



Rancang Bangun Sistem Absensi dan Kontrol Akses Pintu Otomatis Berbasis IoT dengan Autentikasi Sidik Jari

Dwi Tiara Puspa¹, Indra Laksmiana^{2*}, Ega Evinda Putri³, Rosda Syelly⁴, Trinovita Zuhara Jingga⁵

^{1,2,3,5} Teknologi Rekayasa Komputer, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Sumatera Barat Indonesia.

Jalan Raya Negara KM.7 Tanjung Pati Kec. Harau Kab. Lima Puluh Kota Sumatera Barat 26271

⁴ Teknik Komputer, Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh, Sumatera Barat, Indonesia

Jl. Khatib Sulaiman, Sawah Padang, Kec. Payakumbuh Sel., Kota Payakumbuh, Sumatera Barat 26222

E-Mail *: indra@politanipky.ac.id

ABSTRACT

The digital transformation in education demands attendance systems that are accurate, secure, and integrated. This study designs a digital attendance system based on fingerprint authentication connected to the Internet of Things (IoT) and equipped with an automatic door control using ESP32. The system was developed to address the weaknesses of Edlink and SIAKAD platforms at Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, which remain vulnerable to fraudulent practices such as proxy attendance and lack the ability to monitor students' entry and exit activities in real-time. The research employed a Research and Development (R&D) approach using the ADDIE model, covering needs analysis, system design, development, implementation, and evaluation. The experimental results showed that the fingerprint authentication achieved an accuracy rate of 93.33%, with an average system response time of 1.7 seconds, and data storage efficiency that required only about 12 MB per semester. Furthermore, optimization of the gear ratio and pulley diameter of the DC motor reduced the door opening time from 18.16 seconds to 4.84 seconds. The main contribution of this study lies in the comprehensive integration of biometric authentication, automatic door control, DC motor performance optimization, and a web-based interactive dashboard, which are rarely combined in a single system, thereby providing a more transparent and efficient attendance solution while supporting real-time academic activity management.

Keywords: digital attendance, Internet of Things, fingerprint sensor, ESP32, automatic door

ABSTRAK

Transformasi digital di bidang pendidikan menuntut hadirnya sistem absensi yang akurat, aman, dan terintegrasi. Penelitian ini merancang sistem absensi digital berbasis sidik jari yang terhubung dengan *Internet of Things* (IoT) serta dilengkapi kontrol pintu otomatis menggunakan ESP32. Sistem tersebut dikembangkan untuk mengatasi kelemahan platform Edlink dan SIAKAD di Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh yang masih rentan terhadap kecurangan, seperti titip absen, serta tidak mampu memantau aktivitas keluar-masuk mahasiswa secara *real time*. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang mencakup analisis kebutuhan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengembangan, implementasi, hingga evaluasi. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi autentikasi sidik jari sebesar 93,33%, dengan rata-rata waktu respons 1,7 detik, serta efisiensi penyimpanan data yang hanya membutuhkan sekitar 12 MB per semester. Selain itu, optimasi rasio gear dan diameter *pulley* pada motor DC berhasil menurunkan waktu buka pintu dari 18,16 detik menjadi 4,84 detik. Keunggulan utama penelitian ini terletak pada integrasi menyeluruh antara autentikasi biometrik, kontrol pintu otomatis, optimasi kinerja motor DC, dan *dashboard* interaktif berbasis web yang jarang dipadukan dalam satu sistem, sehingga mampu menghadirkan solusi absensi yang lebih transparan, efisien, dan mendukung pengelolaan aktivitas akademik secara *real time*.

Kata Kunci: absensi digital, *Internet of Things*, sensor sidik jari, ESP32, pintu otomatis

Naskah diterima 20 Juli 2025; Revisi 02 September 2025; Diterima 13 September 2025. Tanggal Publikasi 01 September 2025

Jurnal teknika berada pada lisensi *Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License*

DOI: 10.30736/jt.v17i2.1472_Hal 125 - 134



1. PENDAHULUAN

Transformasi digital di era revolusi industri 4.0 mendorong pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) dan sistem biometrik dalam mendukung administrasi pendidikan, termasuk absensi mahasiswa sebagai indikator kedisiplinan. Di Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, mekanisme absensi masih bercampur antara metode manual, Edlink, dan SIAKAD, sehingga tidak konsisten serta rentan kecurangan seperti titip absen. Sistem yang ada juga belum memiliki verifikasi biometrik maupun pemantauan aktivitas keluar-masuk mahasiswa secara *real time*.

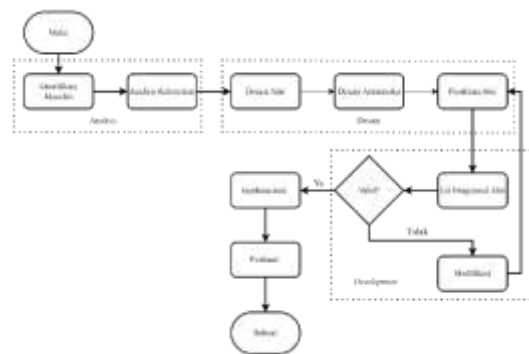
Berbagai penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas sistem biometrik berbasis sidik jari dalam meningkatkan akurasi autentikasi dan meminimalkan kecurangan (Dharavath *et al.*, 2013; Fadila & Septiana, 2019; Purwanti *et al.*, 2018). Integrasi IoT juga terbukti mempercepat proses verifikasi dengan akurasi tinggi (Rukhiran *et al.*, 2023). Beberapa studi telah mengembangkan sistem absensi berbasis RFID dan kamera (Akbar *et al.*, 2022) maupun kontrol pintu otomatis dengan sensor *fingerprint* (Nasiroh, 2022). Meskipun demikian, kebanyakan sistem masih terbatas pada satu fungsi utama dan belum sepenuhnya mendukung pengelolaan aktivitas akademik secara menyeluruh.

Sebagai respons terhadap kondisi tersebut, penelitian merancang sistem absensi digital berbasis sidik jari yang terhubung dengan IoT dan terintegrasi dengan pintu otomatis berbasis motor DC. Sistem ini tidak hanya mencatat kehadiran, tetapi juga mengontrol akses ruang kelas dengan pencatatan waktu secara *real time*. Efisiensi kinerja motor DC dioptimalkan agar pintu lebih cepat dibuka-tutup, sedangkan data absensi dapat dipantau melalui *dashboard* interaktif berbasis React.js. Pendekatan ini diharapkan mampu menghadirkan solusi absensi yang lebih transparan, efisien, dan mendukung manajemen akademik secara modern.

2. METODE

2.1 Prosedur Pengembangan Sistem

Proses pengembangan sistem ini melalui beberapa tahapan yang berurutan, dimulai dari identifikasi masalah hingga evaluasi menyeluruh terhadap kinerja sistem yang dihasilkan. Setiap langkah dirancang dan dilaksanakan secara terstruktur agar sistem tidak hanya mampu berfungsi sesuai kebutuhan, tetapi juga memiliki nilai keberlanjutan sehingga dapat diperbaiki, ditingkatkan, atau direplikasi oleh peneliti lain di masa mendatang. Pendekatan yang sistematis ini bertujuan untuk meminimalisasi kesalahan serta memastikan keandalan hasil akhir. Gambaran umum mengenai alur tahapan pengembangan sistem tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Alur pada diagram tersebut menggambarkan tahapan pengembangan sistem yang dimulai dari identifikasi masalah untuk memahami persoalan yang ada, kemudian dilanjutkan dengan analisis kebutuhan guna menentukan spesifikasi yang harus dipenuhi. Setelah itu dilakukan perancangan alat serta desain sistemnya sebelum proses realisasi alat. Tahap berikutnya adalah implementasi dan pengujian untuk memastikan apakah alat yang dibuat sudah valid sesuai tujuan. Jika hasil pengujian menunjukkan alat belum valid, maka dilakukan modifikasi hingga tercapai hasil yang sesuai. Selanjutnya, dilakukan evaluasi menyeluruh untuk menilai kinerja sistem dan diakhiri dengan tahap seleksi sebagai penentuan akhir kelayakan sistem yang dikembangkan.

2.2 Desain Alat dan Komponen

Sebagai implementasi dari tahapan tersebut, sistem dirancang menggunakan perpaduan antara perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terintegrasi membentuk satu kesatuan proses absensi berbasis sidik jari, lengkap dengan kendali otomatis pada pintu. Komponen-komponen utama yang digunakan dalam sistem ini meliputi ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor sidik jari AS608, motor DC sebagai aktuator pintu, *server backend* untuk pemrosesan data, serta antarmuka web berbasis React.js untuk monitoring. Untuk memberikan gambaran teknis yang lebih jelas, spesifikasi lengkap dari masing-masing perangkat dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Alat

No	Komponen	Spesifikasi Teknis
1	ESP32	Mikrokontroler dual-core, 240 MHz, RAM 520 KB, koneksi WiFi 802.11 b/g/n
2	Sensor Sidik Jari	AS608, optik, kecepatan < 1 detik, kapasitas penyimpanan 162 template
3	Motor DC	Tegangan 3–7.2V, kecepatan 110–260 RPM, model kaki robot, torsi menengah
4	Modul Relay	5V satu kanal, kapasitas arus hingga 10A, pengendali switching motor

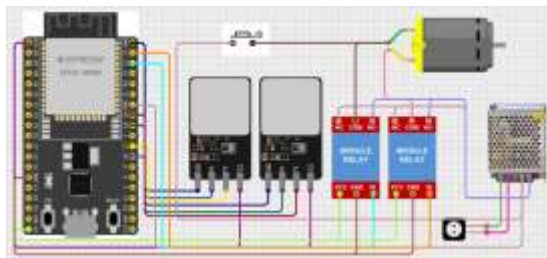
No	Komponen	Spesifikasi Teknis
5	Catu Daya	5V 10A switching power supply tunggal, mendukung seluruh rangkaian
6	Server Backend	<i>Framework Flask</i> (Python), <i>database MySQL</i> , komunikasi HTTP POST
7	Dashboard Monitoring	Frontend <i>React.js</i> , fitur filter tanggal, ekspor CSV, grafik kehadiran

Konfigurasi hubungan antarperangkat keras dalam sistem ini ditunjukkan pada Gambar 2, yang menyajikan diagram blok hardware sebagai representasi alur data dan fungsi utama tiap komponen.



Gambar 2. Diagram Blok Hardware

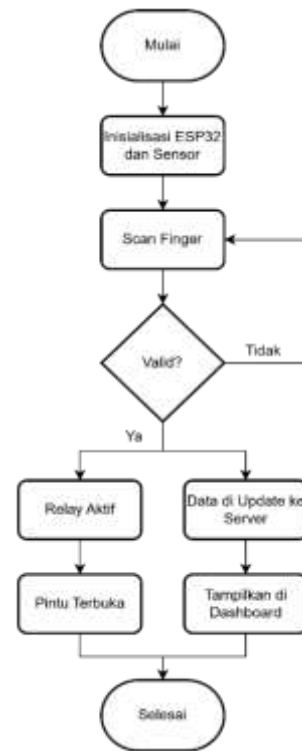
Proses perakitan fisik dari komponen-komponen perangkat keras secara menyeluruh ditampilkan pada Gambar 3, yang menggambarkan posisi dan koneksi antarperangkat dalam satu kesatuan sistem.



Gambar 3. Rangkaian Alat

Rangkaian pada gambar menunjukkan sistem berbasis mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan beberapa modul pendukung. ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang mengatur input dari sensor, serta mengontrol modul relay untuk mengaktifkan atau mematikan beban, seperti motor DC. Modul relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang menghubungkan sumber daya dengan perangkat output, sedangkan power supply memberikan tegangan yang stabil agar seluruh komponen dapat beroperasi dengan baik. Dengan konfigurasi ini, sistem dapat digunakan untuk aplikasi otomasi sederhana yang membutuhkan pengendalian beban listrik melalui ESP32.

Sedangkan Gambar 4 menggambarkan alur kerja perangkat lunak secara menyeluruh, mulai dari proses identifikasi sidik jari menggunakan sensor, pengiriman data ke server, validasi keabsahan data, hingga aktivasi relay untuk membuka pintu dan menampilkan hasil ke *dashboard* monitoring.



Gambar 4. Diagram Alur Sistem

2.3 IoT (Internet of Things)

Internet of Things (IoT) terdiri atas perangkat-perangkat yang saling terhubung melalui jaringan digital untuk mengumpulkan, bertukar, dan menganalisis data, dengan tujuan meningkatkan efisiensi serta otomatisasi dalam berbagai bidang kehidupan (Atzori *et al.*, 2017). Struktur IoT dibangun dari tiga lapisan utama, yakni: (1) lapisan persepsi yang berperan dalam mendeteksi dan mengumpulkan data menggunakan sensor maupun aktuator, (2) lapisan jaringan yang bertugas mengirimkan data melalui protokol komunikasi seperti MQTT, CoAP, atau HTTP, dan (3) lapisan aplikasi yang menangani proses analisis data dan pengambilan Keputusan (Ray & Bagwari, 2020; Silva *et al.*, 2018). Perkembangan IoT didukung oleh *cloud computing*, kecerdasan buatan, dan komunikasi *nirkabel*, namun juga menghadapi tantangan keamanan seperti serangan siber yang memerlukan solusi enkripsi dan autentikasi berbasis *blockchain* (Khan & Salah, 2018). Dalam konteks industri, IoT menjadi tulang punggung Industri 4.0 dengan menerapkan sistem siber-fisik untuk otomatisasi produksi dan pengembangan transportasi pintar (Al-Fuqaha *et al.*, 2015).

2.4 ESP32

ESP32 (*Espressif Systems* 32-bit) sebagai mikrokontroler *System-on-Chip* (SoC) canggih yang menjadi komponen utama dalam sistem ini. Mikrokontroler ini menawarkan arsitektur dual-core berkecepatan 240 MHz dengan dukungan konektivitas Wi-Fi 802.11 b/g/n dan *Bluetooth* 4.2. Dilengkapi dengan 36 pin GPIO, memori SRAM 520 KB, serta dukungan untuk memori flash

eksternal dan PSRAM, ESP32 mampu menangani berbagai tugas pemrosesan data secara efisien (Babiuch *et al.*, 2019). Fitur utamanya termasuk antarmuka komunikasi SPI, I2C, UART, PWM, serta konverter ADC dan DAC (Hercog *et al.*, 2023). Keunggulan lainnya adalah mode deep sleep yang mampu mengurangi konsumsi daya hingga level mikroampere, membuatnya ideal untuk aplikasi IoT berdaya rendah (El-Khozondar *et al.*, 2024). Dari aspek keamanan, ESP32 dilengkapi enkripsi hardware berbasis AES, RSA, dan SHA (Sadhu *et al.*, 2022), serta dukungan protokol MQTT dengan pengamanan TLS/SSL untuk mencegah serangan siber (Abiodun *et al.*, 2021). Kombinasi performa tinggi, efisiensi energi, dan keamanan yang komprehensif ini menjadikan ESP32 sebagai pilihan utama dalam pengembangan sistem IoT (Babu *et al.*, 2024).

2.5 Sensor AS608

Dengan memanfaatkan teknologi optik, sensor sidik jari AS608 mampu menangkap pola sidik jari melalui pantulan cahaya untuk kemudian diproses sebagai dasar verifikasi identitas. Kemampuannya dalam bekerja secara efisien dengan mikrokontroler seperti ESP32, konsumsi daya yang rendah, serta tingkat akurasi yang memadai menjadikannya sangat sesuai untuk aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT) (Yu *et al.*, 2023). Seiring kemajuan dalam pengolahan citra dan kecerdasan buatan, sensor biometrik seperti AS608 semakin banyak digunakan dalam sistem digital, termasuk kontrol akses, absensi otomatis, dan perangkat keamanan pintar (Ametefe *et al.*, 2024). Aspek keamanan turut diperkuat melalui integrasi autentikasi multifaktor dan enkripsi data, bahkan mendukung konektivitas ke layanan cloud untuk memberikan akses jarak jauh yang aman dan terenkripsi (Aleem *et al.*, 2020; Alotaibi *et al.*, 2025).

2.6 Persamaan

Akurasi sistem autentikasi sidik jari AS608 diukur menggunakan definisi dari (Khade *et al.*, 2021), yakni perbandingan jumlah prediksi benar terhadap total pengujian. Persamaan untuk menghitung akurasi sistem biometrik ini ditunjukkan pada Persamaan (1):

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Percobaan} - \text{Verifikasi Gagal}}{\text{Jumlah Percobaan}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

- Akurasi = Tingkat keberhasilan verifikasi sidik jari (%)
- Jumlah percobaan = Total pengujian autentikasi yang dilakukan
- Gagal verifikasi = Jumlah percobaan yang tidak berhasil diverifikasi

Perhitungan akurasi ini akan dilakukan dalam berbagai kondisi pengujian. Sementara itu, dalam

merancang sistem pembuka pintu otomatis berbasis motor DC, diperlukan perhitungan kecepatan rotasi motor yang tepat agar mekanisme berjalan efisien dan aman. Hubungan antara kecepatan putaran motor dengan parameter mekanis dirumuskan dalam Persamaan (2):

$$T = \frac{L}{\pi \times D \times \left(\frac{RPM_{motor}}{Rasio\ Gear} \right) \times \frac{1}{60}} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- T = Waktu tempuh (detik)
- L = Jarak gerak pintu (cm)
- D = Diameter *pulley* (cm)
- RPMmotor = Kecepatan motor (RPM)
- Rasio Gear = Rasio reduksi gearbox

Persamaan ini digunakan untuk menentukan nilai rotasi motor yang optimal agar pintu geser terbuka sepenuhnya dalam waktu yang telah ditetapkan.

Dalam aspek digital, efisiensi penyimpanan data presensi dihitung berdasarkan kapasitas transaksi dengan Persamaan (3):

$$C_p = n + (\text{aktivitas} \times \text{transaksi}) \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

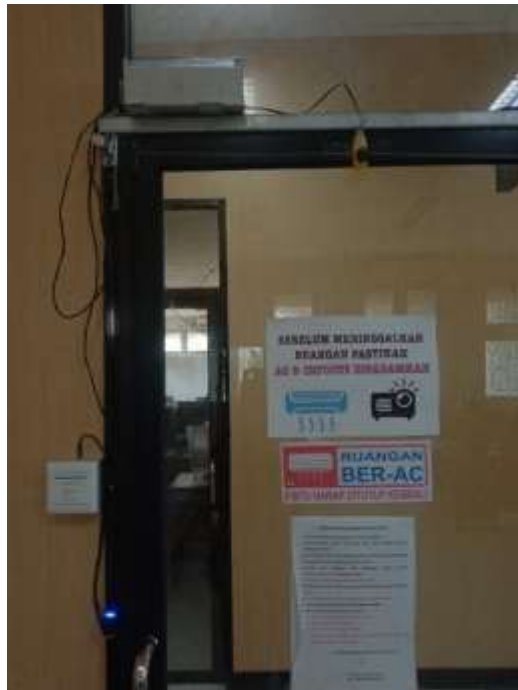
- C_p = total kapasitas data (dalam *byte*),
- n = jumlah pengguna yang telah terekam dalam sistem,
- *aktivitas* = ukuran data per aktivitas presensi (dalam *byte*),
- *transaksi* = jumlah transaksi presensi (baik masuk maupun keluar).

Persamaan (3) memberikan dasar analitis untuk mengukur kebutuhan kapasitas penyimpanan dalam berbagai skenario penggunaan, terutama saat volume transaksi tinggi.

3. PEMBAHASAN

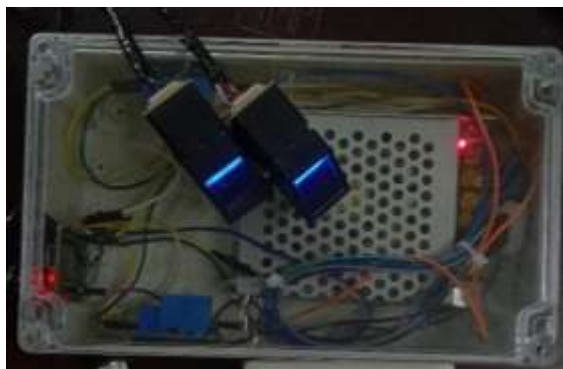
3.1 Implementasi Perangkat Keras

Sistem absensi digital berbasis IoT telah berhasil diimplementasikan dengan mengintegrasikan komponen perangkat keras sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Implementasi fisik sistem dilakukan dengan memasang sensor *fingerprint* pada posisi yang ergonomis dan mudah dijangkau oleh pengguna. Komponen kontrol elektronik dikemas dalam housing transparan yang memungkinkan pemantauan kondisi komponen secara visual. Visualisasi implementasi sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Implementasi Sistem

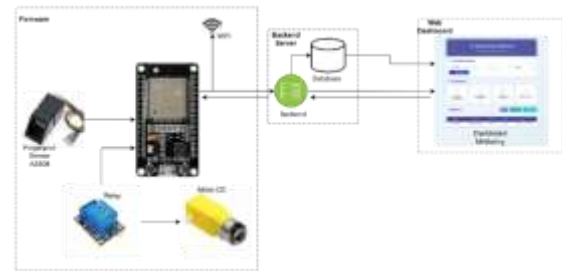
Rangkaian elektronik sistem dikemas dalam box kontrol transparan yang memuat unit ESP32 sebagai pengendali utama, modul relay, motor DC, dan power supply. Seluruh komponen ditata dengan mempertimbangkan aspek keamanan kelistrikan, aliran udara, dan kemudahan perawatan. Susunan fisik dari rangkaian kontrol elektronik ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Susunan Fisik dari Rangkaian Kontrol Elektronika

3.2 Implementasi Perangkat Lunak

Perangkat lunak sistem dikembangkan dengan arsitektur tiga lapisan (*three-layer architecture*) yang terdiri dari *Firmware* ESP32, *Backend server*, dan *dashboard web*. Arsitektur ini memungkinkan distribusi fungsi yang optimal dan memudahkan proses *maintenance* sistem. Struktur arsitektur sistem perangkat lunak ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Arsitektur Sistem

Beberapa komponen utama dalam arsitektur ini adalah :

1) *Firmware* ESP32

Firmware dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Library utama yang digunakan dalam pengembangan *Firmware* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Library Arduino yang Digunakan

No	Library	Fungsi
1.	WiFi.h	untuk konektivitas jaringan Wi-Fi
2.	HTTPClient.h	untuk komunikasi HTTP ke server
3.	Adafruit_Finger print.h	untuk membaca dan mengontrol sensor sidik jari

Algoritma utama *Firmware* beroperasi dalam fungsi *loop()* yang secara kontinyu melakukan pembacaan input sensor sidik jari, pengiriman data ke server, dan kontrol mekanisme pintu. Proses autentikasi sidik jari dilakukan dengan membandingkan template yang tersimpan di memori ESP32. Alur algoritma utama sistem *Firmware* adalah sebagai berikut :

1. Mulai program.
2. Baca data sidik jari menggunakan sensor.
3. Jika sidik jari terdeteksi:
Kirim data sidik jari ke server.
Buka pintu.
Tunggu beberapa detik untuk stabilitas.
Tutup pintu kembali.
4. Jika tombol darurat ditekan:
Aktifkan fungsi buka pintu darurat.
5. Kembali ke langkah awal (ulangi terus-menerus).

Implementasi dalam code dapat dilihat pada Gambar 8.

```
void loop() {
  int fingerprintID = getFingerprintID(); // Baca sensor sidik jari
  if (fingerprintID != -1) {
    sendAttendanceData(fingerprintID); // Kirim data ke server
    openDoor(); // Buka pintu
    delay(3000); // Delay untuk stabilitas
    closeDoor(); // Tutup pintu
  } if (digitalRead(PANIC_BUTTON) == LOW) { // Cek tombol panik
    emergencyOpen();
  }
}
```

Gambar 8. Implementasi Algoritma Utama Sistem Firmware ESP32

2) Backend server

Backend server dikembangkan menggunakan *framework Flask* berbasis Python yang berfungsi sebagai middleware antara perangkat ESP32 dan database MySQL. Sistem ini menyediakan RESTful API untuk menangani komunikasi HTTP POST dengan payload data berformat JSON. Implementasi *endpoint API* untuk sistem absensi ditampilkan pada Gambar 9.

```
@app.route('/api/attendance', methods=['POST'])
def record_attendance():
    data = request.get_json()
    student_id = data.get('student_id')
    timestamp = datetime.now()
    # Simpan ke database
    attendance = Attendance(
        student_id=student_id,
        timestamp=timestamp,
        status='present'
    )
    db.session.add(attendance)
    db.session.commit()
    return jsonify({'status': 'success'})
```

Gambar 9. Implementasi API Endpoint untuk Sistem Absensi

Struktur *database* terdiri dari dua tabel utama yang saling terhubung secara relasional, yaitu: Tabel *data_sidik_jari*: Menyimpan data identitas mahasiswa dan template sidik jari dan Tabel *absensi_mahasiswa*: Mencatat riwayat kehadiran berdasarkan hasil pemindaian. Struktur *database* dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut

Tabel 3. Struktur Tabel Data Sidik Jari

Field	Tipe Data	Keterangan
Id	INT	Primary key (ID mahasiswa)
Nim	VARCHAR	Nomor induk mahasiswa
Nama	VARCHAR	Nama lengkap mahasiswa
Kelas	VARCHAR	Kelas mahasiswa
Sidik_jari	VARCHAR	ID template sidik jari
Tanggal_daftar	DATETIME	Tanggal registrasi mahasiswa

Tabel 4. Struktur Tabel Absensi Mahasiswa

Field	Tipe Data	Keterangan
Id	INT	Primary key (ID mahasiswa)
Nim	VARCHAR	Nomor induk mahasiswa
Nama	VARCHAR	Nama lengkap mahasiswa
Kelas	VARCHAR	Kelas mahasiswa

Field	Tipe Data	Keterangan
Status	ENUM (‘masuk’, ‘keluar’)	Status kehadiran mahasiswa
Hari	VARCHAR	Hari Ketika mahasiswa hadir
Waktu	timestamp	Jam mahasiswa melakukan scan finger

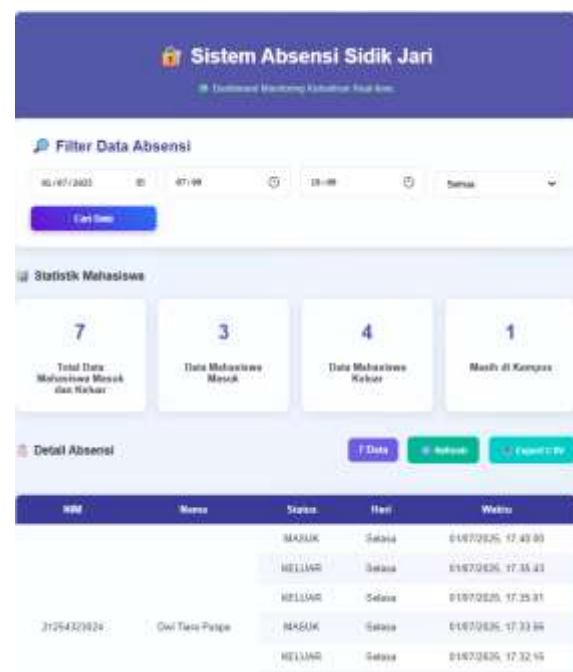
Hubungan relasional antara kedua tabel dalam *database* digambarkan melalui *Entity Relationship Diagram (ERD)* yang ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Entity Relationship Diagram (ERD) Sistem Database

3) Dashboard Web

Dashboard web dikembangkan menggunakan teknologi HTML, CSS, dan *JavaScript* untuk menyediakan antarmuka yang responsif dan mudah digunakan oleh administrator sistem. Tampilan antarmuka *dashboard* secara umum dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan Dashboard Web Sistem Absensi

Antarmuka ini dirancang untuk mendukung proses pemantauan dan pengelolaan data secara *real-time*, sehingga memudahkan pengguna dalam menjalankan fungsi administratif harian. Fitur-fitur utama yang tersedia pada *dashboard* mencakup pemantauan kehadiran mahasiswa secara langsung, visualisasi statistik kehadiran berdasarkan hari, minggu, dan bulan, serta pengelolaan data mahasiswa berikut informasi sidik jarinya. Selain itu, *dashboard* ini juga menyediakan log aktivitas sistem yang berguna untuk proses troubleshooting apabila terjadi gangguan atau anomali pada sistem. Administrator juga dapat mengakses menu konfigurasi untuk mengatur berbagai parameter sistem sesuai kebutuhan.

3.4 Integrasi Sistem

Integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak dilakukan melalui protokol komunikasi HTTP/HTTPS dengan format data JSON. Proses komunikasi dimulai dari akuisisi citra sidik jari menggunakan sensor AS608, dilanjutkan dengan ekstraksi fitur dan pencocokan template. Setelah autentikasi berhasil, ESP32 mengaktifkan relay untuk menggerakkan motor DC melalui mekanisme gear rack and pinion. Secara paralel, sistem mengirimkan data kehadiran ke server dengan format JSON sebagai berikut:

```
json{
  "device_id": "ESP32_001",
  "user_id": 123,
  "timestamp": "2024-07-08T10:30:00Z",
  "action": "entry",
  "fingerprint_quality": 85,
  "door_status": "opened"
}
```

Data yang diterima server kemudian diverifikasi, disimpan ke *database* MySQL, dan ditampilkan pada *dashboard* web secara *real-time*. Sistem dilengkapi dengan mekanisme validasi untuk menghindari duplikasi data dan menjaga integritas informasi. Diagram alur komunikasi sistem secara keseluruhan ditampilkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram Alur Komunikasi Sistem

3.5 Evaluasi Akurasi Autentikasi Sidik Jari

Akurasi autentikasi menjadi parameter penting dalam sistem absensi biometrik. Pada penelitian ini digunakan sensor AS608 dengan uji coba melibatkan 15 mahasiswa, masing-masing

melakukan 10 pemindaian sehingga total 150 percobaan. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Akurasi Autentikasi Sidik Jari

No.	Kondisi Scan Jari	Jumlah Uji Coba	Gagal	Akurasi
1	Posisi & tekanan ideal	100	0	100%
2	Posisi miring atau lembap	50	10	80%
Total		150	10	93,33%

Akurasi dihitung dengan rumus:

$$Akurasi = \frac{(150 - 10)}{150} \times 100\% = \frac{140}{150} \times 100\% = 93.33\%$$

Berdasarkan hasil tersebut, sistem menunjukkan performa sangat andal dengan tingkat keberhasilan tinggi, sementara kegagalan hanya terjadi pada kondisi jari yang tidak ideal.

3.6. Evaluasi Kapasitas Database

Berdasarkan struktur *database* dan skenario operasional sistem, dilakukan analisis kapasitas penyimpanan data harian untuk dua kondisi:

1) Pendaftaran Awal + Absensi Harian

Dalam implementasi sistem absensi digital berbasis sidik jari dan IoT ini, parameter penggunaan mencakup 30 orang mahasiswa dan 1 orang dosen dengan kegiatan perkuliahan berlangsung satu mata kuliah per hari. Dari total mahasiswa, sekitar 30% atau sebanyak 9 orang tercatat aktif keluar-masuk ruangan, sedangkan sisanya sebanyak 21 orang mengikuti kegiatan secara normal tanpa perpindahan posisi yang sering. Setiap proses pendaftaran sidik jari menghasilkan data sebesar 166 *byte* per record, sementara setiap aktivitas absensi tercatat dalam server dengan ukuran data sebesar 153 *byte* per record. Parameter ini menggambarkan beban data harian yang perlu ditangani sistem dalam kondisi operasional standar.

Pendaftaran Awal :

$$\text{Mahasiswa} = 30 \times 166 \text{ byte} = 4,980 \text{ byte}$$

$$\text{Dosen} = 1 \times 166 \text{ byte} = 166 \text{ byte}$$

$$\text{Total kapasitas penyimpanan awal} = 4,980 \text{ byte} + 166 \text{ byte} = 5,146 \text{ byte} = 5.02 \text{ KB}$$

Absensi harian:

$$\text{Mahasiswa wajib} : 30 \times 2 \times 153 \text{ byte} = 9,180 \text{ byte}$$

$$\text{Mahasiswa keluar-masuk} : 9 \times 18 \times 153 \text{ byte} = 24,786 \text{ byte}$$

$$\text{Dosen (2 transaksi)} : 2 \times 153 \text{ byte} = 306 \text{ byte}$$

Dengan demikian, total kapasitas penyimpanan *database* untuk satu ruangan dan satu mata kuliah dalam satu hari = $9.180 + 24.786 + 306 = 34,272 \text{ byte} = 33.46 \text{ KB}$. Visualisasi distribusi penggunaan kapasitas harian ini ditampilkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Kapasitas Database dalam 1 Hari disatu Matakuliah dan disatu Ruangan

2) Pendaftaran Awal + Absensi Harian

Sistem absensi digital berbasis IoT ini dirancang untuk melayani kebutuhan Program Studi dengan jumlah pengguna aktif sebanyak 30 mahasiswa dan 4 dosen. Dalam satu hari, terdapat 4 mata kuliah yang berlangsung, di mana sekitar 30% mahasiswa (9 orang) secara aktif melakukan keluar-masuk ruangan, sedangkan sisanya tetap berada di lokasi. Setiap mahasiswa wajib melakukan absensi melalui sistem yang merekam data pendaftaran sebesar 166 *byte* per orang dan data absensi sebesar 153 *byte* per transaksi. Dengan skenario penggunaan harian seperti ini, sistem harus mampu mengelola lalu lintas data dan aktivitas autentikasi secara efisien dan *real-time*, tanpa mengganggu proses belajar-mengajar yang berlangsung.

Pendaftaran Awal:

Jumlah mahasiswa + jumlah Dosen = $30 + 4 = 34$
 $\times 166 \text{ byte} = 5.644 \text{ byte} = 5,51 \text{ KB}$

Absensi Harian:

Mahasiswa Wajib (semua ikut semua mata kuliah):

$30 \text{ mahasiswa} \times 2 \text{ transaksi (masuk \& keluar per MK)} \times 4 \text{ mata kuliah} \times 153 \text{ byte} = 30 \times 2 \times 4 \times 153 = 36,720 \text{ byte}$

Mahasiswa Aktif Keluar-Masuk (30% dari 30 = 9 orang): Misalnya mereka melakukan 18 transaksi per hari (9 masuk, 9 keluar) untuk setiap mata kuliah

→ Maka total = $9 \times 18 \text{ transaksi} \times 4 \text{ mata kuliah} \times 153 \text{ byte}$
 $= 9 \times 18 \times 4 \times 153$
 $= 99,144 \text{ byte}$

Dosen:

$4 \text{ dosen} \times 2 \text{ transaksi} \times 153 \text{ byte} = 1,224 \text{ byte}$
 Total = $36,720 + 99,144 + 1,224 = 137,088 \text{ byte} = 133.88 \text{ KB}$ dalam 1 hari.

Jika setiap hari memiliki kondisi yang sama, dengan jadwal perkuliahan berlangsung selama 5 hari dalam 1 minggu, 20 hari dalam 1 bulan, dan 90 hari dalam 1 semester, maka estimasi kapasitas penyimpanan dapat dihitung berdasarkan periode tersebut.

1 Minggu = $137,088 \text{ byte} \times 5 = 685,440 \text{ byte} = 669.84 \text{ KB} = 0.65 \text{ MB}$

1 Bulan = $137,088 \text{ byte} \times 20 = 2,741,760 \text{ byte} = 2,676.80 \text{ KB} = 2.61 \text{ MB}$

1 Semester = $137,088 \text{ byte} \times 90 = 12,338,880 \text{ byte} = 12,048.50 \text{ KB} = 11.76 \text{ MB}$

Visualisasi dari data ini ditampilkan pada Gambar 14, yang menggambarkan estimasi kapasitas penyimpanan database berdasarkan periode waktu.



Gambar 14. Kapasitas Penyimpanan Database berdasarkan Periode Waktu

Sistem absensi digital berbasis sidik jari dan IoT terbukti efisien dalam pengelolaan data. Kebutuhan penyimpanan hanya sekitar 12 MB per semester (± 90 hari), sehingga tidak memerlukan infrastruktur besar. Bahkan pada penerapan di banyak ruangan dengan jumlah pengguna sama, kebutuhan penyimpanan tetap ringan, menjadikan sistem efektif untuk skala besar di lingkungan akademik.

3.7 Evaluasi Kecepatan Motor Dc

Pada sistem pintu geser otomatis berbasis IoT untuk absensi digital ini, motor DC dipilih sebagai aktuator utama karena kemampuannya dalam pengaturan kecepatan yang presisi, kontrol arah putaran yang fleksibel, serta efisiensi daya yang optimal untuk skala proyek. Mekanisme gerak linear pintu dirancang menggunakan sistem *pulley* dan timing belt yang digerakkan oleh motor DC yang dipasang secara sentral di tengah pintu, memastikan distribusi beban yang merata selama operasi pembukaan dan penutupan. Spesifikasi fisik sistem ini meliputi lebar pintu (W) 76 cm dengan jarak gerak (L) sebesar 38 cm (setengah dari lebar total), dimana pintu akan bergeser secara simetris dari posisi tengah ke samping. Posisi motor yang terintegrasi di bagian tengah struktur pintu tidak hanya meningkatkan kestabilan mekanis tetapi juga meminimalkan torsi yang tidak seimbang selama pengoperasian.

1) Konfigurasi Awal

Parameter Motor dan Transmisi:

- RPM Motor : 100 RPM
- Rasio Gear : 1 : 10
- Diameter Pulley : 4 cm
- Keliling Pulley : $\pi \times D = 12.56$ cm

Perhitungan Awal:

$$T = \frac{L}{\left(\pi \times D \times \left(\frac{RPM_{motor}}{Rasio\ Gear} \times \frac{1}{60}\right)\right)} = \frac{38cm}{\left(3.14 \times 4 \times \left(\frac{100}{10} \times \frac{1}{60}\right)\right)} = \frac{38cm}{2.093cm/detik} = 18.16 \text{ detik}$$

2) Konfigurasi Optimasi

Parameter Motor DC

- RPM Motor : 100 RPM
- Rasio Gear : 1 : 4
- Diameter Pulley : 6 cm
- Keliling Pulley : $\pi \times D = 18.85$ cm

Perhitungan Optimasi:

$$T = \frac{L}{\left(\pi \times D \times \left(\frac{RPM_{motor}}{Rasio\ Gear} \times \frac{1}{60}\right)\right)} = \frac{38cm}{\left(3.14 \times 6 \times \left(\frac{100}{4} \times \frac{1}{60}\right)\right)} = \frac{38cm}{7.854cm/detik} = 4.84 \text{ detik}$$

Visualisasi perbandingan antara konfigurasi awal dan konfigurasi optimasi ditampilkan pada Gambar 15, yang menunjukkan peningkatan performa dari segi kecepatan linear dan efisiensi kerja motor DC.



Gambar 15. Performa Kinerja Motor DC

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa waktu buka-tutup pintu berkurang signifikan dari 18,16 detik menjadi 4,84 detik. Peningkatan kecepatan ini terutama dipengaruhi oleh perubahan rasio gear dari 1:10 menjadi 1:4, yang meningkatkan putaran poros keluaran motor, serta penggunaan pulley berdiameter lebih besar (6 cm dari 4 cm), yang mempercepat translasi linear pintu. Dengan demikian, efisiensi kecepatan dicapai melalui optimasi mekanis tanpa perlu mengganti spesifikasi motor DC.

4 KESIMPULAN

Sistem absensi digital berbasis sidik jari dengan kontrol pintu otomatis berhasil

dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor sidik jari AS608, dan motor DC sebagai aktuator pintu geser. Proses autentikasi dilakukan melalui pemindaian sidik jari yang diverifikasi secara lokal, dikirimkan ke server secara *real time*, dan ditampilkan pada *dashboard* web berbasis React.js. Hasil pengujian menunjukkan akurasi autentikasi mencapai 93,33% dengan rata-rata waktu respons 1,7 detik, kebutuhan penyimpanan data hanya sekitar 12 MB per semester, serta waktu buka pintu yang dapat dioptimalkan dari 18,16 detik menjadi 4,84 detik. Integrasi absensi dengan kontrol pintu juga meningkatkan keamanan karena hanya pengguna terverifikasi yang dapat mengakses ruangan, menjadikannya lebih efektif dibandingkan metode konvensional seperti Edlink dan SIAKAD.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena pengujian dilakukan pada satu ruang kelas dengan jumlah pengguna terbatas. Akurasi autentikasi juga belum mencapai 100% dan sistem masih bergantung pada kestabilan jaringan lokal. Untuk itu, pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada pengujian berskala besar, peningkatan akurasi, serta integrasi dengan server berbasis cloud agar sistem lebih adaptif dan siap diimplementasikan secara nyata di lingkungan pendidikan.

PUSTAKA

- Abiodun, O. I., Abiodun, E. O., Alawida, M., Alkhalwaldeh, R. S., & Arshad, H. (2021). A Review on the Security of the Internet of Things: Challenges and Solutions. In *Wireless Personal Communications* (Vol. 119, Issue 3, pp. 2603–2637). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11277-021-08348-9>
- Akbar, A., Zaenudin, Z., Yani, A., & Muslim, R. (2022). Design and Implementation of IoT Based Smart Lecture Attendance System at Mataram University of Technology. *Journal of Computing and Information System*, 19(2), 109–116. <https://doi.org/10.33480/pilar.v19i2.4608>
- Aleem, S., Yang, P., Masood, S., Li, P., & Sheng, B. (2020). An accurate multi-modal biometric identification system for person identification via fusion of face and finger print. *World Wide Web*, 23(2), 1299–1317. <https://doi.org/10.1007/s11280-019-00698-6>
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 17(4), 2347–2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Alotaibi, A., Aldawghan, H., & Aljughaiman, A. (2025). A Review of the Authentication

- Techniques for Internet of Things Devices in Smart Cities: Opportunities, Challenges, and Future Directions. *Sensors*, 25(6), 1649. <https://doi.org/10.3390/s25061649>
- Ametefe, D. S., Sarnin, S. S., Ali, D. M., Muhamad, W. N. W., Ametefe, G. D., John, D., & Aliu, A. A. (2024). Enhancing Fingerprint Authentication: A Systematic Review of Liveness Detection Methods Against Presentation Attacks. In *Journal of The Institution of Engineers (India): Series B*. Springer. <https://doi.org/10.1007/s40031-024-01066-3>
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2017). Understanding the Internet of Things: definition, potentials, and societal role of a fast evolving paradigm. *Ad Hoc Networks*, 56, 122–140. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2016.12.004>
- Babiuch, M., Foltyniek, P., & Smutny, P. (2019, May 1). Using the ESP32 microcontroller for data processing. *Proceedings of the 2019 20th International Carpathian Control Conference, ICC* 2019. <https://doi.org/10.1109/CarpathianCC.2019.8765944>
- Babu, E. M., Satheesh, K., Mohith, B., & Sudhan, J. M. (2024). *IoT Based Home Automation Using ESP32 & Google Home*. 23. <http://materialsciencetech.com/mst/>
- Dharavath, K., Talukdar, F. A., & Laskar, R. H. (2013). *Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC), 2013 IEEE International Conference on*. <https://doi.org/10.1109/ICCIC.2013.6724278>
- El-Khozondar, H. J., Mtair, S. Y., Qoffa, K. O., Qasem, O. I., Munyarawi, A. H., Nassar, Y. F., Bayoumi, E. H. E., & Halim, A. A. E. B. A. El. (2024). A smart energy monitoring system using ESP32 microcontroller. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100666>
- Fadila, R., & Septiana, M. (2019). Pengaruh Penerapan Sistem Absensi Finger Print Terhadap Disiplin Pegawai Pada Markas Komando Direktorat Pengamanan Badan Pengusahaan Batam. *Journal of Applied Business Administration*, 3(1), 53–63. <https://doi.org/10.30871/jaba.v3i1.1287>
- Hercog, D., Lerher, T., Truntiĉ, M., & Tezak, O. (2023). Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. *Sensors*, 23(15). <https://doi.org/10.3390/s23156739>
- Khade, S., Ahirrao, S., Phansalkar, S., Kotecha, K., Gite, S., & Thepade, S. D. (2021). Iris Liveness Detection for Biometric Authentication: A Systematic Literature Review and Future Directions. In *Inventions* (Vol. 6, Issue 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/inventions6040065>
- Khan, M. A., & Salah, K. (2018). IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges. *Future Generation Computer Systems*, 82, 395–411. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.11.022>
- Nasiroh, S. (2022). Penerapan internet of things (IoT) pada sistem pengaman pintu dengan sidik jari berbasis arduino. *PERWIRA JOURNAL OF SCIENCE & ENGINEERING*, 2(2), 50–52.
- Purwanti, B. S. R., Mursyid, F. A., Rizki, S. D., & Kusmujianti. (2018). Perancangan Sistem Presensi Merespon Pola Sidik Jari Dari Sensor Fingerprint. *Jurnal Poli-Teknologi*, 17(2), 129–136. <https://doi.org/10.32722/pt.v17i2.1233>
- Ray, A. K., & Bagwari, A. (2020). IoT based smart home: Security aspects and security architecture. *Proceedings - 2020 IEEE 9th International Conference on Communication Systems and Network Technologies, CSNT 2020*, 218–222. <https://doi.org/10.1109/CSNT48778.2020.9115737>
- Rukhiran, M., Wong-In, S., & Netinant, P. (2023). IoT-Based Biometric Recognition Systems in Education for Identity Verification Services: Quality Assessment Approach. *IEEE Access*, 11(March), 22767–22787. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3253024>
- Sadhu, P. K., Yanambaka, V. P., & Abdelgawad, A. (2022). Internet of Things: Security and Solutions Survey. In *Sensors* (Vol. 22, Issue 19). MDPI. <https://doi.org/10.3390/s22197433>
- Silva, B. N., Khan, M., & Han, K. (2018). Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. In *Sustainable Cities and Society* (Vol. 38, pp. 697–713). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.01.053>
- Yu, Y., Niu, Q., Li, X., Xue, J., Liu, W., & Lin, D. (2023). A Review of Fingerprint Sensors: Mechanism, Characteristics, and Applications. In *Micromachines* (Vol. 14, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/mi14061253>