

SKRIPSI
SISTEM PENGENDALI AKSES PINTU MENGGUNAKAN
***FACE RECOGNITION* BERBASIS ESP32-CAM**



Oleh :
Daniel Marcelino Pranata
5103021017

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA
2025

SKRIPSI

SISTEM PENGENDALI AKSES PINTU MENGGUNAKAN *FACE RECOGNITION* BERBASIS ESP32-CAM

Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya
Mandala Surabaya untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro



Oleh:

Daniel Marcelino Pranata

5103021017

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA
2025**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan skripsi berjudul **SISTEM PENGENDALI AKSES PINTU MENGGUNAKAN *FACE RECOGNITION* BERBASIS ESP32-CAM** ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks seandainya diketahui bahwa laporan skripsi ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa laporan skripsi ini tidak dapat saya gunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik.

Surabaya, 20 Mei 2025

Mahasiswa,



Daniel Marcelino Pranata

NRP. 5103021017

LEMBAR PERSETUJUAN

Naskah skripsi berjudul **SISTEM PENGENDALI AKSES PINTU MENGGUNAKAN *FACE RECOGNITION* BERBASIS ESP32-CAM** yang ditulis oleh **Daniel Marcelino Pranata/5103021017** telah disetujui dan diterima untuk diajukan ke tim penguji.

Pembimbing I:



Ir. Rasional Sitepu M.Eng., IPU., ASEAN Eng.

NIK. 511.89.0154

Pembimbing II:



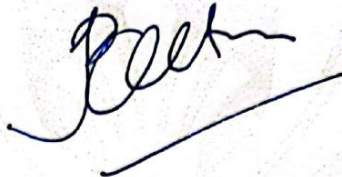
Ir. Drs. Peter Rhatodirdjo Angka.M.Kom, IPM., ASEAN Eng.

NIK. 511.88.0136

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh **Daniel Marcelino Pranata / 5103021017**
dengan judul **SISTEM PENGENDALI AKSES PINTU**
MENGUNAKAN *FACE RECOGNITION* BERBASIS ESP-32
CAM disetujui pada tanggal 17 Juni 2025 dan dinyatakan LULUS.

Ketua Penguji



Ir. Hartono Pranjoto, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng. ACPE.

NIK. 511.94.0218

Mengetahui



Prof. H. Felycia Fidi Soetaredjo, S.T.,

M.Phil., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

NIK. 521.99.0391



Ir. Yuliati, S.Si., M.T., IPU.,

ASEAN. Eng

NIK. 511.99.0402

**LEMBAR PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

Nama : Daniel Marcelino Pranata

NRP : 5103021017

Menyetujui Skripsi/Karya Ilmiah saya, dengan judul **"SISTEM PENGENDALI AKSES PINTU MENGGUNAKAN *FACE RECOGNITION* BERBASIS ESP-32 CAM"** untuk dipublikasikan / ditampilkan di Internet atau media lain (*Digital Library* Perpustakaan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta. Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 20 Mei 2025

Mahasiswa,



Daniel Marcelino Pranata

NRP. 5103021017

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“SISTEM PENGENDALI AKSES PINTU MENGGUNAKAN FACE RECOGNITION BERBASIS ESP32-CAM”** Skripsi ini merupakan salah satu mata kuliah dalam program studi teknik elektro yang menjadi syarat kelulusan.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang memberikan motivasi, bantuan, dan bimbingan dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan ini, khususnya kepada:

1. Ir. Rasional Sitepu, M. Eng., IPU., ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing dan memberikan arahan dalam mengerjakan dan menyusun skripsi ini.
2. Ir. Drs. Peter Rhatodirdjo Angka, M.Kom., IPM., ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing II yang dengan sabar membimbing dan memberikan arahan dalam mengerjakan dan menyusun skripsi ini.
3. Ir. Lanny Agustine, ST., MT., IPU., ASEAN Eng. selaku dosen penasihat akademik saya.
4. Andrew Febrian Miyata, ST., M.Sc. selaku dosen Machine Learning yang mendukung dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Ir. Andrew Joewono, ST., MT., IPU., ASEAN.Eng., APEC Eng. selaku dosen Metodologi Penelitian yang mendukung dalam pengerjaan skripsi ini.
6. Seluruh Bapak-Ibu dosen Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah banyak memberikan pengetahuan,

bimbingan dan arahan selama berproses di Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

7. Teristimewa untuk orang tua tercinta, Oma Luisa Radji, Papa Timotius Rudi Suwarno dan Mama Marselina Sepriani Lay, serta adik tersayang, Alichia Nona Khaterinatha, yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan doa.
8. Saudara Arif Wahyu Budiarto, S.T, Natavijoy Alim, S.T, Bernard Wahyu Haras Wicaksono, Emanuel Brian Deson Poluan, Krisdana Juliarto, Patric Kresna Vercelli, Valentino Heman Budiarto, John Robert yang selalu menyemangati dan memberi bantuan untuk kelancaran penulisan skripsi ini.
9. Saudara dan Saudari Elizabeth Yulita Abadi, Kirana Dewiswasti, S.Farm, Jason Chrisandi Limanto , Catherine Tjondro Kusumo, Sasrio Resi Valen, Felichia Elizabeth, Briggita Viona, Angelina Novita, Yehezkiel Kunto yang memberi semangat dan dukungan dalam penulisan skripsi.
10. Saudara Immanuel Calvin Fernaldi, S.Ak, Vincent Christopher Tedja, Gabriel Alfando Waluyo yang selalu memberi semangat dan dukungan dalam penulisan skripsi.
11. Teman-teman mahasiswa dan semua pihak yang telah membantu sehingga skripsi ini dapat selesai tepat waktu.

Demikian Skripsi ini disusun, semoga laporan ini bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 20 Mei 2025

Penulis

ABSTRAK

Sistem keamanan akses konvensional seperti kunci mekanik dan kartu akses memiliki berbagai kelemahan, diantaranya mudah hilang, rusak, atau digandakan. Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *biometrik* menawarkan solusi keamanan yang lebih canggih dan personal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pengendali akses pintu otomatis menggunakan teknologi pengenalan wajah (*face recognition*) berbasis modul ESP32-CAM. Sistem ini dirancang untuk dapat mengidentifikasi pengguna yang telah terdaftar, mengontrol kunci pintu elektronik, serta melaporkan setiap aktivitas akses melalui notifikasi email.

Metodologi perancangan meliputi integrasi perangkat keras seperti ESP32-CAM, modul Relai 2 Saluran, layar OLED, dan *Electromagnetic Lock*. Untuk pengenalan wajah, sistem ini memanfaatkan algoritma *Multi-Task Cascaded Convolutional Networks* (MTCNN) untuk deteksi wajah dan arsitektur *MobileFaceNet* untuk ekstraksi fitur dan pengenalan. Notifikasi email diimplementasikan menggunakan protokol SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat berfungsi secara andal dan efektif. Pengujian perangkat keras menunjukkan keberhasilan 100%, di mana catu daya terbukti stabil menyediakan tegangan 4,76 V untuk ESP32-CAM di bawah beban 120 mA dan mampu menangani arus 350 mA untuk *Electromagnetic Lock*. Sistem berhasil mengenali wajah terdaftar dengan tingkat keberhasilan 100% pada jarak 1 meter, dengan waktu respons rata-rata 3,04 detik. Sistem juga terbukti 70% akurat dalam menolak wajah yang tidak terdaftar. Fitur pelaporan akses melalui email secara fungsional berhasil diimplementasikan untuk mengirim rekap data setiap 5 menit, namun memiliki tingkat keberhasilan pengiriman sebesar 71,4% yang dipengaruhi oleh konektivitas server SMTP. Secara keseluruhan, integrasi perangkat keras dan perangkat lunak telah berhasil, membuktikan bahwa sistem dapat mencapai tujuannya sebagai solusi keamanan yang efektif.

Kata Kunci: *Face Recognition*, ESP32-CAM, MTCNN, *MobileFaceNet*, *Internet of Things* (IoT), *Electromagnetic Lock*, SMTP.

ABSTRACT

Conventional access security systems such as mechanical keys and access cards have various weaknesses, including being easily lost, damaged, or duplicated. The development of Internet of Things (IoT) and biometric technologies offers more advanced and personalized security solutions. This study aims to design and build an automatic door access control system using face recognition technology based on the ESP32-CAM module. The system is designed to identify registered users, control electronic door locks, and report every access activity via email notifications.

The design methodology includes the integration of hardware such as ESP32-CAM, a 2-Channel Relay module, an OLED screen, and an Electromagnetic Lock. For face recognition, the system utilizes the Multi-Task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN) algorithm for face detection and the MobileFaceNet architecture for feature extraction and recognition. Email notifications are implemented using the Simple Mail Transfer Protocol (SMTP).

Test results show that the system functions reliably and effectively. Hardware testing achieved 100% success, with the power supply proven stable at 4.76 V for the ESP32-CAM under a 120 mA load and capable of handling 350 mA for the Electromagnetic Lock. The system successfully recognized registered faces with a 100% success rate at a distance of 1 meter, with an average response time of 3.04 seconds. The system was also proven to be 70% accurate in rejecting unregistered faces. The email access reporting feature was successfully implemented to send data summaries every 5 minutes, but had a delivery success rate of 71.4%, influenced by SMTP server connectivity. Overall, the hardware and software integration was successful, proving that the system can achieve its goal as an effective security solution.

Keywords: *Face Recognition, ESP32-CAM, MTCNN, MobileFaceNet, Internet of Things (IoT), Electromagnetic Lock, SMTP.*

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Relevansi.....	3
1.6 Metodologi Perancangan.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Face Recognition</i>	6
2.2 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	8
2.3 <i>Multi-Task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN)</i> ...	11
2.4 <i>MobileFaceNet</i>	13
2.5 <i>Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)</i>	14

2.6	ESP32-CAM	14
2.7	<i>Organic Light-Emitting Diode (OLED)</i>	16
2.7.1	Penjelasan Piksel dan Peta Memori OLED	17
2.8	<i>Electromagnetic Lock</i>	18
2.9	Modul Relai 2 Saluran	19
2.9.1	Kontruksi Relai 2 Saluran	21
2.9.2	Penjelasan Komponen Relai.....	22
2.10	Sekring (<i>Fuse</i>) 1 Ampere	23
2.11	<i>Power Supply</i>	23
2.12	<i>Step Down</i> XL4015	24
2.13	FTDI FT232RL <i>Module</i> USB to TTL	25
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT		26
3.1	Pendahuluan	26
3.2	Diagram Blok Alat	26
3.2.1	Penjelasan Tiap Blok	27
3.3	Diagram Perkabelan	28
3.3.1	ESP32-CAM	29
3.3.2	Modul <i>Step Down</i> XL4015.....	29
3.3.3	<i>Display</i> OLED.....	30
3.3.4	Modul Relai 2 Saluran.....	32
3.3.5	<i>Electromagnetic Lock</i>	32
3.3.6	Sekring (<i>Fuse</i>) 1 Ampere	33
3.4	<i>Flowchart</i> Cara Kerja Alat	33
3.5	Perancangan Perangkat Lunak	35
3.5.1	Bahasa Pemrograman	35
3.5.2	<i>Library</i> Yang Digunakan	35

3.6	Penjelasan Kode Utama ESP32-CAM	38
3.6.1	Inisialisasi Konfigurasi Deteksi Wajah.....	38
3.6.2	Alur Utama Deteksi Wajah (<i>Face Detection</i>).....	39
3.6.3	Pengenalan Wajah (<i>Face Recognition</i>).....	39
3.6.4	Inisialisasi Kamera, OLED, dan Koneksi Wi-Fi	40
3.6.5	Konfigurasi dan Inisialisasi Kamera ESP32-CAM	41
3.6.6	Deteksi dan Pengenalan Wajah	42
3.6.7	Kontrol <i>Output</i> Kunci Pintu	42
3.6.8	Pendataan Akses Pintu Melalui CSV	43
3.6.9	Pengiriman Email Notifikasi	43
3.6.10	Tampilan Status pada OLED	44
3.7	<i>Camera Web Server</i> ESP32-CAM.....	44
3.8	Pendaftaran Wajah Pada ESP32-CAM.....	49
3.8.1	Deklarasi Identitas Wajah Terdaftar	52
3.9	Skema Proses Pendaftaran dan Pengenalan Wajah	53
3.10	Proses Pengiriman Email (SMTP)	54
3.10.1	<i>Library</i> ESP Mail Client.....	54
3.10.2	Konfigurasi Sistem Notifikasi Email.....	55
BAB IV PENGUKURAN DAN PENGUJIAN		60
4.1	Pengukuran Tegangan dan Arus pada <i>Step Down</i> XL4015 ...	61
4.2	Pengukuran Durasi Waktu Pengenalan Wajah.....	63
4.3	Pengukuran Durasi Waktu Pengiriman Email	64
4.4	Pengujian OLED	65
4.5	Pengujian Relai	67
4.6	Pengujian Pengenalan Wajah untuk Subjek yang Terdaftar ..	68

4.7	Pengujian Kemampuan Sistem untuk Tidak Mengenali Wajah yang Tidak Terdaftar	70
4.8	Pengujian Kirim Email.....	72
4.9	Pengujian Kinerja Alat	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		77
5.1	Kesimpulan	77
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN I Listing Program Sistem Pengendali Akses Pintu.....		84
LAMPIRAN II Listing Program Pengenalan Wajah		90
LAMPIRAN III Tampak Depan Alat yang Dirancang		105
LAMPIRAN IV Tampak Belakang Alat yang Dirancang		106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Metode Pengolahan <i>Biometric Face recognition</i>	6
Gambar 2.2	Layer– Layer pada CNN [7]	8
Gambar 2.3	Proses Konvolusi [8].....	9
Gambar 2.4	Operasi Konvolusi [9].....	10
Gambar 2.5	Operasi <i>Max Polling</i> [9].....	11
Gambar 2.6	Arsitektur P-Net, R-Net, O-Net pada MTCNN [11].	12
Gambar 2.7	Modul Mikrokontroler ESP3-CAM	15
Gambar 2.8	Modul OLED	17
Gambar 2.9	Piksel dan Kolom pada OLED.....	18
Gambar 2.10	<i>Electromagnetic Lock</i>	19
Gambar 2.11	Modul Relai 2 Saluran	20
Gambar 2.12	<i>Pinout</i> Relai 2 Saluran	20
Gambar 2.13	Diagram sirkuit Relai 2 Saluran.....	21
Gambar 2.14	<i>Optocouplers</i> pada Relai 2 Saluran.....	22
Gambar 2.15	<i>Flyback Diode</i> pada Relai 2 Saluran	22
Gambar 2.16	Sekring (<i>Fuse</i>) 1 Ampere	23
Gambar 2.17	Adaptor DC 12V	24
Gambar 2.18	<i>Step Down</i> XL4015.....	24
Gambar 2.19	FTDI FT232RL USB to TTL	25
Gambar 3.1	Diagram Blok Alat.....	27
Gambar 3.2	Diagram Perkabelan.....	28
Gambar 3.3	<i>Flowchart</i> alat sistem pengendali akses pintu.....	34
Gambar 3.4	Pengaturan gambar pada <i>Camera Web Server</i>	45
Gambar 3.5	Pengaturan Eksposure dan Gain pada <i>Camera Web Server</i>	46
Gambar 3.6	Pengaturan lainnya pada <i>Camera Web Server</i>	48
Gambar 3.7	Serial Monitor Arduino IDE	50
Gambar 3.8	Proses Pengambilan Alamat IP	50
Gambar 3.9	Tampilan Alamat IP untuk Akses Kamera ESP32-CAM	51
Gambar 3.10	Aktifkan Fitur <i>Face Detection</i> dan <i>Face recognition</i>	51
Gambar 3.11	Tombol <i>Enroll Face</i> untuk Mendaftarkan Wajah	51
Gambar 3.12	Wajah Sebelum di Daftarkan	51
Gambar 3.13	Proses Pendaftaran Wajah	52
Gambar 3.14	Wajah Terdaftar.....	52
Gambar 3.15	Skema proses pengenalan dan pendaftaran wajah	53
Gambar 3.16	<i>Library ESP Mail Client</i> pada Arduino IDE	55
Gambar 3.17	Halaman untuk Buka Email	56

Gambar 3.18	Verifikasi 2 Langkah Aktif.....	56
Gambar 3.19	Tampilan memunculkan <i>App Password</i>	56
Gambar 3.20	<i>App Password</i>	57
Gambar 3.21	<i>App Password</i> telah ditambahkan	57
Gambar 4.1	Pengukuran tegangan <i>input</i>	62
Gambar 4.2	Pengukuran tegangan <i>output</i>	62
Gambar 4.3	Arus pada saat tidak ada beban	62
Gambar 4.4	Tegangan saat <i>Electromagnetic Lock</i> terhubung.....	63
Gambar 4.5	Arus saat <i>Electromagnetic Lock</i> terhubung.....	63
Gambar 4.6	Tegangan dan Arus saat ESP32-CAMterhubung	63
Gambar 4.7	Tampilan oled memulai.....	66
Gambar 4.8	Konfigurasi WiFi	66
Gambar 4.9	Tampilan menunggu deteksi wajah	66
Gambar 4.10	Tampilan OLED saat wajah dikenali	66
Gambar 4.11	Tampilan OLED saat wajah tidak dikenali	67
Gambar 4.12	Relai saat di berikan logika <i>Low</i>	68
Gambar 4.13	Relai saat di berikan logika <i>High</i>	68
Gambar 4.14	Wajah dikenal “Marcel TE21”	69
Gambar 4.15	Wajah dikenal “Bernard TE21”	69
Gambar 4.16	Wajah dikenal “Bernard TE21”	70
Gambar 4.17	Wajah dikenal “Krisdana TE21”	70
Gambar 4.18	Wajah tidak dikenal.....	70
Gambar 4.19	Kondisi Dikenal dan Tidak Dikenal.....	72
Gambar 4.29	Email Terkirim	73
Gambar 4.30	Email Diterima.....	73
Gambar 4.31	Kondisi tidak ada wajah.....	74
Gambar 4.32	Kondisi terdapat wajah	75
Gambar 4.33	Kondisi wajah dikenali	75
Gambar 4.34	Kondisi pintu saat wajah dikenali	75
Gambar 4.35	Kondisi wajah tidak dikenali.....	75
Gambar 4.36	Kondisi pintu saat wajah tidak dikenali	76
Gambar 4.37	Kondisi pintu saat tombol ditekan.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Spesifikasi ESP32-CAM	15
Tabel 2.2	Spesifikasi Camera OV2604.....	16
Tabel 2.3	<i>Pinout</i> OLED.....	17
Tabel 2.4	<i>Pinout</i> Relai 2 Saluran	21
Tabel 2.5	Spesifikasi <i>Step Down</i> XL4015	25
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus	61
Tabel 4.2	Pengukuran Durasi Waktu Pengenalan Wajah	64
Tabel 4.3	Pengukuran Durasi Waktu Pengiriman Email.....	65
Tabel 4.4	Hasil Pengujian OLED	66
Tabel 4.5	Hasil pengujian pengenalan wajah untuk subjek yang terdaftar	69
Tabel 4.6	Hasil pengujian kemampuan sistem untuk tidak mengenali subjek yang tidak terdaftar	71
Tabel 4.7	Hasil pengujian kinerja alat	74