem smart lock dan berkomunikasi dengan perangkat lain melalui jaringan Wi-Fi. Sistem ini juga dilengkapi dengan modul kamera untuk mengambil gambar wajah pengguna yang akan digunakan untuk verifikasi identitas. Gambar yang diambil kemudian diproses menggunakan algoritma Haar Cascade Classifier untuk mendeteksi wajah dan FaceNet untuk verifikasi identitas.



**Gambar 5.** Desain Sstem

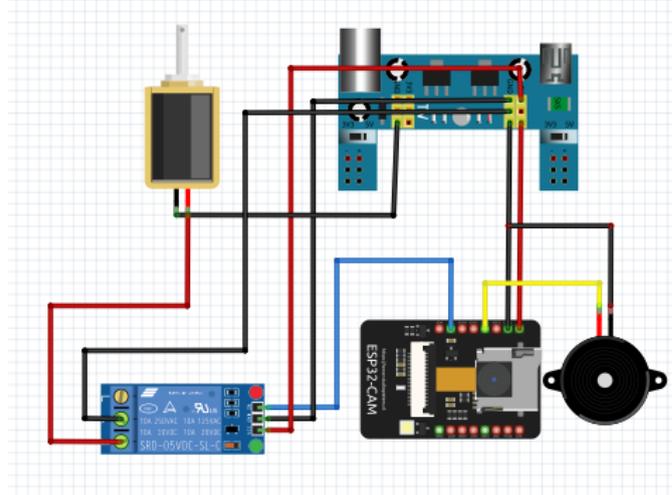


**Gambar 6.** Desain Blok System

Sensor kamera *OV2640* akan mendeteksi adanya wajah yang dikenali atau tidak lalu mengirimkan sinyal lalu dieksekusi outputnya oleh *ESP32*. Output tersebut akan di kirimkan oleh *ESP32* kepada *Solenoid Key* melewati *Relay*, *Buzzer* dan *Telegram*. Jika terdeteksi wajah yang dikenali, maka *ESP32* akan mengaktifkan *Relay* dengan terbukanya *Solenoid Key* secara otomatis selama 5 detik, lalu menhidupkan *Buzzer* selama 2 detik sebagai tanda bahwa pintu telah terbuka menggunakan *Face Recognition* dan mengirimkan pesan ke *Telegram* siapa yang berhasil membuka pintu.

### Perancangan Prototype

Setelah dibuat perancangan sistem dan menghasilkan hasil spesifikasi yang dibutuhkan serta gambaran yang akan di rancang dalam perancangan prototype seperti berikut.



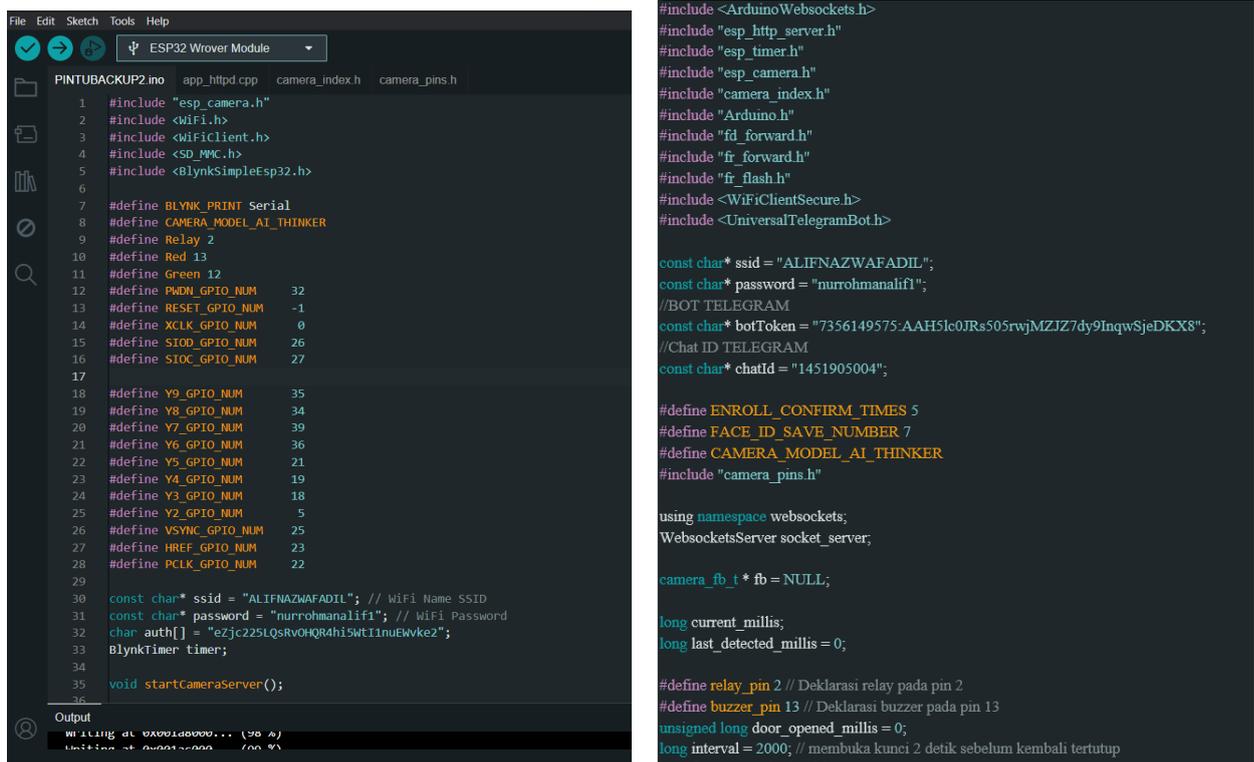
**Gambar 7.** Desain Prototype

- ESP32:** Ini adalah mikrokontroler yang digunakan sebagai otak sistem. ESP32 ini memiliki sensor kamera OV2640 untuk melakukan proses face recognition yang terhubung langsung dan berbagai pin GPIO yang terhubung ke komponen lain.
- Relay:** Relay berfungsi sebagai komponen untuk mengaktifkan atau mematikan komponen solenoid key berdasarkan hasil dari face recognition. Komponen ini di aliri daya sebesar 12V langsung dari power supply untuk menjalankan solenoid key.
- Active Buzzer (5V):** Komponen ini menghasilkan suara yang terhubung ke pin IO13 pada ESP32 untuk input sinyal, serta memiliki koneksi daya dan ground
- Solenoid Key (9V):** Komponen ini digunakan sebagai output dari proses face recognition yang dilakukan oleh ESP32. Komponen ini dihubungkan dengan Relay dan Power Supply

yang memiliki tegangan sebesar 12VDC.

### Perancangan Program

Arduino IDE sebagai media untuk menanamkan program sebagai media untuk menuliskan source code program, menambah library yang akan digunakan, untuk program sensor OV2640, ESP32, Relay, Solenoid Key dan WiFi. Perlu ditambahkan karna fungsi header Bahasa arduino yang terdapat di IDE Arduino itu sendiri. Gambar di bawah ini adalah contoh memasukkan library.



```

File Edit Sketch Tools Help
ESP32 Wrover Module
PINTUBACKUP2.ino app_httpd.cpp camera_index.h camera_pins.h
1 #include "esp_camera.h"
2 #include <WiFi.h>
3 #include <WiFiClient.h>
4 #include <SD_MMC.h>
5 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
6
7 #define BLYNK_PRINT Serial
8 #define CAMERA_MODEL_AI_THINKER
9 #define Relay 2
10 #define Red 13
11 #define Green 12
12 #define PWDL_GPIO_NUM 32
13 #define RESET_GPIO_NUM -1
14 #define XCLK_GPIO_NUM 0
15 #define SIOD_GPIO_NUM 26
16 #define SIOC_GPIO_NUM 27
17
18 #define Y9_GPIO_NUM 35
19 #define Y8_GPIO_NUM 34
20 #define Y7_GPIO_NUM 39
21 #define Y6_GPIO_NUM 36
22 #define Y5_GPIO_NUM 21
23 #define Y4_GPIO_NUM 19
24 #define Y3_GPIO_NUM 18
25 #define Y2_GPIO_NUM 5
26 #define VSYNC_GPIO_NUM 25
27 #define HREF_GPIO_NUM 23
28 #define PCLK_GPIO_NUM 22
29
30 const char* ssid = "ALIFNAZWAFADIL"; // WiFi Name SSID
31 const char* password = "nurrohmanalifi"; // WiFi Password
32 char auth[] = "e2jc225LQsRvOQR4hi9WtI1nuEwke2";
33 BlynkTimer timer;
34
35 void startCameraServer();
36
#include <ArduinoWebsockets.h>
#include "esp_http_server.h"
#include "esp_timer.h"
#include "esp_camera.h"
#include "camera_index.h"
#include "Arduino.h"
#include "fd_forward.h"
#include "fr_forward.h"
#include "fr_flash.h"
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <UniversalTelegramBot.h>

const char* ssid = "ALIFNAZWAFADIL";
const char* password = "nurrohmanalifi";
//BOT TELEGRAM
const char* botToken = "7356149575-AAH5lc0JR505rWjMZJZ7dy9InqwSjeDKX8";
//Chat ID TELEGRAM
const char* chatId = "1451905004";

#define ENROLL_CONFIRM_TIMES 5
#define FACE_ID_SAVE_NUMBER 7
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER
#include "camera_pins.h"

using namespace websockets;
WebsocketsServer socket_server;

camera_fb_t * fb = NULL;

long current_millis;
long last_detected_millis = 0;

#define relay_pin 2 // Deklarasi relay pada pin 2
#define buzzer_pin 13 // Deklarasi buzzer pada pin 13
unsigned long door_opened_millis = 0;
long interval = 2000; // membuka kunci 2 detik sebelum kembali tertutup
  
```

**Gambar 8.** Perancangan Code Program

### Teknik Analisis

Algoritma *Haar Cascade Clasifier* digunakan untuk mendeteksi fitur wajah berdasarkan pola intensitas pixel pada gambar. Algoritma ini bekerja dengan menerapkan serangkaian filter yang dikenal sebagai *haar-like features* pada gambar, kemudian mengidentifikasi area yang kemungkinan besar mengandung wajah. Metode ini memungkinkan pendeteksian wajah secara real-time dengan akurasi tinggi, meskipun dalam kondisi pencahayaan yang bervariasi atau adanya perubahan sudut pandang. Berikut ini adalah penjelasan lebih lengkap tentang penerapan *Face Recognition* menggunakan algoritma *Haar Cascade Clasifier*

#### a) Akuisisi Citra

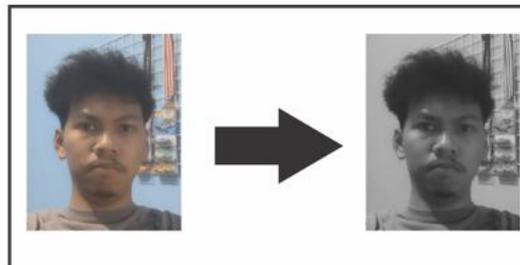
ESP32CAM mengambil citra menggunakan sensor kamera OV2640. Kamera ini memiliki resolusi maksimal 1600x1200 piksel (UXGA), tetapi biasanya untuk keperluan face recognition, resolusi yang lebih rendah seperti 320x240 piksel (QVGA) atau 640x480 piksel (VGA) digunakan untuk mengurangi beban pemrosesan.



**Gambar 9.** Akuisisi Citra

**b) Haar Like Feature**

Proses pertama yang dilakukan oleh algoritma Haar Cascade Classifier adalah mendeteksi adanya fitur wajah pada sebuah gambar dengan merubah gambar tersebut menjadi citra grayscale.



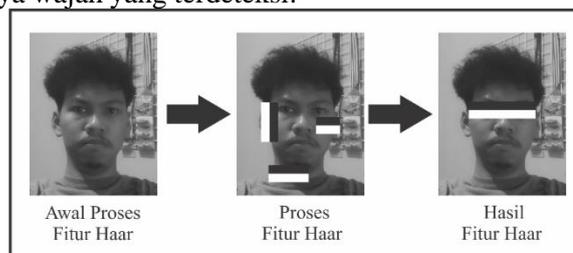
**Gambar 10.** Proses Haar Like Feature

Proses selanjutnya adalah melakukan fitur Haar yang ada pada gambar tersebut yang dilakukan dengan cara mengkotak - kotakkan setiap daerah pada image dari mulai ujung kiri atas sampai kanan bawah. Fitur ini terdiri dari dua area persegi panjang yang bersebelahan, yang bisa ditempatkan secara vertikal atau horizontal. Tujuannya adalah untuk mencari fitur wajah seperti mata, hidung, dan mulut.

$$F = \sum_{i \in \text{Rectangle 1}} I(i) - \sum_{j \in \text{Rectangle 2}} I(j)$$

**Gambar 11.** Rumus Haar Like Feature untuk Deteksi Citra

Dimana  $F$  adalah Fitur Haar,  $I(i)$  adalah intensitas piksel pada persegi panjang 1 dan  $I(j)$  adalah intensitas piksel yang berbeda pada pada persegi panjang 2. Setelah melalui perhitungan pada Haar like feature, fitur mata, hidung dan mulut akan terdeteksi yang menandakan adanya wajah yang terdeteksi.

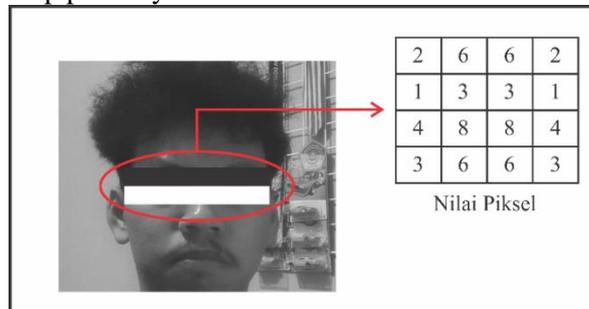


**Gambar 12.** Alur Haar Like Feature

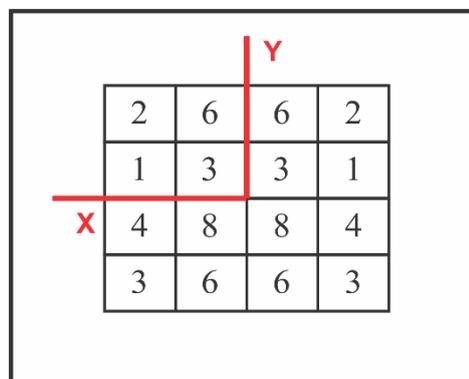
**c) Integral Image**

Integral Image adalah metode untuk menghitung representasi kumulatif dari sebuah

gambar yang memungkinkan perhitungan cepat dari jumlah nilai piksel dalam area tertentu. Proses ini dilakukan jika ada sebuah citra yang dilalui oleh fitur haar, maka akan dicari nilai setiap pikselnya.



**Gambar 13.** Nilai Piksel pada Haar Like Feature



**Gambar 14.** Arah Perhitungan Integral Image

Dari nilai piksel yang telah didapatkan, maka dihitung nilai integral image menggunakan rumus:

$$I(x, y) = i(x, y) + s(x - 1, y) + s(x, y - 1) - s(x - 1, y - 1)$$

Contoh perhitungan menggunakan rumus akan ditulis pada tabel berikut:

**Table 1. Perhitungan Haar Cascade Classifier**

Nilai Piksel		Perhitungan
$i(x, y) = 2$	0	Nilai intensitas piksel $i(x, y) = 2$ $s(x - 1, y) = 0$ $s(x, y - 1) = 0$ $s(x - 1, y - 1) = 0$ $s(x, y) = i(x, y) + s(x - 1, y) + s(x, y - 1) - s(x - 1, y - 1)$ maka didapatkan nilai untuk piksel $i(x, y)$ adalah : $I(x, y) = 2 + 0 + 0 - 0 = 2$
0	0	

		$i(x, y) = 6$ $s(x - 1, y) = 2$ $s(x, y - 1) = 0$ $s(x - 1, y - 1) = 0$ $s(x, y) = i(x, y) + s(x - 1, y) + s(x, y - 1) - s(x - 1, y - 1)$ maka didapatkan nilai untuk piksel $i(x, y)$ adalah : $II(x, y) = 6 + 2 + 0 - 0 = 8$
$II(x, y) =$ <b>2</b>	$i(x, y) =$ <b>6</b>	
<b>0</b>	<b>0</b>	
		$i(x, y) = 1$ $s(x - 1, y) = 0$ $s(x, y - 1) = 2$ $s(x - 1, y - 1) = 0$ $s(x, y) = i(x, y) + s(x - 1, y) + s(x, y - 1) - s(x - 1, y - 1)$ maka didapatkan nilai untuk piksel $i(x, y)$ adalah : $II(x, y) = 1 + 0 + 2 - 0 = 3$
$II(x, y) =$ <b>2</b>	$II(x, y) =$ <b>8</b>	
$i(x, y) =$ <b>1</b>	<b>0</b>	

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Tahap pertama adalah pembuatan model *smart lock door* yang dibuat dengan bahan sederhana diantaranya menggunakan bahan acrylic seperti gambar berikut:



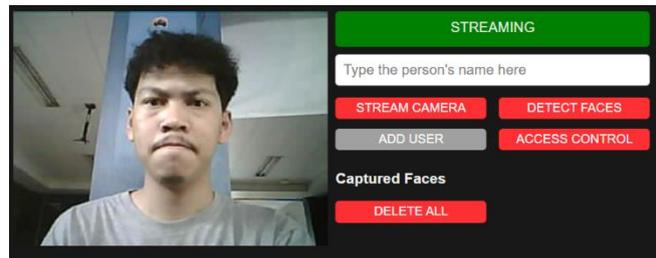
**Gambar 15.** Model Prototype

Model terbuat dari bahan acrylic dengan tinggi dan lebar 20cm. Pemrosesan Face Recognition dilakukan oleh ESP32 yang terhubung oleh sensor kamera OV2640, relay dan solenoid menggunakan kabel jumper.

### Pembahasan

#### Tampilan Streaming Video

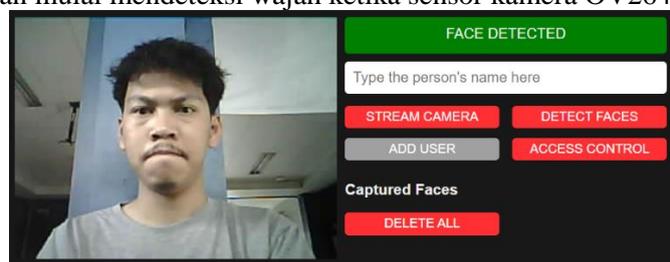
Tampilan Streaming merupakan dashboard ketika user berhasil terkoneksi dengan IP Address dari internet yang terhubung. Tampilan ini belum bisa mendeteksi wajah dan mengenali wajah yang didaftarkan.



**Gambar 16.** Streaming Video

### Tampilan Deteksi Wajah

Tampilan Deteksi Wajah ini dimulai ketika user memulai DETECT FACES pada sistem, setelah itu sistem akan mulai mendeteksi wajah ketika sensor kamera OV2640 menangkap gambar



**Gambar 17.** Deteksi Wajah

### Tampilan Daftar Wajah

Wajah akan didaftarkan ketika pengguna menulis nama dan mengaktifkan ADD USER pada sistem. Kemudian, sistem akan mendaftarkan 5 sampel wajah ketika wajah terdeteksi dan disimpan dalam partition scheme dari ESP32. Partition scheme ini berfungsi untuk menyimpan data wajah yang membuat data ini tidak akan hilang meski sistem mengalami pemadaman listrik atau di-reset. Dengan demikian, integritas data wajah tetap terjaga.



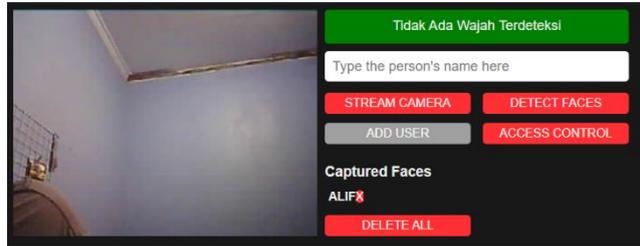
**Gambar 18.** Daftar Wajah



**Gambar 19.** Wajah Telah Terdaftar

### Tampilan Wajah Tidak Terdeteksi

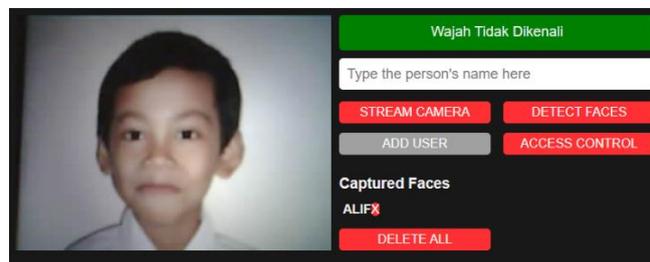
Ketika ada wajah yang tidak terdeteksi maka sistem akan menampilkan status seperti berikut



**Gambar 20.** Wajah Tidak Terdeteksi

### Tampilan Wajah Tidak Dikenali

Ketika ada wajah yang tidak dikenali maka sistem akan menampilkan status seperti berikut:



**Gambar 21.** Wajah Tidak Dikenali

### Hasil Pengujian System

Dalam rencana pengujian sistem ini bertujuan untuk menguji setiap komponen sistem yang telah dirancang sebelumnya, kemudian memastikan bahwa setiap sistem dapat berfungsi sesuai dengan yang penulis harapkan. Rencana pengujian perangkat lunak ini menggunakan metode blackbox, metode pengujian ini dilakukan dengan cara menguji aplikasi dengan memasukan data kedalam form-form yang telah disediakan. Adapun tabel rencana pengujian menggunakan black box testing adalah sebagai berikut:

**Table 2. Hasil Uji Blackbox**

Komponen	Status Awal	Hasil Yang Diharapkan	Pengamatan	Keterangan
Sensor Kamera OV2640	Mendeteksi wajah yang berada di depannya	Mendeteksi dan mengenali wajah berjarak $\leq 1$ m	Wajah yang berada pada jarak $\leq 1$ m terdeteksi dan dikenali	[√] Berhasil
ESP32	Mendeteksi adanya data	Mengolah data kurang dari 5 detik	Dapat mengolah data kurang dari 5 detik	[√] Berhasil
Telegram	Tidak menampilkan pesan	Menampilkan pesan siapa yang berhasil membuka pintu	Dapat menampilkan pesan siapa yang berhasil membuka pintu	[√] Berhasil

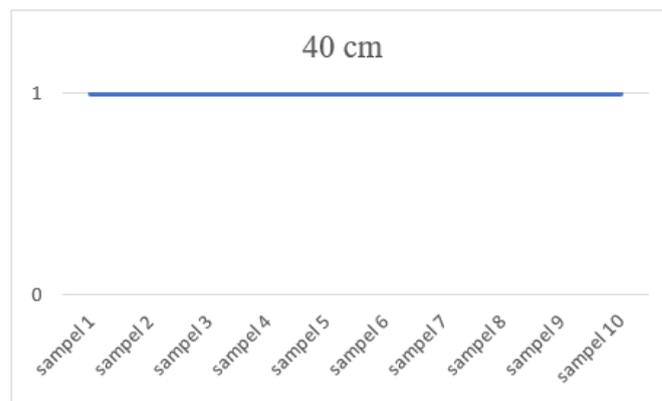
Solenoid Key	Tertutup	Terbuka berdasarkan hasil Face Recognition	Dapat membuka pintu berdasarkan hasil Face Recognition	[√] Berhasil
--------------	----------	--	--	--------------

**Pengujian Fungsionalitas**

Pada pengujian ini pengguna dikondisikan dengan tiga jarak berbeda yaitu 40 cm, 60 cm dan 100 cm dari alat. Setelah itu dilakukan pengenalan wajah oleh sistem. Jika terdeteksi dan dikenali maka kunci akan terbuka dan sebaliknya. Pengujian ini dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali pada setiap sampel, dimana 0 adalah wajah yang tidak berhasil dikenali dan 1 adalah wajah yang berhasil dikenali.

**a) Jarak 40 cm**

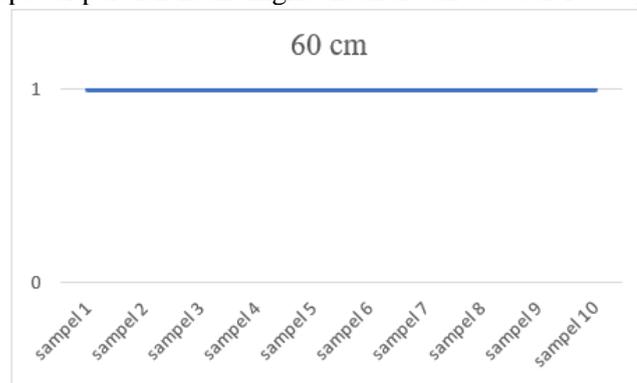
Untuk mengetahui tingkat keakuratan sistem pada sampel wajah yang sudah di daftarkan dengan jarak 40 cm dapat dihitung dengan  $(\text{Jumlah sampel} / \text{Sampel yang dikenali}) \times 100\%$  sehingga dapat di peroleh hasil tingkat keakuratan sebesar 100% pada jarak 40 cm.



**Gambar 22.** Hasil Uji Jarak 40 cm

**b) Jarak 60 cm**

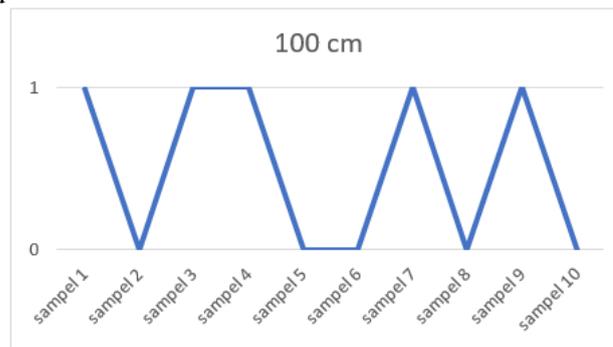
Untuk mengetahui tingkat keakuratan sistem pada sampel wajah yang sudah di daftarkan dengan jarak 60 cm dapat dihitung dengan  $(\text{Jumlah sampel} / \text{Sampel yang dikenali}) \times 100\%$  sehingga dapat di peroleh hasil tingkat keakuratan sebesar 100% pada jarak 60 cm.



**Gambar 23.** Hasil Uji Jarak 60 cm

**c) Jarak 100 cm.**

Untuk mengetahui tingkat keakuratan sistem pada sampel wajah yang sudah di daftarkan dengan jarak 100 cm dapat dihitung dengan  $(\text{Jumlah sampel} / \text{Sampel yang dikenali}) \times 100\%$  sehingga dapat di peroleh hasil tingkat keakuratan sebesar 60% pada jarak 100 cm. Hasil ini di pengaruhi oleh tingkat pencahayaan yang di tangkap oleh sensor OV2640 dan kualitas resolusi kamera yang turun karena proses face recognition hanya berjalan pada resolusi 320 x 240 pixel.



**Gambar 24.** Hasil Uji Jarak 100 cm

### Hasil Uji Tingkat Keakuratan

Berdasarkan hasil pengujian tingkat keakuratan proses face recognition, sistem menunjukkan kinerja yang sangat baik pada jarak 40 cm dan 60 cm. Pada uji coba dengan jarak 40 cm, sistem berhasil mengenali wajah dengan tingkat akurasi 100%, yang menunjukkan bahwa pada jarak ini, pengenalan wajah berjalan optimal tanpa adanya kesalahan. Demikian pula, pada jarak 60 cm, sistem juga mencapai tingkat akurasi 100%, menunjukkan bahwa peningkatan jarak hingga 60 cm masih berada dalam jangkauan optimal perangkat untuk melakukan pengenalan wajah secara akurat. Namun, pada uji coba dengan jarak 100 cm, tingkat akurasi menurun signifikan menjadi 60%. Penurunan ini mengindikasikan bahwa pada jarak yang lebih jauh, sistem mengalami kesulitan dalam mengenali wajah dengan akurasi tinggi, kemungkinan disebabkan oleh faktor-faktor seperti resolusi gambar yang berkurang, variasi pencahayaan, atau gangguan visual lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa untuk mencapai kinerja terbaik, penggunaan sistem ini sebaiknya dibatasi pada jarak maksimum 60 cm dari perangkat.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan, penulis menarik kesimpulan mengenai penerapan face recognition untuk model smart lock door antara lain:

1. Sistem dapat mengenali wajah dengan keakuratan 100% pada jarak 40cm dan 60cm.
2. Pada jarak 100cm tingkat keakuratan sistem menurun menjadi 60% dikarenakan sistem mengalami kesulitan dalam mengenali wajah pada jarak yang lebih jauh dan gangguan lainnya seperti pencahayaan.
3. Tingkat keakuratan dari sistem yang telah dirancang mencapai 86% berdasarkan total persentase dari hasil uji coba yang telah dilakukan.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan, penulis membuat beberapa saran mengenai penerapan face recognition untuk model smart lock door antara lain:

1. Peningkatan algoritma Face Recognition dengan pengembangan lebih untuk meningkatkan akurasi pada jarak yang lebih jauh.
2. Optimasi pencahayaan yang cukup untuk mengurangi variasi cahaya yang dapat mempengaruhi keakuratan pengenalan wajah.
3. Pengembangan fitur tambahan seperti spoofing untuk mencegah penggunaan foto dan

- video dalam upaya membuka kunci pintu.
4. Pengembangan API supaya bisa menambahkan method post agar bisa menerima notifikasi berbentuk gambar yang diambil kamera

## REFERENSI

- Zhang, L., & Zhang, D. (2020). *Real-time face recognition system based on Haar Cascade for intelligent access control. International Journal of Electrical Engineering & Technology (IJEET)*, 11(3), 10–19.
- Chaudhary, R., & Yadav, S. (2020). *IoT-based Home Security System using Face Recognition for Access Control. Journal of Internet of Things (IoT)*, 5(2), 65-72.
- Lee, H. J., & Kim, Y. (2021). *Smart Home Security System Using Face Recognition and IoT Devices. Journal of Applied Mathematics and Computing*, 69(3), 1235–1247.
- Kumar, S., & Soni, N. (2018). *Smart door lock system using face recognition. International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, 7(1), 11-17.
- Sharma, A., & Pandey, P. (2019). *A study on door security system based on face recognition using Haar Cascade classifier. International Journal of Computer Applications (IJCA)*, 178(29), 7-12..
- Hassan, H., & Salem, A. (2019). *Face Recognition System for Smart Door Lock Using Haar Cascade. Proceedings of the International Conference on Computer Vision and Image Processing (CVIP 2019)*, 133-141.
- Singh, S., & Yadav, N. (2020). *Door Locking System with Face Recognition Using Haar Cascade and ESP32. International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, 18(4), 112–118.
- Patel, S., & Patel, D. (2023). *Secure Home Access System using Face Recognition Algorithm for Smart Lock. Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 20(6), 1138–1143.
- Gulati, R., & Soni, N. (2022). *Face recognition-based access control system using Haar Cascade and IoT devices. International Journal of Engineering Science and Computing (IJESC)*, 12(9), 28745–28752.
- Aditya et al, 2020. 2020. "Sistem Keamanan Pintu Otomatis Menggunakan Teknologi Pengenalan Wajah." *Jurnal Teknik Elektro*, 12(2) 145-153.
- Aptiant, Rizki Dwi. 2023. "RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN RUMAH SMART DOOR DENGAN METODE FACE RECOGNITION BERBASIS ESP32 CAM." 1-69.
- Pratama, Rizky. 2022. "Penggunaan Blynk pada Sistem Smart Door Lock dengan Face Recognition." *Jurnal Sistem Informasi* 98-110.
- Rahman et al, 2021. 2021. "A Comprehensive Study on Technologies, Trends and Applications." *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)* 23-40.