

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**RANCANG BANGUN *SMART DOOR LOCK* SEBAGAI SISTEM
KEAMANAN PADA RUANG KAMAR MESIN BERBASIS
ESP32-CAM**



HANDIKA ALVIN EVRIANTO
NIT 22363062035

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI RAKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**RANCANG BANGUN *SMART DOOR LOCK* SEBAGAI SISTEM
KEAMANAN PADA RUANG KAMAR MESIN BERBASIS
ESP32-CAM**



HANDIKA ALVIN EVRIANTO
NIT 22363062035

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI RAKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang berpenulis tangan di bawah ini:

Nama : HANDIKA ALVIN EVRIANTO
Nomor Induk Taruna : 22363062035
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

RANCANG BANGUN SMART DOOR LOCK SEBAGAI SISTEM

KEAMANAN PADA RUANG KAMAR MESIN BERBASIS ESP32-CAM

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya sendiri menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 20 Februari 2026



HANDIKA ALVIN EVRIANTO
NIT.22 36 306 2 035

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : RANCANG BANGUN *SMART DOOR LOCK* SEBAGAI
SISTEM KEAMANAN PADA RUANG KAMAR MESIN
BERBASIS ESP32-CAM

Program Studi : SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
PERMESINAN KAPAL

Nama : HANDIKA ALVIN EVRIANTO

NIT : 22363062035

Jenis Tugas Akhir : ~~Prototype / Proyek / Karya Ilmiah Terapan*~~

Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

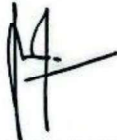
Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Uji Kelayakan Proposal

Surabaya, 27 Februari 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(RAMA SYAHPUTRA SIMATUPANG, S.ST.Pel., M.T.)

NIP. 198803292019021002



(DIYAH PURWITASARI, S.Psi., S.Si., M.M.)

NIP. 198310092010122002

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan ~~Teknologi~~ Rekayasa Permesinan Kapal



(MONIKA RETNO GUNARTI, M.Pd., M.Mar.E.) NIP.
197605282009122002

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : RANCANG BANGUN *SMART DOOR LOCK* SEBAGAI
SISTEM KEAMANAN PADA RUANG KAMAR MESIN
BERBASIS ESP32-CAM

Program Studi : SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
PERMESINAN KAPAL

Nama : HANDIKA ALVIN EVRIANTO

NIT : 22363062035

Jenis Tugas Akhir : ~~Prototype / Karya Ilmiah Terapan / Karya Tulis Ilmiah*~~
Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, 27 Februari 2026

Menyetujui,

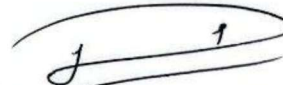
Dosen Pembimbing I



(RAMA SYAHPUTRA SIMATUPANG, S.ST.Pel., M.T.)

NIP. 198803292019021002

Dosen Pembimbing II

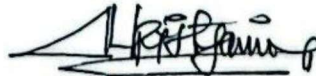


(DIYAH PURWITASARI, S.Psi., S.Si., M.M.)

NIP. 198310092010122002

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Pd., M.Mar.E.)

NIP. 196905312003121001

**PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**RANCANG BANGUN *SMART DOOR LOCK* SEBAGAI SISTEM
KEAMANAN PADA RUANG KAMAR MESIN BERBASIS
ESP32-CAM**

Disusun oleh:

HANDIKA ALVIN EVRIANTO
NIT. 22 36 306 2 035

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 27 Juni 2024

Mengesahkan,

Dosen Penguji I



(MUHAMMAD DARWIS, S.T.)

NIP. 197501271998081001

Dosen Penguji II



(RAMA SYAHPUTRA SIMATUPANG, S.ST.Pel, M.T)

NIP. 198803292019021002

Dosen Penguji III



(DIYAH PURWITASARI, S.Psi., S.Si., M.M)

NIP. 198310092010122002

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(MONIKA RETNO GUNARTI, M.Pd., M.Mar.E.)

NIP. 197605282009122002

**PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**RANCANG BANGUN *SMART DOOR LOCK* SEBAGAI SISTEM KEAMANAN
PADA RUANG KAMAR MESIN BERBASIS ESP32-CAM**

Disusun oleh:

HANDIKA ALVIN EVRIANTO
NIT. 22363062035

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 6 Maret 2026

Mengesahkan,

Dosen Penguji I



(AGUS PRAWOTO, M.M., M.Mar.E.)
NIP. 197808172009121001

Dosen Penguji II



(RAMA SYAHPUTRA SIMATUPANG, S.ST.Pel., M.T.)
NIP. 198803292019021002

Dosen Penguji III



(Ir. SHOFA DAIROH, S.T., M.T.)
NIP.1982203022006041001

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Pd., M.Mar.E.)
NIP. 196905312003121001

ABSTRAK

HANDIKA ALVIN EVRIANTO (2026), RANCANG *BANGUN SMART DOOR LOCK* SEBAGAI SISTEM KEAMANAN PADA RUANG KAMAR MESIN BERBASIS ESP32-CAM. Dibimbing Oleh Bapak Rama Syahputra Simatupang, S.ST.Pel, M.T. Dan Ibu Diyah Purwitasari S.Psi., S.Si., M.M.

Kamar mesin kapal merupakan area vital yang menampung mesin utama dan permesinan bantu sehingga akses ke ruangan ini harus dibatasi untuk menjaga keamanan dan keselamatan operasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari setiap metode akses yang digunakan dan prinsip kerja dari alat yang telah dirancang. Metode penelitian yang diterapkan adalah *Research & Development* (R&D) untuk mengembangkan dan menguji efektivitas sistem. Sistem keamanan memanfaatkan tiga metode autentikasi, yaitu pengenalan wajah menggunakan ESP32-CAM versi terbaru yaitu ESP32-S3 AI *Camera*, sensor sidik jari AS608, dan *keypad* yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP-32U serta aktuator servo sebagai penggerak pintu otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode *keypad* memiliki performa terbaik dengan akurasi mencapai 100%, sensor *fingerprint* memperoleh akurasi 95%, sedangkan pengenalan wajah memiliki akurasi 85%. Prinsip kerja sistem sesuai perancangan, yaitu wajah dideteksi oleh ESP32-S3 AI *Camera*, sidik jari dibaca sensor *fingerprint* AS608, dan PIN dimasukkan melalui *keypad*. Data kemudian divalidasi oleh mikrokontroler ESP-32U untuk mengaktifkan aktuator sehingga pintu terbuka otomatis dan menutup kembali setelah 10 detik. Secara keseluruhan, sistem keamanan yang dirancang menunjukkan tingkat akurasi tinggi dan berfungsi sesuai dengan prinsip kerja yang telah direncanakan.

Kata kunci: kamar mesin, pengenalan wajah, sidik jari, *keypad*, keamanan

ABSTRACT

HANDIKA ALVIN EVRIANTO (2026), *SMART DOOR LOCK DESIGN AS A SECURITY SYSTEM IN THE ENGINE ROOM BASED ON ESP32-CAM*. Supervised By Mr. Rama Syahputra Simatupang, S.ST.Pel, M.T. And Mrs. Diyah Purwitasari S.Psi., S.Si., M.M.

The ship's engine room is a vital area that houses the main engine and auxiliary machinery; therefore, access to this space must be restricted to maintain operational safety and security. This study aims to determine the accuracy level of each access method used and to explain the working principle of the designed system. This research method applied is Research & Development (R&D) to develop and evaluate the effectiveness of the system. The security system utilizes three authentication methods: facial recognition using the latest ESP32-CAM (ESP32-S3 AI Camera), AS608 fingerprint sensor, and a keypad, which are integrated with an ESP-32U microcontroller and a servo actuator as an automatic door mechanism. The test result show that the keypad method has the best performance with an accuracy of 100%, the fingerprint achieves 95% accuracy, while facial recognition reaches of 85% accuracy. The system operates as designed, where the face is detected by the ESP32-S3 AI Camera, fingerprint are read by the AS608 fingerprint sensor, and the PIN is entered through the keypad. The authentication data are the validated by ESP-32U microcontroller to activate the actuator, allowing the door to open automatically and close again after a 10-second delay. Overall, the designed security system demonstrates high accuracy and operates according to the intended working principle.

Key Words: *machine room, face recognition, fingerprint, keypad, security*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kita pengetahuan dan kemampuan untuk berfikir kritis sehingga kita dapat mempelajari semua ilmu-Nya. Dengan berkat dan karunia-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan laporan karya ilmiah terapan dengan judul:

“RANCANG BANGUN *SMART DOOR LOCK* SEBAGAI SISTEM KEAMANAN PADA RUANG KAMAR MESIN BERBASIS ESP32-CAM”.

Dalam kesempatan yang telah diberikan ini, saya menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang sudah terlibat dalam penyelesaian tugas akhir penelitian ini, dengan hormat:

1. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E selaku Dierktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memberikan pembinaan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Bapak Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Mar.E, M.Pd selaku Kepala Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal yang telah memberikan bimbingan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
3. Bapak Rama Syahputra Simatupang, S.ST.Pel, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan masukan dan arahan tentang isi dari materi karya ilmiah terapan kepada peneliti.
4. Ibu Diyah Purwitasari, S.Psi., S.Si., M.M. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan masukan dan arahan tentang isi dari materi karya ilmiah terapan kepada peneliti.
5. Seluruh dosen di Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah mengarahkan peneliti.
6. Kedua orang tua saya yang telah mendukung penuh dan doa yang selalu dipanjatkan setiap harinya dalam penyelesaian karya ilmiah terapan ini.
7. Teman-teman saya yang telah memberikan dukungan serta doa dan memberikan semangat untuk menyelesaikan karya ilmiah terapan ini.

Akhir kata peneliti berharap semoga karya ilmiah terapan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan bagi peneliti khususnya. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan petunjuk dan lindungan dalam melakukan penelitian selanjutnya.

Surabaya, 27 Februari 2026

HANDIKA ALVIN EVRIANTO
NIT.22 36 306 2 035

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR	iv
PENGESAHAN PROPOSAL KARYA ILMIAH TERAPAN.....	v
PENGESAHAN LAPORAN AKHIR KARYA ILMIAH TERAPAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Review Penelitian Sebelumnya.....	8
B. Landasan Teori	10
1. Rancang Bangun.....	10
2. <i>Smart Door Lock</i>	11

3. Sistem Keamanan	11
4. Kamar Mesin	12
5. ESP32.....	12
6. ESP32-CAM.....	14
7. Sensor <i>Fingerprint</i>	15
8. <i>Keypad</i>	16
9. Arduino IDE	17
10. OLED I2C	18
11. Servo	19
C. Kerangka Penelitian.....	21
BAB III METODE PENELITIAN	22
A. Perancangan Sistem	22
1. Jenis Penelitian	22
2. Diagram Blok	23
3. <i>Flowchart</i>	24
B. Perancangan Alat.....	26
1. Skema ESP32 Dengan ESP32-CAM.....	27
2. Skema ESP32 Dengan Sensor <i>Fingerprint</i>	27
3. Skema ESP32 Dengan <i>Keypad</i>	28
4. Skema ESP32 Dengan OLED I2C	28
5. Skema ESP32 Dengan Servo	29
6. Skema Dan Ilustrasi Keseluruhan Rangkaian Sistem.....	29
C. Rencana Pengujian	30
1. Pengujian Statis	31

2. Pengujian Dinamis.....	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	37
A. Hasil Penelitian.....	37
1. Pengujian Statis	37
2. Pengujian Dinamis.....	43
B. Analisis Data	45
1. Analisa Akurasi.....	45
2. Analisa Keberhasilan Sistem Keamanan Multi-akses	51
3. Analisa Pengambilan Keputusan Akses.....	53
4. Analisa Respon dan Interaksi Sistem.....	53
5. Analisa Kegagalan Fungsi Sistem	54
6. Analisa Efektivitas Integrasi Sistem	55
C. Kajian Produk Akhir	56
BAB V PENUTUP	58
A. Kesimpulan	58
B. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Review Jurnal	8
Tabel 2.2 Spesifikasi ESP32	13
Tabel 2.3 Spesifikasi ESP32-CAM	14
Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor <i>Fingerprint</i>	16
Tabel 2.5 Spesifikasi <i>Keypad</i> 4x4	17
Tabel 2.6 Spesifikasi OLED I2C	19
Tabel 2.7 Spesifikasi Servo	20
Tabel 3.1 Koneksi Pin ESP32-CAM pada ESP32	27
Tabel 3.2 Koneksi Pin Sensor <i>Fingerprint</i> pada ESP32	28
Tabel 3.3 Koneksi Pin Keypad pada ESP32	28
Tabel 3.4 Koneksi Pin OLED I2C pada ESP32	29
Tabel 3.5 Koneksi Pin Servo pada ESP32	29
Tabel 3.6 Rencana Pengujian ESP32	31
Tabel 3.7 Rencana Pengujian ESP32-CAM	32
Tabel 3.8 Rencana Pengujian Sensor <i>Fingerprint</i>	33
Tabel 3.9 Rencana Pengujian <i>Keypad</i>	33
Tabel 3.10 Rencana Pengujian OLED I2C	34
Tabel 3.11 Rencana Pengujian Servo	34
Tabel 3.12 Rencana Pengujian Dinamis	35
Tabel 4.1 Pengujian ESP-32U	38
Tabel 4.2 Pengujian Statis ESP32-S3 AI Camera	39
Tabel 4.3 Pengujian Sensor <i>Fingerprint</i>	40
Tabel 4.4 Pengujian Keypad	41
Tabel 4.5 Pengujian OLED I2C	42
Tabel 4.6 Pengujian Servo	43
Tabel 4.7 Pengujian Dinamis	45
Tabel 4.8 Label <i>Confusion Matrix</i>	46
Tabel 4.9 Hasil <i>Confusion Matrix</i>	47
Tabel 4.10 Nilai <i>Matrix Score</i> pada ESP32-CAM, Sensor <i>Fingerprint</i> , dan <i>Keypad</i>	50
Tabel 4.11 Analisa Keamanan Multi-akses	51
Tabel 4.12 Perbandingan Jurnal Penelitian	51
Tabel 4.13 Analisa Pengambilan Keputusan Akses	53
Tabel 4.14 Analisa Respon Sistem	54
Tabel 4.15 Analisa Interaksi Antar Modul	54
Tabel 4.16 Analisa Kegagalan Fungsi Sistem	55
Tabel 4.17 Analisa Integrasi Sistem	55
Tabel 4.18 Prinsip Kerja Sistem <i>Smart Door Lock</i>	56
Tabel 4.19 Prinsip Kerja Sistem <i>Smart Door Lock</i>	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kamar Mesin Kapal	12
Gambar 2.2 ESP-32U.....	13
Gambar 2.3 ESP32-CAM	15
Gambar 2.4 Sensor <i>Fingerprint</i>	16
Gambar 2.5 <i>Keypad</i>	17
Gambar 2.6 Arduino IDE	18
Gambar 2.7 OLED I2C	19
Gambar 2.8 Servo.....	20
Gambar 2.9 Kerangka Penelitian	21
Gambar 3.1 Diagram Perancangan	23
Gambar 3.2 Flowchart Cara Kerja Alat.....	25
Gambar 3.3 Skema ESP32 Dengan ESP32-CAM	27
Gambar 3.4 Skema ESP32 Dengan Sensor <i>Fingerprint</i>	27
Gambar 3.5 Skema ESP32 Dengan <i>Keypad</i>	28
Gambar 3.6 Skema ESP32 Dengan OLED I2C	28
Gambar 3.7 Skema ESP32 Dengan Servo	29
Gambar 3.8 Skema Keseluruhan Rangkaian Sistem.....	30
Gambar 3.9 Ilustrasi Prototype	30
Gambar 4.1 Pengujian ESP-32U.....	37
Gambar 4.2 Pengujian ESP32-S3 AI Camera.....	38
Gambar 4.3 Pengujian Sensor <i>Fingerprint</i> AS608	39
Gambar 4.4 Pengujian <i>Keypad</i> 4x4.....	40
Gambar 4.5 Pengujian OLED I2C	41
Gambar 4.6 Pengujian Servo SG90	42
Gambar 4.7 3D Design Smart Door Lock.....	56
Gambar 4.8 Rancang Bangun Smart Door Lock	57

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara kepulauan yang terdiri atas lebih dari 16.000 pulau yang tersebar di wilayah perairan yang luas. Selain itu, perairan Indonesia juga memiliki potensi sumber daya laut yang sangat besar yang dapat dimanfaatkan sebagai penunjang perekonomian nasional. Bagi negara kepulauan, transportasi laut sangatlah penting dan menjadi urat nadi seluruh aspek perekonomian dan masyarakat. Dengan kata lain, baik angkutan barang maupun angkutan penumpang memerlukan angkutan laut berupa kapal (Panjaitan et al., 2025). Kapal sebagai alat transportasi laut memegang peranan penting dalam menunjang aktivitas distribusi dan mobilitas antar wilayah, namun, di balik peran strategis tersebut, pelayaran juga menghadapi berbagai ancaman keamanan. Salah satu bentuk ancaman yang sering terjadi adalah perompakan kapal, di mana pelaku menggunakan kekerasan atau ancaman senjata tajam terhadap awak kapal dengan tujuan melakukan penyanderaan atau penculikan demi mendapatkan tebusan dari pihak perusahaan pelayaran (Rizki Utomo et al., 2025).

Keamanan mempunyai arti yang sangat penting dalam sektor maritim, khususnya dalam ruang mesin kapal. Ruangan ini berfungsi sebagai ruang penting di kapal, menampung komponen-komponen penting seperti mesin utama dan peralatan penting lainnya. Mesin utama dan sistem yang mendukung operasional kapal berada di kamar mesin kapal, merupakan area yang sangat

penting dalam operasional kapal. Sehingga akses ke area ini harus dikontrol secara ketat untuk mencegah kecelakaan dan mengurangi risiko kecelakaan pada kapal, seperti kasus kapal M.V. Fu Yuan berbendera Cina pada tanggal 15 Agustus 2005, terjadi ledakan di kamar mesin yang diduga karena adanya pihak yang sengaja melakukan sabotase di kapal itu yang mengakibatkan terjadinya tumpahan minyak di Teluk Dalam, Ambon, Maluku. Indikasi sabotase muncul karena saat itu kapal Fu Yuan tengah dalam proses pengadilan atas kasus penangkapan ikan ilegal di perairan Maluku (Liputan6, 2005). Oleh karena itu menjadi penting untuk menetapkan langkah-langkah ketat yang membatasi akses dan melakukan kontrol ketat terhadap individu yang diizinkan memasuki kawasan ini. Dengan membatasi akses atau keamanan di pintu kamar mesin kapal memastikan bahwa hanya orang yang berwenang dan memiliki izin untuk masuk ke area tersebut. Ini mengurangi risiko kecelakaan dan memastikan keselamatan operasional kapal.

Sebagai upaya meningkatkan keamanan internasional, *International Maritime Organization* (IMO) menetapkan *Internasional Ship and Port Facility Security Code* (ISPS Code) sebagai standar keamanan bagi kapal dan fasilitas pelabuhan. Aturan ini merupakan bagian dari amandemen *International Convention Safety of Life at Sea* (SOLAS) 1974 yang mulai berlaku secara global pada 1 Juli 2004. Melalui ketentuan tersebut, seluruh negara anggota IMO, termasuk Indonesia, diwajibkan untuk menerapkan sistem keamanan terpadu guna mencegah berbagai potensi gangguan dan tindak kejahatan di sektor maritim (Pratama et al., 2025). Sistem keamanan merupakan suatu sistem yang dirancang untuk melindungi aset dari berbagai potensi ancaman dan

gangguan. Secara umum, sistem keamanan dibagi menjadi dua kategori, yaitu sistem keamanan manual dan sistem keamanan otomatis. Sistem keamanan manual tidak menggunakan teknologi dalam proses pengamannya, sementara sistem keamanan otomatis memanfaatkan berbagai perangkat teknologi seperti sensor gerak, alarm, dan sensor inframerah (Fahmi, 2021). Meskipun demikian, pada kenyataannya sebagian besar sistem keamanan yang digunakan di kapal masih bersifat manual, sehingga tingkat perlindungan yang dihasilkan masih relatif rendah.

Menurut data rekapitulasi tindak pidana di sektor kelautan dan perikanan yang dipublikasikan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, jumlah kasus kriminalitas mengalami peningkatan dari 139 kasus pada tahun 2020 menjadi 213 kasus pada tahun 2021, yang menunjukkan adanya ancaman keamanan di sektor maritim. Area kapal yang rentan menjadi sasaran tindak kejahatan meliputi kamar mesin dan anjungan, sehingga peningkatan kasus tersebut menunjukkan bahwa pencurian di atas kapal tidak ada diabaikan dan memerlukan penanganan serius dari pihak pengamanan kapal. Rendahnya tingkat sistem keamanan serta tingginya biaya pengamanan tambahan turut meningkatkan risiko pembajakan maupun pencurian terhadap aset berharga di atas kapal (Thariq Arifun Nathiq, 2024). Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi telah memungkinkan pengembangan sistem keamanan yang lebih canggih, seperti *smart door lock*. Penerapan sistem *smart door lock* berbasis ESP32-CAM mampu memberikan kemudahan akses tanpa penggunaan kunci fisik, dilengkapi dengan kemampuan pemantauan jarak jauh serta pengambilan gambar secara *real-time*. Modul ESP32-CAM merupakan

perangkat berukuran kecil yang terintegrasi dengan konektivitas Wi-Fi dan kamera bawaan, sehingga mampu melakukan pengenalan wajah pengguna serta dirancang untuk mendeteksi identitas melalui citra wajah yang memiliki akses maupun tidak (Putra & Ihsan, 2025). Sistem keamanan ini menggabungkan teknologi elektronik dan komputasi untuk memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi dan kontrol yang lebih baik atas akses ke ruang kamar mesin kapal. Metode identifikasi dan verifikasi yang memiliki tingkat keandalan dan akurasi tinggi dapat dikembangkan melalui penerapan teknologi biometrik yang memanfaatkan karakteristik unik yang dimiliki oleh setiap individu sebagai dasar proses autentikasi. Teknologi ini sangat tepat digunakan dalam sistem identifikasi yang memerlukan tingkat keamanan yang tinggi. Saat ini, berbagai teknologi biometrik telah dikembangkan, seperti pengenalan sidik jari, retina mata, dan iris mata. Namun, dalam penerapannya teknologi tersebut umumnya mengharuskan pengguna untuk menyesuaikan posisi tubuh dengan sensor atau kamera yang digunakan, sehingga proses autentikasi menjadi kurang fleksibel dan terkesan kaku (Haris Bachtiar et al., 2022).

Dengan memanfaatkan mikrokontroler sebagai otak dari sistem *smart door lock*, kita dapat menciptakan solusi yang dapat diandalkan dan mudah dikelola. Mikrokontroler mampu mengendalikan berbagai aspek dari sistem, termasuk otentikasi pengguna, monitoring keamanan, dan akses kontrol. Selain itu, integrasi dengan jaringan kapal atau sistem pengawasan yang ada juga memungkinkan untuk meningkatkan keefektifan dan keterhubungan sistem keamanan.

Selain menjaga keamanan, sistem *smart door lock* juga dapat memberikan manfaat tambahan, seperti pencatatan akses, nontifikasi ke ponsel pintar atau pusat pengawasan kapal ketika ada upaya akses yang tidak sah, dan kemampuan untuk mengintegrasikan dengan sistem keamanan yang lebih luas di kapal.

Dengan mempertimbangkan kebutuhan yang tinggi dan lingkungan operasional yang keras di kapal, pengembangan sistem *smart door lock* dapat menjadi solusi yang efektif dan andal dalam meningkatkan keamanan ruang kamar mesin kapal. Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, penulis merancang suatu alat sebagai solusi untuk meningkatkan sistem keamanan, yang kemudian dijadikan sebagai tugas akhir dengan judul “**RANCANG BANGUN *SMART DOOR LOCK* SEBAGAI SISTEM KEAMANAN PADA RUANG KAMAR MESIN BERBASIS ESP32-CAM**”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang di atas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang kemudian dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana akurasi *smart door lock* berbasis ESP32-CAM?
2. Bagaimana prinsip kerja *smart door lock* berbasis ESP32-CAM yang telah dirancang?

C. Batasan Masalah

Untuk mencegah terjadinya penyimpangan dari pokok permasalahan yang dibahas serta agar tujuan penelitian dapat dicapai secara terarah, maka peneliti memfokuskan pokok masalah dengan membatasi hal-hal berikut:

1. Pada penelitian ini menggunakan kamera pendeteksi wajah berupa ESP32-CAM versi terbaru yaitu ESP32-S3 AI Camera dengan resolusi *3 megapixel*, *fingerprint*, dan *keypad* sebagai *input* untuk membuka akses pintu.
2. Modul mikrokontroler yang digunakan pada alat yang dirancang yaitu ESP-32U untuk pembuatan sistem.
3. Membahas tingkat akurasi tiap akses yang digunakan dan prinsip kerja dari alat yang telah dirancang.
4. Alat yang dibuat pada Karya Ilmiah Terapan ini hanyalah simulasi dalam bentuk *prototype*.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan yang disusun berdasarkan judul yang telah dijelaskan sebelumnya. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui akurasi *smart door lock* berbasis ESP32-CAM.
2. Mengetahui prinsip kerja *smart door lock* berbasis ESP32-CAM.

E. Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Aspek Teoritis
 - a. Para pembaca dapat dengan mudah untuk memahami mekanisme kerja masing-masing komponen yang digunakan dalam perancangan alat.
 - b. Sebagai bahan pengembangan penelitian lebih lanjut.

- c. Menambah wawasan tentang bagaimana tingkat akurasi dari tiap-tiap metode akses yang digunakan dan prinsip kerja dari alat yang dirancang.

2. Aspek Praktis

- a. Menambah pengetahuan dan wawasan dalam merancang serta membangun *smart door lock*.
- b. Tercapainya sistem keamanan *smart door lock* berbasis ESP32-CAM.
- c. Memungkinkan penggunaan sistem keamanan pada ruang kamar mesin menggunakan *smart door lock*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Penelitian terdahulu dikaji oleh peneliti sebagai bahan perbandingan dan sumber inspirasi dalam pengembangan penelitian yang dilakukan. Selain itu, hasil dari penelitian tersebut juga dijadikan sebagai referensi untuk mendukung proses penelitian ini.

Tabel 2.1 Review Jurnal

No.	Peneliti	Judul	Hasil
1	Tri Linda Sofiyana, Akhlis Munazilin (2022)	Pembuatan <i>Prototype Smart Door Lock</i> Menggunakan RFID (<i>Radio Frequency Identification</i>) Dan Mikrokontroler Arduino	Pada penelitian sebelumnya menggunakan RFID sebagai mikrokontroler utama. Sistem dapat mengidentifikasi dan membedakan antara pengguna yang terdaftar dengan pengguna yang tidak memiliki akses ke ruangan. Sedangkan rancang bangun <i>smart door lock</i> sebagai sistem keamanan pada ruang kamar mesin berbasis ESP32-CAM, berfokus terhadap teknologi biometrik berupa <i>face recognition</i> menggunakan ESP32-CAM yang memiliki tingkat keamanan lebih tinggi dibanding RFID serta menggunakan ESP-32U sebagai mikrokontroler utama.
2	Elsa Nabila Rahmatunnisa, Billy Adrian Fernanda, Yusuf Maulana, Ali Hapid Aripin (2024)	Implementasi Sistem Keamanan Rumah Berbasis Pengenalan Wajah untuk Peningkatan Keamanan <i>Residensial</i>	Pada penelitian sebelumnya proses perintah dan penggerak pintu otomatis menggunakan mikrokontroler ESP32-CAM dan solenoid, serta penggunaan fitur pengenalan wajah yang terdapat pada ESP32-CAM untuk mengidentifikasi identitas sehingga kita dapat menerapkan teknologi <i>face recognition</i> pada sistem keamanan rumah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa teknologi <i>face recognition</i> dapat menjadi solusi yang efektif dalam mengatasi permasalahan keamanan, seperti peretasan pintu melalui lubang kunci serta kehilangan kunci oleh pemilik rumah. Meskipun demikian, sistem ini memiliki kelemahan pada kondisi pencahayaan yang rendah karena kemampuan

No.	Peneliti	Judul	Hasil
			pendeteksian wajah dapat menurun sehingga proses pembukaan pintu menjadi lebih sulit.

Sumber: (Rahmatunnisa et al., 2024; Sofiyana & Munazilin, 2022)

Pada penelitian 1 membahas tentang Pembuatan *Prototype Smart Door Lock* Menggunakan RFID (*Radio Frequency Identification*) Dan Mikrokontroler Arduino. Penelitian tersebut hanya menggunakan satu sensor *input* yaitu RFID sebagai akses agar solenoid terbuka dan mikrokontrolernya menggunakan Arduino pengendali secara keseluruhan.

Pada penelitian 2 membahas tentang Implementasi Sistem Keamanan Rumah Berbasis Pengenalan Wajah untuk Peningkatan Keamanan *Residensial* menggunakan ESP32-CAM sebagai sensor wajah sekaligus mikrokontroler utama, serta hasil penelitiannya difokuskan terhadap keberhasilan deteksi wajah dalam berbagai kondisi pencahayaan. Berdasarkan hasil penelitiannya, dengan melihat performa dalam berbagai kondisi pencahayaan terutama pencahayaan rendah yang menjadi kelemahan sekaligus tantangan yang dihadapi alat ini.

Dari kedua penelitian diatas, peneliti memutuskan untuk menggunakan ESP-32U sebagai mikrokontroler utama yang dikombinasikan dengan teknologi biometrik sebagai *input* akses berupa *face recognition* menggunakan ESP32-CAM yang memiliki tingkat keamanan lebih tinggi dibandingkan RFID pada penelitian 1. Namun pada penelitian 2 menyatakan bahwa kamera ESP32-CAM memiliki kelemahan yaitu ketika situasi pencahayaan rendah, kemampuan deteksi wajah mengalami penurunan yang dapat membuat pintu yang terkunci sangat sulit untuk dibuka. Sehingga untuk mengatasi kelemahan tersebut, peneliti menggunakan ESP32-CAM versi terbaru yaitu ESP32-S3 AI *Camera* yang diharapkan memiliki kinerja lebih tinggi dan pemrosesan sinyal

lebih cepat dibandingkan ESP32-CAM. Selain itu, peneliti juga menambahkan teknologi biometrik yang lain yaitu sensor *fingerprint* dan juga menambahkan *keypad* sebagai alternatif lain ketika kedua sensor biometrik mengalami kendala. Dengan menggunakan multi-akses berupa pengenalan wajah, sidik jari, dan PIN yang dikombinasikan dengan mikrokontroler ESP-32U, peneliti berharap sistem yang akan dibuat menjadi lebih baik dan efisien.

B. Landasan Teori

1. Rancang Bangun

Perancangan dapat diartikan sebagai proses yang terdiri dari beberapa tahapan untuk menerjemahkan hasil analisis sistem ke dalam bentuk bahasa pemrograman sehingga dapat menjelaskan secara detail implementasi setiap komponen sistem (Septriyanti, 2019). Proses ini meliputi penentuan kebutuhan proses dan data yang diperlukan oleh sistem, kemudian dilanjutkan dengan perancangan sistem alternatif yang paling sesuai untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Sementara itu, pembangunan sistem dapat diartikan sebagai proses pembuatan sistem baru atau upaya penggantian serta perbaikan terhadap sistem yang telah ada, baik secara menyeluruh maupun sebagian (Septriyanti, 2019). Dengan demikian, rancang bangun dapat diartikan sebagai proses penerjemahan hasil analisis sistem ke dalam perangkat lunak yang selanjutnya digunakan untuk mengembangkan sistem baru atau melakukan perbaikan terhadap sistem yang telah ada.

2. *Smart Door Lock*

Perangkat keamanan pintu yang dilengkapi dengan teknologi modern untuk mengontrol akses ke pintu atau bangunan disebut *Smart Door Lock*. Istilah *smart* dalam bahasa Inggris memiliki arti pintar. Dengan demikian, *smart door lock* dapat diartikan sebagai sistem penguncian pintu berbasis digital yang dirancang untuk meningkatkan keamanan melalui metode akses nonkonvensional, sehingga banyak digunakan pada perkantoran maupun bangunan yang membutuhkan tingkat keamanan tinggi. Sistem ini bekerja menggunakan otentikasi elektronik, antara lain kartu *Radio Frequency Identification* (RFID), identifikasi sidik jari (*fingerprint*), kode PIN, sensor suara berbasis *piezoelectric*, sensor gerak dan teknologi pengenalan wajah. Sistem tersebut juga dapat diintegrasikan dengan smartphone berbasis Android yang membedakannya dari sistem kunci pintu fisik atau konvensional (Maulana et al., 2023). Fungsi utama dari *smart door lock* adalah untuk mengontrol akses pintu sehingga hanya pengguna yang memiliki izin atau otorisasi tertentu yang dapat mengaksesnya. Sistem pengunci pintu pintar menawarkan keamanan yang lebih tinggi, kenyamanan, dan fleksibilitas dalam mengontrol akses ke ruangan atau bangunan. Dengan demikian, *smart door lock* ini akan membuat rumah anda lebih aman dan pengunciannya lebih mudah digunakan.

3. Sistem Keamanan

Sistem dapat diartikan sebagai sekumpulan komponen yang saling berinteraksi dan terintegrasi dalam suatu kesatuan untuk menjalankan suatu proses atau kegiatan dengan tujuan tertentu (Haris Bachtiar et al., 2022).

Selain itu, sistem juga dapat didefinisikan sebagai jaringan kerja dari prosedur-prosedur yang saling berhubungan, yang berkumpul untuk melakukan suatu kegiatan atau untuk menyelesaikan suatu tujuan tertentu. Sedangkan keamanan adalah keadaan dimana tidak ada bahaya. Istilah ini dapat digunakan dalam konteks kejahatan, segala jenis kecelakaan, dan lain-lain. Sistem keamanan membantu orang merasa aman dari bahaya dan tidak takut, resah, atau gelisah tentang barang berharga yang ditinggalkan. Sistem keamanan memiliki kemampuan untuk mengetahui jika sesuatu terjadi terhadap barang berharga.

4. Kamar Mesin

Kamar mesin kapal, juga disebut “*Engine Room*” adalah bagian penting dari setiap kapal. Ini adalah pusat kendali dan pemeliharaan mesin kapal serta tempat mesin utama dan sistem-sistem yang mendukung operasional kapal. Kamar mesin kapal juga merupakan pusat semua sistem mekanik, listrik, dan peralatan terkait lainnya.



Gambar 2.1 Kamar Mesin Kapal
Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

5. ESP32

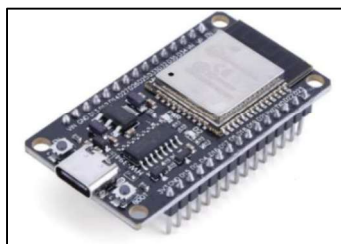
ESP32 adalah mikrokontroler yang menggunakan chip ESP32 dengan dukungan dua mode konektivitas, yaitu WiFi dan *Bluetooth*, yang

memungkinkan pengguna mengembangkan berbagai aplikasi dan proyek berbasis IoT dengan lebih mudah. ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif System* sebagai generasi penerus dari ESP8266 dengan berbagai peningkatan fitur dan kemampuan dibandingkan versi sebelumnya (Kusumo & Ardiansyah, 2024). ESP-32U dilengkapi inti CPU dan koneksi WiFi yang lebih cepat, jumlah GPIO yang lebih banyak, serta dukungan *Bluetooth* 4.2 dengan konsumsi daya yang rendah, sehingga sangat efektif digunakan dalam pengembangan proyek elektronika berbasis *Internet of Things* (IoT). Komponen ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2.2 Spesifikasi ESP32

Nama	Spesifikasi
<i>CPU</i>	<i>Tensilica Xtensa LX6 32 bit Dual-Core at 160/240 MHz</i>
<i>SRAM</i>	<i>520 KB</i>
<i>FLASH</i>	<i>2MB (max. 64MB)</i>
<i>Voltage</i>	<i>2.2V to 3.6V</i>
<i>Operating current</i>	<i>80mA average</i>
<i>Programmable</i>	<i>Free (C, C++, Lua, etc.)</i>
<i>Open source</i>	<i>Yes</i>
<i>Wifi</i>	<i>802.11 b/g/n</i>
<i>Bluetooth</i>	<i>4.2 BR/EDR + BLE</i>
<i>UART</i>	<i>3</i>
<i>GPIO</i>	<i>32</i>
<i>SPI</i>	<i>4</i>
<i>I2C</i>	<i>2</i>
<i>PWM</i>	<i>8</i>
<i>ADC</i>	<i>18 (12-bit)</i>
<i>DAC</i>	<i>2 (8-bit)</i>
<i>Size</i>	<i>25.5 x 18.0 x 2.8 mm</i>

Sumber: <https://id.scribd.com>



Gambar 2.2 ESP-32U

Sumber: <https://zaitronics.com.au>

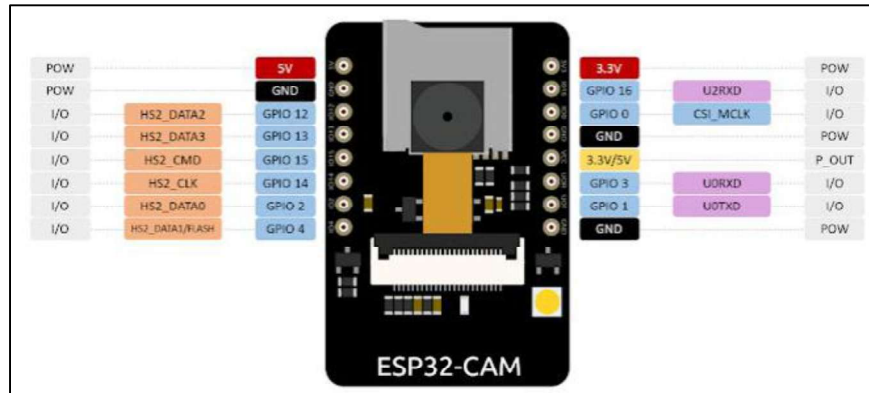
6. ESP32-CAM

ESP32-CAM adalah papan pengembangan berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan modul kamera. Perangkat ini dilengkapi dengan berbagai fitur, antara lain *Bluetooth*, WiFi, kamera, dan slot kartu microSD. Mikrokontroler ini bisa digunakan untuk memberikan sebuah perintah pada Arduino IDE untuk memanfaatkan *library* atau fitur yang sudah disediakan (Sanjaya & Jaya, 2023). ESP32-CAM memiliki keterbatasan pada jumlah pin I/O, di mana hanya tersedia sekitar 10 pin GPIO yang dapat digunakan dibandingkan dengan versi sebelumnya. Pin tambahan pada ESP32-CAM berperan secara internal dalam pengoperasian kamera serta slot kartu microSD. Karena modul ESP32-CAM tidak memiliki port microUSB, penggunaan adaptor FTDI eksternal menjadi diperlukan untuk keperluan koneksi dan pemrograman. Kamera merupakan salah satu fitur utama pada modul ESP32-CAM. Dengan memanfaatkan sensor berbasis chip OV2640, modul ini mampu mendukung pengenalan wajah serta deteksi objek. Modul ini memiliki spesifikasi seperti:

Tabel 2.3 Spesifikasi ESP32-CAM

Fitur	Spesifikasi
<i>Microcontroller</i>	<i>ESP32-D0WD</i>
<i>Processor</i>	<i>Dual-core, 32-bit processor, up to 240 MHz clock frequency</i>
<i>Camera</i>	<i>OV2640 (2 MP resolution)</i>
<i>RAM</i>	<i>520 KB SRAM + 4 MB PSRAM (externally added)</i>
<i>Flash memory</i>	<i>4 MB</i>
<i>Wi-Fi</i>	<i>IEEE 802.11 b/g/n (Wi-Fi 2.4 GHz)</i>
<i>Bluetooth</i>	<i>BLE and Bluetooth 4.2</i>
<i>Image output</i>	<i>JPEG (default), BMP, GRAYSCALE</i>
<i>Interface</i>	<i>SD card slot for additional storage (up to 4 GB)</i>
<i>Operating voltage</i>	<i>3.3V</i>
<i>GPIO pins</i>	<i>9 available GPIO pins for interfacing with sensor or actuators</i>
<i>Size</i>	<i>27 x 40.5 mm, highly compact</i>

Sumber: <https://thinkrobotics.com>



Gambar 2.3 ESP32-CAM

Sumber: <https://randomnerdtutorials.com>

7. Sensor *Fingerprint*

Sensor sidik jari merupakan perangkat elektronik yang bekerja dengan pemindai untuk mengenali sidik jari individu, yang digunakan dalam proses verifikasi identitas. Fungsi *fingerprint* mirip dengan kata sandi dan pola, yakni untuk memastikan keamanan serta sebagai sarana verifikasi identitas. Teknologi *fingerprint* menggunakan sidik jari manusia sebagai satu-satunya media verifikasi, sehingga tingkat keamanannya tinggi dan sulit untuk dipalsukan. Pada umumnya, sensor *fingerprint* merekam sidik jari pengguna untuk pertama kali dan menggunakan data tersebut sebagai referensi untuk verifikasi berikutnya. Data sidik jari yang diperoleh akan disimpan di dalam *database* untuk keperluan verifikasi selanjutnya. Ketika pengguna mencoba mengakses perangkat yang memiliki sensor *fingerprint*, sistem akan melakukan pemindaian ulang dan membandingkan hasilnya dengan sidik jari yang tersimpan di *database* (Prihantoro & Firasanto, 2026). Apabila data cocok, akses ke perangkat akan diberikan. Apabila sidik jari yang diperoleh tidak cocok dengan data yang tersimpan di *database*,

sistem akan menolak akses, sehingga perangkat menjadi tidak dapat dibuka.

Berikut disajikan tabel yang memuat spesifikasi sensor *fingerprint* AS608:

Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor *Fingerprint*

Nama	Spesifikasi
<i>Voltage supply</i>	3,5 – 6,0 DC
<i>Max operating current</i>	120 mA maks
<i>Peak current</i>	150 mA maks
<i>Max print imaging time</i>	<1,0 s
<i>False accept rate</i>	<0,001%
<i>False reject rate</i>	<1,0%
<i>Interface</i>	UART or TTL serial
<i>Storage capacity</i>	162 fingerprints
<i>Signature file</i>	256 bytes
<i>Template files</i>	512 bytes
<i>Default baud rate</i>	57600
<i>Window area</i>	14mm x 18mm
<i>Working temperature</i>	-20 to 50 celcius
<i>Working humidity</i>	40% RH – 85% RH

Sumber: <http://eprints.polsri.ac.id>



Gambar 2.4 Sensor *Fingerprint*

Sumber: <https://id.szks-kuongshun.com>

8. Keypad

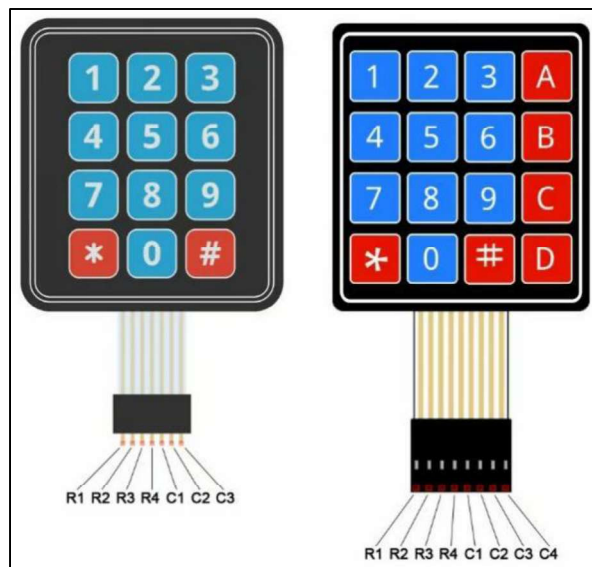
Keypad merupakan suatu perangkat elektronika yang berperan sebagai *interface* yang menghubungkan manusia dengan mesin atau perangkat elektronik, dikenal sebagai HMI (*Human Machine Interface*) (Alfonsius et al., 2024). *Keypad* matriks 4x4 dirancang dengan susunan yang sederhana dan memungkinkan penggunaan *port* mikrokontroler secara

lebih efisien. Susunan *keypad* dalam bentuk matriks dirancang untuk efisiensi penggunaan *port* mikrokontroler, mengingat banyaknya tombol yang diperlukan pada sistem berbasis mikrokontroler. Berikut disajikan table yang memuat spesifikasi *keypad* 4x4:

Tabel 2.5 Spesifikasi *Keypad* 4x4

Nama	Spesifikasi
<i>Key layout</i>	4 rows x 4 columns (16 keys total)
<i>Key type</i>	Membrane
<i>Operating voltage</i>	3V – 5V DC
<i>Interface</i>	8 digital pins (4 for rows, 4 for columns)
<i>Connector</i>	Female 2.54mm Pitch

Sumber: <https://www.electronicwings.com>



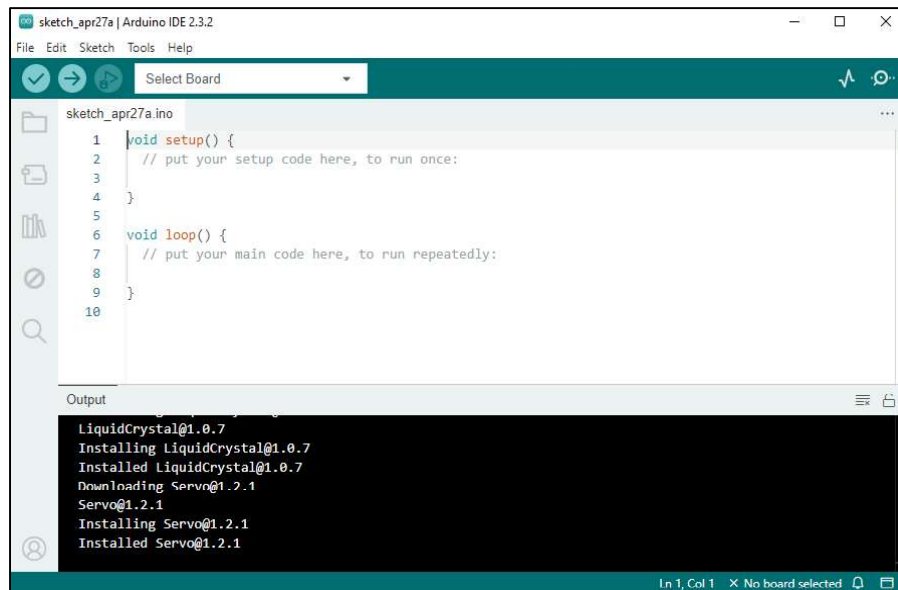
Gambar 2.5 *Keypad*

Sumber: <https://www.circuitbasics.com>

9. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan lingkungan pengembangan yang digunakan untuk memprogram *board* Arduino berdasarkan perintah yang diberikan (Molen, 2020). pada dasarnya Arduino IDE ini digunakan untuk memprogram atau memberikan perintah kepada mikrokontroler seperti Arduino Uno, namun juga dapat digunakan

untuk memberikan program kepada mikrokontroler seperti ESP32 termasuk ESP32-CAM. Arduino IDE memanfaatkan bahasa pemrograman C++ yang disederhanakan dengan bantuan *libraries* Arduino, sehingga proses pembelajaran pemrograman menjadi lebih muda (Malliawang, 2020).



Gambar 2.6 Arduino IDE

Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

10. OLED I2C

OLED I2C adalah modul layar berbasis teknologi *Organic Light Emitting Diode* menggunakan protokol *Inter-Integrated Circuit* (I2C) melalui dua jalur utama: SDA sebagai jalur data dan SCL sebagai jalur *clock*. Keunggulan layar OLED termasuk kontras yang tinggi, penggunaan daya yang rendah, dan kemampuan untuk menampilkan teks dan grafik tanpa lampu latar (*backlight*). *Driver* SSD1306 biasanya digunakan untuk modul OLED 128X64 inci 0.96 inci yang memiliki alamat I2C *default* 0x3C. Ini membuatnya mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32 untuk aplikasi yang melacak data sensor, menampilkan

status sistem, dan membuat antarmuka pengguna sederhana untuk sistem *embedded* dan IoT (Kusumah & Izzatul Islam, 2023). Berikut disajikan tabel yang memuat spesifikasi OLED I2C:

Tabel 2.6 Spesifikasi OLED I2C

Nama	Spesifikasi
Ukuran layar	0.96 inch
Resolusi	128 x 64 piksel
Warna tampilan	Monokrom putih
Interface	IIC/I2C (2-wire: SDA dan SCL)
Tegangan kerja	3.3V – 5V (regulator internal tergantung modul)
Driver IC	SSD1306
Konsumsi Daya	<20mA saat menyala penuh

Sumber: <https://store.ichibot.id>



Gambar 2.7 OLED I2C

Sumber: <https://www.tinytronics.nl>

11. Servo

Servo merupakan motor listrik yang digunakan untuk menggerakkan atau memutar suatu objek dengan pengendalian yang presisi terhadap posisi sudut, akselerasi, dan kecepatannya (Ramdan et al., 2022). Servo dapat dibedakan menurut kegunaannya atau aplikasinya. Pada motor DC konvensional, hanya kecepatan dan arah putaran yang dapat dikontrol,

sedangkan pada motor servo terdapat kemampuan tambahan untuk mengendalikan posisi berdasarkan sudut atau derajat. Motor servo terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu motor DC, *gear* rasio, potensiometer serta *controller* servo. Berikut disajikan tabel yang memuat spesifikasi dari servo:

Tabel 2.7 Spesifikasi Servo

Nama	Spesifikasi
Berat	± 9 gram
Tipe rotasi	360 derajat (kontinu)
Tegangan kerja	4.8V – 6V DC
Torsi maksimum	$\pm 1.2 - 1.5$ kg.cm
Kecepatan	± 0.12 detik / 60° pada 4.8V
Kontrol	Sinyal PWM (lebar pulsa menentukan arah & kecepatan rotasi)
Dimensi	$\pm 23 \times 12 \times 29$ mm

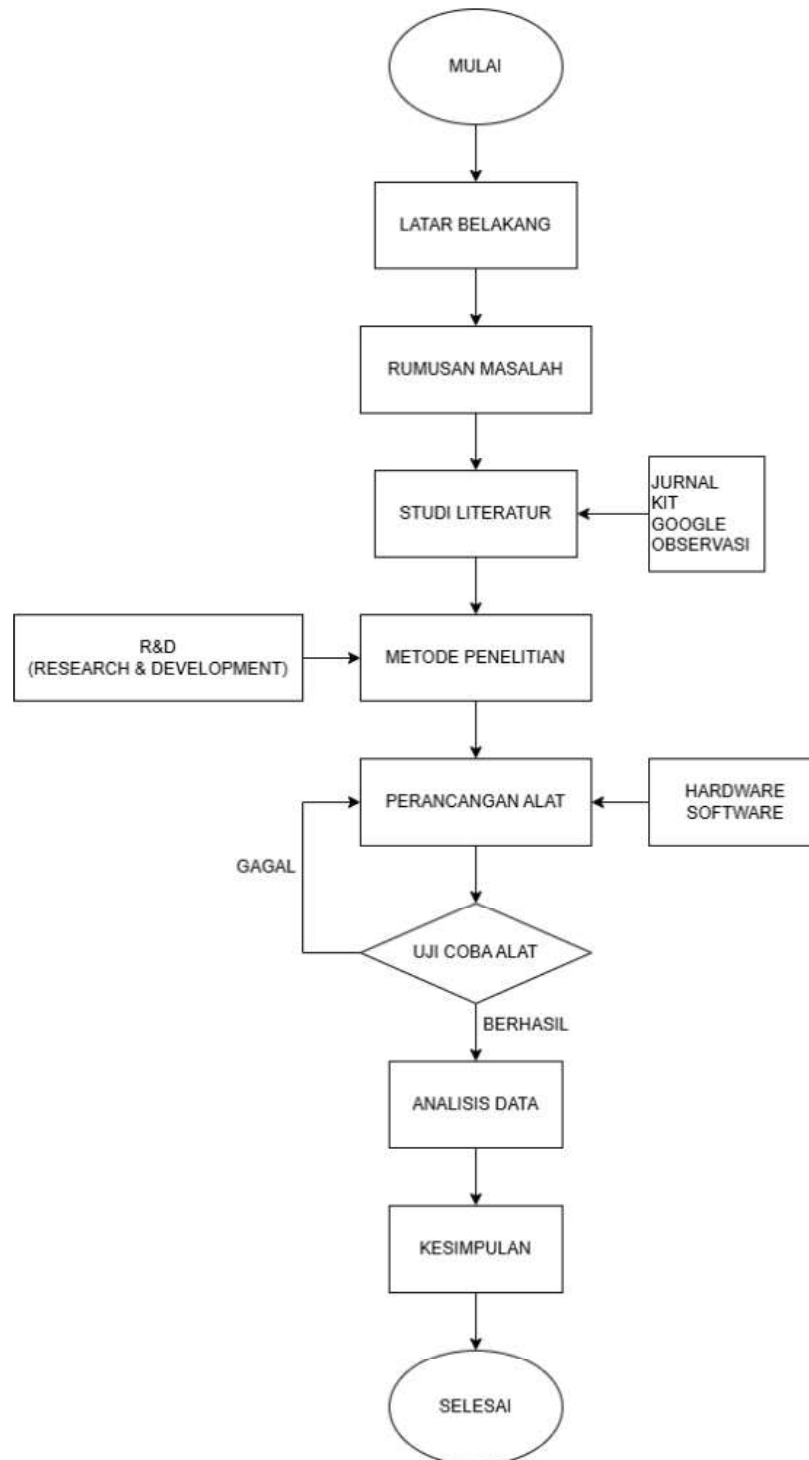
Sumber: <https://store.ichibot.id>



Gambar 2.8 Servo

Sumber: <https://nusabot.id>

C. Kerangka Penelitian



Gambar 2.9 Kerangka Penelitian
Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Pada tahap awal membangun sistem, perancangan adalah proses penentuan sistem yang akan dikembangkan agar dapat memaksimalkan fungsi yang diharapkan.

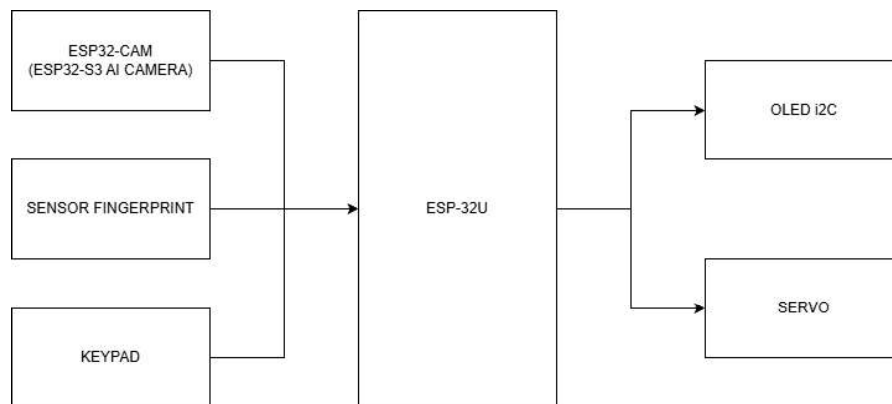
1. Jenis Penelitian

Sistem atau aplikasi yang baik adalah sistem yang dapat dibuat dengan mudah untuk memenuhi kondisi dan pengembangan apa pun yang dapat digunakan. *Prototype* produk atau alat dibuat melalui penelitian ini yang memiliki nilai fungsi yang dapat diterapkan pada kondisi atau aktivitas tertentu sesuai tujuan pembuatannya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D), yang dalam bahasa Indonesia dikenal dengan istilah penelitian dan pengembangan (Litbang). Penelitian (*research*) dapat diartikan sebagai proses kegiatan ilmiah yang dilaksanakan berdasarkan kaidah serta standar penelitian yang telah diakui secara universal. Sedangkan pengembangan (*development*) merupakan aktivitas yang bertujuan untuk melakukan penambahan atau peningkatan, baik dari segi kualitas maupun kuantitas, terhadap suatu objek atau kegiatan tertentu (Zakariah et al., 2020). pada penelitian ini, metode *Research and Development* digunakan untuk menciptakan dan mengembangkan perancangan *smart door lock*. Metode penelitian dan pengembangan memungkinkan produk dan pengembangan baru yang dapat diuji

keefektifannya untuk digunakan dalam suatu tujuan tertentu (Sugiyono, 2013). Nilai fungsi produk yang dihasilkan dari metode R&D sangat penting terutama dalam bidang pendidikan, sehingga produk yang awalnya dikembangkan di sekolah nantinya akan berorientasi pada dunia kerja, terutama di bidang teknologi yang lebih canggih untuk membantu pekerjaan.

2. Diagram Blok

Kompleksitas sistem dapat digambarkan melalui representasi komponen-komponen dalam bentuk diagram blok beserta hubungan antar komponennya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Perancangan
Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

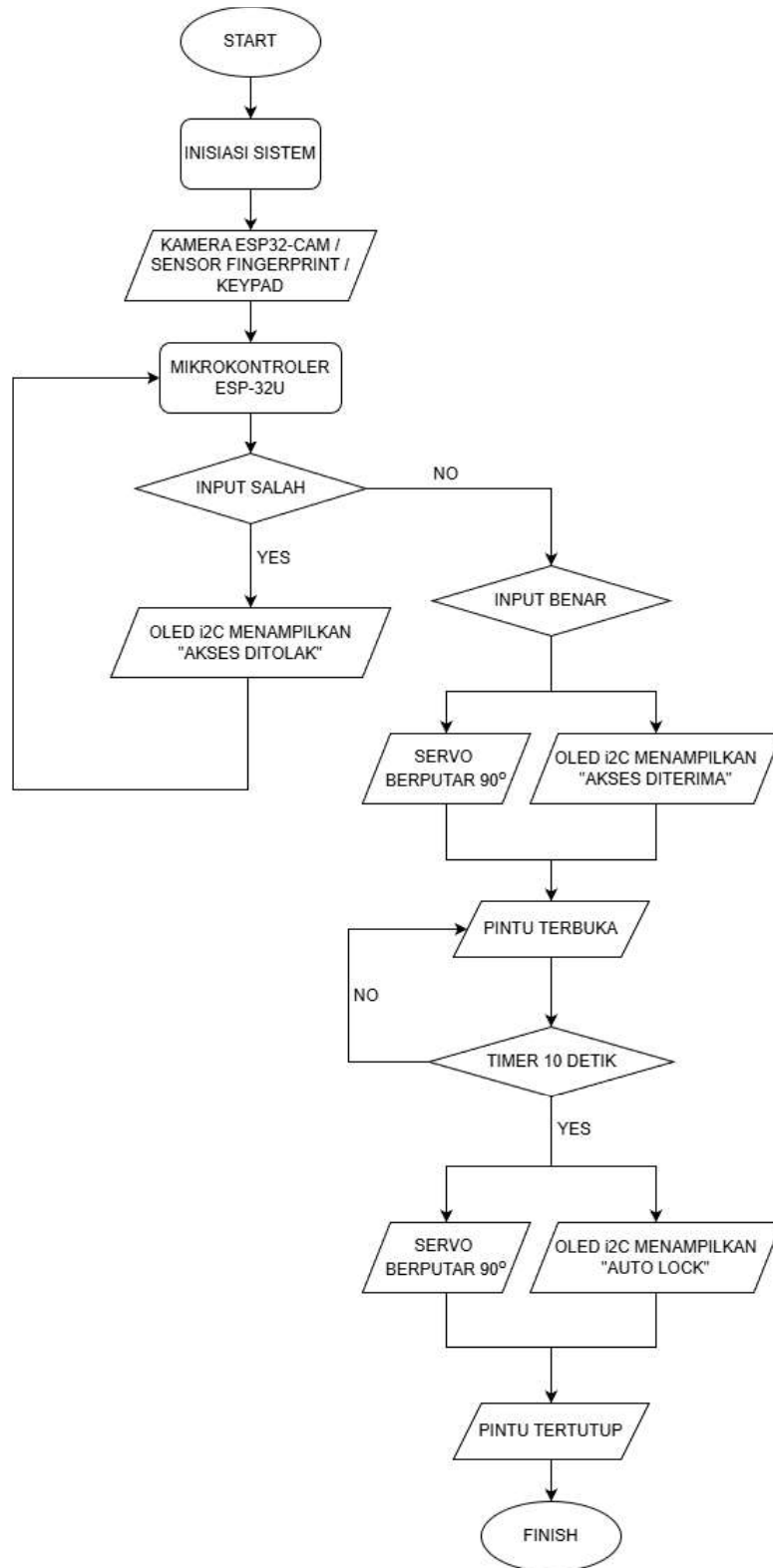
Berdasarkan rancangan blok diagram tersebut, peneliti menjelaskan fungsi dari setiap komponen yang terdapat dalam sistem.

- a. ESP32-CAM (ESP32-S3 AI *Camera*) berfungsi sebagai kamera atau *input* pengenalan wajah yang diproses ESP-32U.
- b. Sensor *Fingerprint* berfungsi meng*input* data sidik jari yang diproses ESP-32U.
- c. *Keypad* berfungsi meng*input* data kode yang diproses ESP-32U.

- d. ESP-32U berperan sebagai mikrokontroler yang memproses data serta menerima hasil pengolahan data untuk selanjutnya dikirimkan ke OLED I2C dan Servo.
- e. OLED I2C untuk menampilkan data yang diolah dari ESP32-CAM (ESP32-S3 AI Camera), Sensor *Fingerprint*, dan *Keypad*.
- f. Servo berfungsi sebagai aktuator untuk membuka dan menutup pintu secara otomatis dengan menggunakan tegangan listrik sebagai pengendalinya.

3. *Flowchart*

Peneliti ingin menggunakan *flowchart* untuk menggambarkan setiap tahap proses dari awal hingga akhir saat alat ini beroperasi, sehingga setiap tahap dapat dimengerti dengan baik. *Flowchart* adalah bentuk penyajian grafis yang menggambarkan solusi langkah demi langkah terhadap satu permasalahan. *Flowchart* dapat digunakan untuk menggambarkan operasi sederhana atau masalah yang kompleks.



Gambar 3.2 Flowchart Cara Kerja Alat
Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

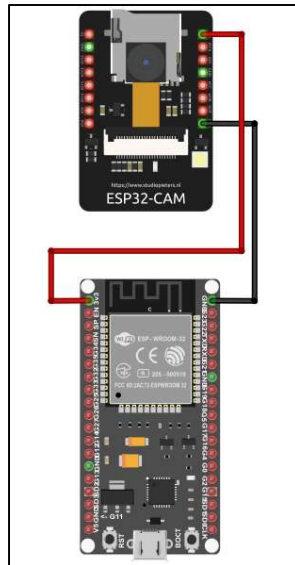
Pada gambar 3.2 ditunjukkan alur kerja sistem keamanan pada *prototype* saat pintu beroperasi. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan mikrokontroler sebagai pusat pengendali yang akan memproses seluruh data masukan dari kamera ESP32-CAM, sensor *fingerprint*, dan *keypad*. Setiap metode autentikasi tersebut berfungsi untuk melakukan verifikasi identitas pengguna sebelum akses diberikan. Setelah data pada ESP-32U diproses dan *input* yang dimasukkan benar seperti PIN, sidik jari serta wajah yang sudah di daftarkan, maka pada layar OLED akan menampilkan akses diterima dan servo akan bergerak 90° untuk membuka pintu. Sebaliknya, apabila data yang dimasukkan tidak sesuai atau belum terdaftar pada sistem, baik berupa PIN, sidik jari, maupun wajah pengguna, maka layar OLED akan menampilkan pesan akses ditolak dan motor servo tidak akan bergerak sehingga pintu tetap dalam kondisi terkunci. Setelah pintu berhasil terbuka, sistem akan memberikan jeda waktu sekitar 10 detik sebelum pintu menutup kembali secara otomatis. Pada saat waktu mencapai 10 detik, mikrokontroler ESP-32U akan mengirimkan perintah kepada motor servo untuk kembali bergerak sebesar 90° ke arah berlawanan sehingga pintu tertutup kembali. Selanjutnya layar OLED akan menampilkan pesan *auto lock* sebagai indikator bahwa pintu telah terkunci Kembali secara otomatis oleh sistem.

B. Perancangan Alat

Perancangan alat adalah proses mengintegrasikan berbagai komponen yang dihubungkan dengan kontroler untuk memastikan alat dapat bekerja secara

optimal. Terdiri dari ESP32-CAM (ESP32-S3 AI Camera). Sensor *Fingerprint*, *Keypad*, OLED I2C, dan Servo.

1. Skema ESP32 Dengan ESP32-CAM



Gambar 3.3 Skema ESP32 Dengan ESP32-CAM

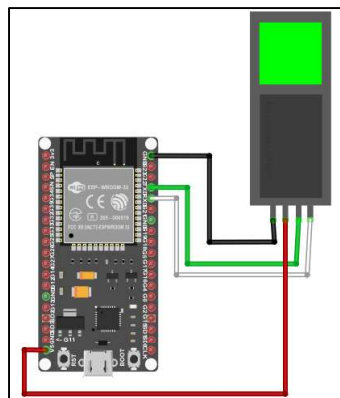
Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

Tabel 3.1 Koneksi Pin ESP32-CAM pada ESP32

Pin ESP32-CAM	Hubungkan Pin ke ESP32
3V3	3V3
GND	GND

Sumber: Diolah Peneliti

2. Skema ESP32 Dengan Sensor *Fingerprint*



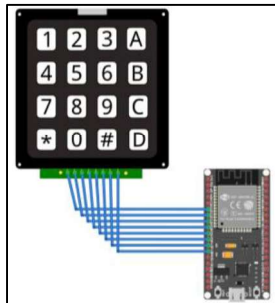
Gambar 3.4 Skema ESP32 Dengan Sensor *Fingerprint*

Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

Tabel 3.2 Koneksi Pin Sensor *Fingerprint* pada ESP32

Pin Sensor <i>Fingerprint</i>	Hubungkan Pin ke ESP32
GND	GND
VCC	V5
TX	TX
RX	RX

Sumber: Diolah Peneliti

3. Skema ESP32 Dengan *Keypad*Gambar 3.5 Skema ESP32 Dengan *Keypad*

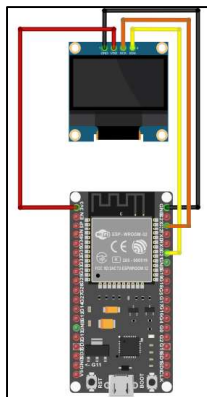
Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

Tabel 3.3 Koneksi Pin Keypad pada ESP32

Pin <i>Keypad</i>	Hubungkan Pin ke ESP32
Col1	GPIO35
Col2	GPIO32
Col3	GPIO33
Col4	GPIO25
Row1	GPIO26
Row2	GPIO27
Row3	GPIO14
Row4	GPIO12

Sumber: Diolah Peneliti

4. Skema ESP32 Dengan OLED I2C



Gambar 3.6 Skema ESP32 Dengan OLED I2C

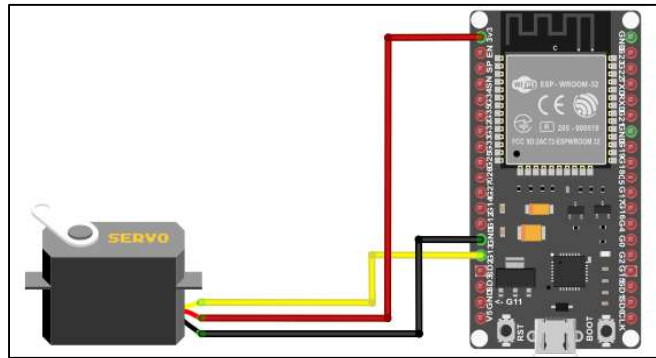
Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

Tabel 3.4 Koneksi Pin OLED I2C pada ESP32

Pin OLED I2C	Hubungkan Pin ke ESP32
GND	GND
VCC	3V3
SCL	GPIO22
SDA	GPIO21

Sumber: Diolah Peneliti

5. Skema ESP32 Dengan Servo



Gambar 3.7 Skema ESP32 Dengan Servo

Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

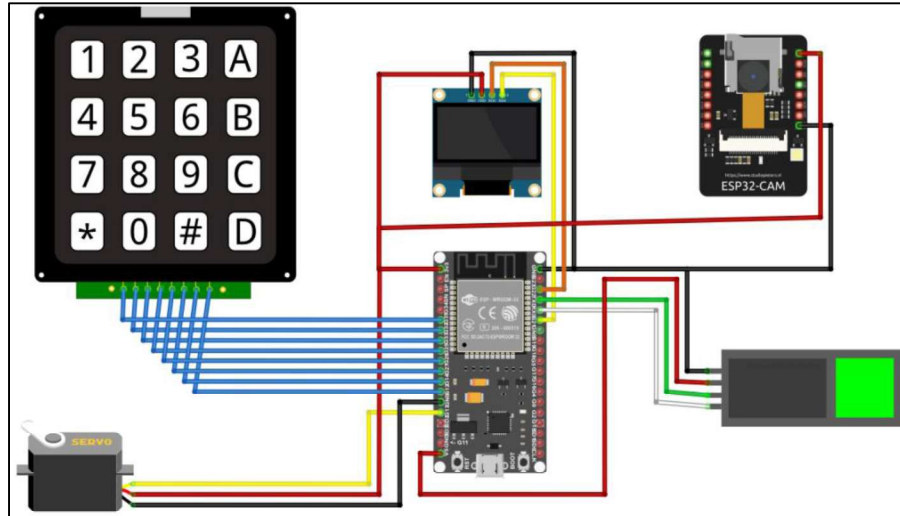
Tabel 3.5 Koneksi Pin Servo pada ESP32

Pin Servo	Hubungkan Pin ke ESP32
Pulse	GPIO13
VCC	3V3
GND	GND

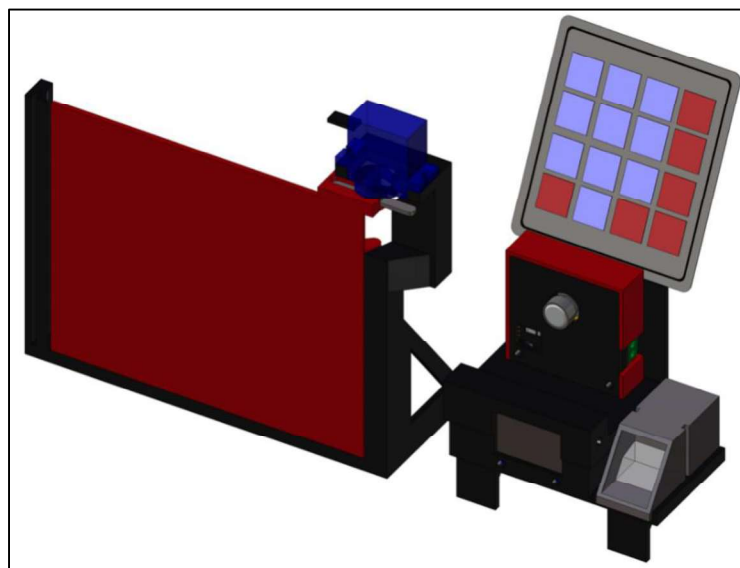
Sumber: Diolah Peneliti

6. Skema Dan Ilustrasi Keseluruhan Rangkaian Sistem

Berdasarkan skema-skema yang telah diuraikan sebelumnya, dilakukan perancangan *prototype* rancang bangun *smart door lock* berbasis ESP32-CAM yang dituangkan dalam bentuk skematik keseluruhan rangkaian sistem yang dirancang oleh peneliti. Pada gambar 3.8 merupakan skema keseluruhan rangkaian terdapat modul ESP32, ESP32-CAM, Sensor *Fingerprint*, *Keypad*, OLED I2C, dan Servo yang saling terhubung serta gambar 3.9 merupakan bentuk ilustrasi *prototype* dari alat yang akan dibuat.



Gambar 3.8 Skema Keseluruhan Rangkaian Sistem
Sumber: Dokumen Pribadi (2024)



Gambar 3.9 Ilustrasi Prototype
Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

C. Rencana Pengujian

Rencana pengujian pada penelitian ini dirancang untuk memastikan bahwa sistem *smart door lock* dapat berfungsi sesuai dengan desain dan tujuan yang telah direncanakan. Agar proses evaluasi berjalan lebih sistematis dan

mudah dianalisis, proses pengujian dalam penelitian ini dilaksanakan melalui dua tahapan, yaitu pengujian statis dan pengujian dinamis. Pemisahan tahapan ini dimaksudkan supaya pengujian dapat menilai performa tiap komponen secara terpisah sekaligus menilai kinerja sistem menyeluruh saat perangkat dijalankan dalam kondisi operasional.

1. Pengujian Statis

Pengujian statis adalah tahap pengujian yang dilakukan untuk mengecek fungsi setiap komponen sistem tanpa melibatkan kondisi operasi penuh atau skenario penggunaan secara langsung.

a. Rencana Pengujian ESP32

Rencana pengujian modul ESP32 dilakukan untuk memastikan mikrokontroler dapat bekerja optimal sebagai pusat pengendali utama pada sistem *smart door lock*. Pengujian difokuskan pada kemampuan pengolahan *input*, pengendalian *output*, komunikasi antar modul, serta kestabilan operasi sistem.

Tabel 3.6 Rencana Pengujian ESP32

Dasar Pengujian	Parameter yang Diuji	Indikator Keberhasilan	Tanggal Pengujian	Subjek Pengujian	
				1	2
Spesifikasi GPIO ESP32	Pembacaan <i>input</i> digital (<i>push button</i>)	Logika <i>high/low</i> terbaca dengan benar			
Kendali <i>output</i> digital	Kontrol LED	<i>Output</i> aktif sesuai perintah			
Komunikasi antar modul	Kirim/terima data antar modul	Data diterima tanpa <i>error</i>			
Kestabilan operasi sistem	<i>Monitoring</i> 30 menit <i>nonstop</i>	Tidak <i>restart</i> otomatis			

Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

b. Rencana Pengujian ESP32-CAM

Rencana pengujian modul ESP32-CAM dilakukan untuk memastikan perangkat dapat menjalankan fungsi pengenalan wajah serta berkomunikasi dengan sistem utama secara andal. Pengujian difokuskan pada kemampuan proses pendaftaran wajah, proses pengenalan wajah, serta kestabilan pengiriman data ke ESP32 melalui jaringan WiFi.

Tabel 3.7 Rencana Pengujian ESP32-CAM

Dasar Pengujian	Parameter yang Diuji	Indikator Keberhasilan	Tanggal Pengujian	Subjek Pengujian	
				1	2
Fitur <i>face enrollment</i>	Waktu proses pendaftaran wajah	Waktu < 10 detik dan data wajah tersimpan			
Akurasi sistem <i>face recognition</i>	Tingkat keberhasilan pengenalan wajah terdaftar	Akurasi 80% dari 5 percobaan			
Validasi wajah tidak terdaftar	Respons sistem terhadap wajah asing	Sistem menolak/tidak mengenali wajah			
Pengiriman data hasil pengenalan ke ESP32	Keberhasilan data terkirim	Data terkirim tanpa <i>loss</i> (>95%)			

Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

c. Rencana Pengujian Sensor *Fingerprint*

Rencana pengujian sensor *fingerprint* bertujuan untuk memastikan sensor dapat membaca, menyimpan, dan memverifikasi data sidik jari secara tepat sebagai salah satu metode autentifikasi pada sistem *smart door lock*. Pengujian difokuskan pada proses pendaftaran sidik jari, proses pencocokan, serta kejelasan respon sistem terhadap hasil pembacaan.

Tabel 3.8 Rencana Pengujian Sensor *Fingerprint*

Dasar Pengujian	Parameter yang Diuji	Indikator Keberhasilan	Tanggal Pengujian	Subjek Pengujian	
				1	2
Keberhasilan penyimpanan <i>template</i>	Status penyimpanan ID	ID tersimpan tanpa <i>error</i>			
Akurasi pencocokan sidik jari terdaftar	Tingkat keberhasilan (5x uji)	>90% berhasil dikenali			
Pembacaan sidik jari tidak terdaftar	Respons sistem	Sistem menolak akses			
Kejelasan respon sistem	Nontifikasi hasil pembacaan	Status “berhasil/gagal” tampil jelas			

Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

d. Rencana Pengujian *Keypad*

Rencana pengujian *keypad* dilakukan untuk memastikan perangkat *input* dapat membaca setiap penekanan tombol dengan tepat responsif sebagai media masukan pada sistem *smart door lock*. Pengujian difokuskan pada ketetapan pembacaan tombol, kecepatan respons, serta integrasi tampilan hasil *input* pada OLED.

Tabel 3.9 Rencana Pengujian *Keypad*

Dasar Pengujian	Parameter yang Diuji	Indikator Keberhasilan	Tanggal Pengujian	Subjek Pengujian	
				1	2
Pembacaan tombol tunggal	Akurasi 10x tekan tombol sama	100% terbaca tanpa salah			
Kecepatan respons sistem	<i>Delay</i> tekan → tampil di OLED	≤ 1 detik			
Integrasi dengan OLED	Kesesuaian karakter tampil	Karakter sesuai tombol tekan			

Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

e. Rencana Pengujian OLED I2C

Rencana pengujian OLED I2C bertujuan untuk memastikan modul tampilan dapat berfungsi dengan baik sebagai media antarmuka visual pada sistem *smart door lock*. Pengujian difokuskan pada kemampuan menampilkan informasi, kestabilan tampilan, serta kelancaran komunikasi data melalui jalur I2C.

Tabel 3.10 Rencana Pengujian OLED I2C

Dasar Pengujian	Parameter yang Diuji	Indikator Keberhasilan	Tanggal Pengujian	Subjek Pengujian	
				1	2
Kemampuan grafis OLED	Menampilkan karakter & simbol	Karakter/symbol tampil tanpa <i>error</i>			
Stabilitas tampilan	Operasi 30 menit <i>nonstop</i>	Tidak <i>flicker/freeze</i>			
Pengiriman data berulang	<i>Update</i> 10x berturut-turut	Tidak ada data <i>corrupt</i>			

Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

f. Rencana Pengujian Servo

Rencana pengujian servo dilakukan untuk memastikan aktuator dapat bekerja dengan baik sebagai mekanisme penggerak kunci pada sistem *smart door lock*. Pengujian difokuskan pada ketepatan sudut gerak, kesesuaian respon saat membuka dan menutup pintu.

Tabel 3.11 Rencana Pengujian Servo

Dasar Pengujian	Parameter yang Diuji	Indikator Keberhasilan	Tanggal Pengujian	Subjek Pengujian	
				1	2
Spesifikasi sudut kerja servo	Ketepatan 90°	Posisi mendekati sudut target			
Respons membuka pintu	Waktu dari perintah ke posisi terbuka	≤ 2 detik			
Respons menutup pintu	Waktu kembali ke posisi awal	≤ 2 detik			

Sumber: Dokumen Pribadi (2024)

2. Pengujian Dinamis

Pengujian dinamis adalah tahap pengujian yang dilakukan dengan menjalankan sistem *smart door lock* secara menyeluruh dalam kondisi operasional sebenarnya. Berbeda dengan pengujian statis yang memeriksa tiap komponen secara terpisah, pengujian dinamis bertujuan untuk menilai kinerja sistem secara terintegrasi saat seluruh modul bekerja bersamaan.

Pada tahap ini dilakukan simulasi penggunaan nyata, mulai dari proses *input* PIN melalui *keypad*, pemindaian sidik jari, hingga pengenalan wajah menggunakan ESP32-CAM. Setiap metode autentifikasi diuji untuk melihat respon sistem dalam memberikan keputusan akses, menggerakkan servo sebagai pengunci pintu, serta menampilkan status pada OLED secara *real-time*.

Pengujian juga mencakup komunikasi antar modul melalui jaringan WiFi internal, khususnya pertukaran data antara ESP32-CAM dan ESP32. Parameter yang diamati meliputi kecepatan respon sistem, ketepatan keputusan akses, sinkronisasi tampilan informasi, serta kestabilan kerja perangkat selama digunakan berulang kali.

Pengujian dinamis dilakukan dalam beberapa skenario penggunaan dan pengulangan untuk memastikan sistem dapat beroperasi secara konsisten, responsif, dan andal dalam kondisi penggunaan sebenarnya.

Tabel 3.12 Rencana Pengujian Dinamis

No.	Skenario Pengujian	Parameter yang Diamati	Indikator Keberhasilan	Tanggal Pengujian	Subjek Pengujian	
					1	2
1	Autentikasi PIN (<i>Keypad</i>)	Validasi PIN & respons sistem	PIN benar membuka pintu, PIN salah ditolak			

No.	Skenario Pengujian	Parameter yang Diamati	Indikator Keberhasilan	Tanggal Pengujian	Subjek Pengujian	
					1	2
2	Autentikasi sidik jari	Kecepatan & akurasi pencocokan	Sidik jari terdaftar dikenali ≤ 2 detik			
3	Autentikasi wajah	Akurasi pengenalan wajah	Wajah dikenali & sistem merespon			
4	Komunikasi antar modul	Stabilitas pengiriman data	Tidak ada data gagal kirim			
5	Sinkronisasi OLED	Kesesuaian tampilan proses	Status tampilan sesuai proses (verifikasi/berhasil/gagal)			
6	Mekanisme servo	Respons buka-tutup pintu	Servo bergerak sesuai perintah			
7	Pengujian berulang (5 siklus campuran)	Konsistensi sistem	Tidak terjadi <i>crash/restart</i>			
8	Operasi kontinu (1 jam)	Kestabilan sistem keseluruhan	Sistem tetap berjalan normal			

Sumber: Dokumen Pribadi (2024)