PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN PINTU BERBASIS *FINGERPRINT* DENGAN NOTIFIKASI *REAL-TIME* KE TELEGRAM

SKRIPSI

Diajukan oleh:

RIO RENALDI S
NIM. 210211043S

Mahasiswa Prodi Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2026 M/ 1448 H

LEMBAR PENGESAHAN BIMBINGAN

PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN PINTU BERBASIS FINGERPRINT DENGAN NOTIFIKASI REAL-TIME KE TELEGRAM

SKRIPSI

Telah Disetujui Dan Diajukan Pada Sidang Munaqasyah
Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Bidang Pendidikan Teknik Elektro

Oleh:

RIO RENALDI S
NIM : 210211043

Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Disetujuai Oleh:

Pembibing Skripsi	Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro
Dr. Sri Nengsih, S.Si., M.Sc.	**Dr. Hari Anna Lastya S.T.,MT.**
NIP. 198508102014032002	**NIP. 198704302015032005**

جامعة الرانري
AR-RANIRY

PENGESAHAN SIDANG
PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN PINTU BERBASIS FINGERPRINT DENGAN NOTIFIKASI REAL-TIME KE TELEGRAM

SKRIPSI

Telah Diuji dan Dipertahankan di Depan Tim Penguji Munaqasyah Skripsi
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Bidang
Pendidikan Teknik Elektro

Pada Hari/Tanggal : Kamis / 20 Agustus 2026
7 Rabiul Awal 1448 H

Tim Penguji Munaqasyah Skripsi

Ketua,	Sekretaris,
Dr. Sri Nengsih, S.Si., M.Sc.	**Baihaqi, M.T.**
NIP. 198508102014032002	**NIP. 19880221022031001**
Penguji I,	Penguji II,
Mursyidin, M.T.	**Junisar Afrida, M.Pd.**
NIP. 198204052023211020	**NIP. 198906202023212043**

Mengetahui,
Dekan fakultas tarbiyah dan keguruuan UIN Ar-raniry,
Darussalam, Banda Aceh

Prof. Safrul Muluk, S.Ag., MA., M.Ed., Ph.D.,
NIP.197301021997031003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama	: Rio Renaldi S
Nim	: 210211043
Prodi	: Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas	: Tarbiyah dan Keguruan
Judul Skripsi	: Perancangan Sistem Keamanan Pintu Berbasis Fingerprint Dengan Notifikasi Real-Time Ke Telegram.

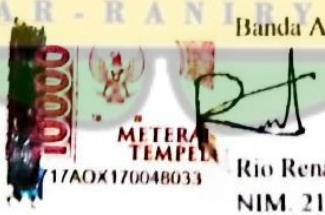
Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkannya;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan keadaan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 10 Agustus 2026



Rio Renaldi S
NIM. 210211043

ABSTRAK

Nama	:	Rio Renaldi S
Nim	:	210211043
Fakultas/Prodi	:	Tarbiyah dan keguruan/Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi	:	Perancangan Sistem Keamanan Pintu Berbasis Fingerprint Dengan Notifikasi Real-Time Ke Telegram
Jumlah Halaman	:	115
Pembimbing	:	Dr. Sri Nengsih, S.Si.,M.Sc
Kata Kunci	:	Mikrokontroler ESP32, Fingerprint R503, Sistem Keamanan Pintu, Telegram Bot, Internet of Things.

Keamanan akses merupakan salah satu aspek penting dalam melindungi aset serta meningkatkan keamanan suatu lingkungan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem keamanan pintu berbasis Fingerprint R503 dengan notifikasi *real-time* melalui Telegram menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler. Metode penelitian yang digunakan adalah model pengembangan 4D *(Define, Design, Develop, dan Disseminate*) namun penelitian ini dilaksanakan hanya hingga tahap *Develop*. dengan pengujian mengacu pada aspek *Functional Suitability, Performance Efficiency, dan Usability* berdasarkan ISO/IEC 25010. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui validasi ahli, angket responden, dan pengujian fungsional sistem. Hasil validasi oleh empat validator memperoleh persentase kelayakan sebesar 95% dengan kategori Sangat Layak, sedangkan penilaian enam responden

memperoleh persentase 97,62% dengan kategori Sangat Layak. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu beroperasi dengan baik pada variasi waktu pengujian, kondisi sidik jari normal, berdebu, dan suhu lingkungan sekitar 35°C, namun tidak dapat mengenali sidik jari dalam kondisi basah. Pengujian *False Rejection Rate* (FRR) menghasilkan tingkat keberhasilan autentikasi sebesar 81,25%, sedangkan seluruh fitur Telegram Bot berfungsi dengan baik untuk mengirim notifikasi dan menerima perintah pengguna secara *real-time*. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dikembangkan dinyatakan layak digunakan sebagai alternatif system keamanan pintu pada tempat tinggal.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala doa telah dipanjatkan memohon berkah dari Allah SWT, yang telah mengirimkan nikmat kesehatan dan nikmat ilmu kepada peneliti. Dalam setiap doa, peneliti memohon keridhaan kepada Allah SWT atas kesehatan jasmani dan rohani yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi dengan judul **"PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN PINTU BERBASIS FINGERPRINT DENGAN NOTIFIKASI REAL-TIME KE TELEGRAM."**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelesaikan tugas akhir sehingga peneliti dapat meraih gelar sarjana pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro. Dalam rangka mencapai tujuan ini, peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan. Berikut ini adalah ucapan Terima kasih peneliti:

1. Kepada orang tua yang telah memberikan motivasi, dukungan serta doa yang sangat berarti dalam penyelesaian proposal penelitian ini.
2. Kepada Bapak Prof. Safrul Muluk, S.Ag.,MA., M.Ed.,Ph.D. selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Kepada Ibu Hari Anna Lastya, S.T.,M.T. selaku Ketua Prodi Pendidikan Teknik Elektro.

4. Kepada Ibu Dr. Sri Nengsih, S.Si., M.Sc. selaku Penasehat Akademik dan selaku Pembimbing Proposal Skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan nasehat, saran, dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Kepada seluruh staf Jurusan Pendidikan teknik Elektro, yang telah membantu dalam proses administrasi selama ini.
6. Kepada dosen Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN ar-Raniry Banda Aceh, yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada peneliti.
7. Kepada teman seperjuangan di Program Pendidikan Teknik Elektro, khususnya angkatan 2021.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING..... ii
PENGESAHAN SIDANG..... iii
PERNYATAAN KEASLIAN iv
ABSTRAK.....v
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL..... xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
A.Latar Belakang.....1
B.Rumusan Masalah.....5
C.Tujuan Penelitian 5
D.Manfaat Penelitian 6
E.Definisi Operasional 7
F.Kajian Terdahulu Yang Relevan 9
BAB II KAJIAN PUSTAKA 12
A.Sistem Keamanan Pintu Otomatis 12
B.Biometrik: Fingerprint sebagai Sistem Autentikasi 13
C.Mikrokontroller ESP32.....15
D.Telegram.....17

E.Konsep Dasar Elektronika dalam Sistem Keamanan Fingerprint 20
F.ISO/IEC 25020:2011 22
BAB III METODE PENELITIAN 24
A.Jenis Dan Pendekatan Penelitian 24
B.Subjek Dan Objek Penelitian 30
C.Instrumen Pengumpulan Data 31
D.Teknik Pengumpulan Data 38
E.Teknik Analisis Data 40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 44
A.Hasil Rancangan Sistem 45
B.Hasil Integrasi Sistem Dengan Telegram Bot 67
C.Pembahasan 75
BAB V PENUTUP 85
A.Kesimpulan 85
B.Saran 86
DAFTAR PUSTAKA 88
DAFTAR LAMPIRAN 91

جامعة الرانري
AR-RANIRY

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Biometric Fingerprint..... 14
Gambar 2. 2 Mikrokontroler ESP32..... 15
Gambar 2. 3 Mekanisme Pembacaan Sistem Pada ESP32 ... 16
Gambar 2. 4 Interface Aplikasi Telegram 18
Gambar 2. 5 Diagram Blok..... 21
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian 25
Gambar 3. 2 Flowchart Diagram Alur Penelitian 25
Gambar 4. 1 Rangkaian Sensor Fingerprint R503 pada ESP32 46
Gambar 4. 2 Flowchart Sistem (a) Mode Online; (b) Mode Offline 49
Gambar 4. 3 Implementasi Inisialisasi Sistem Pada Mikrokontrole..... 51
Gambar 4. 4 Implementasi Program Siklus Utama Pada Mikrokontroler 52
Gambar 4. 5 Implementasi Verifikasi Sidik Jari..... 53
Gambar 4. 6 Implementasi Integrasi Untuk Telegram..... 54
Gambar 4. 7 Cover Manual Book..... 58
Gambar 4. 8 Pengujian Alat Berdasarkan Kondisi Lingkungan: (a) Persiapan Uji Sidik Jari Basah dan Berdebu, (b) Pengujian Sensor pada Suhu Lingkungan Panas (35°C) .. 64
Gambar 4. 9 Pembuatan BoT Telegram Menggunakan BotFather..... 68
Gambar 4. 10 Mendapatkan Chat ID 69
Gambar 4. 11 Konfigurasi Program ESP3..... 70
Gambar 4. 12 Library yang Digunakan 71
Gambar 4. 13 Upload Program Ke ESP32 72

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Skor penilaian terhadap pilihan jawaban 32
Tabel 3. 2 Lembar Validasi Hasil Pengujian Sistem 32
Tabel 3. 3 Skor penilaian terhadap pilihan jawaban 34
Tabel 3. 4 Pernyataan Angket Respon Pengguna 35
Tabel 3. 5 Pengujian Sidik Jari Berdasarkan Variasi Waktu . 36
Tabel 3. 6 Pengujian Berdasarkan Kondisi Lingkungan 37
Tabel 3. 7 Pengujian False Rejection Rate (FRR) Sensor Sidik Jari 38
Tabel 3. 8 Skor persentase validasi ahli..... 41
Tabel 3. 9 Skor Persentase Responden 42
Tabel 4. 1 Hasil Uji Kelayakan Validator 55
Tabel 4. 2 Hasil Respon Pengguna Terhadap Sistem 60
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Variasi Waktu..... 62
Tabel 4. 4 Hasil pengujian Kondisi Lingkungan 64
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian FRR 65
Tabel 4. 6 Tabel Pengujian Bot Telegram 73

جامعة الرانري
AR-RANIRY

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Sk Skripsi 91
Lampiran 2. Lembar Bimbingan 92
Lampiran 3. Manual Book 93
Lampiran 4.Isi File ISO 25010:2011 103
Lampiran 5. Kode Program 105
Lampiran 6. Lampiran1.Lembar Validasi Ahli Media .. 106
Lampiran 7.Lembar Hasil Angket Respon Pengguna. ... 115

جامعة الرانري
AR-RANIRY

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidikan memiliki peran penting dalam memperoleh pengetahuan, pemahaman, keterampilan, dan membangun peradaban di masa depan. Kemajuan suatu negara sangat bergantung pada sumber daya manusia yang berkualitas, yang dipengaruhi oleh pendidikan. Secara umum, pendidikan yang Perlindungan terhadap hunian dan seluruh aset berharga di dalamnya menjadi prioritas utama bagi setiap penghuni. Meski demikian, sebagian besar area permukiman masih mengandalkan mekanisme penguncian konvensional tanpa sistem pengawasan yang terintegrasi. Namun, masih banyak tempat tinggal yang belum dilengkapi dengan sistem keamanan yang memadai, baik dari segi pengawasan langsung maupun sistem monitoring. Kondisi tersebut meningkatkan risiko terjadinya pencurian atau akses tidak sah, terutama ketika penghuni sedang tidak berada di lokasi. Oleh karena itu, diperlukan sistem keamanan otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mampu mendeteksi upaya akses tidak sah

serta melakukan pemantauan jarak jauh melalui notifikasi secara *real-time*.[1]

Menurut pemberitaan media nasional, kasus pencurian di lingkungan permukiman menunjukkan tren yang masih cukup tinggi dalam beberapa tahun terakhir. Tempat tinggal yang minim pengawasan serta tidak dilengkapi dengan sistem keamanan yang memadai cenderung menjadi sasaran pelaku kejahatan. Dalam berbagai kasus, pelaku memanfaatkan kondisi rumah yang sedang kosong atau lengah untuk memasuki bangunan dan mengambil barang-barang berharga milik penghuni. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya penerapan sistem keamanan yang lebih efektif, modern, dan mampu memberikan informasi secara cepat kepada pemilik ketika terjadi percobaan akses maupun tindakan yang mencurigakan.

Penggunaan teknologi autentikasi sidik jari (fingerprint) menyajikan tingkat kepraktisan dan perlindungan yang lebih tinggi, mengingat akses pintu hanya diberikan kepada individu yang identitas biometriknya telah terdaftar dalam sistem data. Teknologi biometrik ini memiliki tingkat keamanan yang lebih

[1] Muhammad Yunus (2021), Prototipe Sistem Keamanan Kamar Kos Berbasis Internet of Things Menggunakan Sensor PIR dengan ESP32-CAM dan Telegram sebagai Notifikasi, Fakultas Teknik UIN Riau.

tinggi dibandingkan kunci konvensional karena karakteristik sidik jari setiap individu bersifat unik, sulit dipalsukan, serta tidak memerlukan kunci fisik yang berisiko hilang, tertinggal, atau disalahgunakan. Namun, sistem keamanan tersebut akan menjadi lebih optimal apabila dilengkapi dengan fitur monitoring yang mampu memberikan notifikasi secara langsung kepada pemilik ketika terjadi percobaan akses pintu, baik yang berhasil maupun yang gagal. Fitur ini memungkinkan pemilik melakukan pemantauan secara *real-time* sehingga dapat meningkatkan kewaspadaan, terutama saat sedang tidak berada di lokasi.

Berdasarkan data yang diperoleh melalui wawancara singkat dan penyebaran angket menggunakan Google Form pada tanggal 20 Juni 2025, diketahui bahwa mayoritas responden mengharapkan sistem keamanan pintu yang lebih modern, praktis, dan efisien. Sebagian besar responden menyampaikan bahwa sistem keamanan yang digunakan saat ini masih belum memberikan perlindungan yang optimal, terutama karena akses ke tempat tinggal masih bergantung pada kunci konvensional yang memiliki risiko hilang, diduplikasi, atau digunakan oleh pihak yang tidak berwenang. Menurut mereka, penerapan sistem keamanan berbasis fingerprint yang terintegrasi dengan aplikasi Telegram untuk memberikan

notifikasi secara *real-time* merupakan solusi yang efektif dalam meningkatkan keamanan sekaligus memberikan rasa aman kepada pemilik maupun penghuni tempat tinggal.

Aplikasi Telegram dapat dijadikan media notifikasi karena memiliki fitur bot yang memungkinkan pengiriman pesan otomatis dari perangkat IoT. Dengan menghubungkan sensor *fingerprint* ke sistem Telegram melalui mikrokontroler yang mendukung koneksi internet, pengguna akan mendapatkan informasi *real-time* setiap kali ada interaksi dengan pintu.[2] Sistem ini dapat menjadi pengganti atau pelengkap sistem keamanan konvensional, karena mampu memberikan reaksi cepat tanpa memerlukan kehadiran langsung di lokasi.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem keamanan pintu berbasis *fingerprint* yang terintegrasi dengan Telegram sebagai media notifikasi secara *real-time*. Pengembangan sistem keamanan berbasis biometrik dan IoT sebelumnya telah banyak dilakukan, seperti sistem keamanan pintu berbasis *fingerprint* yang dikombinasikan dengan notifikasi berbasis jaringan seluler maupun internet untuk

[2] Ferdin Permana Putra, dkk. *Prototype of Internet of Things-Based Control System Using Telegram with Bot API Method.* Jurnal Syntax Transformation.

meningkatkan efektivitas pemantauan jarak jauh. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa pemanfaatan mikrokontroler ESP32 dalam sistem keamanan berbasis IoT memberikan kemudahan integrasi jaringan serta efisiensi biaya implementasi. Penelitian ini difokuskan pada pengoptimalan integrasi kontrol biometrik dan sistem notifikasi instan yang andal, responsif, serta mudah dioperasikan oleh masyarakat luas untuk meningkatkan keamanan hunian secara menyeluruh. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan diharapkan mampu memberikan rasa aman dan kenyamanan bagi para penghuni, serta memiliki fleksibilitas tinggi untuk diterapkan pada berbagai tipe tempat tinggal dan bangunan residential modern.

B. Rumusan Masalah

Dengan merujuk pada paparan latar belakang di atas, masalah yang menjadi titik fokus dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil rancang sistem kunci pintu berbasis fingerprint?
2. Bagaimana hasil integrasi sistem fingerprint dengan Telegram untuk notifikasi real-time?

C. Tujuan Penelitian

Merujuk pada rumusan masalah yang telah dijelaskan, tujuan dari kajian ini ialah:

1. Untuk mengetahui rancangan sistem kunci pintu berbasis fingerprint.
2. Untuk mengintegrasikan sistem fingerprint dengan Telegram untuk notifikasi

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Secara teoritis, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang pendidikan teknik elektro, khususnya dalam penerapan teknologi *Internet of Things (IoT)*, sensor biometrik, dan mikrokontroler ESP32 dalam sistem keamanan.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Peneliti

Penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem keamanan berbasis biometrik dan IoT. Rancangan integrasi fingerprint dengan notifikasi Telegram juga bisa dijadikan dasar untuk inovasi lanjutan di bidang teknologi keamanan.

b. Bagi Masyarakat

Sistem yang dikembangkan dapat mempermudah proses akses pintu tanpa menggunakan kunci fisik serta meningkatkan keamanan melalui notifikasi real-time ketika terjadi percobaan akses menggunakan sensor sidik jari. Dengan adanya notifikasi tersebut, pengguna dapat memantau aktivitas akses pintu meskipun sedang tidak berada di lokasi, sehingga dapat meningkatkan rasa aman dan meminimalkan risiko akses oleh pihak yang tidak berwenang.

E. Definisi Operasional

Untuk menghindari kesalahpahaman dalam memahami hasil penelitian, maka berikut ini defenisi operasional pada penelitian ini yaitu:

1. Sistem Kemanan Pintu

   Sistem keamanan pintu adalah suatu sistem yang dirancang untuk membatasi akses masuk ke suatu ruangan atau area tertentu guna menjaga keamanan dan privasi.

2. Fingerprint (Sidik Jari)

   Fingerprint adalah metode identifikasi biometrik yang menggunakan pola unik sidik jari seseorang untuk memberikan akses. Sistem ini akan menyimpan data sidik jari pengguna yang sah dan hanya

mengizinkan akses jika sidik jari yang dipindai sesuai dengan data yang tersimpan.[3]

3. Notifikasi *Real-Time*

Notifikasi *Real-Time* adalah kemampuan sistem mengirimkan pesan pemberitahuan secara otomatis melalui Telegram dalam waktu kurang dari 2 detik setelah sistem mendeteksi suatu kejadian, seperti autentikasi sidik jari berhasil atau gagal, selama koneksi internet tersedia.

4. Telegram

Telegram adalah aplikasi pesan instan berbasis cloud yang digunakan untuk berkomunikasi secara cepat dan aman. Telegram mendukung penggunaan bot yang memungkinkan aplikasi untuk berinteraksi dengan pengguna melalui pesan otomatis.[4]

5. ESP32

ESP32 merupakan modul pengendali mikro berdaya rendah yang telah dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth bawaan, menjadikannya platform ideal untuk memproses data pada arsitektur sistem IoT. Chip ini memiliki prosesor dual-core serta mendukung

AR-RANIRY

[3] Andrianto Heri (2021). Sistem Presensi Dan Pembuka Pintu Berbasis Iot Dengan Sensor Fingerprint, Suhu Tubuh Dan RFID. Tesla, 25(2).

[4] Osman, M. N., dkk. (2022). A Low-Cost Home Security Notification System Using IoT and Telegram Bot: A Design and Implementation. Journal of Computing Research and Innovation, 7(2), 327–337.

banyak input-output digital, cocok untuk sistem keamanan dan pemantauan jarak jauh. Modul ini sering digunakan karena fleksibel dan mudah diprogram melalui platform seperti Arduino IDE[5].

6. ISO/IEC 25010:2011

   ISO/IEC 25010:2011 merupakan standar internasional yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas perangkat lunak maupun sistem. Standar ini memiliki beberapa karakteristik kualitas, *seperti Functional Suitability, Performance Efficiency, Compatibility, Usability, Reliability, Security, Maintainability, dan Portability*. Namun, pada penelitian ini hanya digunakan tiga karakteristik, yaitu *Functional Suitability, Performance Efficiency, dan Usability* karena sesuai dengan tujuan penelitian.[6]

F. Kajian Terdahulu Yang Relevan

Peneliti mencoba berbagai literatur dan penelitian terdahulu yang masih relevan untuk menjadi pendukung terhadap permasalahan penelitian ini. Beberapa diantaranya adalah:

1. R. Didik Heriyantoro, Mila Amri, dan Euis Rahmawati, "Sistem Keamanan Pintu Otomatis Berbasis Arduino dengan E-KTP dan Notifikasi SMS", 2021. Penelitian ini

[5] Wahyudi, M. (2021). Pemrograman ESP32 untuk Internet of Things. Bandung: Informatika.

[6] ISO/IEC 25010:2011 Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models.

mengembangkan sistem keamanan pintu otomatis menggunakan e-KTP sebagai media autentikasi berbasis RFID. Sistem dirancang dengan Arduino Uno sebagai pengendali utama, di mana akses pintu diberikan dengan mendekatkan e-KTP pada RFID reader. Notifikasi mengenai aktivitas akses pintu dikirimkan melalui SMS kepada pemilik rumah. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan (R&D) dengan pendekatan prototipe. Model pengembangan meliputi tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian fungsionalitas sistem.[7]

2. Rachman Pandu Dewanata, Bambang Sugiarto, dan Sifa Nurpadillah, "Peningkatan Sistem Keamanan Kunci Pintu Rumah Berbasis GSM Dilengkapi Machine Learning untuk Deteksi Manusia", 2023. Penelitian ini merancang sistem keamanan pintu rumah yang dilengkapi dengan kemampuan deteksi manusia menggunakan teknologi machine learning. Sistem menggunakan kamera yang dipasang di sekitar pintu untuk memantau pergerakan objek, dengan pemrosesan citra menggunakan pustaka TensorFlow dan TinyML. Komunikasi antara mikrokontroler dan pengguna dilakukan melalui jaringan seluler menggunakan modul SIM800L, dengan notifikasi dikirimkan melalui SMS. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan prototipe, meliputi tahapan perancangan

[7] R. Didik Heriyantoro, dkk, "Sistem Keamanan Pintu Otomatis Berbasis Arduino dengan E-KTP dan Notifikasi SMS", 2021.

sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian kinerja sistem dalam mendeteksi keberadaan manusia di sekitar pintu..[8]

3. Rico Dwi, "Perancangan Sistem Keamanan Rumah dengan Fingerprint yang Dilengkapi dengan Kapasitas Baterai 6,8 Ah", 2025. Penelitian ini merancang sistem keamanan rumah berbasis fingerprint menggunakan sensor AS608, mikrokontroler ESP32, dan solenoid door lock. Sistem juga dilengkapi Mini UPS sebagai sumber daya cadangan agar tetap beroperasi ketika listrik utama padam. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian rancang bangun dengan tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa autentikasi biometrik menggunakan fingerprint dapat meningkatkan keamanan sekaligus kenyamanan pengguna dalam mengakses ruangan tanpa kunci fisik.[9]

جامعة الرانري
AR-RANIRY

[8] Rachman Pandu Dewanata, dkk, "Peningkatan Sistem Keamanan Kunci Pintu Rumah Berbasis GSM Dilengkapi *Machine Learning* untuk Deteksi Manusia", 2023.

[9] Mochamad Rico Dwi Prihantoro dan Gaguk Firasanto, “Perancangan Sistem Keamanan Rumah dengan Fingerprint yang Dilengkapi dengan Kapasitas Baterai 6,8 mAh,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, Vol. 14, No. 1, 2026.

BAB II
KAJIAN PUSTAKA

A. Sistem Keamanan Pintu Otomatis

Penerapan teknologi pengunci pintu otomatis bertujuan membatasi hak akses masuk ke area tertentu secara elektronik, sehingga hanya pengguna terotorisasi yang dapat melewatinya. Sistem ini bertujuan untuk meningkatkan keamanan dengan memastikan bahwa hanya pengguna yang memiliki hak akses yang dapat memasuki area tertentu melalui proses autentikasi menggunakan berbagai metode, seperti RFID, PIN, kata sandi, maupun biometrik. Seiring dengan perkembangan teknologi, sistem keamanan pintu otomatis juga dapat diintegrasikan dengan Internet of Things (IoT) sehingga memungkinkan proses pemantauan dan pengendalian dilakukan secara jarak jauh melalui notifikasi real-time. Dengan kemampuan tersebut, sistem keamanan pintu otomatis menjadi solusi yang efektif untuk meningkatkan keamanan pada berbagai jenis tempat tinggal maupun bangunan lainnya tanpa memerlukan pengawasan secara terus-menerus.

Penerapan sistem ini semakin meluas seiring kemajuan teknologi digital dan Internet of Things (IoT). Sistem keamanan otomatis memungkinkan pemilik ruangan untuk mengatur akses dari jarak jauh, memantau aktivitas, dan menerima notifikasi secara langsung. Selain meningkatkan keamanan fisik, sistem ini juga menawarkan kemudahan, efisiensi, dan pencatatan log aktivitas yang dapat digunakan untuk investigasi bila terjadi pelanggaran. Oleh karena itu, sistem keamanan otomatis

menjadi solusi tepat bagi penghuni rumah yang sering meninggalkan kamarnya dalam keadaan kosong.[10]

B. Biometrik: Fingerprint sebagai Sistem Autentikasi

Metode biometrik sidik jari memegang peranan penting dalam verifikasi identitas digital melalui proses ekstraksi serta pencocokan karakteristik pola garis jari terhadap basis data yang tersimpan. Sistem ini bekerja dengan memindai pola sidik jari seseorang dan mencocokkannya dengan data yang telah tersimpan dalam database. Karena setiap individu memiliki pola sidik jari yang unik dan tidak berubah seumur hidup, fingerprint dianggap sebagai metode identifikasi yang sangat andal. Dalam konteks sistem keamanan, sensor fingerprint menjadi alternatif efektif untuk menggantikan kunci fisik, kartu RFID, maupun sandi digital.

Penggunaan fingerprint memiliki sejumlah kelebihan yang menjadikannya unggul dibandingkan metode autentikasi lainnya. Pertama, fingerprint bersifat unik dan sulit dipalsukan, sehingga meningkatkan tingkat keamanan sistem. Kedua, pengguna tidak perlu membawa media fisik seperti kartu atau kunci, karena "akses" sudah tertanam dalam tubuh pengguna itu sendiri. Ketiga, proses autentikasi menggunakan fingerprint umumnya cepat dan efisien, dengan waktu deteksi rata-rata kurang dari dua detik. Keempat, fingerprint juga memiliki tingkat kenyamanan tinggi, karena pengguna tidak perlu

[10] Zainuddin, A. A., dkk. (2024). Innovative IoT Smart Lock System: Enhancing Security with Fingerprint and RFID Technology. Malaysian Journal of Science and Advanced Technology, 4(4), 360–365.

mengingat sandi atau PIN, dan tidak ada risiko kehilangan kunci akses.[11]

Meski memiliki banyak kelebihan, fingerprint juga memiliki beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan dalam implementasi sistem keamanan. Salah satu tantangan utamanya adalah faktor kebersihan dan kondisi fisik jari pengguna. Apabila jari dalam kondisi kotor, basah, terluka, atau terlalu kering, maka akurasi pembacaan sensor bisa menurun atau bahkan gagal. Selain itu, beberapa sensor fingerprint memiliki batasan umur pakai—jika sering digunakan, kepekaan sensor dapat menurun seiring waktu. Kekurangan lainnya adalah potensi kegagalan autentikasi bagi pengguna dengan kondisi sidik jari sulit dikenali, seperti pekerja kasar atau individu dengan gangguan kulit tertentu.



Gambar 2. 1 Biometric Fingerprint

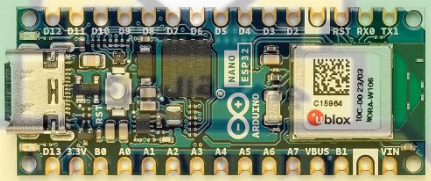
Untuk itu, dalam perancangan sistem berbasis *fingerprint*, disarankan untuk mempertimbangkan fitur

[11] Zhang, X. dkk. (2021). A Review of Fingerprint Sensors: Mechanism, Characteristics, and Applications. Micromachines, 14(6), 1253.

tambahan seperti notifikasi otomatis jika autentikasi gagal, atau menyediakan alternatif autentikasi sekunder, misalnya berupa kode darurat atau sistem verifikasi ganda. Dengan demikian, sistem tetap dapat berjalan optimal meskipun pengguna mengalami kendala pada autentikasi sidik jari. kombinasi *fingerprint* dengan sistem komunikasi digital seperti IoT memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan respons keamanan dan pengalaman pengguna.

C. Mikrokontroller ESP32

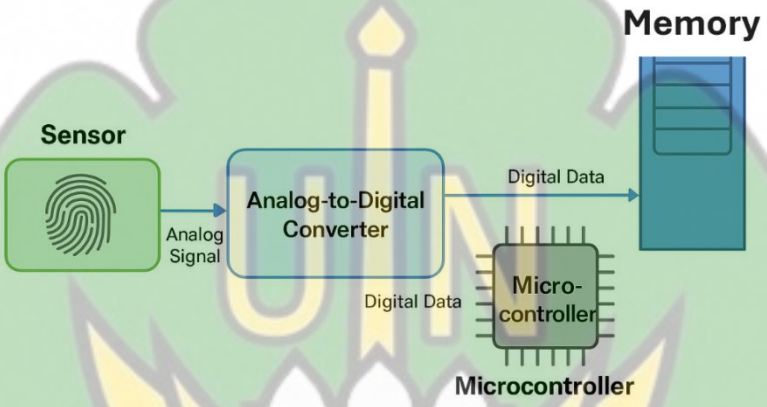
ESP32 adalah mikrokontroler yang memiliki konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, serta kemampuan pemrosesan data yang lebih tinggi dibandingkan pendahulunya, seperti ESP8266 atau Arduino Uno. Keunggulan utama ESP32 adalah kemampuannya untuk menjalankan proses kompleks secara paralel, serta kompatibilitas dengan berbagai jenis sensor dan aktuator. Mikrokontroler ini sangat populer dalam proyek berbasis *IoT* karena dapat mengirim dan menerima data dari internet secara langsung tanpa modul tambahan.



Gambar 2. 2 Mikrokontroler ESP32

Dalam penelitian ini, ESP32 berperan sebagai pusat kendali sistem keamanan pintu. Ia menerima data dari sensor

fingerprint, memproses verifikasi, dan mengaktifkan kunci pintu apabila autentikasi berhasil. Selain itu, ESP32 mengirimkan notifikasi ke Telegram secara *real-time* menggunakan jaringan Wi-Fi. Menurut Wahyudi (2021), ESP32 sangat cocok untuk aplikasi.



Gambar 2. 3 Mekanisme Pembacaan Sistem Pada ESP32

seperti ini karena selain harganya terjangkau, ia juga mampu menjaga kestabilan koneksi dan kecepatan pemrosesan yang memadai dalam sistem keamanan berbasis *IoT*.[12]

Pada gambar ditunjukkan alur proses konversi dan pengolahan data dari sensor sidik jari oleh mikrokontroler dalam sistem keamanan berbasis *IoT*. Data sidik jari yang ditangkap sensor awalnya berbentuk sinyal analog, yang selanjutnya diteruskan ke *Analog-to-Digital Converter (ADC)*. *ADC*

[12] Ikhlas Maulana, dkk. (2023). Rancang Bangun Sistem Smart Door Lock Menggunakan Mikrokontroler Esp32 Berbasis Internet Of Things(Iot) dan Smartphone Android. Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 6(1), 195-208.

bertugas mengubah sinyal analog menjadi bentuk digital agar dapat diproses lebih lanjut oleh mikrokontroler. Proses ini penting karena mikrokontroler hanya dapat memproses data digital.

Setelah konversi, data digital dikirim ke mikrokontroler (dalam hal ini ESP32), yang akan mencocokkan hasil pembacaan dengan data sidik jari yang tersimpan di memori sistem. Jika data cocok, mikrokontroler akan memberikan sinyal untuk membuka kunci pintu melalui aktuator (seperti *solenoid lock*), dan secara bersamaan mengirimkan notifikasi *real-time* ke Telegram melalui koneksi Wi-Fi. Mekanisme ini menunjukkan bagaimana komponen *hardware* dan *software* saling berinteraksi untuk menjalankan sistem keamanan otomatis yang efisien dan responsif.

D. Telegram

Antarmuka Telegram Bot API memfasilitasi pertukaran pesan otomatis antara unit mikrokontroler dan pengguna secara cepat melalui jaringan komputasi awan *(cloud).* Fitur ini memungkinkan perangkat seperti mikrokontroler atau sistem berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk



Gambar 2. 4 Interface Aplikasi Telegram

mengirimkan pesan otomatis kepada pengguna melalui internet. Dalam sistem keamanan pintu berbasis fingerprint, Telegram digunakan untuk mengirimkan notifikasi secara *real-time* kepada pengguna setiap kali terjadi interaksi dengan sistem, baik akses berhasil maupun percobaan akses yang gagal. Hal ini menjadikan Telegram tidak hanya sebagai alat komunikasi biasa, tetapi juga sebagai komponen penting dalam sistem monitoring keamanan jarak jauh.

Pemilihan Telegram sebagai media notifikasi bukan tanpa alasan. Dibandingkan dengan aplikasi lain seperti WhatsApp, Gmail, atau SMS, Telegram memiliki beberapa keunggulan yang sangat mendukung sistem *IoT*. Pertama, Telegram menyediakan Bot API terbuka yang memungkinkan integrasi langsung dengan sistem berbasis mikrokontroler seperti ESP32 tanpa memerlukan proses verifikasi nomor telepon atau otorisasi rumit seperti pada WhatsApp. Kedua, Telegram mampu menangani pengiriman pesan otomatis dalam jumlah

besar secara gratis tanpa batasan harian yang ketat. Ketiga, sistem keamanannya berbasis end-to-end encryption serta bersifat multi-platform, memungkinkan akses pesan dari berbagai perangkat secara sinkron. Keempat, Telegram memiliki latensi rendah dan konsumsi data yang ringan, sehingga sangat cocok untuk sistem notifikasi *real-time*.

Berbeda dengan Gmail yang tidak dirancang untuk pengiriman notifikasi instan ke perangkat mobile, atau WhatsApp yang membatasi penggunaan otomatisasi melalui layanan resmi berbayar (WhatsApp Business API), Telegram memberikan keleluasaan penuh kepada pengembang sistem untuk membuat, mengatur, dan mengelola bot secara mandiri. Bot Telegram juga dapat disesuaikan untuk merespons perintah, mengirimkan gambar (jika menggunakan ESP32-CAM), dan menyimpan log aktivitas melalui integrasi dengan database atau spreadsheet online. Dengan demikian, Telegram memberikan fleksibilitas dan skalabilitas yang sangat dibutuhkan dalam implementasi sistem keamanan berbasis *IoT*.[13]

Dalam konteks sistem keamanan pintu berbasis fingerprint, Telegram menjadi komponen penting yang memungkinkan pemilik maupun penghuni tempat tinggal untuk tetap memiliki kendali penuh atas akses ke ruang pribadi mereka, meskipun sedang berada di luar lokasi. Sistem ini menjawab kebutuhan masyarakat luas yang kerap meninggalkan rumah atau tempat tinggalnya dalam keadaan kosong, namun tetap menginginkan jaminan perlindungan serta pembaruan informasi secara

[13] G. Aji Pangestu, Juwari, & M. Yusuf Asyhari, (2024). Sistem Keamanan Rumah Berbasis *IoT* Menggunakan Notifikasi Bot Telegram. Jurnal Smart System, hlm. 7–9;

langsung jika terjadi aktivitas atau percobaan akses yang mencurigakan.

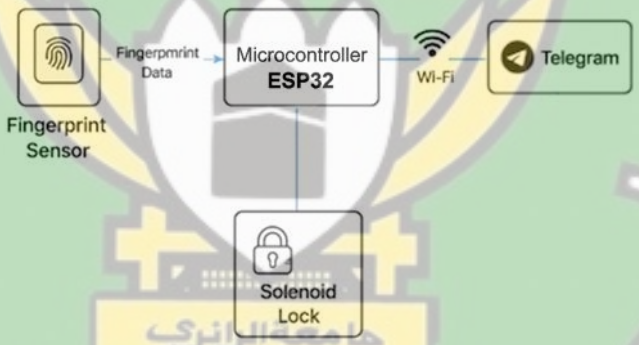
E. Konsep Dasar Elektronika dalam Sistem Keamanan Fingerprint

Sistem keamanan pintu berbasis fingerprint yang dirancang dalam penelitian ini merupakan implementasi langsung dari prinsip-prinsip keelektronikaan, khususnya dalam bidang sistem digital, kendali mikrokontroler, serta pengendalian beban listrik. Komponen-komponen seperti sensor fingerprint, mikrokontroler ESP32, dan solenoid lock tidak hanya bekerja sebagai unit terpisah, tetapi saling terintegrasi melalui rangkaian elektronika yang menjalankan proses deteksi, pengolahan, dan aksi. Untuk itu, pemahaman terhadap dasar-dasar elektronika sangat penting agar sistem yang dibangun tidak hanya fungsional, tetapi juga stabil, efisien, dan aman.

Sensor *fingerprint* berfungsi sebagai perangkat input yang mendeteksi pola sidik jari pengguna. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip kapasitif atau optikal, tergantung jenisnya. Pada sensor kapasitif, pembacaan dilakukan dengan mendeteksi variasi muatan listrik akibat perbedaan topografi sidik jari, sedangkan sensor optikal menggunakan pencahayaan dan kamera mini untuk menangkap pola fisik sidik jari. Output dari sensor berupa sinyal digital yang kemudian dikirimkan ke mikrokontroler untuk proses verifikasi data.[14]

[14] Kusumo, B., & Haromen, S. (2022). Rancang Bangun Sistem Kunci Pintu Otomatis dengan Fingerprint Berbasis Mikrokontroler ATmega328P. Jurnal Elektro, 10(2).

Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat kendali sistem (central controller) yang mengatur seluruh alur kerja. Mikrokontroler ini memiliki berbagai port input/output digital, serta mendukung komunikasi serial seperti UART, I2C, atau SPI yang digunakan untuk berkomunikasi dengan modul sensor dan modul komunikasi (seperti Wi-Fi). ESP32 juga memiliki *ADC (Analog to Digital Converter)* internal untuk mengubah sinyal analog menjadi digital jika sistem menggunakan sensor tambahan seperti sensor suhu, kelembaban, atau getaran. ESP32 sangat ideal untuk sistem ini karena selain efisien dalam pemrosesan, juga hemat energi dan kompatibel dengan berbagai perangkat *IoT*.



Gambar 2. 5 Diagram Blok

Selain itu, sistem juga menggunakan aktuator berupa *solenoid lock* yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik. Ketika arus listrik dialirkan ke kumparan dalam solenoid, medan magnet yang terbentuk akan menarik

atau mendorong pin mekanis untuk membuka atau menutup kunci.

ESP32 dan sensor *fingerprint* umumnya bekerja pada tegangan 3,3V hingga 5V, sehingga penggunaan *step-down converter (buck converter)* atau regulator tegangan sangat penting untuk menghindari kerusakan akibat *over-voltage*. Selain itu, penting juga untuk menambahkan resistor, kapasitor, dan dioda flyback sebagai proteksi terhadap arus balik dan lonjakan tegangan yang dapat terjadi saat solenoid dilepas. Dengan menerapkan prinsip-prinsip elektronika dasar ini, sistem yang dirancang menjadi lebih handal dan tidak rentan terhadap gangguan teknis yang sering terjadi dalam perancangan alat praktis.

F. ISO/IEC 25020:2011

Standardization (ISO) dan International Electrotechnical Commission (IEC), serta merupakan bagian dari rangkaian standar SQuaRE (Software product Quality Requirements and Evaluation) yang menggantikan standar sebelumnya, yaitu ISO/IEC 9126.

Dalam penelitian ini, karakteristik ISO/IEC 25010:2011 digunakan untuk menilai sejauh mana alat yang dikembangkan memenuhi standar kualitas fungsional dan teknis, khususnya pada aspek functional suitability, performance efficiency, dan Usability. Pengujian sistem dilakukan berdasarkan parameter-

parameter tersebut, guna memperoleh hasil yang lebih obyektif, terukur, dan dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.[15]



[15] Arora, A., & Soni, D. (2016). Assessment of IoT-based Applications using ISO 25010. International Journal of Computer Applications, 153(3), 1–5.

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Jenis Dan Pendekatan Penelitian

Kajian ini menerapkan pendekatan kuantitatif untuk mengukur kinerja alat serta tingkat kelayakan sistem secara terukur. Kerangka pengembangannya mengadopsi formulasi model 4D (Thiagarajan) yang disederhanakan menjadi tiga tahapan utama: Pendefinisian *(Define)*, Perancangan *(Design)*, dan Pengembangan *(Develop)*. Penilaian ini diperlukan untuk mengukur tingkat kelayakan sistem, respon pengguna, serta keberhasilan fungsi alat secara terukur dan obyektif.[16] Model ini sering digunakan dalam bidang pendidikan dan teknologi untuk mengembangkan media, perangkat, atau alat yang membutuhkan validasi, revisi, dan pengujian sebelum dapat diimplementasikan secara luas.[17]

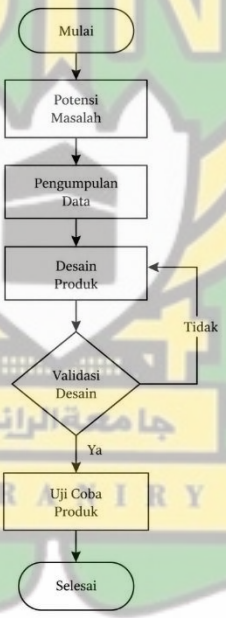
Menurut Thiagarajan, terdapat 4 tahap dalam pengembangan ini. Tahap pertama adalah *Define*, yang juga dikenal sebagai tahap analisis kebutuhan. Tahap kedua adalah *Design*, dimana dilakukan perancangan kerangka konseptual model dan perangkat pembelajaran. Selanjutnya, tahap ketiga adalah *Development*, yang mencakup proses pengembangan dan uji validasi atau penilaian kelayakan media. Tahap penyebaran

[16] Sugiyono (2016). Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D). Bandung: Alfabeta.
[17] Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children. Indiana: Indiana University.

(Disseminate) merupakan langkah akhir dalam model 4D yang berfokus pada implementasi produk kepada sasaran penelitian. Namun, penelitian ini menyederhanakan kerangka kerja tersebut menjadi model 3D, yang hanya mencakup tahap pendefinisian *(Define)*, perancangan *(Design)*, dan pengembangan *(Development)*.



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 2 Flowchart Diagram Alur Penelitian

Adapun penjelasan terkait dengan alur penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. *Define* (Pendefinisian):

   Pada tahap ini, peneliti melakukan identifikasi terhadap permasalahan keamanan pintu pada tempat tinggal serta kebutuhan pengguna terhadap sistem keamanan yang lebih praktis dan efektif. Kegiatan pada tahap ini dilakukan melalui observasi lapangan, penyebaran angket awal, dan studi pustaka untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan sistem keamanan pintu, teknologi biometrik fingerprint, mikrokontroler ESP32, serta komunikasi berbasis Internet of Things (IoT). Berdasarkan hasil identifikasi permasalahan dan kebutuhan tersebut, ditetapkan bahwa sistem yang dikembangkan harus mampu memberikan akses melalui verifikasi sidik jari, mengendalikan mekanisme penguncian pintu, serta memberikan informasi mengenai aktivitas akses melalui Telegram. Selanjutnya, ditentukan kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan sistem. Kebutuhan perangkat keras yang ditetapkan meliputi ESP32 sebagai mikrokontroler, *Fingerprint* R503 sebagai sensor biometrik, *Relay* sebagai komponen pengendali untuk menghubungkan mikrokontroler dengan solenoid *door lock*, Solenoid *door lock* sebagai aktuator, *Buzzer* sebagai indikator suara, *Push button* sebagai akses pembukaan pintu dari dalam dan Adaptor 12V DC serta *step-down buck*

converter sebagai sumber dan pengatur tegangan yang dibutuhkan oleh sistem.

Adapun kebutuhan perangkat lunak meliputi Arduino IDE sebagai lingkungan pemrograman ESP32, serta library yang diperlukan untuk komunikasi dengan sensor fingerprint, jaringan Wi-Fi, dan Telegram Bot. Telegram ditetapkan sebagai media komunikasi untuk mengirimkan notifikasi dan menerima perintah pengendalian sistem.

2. *Design* (Perancangan)

Pada tahap ini dilakukan perancangan perangkat keras, perangkat lunak, alur kerja sistem, serta instrumen yang digunakan untuk melakukan pengujian. Perancangan sistem diawali dengan penyusunan diagram blok yang menggambarkan hubungan antara komponen input, proses, dan output. Komponen input terdiri dari sensor *Fingerprint* R503, *push button*, dan perintah yang dikirim melalui Telegram. ESP32 digunakan sebagai unit pemrosesan untuk melakukan verifikasi sidik jari, mengolah perintah pengguna, serta mengendalikan perangkat keluaran. Adapun perangkat keluaran terdiri dari *relay,* solenoid *door lock, buzzer*, dan notifikasi melalui Telegram. Selanjutnya dilakukan perancangan rangkaian elektronik dengan menentukan hubungan antara ESP32 dan setiap komponen yang digunakan. Perancangan mencakup hubungan sensor fingerprint dengan ESP32, koneksi *relay* sebagai pengendali solenoid *door lock*, koneksi *buzzer* dan *push button*.

Pada sisi perangkat lunak, dilakukan perancangan alur kerja program (flowchart) yang menggambarkan proses mulai dari sistem terhubung dengan jaringan Wi-Fi, pembacaan sidik jari, proses verifikasi, pemberian akses atau penolakan akses, hingga pengiriman notifikasi melalui Telegram. Selain itu, dirancang pula fungsi pengendalian melalui Telegram yang meliputi perintah /start, /buka, /tambah, /hapus, dan /status. Setelah rancangan sistem ditetapkan, peneliti menyusun instrumen pengumpulan data yang terdiri dari lembar validasi ahli, angket respon pengguna, dan lembar pengujian fungsional alat. Instrumen tersebut digunakan untuk memperoleh data mengenai kelayakan, kinerja, dan penerimaan pengguna terhadap sistem yang dikembangkan.

3. *Develop* (Pengembangan)

Pada tahap ini rancangan sistem direalisasikan menjadi prototipe sistem keamanan pintu berbasis *Fingerprint* R503 menggunakan ESP32 yang terintegrasi dengan Telegram. Pengembangan perangkat keras dilakukan dengan merakit komponen-komponen yang telah ditentukan sesuai dengan rancangan rangkaian. Setelah seluruh komponen dirakit, dilakukan pemeriksaan terhadap hubungan antar komponen dan fungsi masing-masing perangkat. Pada pengembangan perangkat lunak, program ESP32 dibuat menggunakan Arduino IDE. Program dikembangkan untuk mengatur proses pembacaan dan verifikasi sidik jari, pengendalian solenoid *door lock*, pengoperasian

buzzer, pembacaan *push button*, koneksi Wi-Fi, serta komunikasi antara ESP32 dan Telegram Bot. Integrasi Telegram dilakukan agar sistem dapat mengirimkan notifikasi aktivitas akses serta menerima perintah pengguna melalui bot.

Setelah perangkat keras dan perangkat lunak terintegrasi, dilakukan pengujian teknis sistem untuk mengetahui apakah sistem telah berfungsi sesuai dengan rancangan. Pengujian dilakukan terhadap beberapa aspek, yaitu:

a. **Pengujian variasi waktu**, dilakukan pada waktu pagi, siang, dan malam untuk mengetahui waktu respons sistem dan kestabilannya pada variasi waktu pengujian.
b. **Pengujian kondisi lingkungan**, dilakukan dengan menguji kemampuan sensor fingerprint dalam mengenali sidik jari pada kondisi berdebu, suhu panas, dan kondisi jari basah.
c. **Pengujian False Rejection Rate (FRR)**, dilakukan untuk mengetahui tingkat kegagalan sistem dalam mengenali sidik jari yang telah terdaftar. Pengujian dilakukan dengan variasi posisi jari yang digeser ke kiri, kanan, atas, dan bawah sebesar ±2–3 mm.
d. **Pengujian fungsional Telegram Bot**, dilakukan untuk mengetahui keberhasilan fungsi perintah dan pengiriman notifikasi antara sistem dengan pengguna.

Setelah pengujian teknis, dilakukan validasi ahli terhadap kelayakan sistem dengan melibatkan empat

validator. Selanjutnya, uji respon pengguna dilakukan terhadap enam responden yang menggunakan alat secara langsung dan memberikan penilaian melalui angket. Seluruh data hasil pengujian, validasi, dan respon pengguna dianalisis secara kuantitatif untuk mengetahui fungsi, kinerja, tingkat kesalahan autentikasi, kelayakan, dan tanggapan pengguna terhadap sistem. Hasil analisis disajikan pada Bab IV.

Dengan demikian, tahap *Develop* menghasilkan prototipe sistem keamanan pintu berbasis *Fingerprint* R503 dan ESP32 yang telah direalisasikan, terintegrasi dengan Telegram, serta melalui pengujian dan evaluasi.

B. Subjek Dan Objek Penelitian

Hasil pengujian produk dianalisis dan dinyatakan Dalam penelitian ini, terdapat dua komponen utama yang dikaji, yaitu objek penelitian dan subjek penelitian. Objek penelitian adalah produk sistem keamanan pintu berbasis *fingerprint* yang terintegrasi dengan notifikasi Telegram. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor *fingerprint*, mikrokontroler ESP32, *solenoid lock* sebagai aktuator, dan sistem komunikasi berbasis cloud melalui Telegram. Objek penelitian berupa alat ini dirancang, dikembangkan, diuji, dan dievaluasi berdasarkan prinsip-prinsip keelektronikaan serta sistem kontrol berbasis *Internet of Things (IoT)*. Fokus utama objek penelitian adalah pada aspek fungsi, keandalan, kemudahan penggunaan, dan efektivitas pengiriman notifikasi *real-time*.

Sedangkan subjek penelitian adalah narasumber atau sumber utama yang bisa memberikan informasi atau data yang dibutuhkan dalam penelitian.[18] Subjek penelitian terdiri dari tiga validator dan enam responden pengguna. Validator dipilih berdasarkan kompetensi yang relevan dengan bidang teknik elektro, elektronika, teknologi pembelajaran, atau sistem IoT untuk menilai kelayakan sistem yang dikembangkan. Enam responden pengguna dipilih dengan pertimbangan memiliki rumah sebagai tempat yang sesuai dengan penerapan sistem keamanan pintu dan bersedia menjadi responden. Tidak terdapat kriteria khusus lainnya dalam pemilihan responden. Penggunaan jumlah terbatas ini sesuai dengan fokus pengembangan produk yang masih dalam tahap prototipe dan uji terbatas. Responden menggunakan alat secara langsung, kemudian memberikan penilaian melalui angket terhadap kemudahan penggunaan, kecepatan sistem, fungsi alat, serta fitur Telegram sebagai media notifikasi.

C. Instrumen Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan tiga jenis instrumen untuk mendukung proses pengumpulan data, yaitu angket validasi oleh ahli, angket respon pengguna, dan lembar uji fungsional alat. Ketiga instrumen ini disusun untuk memperoleh data kuantitatif guna menilai kelayakan, tanggapan pengguna, dan performa sistem keamanan pintu berbasis *fingerprint* yang dikembangkan.

---

[18] Sugiyono (2010). Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif R&D. Bandung: Alfabeta, hal. 50.

1. Angket Validasi Ahli

Instrumen ini digunakan untuk menilai kelayakan produk dari segi isi, tampilan, fungsionalitas, dan keamanan sistem. Angket menggunakan skala likert, angket diberikan kepada dua orang ahli yang memiliki kompetensi di bidang Teknik Elektro, Teknologi Pembelajaran, atau Sistem IoT.

Tabel 3. 1 Skor penilaian terhadap pilihan jawaban

Skor	Pilihan jawaban
1	Sangat Tidak Layak
2	Tidak layak
3	Kurang layak
4	Layak
5	Sangat layak

Tabel 3. 2 Lembar Validasi Hasil Pengujian Sistem

No	Indikator	Pertanyaan
1	Kesesuaian Sistem	Sistem keamanan yang dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian
		Pemilihan sensor fingerprint R503 sudah tepat untuk sistem keamanan pintu
		Integrasi ESP32 dengan sensor, relay, buzzer, dan Telegram berjalan sesuai konsep sistem
2	Fungsi	Sensor fingerprint membaca dan memverifikasi sidik jari dengan baik

		Sistem dapat membedakan akses yang diterima dan ditolak secara tepat
		Relay bekerja sesuai perintah untuk membuka dan menutup pintu
3	Kinerja	Logika program sistem mudah dipahami dan sistematis
		Waktu respon sistem terhadap sidik jari dan perintah Telegram sudah sesuai standar
		Sistem bekerja stabil tanpa error yang signifikan saat pengujian
4	Antarmuka	Notifikasi Telegram informatif dan mudah dipahami pengguna
		Perintah Telegram (buka, hapus, tambah, status) berfungsi dengan benar
		Sistem memberikan umpan balik yang jelas saat akses berhasil atau ditolak
5	Praktis	Sistem mudah dioperasikan oleh pengguna
		Sistem meningkatkan tingkat keamanan pintu dibandingkan sistem konvensional
		Sistem layak diterapkan sebagai media pembelajaran atau sistem keamanan sederhana

2. Angket Responden

Instrumen ini disebarkan kepada responden setelah mereka menggunakan alat secara langsung. Tujuannya untuk mengetahui:

- Kemudahan penggunaan
- Kepuasan terhadap fitur *fingerprint* dan notifikasi
- Respon sistem terhadap pengguna
- Tingkat kepercayaan terhadap alat

Angket juga menggunakan skala Likert 4 poin (1 = Sangat tidak setuju sampai 4 = Sangat setuju) untuk mengukur persepsi pengguna terhadap alat yang dikembangkan.

Tabel 3. 3 Skor penilaian terhadap pilihan jawaban

Skor	Pilihan jawaban
1	Sangat Tidak Layak
2	Tidak layak
3	Kurang layak
4	Layak
5	Sangat layak

AR-RANIRY

Tabel 3. 4 Pernyataan Angket Respon Pengguna

No	Pernyataan
1	Sistem keamanan pintu yang didemonstrasikan mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna.
2	Sistem memberikan respon yang cepat saat sidik jari dikenali maupun saat akses ditolak.
3	Sensor fingerprint mampu mengenali sidik jari dengan akurat pada kondisi penggunaan normal.
4	Notifikasi yang dikirim melalui Telegram sesuai dengan kondisi sistem (pintu terbuka atau akses ditolak).
5	Tombol push button berfungsi dengan baik untuk membuka pintu dari dalam ruangan.
6	Sistem bekerja dengan stabil tanpa mengalami gangguan selama proses demonstrasi.
7	Sistem keamanan pintu ini layak untuk diterapkan pada lingkungan nyata (rumah/kantor).

3. Lembar Uji Fungsional Alat

Lembar pengujian alat digunakan sebagai instrumen untuk mencatat kinerja sistem keamanan pintu berbasis fingerprint dan Telegram yang telah dikembangkan. Pengujian dilakukan secara langsung oleh peneliti dengan tujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan, waktu respon, serta kestabilan sistem dalam berbagai kondisi penggunaan.

Data hasil pengujian dicatat dalam beberapa tabel sesuai dengan jenis pengujian yang dilakukan.

a. Pengujian Berdasarkan Variasi Waktu

Lembar pengujian alat digunakan sebagai instrumen untuk mencatat kinerja sistem keamanan pintu berbasis fingerprint dan Telegram yang telah dikembangkan. Pengujian dilakukan secara langsung oleh peneliti dengan tujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan, waktu respon, serta kestabilan sistem dalam berbagai kondisi penggunaan. Data hasil pengujian dicatat dalam beberapa tabel sesuai dengan jenis pengujian yang dilakukan.

Tabel 3. 5 Pengujian Sidik Jari Berdasarkan Variasi Waktu

NO	Kondisi Pengukuran	Respon Alat (✔)		Waktu Respon Alat	Waktu Standar Alat (ISO)	Error
		Ya	Tidak			
1	Waktu Pagi (05.00 – 10.59)					
2	Waktu Siang (11.00 – 14.59)					
3	Waktu Malam (18.00 – 04.59)					

b. Pengujian Berdasarkan Kondisi Lingkungan

Pengujian kedua dilakukan berdasarkan kondisi fisik sidik jari, yaitu kering, basah, dan berdebu.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kondisi permukaan jari terhadap kemampuan sensor dalam membaca dan mengenali sidik jari. Data yang dicatat meliputi jumlah keberhasilan dan kegagalan pembacaan pada masing-masing kondisi, yang kemudian digunakan untuk menghitung tingkat akurasi sistem.

Tabel 3. 6 Pengujian Berdasarkan Kondisi Lingkungan

NO	Kondisi Pengukuran	Respon Alat (✔)		Waktu Respon Alat	Waktu Standar Alat (ISO)	Error
		Ya	Tidak			
1	Berdebu					
2	Panas (35°C)					
3	Basah					

c. Pengujian Rejection Rate (FRR) sensor sidik jari

Pengujian ketiga dilakukan untuk mengukur nilai False Rejection Rate (FRR), yaitu tingkat kesalahan sistem dalam menolak sidik jari yang sebenarnya telah terdaftar. Pengujian dilakukan dengan cara memposisikan jari dalam kondisi tidak ideal, seperti sedikit bergeser ke kiri, kanan, atas, dan bawah saat proses pemindaian. Data yang diperoleh berupa jumlah kegagalan pembacaan dari sidik jari

yang valid, yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai FRR sistem.

Tabel 3. 7 Pengujian False Rejection Rate (FRR) Sensor Sidik Jari

No	Kndisi Jari	Respon Alat (✓)		FRR (%)
		Ya	Tidak	
1	Geser ke kiri ±2–3 mm			
2	Geser ke kiri ±2–3 mm			
3	Geser ke atas ±2–3 mm			
4	Geser ke bawah ±2–3 mm			

D. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dirancang untuk memperoleh informasi dari tiga sumber utama: ahli (validator), pengguna (responden), dan alat itu sendiri (pengujian teknis). Tujuannya adalah untuk memperoleh data yang relevan dan kuantitatif, yang bisa dianalisis guna menilai kelayakan dan efektivitas alat yang dikembangkan. Teknik-teknik yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Studi kasus

   Studi pustaka dilakukan pada tahap awal untuk mengumpulkan teori-teori yang relevan dengan sistem keamanan, biometrik *fingerprint*, Telegram bot, dan pengendalian alat menggunakan mikrokontroler ESP32. Sumber informasi diperoleh dari buku ajar, jurnal nasional dan internasional, artikel ilmiah, serta skripsi/tesis sebelumnya.

2. Validasi oleh Ahli

   Setelah alat selesai dirakit, dilakukan proses validasi oleh ahli menggunakan angket yang telah disusun sebelumnya. Validator mengevaluasi alat dari berbagai aspek seperti fungsi, kelayakan sistem, keselamatan, dan efisiensi. Hasil dari validasi dijadikan dasar untuk menyempurnakan alat sebelum diujicobakan kepada pengguna.

3. Pengujian Fungsional Alat

   Evaluasi keandalan fungsional instrumen ini merujuk pada kriteria ISO/IEC 25010:2013, di mana pengukuran difokuskan pada tiga indikator utama: *Functional Suitability, Performance Efficiency*, serta *Usability*. Dengan mengacu pada standar ini, pengujian alat dirancang agar tidak hanya menilai fungsionalitas teknis, tetapi juga mengevaluasi efisiensi kinerja serta kemudahan penggunaan sistem oleh pengguna. Adapun parameter yang diamati dalam setiap percobaan adalah sebagai berikut:

- Pengenalan sidik jari: sistem berhasil mengenali sidik jari valid dan menolak sidik jari tidak dikenal *(Functional Suitability)*,
- Kecepatan respons sistem: waktu antara input sidik jari hingga keluaran (aksi membuka dan mengirim pesan) diukur dengan standar < 2 detik *(Performance Efficiency)*,
- Kemudahan penggunaan sistem: pengguna dapat mengoperasikan seluruh fungsi sistem, seperti autentikasi sidik jari, penggunaan tombol keluar, serta perintah melalui Telegram, dengan mudah dan tanpa mengalami kesulitan yang berarti *(Usability)*.

4. Penyebaran Angket Respon Pengguna

   Responden yang telah menggunakan alat diminta untuk mengisi angket yang berisi pernyataan mengenai pengalaman mereka dalam menggunakan sistem. Proses pengisian angket dilakukan secara langsung setelah responden mencoba alat. Hasil dari angket tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat penerimaan dan kemudahan penggunaan sistem dari sudut pandang pengguna akhir..

E. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan statistik deskriptif kuantitatif, karena data yang dikumpulkan berasal dari angket validasi ahli, angket respon pengguna, dan hasil pengujian fungsional sistem. Analisis

dilakukan dengan mengubah data mentah (angka/skor) menjadi informasi yang dapat menggambarkan tingkat kelayakan, efektivitas, dan performa sistem secara menyeluruh.

1. Analisis Data Angket Validasi Ahli

Data dari validator (ahli/pakar) diolah untuk mengetahui tingkat kelayakan sistem berdasarkan aspek fungsi, kesesuaian desain, keamanan, dan efisiensi alat. Setiap item diberi skor 1–5 (skala Likert), lalu dijumlahkan dan dirata-ratakan. Nilai tersebut kemudian dikonversi ke bentuk persentase menggunakan rumus berikut:

$$\textbf{Skor Persentase (\%)} = \left(\frac{\textbf{Skor total per validator}}{\textbf{Skor maksimal}}\right) \times \textbf{100\%}$$

Selanjutnya, skor persentasi ditafsirkan menggunakan kriteria berikut :

Tabel 3. 8 Skor persentase validasi ahli

Persentase (%)	**Kategori**
85,01% – 100%	Sangat Layak
70,01% – 85%	Layak
60,01% – 70%	Cukup Layak
50,01%-60%	Tidak Layak
<50%	Sangat Tidak Layak

Hasil daro validator digunakan sebagai bahan evaluasi untuk merevisi dan menyempurnakan alat digunakan oleh responden pengguna.

2. Analisis Data Angket Responden

Data dari pengguna dihitung dengan cara yang sama, yaitu mengubah hasil angket menjadi skor, lalu menghitung nilai rata-rata setiap item dan keseluruhan. Tujuan dari analisis ini adalah untuk menilai tingkat penerimaan dan kepuasan pengguna terhadap sistem dari segi kenyamanan, kecepatan respon, kemudahan penggunaan, dan efektivitas fitur notifikasi Telegram.

Data yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk persentase dan ditafsirkan menggunakan kategori yang sama seperti pada angket validasi. Hal ini memungkinkan peneliti menyimpulkan sejauh mana sistem diterima oleh pengguna akhir dan apa saja bagian yang perlu dikembangkan lebih lanjut.

$$\textbf{Skor Persentase (\%)} = \left(\frac{\textbf{Skor diperoleh}}{\textbf{Skor maksimal}}\right) \times \textbf{100\%}$$

Selanjutnya, skor persentase ditafsirkan menggunakan kriteria berikut:

Tabel 3. 9 Skor Persentase Responden

Persentase (%)	Kategori
85,01% – 100%	Sangat Layak
70,01% – 85%	Layak
60,01% – 70%	Cukup Layak
50,01%-60%	Tidak Layak
<50%	Sangat Tidak Layak

3. Analisis Data Pengujian Fungsional Ala

Setiap indikator pengujian aalat diuji secara berulang dan dicatat berdasarkan hasil nyata (terukur) dari alat di lapangan, lalu dibandingkan dengan nilai referensi ideal yang diharapkan. Untuk menilai tingkat kepantasan, maka dihitung tingkat %*error* dan hasil perhitungan akurasi dengan menggunakan rumus:

$$\textbf{\textit{Error}}\ \textbf{(\%)} = \left(\frac{\textbf{Nilai Referensi – Nilai Terukur}}{\textbf{Nilai Referensi}}\right) \times \textbf{100\%}$$

$$\textbf{Akurasi (\%)} = \left(\frac{\textbf{Jumlah Percobaan Berhasil}}{\textbf{Jumlah Total Percobaan}}\right) \times \textbf{100\%}$$

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil pengembangan sistem keamanan pintu berbasis *fingerprint* yang terintegrasi dengan Telegram sebagai media notifikasi *real-time*. Penelitian ini menampilkan proses perancangan, dan pengujian sistem yang mencakup kinerja sensor *fingerprint*, *solenoid lock*, serta koneksi jaringan melalui mikrokontroler ESP32. Setiap tahap pengujian dilakukan untuk menilai sejauh mana sistem dapat bekerja secara optimal dalam mengenali sidik jari, membuka kunci pintu, serta mengirimkan notifikasi dengan cepat. Perhitungan tingkat keberhasilan, akurasi, dan persentase error digunakan untuk menganalisis performa alat secara kuantitatif.

Selain pengujian teknis, dilakukan pula uji kelayakan oleh ahli media atau validator, yang merupakan dosen atau praktisi di bidang elektronika. Uji kelayakan ini mencakup penilaian terhadap aspek fungsi sistem, kepraktisan, kualitas kerja alat, serta waktu respon. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa alat yang dikembangkan tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga layak digunakan dan mudah dioperasikan oleh pengguna.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

A. Hasil Rancangan Sistem

1. Hasil Rancangan Alat

a. Tahapan Rancangan Awal

Langkah-langkah awal rancangan "Perancangan Sistem Keamanan Pintu Berbasis *Fingerprint* Dengan Notifikasi *Real-Time* Ke Telegram" :

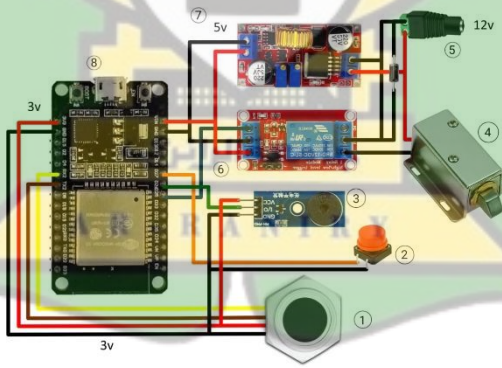
1) Siapkan satu unit sensor fingerprint R503 sebagai pembaca identitas pengguna, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali dan pengolah data, modul solenoid lock sebagai sistem pengunci pintu, modul buzzer sebagai indikator keamanan, serta modul relay untuk mengatur daya penguncian pintu secara otomatis. Selain itu, gunakan push button sebagai tombol manual untuk membuka pintu dari dalam ruangan.
2) Lakukan perancangan awal sistem menggunakan perangkat lunak pengolah gambar seperti Adobe Illustrator untuk membuat diagram blok sistem dan alur koneksi rangkaian. Tahapan ini mencakup perancangan hubungan antara sensor *fingerprint*, *relay*, *buzzer*, dan ESP32.
3) Rakit semua komponen sesuai rancangan dengan memperhatikan polaritas tegangan dan konektivitas antar pin. Pastikan setiap sambungan, terutama pada jalur daya (VCC, GND) terpasang dengan kuat untuk mencegah gangguan saat pengujian.
4) Hubungkan mikrokontroler ESP32 dengan komputer melalui kabel data untuk proses upload program serta

pemantauan hasil keluaran melalui Serial Monitor di Arduino IDE.

5) Tulis dan unggah program ke ESP32 menggunakan Arduino IDE. Program berisi inisialisasi komunikasi antara *sensor fingerprint*, *solenoid lock*, *relay*, dan *buzzer*, serta konfigurasi koneksi Wi-Fi dan integrasi bot Telegram API agar sistem dapat mengirim notifikasi secara *real-time* ke pengguna.
6) Setelah sistem terhubung, lakukan pengujian fungsional dengan mencoba proses pendaftaran sidik jari, membuka kunci pintu, serta memantau notifikasi yang dikirim ke Telegram saat pintu dibuka atau terjadi percobaan akses gagal.

b. Rangkaian Sensor Fingerprint R503 pada ESP32

Rangkaian sistem keamanan pintu berbasis sensor fingerprint R503 menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali utama. Komponen utama yang digunakan meliputi sensor fingerprint R503, modul relay,



Gambar 4. 1 Rangkaian Sensor Fingerprint R503 pada ESP32

buzzer, push button, modul *step down buck converter*, dan solenoid lock. Rangkaian sistem dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini:

Keterangan :

1) Fingerprint
2) Push Button
3) Buzzer
4) Solenoid-*Door Lock*
5) Adaptor
6) Relay
7) Stepdown DC-DC
8) ESP32

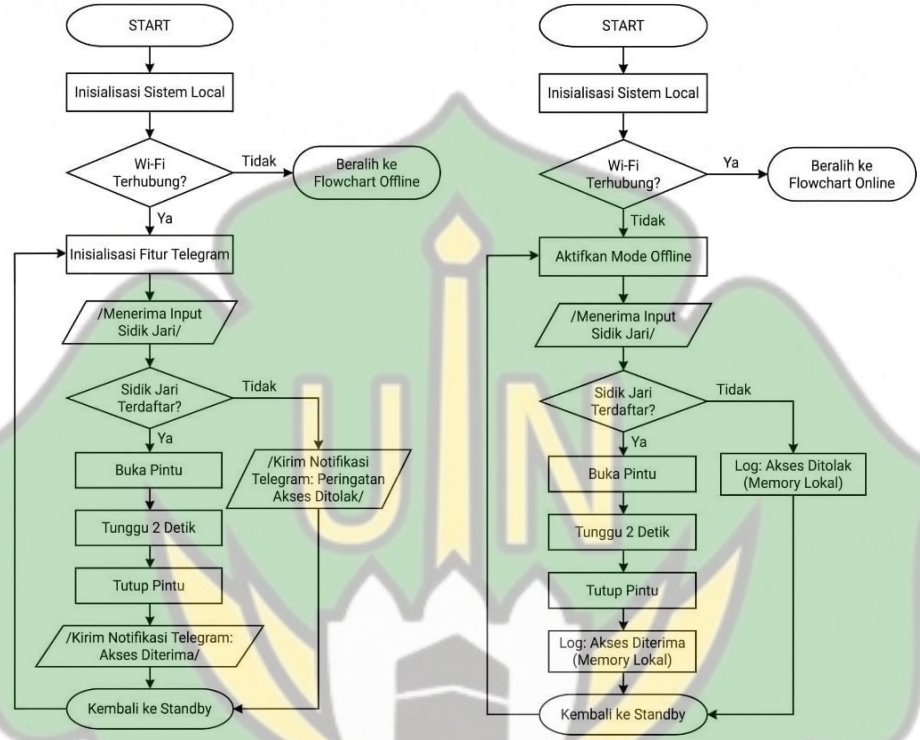
Pada rangkaian tersebut, ESP32 berfungsi sebagai pengolah data dari sensor fingerprint serta mengendalikan komponen keluaran seperti relay, buzzer, dan solenoid lock. Modul step down buck converter digunakan untuk menurunkan tegangan dari 12V DC menjadi 5V DC agar sesuai dengan kebutuhan ESP32 dan sensor fingerprint. Selain menjalankan proses autentikasi sidik jari, sistem ini juga terhubung dengan jaringan Wi-Fi pada ESP32 untuk mengirimkan notifikasi secara *real-time* melalui aplikasi Telegram. Notifikasi akan dikirimkan setiap kali terjadi interaksi pada pintu, baik berupa akses yang berhasil maupun percobaan akses yang gagal. Dengan integrasi seluruh komponen tersebut, sistem mampu menyediakan mekanisme kontrol akses berbasis biometrik serta pemantauan aktivitas pintu secara jarak jauh.

c. Pemograman Sistem

Sistem dilakukan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C++, di mana ESP32 berperan sebagai pengendali utama yang mengatur sensor fingerprint R503, relay, buzzer, push button, solenoid lock, serta komunikasi Telegram melalui pustaka WiFi.h, UniversalTelegramBot.h, dan Adafruit Fingerprint Sensor Library. Sistem bekerja dengan melakukan verifikasi sidik jari untuk mengendalikan akses pintu, memberikan peringatan melalui buzzer ketika autentikasi gagal, serta mendukung pengendalian jarak jauh melalui bot Telegram dengan perintah seperti /buka, /tambah, /hapus, dan /status. Selain itu, push button digunakan sebagai tombol manual untuk membuka pintu dari dalam ruangan.

Pemrograman sistem disusun dalam beberapa fungsi utama yang mencakup inisialisasi perangkat, pembacaan sidik jari, komunikasi Telegram, dan pengendalian komponen. Sistem juga dirancang untuk dapat bekerja dalam mode online dan mode offline, sehingga proses autentikasi sidik jari tetap dapat dilakukan ketika koneksi Wi-Fi tersedia maupun tidak tersedia. Alur kerja sistem pada kedua kondisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.2.

جامعة الرانري
AR-RANIRY



Gambar 4. 2 Flowchart Sistem (a) Mode Online; (b) Mode Offline

Berdasarkan Gambar 4.2, pada mode online sistem melakukan pemeriksaan koneksi Wi-Fi dan mengaktifkan fitur Telegram apabila koneksi tersedia. Selanjutnya, sistem menerima input sidik jari untuk dilakukan proses verifikasi. Apabila sidik jari terdaftar, sistem membuka pintu selama 2 detik, kemudian menutup kembali dan mengirimkan notifikasi akses diterima melalui Telegram. Apabila sidik jari tidak terdaftar, akses ditolak dan sistem mengirimkan notifikasi peringatan melalui Telegram.

Pada mode offline, sistem akan mengaktifkan mode offline ketika koneksi Wi-Fi tidak tersedia. Proses verifikasi sidik jari tetap dapat

dilakukan secara lokal. Apabila sidik jari terdaftar, pintu dibuka selama 2 detik kemudian ditutup kembali dan aktivitas akses dicatat pada memori lokal. Apabila sidik jari tidak terdaftar, akses ditolak dan dicatat sebagai log lokal.

Berdasarkan alur tersebut, pemrograman sistem kemudian diimplementasikan ke dalam program pada ESP32 untuk menjalankan setiap fungsi yang telah dirancang. Implementasi program terdiri atas beberapa bagian utama, yaitu inisialisasi sistem, program siklus utama, proses verifikasi sidik jari, serta integrasi dengan Telegram. Beberapa blok kode utama yang digunakan dalam sistem beserta penjelasannya disajikan sebagai berikut.

1) Implementasi Inisialisasi Sistem Mikrokontroler.

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);

  pinMode(pinTombolKeluar, INPUT_PULLUP);
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(relayPin, HIGH);

  mySerial.begin(57600, SERIAL_8N1, 16, 17);
  finger.begin(57600);

  WiFi.begin(ssid, password);

  unsigned long startWiFi = millis();
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED &&
         millis() - startWiFi < 7000) {
    delay(500);
  }

  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    wifiConnected = true;
    secured_client.setInsecure();
  }

  if (!finger.verifyPassword()) {
    while (1);
  }

  finger.getTemplateCount();
}
```

Gambar 4. 3 Implementasi Inisialisasi Sistem Pada Mikrokontrole

Fungsi setup() dijalankan satu kali ketika ESP32 pertama kali dinyalakan. Pada tahap ini sistem melakukan inisialisasi komunikasi serial, konfigurasi pin input dan output, koneksi ke jaringan WiFi, serta aktivasi sensor fingerprint R503. Selanjutnya, sistem

memverifikasi keberadaan sensor dan membaca jumlah sidik jari yang tersimpan sebagai persiapan sebelum memasuki proses utama.

2) Implementasi Program Siklus Utama Mikrokontrollers

```
void loop() {

  static bool lastWiFiState = wifiConnected;

  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED &&
      !lastWiFiState) {

    delay(2000);
    ESP.restart();
  }

  wifiConnected =
      (WiFi.status() == WL_CONNECTED);

  lastWiFiState = wifiConnected;

  if (wifiConnected &&
      millis() - lastCheckTelegram >
      intervalTelegram) {

    cekPesanTelegram();
    lastCheckTelegram = millis();
  }

  handleFingerprint();
  cekTombolKeluar();

  yield();
  delay(20);
}
```

Gambar 4. 4 Implementasi Program Siklus Utama Pada Mikrokontroler

Fungsi loop() merupakan pusat pengendalian sistem yang dieksekusi secara berulang selama perangkat aktif. Pada fungsi ini dilakukan pemantauan status koneksi WiFi, pengecekan pesan Telegram secara berkala, pembacaan data dari sensor sidik jari, serta pendeteksian kondisi tombol keluar. Susunan proses tersebut memastikan seluruh komponen sistem dapat bekerja secara berkesinambungan dan memberikan respons terhadap setiap kejadian.

3) Implementasi Verifikasi Sidik Jari



```
void handleFingerprint() {

 if (finger.getImage() !=
    FINGERPRINT_OK) return;

 if (finger.image2Tz() !=
    FINGERPRINT_OK) return;

 if (finger.fingerSearch() !=
    FINGERPRINT_OK) {

  playFingerprintFail();

  if (wifiConnected)
   bot.sendMessage(chatId,
   "❌ Sidik jari belum terdaftar", "");

  return;
 }

 int detectedFingerID =
    finger.fingerID;
 if (wifiConnected)

   bot.sendMessage(chatId,
   "✅ Finger ID " + String
    (detectedFingerID) +
   " terdeteksi", "");

 relayStatus = true;
```

Gambar 4. 5 Implementasi Verifikasi Sidik Jari

Proses autentikasi pengguna dilakukan melalui fungsi handleFingerprint(). Fungsi ini diawali dengan pengambilan citra sidik jari, kemudian mengubahnya menjadi template digital untuk dibandingkan dengan data yang tersimpan pada memori sensor. Jika sidik jari berhasil dikenali, ESP32 akan mengirimkan notifikasi melalui Telegram dan mengaktifkan relay sehingga solenoid membuka pintu. Sebaliknya, apabila autentikasi gagal, buzzer akan memberikan peringatan dan sistem mengirimkan informasi kegagalan kepada pengguna

4) Implementasi Integrasi Telegram

```
void cekPesanTelegram() {

  int numNewMessages =
      bot.getUpdates(
      bot.last_message_received + 1);

  if (numNewMessages <= 0) return;

  for (int i = 0;
       i < numNewMessages;
       i++) {

    String text =
      bot.messages[i].text;
    relayStatus = true;
if (text == "/buka") {

      relayStatus = true;

      digitalWrite(relayPin, LOW);

      bot.sendMessage(chatId,
      "✅ Pintu dibuka","");

    }
    else if (text == "/status") {

      bot.sendMessage(chatId,
      status,"");

    }
  }
}
```

Gambar 4. 6 Implementasi Integrasi Untuk Telegram

Blok program pada Gambar 4.6 berfungsi untuk membaca dan memproses perintah yang diterima dari bot Telegram. Program akan mengambil pesan terbaru, kemudian memeriksa isi perintah yang dikirim pengguna. Perintah seperti /buka, /tutup, /status, /tambah, dan /hapus akan diproses sesuai fungsinya sehingga pengguna dapat mengendalikan sistem keamanan pintu dari jarak jauh melalui aplikasi Telegram.

2. Hasil Uji Kelayakan

1. Validasi Ahli

Dalam penelitian ini diperoleh hasil validasi kelayakan dari para ahli media terhadap alat yang dikembangkan. Proses validasi melibatkan empat orang validator, yang terdiri dari dua dosen bidang kelistrikan, yaitu bapak Muhammad Ikhsan, M.T. dan bapak Muhammad Rizal Facri, M.T., serta satu dosen bidang elektronika, yaitu bapak Baihaqi, M.T. Penilaian ini bertujuan untuk menguji tingkat kelayakan penggunaan alat. Adapun hasil validasi ahli media tersebut disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 4. 1 Hasil Uji Kelayakan Validator

No	Indikator	Pertanyaan	Kriteria Jawaban			Jumlah Rata-rata
			V1	V2	V3	
1	Kesesuaian Sistem	Sistem keamanan yang dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian	5	5	5	5
		Pemilihan sensor	5	5	5	5

		fingerprint R503 sudah tepat untuk sistem keamanan pintu				
		Integrasi ESP32 dengan sensor, relay, buzzer, dan Telegram berjalan sesuai konsep sistem	4	5	5	4.6
2	Fungsi	Sensor fingerprint membaca dan memverifikasi sidik jari dengan baik	5	5	5	5
		Sistem dapat membedakan akses yang diterima dan ditolak secara tepat	5	5	4	4,6
		Relay bekerja sesuai perintah untuk membuka dan menutup pintu	5	5	5	5
3	Kinerja	Logika program sistem mudah dipahami dan sistematis	4	4	5	4,3
		Waktu respon sistem terhadap sidik jari dan perintah Telegram sudah sesuai standar	5	4	4	4,3
		Sistem bekerja stabil tanpa error yang signifikan saat pengujian	4	4	5	4,3
4	Antarmuka	Notifikasi Telegram informatif dan	5	5	5	5

		mudah dipahami pengguna				
		Perintah Telegram (buka, hapus, tambah, status) berfungsi dengan benar	5	5	5	5
		Sistem memberikan umpan balik yang jelas saat akses berhasil atau ditolak	5	5	5	5
5	Praktis	Sistem mudah dioperasikan oleh pengguna	3	5	5	4,3
		Sistem meningkatkan tingkat keamanan pintu dibandingkan sistem konvensional	5	5	5	5
		Sistem layak diterapkan sebagai media pembelajaran atau sistem keamanan sederhana	5	5	4	4,6
Jumlah			70	72	72	71,3
Persentase			95%			

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh empat validator, diperoleh persentase kelayakan sistem sebesar 95%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan berada pada kategori “sangat layak” sesuai dengan klasifikasi pada Tabel 3. tentang kategori persentase kelayakan. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem keamanan pintu berbasis fingerprint dan Telegram

yang dirancang telah memenuhi standar kelayakan dari segi fungsi, kinerja, dan kemudahan penggunaan.

Selain memberikan penilaian kelayakan, para validator juga memberikan masukan terhadap produk yang dikembangkan. Validator pertama menyarankan agar sistem dilengkapi dengan manual book sebagai panduan penggunaan alat. Saran tersebut kemudian disetujui oleh validator kedua dan ketiga tanpa memberikan tambahan masukan lainnya. Menindaklanjuti saran tersebut, peneliti telah menyusun manual book yang memuat informasi mengenai cara penggunaan sistem, pengoperasian fitur Telegram Bot, serta prosedur pendaftaran dan penghapusan sidik jari. Dokumen manual book secara lengkap dapat diakses pada bagian Lampiran, sedangkan preview atau tampilan sampul (cover) dari buku panduan tersebut disajikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. 7 Cover Manual Book

2. Hasil Respon Pengguna Terhadap Sistem

Setelah proses pengujian fungsional sistem selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah pengujian respon pengguna terhadap sistem keamanan pintu berbasis fingerprint dan notifikasi Telegram yang telah dikembangkan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tanggapan pengguna terhadap kemudahan penggunaan, tampilan sistem, kecepatan respon, serta manfaat sistem dalam meningkatkan keamanan pintu. Pengujian dilakukan melalui demonstrasi alat secara langsung kepada responden sehingga responden dapat melihat dan memahami cara kerja sistem secara keseluruhan.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan angket yang disebarkan melalui Google Form kepada enam orang responden. Setiap responden diminta memberikan penilaian terhadap tujuh pernyataan yang berkaitan dengan aspek usability sistem. Hasil penilaian responden kemudian diolah untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem yang dikembangkan. Rekapitulasi hasil respon pengguna dapat dilihat pada berikut.

Tabel 4. 2 Hasil Respon Pengguna Terhadap Sistem

No	Pernyataan	Kriteria Jawaban						Jumlah Rata-rata
		RF	NF	MF	RA	IA	AS	
1	Sistem keamanan pintu yang didemonstrasikan mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna.	5	5	5	4	5	5	4,8
2	Sistem memberikan respon yang cepat saat sidik jari dikenali maupun saat akses ditolak.	5	5	5	5	5	5	5
3	Sensor fingerprint mampu mengenali sidik jari dengan akurat pada kondisi penggunaan normal.	5	5	5	5	5	5	5
4	Notifikasi yang dikirim melalui Telegram sesuai dengan kondisi sistem (pintu terbuka atau akses ditolak).	5	5	5	5	5	5	5

5	Tombol push button berfungsi dengan baik untuk membuka pintu dari dalam ruangan.	5	5	5	5	5	5	5
6	Sistem bekerja dengan stabil tanpa mengalami gangguan selama proses demonstrasi.	4	5	5	3	4	5	4,3
7	Sistem keamanan pintu ini layak untuk diterapkan pada lingkungan nyata (rumah/kantor).	5	5	5	5	5	5	5
Jumlah		34	35	35	32	34	35	34,17
Presentase		97,62%						

Setelah proses demonstrasi alat selesai dilakukan, peneliti meminta responden untuk memberikan penilaian terhadap sistem keamanan pintu berbasis fingerprint dan notifikasi Telegram menggunakan Google Form. Penilaian dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem yang telah dikembangkan, terutama dari aspek kemudahan penggunaan, kemudahan memahami fitur, tampilan sistem, serta manfaat sistem dalam meningkatkan keamanan pintu. Responden pada pengujian ini berjumlah 6 orang yang mewakili masyarakat/penghuni

tempat tinggal sebagai sasaran pengguna sistem secara umum.

Angket respon pengguna terdiri dari 7 pernyataan dengan menggunakan skala Likert 1–5. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa sistem memperoleh persentase sebesar 97,62% yang termasuk dalam kategori "Sangat Layak". Nilai tersebut menunjukkan bahwa mayoritas responden memberikan tanggapan positif terhadap sistem yang dikembangkan.

3. Hasil Pengujian Sistem Jdul

a. Pengujian Alat Berdasarkan Variasi Waktu

Pengujian waktu respon alat dilakukan untuk mengetahui kesesuaian kinerja sistem terhadap waktu standar yang telah ditetapkan. Pengujian dilakukan pada tiga kondisi waktu, yaitu pagi, siang, dan malam, dengan masing-masing kondisi diuji sebanyak tiga kali. Waktu standar respon alat ditetapkan sebesar 1,0 detik. Hasil pengujian waktu respon sistem disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Variasi Waktu

NO	Kondisi Pengukuran	Respon Alat (✓)		Waktu Respon Alat	Waktu Standar Alat (ISO)	Error
		Ya	Tidak			
1	Waktu Pagi (05.00 – 10.59)	✓		1,70 detik	2,0 detik	0%
		✓		1,90 detik		0%
		✓		1,80 detik		0%
2z	Waktu Siang (11.00 – 14.59)	✓		1,92 detik		0%

		✓		2,05 detik		
		✓		2,05 detik		2,5%
		✓		2,16 detik		8%
3	Waktu Malam (18.00 – 04.59)	✓		1,86 detik		0%
		✓		1,94 detik		0%
		✓		1,97 detik		0%

Berdasarkan hasil pengujian pada variasi waktu pagi, siang, dan malam selama tiga hari, sistem mampu menjalankan proses autentikasi sidik jari dan pengiriman notifikasi Telegram dengan baik pada setiap percobaan. Waktu respon yang diperoleh berada pada rentang 1,70 detik hingga 2,16 detik, dengan sebagian besar hasil pengujian berada di bawah waktu respon acuan sistem sebesar 2 detik. Meskipun terdapat beberapa percobaan yang sedikit melebihi waktu acuan, seluruh fungsi sistem tetap berjalan sesuai dengan rancangan sehingga tidak memengaruhi keberhasilan proses autentikasi maupun pengiriman notifikasi.

b. Pengujian Alat Berdasarkan Kondisi Lingkungan

Selain variasi waktu, pengujian juga dilakukan pada kondisi lingkungan yang berbeda, yaitu berdebu, panas, dan basah. Masing-masing kondisi diuji sebanyak tiga kali untuk mengetahui pengaruh lingkungan terhadap waktu respon alat. Dokumentasi persiapan dan pelaksanaan pengujian kondisi lingkungan dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 8 Pengujian Alat Berdasarkan Kondisi Lingkungan: (a) Persiapan Uji Sidik Jari Basah dan Berdebu, (b) Pengujian Sensor pada Suhu Lingkungan Panas (35°C)

Hasil pengujian alat berdasarkan kondisi lingkungan tersebut disajikan pada Tabel 4.4 berikut

Tabel 4. 4 Hasil pengujian Kondisi Lingkungan

NO	Kondisi Pengukuran	Respon Alat (✓)		Waktu Respon Alat	Waktu Standar Alat (ISO)	Error
		Ya	Tidak			
1	Berdebu		✓	1,98 detik	2,0 detik	0%
		✓		1,94 detik		0%
		✓		1,91 detik		0%
2	Panas (35°C)	✓		1,92 detik		0%
		✓		1,89 detik		0%
		✓		1,81 detik		0%
3	Basah		✓	2,26 detik		13%
			✓	2,21 detik		10,5%
			✓	2,08 detik		4%

Berdasarkan Tabel 4.4, sistem berhasil mengenali seluruh sidik jari pada kondisi normal, berdebu, dan lingkungan bersuhu

sekitar 35°C. Sebaliknya, pada kondisi sidik jari basah seluruh percobaan tidak berhasil dikenali sehingga akses pintu tidak diberikan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem tetap mampu menjalankan fungsi autentikasi sesuai rancangan pada sebagian besar kondisi pengujian, namun tingkat keberhasilannya menurun pada kondisi sidik jari basah.

c. Pengujian False Rejection Rate (FRR) Sensor Sidik Jari.

Setelah dilakukan pengujian waktu respon dan perhitungan error sistem, pengujian selanjutnya difokuskan pada tingkat keandalan sensor sidik jari dalam mengenali sidik jari yang telah terdaftar. Parameter yang digunakan pada pengujian ini adalah False Rejection Rate (FRR), yaitu persentase kegagalan sistem dalam menerima sidik jari yang sebenarnya valid. Pengujian FRR dilakukan dengan menggunakan satu sidik jari yang telah terdaftar pada sistem. Sidik jari tersebut diuji pada empat variasi posisi, yaitu geser ke kiri, kanan, atas, dan bawah dengan pergeseran sekitar ±2–3 mm dari posisi normal. Setiap variasi posisi dilakukan sebanyak 4 kali percobaan untuk memperoleh data yang lebih representatif.Nilai False Rejection Rate (FRR) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{FRR}(\%) = \frac{\text{False Rejection}}{\text{Jumlah Percobaan}} \text{x}100\%$$

Hasil Pengujian FRR disajikan pada tabel 4.5 Berikut:

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian FRR

NO	Kondisi Jari	Respon Alat (✓)	FRR(%)

		Ya	Tidak	
1	Geser ke kiri ±2–3 mm	(✓)		25
		(✓)		
		(✓)		
			(✓)	
2	Geser ke kanan ±2–3 mm	(✓)		25
		(✓)		
		(✓)		
			(✓)	
3	Geser ke atas ±2–3 mm	(✓)		0
		(✓)		
		(✓)		
		(✓)		
4	Geser ke bawah ±2–3 mm	(✓)		25
		(✓)		
		(✓)		

جامعة الرانري
AR-RANIRY

			(✓)	

Berdasarkan hasil pengujian False Rejection Rate (FRR), diperoleh 13 percobaan berhasil dan 3 percobaan gagal dari total 16 kali percobaan, sehingga nilai FRR sistem sebesar 18,75% dengan tingkat keberhasilan autentikasi sebesar 81,25%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar sidik jari yang telah terdaftar masih dapat dikenali oleh sistem meskipun dilakukan variasi posisi penempelan jari. Secara umum, sistem tetap mampu menjalankan proses autentikasi sesuai dengan fungsi yang telah dirancang.

B. Hasil Integrasi Sistem Dengan Telegram Bot

1. Konfigurasi Telegram BoT

Sebelum sistem keamanan pintu berbasis fingerprint dan Telegram dapat digunakan, diperlukan proses konfigurasi perangkat lunak agar ESP32 dapat terhubung dengan jaringan internet serta berkomunikasi dengan Telegram Bot. Konfigurasi ini meliputi pembuatan Telegram Bot, memperoleh Chat ID pengguna, pengaturan jaringan WiFi, instalasi library pendukung, hingga proses unggah program ke mikrokontroler ESP32.

a. Pembuatan Telegram Bot

Langkah-langkah pembuatan Telegram Bot adalah sebagai berikut.

1) Buka aplikasi Telegram.
2) Cari akun @BotFather.

3) Kirim perintah: /newbot
4) Masukkan nama bot sesuai keinginan.
5) Masukkan username bot yang diakhiri dengan kata "bot".
6) BotFather akan memberikan BOT Token yang digunakan sebagai identitas bot.

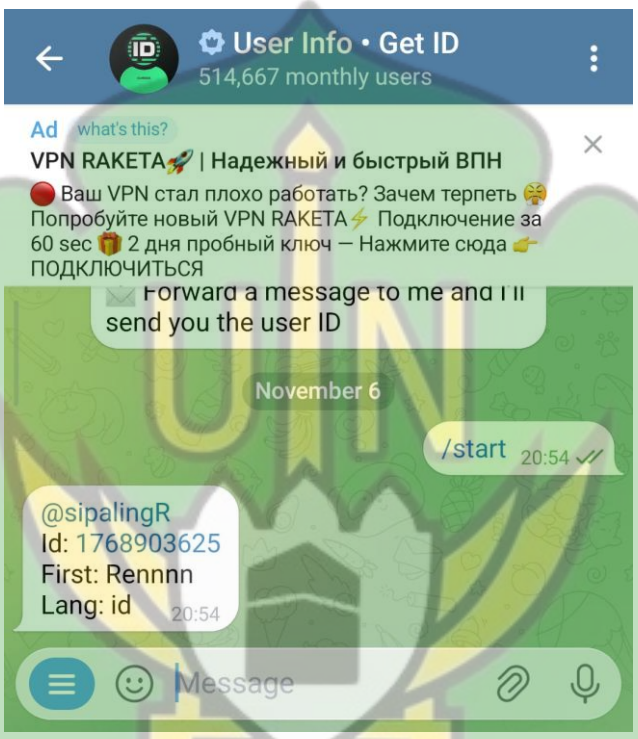


Gambar 4. 9 Pembuatan BoT Telegram Menggunakan BotFather

BOT Token tersebut kemudian disimpan untuk dimasukkan ke dalam program ESP32.

b. Mendpatkan Chat ID
   1) Langkah memperoleh Chat ID sebagai berikut.
   2) Cari akun @userinfobot pada Telegram.
   3) Kirim perintah: /start

4) Sistem akan menampilkan informasi akun beserta Chat ID.
5) Salin nilai Chat ID tersebut A



Gambar 4. 10 Mendapatkan Chat ID

c. Konfigurasi Program ESP32

Setelah BOT Token dan Chat ID diperoleh, langkah berikutnya adalah melakukan konfigurasi pada program ESP32 melalui Arduino IDE. Pada tahap ini, pengguna juga perlu memastikan board ESP32 telah dipilih dengan benar pada menu Tools di Arduino IDE serta komputer telah terhubung dengan perangkat ESP32 melalui kabel USB.

Parameter yang perlu disesuaikan meliputi:

- Nama jaringan WiFi (SSID)
- Password WiFi
- BOT Token
- Chat ID

Potongan program konfigurasi ditunjukan pada gambar berikut :

```
// --- Konfigurasi WiFi ---
const char* ssid = "YOUR_NETWORK_SSID";
const char* password = "YOUR_NETWORK_PASSWORD";
// --- Konfigurasi Bot Telegram ---
#define BOTtoken "YOUR_BOT_TOKEN_HERE"
String chatId = "YOUR_CHAT_ID_HERE";
```

Gambar 4. 11 Konfigurasi Program ESP3

Parameter tersebut dapat diubah sesuai dengan jaringan internet dan akun Telegram yang digunakan.

d. Instalasi Library

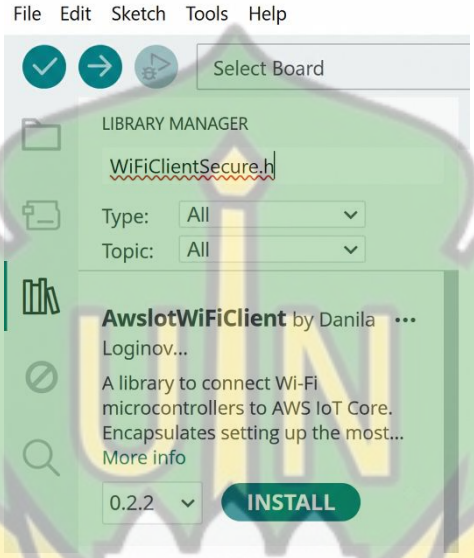
Langkah instalasi library sebagai berikut.

1) Buka Arduino IDE
2) Pilih menu Skecth → Include Library → Manage Libraries.
3) Cari library yang diperlukan.
4) Klik Install.
5) Ulangi hingga seluruh library berhasil dipasang

Library yang diguanakan pada penelitian ini meliputi

- WiFi.h
- WiFiClientSecure.h
- UniversalTelegramBot.h

- ArduinoJson.
- Adafruit Fingerprint Sensor Library

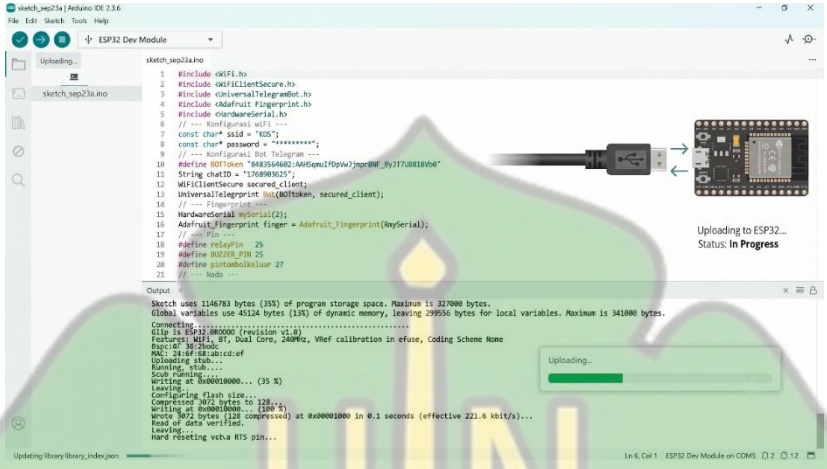


Gambar 4. 12 Library yang Digunakan

e. Uploud Program

Langkah-langkah upload program sebagai berikut.

1) Hubungkan ESP32 ke komputer menggunakan kabel USB.
2) Pilih Board ESP32 pada menu Tools.
3) Pilih COM Port yang sesuai.
4) Klik tombol Upload.
5) Tunggu hingga proses upload selesai.



Gambar 4. 13 Upload Program Ke ESP32

Apabila proses berhasil, ESP32 akan melakukan restart dan mencoba terhubung ke jaringan WiFi.

2. Hasil Pengujian Telegram Bot

Selain melakukan pengujian terhadap respon alat dan pembacaan sidik jari, penelitian ini juga melakukan pengujian pada fitur Telegram Bot yang digunakan sebagai media monitoring dan kontrol jarak jauh. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa komunikasi antara ESP32 dan Telegram Bot dapat berjalan dengan baik sehingga pengguna dapat menerima notifikasi serta mengendalikan sistem melalui aplikasi Telegram.

Pengujian Telegram Bot dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam menerima perintah dari pengguna serta mengirimkan notifikasi secara *real-time*. Pengujian meliputi empat fitur perintah, yaitu /start, /buka, /tambah, dan /hapus, serta dua jenis notifikasi, yaitu notifikasi akses berhasil dan notifikasi akses ditolak. Masing-masing fitur diuji sebanyak tiga kali percobaan dengan mengacu pada waktu standar respon sistem sebesar 2 detik. Hasil pengujian meliputi status respon alat, waktu respon, serta nilai error yang diperoleh pada setiap percobaan. Adapun hasil pengujian Telegram Bot disajikan pada Tabel 4. Hasil pengujian Telegram Bot dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4. 6 Tabel Pengujian Bot Telegram

NO	Fitur Telegram	Respon Alat		Waktu Respon Alat	Waktu Standar Alat (ISO)	Error
		Ya	Tidak			
1	Perintah /start	(✓)		0,96 detik		0%
		(✓)		1,02 detik		0%
		(✓)		1,08 detik		0%
2	Perintah /buka	(✓)		1,22 detik		0%
		(✓)		1,11 detik	2 detik	0%
		(✓)		1,91 detik		0%
3	Perintah /tambah	(✓)		1,09 detik		0%
		(✓)		1,07 detik		0%
		(✓)		1,12 detik		0%

4	Perintah /hapus	(✓)		1,18 detik		0%
		(✓)		1,09 detik		0%
		(✓)		1,06 detik		0%
5	Notifikasi akses berhasil	(✓)		2,03 detik		1,5%
		(✓)		2,08 detik		4%
		(✓)		2,13 detik		6,5%
6	Notifikasi akses ditolak	(✓)		2,05 detik		2,5%
		(✓)		2,11 detik		5,5%
		(✓)		2,16 detik		8%

Berdasarkan hasil pengujian Telegram Bot, seluruh fitur yang diuji, yaitu /start, /buka, /tambah, /hapus, notifikasi akses berhasil, dan notifikasi akses ditolak, berhasil dijalankan pada setiap percobaan. Waktu respon perintah Telegram berada pada rentang 0,96–1,91 detik, sedangkan waktu pengiriman notifikasi berada pada rentang 2,03–2,16 detik. Seluruh fungsi Telegram Bot dapat berjalan sesuai dengan rancangan, sehingga komunikasi antara sistem dan pengguna tetap berlangsung dengan baik meskipun terdapat sedikit perbedaan waktu respon pada proses pengiriman notifikasi.

Berdasarkan seluruh pengujian yang telah dilakukan, sistem mampu menjalankan seluruh fungsi utama sesuai dengan rancangan. Pengujian variasi waktu menunjukkan sistem bekerja secara stabil, pengujian kondisi lingkungan membuktikan sensor mampu beroperasi pada sebagian besar kondisi yang diuji, pengujian FRR menunjukkan tingkat keberhasilan autentikasi yang baik, sedangkan pengujian Telegram menunjukkan seluruh fungsi komunikasi berjalan dengan baik. Hasil tersebut memperkuat hasil validasi ahli

bahwa sistem yang dikembangkan layak untuk diterapkan sebagai sistem keamanan pintu berbasis Fingerprint R503 dan notifikasi Telegram menggunakan ESP32.

C. Pembahasan

Pada bagian ini dilakukan pembahasan terhadap hasil pengujian yang telah dilaksanakan pada sistem keamanan pintu berbasis Fingerprint R503 dan notifikasi Telegram menggunakan ESP32. Pembahasan bertujuan untuk menginterpretasikan hasil pengujian yang diperoleh serta mengaitkannya dengan tujuan penelitian dan beberapa penelitian terdahulu yang relevan. Pengujian yang dibahas meliputi pengujian variasi waktu, kondisi lingkungan, False Rejection Rate (FRR), serta pengujian Telegram Bot sebagai media monitoring dan kontrol sistem.

1. Pembahasan Hasil Pengujian Sistem

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem keamanan pintu berbasis Fingerprint R503 dan notifikasi Telegram menggunakan ESP32 mampu menjalankan seluruh fungsi utama sesuai dengan rancangan. Sistem berhasil melakukan proses autentikasi sidik jari, mengendalikan solenoid door lock, mengaktifkan buzzer sebagai indikator, serta mengirimkan notifikasi melalui Telegram secara *real-time*. Selain itu, fitur kontrol jarak jauh melalui Telegram juga dapat dijalankan sesuai dengan perintah yang diberikan pengguna

sehingga menunjukkan bahwa seluruh komponen perangkat keras maupun perangkat lunak telah terintegrasi dengan baik.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Hal tersebut diperkuat dengan hasil validasi ahli yang memperoleh kategori sangat layak serta penilaian responden yang menunjukkan bahwa sistem mudah digunakan dan sesuai untuk diterapkan sebagai sistem keamanan pintu berbasis biometrik pada berbagai jenis tempat tinggal. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan telah memenuhi aspek *Functional Suitability, Performance Efficiency, dan Usability* berdasarkan standar ISO/IEC 25010:2011 yang digunakan pada penelitian ini.

a) Variasi Waktu

Berdasarkan data eksperimen, operasional sistem pada rentang waktu yang berlainan (pagi, siang, dan malam) tidak mengganggu responsivitas alat, menandakan tingkat stabilitas perangkat lunak maupun keras yang terjaga. Hal ini terlihat dari waktu respon yang relatif konsisten pada setiap percobaan, dengan selisih waktu yang tidak terlalu jauh antar pengujian. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ESP32, sensor Fingerprint R503, dan Telegram Bot mampu bekerja

secara terintegrasi selama perangkat memperoleh catu daya yang stabil dan terhubung dengan jaringan internet.

Perbedaan waktu respon yang muncul pada beberapa percobaan diduga dipengaruhi oleh proses komunikasi data antara ESP32 dan server Telegram, serta kualitas koneksi jaringan saat pengujian berlangsung. Namun demikian, selisih waktu tersebut masih berada dalam batas yang dapat diterima sehingga tidak memengaruhi fungsi utama sistem. Dengan demikian, sistem dapat dikatakan memiliki performa yang stabil ketika digunakan pada waktu operasional yang berbeda.

b) Kondisi Lingkungan

Modul R503 menunjukkan tingkat toleransi pembacaan yang baik dalam kondisi jari berdebu maupun paparan suhu 35°C, namun mengalami kegagalan verifikasi saat permukaan jari dalam keadaan basah akibat pembiasan pola optik oleh cairan. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan debu ringan maupun perubahan suhu lingkungan pada batas pengujian tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap proses identifikasi sidik jari. Dengan demikian, sistem masih dapat melakukan autentikasi,

mengaktifkan solenoid door lock, dan mengirimkan notifikasi Telegram sebagaimana mestinya.

Berbeda dengan kondisi tersebut, seluruh percobaan pada sidik jari basah mengalami kegagalan autentikasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa kualitas citra sidik jari sangat memengaruhi proses identifikasi oleh sensor optik. Lapisan air pada permukaan jari dapat mengurangi kejelasan pola sidik jari sehingga proses pencocokan data menjadi kurang optimal. Dari sisi keamanan, kondisi tersebut justru mengurangi kemungkinan sistem memberikan akses kepada pengguna yang tidak dapat terverifikasi dengan baik sehingga fungsi keamanan tetap terjaga.

c) False Rejection Rate (FRR)

Pengujian False Rejection Rate (FRR) dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengenali sidik jari yang telah terdaftar ketika posisi penempelan jari mengalami sedikit perubahan. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai FRR sebesar 18,75%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar percobaan masih berhasil dikenali oleh sensor meskipun posisi jari mengalami pergeseran. Kegagalan autentikasi hanya terjadi pada beberapa kondisi tertentu, yaitu saat area sidik jari yang tertangkap

sensor tidak sepenuhnya sesuai dengan template yang tersimpan.

Tingkat keberhasilan autentikasi sebesar 81,25% menunjukkan bahwa sensor Fingerprint R503 masih memiliki kemampuan pembacaan yang baik terhadap variasi posisi penempelan jari. Dalam sistem keamanan biometrik, penolakan terhadap sidik jari yang tidak terbaca secara optimal merupakan mekanisme yang lebih aman dibandingkan menerima sidik jari yang tidak dapat diverifikasi. Oleh karena itu, pengguna disarankan menempatkan jari pada posisi yang sesuai agar proses autentikasi dapat berlangsung dengan tingkat keberhasilan yang lebih tinggi.

2. Pembahasan Hasil Integrasi Telegram

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur Telegram Bot dapat berfungsi sesuai dengan rancangan sistem. Perintah /start, /buka, /tambah, dan /hapus berhasil diproses oleh ESP32 pada setiap percobaan dengan waktu respon kurang dari 2 detik. Sementara itu, notifikasi akses berhasil maupun akses ditolak memerlukan waktu respon sedikit lebih lama, yaitu berkisar antara 2,03 detik hingga 2,16 detik. Perbedaan waktu tersebut masih tergolong wajar karena proses pengiriman notifikasi dilakukan setelah sistem menyelesaikan autentikasi sidik jari,

mengendalikan relay dan solenoid door lock, kemudian mengirimkan data ke server Telegram melalui jaringan internet.

Meskipun terdapat sedikit variasi pada waktu respon notifikasi, seluruh pesan berhasil diterima oleh pengguna tanpa mengalami kegagalan pengiriman. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi antara ESP32 dan Telegram Bot berjalan dengan baik selama perangkat terhubung ke jaringan internet yang stabil. Dengan demikian, penggunaan Telegram sebagai media monitoring dan pengendalian jarak jauh mampu mendukung fungsi sistem keamanan pintu yang dikembangkan, sehingga pengguna dapat memperoleh informasi kondisi pintu secara *real-time* serta melakukan pengendalian sistem dengan mudah melalui aplikasi Telegram.

3. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai sistem keamanan pintu berbasis fingerprint dan Internet of Things (IoT) telah banyak dikembangkan dengan memanfaatkan mikrokontroler dan media komunikasi berbasis internet. Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai pembanding dalam penelitian ini meliputi penelitian Ardiansah dkk., Rahma dkk., serta Sugiarto dan Herianto.

Berikut adalah perbandingan antara sistem yang dikembangkan pada penelitian ini dengan tiga penelitian terdahulu:

Penelitian 1: Penelitian Ardiansah dkk, merancang sistem akses kunci pintu otomatis menggunakan fingerprint berbasis Internet of Things dengan ESP32 sebagai pusat kendali dan Telegram sebagai media notifikasi serta pengendalian pintu. Sistem tersebut menggunakan fingerprint untuk melakukan autentikasi pengguna, buzzer sebagai indikator, serta mekanisme penguncian pintu otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fingerprint yang teridentifikasi dengan benar dapat membuka pintu, sedangkan fingerprint yang tidak sesuai menyebabkan pintu tetap tertutup dan memberikan notifikasi melalui Telegram.[19]

Penelitian tersebut memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan, yaitu sama-sama menggunakan ESP32, fingerprint, sistem penguncian pintu, dan Telegram sebagai media komunikasi. Perbedaannya terletak pada fitur dan pengembangan sistem. Penelitian ini menggunakan sensor fingerprint R503 dan dilengkapi dengan fitur pengelolaan data

[19] Ardiansah, A., Nuraeni, M., Ridwang, R., & Adriani, A. (2024). Rancang bangun akses kunci pintu otomatis menggunakan fingerprint berbasis Internet of Things (IoT). *VERTEX ELEKTRO*, 16(2), 31–39.

fingerprint melalui perintah Telegram seperti /tambah dan /hapus, serta perintah /buka dan /status. Selain itu, penelitian ini menerapkan mode online dan offline sehingga proses autentikasi fingerprint tetap dapat dilakukan ketika koneksi internet tidak tersedia. Pengujian juga dilakukan pada beberapa kondisi lingkungan, seperti kondisi normal, berdebu, suhu sekitar 35°C, dan kondisi sidik jari basah.

Penelitian 2: Penelitian Rahma, Lamada, dan Fathahillah mengembangkan sistem kunci pintu berbasis fingerprint yang terintegrasi dengan sistem kamera keamanan. Sistem tersebut menggunakan ESP32-CAM dan Telegram Bot untuk mengambil gambar serta mengirimkan gambar dan pesan kepada pengguna ketika terjadi aktivitas pada pintu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan autentikasi fingerprint, mengendalikan solenoid dan relay, serta mengirimkan gambar dan pesan melalui Telegram.[20]

Persamaan penelitian tersebut dengan penelitian ini terletak pada penggunaan fingerprint, mikrokontroler, solenoid lock, relay, push button, dan Telegram sebagai bagian dari sistem

[20] Nurul Rahma, Mustari S. Lamada, & Fathahillah (2024), "Pengembangan Sistem Kunci Pintu Berbasis Fingerprint Terintegrasi Dengan Sistem Kamera Keamanan," PINISI Journal of Science & Technology, 1(1).

keamanan pintu. Perbedaannya adalah penelitian Rahma dkk. menambahkan kamera ESP32-CAM untuk mengambil gambar pengguna, sedangkan penelitian ini tidak menggunakan kamera dan lebih berfokus pada autentikasi fingerprint, pengendalian pintu, serta notifikasi dan kendali melalui Telegram. Penelitian ini juga menyediakan beberapa perintah Telegram untuk mengelola fingerprint dan memantau status sistem.

Penelitian 3: Sugiarto dan Herianto mengembangkan smart door lock dengan menggabungkan pengenalan suara dan fingerprint. Sistem tersebut menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama, sensor suara FC-04, sensor fingerprint, sensor infrared FC-51, motor servo, buzzer, dan Telegram Bot untuk memberikan pemberitahuan secara real-time.[21]

Persamaan penelitian tersebut dengan penelitian ini adalah sama-sama menggunakan ESP32, fingerprint, buzzer, dan Telegram Bot sebagai bagian dari sistem keamanan. Perbedaannya terletak pada metode autentikasi dan aktuator yang digunakan. Penelitian Sugiarto dan Herianto mengombinasikan pengenalan suara dan fingerprint serta

[21] Sugiarto, B. I., & Herianto. (2024). Kombinasi Smart Door Lock, Suara Dan Fingerprint pada Sistem IOT untuk Keamanan Ruangan. Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik Universitas Darma Persada, 14(1).

menggunakan motor servo sebagai aktuator, sedangkan penelitian ini menggunakan fingerprint R503 sebagai metode autentikasi utama dan solenoid lock sebagai pengunci pintu. Penelitian ini juga menambahkan push button untuk membuka pintu dari dalam serta menyediakan pengelolaan fingerprint dan pengendalian pintu melalui perintah Telegram.

Berdasarkan perbandingan tersebut, penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian terdahulu dalam penggunaan teknologi fingerprint, ESP32, sistem penguncian elektronik, dan Telegram sebagai media komunikasi. Namun, penelitian ini memiliki pengembangan pada penggunaan sensor fingerprint R503, pengelolaan data fingerprint melalui Telegram, pengendalian pintu menggunakan beberapa perintah Telegram, serta penerapan mode online dan offline. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai sistem autentikasi dan pengunci pintu, tetapi juga menyediakan fitur pemantauan dan pengendalian jarak jauh melalui Telegram.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

BAB V
PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

4. Hasil rancang bangun sistem keamanan pintu berbasis Fingerprint R503 menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler telah berhasil direalisasikan dan berfungsi sesuai dengan perancangan. Sistem mampu melakukan autentikasi sidik jari, mengendalikan kunci pintu melalui solenoid door lock, serta memberikan akses hanya kepada sidik jari yang telah terdaftar. Berdasarkan hasil validasi oleh empat validator, sistem memperoleh persentase kelayakan sebesar 95% dengan kategori Sangat Layak, sedangkan hasil penilaian dari enam responden memperoleh persentase sebesar 97,62% dengan kategori Sangat Layak. Pengujian fungsional juga menunjukkan sistem mampu bekerja dengan baik pada kondisi sidik jari normal, berdebu, dan suhu lingkungan sekitar 35°C, namun belum mampu mengenali sidik jari dalam kondisi basah.

5. Hasil integrasi sistem fingerprint dengan Telegram Bot telah berhasil diimplementasikan sehingga mampu mengirimkan notifikasi secara *real-time* setiap terjadi aktivitas akses pintu, baik akses berhasil maupun gagal. Selain itu, sistem juga mampu menerima dan mengeksekusi perintah pengguna melalui Telegram, seperti membuka pintu, menambahkan sidik jari, menghapus data sidik jari, serta menampilkan status sistem. Seluruh fitur Telegram Bot berfungsi sesuai dengan yang dirancang, sehingga mendukung pemantauan dan pengendalian sistem keamanan pintu dari jarak jauh secara efektif.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan mekanisme penguncian pintu yang lebih adaptif, misalnya dengan menambahkan sensor *magnetic door (magnetic reed switch)* atau sensor pintu untuk mendeteksi kondisi pintu terbuka dan tertutup. Dengan demikian, *solenoid door lock* akan mengunci secara otomatis setelah pintu benar-benar tertutup,

sehingga lebih aman dan mengurangi risiko benturan pada mekanisme pengunci.

2. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan sumber daya cadangan *(backup power)* seperti UPS atau baterai sehingga tetap dapat beroperasi ketika terjadi pemadaman listrik.
3. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan fitur pencatatan riwayat akses *(access log)* yang tersimpan pada database atau penyimpanan cloud sehingga seluruh aktivitas buka dan tutup pintu dapat terdokumentasi dengan lebih baik.
4. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan metode autentikasi ganda *(multi-factor authentication)*, misalnya kombinasi fingerprint dengan PIN atau kartu RFID, sehingga tingkat keamanan sistem menjadi lebih tinggi.
5. Pengujian sistem dapat diperluas pada kondisi lingkungan yang lebih beragam, seperti kelembapan tinggi, intensitas debu yang lebih besar, serta penggunaan dalam jangka waktu yang lebih lama untuk mengetahui tingkat keandalan sistem secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Andriansah, A., Nuraeni, M., Ridwang, & Adriani. (2024). Rancang Bangun Akses Kunci Pintu Otomatis Menggunakan Fingerprint Berbasis Internet of Things (IoT). VERTEX ELEKTRO, 16(2), 31–39.

Andrianto Heri (2021), Sistem Presensi Dan Pembuka Pintu Berbasis Iot Dengan

Sensor *Fingerprint*, Suhu Tubuh Dan RFID. Tesla, 25(2).

Arora, A., & Soni, D. (2016). *Assessment of IoT-based Applications using ISO 25010*. International Journal of Computer Applications, 153(3), 1–5.

Febrianti Alfiyah, dkk(2025). Pemanfaatan Telegram Bot pada Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT dengan Mikrokontroler ESP32. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis.

G. Aji Pangestu, Juwari, & M. Yusuf Asyhari, (2024). Sistem Keamanan Rumah Berbasis *IoT* Menggunakan Notifikasi Bot Telegram. Jurnal Smart System, 4(1), 7–9.

Ikhlas Maulana, dkk. (2023). Rancang Bangun Sistem Smart *Door Lock* Menggunakan Mikrokontroler Esp32 Berbasis *Internet Of Things(Iot)* dan Smartphone Android. Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 6(1), 195-208.

ISO/IEC 25010:2011 *Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality*

models, diakses dari: *https://www.iso.org/standard/35733.html*

Kusumo, B., & Haromen, S. (2022). Rancang Bangun Sistem Kunci Pintu Otomatis dengan *Fingerprint* Berbasis Mikrokontroler ATmega328P. Jurnal Elektro, 10(2).

Muhammad Yunus (2021), Prototipe Sistem Keamanan Kamar Kos Berbasis *Internet of Things* Menggunakan Sensor PIR dengan ESP32-CAM dan Telegram sebagai Notifikasi, Fakultas Teknik UIN Riau.

Osman, M. N., dkk. (2022). A Low-Cost Home Security Notification System Using IoT and Telegram Bot: A Design and Implementation. *Journal of Computing Research and Innovation,* 7(2), 327–337.

Prihantoro, M. R. D., & Firasanto, G. (2026). Perancangan Sistem Keamanan Rumah dengan Fingerprint yang Dilengkapi dengan Kapasitas Baterai 6,8 mAh. Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 14(1).

Putra Ferdin Permana, dkk(2025). Prototype of Internet of Things-Based Control System Using Telegram with Bot API Method. Jurnal Syntax Transformation, 6(2).

R. Didik Heriyantoro, dkk, "Sistem Keamanan Pintu Otomatis Berbasis Arduino dengan E-KTP dan Notifikasi SMS", 2021.

Rachman Pandu Dewanata, dkk, "Peningkatan Sistem Keamanan Kunci Pintu Rumah Berbasis GSM Dilengkapi *Machine Learning* untuk Deteksi Manusia", 2023.

Rahma, N., Lamada, M. S., & Fathahillah. (2024). Pengembangan Sistem Kunci Pintu Berbasis Fingerprint Terintegrasi Dengan Sistem Kamera Keamanan. PINISI Journal of Science & Technology, 1(1).

Sugiarto, B. I., & Herianto. (2024). Kombinasi Smart Door Lock, Suara Dan Fingerprint pada Sistem IOT untuk Keamanan Ruangan. Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik Universitas Darma Persada, 14(1).

Sugiyono (2010). Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif R&D. Bandung: Alfabeta.

Sugiyono (2016). Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D). Bandung: Alfabeta.

Syah, Rachmat Firdaus, "Pengembangan Sistem Keamanan Ganda Pada Sepeda Motor Berbasis Fingerprint Dan Bluetooth Sebagai Remote Control", 2025.

Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Indiana: Indiana University.

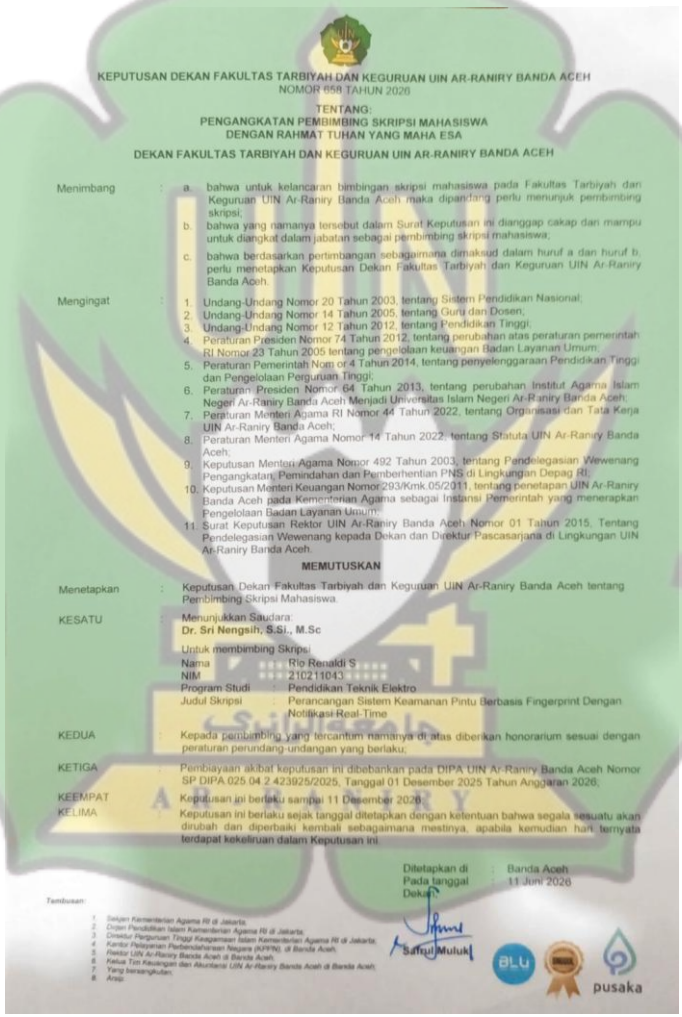
Wahyudi, M. (2021). Pemrograman ESP32 untuk Internet of Things. Bandung: Informatika.

Zainuddin, A. A., dkk. (2024). *Innovative IoT Smart Lock System: Enhancing Security with Fingerprint and RFID Technology*. Malaysian Journal of Science and Advanced Technology, 4(4), 360–365.

Zhang, X. dkk. (2021). *A Review of Fingerprint Sensors: Mechanism, Characteristics, and Applications. Micromachines*, 14(6), 1253.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Sk Skripsi



KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH
NOMOR 658 TAHUN 2026

TENTANG:
PENGANGKATAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA
DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

DEKAN FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

Menimbang :
a. bahwa untuk kelancaran bimbingan skripsi mahasiswa pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh maka dipandang perlu menunjuk pembimbing skripsi;
b. bahwa yang namanya tersebut dalam Surat Keputusan ini dianggap cakap dan mampu untuk diangkat dalam jabatan sebagai pembimbing skripsi mahasiswa;
c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b, perlu menetapkan Keputusan Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Mengingat :
1. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2005, tentang Guru dan Dosen;
3. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi;
4. Peraturan Presiden Nomor 74 Tahun 2012, tentang perubahan atas peraturan pemerintah RI Nomor 23 Tahun 2005 tentang pengelolaan keuangan Badan Layanan Umum;
5. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014, tentang penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
6. Peraturan Presiden Nomor 64 Tahun 2013, tentang perubahan Institut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh Menjadi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh;
7. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 44 Tahun 2022, tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
8. Peraturan Menteri Agama Nomor 14 Tahun 2022, tentang Statuta UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
9. Keputusan Menteri Agama Nomor 492 Tahun 2003, tentang Pendelegasian Wewenang Pengangkatan, Pemindahan dan Pemberhentian PNS di Lingkungan Depag RI;
10. Keputusan Menteri Keuangan Nomor 293/Kmk.05/2011, tentang penetapan UIN Ar-Raniry Banda Aceh pada Kementerian Agama sebagai Instansi Pemerintah yang menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum;
11. Surat Keputusan Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh Nomor 01 Tahun 2015, Tentang Pendelegasian Wewenang kepada Dekan dan Direktur Pascasarjana di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

MEMUTUSKAN

Menetapkan : Keputusan Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh tentang Pembimbing Skripsi Mahasiswa.

KESATU : Menunjukkan Saudara:
Dr. Sri Nengsih, S.Si., M.Sc

Untuk membimbing Skripsi

Nama	:	Rio Renaldi S
NIM	:	210211043
Program Studi	:	Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi	:	Perancangan Sistem Keamanan Pintu Berbasis Fingerprint Dengan Notifikasi Real-Time

KEDUA : Kepada pembimbing yang tercantum namanya di atas diberikan honorarium sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku;

KETIGA : Pembiayaan akibat keputusan ini dibebankan pada DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Nomor SP DIPA.025.04.2.423925/2025, Tanggal 01 Desember 2025 Tahun Anggaran 2026;

KEEMPAT : Keputusan ini berlaku sampai 11 Desember 2026

KELIMA : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan dirubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam Keputusan ini.

Ditetapkan di : Banda Aceh
Pada tanggal : 11 Juni 2026
Dekan,

Saiful Mulukl

Tembusan:
1. Sekjen Kementerian Agama RI di Jakarta;
2. Dirjen Pendidikan Islam Kementerian Agama RI di Jakarta;
3. Direktur Perguruan Tinggi Keagamaan Islam Kementerian Agama RI di Jakarta;
4. Kantor Pelayanan Perbendaharaan Negara (KPPN) di Banda Aceh;
5. Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh di Banda Aceh;
6. Ketua Tim Keuangan dan Akuntansi UIN Ar-Raniry Banda Aceh di Banda Aceh;
7. Yang bersangkutan;
8. Arsip.

pusaka

Lampiran 2. Lembar Bimbingan



LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI / TUGAS AKHIR

NO	WAKTU		TAHAP KEGIATAN YANG DIBICARAKAN PADA PROSES BIMBINGAN	PARAF PEMBIMBING
	TANGGAL	PUKUL		
1	02/08/2025	14:00	Pembahasan BAB I-III	
2	08/10/2025	14:00	Revisi dan Acc BAB I-III	
3	11/11/2025	14:10	Pembahasan desain dan komponen alat	
4	17/11/2025	11:30	Pengujian dan integrasi alat ke telegram	
5	18/12/2025	10:00	Pemeriksaan dan persetujuan lembar validasi	
6	09/07/2026	09:40	Pembahasan dan Finalisasi Manual book alat	
7	12/05/2026	15:00	Pembahasan BAB IV-V	
8	22/06/2026	15:01	Revisi dan Acc BAB IV-V	
9	16/07/2026	14:20	Evaluasi dan Finalisasi Skripsi	
10	10/08/2026	10:30	Acc Skripsi	

Banda Aceh, 10 Agustus 2026
Pembimbing Skripsi/Tugas Akhir,

(Dr. Siti Nermah, M.S.)
NIP. 198508102014032002

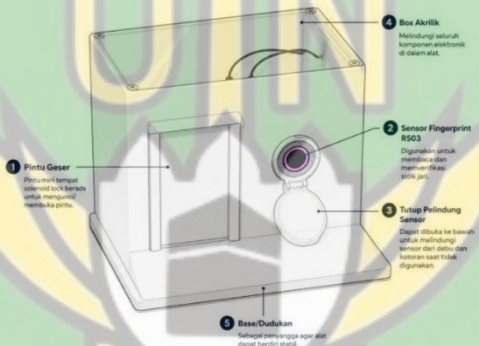
جامعة الرانري
AR-RANIRY

Lampiran 3. Manual Book

PANDUAN PENGGUNA | USER MANUAL

Sistem Keamanan Pintu Berbasis Fingerprint & Telegram

Model Core: ESP32 Microcontroller • Sensor: R503 Capacitive

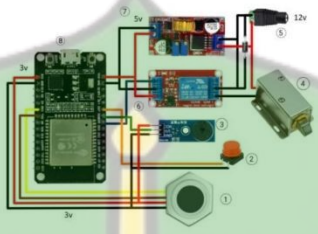


Bacalah buku panduan ini secara seksama sebelum mengoperasikan perangkat.
Simpan panduan ini untuk referensi di masa mendatang.

AR-RANIRY

1. MENGENAL BAGIAN ALAT

Komponen utama dan fungsi setiap modul pada perangkat



NO	Nama Komponen	Fungsi
1	Sensor Fingerprint	Memindai dan memverifikasi sidik jari pengguna.
2	Push Button	Tombol manual untuk membuka pintu dari dalam tanpa sidik jari.
3	Buzzer	Memberikan indikasi suara (suara beep) saat akses diterima atau ditolak.
4	Solenoid Door Lock	Mekanisme pengunci pintu elektronik. Akan terbuka saat akses diterima.
5	Jack Adaptor 12V	Port masukan daya utama dari adaptor listrik.
6	Modul Relay	Saklar elektronik untuk mengontrol daya ke Solenoid Door Lock.
7	Adaptor DC-DC	Menurunkan tegangan dari 12V menjadi 5V untuk menghidupkan ESP32.
8	ESP32 Microcontroller	Otak sistem yang memproses data, mengatur koneksi internet, dan notifikasi Telegram.

AR-RANIRY

2. PERSIAPAN SEBELUM PENGGUNAAN

Langkah pemeriksaan awal sebelum sistem dioperasikan

Pastikan seluruh poin pemeriksaan di bawah ini telah terpenuhi sebelum mengaktifkan kunci pintu:



1. Hubungkan Power Supply / Adaptor
Pastikan adaptor 12V DC terpasang erat pada jack power alat dan terhubung ke stopkontak AC 220V.

2. Pastikan Jaringan WiFi Aktif
Perangkat ESP32 membutuhkan koneksi internet WiFi (2,4GHz) yang stabil untuk mengirim Notifikasi Telegram.

3. Pastikan Sidik Jari Terdaftar
Gunakan minimal satu master/user fingerprint yang sudah teregistrasi pada sistem memori sensor R503.

4. Pastikan Bot Telegram Aktif
Buka aplikasi Telegram dan pastikan bot keamanan pintu dalam kondisi online / dapat menerima perintah.

5. Pastikan Permukaan Sensor Bersih
Lensa pemindai R503 harus bersih dari debu, air, atau minyak agar tingkat akurasi pemindaian optimal.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

3. CARA MEMBUKA PINTU (FINGERPRINT)

Prosedur akses masuk menggunakan pemindai sidik jari



LANGKAH 1: TEMPELKAN JARI

Tempelkan jari yang telah terdaftar secara merata pada permukaan sensor R503.



LANGKAH 2: PROSES PEMINDAIAN

Sensor R503 akan membaca dan memproses verifikasi sidik jari secara otomatis dalam waktu singkat.



LANGKAH 3: VERIFIKASI BERHASIL

Buzzer berbunyi 1x, LED ungu menyala, Solenoid terbuka selama 5 detik.

4. CARA MENAMBAHKAN SIDIK JARI BARU

Prosedur pendaftaran ID sidik jari baru ke dalam sistem via Bot Telegram

---

LANGKAH 1: KIRIM PERINTAH BOT
Buka aplikasi Telegram, lalu kirim perintah /tambah ke Bot Telegram keamanan pintu.

LANGKAH 2: INSTRUKSI DAFTAR
Bot akan membalas pesan: "Silakan tempelkan jari untuk didaftarkan..." dan LED sensor R503 aktif.

LANGKAH 3: TEMPELKAN JARI BARU
Tempelkan jari yang ingin didaftarkan secara merata pada permukaan sensor R503 selama 1–2 detik.

LANGKAH 4: REGISTRASI BERHASIL
Bot Telegram akan mengirimkan notifikasi konfirmasi: "☑ Finger ID [Nomor ID] terdeteksi" dan pintu akan langsung terbuka. Sidik jari baru siap digunakan.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

5. CARA MENGHAPUS SEMUA SIDIK JARI

Prosedur penghapusan seluruh data ID sidik jari dari memori perangkat via Bot Telegram

---

LANGKAH 1: KIRIM PERINTAH BOT
Buka aplikasi Telegram, lalu kirim perintah /hapus ke Bot Telegram keamanan pintu.

LANGKAH 2: PROSES PENGHAPUSAN
Sistem mikroprosesor ESP32 akan memproses perintah dan mengosongkan seluruh basis data sidik jari pada sensor R503.

LANGKAH 3: PENGHAPUSAN BERHASIL
Bot Telegram akan mengirimkan notifikasi konfirmasi: "**X** Semua data sidik jari telah dihapus".

LANGKAH 4: VERIFIKASI PENGUJIAN
Tempelkan jari pada sensor R503 untuk memastikan akses ditolak (Buzzer berbunyi 2x dan notifikasi akses ditolak pada telegram).

جامعة الرانري
AR-RANIRY

6. KONTROL PERINTAH TELEGRAM

Pengoperasian jarak jauh dan pemantauan via Bot Telegram

Kirimkan perintah berikut langsung ke chat Bot Telegram keamanan Anda:

Perintah Bot	Fungsi Perintah
`/buka`	Membuka kunci solenoid door lock secara remote dari jarak jauh.
`/tambah`	Mengaktifkan mode pendaftaran ID sidik jari baru pada sensor R503.
`/hapus`	Menghapus ID semua sidik jari terdaftar dari database perangkat.
`/status`	Memeriksa status koneksi WiFi, daya, dan kondisi pintu (Terkunci/Terbuka).



AR-RANIRY

7. INDIKATOR SISTEM

Umpan balik audio & visual perangkat saat beroperasi

Status / Kejadian	Buzzer (Audio)	Notifikasi & LED
Akses Diterima	Buzzer 1x (Pendek)	LED Ungu berkedip. Telegram: 'Finger ID [Nomor ID] terdeteksi'
Akses Ditolak	Buzzer 2x (Pendek)	Bunyi Biip Penolakan. Telegram: 'Sidik jari belum terdaftar'
Perintah Telegram 'buka'	Buzzer 1x (Pendek)	LED Ungu berkedip. Telegram: 'Pintu dibuka'

جامعة الرانري
AR-RANIRY

8. LARANGAN DAN PERAWATAN

Panduan keselamatan dan pemeliharaan alat agar awet

HAL-HAL YANG DILARANG (DONT'S)

- Jangan memindai saat jari basah, berminyak, atau kotor.
- Jangan menyiram atau membersihkan alat dengan air mengalir.
- Jangan menarik kabel penghubung/pemasangan secara paksa.
- Jangan membongkar casing atau merubah rangkaian elektronik sendiri.

✓PETUNJUK PERAWATAN (DO'S)

- Bersihkan permukaan kaca sensor R503 secara berkala menggunakan kain mikrofiber kering.
- Gunakan adaptor daya yang sesuai dengan spesifikasi (12V DC minimal 2A).
- Simpan dan pasang perangkat pada area terlindung dari hujan langsung dan kelembapan tinggi.

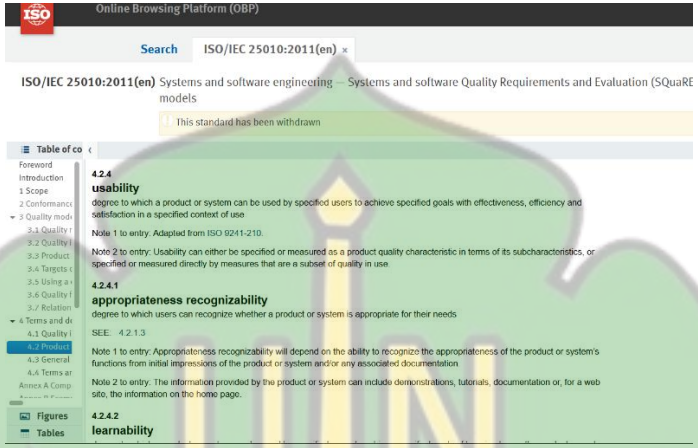
9. TROUBLESHOOTING

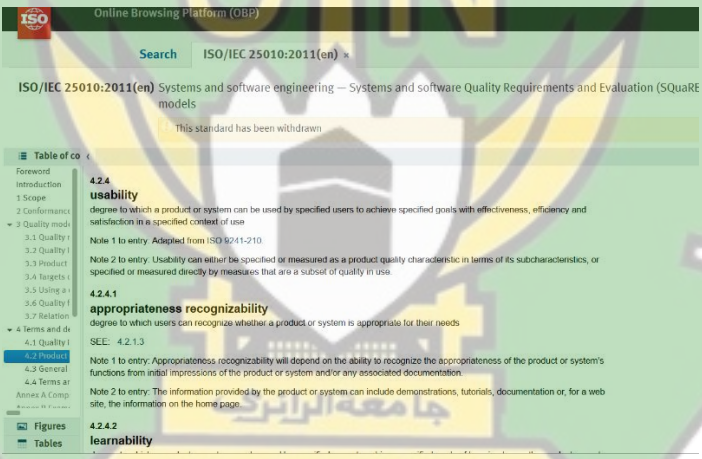
Solusi cepat untuk mengatasi kendala operasional ringan

Masalah	Kemungkinan Penyebab	Solusi / Tindakan
Fingerprint selalu gagal membaca	Sensor kotor / posisi jari tidak pas / belum terdaftar.	Bersihkan kaca sensor, posisikan jari di tengah, atau daftarkan ulang ID jari.
Telegram tidak merespons perintah	ESP32 terputus dari WiFi / router internet down.	Cek koneksi internet WiFi. Lakukan restart pada ESP32 dengan mencabut kabel adaptor.
Pintu tidak mau membuka	Daya adaptor kurang / kabel solenoid terlepas.	Pastikan adaptor 12V terhubung baik dan memiliki arus mencukupi (min 2A).
Modul ESP32 mati total	Adaptor rusak atau sambungan daya terputus.	Periksa indikator lampu daya pada adaptor dan sambungan kabel masukan.

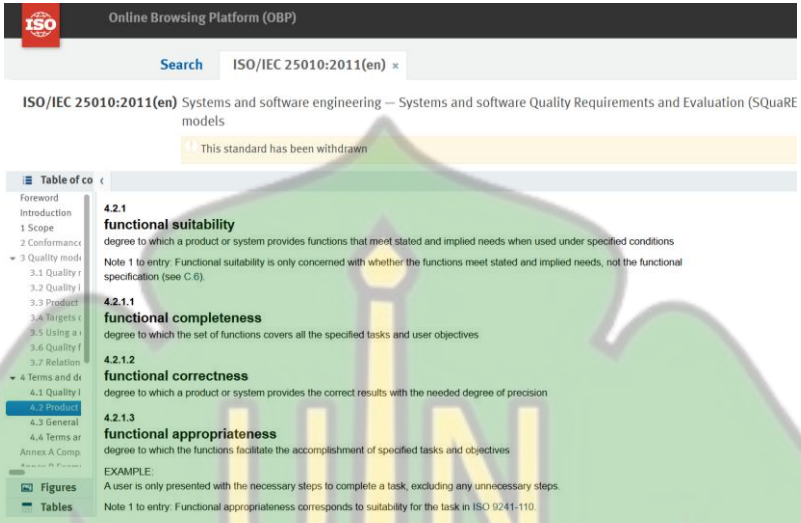
جامعة الرانري
AR-RANIRY

Lampiran 4.Isi File ISO 25010:2011





جامعة الرانري
AR-RANIRY


Online Browsing Platform (OBP)
Search
ISO/IEC 25010:2011(en) ×
ISO/IEC 25010:2011(en) Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE models
This standard has been withdrawn
Table of co
Foreword
Introduction
1 Scope
2 Conformance
3 Quality mode
3.1 Quality r
3.2 Quality i
3.3 Product
3.4 Targets
3.5 Using a
3.6 Quality f
3.7 Relation
4 Terms and de
4.1 Quality i
4.2 Product
4.3 General
4.4 Terms ar
Annex A Comp
Figures
Tables
4.2.1
functional suitability
degree to which a product or system provides functions that meet stated and implied needs when used under specified conditions
Note 1 to entry: Functional suitability is only concerned with whether the functions meet stated and implied needs, not the functional specification (see C.6).
4.2.1.1
functional completeness
degree to which the set of functions covers all the specified tasks and user objectives
4.2.1.2
functional correctness
degree to which a product or system provides the correct results with the needed degree of precision
4.2.1.3
functional appropriateness
degree to which the functions facilitate the accomplishment of specified tasks and objectives
EXAMPLE:
A user is only presented with the necessary steps to complete a task, excluding any unnecessary steps.
Note 1 to entry: Functional appropriateness corresponds to suitability for the task in ISO 9241-110.

Lampiran 5. Kode Program

Kode program lengkap dapat diakses pada Google Drive penulis dengan cara scan QR code berikut:



Lampiran 6. Lampiran1.Lembar Validasi Ahli Media

1. Muhammad Ikhsan, MT



Sebelum melakukan penilaian, Bapak/Ibu kami mohon mengisi identitas secara lengkap terlebih dahulu.

IDENTITAS VALIDATOR

Nama : M. IKHSAN, M.T

NIP : 19760123 200 23 21 1020

Instansi : PTE

PETUNJUK PENGISIAN ANGKET

Bapak/Ibu kami memohon memberikan tanda checklist (√) pada kolom yang sesuai pada setiap butir penilaian dengan keterangan sebagai berikut :

Keterangan:

5. Sangat Layak
4. Layak
3. Netral
2. Tidak Layak
1. Sangat Tidak Layak

NO	Nilai (%)	Kriteria Validasi
5	81 - 100	Sangat Layak
4	61 - 80	Layak
3	41 - 60	Netral
2	21 - 40	Tidak Layak
1	0 - 20	Sangat Tidak Layak

جامعة الرانري
AR-RANIRY

A. PENILAIAN

No	Pertanyaan	Alternatif Pilihan					Komentar Validator
		5	4	3	2	1	
Aspek Kesesuaian Sistem							
1	Sistem keamanan yang dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian	✓					
2	Pemilihan sensor fingerprint R503 sudah tepat untuk sistem keamanan pintu	✓					
3	Integrasi ESP32 dengan sensor, relay, buzzer, dan Telegram berjalan sesuai konsep sistem		✓				DELAY
Aspek Fungsionalitas Sistem							
4	Sensor fingerprint membaca dan memverifikasi sidik jari dengan baik	✓					
5	Sistem dapat membedakan akses yang diterima dan ditolak secara tepat	✓					
6	Relay bekerja sesuai perintah untuk membuka dan menutup pintu	✓					
Aspek Pemrograman dan Kinerja Sistem							
7	Logika program sistem mudah dipahami dan sistematis		✓				
8	Waktu respon sistem terhadap sidik jari dan perintah Telegram sudah sesuai standar	✓					
9	Sistem bekerja stabil tanpa error yang signifikan saat pengujian		✓				
Aspek Antarmuka dan Notifikasi							
10	Notifikasi Telegram informatif dan mudah dipahami pengguna	✓					
11	Perintah Telegram (buka, hapus, tambah, status) berfungsi dengan baik	✓					
12	Sistem memberikan umpan balik yang jelas saat akses berhasil atau ditolak	✓					
Aspek Kepraktisan dan Keamanan							
13	Sistem mudah dioperasikan oleh pengguna			✓			PERLU REVISI

AR-RANIRY

14	Sistem meningkatkan tingkat keamanan pintu dibandingkan sistem konvensional	✓					
15	Sistem layak diterapkan sebagai media pembelajaran atau sistem keamanan sederhana	✓					
	Total						

B. SARAN PERBAIKAN

Perlu Buku

C. KESIMPULAN

Bahan pembelajaran berupa Modul ini dinyatakan :

a. Layak digunakan tanpa revisi
b. ✓ Layak digunakan dengan revisi
c. Tidak layak digunakan

*) Cheaklist (√) dikotak yang dipilih

Banda Aceh, 25 Februari 2026

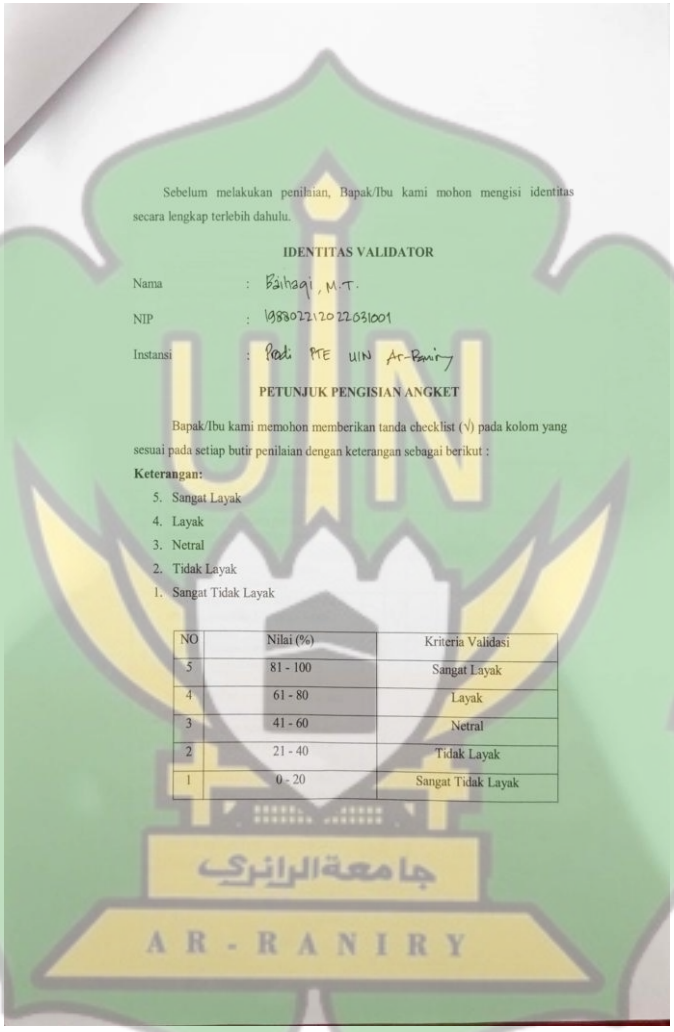
Validator

(M. IKHSAN, M.T)

NIP : 198610252023211020

UIN
جامعة الرانري
AR-RANIRY

2. Baihaqi, MT



Sebelum melakukan penilaian, Bapak/Ibu kami mohon mengisi identitas secara lengkap terlebih dahulu.

IDENTITAS VALIDATOR

Nama : Baihaqi, M.T.

NIP : 198802212022031001

Instansi : Prodi PTE UIN Ar-Raniry

PETUNJUK PENGISIAN ANGKET

Bapak/Ibu kami memohon memberikan tanda checklist (√) pada kolom yang sesuai pada setiap butir penilaian dengan keterangan sebagai berikut :

Keterangan:

5. Sangat Layak
4. Layak
3. Netral
2. Tidak Layak
1. Sangat Tidak Layak

NO	Nilai (%)	Kriteria Validasi
5	81 - 100	Sangat Layak
4	61 - 80	Layak
3	41 - 60	Netral
2	21 - 40	Tidak Layak
1	0 - 20	Sangat Tidak Layak

A. PENILAIAN

No	Pertanyaan	Alternatif Pilihan					Komentar Validator
		5	4	3	2	1	
Aspek Kesesuaian Sistem							
1	Sistem keamanan yang dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian	✓					
2	Pemilihan sensor fingerprint R503 sudah tepat untuk sistem keamanan pintu	✓					
3	Integrasi ESP32 dengan sensor, relay, buzzer, dan Telegram berjalan sesuai konsep sistem	✓					
Aspek Fungsionalitas Sistem							
4	Sensor fingerprint membaca dan memverifikasi sidik jari dengan baik	✓					
5	Sistem dapat membedakan akses yang diterima dan ditolak secara tepat		✓				
6	Relay bekerja sesuai perintah untuk membuka dan menutup pintu	✓					
Aspek Pemrograman dan Kinerja Sistem							
7	Logika program sistem mudah dipahami dan sistematis	✓					
8	Waktu respon sistem terhadap sidik jari dan perintah Telegram sudah sesuai standar		✓				
9	Sistem bekerja stabil tanpa error yang signifikan saat pengujian	✓					
Aspek Antarmuka dan Notifikasi							
10	Notifikasi Telegram informatif dan mudah dipahami pengguna	✓					
11	Perintah Telegram (buka, hapus, tambah, status) berfungsi dengan benar	✓					
12	Sistem memberikan umpan balik yang jelas saat akses berhasil atau ditolak	✓					
Aspek Kepraktisan dan Keamanan							
13	Sistem mudah dioperasikan oleh pengguna	✓					

جامعة الرانري
AR-RANIRY

14	Sistem meningkatkan tingkat keamanan pintu dibandingkan sistem konvensional	✓					
15	Sistem layak diterapkan sebagai media pembelajaran atau sistem keamanan sederhana		✓				
	Total						

B. SARAN PERBAIKAN

Sudah bagus, lanjutkan ke tahapan analisis dan pengolahan data penelitian.

C. KESIMPULAN

Bahan pembelajaran berupa Modul ini dinyatakan :

a. Layak digunakan tanpa revisi
b. Layak digunakan dengan revisi
c. Tidak layak digunakan

*) Cheaklist (√) dikotak yang dipilih

Banda Aceh, 9 Maret 2026

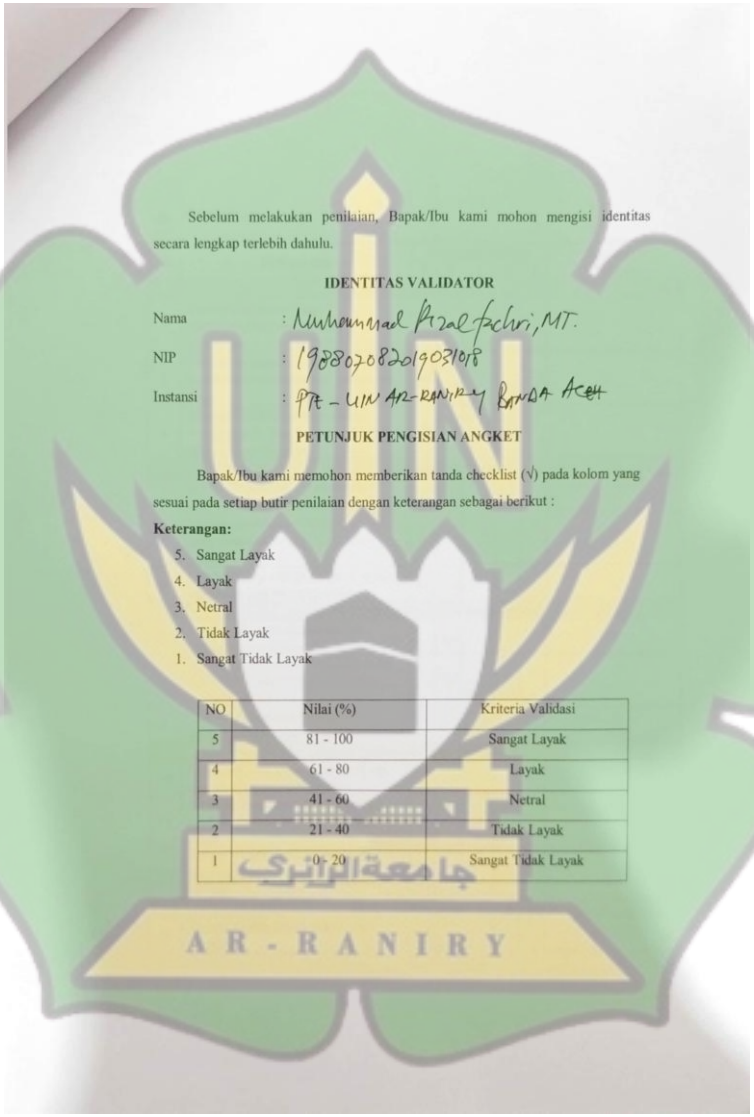
Validator

(Baihaqi, M.T.)

NIP : 198802212022031001

جامعة الرانري
AR-RANIRY

3. Muhammad Rizal Facri, MT



Sebelum melakukan penilaian, Bapak/Ibu kami mohon mengisi identitas secara lengkap terlebih dahulu.

IDENTITAS VALIDATOR

Nama : Muhammad Rizal Facri, MT.

NIP : 198807082019031018

Instansi : PTK – UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

PETUNJUK PENGISIAN ANGKET

Bapak/Ibu kami memohon memberikan tanda checklist (√) pada kolom yang sesuai pada setiap butir penilaian dengan keterangan sebagai berikut :

Keterangan:

5. Sangat Layak
4. Layak
3. Netral
2. Tidak Layak
1. Sangat Tidak Layak

NO	Nilai (%)	Kriteria Validasi
5	81 - 100	Sangat Layak
4	61 - 80	Layak
3	41 - 60	Netral
2	21 - 40	Tidak Layak
1	0 - 20	Sangat Tidak Layak

جامعة الرانري
AR-RANIRY

A. PENILAIAN

No	Pertanyaan	Alternatif Pilihan					Komentar Validator
		5	4	3	2	1	
Aspek Kesesuaian Sistem							
1	Sistem keamanan yang dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian	✓					
2	Pemilihan sensor fingerprint R503 sudah tepat untuk sistem keamanan pintu	✓					
3	Integrasi ESP32 dengan sensor, relay, buzzer, dan Telegram berjalan sesuai konsep sistem	✓					
Aspek Fungsionalitas Sistem							
4	Sensor fingerprint membaca dan memverifikasi sidik jari dengan baik	✓					
5	Sistem dapat membedakan akses yang diterima dan ditolak secara tepat	✓					
6	Relay bekerja sesuai perintah untuk membuka dan menutup pintu	✓					
Aspek Pemrograman dan Kinerja Sistem							
7	Logika program sistem mudah dipahami dan sistematis		✓				
8	Waktu respon sistem terhadap sidik jari dan perintah Telegram sudah sesuai standar		✓				
9	Sistem bekerja stabil tanpa error yang signifikan saat pengujian		✓				
Aspek Antarmuka dan Notifikasi							
10	Notifikasi Telegram informatif dan mudah dipahami pengguna	✓					
11	Perintah Telegram (buka, hapus, tambah, status) berfungsi dengan benar	✓					
12	Sistem memberikan umpan balik yang jelas saat akses berhasil atau ditolak	✓					
Aspek Kepraktisan dan Keamanan							
13	Sistem mudah dioperasikan oleh pengguna	✓					

AR-RANIRY

14	Sistem meningkatkan tingkat keamanan pintu dibandingkan sistem konvensional	✓					
15	Sistem layak diterapkan sebagai media pembelajaran atau sistem keamanan sederhana	✓					
	Total						

B. SARAN PERBAIKAN

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C. KESIMPULAN

Bahan pembelajaran berupa Modul ini dinyatakan :

a. Layak digunakan tanpa revisi
b. Layak digunakan dengan revisi
c. Tidak layak digunakan

*) Cheaklist (√) dikotak yang dipilih

Banda Aceh, 9 Maret 2026

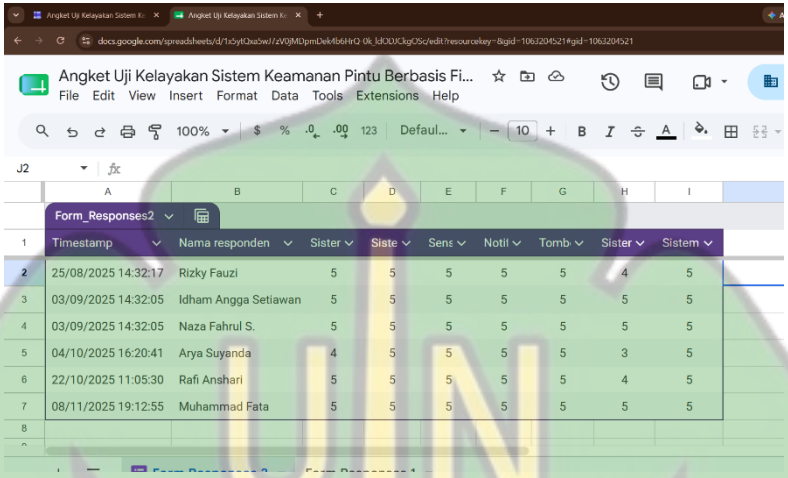
Validator

(M. Rizal Fadillah, M.T.)

NIP : 198807082019031008

UIN
جامعة الرانري
AR-RANIRY

Lampiran 7.Lembar Hasil Angket Respon Pengguna.



Angket Uji Kelayakan Sistem Keamanan Pintu Berbasis Fi...

File Edit View Insert Format Data Tools Extensions Help

Form_Responses2

	Timestamp	Nama responden	Sister	Siste	Sens	Notif	Tomb	Sister	Sistem
2	25/08/2025 14:32:17	Rizky Fauzi	5	5	5	5	5	4	5
3	03/09/2025 14:32:05	Idham Angga Setiawan	5	5	5	5	5	5	5
4	03/09/2025 14:32:05	Naza Fahrul S.	5	5	5	5	5	5	5
5	04/10/2025 16:20:41	Arya Suyanda	4	5	5	5	5	3	5
6	22/10/2025 11:05:30	Rafi Anshari	5	5	5	5	5	4	5
7	08/11/2025 19:12:55	Muhammad Fata	5	5	5	5	5	5	5