



**Sistem Absensi dan *Monitoring* Menggunakan
Fingerprint dan Kamera
Berbasis *IoT***

Laporan Tugas Akhir

**Oleh:
Dyan Maulana (4212101043)**

**Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2026**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Sistem Absensi dan Monitoring Menggunakan Fingerprint dan Kamera Berbasis IoT" adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 26 Juli 2025



The image shows a handwritten signature in black ink over a red and white postage stamp. The stamp is a 1000 Rupiah meter stamp with the text 'REPUBLIK INDONESIA', '1000', 'METERAL TEMPEL', and '084CDANX298532684'. The signature is written in a cursive style across the stamp.

Dyan Maulana
NIM:4212101043

Lembar Pengesahan

Laporan Tugas Akhir disusun untuk digunakan sebagai rencana kerja pada pelaksanaan Tugas Akhir

Disusun oleh:
Dyan Maulana (4212101043)

Tanggal Seminar: 18 Juli 2025

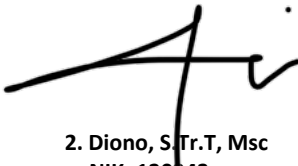
Disetujui oleh :



1. Dr. Budi Sugandi, S.T., M.Eng
NIK: 100002



1. Abdullah Sani, S.ST, M.Sc
NIK: 113119



2. Diono, S.Tr.T, Msc
NIK: 120243

Sistem Absensi dan Monitoring Menggunakan Fingerprint dan Kamera Berbasis IoT

Abstrak

Dalam era digitalisasi dan teknologi yang semakin berkembang, validitas data kehadiran menjadi tantangan krusial. Masalah utama yang terjadi adalah adanya yang melakukan absensi sidik jari namun tidak memasuki ruang, sehingga data kehadiran menjadi tidak akurat dan mengurangi efektivitas pengawasan. Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkan sebuah sistem verifikasi kehadiran berbasis Internet of Things (IoT) yang mengintegrasikan dua teknologi biometrik. Sistem ini menerapkan metode verifikasi dua tahap untuk memastikan kehadiran fisik di dalam ruangan. Tahap pertama, melakukan absensi awal menggunakan sensor sidik jari. Tahap kedua, sebuah kamera yang dilengkapi dengan teknologi pengenalan wajah (face recognition) akan secara aktif memindai dan memverifikasi yang berada di dalam ruangan. Kehadiran seseorang hanya akan dianggap valid dan dicatat oleh sistem jika wajahnya berhasil dikenali oleh kamera setelah proses absensi sidik jari dilakukan. Data kehadiran yang telah terverifikasi ini kemudian dikirim ke server dan disajikan melalui antarmuka web. Pengembangan sistem ini melibatkan integrasi perangkat keras (sensor sidik jari, modul kamera, dan mikrokontroler ESP32) dengan perangkat lunak yang mencakup firmware untuk logika verifikasi, backend server, dan antarmuka web. Diharapkan sistem ini mampu memberikan solusi yang akurat untuk memastikan integritas data kehadiran, mencegah absensi fiktif, serta meningkatkan disiplin dan efisiensi pengelolaan ruang.

Kata kunci: Absensi Sidik Jari, ESP32, IoT, Pengenalan Wajah, Verifikasi Absensi.

IoT-Based Attendance and Monitoring System Using Fingerprint and Camera

Abstract

In the current era of digitalization and advancing technology, the validity of attendance data has become a crucial challenge. The primary issue is that people perform fingerprint attendance but do not subsequently enter the room, leading to inaccurate attendance records and reducing the effectiveness of supervision. To address this problem, an Internet of Things (IoT)-based attendance verification system has been developed, integrating two biometric technologies. This system implements a two-stage verification method to ensure the physical presence inside the room. In the first stage, people perform an initial check-in using a fingerprint sensor. In the second stage, a camera equipped with face recognition technology actively scans and verifies the present within the room. An attendance is only considered valid and recorded by the system if their face is successfully recognized by the camera after the fingerprint check-in process. This verified attendance data is then sent to a server and presented through a web interface. The development of this system involves the integration of hardware (fingerprint sensor, camera module, and ESP32 microcontroller) with software that includes firmware for the verification logic, a backend server, and a web interface. It is expected that this system will provide an accurate solution to ensure the integrity of attendance data, prevent fraudulent attendance, and enhance discipline and efficiency in the management.

Keywords: Attendance Verification, ESP32, Face Recognition, Fingerprint Attendance, IoT.

Daftar Isi

Lembar Pengesahan.....	i
Abstrak.....	ii
Abstract.....	iii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Gambar.....	vi
Daftar Tabel.....	vii
Bab 1. Pendahuluan.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat.....	2
1.5. Batasan.....	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka.....	4
2.1 Internet Of Things.....	4
2.2 Sistem Absensi dengan Fingerprint.....	4
2.3 Face Recognition dengan LBPH (Local Binary Patterns Histograms).....	6
2.4 Face Detection dengan metode Haar Cascade.....	7
2.5 Studi Terkait.....	11
Bab 3. Metodologi Penelitian.....	16
3.1. Perancangan.....	16
3.1.1. Blok Diagram Sistem.....	17
3.1.2. Wiring Diagram.....	19
3.2. Layout Alat.....	20
3.3. Rancangan Desain Web.....	21
3.4. Alat dan Bahan.....	23
3.5. Metodologi Pengujian.....	23
Bab 4. Hasil dan Pembahasan.....	27

4.1. Lingkungan Pengujian.....	27
4.2. Pengujian Fungsionalitas Sistem.....	27
4.3. Pengujian Kinerja dan Akurasi.....	30
4.3.1. Uji Kinerja Sensor Sidik Jari.....	30
4.3.2. Uji Akurasi Pengenalan Wajah.....	31
4.4. Pembahasan Hasil.....	34
4.4.1. Analisis Fungsionalitas.....	34
4.4.2. Analisis Kinerja Biometrik.....	34
BAB 5 Kesimpulan dan Saran.....	35
5.1. Kesimpulan.....	35
5.2. Saran.....	36
Daftar Pustaka.....	37
Biodata.....	39
Lampiran.....	40

Daftar Gambar

Gambar 1. Proses sistem <i>fingerprint</i>	5
Gambar 2. Flowchart Proses Pengenalan Wajah.....	5
Gambar 3. Skema <i>Haar-Like Features</i>	5
Gambar 4. Model <i>Haar Like Features</i>	6
Gambar 5. Skema <i>Cascade of Classifier</i>	7
Gambar 6. <i>Flowchart Face Detection</i> Pengambilan Dataset.....	7
Gambar 7. <i>Flowchart</i> Sistem.....	14
Gambar 8. Blok Diagram Sistem.....	15
Gambar 9. <i>Wiring Diagram</i> Sistem.....	16
Gambar 10. Layout Lokasi Alat.....	17
Gambar 11. Desain Antarmuka Web.....	18
Gambar 12. Heatmap Confussion Matrix Hasil Pengujian Wajah.....	28

Daftar Tabel

Tabel 1. Studi Literatur.....	8
Tabel 2. Estimasi biaya.....	20
Tabel 3. Pengujian Sistem Fingerprint.....	20
Tabel 4. Pengujian Fungsi <i>Face Recognition dengan Confussion Matrix</i>	21
Tabel 5. Rencana Pengujian Keandalan Sensor Sidik Jari.....	23
Tabel 6. Rencana Tabel Laporan Klasifikasi Pengenalan Wajah.....	23
Tabel 7. Spesifikasi Perangkat Keras Pengujian.....	24
Tabel 8. Spesifikasi Perangkat Lunak Pengujian.....	24
Tabel 9. Pengujian Fungsional.....	25
Tabel 10. Pengujian Logika Absensi dan Fitur Web.....	26
Tabel 11. Pengujian Keandalan Sensor Sidik Jari.....	27
Tabel 12. Tabel Laporan Klasifikasi Pengenalan Wajah.....	29

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pengelolaan ruang merupakan aspek penting yang menuntut sistem absensi akurat dan pengawasan yang efektif. Salah satu masalah fundamental yang sering dihadapi adalah ketidakakuratan data kehadiran yang mengakses suatu ruangan. Kerap terjadi kasus di mana seseorang melakukan absensi menggunakan sidik jari, namun tidak benar-benar memasuki atau berada di dalam ruang setelahnya. Fenomena ini menyebabkan data absensi menjadi tidak valid, sehingga menimbulkan tantangan serius dalam pengelolaan dan pengawasan ruang.

Permasalahan ini menyoroti adanya celah kritis pada sistem konvensional yang hanya mencatat kehadiran berdasarkan registrasi awal tanpa adanya mekanisme verifikasi keberadaan fisik di dalam ruangan. Akibatnya, data yang dihasilkan tidak dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan, alokasi sumber daya, maupun penilaian kedisiplinan. Pengawasan menjadi tidak efektif karena tidak ada jaminan bahwa jumlah orang yang tercatat dalam sistem absensi sesuai dengan jumlah yang sesungguhnya beraktivitas di dalam ruang.

Untuk mengatasi masalah integritas data ini, diperlukan sebuah solusi inovatif yang tidak hanya mencatat absensi, tetapi juga memvalidasi kehadiran secara faktual. Sistem berbasis Internet of Things (IoT) menawarkan kerangka kerja yang ideal untuk tujuan ini. Dengan mengimplementasikan sistem verifikasi dua tahap yang mengintegrasikan sensor sidik jari (fingerprint) dengan teknologi pengenalan wajah (face recognition). Sistem ini dirancang untuk memastikan bahwa hanya yang teridentifikasi secara biometrik ganda (sidik jari dan wajah di dalam ruangan) yang akan dicatat sebagai hadir, sehingga memberikan solusi yang andal bagi manajemen.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem verifikasi kehadiran dua tahap dengan mengintegrasikan sensor sidik jari dan kamera berteknologi pengenalan wajah untuk memvalidasi kehadiran fisik di dalam ruangan?
2. Bagaimana mengembangkan antarmuka web untuk menyajikan data kehadiran yang telah terverifikasi, sehingga memudahkan manajemen dalam memantau utilisasi ruangan secara akurat?

1.3. Tujuan

Tujuan dari proyek tugas akhir ini adalah untuk mengembangkan sebuah sistem verifikasi kehadiran berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini menggunakan metode dua tahap: absensi awal dengan sensor sidik jari (*fingerprint*) dan dilanjutkan dengan validasi melalui pengenalan wajah (*face recognition*) menggunakan kamera. Selain itu, proyek ini bertujuan untuk menyediakan antarmuka web yang menyajikan data kehadiran yang valid bagi pihak manajemen.

1.4. Manfaat

1. Manfaat jangka pendek
 - Menyediakan solusi praktis untuk mengatasi masalah absensi fiktif dan meningkatkan validitas data kehadiran.
 - Meningkatkan efisiensi proses rekapitulasi kehadiran karena data yang masuk sudah terverifikasi secara otomatis.
2. Manfaat jangka Panjang
 - Meningkatkan disiplin serta keamanan dan pengawasan di lingkungan ruangan.
 - Menyediakan data historis utilisasi ruangan yang akurat untuk mendukung pengambilan keputusan strategis oleh manajemen.

1.5. Batasan

1. Sistem ini akan diuji dan diimplementasikan dalam skala ruang kerja.
2. Sistem pengenalan wajah menggunakan modul kamera dengan resolusi maksimum 1920 x 1080 piksel dan kinerjanya bergantung pada kondisi pencahayaan standar di dalam ruangan.
3. Mikrokontroler ESP32 hanya berfungsi untuk menangani pembacaan dan pengiriman data dari sensor sidik jari.
4. Proses pengenalan wajah (*face recognition*) beserta logika verifikasi utama dijalankan pada komputer (PC) menggunakan bahasa pemrograman Python.
5. Proses *training* dan pengenalan wajah difokuskan pada dataset mahasiswa yang telah didaftarkan ke dalam sistem.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1 Internet Of Things

Internet of Things (IoT) Internet of Things (juga dikenal sebagai IoT) adalah konsep bahwa semua objek di dunia nyata dapat berkomunikasi satu sama lain sebagai bagian dari sistem terintegrasi yang menggunakan Internet sebagai koneksi. Pada dasarnya perangkat IoT terdiri dari sensor sebagai media pengumpul data, koneksi internet sebagai media komunikasi, dan server untuk pengumpulan dan analisis informasi yang diterima dari sensor [1][3].

Internet of Things (IoT) didefinisikan sebagai kemampuan berbagai komponen untuk terhubung dan bertukar data melalui jaringan Internet. IoT juga merupakan teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat keras untuk berkomunikasi, mengontrol, dan bekerja sama melalui jaringan Internet. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa Internet of Things (IoT) menghubungkan hal-hal yang tidak dapat dioperasikan oleh manusia ke Internet [5].

2.2 Sistem Absensi dengan *Fingerprint*

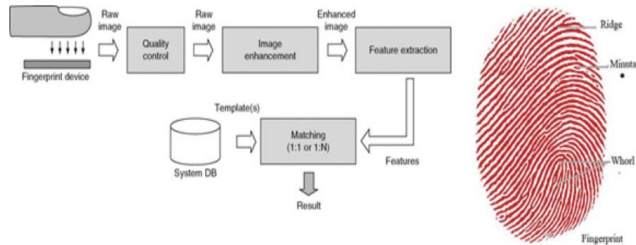
Absensi merupakan kegiatan pendataan untuk mengetahui banyaknya orang yang hadir dalam suatu acara. Partisipasi diperlukan untuk setiap kegiatan yang memerlukan informasi tentang peserta. Pengumpulan data waktu dan kehadiran secara manual memiliki banyak kelemahan. Contohnya adalah data yang tidak valid apabila data yang dimasukkan salah, data yang ada hilang atau rusak, kurang efisien dan efektifnya pengolahan data, dan lain-lain.

Perkembangan teknologi di seluruh dunia semakin cepat, dan kemajuan teknologi informasi, khususnya teknologi seluler dan internet, sangat terlihat. Penggunaan aplikasi mobile dan web dikatakan lebih efektif dan efisien karena informasi lebih mudah diakses dan dicari. Perkembangan teknologi ini juga berdampak pada cara pemasukan data sebagai verifikasi untuk menggantikan kode password yang sudah ada.

Misalnya saja penggunaan teknologi sidik jari. Sistem input ini dikembangkan karena dapat mengurangi kesalahan dan penipuan dalam entri data. Tidak hanya perkembangan teknologi informasi, perkembangan aplikasi pun mengalami kemajuan yang pesat[4].

Awalnya, pengguna mendaftar ke sistem dengan menyediakan informasi dasar dan pribadi yang diperlukan oleh sistem, serta memberikan sidik jari ke antarmuka perangkat keras. Antarmuka ini akan menyimpan gambar sidik jari dan informasi lain tentang pengguna ke dalam basis data. Setelah

proses pendaftaran, pengguna hanya perlu menempatkan jari di antarmuka perangkat keras; sistem akan mengizinkan pengguna untuk masuk ke sistem.[6]



Gambar 1. Proses sistem *fingerprint*

Proses pengenalan gambar, seperti sidik jari, dimulai dengan tahap pengambilan gambar (image capture). Pada fase awal ini, citra sidik jari diakuisisi menggunakan sensor digital. Namun, gambar mentah yang dihasilkan seringkali tidak sempurna, kualitasnya bisa rendah, terlihat buram, dan mengandung banyak *noise* atau gangguan visual. Hal ini terjadi karena berbagai faktor, seperti kondisi kulit atau keterbatasan sensor itu sendiri.

Oleh karena itu, langkah selanjutnya adalah pra-pemrosesan (pre-processing). Tahap ini sangat penting untuk memperbaiki kualitas gambar yang telah diambil. Berbagai algoritma diterapkan untuk membersihkan citra dari segala bentuk cacat. Area yang rusak, *noise* yang mengganggu, serta detail yang kabur atau hilang akan dihilangkan dan diperbaiki. Tujuannya adalah untuk mengubah gambar mentah yang berkualitas rendah menjadi gambar yang jernih dan berkualitas tinggi, sehingga siap untuk dianalisis lebih lanjut.

Setelah gambar menjadi jernih, proses berlanjut ke ekstraksi fitur (feature extraction). Di sini, sistem mengidentifikasi dan mengekstrak ciri-ciri unik dan pembeda dari sidik jari tersebut. Fitur-fitur ini dikenal sebagai *minutiae*, yang mencakup titik-titik spesifik seperti ujung punggung (ridge ending) dan percabangan. Fitur-fitur inilah yang menjadi "tanda tangan" unik dari setiap sidik jari.

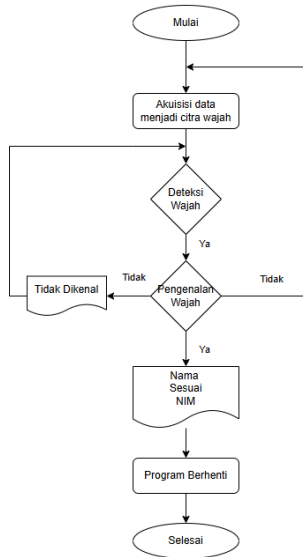
Terakhir, fitur-fitur yang telah diekstraksi tersebut digunakan dalam tahap pengenalan pola (pattern recognition). Pada langkah final ini, pola fitur unik dari gambar sidik jari akan dibandingkan dengan basis data yang berisi pola-pola sidik jari yang telah tersimpan sebelumnya. Sistem akan mencari kecocokan antara pola yang baru diekstraksi dengan pola yang

ada di dalam database untuk menentukan identitas dari sidik jari tersebut.[6]

2.3 Face Recognition dengan LBPH (Local Binary Patterns Histograms)

Proses pengenalan wajah dengan pendekatan LBPH (Local Binary Patterns Histograms) dimulai dengan identifikasi wajah dari foto. Teknik ini mengkodekan setiap piksel wajah menjadi angka biner yang memiliki hubungan dengan piksel di sekitarnya. Hasilnya adalah set angka biner yang menunjukkan tekstur lokal wajah. Histogram yang menunjukkan distribusi pola biner di seluruh wajah kemudian dibuat dari angka-angka ini. Metode LBPH dapat mengidentifikasi wajah yang paling mirip dengan membandingkan histogram wajah yang tidak dikenal dengan histogram wajah yang ada dalam database.

Setelah histogram dibuat, LBPH menggunakan model pelatihan untuk mengasosiasikan setiap histogram dengan label yang sesuai. Kemudian, dengan membandingkan histogramnya dengan histogram yang telah disimpan dalam model, model ini dapat digunakan untuk menentukan identitas wajah baru. Karena fokusnya pada pola tekstur lokal, LBPH dapat mengenali wajah meskipun ada variasi pencahayaan, sudut pandang, dan ekspresi wajah. Metode ini populer untuk aplikasi real-time dan perangkat dengan sumber daya terbatas karena relatif mudah dan cepat dibandingkan dengan teknik pengenalan wajah lainnya.[7]



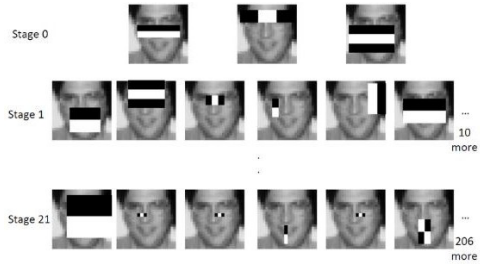
Gambar 2. Flowchart Proses Pengenalan Wajah

Jika wajah terdeteksi, gambar persegi warna hijau akan tampil untuk menunjukkan bagian wajah yang telah terdeteksi. Setelah itu, LBPH akan memanggil hasil dari training pada file format .yml untuk melakukan prediksi dan membandingkannya dengan wajah di webcam. Jika wajah dikenali, gambar persegi berwarna hijau akan muncul di layar bersama dengan tulisan nama sesuai identitas. Jika data wajah yang tidak diketahui terdeteksi, gambar persegi berwarna hijau akan muncul di layar bersama dengan keterangan "tidak dikenal".[7]

2.4 Face Detection dengan metode Haar Cascade

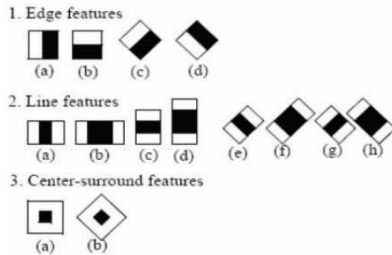
Face detection pada tugas akhir ini menggunakan metode yang dikemukakan oleh P. Viola dan M. Jones yang terdiri dari 4 komponen utama :

1. Haar Like Feature



Gambar 3. Skema *Haar-Like Features*

Gambar 1 menunjukkan skema *Haar-Like Features* [4] yang memproses gambar dalam wilayah kotak-kotak yang berisi banyak piksel di sebagian gambar. Piksel pada wilayah dijumlahkan, proses perhitungan dilakukan (mengurangi nilai piksel rata-rata bagian terang dan gelap dari kotak), dan nilai eigen dihitung di setiap wilayah dari kotak.



Gambar 4. Model *Haar Like Features*

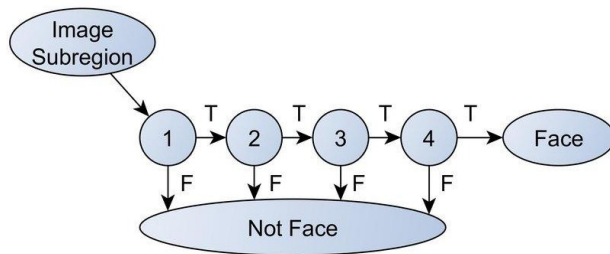
Gambar 2 menunjukkan model *Haar-Like Features* yang dikembangkan oleh Lienhart, Kuranove, dan Pisarevsky untuk pengenalan objek wajah [5].

2. Cascade Of Classifier

Sebuah cascade classifier merupakan bentuk khusus dari pohon keputusan yang terstruktur secara bertahap. Pada setiap tahap, sebuah classifier dilatih untuk mendeteksi hampir semua objek yang menjadi fokus utama, seperti wajah dalam aplikasi pengenalan wajah, namun juga dirancang untuk secara efektif

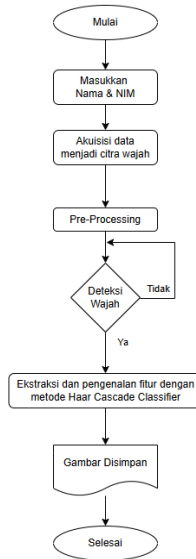
menyaring atau menolak sebagian pola yang tidak relevan atau non-objek. Sistem ini bekerja secara progresif, di mana setiap tahap berperan sebagai filter awal yang semakin mempersempit ruang pencarian, sehingga hanya objek yang paling mungkin memenuhi kriteria yang diteruskan ke tahap berikutnya untuk diproses lebih lanjut. Hasil akhirnya adalah efisiensi yang lebih tinggi, karena objek yang tidak sesuai dengan kriteria langsung dieliminasi di tahap-tahap awal, mengurangi beban komputasi dan meningkatkan kecepatan deteksi[10].

Menggabungkan pengklasifikasian dalam sebuah Cascade of Classifier dapat meningkatkan kecepatan proses pendeteksian dengan memfokuskan perhatian pada area dalam citra yang berpeluang saja. Ini dilakukan untuk mengidentifikasi lokasi objek yang sedang dicari di gambar.



Gambar 5. Skema *Cascade of Classifier*

Gambar 3 menunjukkan representasi skematis dari deteksi cascade. Setiap sub-jendela memiliki set pengklasifikasi. Pengklasifikasi: Lapisan pertama menghilangkan banyak contoh negatif dengan sedikit pemrosesan. Lapisan berikutnya menghilangkan lebih banyak negatif tetapi membutuhkan lebih banyak komputasi. Jumlah sub-jendela telah drastis berkurang setelah beberapa tahap pemrosesan[8].



Gambar 6. Flowchart Face Detection Pengambilan Dataset

Pengguna diharuskan menginput nama dan nim yang digunakan untuk mengidentifikasi pengguna dari pengguna lain saat mencoba mengumpulkan dataset. Wajah yang difoto disimpan dalam berkas .jpg di folder 'Registered_Faces'. Untuk tujuan pengumpulan dataset ini, setiap pengguna harus mengambil 50 foto. Kamera otomatis akan hidup dan menunjukkan ilustrasi dari tahapan pengambilan dataset setelah nama dan nim pengguna dimasukkan.

Foto-foto yang dikumpulkan awalnya melalui proses pre-processing sebelum disimpan. Langkah pre-processing bertujuan untuk membuat data lebih kompatibel dengan pustaka yang akan digunakan. Pre-processing digunakan dalam hal ini untuk menghasilkan foto yang lebih baik. Dalam banyak waktu, pada kamera menghasilkan grain karena pencahayaan yang terlalu terang atau redup, penyetaraan wajah, reduksi noise pada latar belakang pendeteksi, dan perubahan dimensi. Proses persiapan dan peningkatan kualitas gambar diperlukan untuk mencegah noise yang dapat menyebabkan gambar kurang akurat.

Studi ini menggunakan proses cropping, resizing, dan greyscaling sebagai bagian dari tahap pre-processing. Dengan menggunakan cropping, dapat menghapus bagian-bagian tertentu

darisebuah gambar. Dimensi gambar diubah melalui resizing, yang dapat meningkatkan atau mengurangi resolusi gambar. Terakhir, greyscaling mengubah foto-foto RGB menjadi grayscale dari mode RGB asli (merah, hijau, dan biru). [7]

2.5 Studi Terkait

Sebagai bagian dari penelitian tugas akhir ini, sejumlah literatur yang relevan dengan latar belakang masalah dalam proposal telah dikumpulkan. Berikut adalah beberapa penelitian yang terkait dengan topik yang dibahas dalam proposal ini.

Tabel 1. Studi Literatur

No	Judul	Tahun	Penulis	Jurnal	Metode	Kelemahan
1	Rancang Bangun Identifikasi Kehadiran Mahasiswa Otomatis Menggunakan Face Recognition dan Kartu Tanda Mahasiswa (KTM) Menggunakan Internet of Things (IOT)	2024	Syahfitra, Fazar, Akim Manaor Hara Pardede, and Magdalena Simanjuntak.	Publikasi Teknik Informatika dan Jaringan	desain dan pengembangan sistem kehadiran otomatis yang menggunakan teknologi Identifikasi Frekuensi Radio (RFID) dan CAM ESP32 untuk menangkap gambar, yang meningkatkan akurasi dan efisiensi perekaman kehadiran.	tidak mengatasi keterbatasan teknologi pengenalan wajah, seperti masalah privasi dan potensi kesalahan identifikasi, yang dapat mempengaruhi keandalan keseluruhan sistem kehadiran.

2	Implementation of Employee Attendance with Face Recognition using Waterfall Method in Solo Technopark	2024	Arsandy, Noelino Grevansha, Joni Maulindar, and Moh Muhtarom.	<i>International Journal Software Engineering and Computer Science (IUSECS)</i>	model Waterfall untuk pengembangan perangkat lunak, yang terdiri dari lima tahap utama: komunikasi, perencanaan, pemodelan, konstruksi, dan penyebaran .	meskipun sistem telah terbukti efektif, ada area untuk perbaikan, seperti meningkatkan akurasi komponen pengenalan wajah dan mengintegrasikan fitur biometrik tambahan untuk keamanan yang lebih baik.
3	Implementation of Face Recognition in People Monitoring Access In-and-Out of Crystal Dormitory Universitas Klabat	2023	Waworundeng, Jacqueline, and Raycle Raynold Inzaghi Suwu.	<i>CogITo Smart Journal</i>	model pengembangan perangkat lunak prototipe, yang melibatkan tahapan seperti Komunikasi, Rencana Cepat dan Pemodelan, Desain Cepat, Konstruksi Prototipe, dan	potensi kesalahan dalam sistem biometrik, seperti False Acceptance Rate (FAR) dan False Penolakan Rate (FRR), yang dapat mempengaruhi keakuratan pengenalan wajah.

					Pengiriman & Umpan Balik Penyebaran	
4	System of student attendance with IoT-based face identification using Raspberry Pi	2023	Renaldi, Muhammad Dimas, and Sukirman Sukirman.	<i>AIP Conference Proceedings.</i>	Face Recognition berbasis IoT dengan Raspberry Pi.	Kapasitas pemrosesan Raspberry Pi terbatas untuk penggunaan massif.
5	Attendance System Face Recognition Using Convolutional Neural Network (CNN)	2023	Setiawan, Rama Bhagadhara, and Nur Lukman.	<i>CoreID Journal</i>	Convolutional Neural Networks (CNN) untuk pengenalan wajah dan Haar Cascade Classifier untuk deteksi objek, yang bersama-sama mencapai akurasi tinggi dalam sistem kehadiran.	ketergantungan pada kondisi spesifik untuk deteksi wajah, seperti jarak dan posisi kepala, yang dapat membatasi efektivitas sistem dalam berbagai skenario dunia nyata.
6	RANCANG BANGUN SISTEM PENGENALAN WAJAH	2023	Jalaluddin, Ahmad.	Diss. UNIVERSITAS ISLAM	Haar Cascade Classifier dan Local Binary	keakuratan sistem pengenalan wajah relatif

	MENGGUNAKAN METODE HAAR CASCADE CLASSIFIER DAN LOCAL BINARY PATTERN HISTOGRAM (LBPH) PADA AKSES MASUK RUANG DOSEN			SULTAN AGUNG	Pattern Histogram (LBPH) untuk pengenalan wajah dalam sistem keamanan.	rendah, hanya mencapai 63,33% dalam akurasi total, yang mungkin tidak cukup untuk aplikasi keamanan skala lebih besar.
7	Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Algoritma Haarcascade dan Local Binary Pattern Histogram: Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Algoritma Haarcascade dan Local Binary Pattern Histogram	2023	Atmojo, Wilianto Tri, Adi Rizky Pratama, and Ayu Ratna Juwita.	<i>Teknologi: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi</i>	deteksi wajah dan pengenalan melalui algoritma Haarcascade dan LBPH, dengan fokus pada pemantauan kehadiran karyawan.	akurasi deteksi wajah yang dicapai hanya 75%, yang dapat membatasi efektivitas sistem dalam aplikasi dunia nyata.
8	Implementasi Deteksi Wajah pada Sistem Absensi Dengan Menerapkan	2022	SYAHPUTRA , ZULFAHMI.	<i>SNASTIKOM</i>	penerapan sistem pengenalan wajah untuk pemantauan kehadiran,	ketergantungan pada teknologi pengenalan wajah mungkin tidak

	Teknik Face Recognition				yang melibatkan pendokumentasian hasil uji coba dalam format foto dan tertulis untuk mendukung pengembangan sistem.	sepenuhnya a mengatasi masalah keterlambatan karyawan dan masih memungkinkan potensi manipulasi catatan kehadiran jika tidak dipantau dengan benar.
9	THE DETECTION OF FACE RECOGNITION AS EMPLOYEE ATTENDANCE PRESENCE USING THE YOLO ALGORITHM (YOU ONLY LOOK ONCE)	2022	Sari, Diana Puspita, and A. Haidar Mirza.	<i>Jurnal Darma Agung</i>	metode SEMMA untuk pengembangan sistem dan implementasi algoritma YOLO untuk deteksi wajah real-time dan pengenalan kehadiran.	menyoroti masalah umum mesin absensi yang membutuhkan beberapa detik untuk pengenalan wajah dengan akurasi rendah, menunjukkan perlunya peningkatan kecepatan dan keandalan.

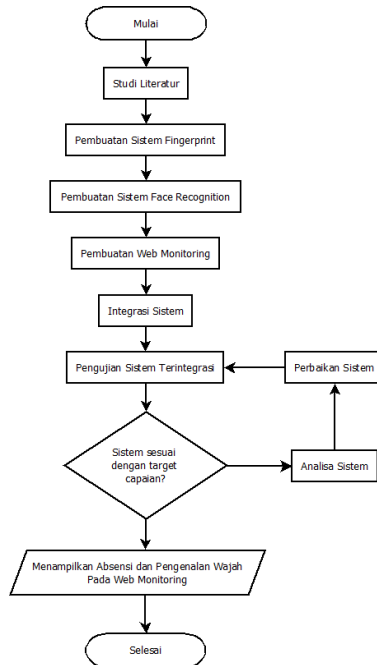
10	Aplikasi Face Recognition Untuk Absensi Mahasiswa Dengan Menggunakan Metode 128D Embedding	2022	Ramadhan, Anugrah Fahrul.	<i>Epub. Imandiri. Id</i>	pendekatan penelitian kuantitatif dan model Air Terjun untuk pengembangan sistem, yang melibatkan serangkaian tahapan standar yang dirancang untuk menemukan jawaban atas masalah tertentu.	ketergantungan pada teknologi pengenalan wajah mungkin masih rentan terhadap masalah seperti potensi kecurangan jika siswa menggunakan foto alih-alih wajah mereka yang sebenarnya, meskipun penambahan sensor suhu untuk mengurangi risiko ini.
----	--	------	---------------------------	---------------------------	---	--

Bab 3. Metodologi Penelitian

Pada bab ini, diuraikan metodologi yang digunakan dalam penelitian dan pengembangan "Sistem Absensi dan Monitoring Workspace Menggunakan Fingerprint dan Kamera Berbasis IoT". Metodologi ini mencakup tahapan perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan lunak, hingga skenario pengujian yang akan dilakukan.

3.1. Perancangan

Pada tugas akhir ini, perancangan untuk membuat sistem absensi dengan *Fingerprint* dan kamera berbasis *iot* adalah sebagai berikut :

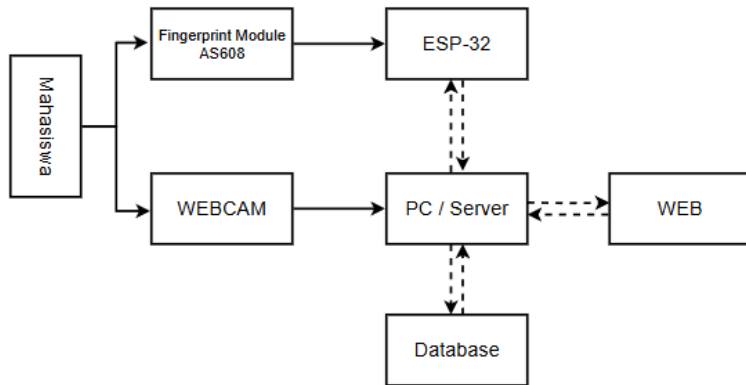


Gambar 7. Flowchart Sistem

Untuk merancang sistem absensi dengan *Fingerprint* dan kamera berbasis iot, yang dilakukan pertama kali adalah melakukan studi literatur terkait topik utama yang akan menjadi acuan dan referensi dalam merancang sistem tersebut. Lalu dilakukan pembuatan sistem absensi yang memanfaatkan *Fingerprint* yang selanjutnya akan terintegrasi dengan kamera yang dapat melakukan rekognisi wajah dengan menggunakan metode haar-cascade dan hasil akhirnya yaitu dapat melakukan monitoring terhadap kehadiran mahasiswa sebagai absensi serta kehadiran fisik pada workshop. Yang selanjutnya hasil pengamatan akan dapat dianalisis yang berfungsi acuan peningkatan kehadiran mahasiswa serta keefektifan sistem absensi kedepannya.

3.1.1. Blok Diagram Sistem

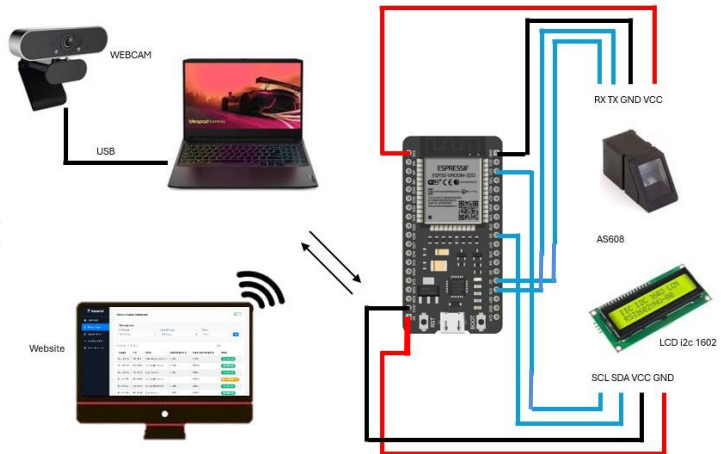
Arsitektur sistem secara keseluruhan digambarkan dalam blok diagram berikut.



Gambar 8. Blok Diagram Sistem

Sistem absensi ini diinisiasi oleh Mahasiswa yang memberikan input biometrik ganda: sidik jari ke Fingerprint Module AS608 yang datanya diproses awal oleh ESP-32, serta wajah yang ditangkap oleh WEBCAM. Seluruh data dari kedua perangkat input ini kemudian dikirimkan dan diolah sepenuhnya oleh PC / Server pusat. PC/Server inilah yang bertugas memverifikasi identitas dan menyimpan semua log kehadiran secara permanen ke dalam Database. Untuk keperluan monitoring, antarmuka WEB yang diakses oleh admin akan berkomunikasi langsung dengan PC / Server; server akan mengambil data yang relevan dari Database untuk kemudian disajikan kembali kepada admin dalam bentuk laporan dan statistik interaktif di halaman web.

3.1.2. Wiring Diagram



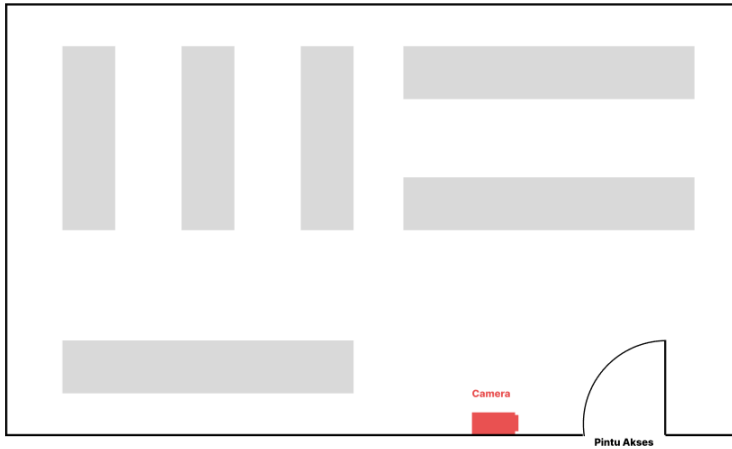
Gambar 9. Wiring Diagram Sistem

Sistem memiliki dua alur kerja utama: Pendaftaran dan Verifikasi Absensi.

1. Alur Pendaftaran: Admin mendaftarkan data mahasiswa (NIM, Nama, ID Sidik Jari) ke dalam database. Kemudian, sampel wajah mahasiswa diambil menggunakan skrip pendaftaran dan disimpan dalam sebuah folder dataset. Terakhir, model pengenalan wajah dilatih berdasarkan dataset tersebut.
2. Alur Verifikasi Absensi:
 - Mahasiswa melakukan scan sidik jari sebagai pemicu absensi. Sistem akan membuat log baru di database dengan status BELUM TERVERIFIKASI.
 - Kamera di dalam ruangan secara aktif memindai wajah. Jika wajah mahasiswa yang sama terdeteksi dan dikenali, sistem akan memperbarui log sebelumnya menjadi TERVERIFIKASI.
 - Admin dapat memantau semua log kehadiran yang masuk melalui web monitoring.

3.2. Layout Alat

Alat akan dipasang pada dinding dimana saat mahasiswa masuk maka *camera* akan melakukan verifikasi dengan metode *face recognition*.



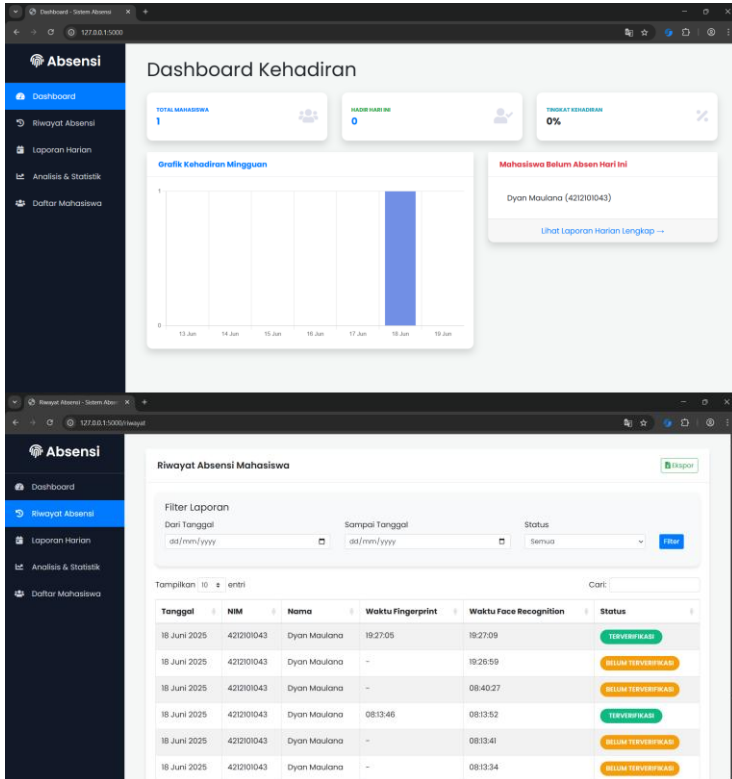
Gambar 10. Layout Lokasi Alat

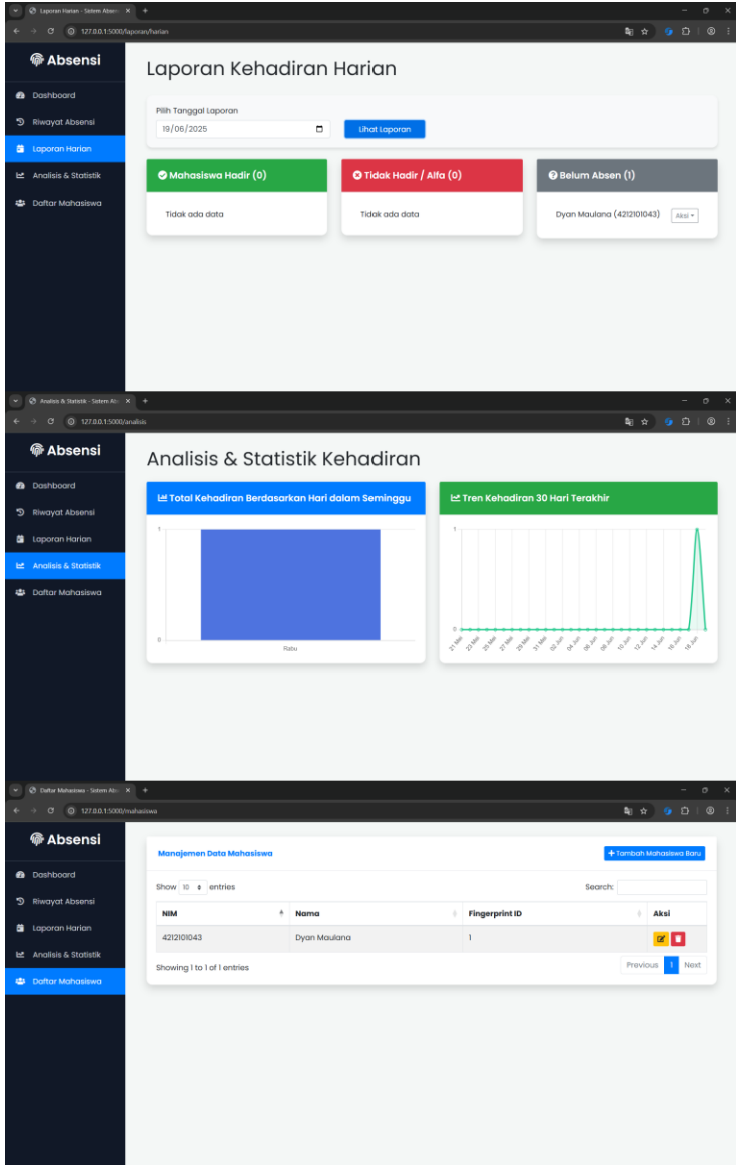
Dengan mempertimbangkan jarak (50-120cm) yang efektif serta meminimalisir ketidakakuratan dalam pemindaian wajah maka *camera* diletakkan pada tempat yang strategis dan langsung dihadapkan pada mahasiswa yang masuk dari pintu akses.

3.3. Rancangan Desain Web

Untuk rancangan desain web yang akan digunakan adalah sebagai berikut.

Gambar 11. Desain Antarmuka Web





3.4. Alat dan Bahan

Berikut merupakan daftar dan alat yang dibutuhkan guna merancang sistem pada tugas akhir ini :

Tabel 2. Estimasi biaya

No.	Alat/bahan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah	Total (Rp.)	Keterangan:
1	Modul <i>Fingerprint</i>	120.000	1	120.000	Dana Pribadi
2	<i>Webcam</i>	100.000	1	100.000	Dana Pribadi
3	Laptop	-	1	-	Milik Pribadi
4	ESP – 32	-	1	-	Milik Pribadi
Total				220.000	

3.5. Metodologi Pengujian

Pengujian sistem dilakukan untuk memvalidasi fungsionalitas dan mengukur kinerja dari sistem yang telah dibangun. Proses pengujian dibagi menjadi dua jenis utama:

3.5.1. Pengujian Fungsionalitas

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan setiap fitur berjalan sesuai dengan alur kerja yang telah dirancang. Hasil pengujian dicatat dengan kesimpulan "BERHASIL" jika hasil aktual sesuai dengan yang diharapkan.

Tabel 3. Rencana Pengujian Fungsional

No	Aksi Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Aktual	Kesimpulan
1	Pendaftaran Sidik Jari: Menjalankan perintah register dari terminal main.py, lalu memasukkan ID dan melakukan scan jari 2x.	Muncul pesan sukses di LCD & Serial Monitor, notifikasi MAHASISWA_TERDAFTAR_FP muncul di terminal Python.		
2	Pendaftaran Wajah:	Jendela kamera terbuka, proses pengambilan gambar		

	Menjalankan menu pendaftaran wajah dari main.py untuk mahasiswa baru.	berjalan, dan folder baru NIM_Nama tercipta di Registered_Faces.		
3	Training Model: Menjalankan menu training model wajah setelah data wajah baru ditambahkan.	Proses training berjalan tanpa error dan terminal menampilkan pesan sukses bahwa trainer.yml dan label_map.json telah dibuat/diperbarui.		
4	Manajemen Mahasiswa (Web): Menambah, mengedit, dan menghapus data mahasiswa melalui antarmuka web.	Semua operasi (Create, Update, Delete) berhasil, data di database berubah sesuai, dan pesan feedback muncul di web.		

Tabel 4. Rencana Pengujian Logika Absensi dan Fitur Web

No	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan		Kesimpulan
1	Logika Absensi (Hadir): Mahasiswa A melakukan scan sidik jari, lalu wajahnya terdeteksi oleh kamera.	Satu log di absensi_log di-UPDATE menjadi TERVERIFIKASI.		
2	Logika Absensi (Alfa): Mahasiswa B hanya melakukan scan sidik jari dan tidak	Satu log baru dibuat untuk B dengan status		

	terdeteksi oleh kamera.	BELUM TERVERIFIKASI.		
3	Filter Laporan: Memfilter riwayat absensi di web berdasarkan rentang tanggal dan status.	Tabel DataTables menampilkan data yang sesuai dengan kriteria filter.		
4	Laporan Harian: Membuka halaman Laporan Harian dan memilih tanggal.	Tiga kolom (Hadir, Alfa, Belum Absen) terisi dengan daftar nama mahasiswa yang benar tanpa ada duplikasi.		
5	Ekspor ke Excel: Menekan tombol "Ekspor ke Excel" setelah menerapkan filter.	File Excel terunduh dan isinya sesuai dengan data yang ditampilkan di tabel yang sudah terfilter.		

3.5.2. Pengujian Kinerja

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur performa sistem secara kuantitatif, terutama pada akurasi komponen biometrik.

- Pengujian Sensor Sidik Jari Pengujian dilakukan secara manual dengan 5 mahasiswa terdaftar dan orang tidak terdaftar. Setiap subjek melakukan 10 kali percobaan scan untuk mengukur tingkat keberhasilan sensor. Hasilnya akan diringkas dalam tabel berikut.

Tabel 5. Rencana Pengujian Keandalan Sensor Sidik Jari

Jenis Uji	Total Percobaan		Jumlah Dikenali	Jumlah Gagal	Tingkat keberhasilan
Jari Terdaftar (Dikenali)	<i>NIM 1</i>	...x			...%
	<i>NIM 2</i>	...x			...%
	<i>NIM 3</i>	...x			...%
	<i>NIM 4</i>	...x			...%
	<i>NIM 5</i>	...x			...%
Jari Asing (Ditolak)	...x				...%

- Pengujian Pengenalan Wajah Pengujian dilakukan dengan menjalankan skrip uji_akurasi.py terhadap dataset uji terpisah. Performa model akan diukur menggunakan metrik *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, *F1-Score*, dan divisualisasikan menggunakan Confusion Matrix.

Tabel 6. Rencana Tabel Laporan Klasifikasi Pengenalan Wajah

	precision	recall	f1-score	support
<i>NIM 1</i>				
<i>NIM 2</i>				
<i>NIM 3</i>				
<i>NIM 4</i>				
<i>NIM 5</i>				
<i>NIM ...</i>				
<i>NIM ...</i>				
<i>NIM ...</i>				
<i>NIM ...</i>				
<i>NIM ...</i>				
<i>NIM ...</i>				
Tidak Dikenal				
accuracy				
avg				

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini, akan dipaparkan dan dianalisis hasil dari serangkaian pengujian yang dilakukan terhadap "Sistem Absensi dan Monitoring Menggunakan Fingerprint dan Kamera Berbasis IoT". Pengujian dibagi menjadi dua kategori utama: pengujian fungsionalitas untuk memverifikasi setiap fitur, dan pengujian kinerja untuk mengukur akurasi dan keandalan sistem secara kuantitatif.

4.1. Lingkungan Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 7. Spesifikasi Perangkat Keras Pengujian

No	Komponen	Spesifikasi
1	PC/Laptop Server	Lenovo Ideapad Gaming 3, Ryzen 5 5600H, GTX 1650, RAM 16 GB
2	Mikrokontroler	ESP32 WROOM-32
3	Sensor Sidik Jari	Modul Fingerprint AS608
4	Webcam Eksternal	Webcam Eyesec 1080P
5	Layar Indikator	LCD I2C 16x2

Tabel 8. Spesifikasi Perangkat Lunak Pengujian

No	Komponen	Versi
1	Operating System	Windows 11 64 Bit
2	IDE	PyCharm 2024.3.4
3	Language	Python 3.13.3
4	Database	MySQL (XAMPP v3.3.0)
5	Library	OpenCV, Scikit-learn, Pandas, Flask

4.2. Pengujian Fungsionalitas Sistem

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan setiap fitur pada sistem dapat berjalan sesuai dengan alur kerja yang telah dirancang.

Tabel 9. Pengujian Fungsional

No	Aksi Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Aktual	Dokumentasi
1	<p>Pendaftaran Sidik Jari: Menjalankan perintah register dari terminal main.py, lalu memasukkan ID dan melakukan scan jari 2x.</p>	<p>Muncul pesan sukses di LCD & Serial Monitor, notifikasi MAHASISWA_TERDAFTAR_FP muncul di terminal Python.</p>	<p>Muncul pesan sukses di LCD & Serial Monitor, notifikasi MAHASISWA_TERDAFTAR_FP muncul di terminal Python.</p>	<p>Lampiran</p>
2	<p>Pendaftaran Wajah: Menjalankan menu pendaftaran wajah dari main.py untuk mahasiswa baru.</p>	<p>Jendela kamera terbuka, proses pengambilan gambar berjalan, dan folder baru NIM_Nama tercipta di Registered_Faces.</p>	<p>Jendela kamera terbuka, proses pengambilan gambar berjalan, dan folder baru NIM_Nama tercipta di Registered_Faces.</p>	<p>Lampiran</p>
3	<p>Training Model: Menjalankan menu training model wajah setelah data</p>	<p>Proses training berjalan tanpa error dan terminal menampilkan pesan sukses bahwa trainer.yml dan label_map.json telah dibuat/diperbarui.</p>	<p>Proses training berjalan tanpa error dan terminal menampilkan pesan sukses bahwa trainer.yml dan label_map.json telah dibuat/diperbarui.</p>	<p>Lampiran</p>

	wajah baru ditambahkan.			
4	Manajemen Mahasiswa (Web): Menambah, mengedit, dan menghapus data mahasiswa melalui antarmuka web.	Semua operasi (Create, Update, Delete) berhasil, data di database berubah sesuai, dan pesan feedback muncul di web.	Semua operasi (Create, Update, Delete) berhasil, data di database berubah sesuai, dan pesan feedback muncul di web.	Lampiran

Tabel 10. Pengujian Logika Absensi dan Fitur Web

No	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Aktual	Dokumentasi
1	Logika Absensi (Hadir): Mahasiswa A melakukan scan sidik jari, lalu wajahnya terdeteksi oleh kamera.	Satu log di absensi_log di-UPDATE menjadi TERVERIFIKASI.	Satu log di absensi_log di-UPDATE menjadi TERVERIFIKASI.	Lampiran
2	Logika Absensi (Alfa): Mahasiswa B hanya melakukan scan sidik jari dan tidak terdeteksi oleh kamera.	Satu log baru dibuat untuk B dengan status BELUM TERVERIFIKASI.	Satu log baru dibuat untuk B dengan status BELUM TERVERIFIKASI	Lampiran
3	Filter Laporan: Memfilter riwayat absensi di web berdasarkan	Tabel DataTables menampilkan data yang	Tabel DataTables menampilkan data yang	Lampiran

	rentang tanggal dan status.	sesuai dengan kriteria filter.	sesuai dengan kriteria filter.	
4	Laporan Harian: Membuka halaman Laporan Harian dan memilih tanggal.	Tiga kolom (Hadir, Alfa, Belum Absen) terisi dengan daftar nama mahasiswa yang benar tanpa ada duplikasi.	Tiga kolom (Hadir, Alfa, Belum Absen) terisi dengan daftar nama mahasiswa yang benar tanpa ada duplikasi.	Lampiran
5	Ekspor ke Excel: Menekan tombol "Eksport ke Excel" setelah menerapkan filter.	File Excel terunduh dan isinya sesuai dengan data yang ditampilkan di tabel yang sudah terfilter.	File Excel terunduh dan isinya sesuai dengan data yang ditampilkan di tabel yang sudah terfilter.	Lampiran

4.3. Pengujian Kinerja dan Akurasi

Pengujian ini mengukur performa sistem secara kuantitatif.

4.3.1. Uji Kinerja Sensor Sidik Jari

Tabel 11. Pengujian Keandalan Sensor Sidik Jari

Jenis Uji	Total Percobaan		Jumlah Dikenali	Jumlah Gagal	Tingkat keberhasilan
<i>True Acceptance Rate (TAR)</i> (Dikenali)	4212101043	10	10	0	100%
	4212101054	10	10	0	100%
	3312101011	10	10	0	100%
	4212101017	10	10	0	100%
	4212101027	10	10	0	100%
<i>True Rejection Rate (TRR)</i> (Ditolak)	10		0	10	100%

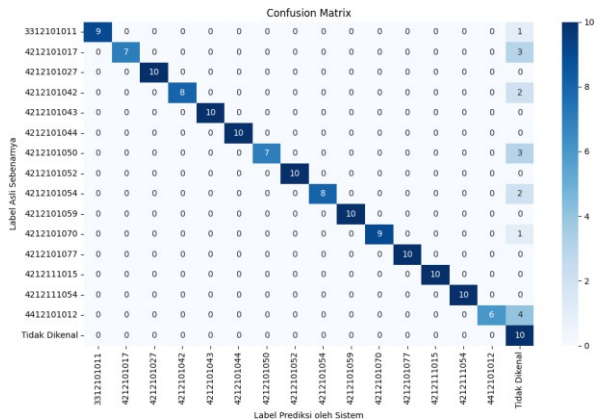
Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.5, sensor sidik jari AS608 menunjukkan tingkat keandalan yang sangat tinggi dan performa yang sempurna dalam skenario pengujian yang dilakukan.

Pada pengujian *True Acceptance Rate* (TAR), di mana jari dari 5 mahasiswa yang telah terdaftar diuji masing-masing sebanyak 10 kali, sistem berhasil mengenali 100% dari total 50 percobaan tanpa ada satupun kegagalan. Hal ini menunjukkan bahwa sensor sangat konsisten dan akurat dalam mengidentifikasi pengguna yang sah.

Pada pengujian *True Rejection Rate* (TRR), di mana jari dari subjek yang tidak terdaftar (Jari Asing) diuji sebanyak 10 kali, sistem berhasil menolak 100% dari semua percobaan, yang berarti tidak ada kasus *False Acceptance* (penerimaan yang salah) yang terjadi. Hasil gabungan ini membuktikan bahwa sensor sidik jari adalah komponen yang sangat andal dan akurat, serta layak digunakan sebagai pemicu utama yang aman dalam alur absensi dua tahap pada sistem ini.

4.3.2. Uji Akurasi Pengenalan Wajah

Pengujian akurasi dilakukan dengan menggunakan skrip uji_akurasi.py yang dirancang untuk mensimulasikan alur kerja sistem secara nyata. Untuk setiap gambar dalam dataset uji, skrip terlebih dahulu melakukan deteksi wajah, kemudian potongan wajah hasil deteksi tersebut digunakan untuk proses pengenalan. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk Laporan Klasifikasi dan Confusion Matrix.



Gambar 12. Heatmap Confusion Matrix Hasil Pengujian Wajah

Gambar 12 di atas menyajikan visualisasi dari *Confusion Matrix* yang merangkum performa sistem pengenalan wajah secara kuantitatif. Matriks ini memetakan hasil prediksi oleh sistem (sumbu X) terhadap label asli dari setiap gambar uji (sumbu Y) untuk menganalisis secara rinci di mana saja model berhasil atau gagal.

Secara umum, angka-angka pada diagonal utama (dari kiri atas ke kanan bawah) menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan identifikasi yang sangat baik untuk sebagian besar subjek. Beberapa mahasiswa, seperti pada NIM 4212101027, 4212101043, 4212101044, 4212101052, 4212101059, 4212101077, 4212111015, dan 4212111054, dikenali dengan 10 tebakan benar dari total sampel uji mereka. Selain itu, performa sistem dalam menolak subjek yang tidak terdaftar adalah sempurna. Hal ini ditunjukkan dari 10 dari 10 kasus "Tidak Dikenal" yang berhasil diidentifikasi dengan benar, menandakan aspek keamanan sistem yang sangat andal.

Namun, matriks ini juga mengungkap satu kasus False Negative. Kesalahan ini terjadi ketika mahasiswa yang seharusnya terdaftar di sistem gagal dikenali dan malah diklasifikasikan sebagai "Tidak Dikenal". Kegagalan ini terlihat jelas pada kolom terakhir matriks. Contoh yang paling signifikan adalah pada NIM 4412101012 yang 4 kali gagal dikenali, serta NIM 4212101017 dan 4212101050 yang masing-masing 3 kali gagal dikenali.

Tabel 12. Tabel Laporan Klasifikasi Pengenalan Wajah

	precision	recall	f1-score	support
3312101011	1.00	0.90	0.95	10
4212101017	1.00	0.70	0.82	10
4212101027	1.00	1.00	1.00	10
4212101042	1.00	0.80	0.89	10
4212101043	1.00	1.00	1.00	10
4212101044	1.00	1.00	1.00	10
4212101050	1.00	0.70	0.82	10
4212101052	1.00	1.00	1.00	10
4212101054	1.00	0.80	0.89	10
4212101059	1.00	1.00	1.00	10
4212101070	1.00	0.90	0.95	10
4212101077	1.00	1.00	1.00	10
4212111015	1.00	1.00	1.00	10
4212111054	1.00	1.00	1.00	10
4412101012	1.00	0.60	0.75	10
Tidak Dikenal	0.38	1.00	0.56	10
accuracy			0.90	160
avg	0.96	0.90	0.91	160

Tabel 12 menyajikan Laporan Klasifikasi yang merinci performa model pengenalan wajah untuk setiap kelas individual. Secara keseluruhan, model mencapai akurasi sebesar 90%, yang menunjukkan performa yang sangat baik dan andal secara umum. Analisis yang lebih mendalam pada metrik *precision* dan *recall* memberikan wawasan yang lebih spesifik mengenai karakteristik kekuatan dan kelemahan model.

Salah satu keunggulan utama model ini adalah nilai *precision* yang sempurna (1.00) untuk semua kelas mahasiswa. Ini berarti ketika sistem mengidentifikasi seorang mahasiswa, prediksinya tidak pernah salah. Hal ini menunjukkan tingkat keandalan yang sangat tinggi dalam menghindari kasus salah identifikasi satu mahasiswa dengan mahasiswa lainnya.

Meskipun demikian, tantangan utama model ini terlihat pada nilai *recall* yang bervariasi. Walaupun banyak mahasiswa dikenali dengan sempurna (*recall* = 1.00), beberapa di antaranya memiliki tingkat pengenalan kembali yang lebih rendah. Kasus yang paling menonjol adalah mahasiswa dengan NIM 4412101012 yang hanya berhasil dikenali kembali sebanyak 60% dari waktu (*recall* = 0.60). Rendahnya nilai *recall* pada beberapa mahasiswa ini menunjukkan bahwa sistem terkadang gagal mengenali pengguna yang sah dan malah mengklasifikasikannya sebagai "Tidak Dikenal".

Analisis pada kelas "Tidak Dikenal" mengkonfirmasi fenomena ini dengan jelas:

- Nilai *recall* yang sempurna (1.00) menunjukkan bahwa sistem sangat andal dalam mendeteksi dan menolak setiap subjek asing yang tidak terdaftar. Dari sisi keamanan, ini adalah sebuah keunggulan karena tidak ada penyusup yang berhasil diklasifikasikan sebagai mahasiswa terdaftar.
- Namun, nilai *precision* yang rendah (0.38) menjadi konsekuensinya. Nilai ini menunjukkan bahwa ketika sistem membuat prediksi "Tidak Dikenal", hanya 38% dari kasus tersebut yang benar-benar subjek tidak dikenal. Sebagian besar kasusnya (sekitar 62%) sebenarnya adalah mahasiswa terdaftar yang gagal dikenali oleh sistem, yang sejalan dengan temuan pada nilai *recall* yang rendah untuk beberapa mahasiswa.

4.4. Pembahasan Hasil

Berdasarkan serangkaian pengujian yang telah dipaparkan pada sub-bab sebelumnya, dapat dilakukan analisis mendalam terhadap fungsionalitas dan kinerja sistem.

4.4.1. Analisis Fungsionalitas

Dari hasil pengujian fungsionalitas, dapat disimpulkan bahwa seluruh fitur utama sistem telah berjalan sesuai dengan rancangan. Alur kerja pendaftaran biometrik, logika absensi dua tahap, serta semua fitur pada antarmuka web monitoring—termasuk sistem login, dashboard, filter laporan, dan ekspor data— telah terverifikasi berfungsi dengan benar. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara perangkat keras, *control panel* main.py, dan server web app.py telah berhasil dilakukan.

4.4.2. Analisis Kinerja Biometrik

- **Analisis Kinerja Sensor Sidik Jari**

Berdasarkan Tabel 11 sensor sidik jari AS608 menunjukkan tingkat keberhasilan 100% baik dalam mengenali jari yang terdaftar (*True Acceptance*) maupun dalam menolak jari yang tidak terdaftar (*True Rejection*). Hasil ini membuktikan bahwa sensor sidik jari adalah komponen yang sangat andal dan akurat untuk digunakan sebagai pemicu utama dalam alur absensi dua tahap pada sistem ini.

- **Analisis Kinerja Pengenalan Wajah**

Berdasarkan hasil evaluasi, sistem pengenalan wajah menunjukkan kinerja yang sangat baik dan andal dengan tingkat akurasi keseluruhan mencapai 90%. Kinerja ini didukung oleh dua kekuatan utama yaitu keandalan identifikasi yang tinggi dan keamanan sistem yang kuat. Namun, terdapat satu area spesifik yang menjadi ruang untuk peningkatan.

Kekuatan Utama Sistem

1. Keandalan Identifikasi

Sistem ini memiliki keunggulan signifikan dalam hal keandalan. Untuk seluruh kelas mahasiswa yang terdaftar, nilai *precision* mencapai 1.00. Artinya, ketika sistem berhasil mengidentifikasi dan memberikan label nama pada sebuah wajah, prediksi tersebut benar. Tidak ada kasus di mana satu mahasiswa keliru diidentifikasi sebagai mahasiswa lain. Hal ini memastikan integritas data dan mencegah kesalahan dalam pencatatan atau pemberian akses.

2. Keamanan Terhadap Subjek Asing

Dari sisi keamanan, *Confusion matrix* menunjukkan bahwa sistem berhasil menolak 100% subjek yang tidak terdaftar ("Tidak Dikenal"). Hal ini tercermin dari nilai *recall* **1.00** untuk kelas "Tidak Dikenal", yang berarti tidak ada satu pun subjek asing yang berhasil lolos dan salah diidentifikasi sebagai mahasiswa terdaftar. Kemampuan ini menjadikan sistem sangat aman dari upaya penyusupan oleh individu yang tidak sah.

Area untuk Peningkatan

Satu-satunya kelemahan yang teridentifikasi adalah pada kasus kegagalan pengenalan (False Negative). Meskipun sistem tidak pernah salah mengidentifikasi, terkadang sistem gagal mengenali mahasiswa yang seharusnya terdaftar dan malah mengklasifikasikannya sebagai "Tidak Dikenal".

Hal ini terlihat pada nilai *recall* yang bervariasi untuk beberapa mahasiswa. Sebagai contoh:

- Mahasiswa dengan NIM 4412101012 hanya berhasil dikenali sebanyak 60% dari waktu (*recall* = 0.60).
- Mahasiswa dengan NIM 4212101017 dan 4212101050 memiliki tingkat pengenalan 70% (*recall* = 0.70).

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan proses perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan pada proyek "Sistem Absensi dan Monitoring Menggunakan Fingerprint dan Kamera Berbasis IoT", dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem verifikasi kehadiran dua tahap telah berhasil dirancang dan diimplementasikan secara fungsional. Sistem mampu mengintegrasikan sensor sidik jari AS608, kamera, dan mikrokontroler ESP32, yang dapat mengirimkan data melalui koneksi serial maupun nirkabel via WiFi, serta memberikan umpan balik status melalui layar LCD.
2. Antarmuka web monitoring berbasis Flask telah berhasil dikembangkan menjadi sebuah *control panel* yang komprehensif dan aman. Fitur-fitur yang berhasil diimplementasikan mencakup sistem login untuk admin, dashboard analitik, riwayat absensi dengan filter interaktif, laporan harian terstruktur, profil detail per mahasiswa, dan kemampuan untuk menandai status kehadiran secara manual.

3. Berdasarkan hasil pengujian kinerja, sistem menunjukkan keandalan yang sangat tinggi pada sensor sidik jari. Untuk sistem pengenalan wajah, dicapai akurasi keseluruhan sebesar 90%. Analisis *confusion matrix* menunjukkan bahwa model masih memiliki tantangan dalam menangani kasus *False Negative* (gagal mengenali pengguna terdaftar), yang mengindikasikan bahwa kualitas data training dan keterbatasan algoritma LBPH menjadi faktor utama yang mempengaruhi performa.

5.2. Saran

Untuk pengembangan sistem di masa mendatang agar menjadi lebih andal, aman, dan kaya fitur, terdapat beberapa area yang dapat ditingkatkan:

1. Peningkatan Akurasi dan Keamanan Wajah (Prioritas Utama): Fokus utama adalah melakukan *upgrade* algoritma pengenalan dari LBPH ke model berbasis Deep Learning (seperti FaceNet atau SFace). Pendekatan ini secara fundamental akan meningkatkan kemampuan sistem untuk membedakan fitur wajah yang kompleks, sehingga dapat secara signifikan mengurangi kasus *False Negative*. Selain itu, untuk meningkatkan keamanan dari upaya pemalsuan, dapat diimplementasikan fitur Liveness Detection seperti deteksi kedipan mata.
2. Penyempurnaan Aplikasi Web: Mengimplementasikan fitur Manajemen Data Mahasiswa (CRUD) secara penuh melalui antarmuka web untuk memberikan kemudahan total bagi admin. Pengembangan sistem login yang sudah ada juga dapat dilanjutkan dengan menambahkan level pengguna yang berbeda (misalnya Admin dan Dosen) untuk mengatur hak akses secara lebih tertuju.
3. Pengembangan Perangkat Mandiri (*Standalone*): Menyempurnakan kemampuan operasional perangkat di lapangan dengan menambahkan modul RTC (*Real-Time Clock*) untuk pencatatan waktu yang presisi dan independen, serta modul SD Card untuk menyimpan log absensi saat koneksi WiFi terputus (*offline mode*), yang kemudian akan disinkronkan ke server saat terhubung kembali.

Daftar Pustaka

- [1] R. Arrahman, "Automatic Gate Based on Arduino Microcontroller Uno R3," *J. Robot.*, vol. 1, no. 1, pp. 61–66, 2021.
- [2] W. Istiana, R. P. Cahyono, "Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol Daya Berbasis IoT," *Portaldata.org*, vol. 2, no. 6, pp. 2022–2023, 2022.
- [3] D. E. Kurniawan, M. Iqbal, J. Friadi, R. I. Borman, and R. Rinaldi, "Smart Monitoring Temperature and Humidity of the Room Server Using *Raspberry Pi* and Whatsapp Notifications," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1351, no. 1, p. 012006, Nov. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1351/1/012006.
- [4] K. L. Damayanthi, I. M. Putra, and P. B. Suyasa, "Rancang Bangun Sistem Daftar Hadir Berbasis *Fingerprint* dengan ARDUINO UNO," *J. Jis Siwirabuda*, vol. 1, no. 2, pp. 97–108, 2023.
- [5] D. Meiyussad, I. Lamada, and Y. Saragih, "Sistem Asisten Cerdas Monitoring Ruangan Bayi Dengan Kamera Dan Iot (Internet of Things)," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 7, no. 3, pp. 1707–1713, 2023, doi: 10.36040/jati.v7i3.6892.
- [6] Rahman, I., A. H. Razzaq, and U. Ali. "A review on fingerprints recognition system." *J Comput Sci Syst Biol* 11 (2018): 286-9.
- [7] Alfian, D. S., et al. "Penerapan Metode Haar-Cascade Dan LBPH Untuk Face Detection dan Recognition." *Jurnal AI Dan SPK 2.1* (2024): 96-104.
- [8] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, vol. 1, pp. 511–518, 2001, doi: 10.1109/cvpr.2001.990517.
- [9] H. Ajey, R. Mardiaty, L. Kamelia, H. Ajey, R. Mardiaty, and L. Kamelia, "Automatic Presence System with Face Recognition Based Smartphone Camera Using the Haar Cascade Method", 2023.
- [10] R. Lienhart and J. Maydt, "An extended set of Haar-like features for rapid object detection," *IEEE Int. Conf. Image Process.*, vol. 1, pp. 900–903, 2002, doi: 10.1109/icip.2002.1038171.
- [11] Krishnan, Mathana Gopala, and Shyam Babu Balaji. "Implementation of automated attendance system using face recognition." *International Journal of Scientific and Engineering Research* 6.3 (2015): 30-33.
- [12] Joseph, Jomon, and K. P. Zacharia. "Automatic attendance management system using face recognition." *International Journal of Science and Research (IJSR)* 2.11 (2013): 327-330.
- [13] Kenda, Patris. "Sistem Presensi Berbasis Wajah Dengan Metode Haar Cascade." *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi* 1.2 (2021): 419-429.
- [14] Samiksha Malhotra, Vaibhav Aggarwal, Himanshu Mangal, Preeti nagrath and rachna jain, "comparison between attendance system implemented

through haar cas- cade classifier and face recognition library", *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1022 (2021) 012045.

- [15] Hashim F. "A Face Recognition System Using Template Matching And Neural Network Classifier", *1st International Workshop on Artificial Life and Robotics*, pp 1-6, 2003

Biodata



Nama : Dyan Maulana
TTL : Batam, 25-12-2001
Agama : Islam
Alamat : PONDOK GRAHA BLK. L NO.33

E-mail : Maulanadyan25@gmail.com

Pendidikan
SD : SDIT AT-THORIQ BATAM
SMP : SMPN 16 BATAM
SMA : SMKN 1 BATAM

Lampiran

https://drive.google.com/drive/folders/1POONBPsYD40O39qPxBEISlcQr_cDFthI?usp=sharing

**FORMULIR LOGBOOK BIMBINGAN DAN PENGAJUAN
SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama : Dyan Maulana
NIM : 4212101043
Pembimbing I : Abdullah Sani, S.ST, M.Sc
Judul : Sistem Absensi dan Monitoring Workspace Menggunakan Fingerprint dan Kamera Berbasis IoT

No	Hari/Tgl	Rincian Kegiatan	TTD Pembimbing I
1	Kamis/ 06 Maret 2025	Melakukan Demo Alat	
2	Kamis/ 20 Maret 2025	Bimbingan Terkait Sistem Absensi	
3	Kamis/ 03 April 2025	Bimbingan Terkait Alur Logika Sistem	
4	Kamis/ 24 April 2025	Pengembangan Pengujian Fingerprint	
5	Kamis/ 08 Mei 2025	Pengembangan Pengujian Face Recognition	
6	Kamis/ 29 Mei 2025	Penyusunan Bab IV dan V sekaligus perbaikan sistem	
7	Kamis/ 05 Juni 2025	Revisi bab hasil dan pengujian	
8	Selasa/ 24 Juni 2025	Revisi penambahan sample	
9	Kamis/ 26 Juni 2025	Melengkapi analisis pengujian	
10	Senin/ 30 Juni 2025	Finalisasi laporan	

Berdasarkan hasil bimbingan yang telah dilaksanakan selama 6 bulan dan telah disetujui oleh dosen pembimbing, maka dengan ini saya mengajukan diri sebagai peserta Sidang Tugas Akhir.

Batam, 30 Juni 2025
Peserta


Dyan Maulana

NIM: 4212101043