

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN ABSENSI OTOMATIS BERBASIS WAJAH, FINGERPRINT DAN RFID DENGAN PENYIMPANAN GOOGLE SPREADSHEET

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MARDALENA

2307220118P



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2025

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

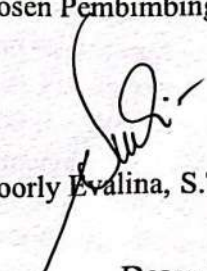
Nama : Mardalena
NPM : 2307220118P
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Absensi Otomatis Berbasis Wajah,
Fingerprint Dan Rfid Dengan Penyimpanan Google
Spreadsheet
Bidang Ilmu : Sistem Kendali

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 12 September 2025

Mengetahui dan menyetujui:

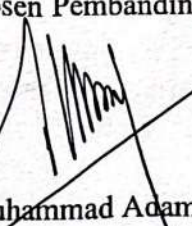
Dosen Pembimbing I


Noorly Evalina, S.T., M.T

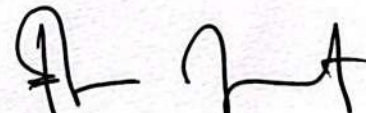
Dosen Pembimbing I / Penguji,


Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II / Penguji,


Muhammad Adam, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro,
Ketua,


Dr. Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Mardalena
Tempat / Tanggal lahir : Namu Ukur / 03 April 2000
NPM : 2307220118P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Rancang Bangun Absensi Otomatis Berbasis Wajah, Fingerprint Dan Rfid Dengan Penyimpanan Google Spreadsheet”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 12 September 2025,
Saya yang menyatakan,



Mardalena

ABSTRAK

Sistem absensi manual yang masih banyak digunakan di lembaga pendidikan maupun perkantoran sering menimbulkan kendala, seperti praktik titip absen, pencatatan yang kurang akurat, serta keterbatasan efisiensi. Hal ini mendorong perlunya pengembangan sistem absensi otomatis yang lebih cepat, aman, dan andal. Integrasi teknologi biometrik berupa pengenalan wajah dan fingerprint, dengan dukungan RFID sebagai opsi cadangan, menjadi alternatif untuk meningkatkan keakuratan dan keamanan sistem absensi. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem absensi otomatis berbasis autentikasi dua faktor menggunakan face recognition dan fingerprint, yang dikombinasikan dengan RFID sebagai metode tambahan. Selain itu, sistem dirancang agar data absensi dapat dikirim dan tersimpan secara real-time pada Google Spreadsheet melalui koneksi internet. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen, meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian modul (webcam, fingerprint, RFID, dan RTC), serta evaluasi performa sistem. Perangkat utama yang digunakan antara lain ESP32, Raspberry Pi, modul fingerprint, RFID RC522, webcam, dan RTC DS1307. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem absensi otomatis ini mampu berfungsi dengan tingkat keberhasilan di atas 90% pada kondisi ideal dengan rata-rata waktu verifikasi 2–4 detik. Pengenalan wajah mencapai akurasi 92% pada kondisi pencahayaan cukup, fingerprint stabil di atas 90%, dan RFID bekerja optimal pada jarak 1–5 cm. Selain itu, sistem terbukti dapat mengirim data kehadiran secara real-time ke Google Spreadsheet, sehingga mampu meningkatkan efisiensi, akurasi, serta keamanan dibandingkan metode manual.

Kata Kunci: Absensi Otomatis, Face Recognition, Fingerprint, RFID, ESP32, Google Spreadsheet, Internet of Things (IoT).

ABSTRACT

Manual attendance systems, which are still widely used in educational institutions and offices, often pose challenges, such as proxy attendance, inaccurate recording, and limited efficiency. This has led to the need to develop a faster, safer, and more reliable automatic attendance system. The integration of biometric technology in the form of facial and fingerprint recognition, with RFID support as a backup option, is an alternative to improve the accuracy and security of attendance systems. This study aims to design and implement an automated attendance system based on two-factor authentication using face recognition and fingerprint, combined with RFID as an additional method. In addition, the system is designed so that attendance data can be sent and stored in real-time on Google Spreadsheets via an internet connection. The research method used is experimentation, including hardware and software design, module testing (webcam, fingerprint, RFID, and RTC), and system performance evaluation. The main devices used include ESP32, Raspberry Pi, fingerprint module, RFID RC522, webcam, and RTC DS1307. The test results show that this automatic attendance system is capable of functioning with a success rate of over 90% under ideal conditions with an average verification time of 2–4 seconds. Face recognition achieved 92% accuracy under sufficient lighting conditions, fingerprint recognition was stable at over 90%, and RFID worked optimally at a distance of 1–5 cm. In addition, the system was proven to be able to send attendance data in real-time to Google Spreadsheet, thereby improving efficiency, accuracy, and security compared to manual methods.

Keywords: Automatic Attendance, Face Recognition, Fingerprint, RFID, ESP32, Google Spreadsheet, Internet of Things (IoT).

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“RANCANG BANGUN ABSENSI OTOMATIS BERBASIS WAJAH, FINGERPRINT DAN RFID DENGAN PENYIMPANAN GOOGLE SPREADSHEET”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani. M.AP., selaku Rektor Universitas Sumatera Utara.
2. Bapak Prof. Dr. Muhammad Arifin, S.H., M.Hum., selaku Wakil Rektor I Universitas Sumatera Utara.
3. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd., selaku Wakil Rektor II Universitas Sumatera Utara.
4. Bapak Assoc. Prof. Dr. Rudianto, S.Sos., M.Si., selaku Wakil Rektor III Universitas Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Ade Faisal M. Sc., Ph.D., selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Affandi, S.T., M.T., selaku Wakil III Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Ibu Elvy Sahnur, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Benny Oktarialdy, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

10. Ibu Noorly Evalina, S.T, M.T., selaku Pembimbing dalam tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan bantuan sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
11. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T., selaku Penguji 1 yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Bapak Muhammad Adam, S.T, M.T., selaku Penguji 2 yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Seluruh Staff Tata Usaha di biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
14. Ayahanda tercinta Benar Sembiring, Ibunda tercinta Almh. Tigan Br Tarigan, serta seluruh keluarga yang telah memberikan bantuan moril maupun materil serta nasehat dan doanya untuk penulis demi selesainya tugas akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil/Mesin/Elektro.

Medan, 12 September 2025

Mardalena

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	6
2.2 Landasan Teori.....	11
2.1	11
2.2	11
2.2.1 Wajah Manusia	11
2.2.2 Webcam.....	12
2.2.3 RFID	13

2.2.4 Mikrokontroler	16
2.2.5 Arduino IDE	18
2.2.6 Raspberry Pi	19
2.2.7 Machine Learning	21
2.2.8 Kontrol dan Feedback Sistem.....	26
2.2.9 Dual / Multi Autentikasi	27
2.2.10 Fingerprint	30
2.2.11 RTC (Real Time Clock)	31
BAB 3 METODE PENELITIAN	32
3.1 Waktu dan Tempat	32
3.2 Metode Pengumpulan Data	33
3.1	33
3.2	33
3.2.1 Bahan Perancangan.....	33
3.2.2 Langkah Pengujian	33
3.3 Langkah Perancangan.....	35
3.3	35
3.3.1 Diagram Blok Sistem.....	35
3.3.2 Diagram Alir (Flowchart) Penelitian	36
3.3.3 Diagram Alir (Flowchart) System	38
3.3.4 Perancangan Rangkaian Alat.....	42
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Hasil Perancangan Program	47
4.1	47
4.1.1 Program secara Keseluruhan	47
4.1.2 Program Deklarasi Variable dan Library	60

4.2 Hasil Perancangan Alat.....	63
4.3 Hasil Pengukuran Komponen	65
4.2	65
4.3	65
4.3.1 Pengukuran Tegangan pada Fingerprint	65
4.3.2 Pengukuran Tegangan pada RFID	65
4.3.3 Pengukuran Tegangan pada RTC	66
4.4 Pengujian Sensor	67
4.4	67
4.4.1 Pengujian Citra Gambar	67
4.4.2 Pengujian Fingerprint.....	68
4.4.3 Pengujian RFID Reader	70
4.5 Pengujian Koneksi Internet.....	70
4.6 Akurasi dan Kalibrasi	72
4.5	73
4.6	73
4.6.1 Akurasi Face Recognition	73
4.6.2 Akurasi Sidik Jari	77
4.6.3 Kalibrasi RFID Reader.....	78
4.7 Tampilan Google Spreadsheet	83
4.8 Efektivitas Sistem.....	84
BAB 5 PENUTUP	86
5.1 Kesimpulan	86
5.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Biometrik Wajah.....	11
Gambar 2.2 Webcam.....	13
Gambar 2.3 RFID.....	14
Gambar 2.4 Tag RFID.....	14
Gambar 2.5 Mikrokontroler.....	16
Gambar 2.6 Software Arduino IDE	18
Gambar 2.7 Raspberry Pi	20
Gambar 2.8 Deteksi object menggunakan metode Single Shot Detector	24
Gambar 2.9 Arsitektur Single Shot Detector (SSD)	24
Gambar 2.10 Arsitektur VGG16.....	25
Gambar 2.11 Diagram UML Kontrol dan Feedback	27
Gambar 2.12 Autentikasi Paralel (Salah satu cukup).....	28
Gambar 2.13 Autentikasi Adaptif	28
Gambar 2.14 Modul Fingerprint FPM10A.....	30
Gambar 2.15 Modul RTC DS1307	31
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem	35
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 3.3 Flowchart Raspiberry	38
Gambar 3.4 Flowchart ESP32	40
Gambar 3.5 Wiring Diagram RFID	43
Gambar 3.6 Wiring diagram Raspberry Pi	44
Gambar 3.7 Wiring Diagram Fingerprint	45
Gambar 3.8 Rangkaian Sistem Keseluruhan	46
Gambar 4.1 Hasil Perancangan Alat	64
Gambar 4.2 Tegangan pada Fingerprint.....	65
Gambar 4.3 Tegangan pada RFID	66
Gambar 4.4 Tegangan pada RTC.....	67
Gambar 4.5 Pengujian Citra Gambar	68
Gambar 4.6 Pengujian sensor sidik jari.....	69
Gambar 4.7 Hasil Pengujian RFID	70
Gambar 4.8 Pengujian Koneksi Internet	71

Gambar 4.9 Tampilan Google Spreadsheet	84
--	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi modul RFID RC522	15
Tabel 2. 2 Konfigurasi pin input dan output RFID RC522	16
Tabel 2.3 Jenis-Jenis Raspberry Pi	20
Tabel 2.4 Spesifikasi Modul Fingerprint FPM10A	31
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	32
Tabel 3.2 Bahan Perancangan.....	33
Tabel 3.3 Rule Confusion Matrix	34
Tabel 4.1 Pengujian Face Recognition.....	73
Tabel 4.2 Pengujian Multiple Face	74
Tabel 4 3 Pengujian Cover Face	75
Tabel 4.4 Pengujian Cover Face	76
Tabel 4.5 Pengujian Sidik Jari	78
Tabel 4.6 Pengujian Jarak RFID Reader	79
Tabel 4.7 Pengujian Multiple Access.....	81
Tabel 4.8 Pengujian Kebenaran	82

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia pendidikan maupun instansi, kehadiran menjadi aspek penting yang perlu didokumentasikan secara akurat. Sistem absensi manual yang masih mengandalkan tanda tangan di atas kertas sering menimbulkan berbagai kendala, seperti adanya potensi kecurangan, kesalahan dalam pencatatan, hingga penggunaan kertas yang berlebihan. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya sebuah sistem absensi otomatis yang mampu menyederhanakan proses pencatatan, meminimalkan peluang kecurangan, serta memastikan data tersimpan dengan lebih rapi dan akurat [1].

Sistem absensi otomatis dapat dikembangkan dengan memanfaatkan berbagai teknologi biometrik maupun identifikasi, seperti pengenalan wajah (face recognition), sidik jari (fingerprint), hingga Radio Frequency Identification (RFID). Pemanfaatan teknologi ini tidak hanya mempercepat proses absensi, tetapi juga membantu mengurangi keterlambatan serta meningkatkan keamanan dalam pengelolaan data kehadiran [2].

Teknologi RFID, misalnya, bekerja dengan gelombang radio untuk mengidentifikasi kartu atau tag unik yang dimiliki setiap pengguna. Dengan demikian, praktik titip absen dapat diminimalisir karena hanya pemilik kartu yang sah yang dapat melakukan absensi. Di sisi lain, sensor sidik jari juga sering digunakan karena setiap individu memiliki pola sidik jari yang khas. Namun, penggunaan fingerprint memiliki keterbatasan, seperti sulit terbaca pada kondisi jari yang kotor, basah, atau rusak, serta potensi masalah kebersihan akibat kontak langsung [3]. Namun, sistem absensi berbasis sidik jari juga memiliki keterbatasan, seperti kesulitan membaca sidik jari saat kondisi jari kotor atau basah, serta potensi masalah kebersihan karena melibatkan kontak fisik. Oleh karena itu, inovasi terus dilakukan untuk mengembangkan sistem absensi yang lebih aman, andal, dan efisien. Salah satu perkembangan terbaru adalah integrasi pengenalan wajah pada sistem kehadiran karyawan, yang dapat mengurangi tingkat kecurangan dan masalah pengambilan absen, terutama bagi karyawan yang bekerja di luar kantor atau jarak jauh.

Sebagai solusi yang lebih praktis, teknologi pengenalan wajah hadir dengan keunggulan non-kontak sekaligus tingkat keamanan yang lebih baik, karena memanfaatkan ciri biometrik unik dari setiap individu. Meski demikian, agar sistem lebih andal, pengenalan wajah perlu dikombinasikan dengan autentikasi tambahan seperti fingerprint sehingga membentuk sistem keamanan dua faktor. Dengan begitu, pengguna diverifikasi melalui dua lapisan, yaitu wajah dan sidik jari. Apabila salah satu metode mengalami kegagalan, sistem tetap menyediakan opsi cadangan berupa RFID. Kombinasi antara pengenalan wajah, fingerprint, dan RFID diharapkan mampu menghasilkan sistem absensi otomatis yang lebih aman, efisien, serta dapat diandalkan. Selain itu, seluruh data kehadiran dapat langsung tersimpan secara otomatis pada Google Spreadsheet, sehingga memudahkan pengelolaan, analisis, dan proses pencadangan data. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis mengambil judul **“RANCANG BANGUN ABSENSI OTOMATIS BERBASIS WAJAH, FINGERPRINT DAN RFID DENGAN PENYIMPANAN GOOGLE SPREADSHEET”** sebagai judul tugas akhir.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari tugas akhir yang penulis ini dapatkan ini sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem absensi otomatis dengan autentikasi dua faktor menggunakan pengenalan wajah dan fingerprint?
2. Bagaimana mengintegrasikan pengenalan wajah, fingerprint, dan RFID sebagai opsi cadangan untuk meningkatkan keamanan serta keandalan sistem absensi?
3. Bagaimana memastikan sistem absensi otomatis yang dikembangkan dapat menyimpan dan mengelola data kehadiran secara real-time pada Google Spreadsheet?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam perancangan dan pembuatan Tugas Akhir ini diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem absensi hanya akan merekam data kehadiran berdasarkan autentikasi dua faktor, yaitu pengenalan wajah dan fingerprint, dengan RFID sebagai opsi cadangan apabila salah satu metode utama tidak dapat digunakan.
2. Sistem absensi tidak mencakup pengaturan terhadap penentuan waktu kedatangan dan kepulangan, sehingga hanya difokuskan pada pencatatan kehadiran tanpa pengolahan jadwal kerja atau keterlambatan.

Penelitian ini membatasi pengujian sistem absensi otomatis pada kondisi lingkungan normal di dalam ruangan, dengan satu jenis modul pengenalan wajah, satu sensor fingerprint, dan satu pembaca RFID. Selain itu, penelitian tidak mempertimbangkan aspek biaya, skalabilitas, maupun pengujian pada kondisi jaringan internet yang tidak stabil.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengembangkan sistem absensi otomatis dengan autentikasi dua faktor menggunakan pengenalan wajah dan fingerprint.
2. Mengintegrasikan pengenalan wajah, fingerprint, dan RFID sebagai opsi cadangan untuk meningkatkan keamanan serta keandalan sistem absensi.
3. Mengembangkan dan menguji sistem absensi otomatis yang dapat menyimpan dan mengelola data kehadiran secara real-time pada Google Spreadsheet.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari melakukan penelitian untuk tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Sistem absensi yang dirancang mampu mencatat kehadiran dengan tingkat akurasi dan efisiensi tinggi, mengurangi potensi kesalahan yang sering terjadi pada sistem manual, serta mempermudah proses autentikasi melalui pengenalan wajah dan fingerprint dengan RFID sebagai opsi cadangan.

2. Penerapan autentikasi dua faktor berbasis pengenalan wajah dan fingerprint menambah lapisan keamanan dalam sistem absensi, sementara RFID sebagai alternatif cadangan memastikan sistem tetap dapat digunakan meskipun salah satu metode utama gagal. Penyimpanan otomatis ke Google Spreadsheet juga meningkatkan keandalan dalam pengelolaan data kehadiran.

Penelitian ini diharapkan memberikan wawasan dan solusi praktis dalam pengembangan sistem absensi otomatis yang handal, sehingga dapat meningkatkan akurasi, keamanan, dan efisiensi pencatatan kehadiran di berbagai lingkungan, seperti sekolah, kantor, dan institusi lainnya, serta mendukung penerapan teknologi berbasis IoT dalam manajemen kehadiran.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai penelitian ini, materi-materi yang dibahas dalam skripsi ini akan dikelompokkan ke dalam beberapa sub bab dengan penyusunan yang sistematis sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini bertindak sebagai pengantar yang menyajikan gambaran umum tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan dalam penelitian ini.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat pembahasan teori dan referensi ilmiah yang berkaitan dengan topik penelitian, serta menjelaskan landasan ilmiah yang menjadi dasar penelitian. Dalam tinjauan pustaka, peneliti akan mengkaji berbagai literatur dari berbagai sumber untuk memperkuat argumen dan pemahaman mengenai masalah yang dibahas.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode yang diterapkan dalam penelitian, termasuk tahapan yang diambil untuk mencapai tujuan penelitian. Metodologi penelitian meliputi pendekatan, teknik, dan prosedur yang digunakan dalam proses pengumpulan dan analisis data, sehingga hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil-hasil penelitian yang diperoleh melalui analisis data, kemudian mengulas temuan tersebut secara mendetail untuk menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian.

5. BAB V PENUTUP

Bab ini adalah bagian penutup dari skripsi yang menyajikan kesimpulan dan rekomendasi berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan. Selain itu, bab ini juga merangkum temuan utama dan memberikan saran untuk penelitian di masa depan atau penerapan praktis.

6. DAFTAR PUSTAKA

7. LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Dalam memahami permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini, penulis melakukan kajian literatur secara mendalam guna mengidentifikasi teori-teori dan referensi yang relevan. Kajian literatur ini melibatkan analisis berbagai sumber, seperti jurnal ilmiah, buku, dan artikel yang berhubungan dengan topik penelitian. Studi literatur tidak hanya berfungsi sebagai dasar teori, tetapi juga sebagai alat untuk menemukan celah dalam penelitian yang ada dan memberikan konteks bagi penelitian yang sedang dilakukan. Oleh karena itu, pengumpulan data yang akurat dan relevan sangat penting untuk menjamin validitas dan reliabilitas hasil penelitian. Berikut ini adalah beberapa penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai referensi teori terkait permasalahan yang akan diselesaikan.

Sistem absensi dengan teknologi Radio Frequency Identification (RFID) dan modul ESP32-CAM berbasis Internet of Things (IoT) merupakan solusi yang dirancang untuk menggantikan sistem sidik jari konvensional. Sistem ini dikembangkan sebagai respons terhadap pandemi COVID-19 yang mewabah beberapa tahun belakangan, dengan tujuan untuk meminimalisir sentuhan fisik. Selain itu, biaya perancangan alat ini relatif lebih murah dibandingkan dengan sistem absensi berbasis pengenalan wajah, sehingga menjadikannya pilihan yang relevan untuk usaha bisnis menengah. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi data identitas melalui ID Card karyawan yang sebelumnya telah disimpan dalam database[4].

Rancangan sistem absensi ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai pengolah data dari RFID yang kemudian dikirim dan disimpan pada web server. Untuk mengatasi kekurangan RFID yang tidak berbasis biometrik, sistem ini dilengkapi dengan modul ESP32-CAM yang berfungsi memotret wajah pada saat pengguna melakukan absensi. Fitur ini efektif untuk mencegah kecurangan ketika melakukan absen, seperti penitipan kartu kepada orang lain [4]. Sistem ini akan membaca waktu pada saat presensi dilakukan, sehingga secara otomatis akan membedakan antara absen masuk ataupun absen pulang[5].

Sistem absensi manual yang masih banyak digunakan di berbagai institusi memiliki beberapa kekurangan, seperti pemborosan dalam penggunaan kertas, waktu, dan tenaga. Misalnya, PT. Yono Express Services, yang masih menggunakan sistem presensi manual yang rentan terhadap berbagai masalah. Menghadapi permasalahan tersebut, dikembangkan solusi berupa sistem presensi berbasis website dengan integrasi perangkat RFID dan ESP32-CAM. Dalam sistem ini, proses identifikasi dilakukan oleh RFID yang bertugas membaca ID transponder (RFID tag) yang memiliki data numerik unik, sehingga tidak ada tag RFID lain yang memiliki nomor ID yang sama [5].

Sistem ini juga menggunakan ESP32-CAM untuk memvalidasi kehadiran karyawan sehingga dapat menghindari kecurangan dalam penitipan presensi. Cara kerja alat ini adalah dengan menempelkan RFID kepada sensor, dan secara otomatis ESP32-CAM akan mengambil gambar dari pengguna yang sudah melakukan presensi. Untuk pengolahan database, sistem ini menggunakan MySQL dengan bahasa pemrograman PHP (Hypertext Preprocessor) yang membuat sistem terintegrasi dengan website. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini berjalan dengan baik, dengan keberhasilan pembacaan Tag RFID oleh Reader RFID pada jarak 0 cm sampai dengan 3 cm [5].

Kemudian di PT. Fariz Cahaya Gemilang, sebuah start-up kontraktor mekanik listrik yang bekerja dalam bidang pemetaan data asset berbasis Geo system, sebelumnya juga menggunakan sistem absensi manual berupa tatap muka saat karyawan datang ke kantor. Sistem manual ini menyebabkan kurangnya disiplin karyawan dalam melakukan pekerjaan sehingga hasil kerja menjadi tidak maksimal. Melalui metode prototipe yang merupakan metode pengolahan terstruktur, dikembangkan sistem absensi yang lebih efisien menggunakan komponen seperti NodeMCU v3, RFID-RC522, ESP32-CAM, LCD 16x02, resistor, dan modul RTC [6].

Pada sistem absensi ini, ketika kartu RFID didekatkan pada RFID reader RC522 dengan jarak sekitar 3 cm, ESP32-CAM langsung mengambil gambar karyawan dan menyimpannya ke database pada website. Sistem ini mampu merekam kehadiran karyawan per hari dengan mencatat ID dari RFID karyawan dan menyimpan gambar karyawan ke dalam database sebagai laporan dan validasi

data absensi [6]. Dengan sistem ini, pengelolaan absensi menjadi lebih efisien dan transparan.

Selain itu, penelitian lain yang dilakukan oleh Noorly Evalina dkk. (2024) juga menunjukkan pentingnya penggunaan RTC DS3231 dalam sistem otomatisasi. Dalam penelitian yang merancang penyiraman tanaman cabai berbasis tenaga surya, RTC digunakan sebagai penentu jadwal penyiraman dengan akurasi tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa RTC DS3231 mampu menjaga konsistensi waktu dengan selisih hanya sekitar 6–7 detik dibandingkan alat pembanding. Hal ini membuktikan keandalan RTC dalam aplikasi yang membutuhkan ketepatan waktu, sehingga relevan untuk diterapkan dalam sistem absensi otomatis yang menuntut pencatatan presensi secara tepat dan akurat.[7]

Dalam konteks pendidikan, laboratorium universitas juga memerlukan sistem pencatatan kehadiran yang efisien. Permasalahan yang sering terjadi adalah pencatatan kehadiran masih menggunakan formulir kertas yang memiliki beberapa kekurangan. Oleh karena itu, dikembangkan sistem pencatat kehadiran menggunakan RFID dan ESP32-CAM yang mampu mencatat kehadiran mahasiswa secara akurat dan digital, termasuk tanggal, jam, nama, NIM, dan foto mahasiswa. Metodologi pengembangan sistem ini terdiri dari empat tahapan: mengumpulkan pustaka, perancangan alat, pembuatan alat, dan pengujian alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak maksimal pembacaan kartu terhadap MFRC522 adalah 4,0 cm, dengan hasil foto yang diambil oleh ESP32-CAM menggunakan format gambar JPEG dengan kualitas gambar VGA (resolusi 640x480 pixel) dan ukuran file antara 19-21 KB [8].

Sistem absensi otomatis dengan teknologi RFID dan ESP32-CAM telah terbukti dapat meningkatkan efisiensi dan keakuratan dalam pencatatan kehadiran mahasiswa di lingkungan akademik. Ketika kartu RFID mahasiswa dipindai, sistem akan otomatis mengidentifikasi mahasiswa tersebut dan mengambil gambar melalui ESP32-CAM sebagai bukti kehadiran tambahan. Data kehadiran dan gambar yang diambil kemudian disimpan dalam database yang terhubung secara real-time melalui jaringan IoT. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu melakukan proses absensi dengan cepat dan akurat, serta memberikan

kemudahan bagi admin dalam mengelola dan memantau data kehadiran secara digital [9].

Kemajuan teknologi, terutama Internet of Things (IoT), telah mengubah berbagai aspek kehidupan sehari-hari dengan memungkinkan perangkat elektronik dan sensor berkomunikasi melalui jaringan internet. Dalam konteks pembelajaran, kehadiran mahasiswa di kelas dianggap memiliki dampak signifikan pada prestasi akademik. Meskipun demikian, sistem absensi manual yang umumnya digunakan di banyak institusi pendidikan cenderung tidak efisien dan rentan terhadap kesalahan. Teknologi terbaru seperti kamera dan barcode dapat menjadi pendukung sistem absensi otomatis yang lebih baik, dalam penelitiannya merancang prototype alat menggunakan kamera ESP32, NodeMCU, dan pemindai barcode sebagai input, dengan antarmuka telegram sebagai output melalui koneksi Wi-Fi. Penelitian ini juga menggunakan sistem face recognition untuk pengenalan wajah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kamera yang digunakan bekerja dengan akurat dalam menangkap gambar, dan sistem face recognition dapat memproses dan mengenali wajah dengan baik. Namun, kesalahan dalam pengujian mayoritas disebabkan oleh ketidaktepatan posisi wajah saat kamera mengambil gambar, sehingga sistem ini masih memerlukan pengembangan lebih lanjut dengan algoritma tambahan [10].

Penelitian lain yang dilakukan di SMKN 1 Tilatang Kamang mengatasi tantangan yang terkait dengan sistem absensi manual. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem absensi terintegrasi yang memanfaatkan framework Laravel, RFID, dan teknologi pengenalan wajah. Penelitian ini mengikuti metodologi pengembangan waterfall dan arsitektur Model View Controller (MVC). Hasil penelitian menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam produktivitas operasional dan pengelolaan data, yang menyoroti potensi sistem ini untuk memperlancar proses absensi di institusi Pendidikan [11].

Sistem absensi modern tidak hanya bermanfaat untuk manajemen kehadiran, tetapi juga dapat diintegrasikan dengan sistem keamanan. Menurut [12], dalam penelitiannya mengembangkan sistem yang memadukan kerja mikrokontroler dengan teknologi RFID untuk pencatatan kehadiran mahasiswa. Selain itu, RFID juga difungsikan sebagai perangkat pembuka akses ruang kelas otomatis, sehingga

ketika mahasiswa melakukan absensi, kunci pintu ruang kelas ikut terbuka. Sistem ini juga dipadukan dengan modul kamera ESP32-CAM yang dimodifikasi untuk membaca kode QR berisi data mahasiswa. Meskipun kecepatan pembacaan kode tidak secepat scanner konvensional, sistem ini masih berfungsi dengan baik dan mempermudah mahasiswa dalam melakukan absensi ketika lupa membawa kartu.

Dalam penelitian berjudul *"Prototype Measuring Device for Electric Load in Households Using the Pzem-004T Sensor"*, peneliti Faisal Irsan Pasaribu dan Muhammad Adam beserta Partaonan Harahap memanfaatkan modul RFID sebagai sarana kontrol. Dalam sistem tersebut, modul RFID digunakan untuk melakukan reset nilai akumulasi energi listrik (KWH) secara otomatis oleh mikrokontroler (Arduino Uno), tanpa perlu intervensi manual. Pemanfaatan RFID dalam penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi tersebut dapat diintegrasikan tidak hanya sebagai sistem identifikasi, tetapi juga sebagai media kontrol akses dalam perangkat elektronik. Relevansi dari penelitian ini terletak pada implementasi RFID sebagai salah satu metode autentikasi dalam sistem absensi otomatis, yang mendukung pencatatan data kehadiran secara cepat, akurat, dan efisien.[13]

Penelitian yang berhubungan Selanjutnya adalah Penelitian dari[14], Seiring dengan tuntutan efisiensi dan akurasi, teknologi Radio Frequency Identification (RFID) yang dikombinasikan dengan mikrokontroler seperti ESP32 menjadi solusi yang tepat untuk membangun sistem absensi modern. Teknologi RFID memungkinkan proses identifikasi dilakukan secara otomatis tanpa kontak fisik langsung, sementara ESP32 dengan dukungan konektivitas Wi-Fi dapat mengirimkan data ke server secara real-time.

Penelitian ini akan melakukan inovasi terhadap sistem absensi dengan menggabungkan tiga teknologi utama, yaitu pengenalan wajah, fingerprint, dan RFID, untuk menciptakan mekanisme absensi yang lebih aman dan andal. Autentikasi dua faktor melalui pengenalan wajah dan fingerprint menjadi kunci utama dalam meningkatkan keamanan, sementara RFID disediakan sebagai alternatif cadangan apabila salah satu metode utama mengalami kegagalan. Selain itu, integrasi dengan Google Spreadsheet memungkinkan data kehadiran tersimpan secara otomatis, rapi, dan mudah diakses. Dengan kombinasi tersebut,

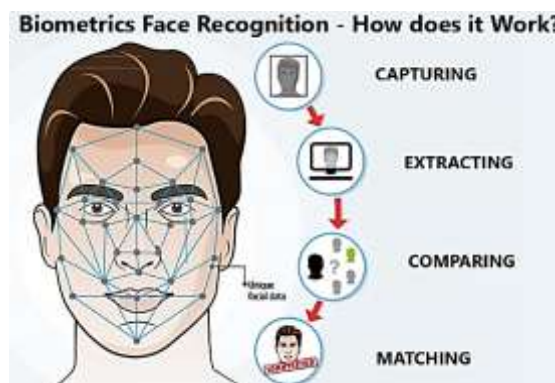
penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem absensi yang lebih modern, efisien, serta memiliki tingkat akurasi dan keandalan yang lebih tinggi dibandingkan metode absensi konvensional maupun sistem absensi berbasis teknologi tunggal.

2.2 Landasan Teori

Dalam merancang sistem absensi, penulis merujuk pada berbagai teori dan hasil penelitian sebelumnya yang relevan. Teori-teori tersebut menjadi pijakan penting dalam pengembangan sistem absensi otomatis berbasis pengenalan wajah, fingerprint, dan RFID. Penerapan autentikasi dua faktor melalui kombinasi wajah dan fingerprint diharapkan mampu meningkatkan tingkat keamanan serta keandalan sistem, sementara RFID berfungsi sebagai opsi cadangan. Selain itu, integrasi dengan Google Spreadsheet memungkinkan data kehadiran tersimpan secara otomatis, terorganisir, dan mudah diakses. Dengan landasan teori tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan sistem absensi yang lebih modern, efisien, dan sesuai dengan perkembangan teknologi masa kini.

2.2.1 Wajah Manusia

Wajah atau muka manusia adalah bagian depan dari kepala manusia yang meliputi wilayah dari dahi hingga dagu termasuk rambut, dahi, alis, mata, hidung, pipi, mulut, bibir, gigi, kulit dan dagu. Wajah terutama digunakan untuk menampilkan ekspresi, penampilan serta identitas dari seseorang. Tidak ada satu wajahpun yang serupa mutlak bahkan untuk kembar identik sekalipun.



Gambar 2.1 Biometrik Wajah

Definisi dan Fungsi Wajah:

1. Anatomi Wajah: Secara anatomi, wajah merupakan bagian anterior dari kepala yang terdiri dari tulang dan jaringan lunak. Struktur ini berfungsi untuk mendukung berbagai aktivitas seperti berbicara, makan, dan mengekspresikan emosi.
2. Ekspresi dan Identitas: Wajah digunakan untuk mengekspresikan perasaan dan sikap seseorang. Ini juga berfungsi sebagai pengidentifikasi utama dalam interaksi sosial. Wajah dapat memberikan informasi tentang identitas seseorang melalui karakteristik fisik yang unik[15].

Teknologi Biometrik: Dalam bidang biometrik, wajah digunakan sebagai alat untuk identifikasi dan autentikasi individu. Metode seperti pengenalan wajah menggunakan algoritma canggih untuk menganalisis pola wajah dan membedakan satu individu dari yang lain[16].

2.2.2 Webcam

Webcam merupakan sejenis kamera kompak yang dapat dipasang ke komputer atau laptop guna menyiarkan video secara real-time alias live. Mirip dengan kamera digital pada umumnya, webcam bekerja dengan menangkap cahaya lewat lensa berukuran kecil di bagian depan dengan bantuan detektor cahaya mikroskopik yang terpasang pada microchip penerima gambar, yang umumnya berteknologi Charge-Couple Device (CCD) atau CMOS image sensor.

Sebuah webcam yang sederhana terdiri dari: sebuah lensa standar, dipasang di sebuah papan sirkuit untuk menangkap sinyal gambar, casing (cover), termasuk casing depan dan casing samping untuk menutupi lensa standar dan memiliki sebuah lubang lensa di casing depan yang berguna untuk memasukkan gambar, kabel support yang dibuat dari bahan yang fleksibel, salah satu ujungnya dihubungkan dengan papan sirkuit dan ujung satu lagi memiliki connector, kabel ini dikontrol untuk menyesuaikan ketinggian, arah dan sudut pandang kamera web. Sebuah webcam biasanya dilengkapi dengan software, software ini mengambil gambar-gambar dari kamera digital secara terus menerus ataupun dalam interval waktu tertentu dan menyiarkannya melalui koneksi internet. Ada beberapa metode penyiaran, metode yang paling umum adalah hardware mengubah gambar ke dalam bentuk file JPG dan menguploadnya ke web server

menggunakan File Transfer Protocol (FTP). Frame rate mengindikasikan jumlah gambar sebuah software dapat ambil dan transfer dalam satu detik. Untuk streaming video, dibutuhkan minimal 15 frame per second (fps) atau idealnya 30 fps. Untuk mendapatkan frame rate yang tinggi, dibutuhkan koneksi internet yang tinggi kecepatannya. Sebuah kamera web tidak harus selalu terhubung dengan komputer, ada kamera web yang memiliki software webcam dan web server built-in, sehingga yang diperlukan hanyalah koneksi internet. Kamera web seperti ini dinamakan network camera. Kita juga bisa menghindari penggunaan kabel dengan menggunakan hubungan radio, koneksi Ethernet ataupun WiFi. Pada perancangan aplikasi webcam untuk digunakan pada mikroskop digital, webcam akan dihubungkan ke PC untuk menampilkan hasil gambar yang terlihat. Untuk mengatur pencahayaan dan fokus, webcam tersebut dibantu dengan arduino uno. Webcam berfungsi sebagai lensa yang digunakan di mikroskop digital.



Gambar 2.2 Webcam

2.2.3 RFID

RFID atau bisa disebut juga Radio Frequency Identification adalah sistem identifikasi berbasis wireless yang memungkinkan pengambilan data tanpa harus bersentuhan seperti barcode atau magnetic card. alat ini menggunakan sistem radiasi elektromagnetik untuk mengirimkan kode.

RFID menggunakan sistem identifikasi dengan gelombang radio, karena itu minimal dibutuhkan dua buah perangkat agar alat ini dapat berfungsi, adapun perangkat yang dibutuhkan disebut TAG dan READER.



Gambar 2.3 RFID

2.2.3.1 Prinsip Kerja

RFID menggunakan gelombang radio untuk sistem identifikasi, sehingga dibutuhkan minimal dua buah perangkat agar alat ini mampu berfungsi. Perangkat tersebut adalah *Tag* dan *Reader*. *Tag* RFID yaitu perangkat yang memiliki data pengenalan (ID) yang dipasang pada objek. Sedangkan *Reader* RFID yaitu perangkat yang berfungsi untuk membaca data pengenalan (ID) yang ada di dalam *Tag* RFID.



Gambar 2.4 Tag RFID

Tag RFID terdapat 2 jenis istilah yaitu Read-Write dan Only Read. Selain itu *Tag* RFID mempunyai 2 komponen utama yang penting, antara lain:

- a) IC (Integrated Circuit) : berfungsi untuk pemroses informasi, modulasi serta demodulasi sinyal RF, yang beroperasi dengan catudaya DC.
- b) ANTENNA : mempunyai fungsi untuk mengirim maupun menerima sinyal RF.

Sedangkan pada *Reader* RFID dibedakan menjadi 2 macam, antara lain :

- a) Pasif : Hanya dapat menerima sinyal radio dari *Tag* Aktif (yang dioperasikan dengan baterai) karena hanya memiliki sistem pembaca pasif.
- b) Aktif : memiliki sistem pembaca aktif yang dapat memancarkan sinyal *interogator* ke *TAG* dan menerima balasan autentikasi dari *Tag*. Sinyal *interogator* ini juga menginduksi *Tag* sehingga menjadi sinyal *DC* yang dapat menjadi sumber daya *Tag* Pasif.

2.2.3.2 Spesifikasi

Tabel 2.1 Spesifikasi modul RFID RC522

Spesifikasi modul RFID RC522	
Arus dan tegangan	13-26mA/DC 3.3V
Tipe Kartu Tag yang didukung	Mifare1 S50, MIFARE DESFire, mifare1 S70 MIFARE Ultralight, 3.
Idle current	10-13mA/DC 3.3
Peak Current	30 Ma
Sleep Current	80uA
AntarMuka	SPI
Kecepatan transfer rate data	Maximum 10Mbit/s
Frekuensi Kerja	13.56MHz
Ukuran	40x60mm
Suhu tempat penyimpanan	-40-85 degrees Celcius
Suhu Kerja	20-80 degrees celsius
Relative Humadity	5% -95 %

2.2.3.3 Input dan Output

Tabel 2. 2 Konfigurasi pin input dan output RFID RC522

Nomor PIN	Nama Pin	Deskripsi
1	Vcc	Digunakan untuk memberi daya pada modul, biasanya 3.3V digunakan
2	RST	Reset pin - digunakan untuk mereset atau mematikan modul
3	Gnd	Tersambung ke Ground of system
4	IRQ	Pin interupsi - digunakan untuk membangunkan modul saat perangkat masuk ke jangkauan
5	MISO / SCL / Tx	Pin MISO ketika digunakan untuk komunikasi SPI, bertindak sebagai SCL untuk I2c dan Tx untuk UART.
6	MOSI	Kuasai budak di pin untuk komunikasi SPI
7	SCK	Pin Serial Clock - digunakan untuk menyediakan sumber clock
8	SS / SDA / Rx	Bertindak sebagai input serial (SS) untuk komunikasi SPI, SDA untuk IIC dan Rx selama UAR

2.2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah perangkat komputer kecil yang terintegrasi dalam bentuk chip Integrated Circuit (IC) dan dirancang untuk mengendalikan operasi tertentu dalam sistem tertanam (embedded system). Mikrokontroler berfungsi sebagai "otak" dari perangkat elektronik, memungkinkan kontrol otomatis, pengolahan data input, dan pengendalian output dengan efisiensi yang tinggi.



Gambar 2.5 Mikrokontroler

2.2.4.1 Struktur Mikrokontroler

Mikrokontroler terdiri dari beberapa komponen utama:

1. CPU (Central Processing Unit): Bertanggung jawab untuk memproses data dan menjalankan program.
2. Memori:
 - ✓ RAM (Random Access Memory): Menyimpan data secara sementara.
 - ✓ ROM (Read Only Memory): Menyimpan program yang akan dieksekusi.
3. I/O (Input/Output): Port yang digunakan untuk berinteraksi dengan perangkat eksternal seperti sensor dan aktuator.
4. Timer dan ADC: Digunakan untuk fungsi penghitungan waktu dan konversi sinyal analog menjadi digital.

2.2.4.2 Fungsi Mikrokontroler

1. Mengendalikan perangkat otomatis seperti mesin, kendaraan, atau alat medis.
2. Mengolah data dari sensor untuk menghasilkan output tertentu.
3. Menjalankan tugas spesifik dalam sistem tertanam, seperti pengendalian motor atau komunikasi data.

2.2.4.3 Keunggulan Mikrokontroler

1. Kompak: Semua komponen penting terintegrasi dalam satu chip.
2. Efisiensi Biaya: Mengurangi kebutuhan akan komponen eksternal.
3. Konsumsi Daya Rendah: Ideal untuk perangkat portabel.

2.2.4.4 Perbedaan dengan Mikroprosesor

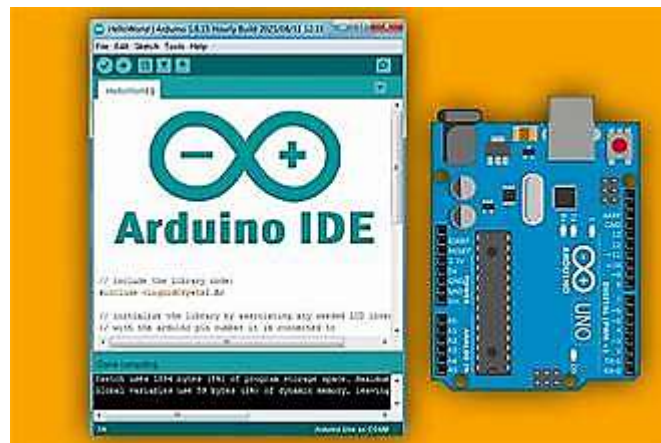
Mikrokontroler mengintegrasikan CPU, memori, dan I/O dalam satu chip, sedangkan mikroprosesor hanya mencakup CPU dan memerlukan komponen eksternal untuk berfungsi.

2.2.4.5 Aplikasi Mikrokontroler

1. Sistem kontrol kendaraan.
2. Perangkat medis di rumah sakit.
3. Pengendali jarak jauh untuk alat elektronik.
4. Robotika dan proyek DIY.

2.2.5 Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode program (sketsa) ke papan pengembangan Arduino. IDE ini dirancang untuk memudahkan pengguna, baik pemula maupun yang sudah berpengalaman, dalam mengembangkan proyek berbasis Arduino.



Gambar 2.6 Software Arduino IDE

2.2.5.1 Fitur Utama Arduino IDE

1. Antarmuka Pengguna yang Sederhana: Arduino IDE memiliki antarmuka yang intuitif dan mudah digunakan, sehingga memudahkan pengguna untuk menulis dan mengedit kode.
2. Bahasa Pemrograman: Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman yang mirip dengan C/C++. Ini memungkinkan pengguna untuk menulis kode dengan sintaks yang familiar bagi banyak programmer.
3. Library: Arduino IDE menyediakan berbagai library yang dapat digunakan untuk memperluas fungsionalitas proyek. Library ini mencakup kode yang telah ditulis sebelumnya untuk berbagai sensor, aktuator, dan modul lainnya.

4. Pengunggahan Kode: Setelah menulis kode, pengguna dapat mengunggahnya langsung ke papan Arduino melalui koneksi USB. IDE ini secara otomatis mengkompilasi kode dan mengirimkannya ke perangkat.
5. Serial Monitor: Arduino IDE dilengkapi dengan fitur Serial Monitor yang memungkinkan pengguna untuk berkomunikasi dengan papan Arduino melalui port serial. Ini berguna untuk debugging dan memantau data yang dikirim dari Arduino.
6. Cross-Platform: Arduino IDE tersedia untuk berbagai sistem operasi, termasuk Windows, macOS, dan Linux, sehingga dapat digunakan di berbagai perangkat.
7. Komunitas dan Dukungan: Arduino memiliki komunitas yang besar dan aktif, sehingga pengguna dapat dengan mudah menemukan tutorial, contoh kode, dan dukungan dari pengguna lain.

2.2.5.2 Penggunaan Arduino IDE

Arduino IDE digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari proyek hobi sederhana hingga pengembangan prototipe untuk produk yang lebih kompleks. Dengan menggunakan Arduino IDE, pengguna dapat membuat berbagai proyek, seperti sistem otomatisasi rumah, robotika, alat pengukur, dan banyak lagi.

2.2.6 Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah sebuah komputer papan tunggal (single-board computer; SBC) yang berukuran seukuran kartu kredit, dikembangkan oleh Raspberry Pi Foundation, sebuah organisasi nirlaba yang berasal dari Inggris. Tujuan utama dari perangkat ini adalah untuk memfasilitasi pembelajaran pemrograman dan meningkatkan minat dalam bidang ilmu komputer. Raspberry Pi dilengkapi dengan berbagai komponen seperti CPU, RAM, GPU, port USB, jack audio, GPIO, Ethernet, dan HDMI, serta menggunakan kartu MicroSD sebagai media penyimpanan dan sistem operasinya.



Gambar 2.7 Raspberry Pi

2.2.6.1 Jenis-Jenis Raspberry Pi

Tabel 2.3 Jenis-Jenis Raspberry Pi

Model	RAM	Fitur Utama	Keterangan
Model A	256 MB (awal)	Tanpa Ethernet, hemat daya	Versi dasar, lebih sederhana
Model B	512 MB - 1 GB+	Dilengkapi Ethernet, lebih lengkap	Versi populer untuk penggunaan umum
Raspberry Pi 2, 3, dst	1 GB - 16 GB	Prosesor lebih cepat, Wi-Fi, Bluetooth	Generasi terbaru dengan fitur lengkap

2.2.6.2 Kegunaan Raspberry Pi dalam Alat Absensi

Raspberry Pi digunakan sebagai pusat pengolahan data dalam sistem absensi otomatis yang berbasis teknologi biometrik, khususnya untuk pengenalan wajah (face recognition) dan sidik jari (fingerprint). Berikut adalah beberapa kegunaan Raspberry Pi dalam alat absensi:

1. Pengolahan dan Pengenalan Wajah

Raspberry Pi menjalankan algoritma pengenalan wajah dengan memanfaatkan pustaka OpenCV dan metode seperti Haar Cascade atau Hidden Markov Model (HMM) untuk mendeteksi dan mengenali wajah pengguna secara otomatis. Kamera yang terhubung ke Raspberry Pi akan menangkap gambar wajah, kemudian sistem mencocokkannya dengan

database wajah yang tersimpan untuk mencatat kehadiran dengan cepat dan akurat, tanpa memerlukan tanda tangan manual.

2. Pengelolaan Data Absensi

Raspberry Pi berfungsi sebagai pengendali yang mengelola data absensi yang dihasilkan dari pengenalan biometrik, menyimpan informasi tersebut ke dalam database lokal atau web, serta mengirimkan notifikasi kepada pihak terkait, seperti orang tua atau admin, secara real-time.

3. Integrasi dengan Sensor Biometrik Lain

Selain pengenalan wajah, Raspberry Pi juga dapat mengelola sensor sidik jari untuk absensi, sehingga sistem dapat menggunakan metode biometrik ganda untuk meningkatkan akurasi dan keamanan dalam pencatatan absensi.

4. Penghematan Biaya dan Efisiensi

Dengan ukuran yang kecil dan harga yang terjangkau, Raspberry Pi memungkinkan pembuatan alat absensi yang ekonomis, hemat energi, dan mudah untuk dikembangkan sesuai dengan kebutuhan institusi atau perusahaan.

5. Fitur Tambahan

Sistem absensi yang berbasis Raspberry Pi juga dapat diintegrasikan dengan teknologi lain seperti RFID sebagai alternatif untuk absensi, serta dilengkapi dengan fitur manajemen data absensi yang mudah diakses dan diatur melalui antarmuka komputer atau smartphone.

Secara keseluruhan, Raspberry Pi berfungsi sebagai otak dari sistem absensi otomatis yang menggunakan teknologi biometrik, memberikan solusi absensi yang cepat, akurat, dan efisien tanpa memerlukan interaksi manual yang memakan waktu.

2.2.7 Machine Learning

Machine learning merupakan cabang dari kecerdasan buatan yang memungkinkan komputer untuk belajar secara otomatis dari data tanpa perlu diprogram secara spesifik untuk setiap tugas. Dengan kata lain, komputer memanfaatkan data yang tersedia untuk mengenali pola, membuat prediksi, dan mengambil keputusan berdasarkan informasi yang telah dipelajari.

Sebagai contoh, jika kita ingin komputer dapat mengenali gambar kucing, kita tidak perlu menuliskan aturan khusus mengenai ciri-ciri kucing. Sebaliknya, kita cukup memberikan banyak gambar kucing dan gambar yang bukan kucing, sehingga komputer dapat belajar untuk membedakannya secara mandiri.

2.2.7.1 Proses Machine Learning Secara Rinci

1. Pengumpulan Data

Data merupakan sumber utama dalam machine learning. Data yang dikumpulkan harus relevan dan dalam jumlah yang cukup agar model dapat belajar dengan efektif. Sebagai contoh, untuk membuat model pengenalan wajah, kita perlu mengumpulkan ribuan gambar wajah dari berbagai sudut dan kondisi pencahayaan.

2. Pra-pemrosesan Data

Data mentah sering kali tidak sempurna, dengan adanya data yang hilang, format yang salah, atau informasi yang tidak relevan. Tahap ini meliputi:

3. Pembersihan Data

Menghapus data yang duplikat atau rusak.

- a. Normalisasi: Mengubah data agar berada dalam rentang yang seragam, seperti mengonversi nilai pixel gambar ke dalam rentang 0-1.
- b. Transformasi: Mengubah data menjadi format yang dapat diproses oleh model, contohnya mengonversi teks menjadi angka melalui teknik tokenisasi.

4. Pemilihan Model

Model adalah algoritma yang akan belajar dari data. Pemilihan model bergantung pada jenis masalah yang dihadapi:

- a. Regresi: Untuk memprediksi nilai kontinu, seperti harga rumah.
- b. Klasifikasi: Untuk mengelompokkan data ke dalam kategori, seperti menentukan apakah email termasuk spam atau bukan.
- c. Clustering: Untuk mengelompokkan data tanpa label, seperti segmentasi pelanggan.

5. Pelatihan Model

Pada tahap ini, data pelatihan digunakan untuk mengajarkan model mengenali pola. Model akan menyesuaikan parameter internalnya agar output yang dihasilkan mendekati target yang diinginkan.

6. Evaluasi Model

Model diuji menggunakan data yang belum pernah dilihat sebelumnya (data uji) untuk mengukur kinerjanya. Beberapa metrik evaluasi yang umum digunakan meliputi:

- a. Akurasi: Persentase prediksi yang benar.
- b. Precision dan Recall: Digunakan untuk masalah klasifikasi.
- c. Mean Squared Error (MSE): Digunakan untuk regresi.

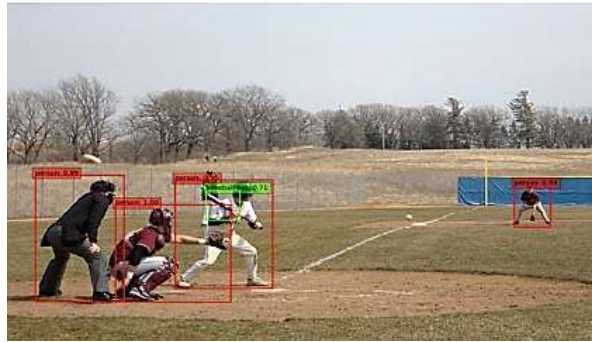
7. Penerapan Model

Setelah model dianggap cukup baik, model tersebut digunakan pada data baru untuk membuat prediksi atau keputusan nyata, seperti mendeteksi wajah dalam kamera pengawas secara real-time.

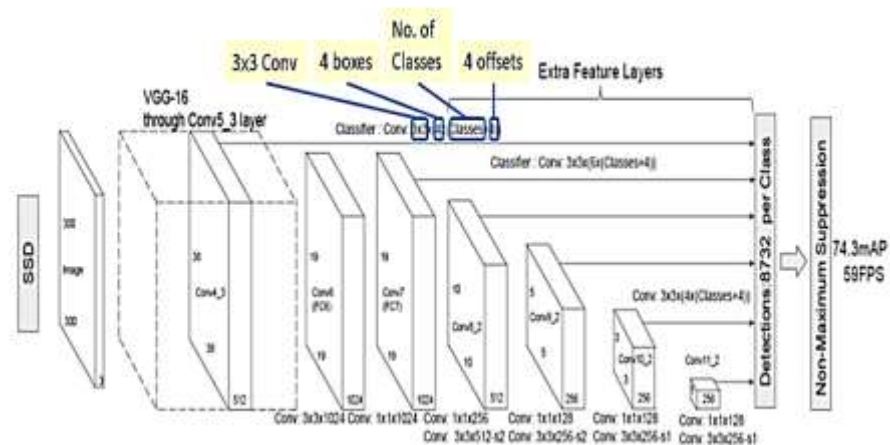
8. Image Processing SSD

Single Shot Detector (SSD) adalah sebuah metode untuk mengenali atau mendeteksi sebuah object pada suatu gambar dengan menggunakan single deep neural network dan salah satu algoritma deteksi object yang paling populer karena kemudahan implementasi, akurasi yang baik vs rasio yang dibutuhkan komputasi. Single Shot Detector (SSD) hanya perlu mengambil satu bidikan tunggal untuk mendeteksi beberapa object didalam gambar

Metode Single Shot Detector (SSD) ini termasuk kedalam deteksi object secara real time, meskipun lebih intuitif daripada rekan-rekannya seperti R-CNN, Fast R-CNN Faster R-CNN dan You Only Look Once (YOLO), Single Shot Detector (SSD) adalah algoritma yang sangat kuat. Menjadi sederhana dalam desain, implementasinya lebih langsung dari GPU dan sudut pandang kerangka kerja pembelajaran yang dalam dan dengan demikian melakukan pengangkatan berat deteksi dengan kecepatan kilat. Juga, poin kunci dari algoritma ini dapat membantu dalam mendapatkan pemahaman yang lebih baik dari metode canggih lainnya.



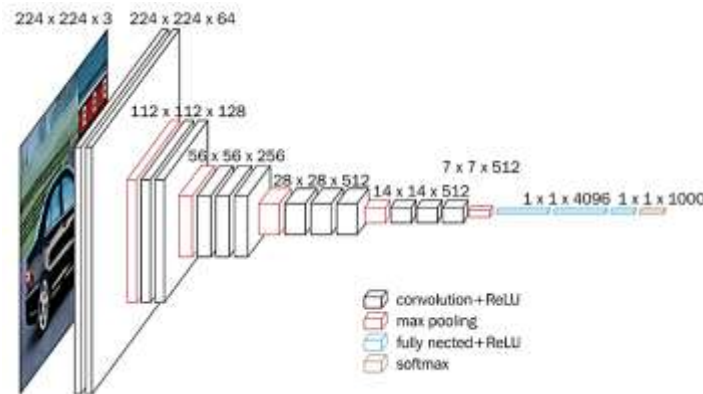
Gambar 2.8 Deteksi object menggunakan metode Single Shot Detector



Gambar 2.9 Arsitektur Single Shot Detector (SSD)

Single Shot Detector juga mempunyai sebuah arsitektur dimana seperti yang di lihat dari Gambar 2.9 di atas, arsitektur SSD dibangun di atas arsitektur VGG-16, tetapi membuang lapisan yang terhubung sepenuhnya.

Alasan VGG-16 digunakan sebagai jaringan dasar adalah karena kinerjanya yang kuat dalam tugas-tugas klasifikasi gambar berkualitas tinggi dan popularitasnya untuk masalah-masalah di mana transfer transfer membantu dalam meningkatkan hasil. Alih-alih VGG asli sepenuhnya terhubung lapisan, satu set lapisan konvolusional tambahan (dari conv6 dan seterusnya) ditambahkan, sehingga memungkinkan untuk mengekstrak fitur pada berbagai skala dan secara progresif mengurangi ukuran input ke setiap lapisan berikutnya. Contoh arsitektur dari VGG16 bisa dilihat pada Gambar 2. 10:



Gambar 2.10 Arsitektur VGG16

Pada arsitektur SSD termasuk kedalam jenis Convolutional Neural Network, Convolutional Neural Network (CNN) adalah salah satu jenis Neural Network yang biasa digunakan pada data image. CNN bisa digunakan untuk mendeteksi dan mengenali object pada sebuah image

Arsitektur dari CNN dibagi menjadi 2 bagian besar, Feature Extraction Layer dan Convolutional Layer. Dimana pada bagian Feature Extraction Layer ini adalah melakukan “encoding” dari sebuah image menjadi features yang berupa angka-angka yang merepresentasikan image tersebut, Sedangkan dibagian Convolutional Layer terdiri dari neuron yang tersusun sedemikian rupa sehingga membentuk sebuah filter dengan panjang dan tinggi (pixels). Secara matematis, Convolutional layer atau yang dalam Bahasa Indonesianya konvolusi, adalah integral yang mencerminkan jumlah lingkaran dari sebuah sudut fungsi F yang digeser atas fungsi g sehingga menghasilkan fungsi h .

2.2.7.2 Contoh Aplikasi Machine Learning yang Lebih Detail

1. Pengenalan Wajah (Face Recognition)

Sistem ini memanfaatkan kamera untuk menangkap gambar wajah, kemudian algoritma machine learning memproses gambar tersebut untuk mengenali identitas seseorang. Algoritma seperti convolutional neural networks (CNN) sering digunakan untuk mengekstraksi fitur wajah yang kompleks. Aplikasi ini banyak diterapkan dalam bidang keamanan, absensi otomatis, dan pada ponsel pintar.

2. Rekomendasi Produk

Platform e-commerce menggunakan machine learning untuk menganalisis perilaku pembelian dan pencarian pengguna. Algoritma seperti collaborative filtering atau content-based filtering mempelajari preferensi pengguna dan produk yang sering dibeli bersama, sehingga dapat merekomendasikan produk yang relevan dan meningkatkan penjualan.

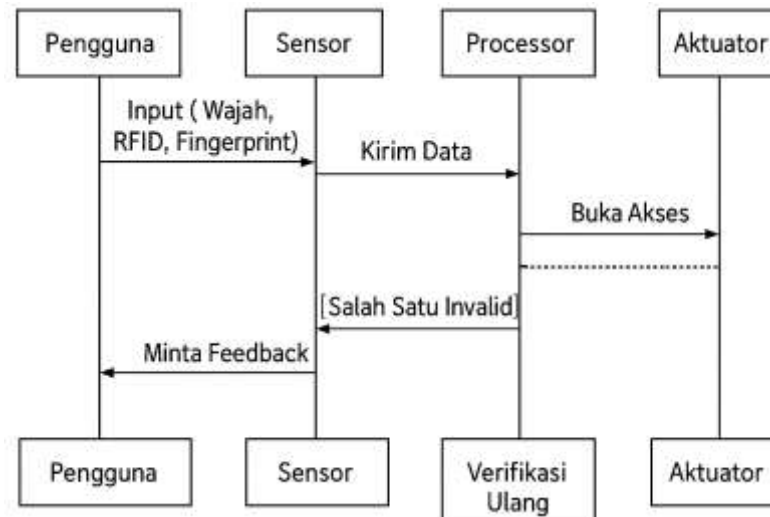
3. Analisis Sentimen

Dalam aplikasi ini, machine learning digunakan untuk menganalisis teks, seperti ulasan produk atau komentar di media sosial, untuk menentukan apakah isi teks tersebut bernada positif, negatif, atau netral. Teknik natural language processing (NLP) dan algoritma klasifikasi seperti Support Vector Machine (SVM) atau deep learning digunakan untuk memahami konteks dan emosi dalam teks.

2.2.8 Kontrol dan Feedback Sistem

Sistem kontrol dengan feedback yang mengintegrasikan deteksi wajah, RFID, dan fingerprint bekerja melalui tiga tahap utama: input, pemrosesan, dan umpan balik. Pertama, sensor seperti kamera, pembaca RFID, dan fingerprint menangkap data pengguna (wajah, ID kartu, dan sidik jari). Data ini dikirim ke unit pemrosesan untuk diverifikasi menggunakan algoritma seperti face recognition atau speech-to-text. Jika salah satu metode gagal (misalnya, wajah tidak dikenali), sistem segera memicu umpan balik, seperti meminta pemindaian RFID ulang atau menginstruksikan pengguna untuk mengulangi sidik jari.

Feedback loop menjadi kunci adaptabilitas sistem. Contohnya, ketika RFID valid tetapi fingerprint tidak cocok, sistem dapat memberikan notifikasi visual (pesan di layar) atau auditori (perintah suara) untuk memandu pengguna memperbaiki input. Logika fusion system memastikan keputusan akhir diambil berdasarkan kombinasi terbaik dari ketiga metode, misalnya dengan memberi akses hanya jika dua dari tiga input valid. Umpan balik juga memungkinkan sistem belajar dari kesalahan, seperti mencatat percobaan gagal untuk meningkatkan akurasi di masa depan.



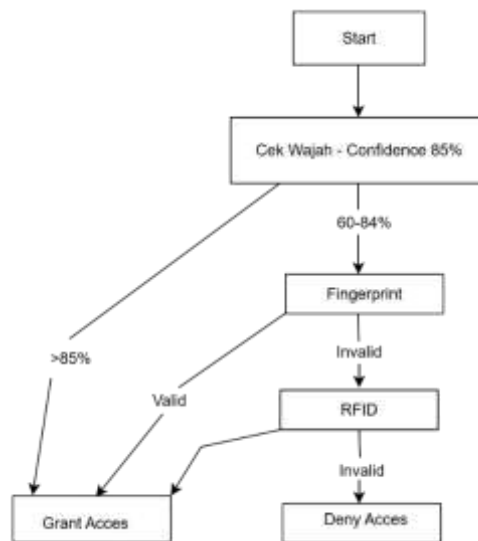
Gambar 2.11 Diagram UML Kontrol dan Feedback

Aplikasi sistem ini sangat luas, mulai dari keamanan gedung hingga perbankan digital. Misalnya, di bandara, penumpang dapat melewati gerbang dengan memindai wajah dan sidik jari, sementara RFID digunakan sebagai cadangan jika wajah tidak terdeteksi. Dalam smart home, sistem bisa membuka pintu hanya bagi anggota keluarga yang suara dan wajahnya terdaftar, sementara alarm berbunyi jika RFID tidak dikenal. Kombinasi multi-sensor dan umpan balik membuat sistem lebih aman, fleksibel, dan minim kesalahan.

2.2.9 Dual / Multi Autentikasi

Sistem Dual/Multi Autentikasi yaitu Kombinasi Wajah, Fingerprint dan RFID. Sistem ini dirancang untuk mendukung beberapa skenario autentikasi:

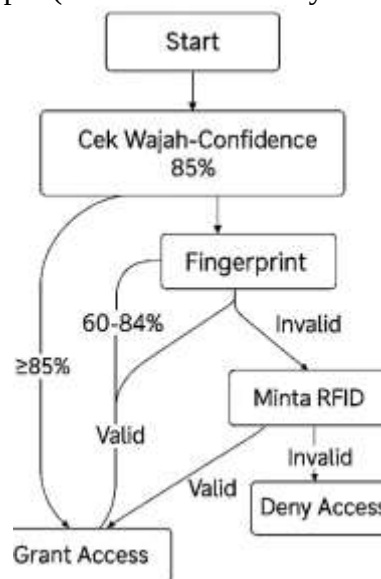
- Autentikasi Bergantian (OR Logic) - Cukup satu metode saja (wajah ATAU RFID ATAU Fingerprint)
- Autentikasi Kombinasi (AND Logic) - Harus melewati beberapa metode (wajah DAN RFID)
- Autentikasi Bertingkat - Metode sekunder hanya diperlukan jika primer



Gambar 2.12 Autentikasi Paralel (Salah satu cukup)

Karakteristik:

- Pengguna bisa memilih metode termudah
- Tingkat keamanan lebih rendah
- Cocok untuk akses cepat (contoh: absensi karyawan)



Gambar 2.13 Autentikasi Adaptif

Keunggulan:

- Menyesuaikan tingkat keamanan berdasarkan risiko
- Mengurangi frustrasi pengguna

- AI bisa mempelajari pola akses
- Pertimbangan Desain
- Threshold Konfigurasi:
 - a. Wajah: Confidence level 70-95%
 - b. Fingerprint: Similarity score 90%+
 - c. RFID: UID whitelist
- Fallback Mechanism:
 - a. Jika kamera error → otomatis ke FingerPrint + RFID
 - b. Jika Fingerprint error → beratkan ke wajah+RFID
- Anti-Spoofing:
 - a. Deteksi foto/wajah palsu (liveness detection)
 - b. Enkripsi data RFID

Aplikasi di Dunia Nyata

- Perbankan Digital:
 - a. Transaksi tinggi → Wajah+RFID
 - b. Transaksi rendah → Salah satu metode
- Akses Gedung Pintar:
 - a. Jam sibuk → Fingerprint saja
 - b. Malam hari → Wajah+RFID
- Kendaraan Otonom:
 - a. Pembuka pintu → Wajah atau RFID
 - b. Konfirmasi perintah kritis → Wajah+Fingerprint

Kelebihan Sistem Hybrid

- Fleksibilitas: Dapat disesuaikan dengan tingkat keamanan yang dibutuhkan
- Redundansi: Jika satu sensor gagal, sistem tetap berfungsi
- User Experience: Memberikan opsi autentikasi sesuai kondisi pengguna
- Scalability: Mudah ditambah metode autentikasi baru

Tantangan Implementasi

- Latensi: Waktu proses bertambah untuk multi-autentikasi
- Konsumsi Daya: ESP32 perlu optimasi untuk operasi terus-menerus
- Kesesuaian Metode: Tidak semua metode cocok untuk setiap scenario

2.2.10 Fingerprint

Fingerprint merupakan sebuah ilmu biometrik yang menggunakan karakteristik fisik untuk mengidentifikasi. Tidak ada manusia didunia ini yang mempunyai sidik jari yang sama, sehingga keuntungan aplikasi ini adalah cara paling aman karena fingerprint tidak bisa dimanipulasi.



Gambar 2.14 Modul Fingerprint FPM10A

Tabel 2.4 Spesifikasi Modul Fingerprint FPM10A

Kategori	Spesifikasi
Jenis Modul	Sensor sidik jari optik dengan prosesor internal (FPM10A / DY50)
Fungsi Utama	Merekam, menyimpan, dan mencocokkan sidik jari
Tegangan Suplai	3.6 – 6.0 V DC (juga kompatibel dengan 3.3 V)
Arus Kerja	<120 mA (rata-rata), <140 mA (puncak)
Antarmuka Komunikasi	UART TTL (baud rate: $9600 \times N$, $N=1-12$; default 57600bps) Beberapa versi mendukung USB
Kapasitas Penyimpanan	300 – 1000 sidik jari (tergantung versi)
Ukuran Jendela Sensor	$\pm 14 \times 18$ mm
Kecepatan Pemindaian	Input gambar < 1 detik
Kecepatan Pencarian	< 1 detik (rata-rata untuk 1:500 template)
Akurasi	FAR (False Accept Rate): <0.001% FRR (False Reject Rate): <1%
Lingkungan Operasional	Suhu: -20°C s.d. $+50^{\circ}\text{C}$ Kelembapan: 40–85% RH (tanpa kondensasi)
Penyimpanan	Suhu: -40°C s.d. $+85^{\circ}\text{C}$ Kelembapan: <85% RH
Dimensi Fisik	$\pm 56 \times 20 \times 21.5$ mm (variasi sedikit tergantung versi)

2.2.11 RTC (Real Time Clock)

RTC adalah jam elektronik berupa chip yang dapat menghitung waktu (mulai detik hingga tahun) dengan akurat dan menjaga/menyimpan data waktu tersebut secara real time. Komponen RTC adalah komponen IC penghitung yang dapat difungsikan sebagai sumber data waktu baik berupa data jam, hari, bulan, maupun tahun.



Gambar 2.15 Modul RTC DS1307

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan selama 6 bulan, yaitu dari Maret 2025 hingga Agustus 2025. Pertama, persetujuan proposal sampai dengan metode penelitian. Penelitian dimulai dengan tinjauan pustaka, perancangan dan pembuatan alat. Penelitian ini dilakukan dilingkungan kampus Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Bulan																							
		Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Observasi	■																							
2.	Penyusunan Bab I			■																					
3.	Asistensi dan Bimbingan Bab I				■																				
4.	Pengajuan Judul					■																			
5.	Pergantian dan Pengajuan judul						■																		
6.	Penyusunan Bab II							■																	
7.	Asistensi dan Bimbingan Bab II								■																
8.	Perancangan desain alat									■															
9.	Penyusunan Bab III										■														
10.	Asistensi dan Bimbingan Bab III											■	■	■	■	■	■								
11.	Seminar Proposal																	■							
12.	Proses Pembuatan Alat																		■	■					
13.	Asistensi dan Bimbingan Alat																			■	■				
14.	Penyusunan Bab IV																				■	■			
15.	Asistensi dan Bimbingan Bab IV																					■	■	■	
16.	Perbaikan Alat																						■	■	■
17.	Pembuatan Program Alat																							■	■
18.	Asistensi dan Bimbingan Alat																								■
19.	Pembuatan Bab V																							■	■
20.	Seminar Hasil																								■

3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam memahami permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini, penulis melakukan kajian literatur secara mendalam guna mengidentifikasi teori-teori dan referensi yang relevan. Kajian literatur ini melibatkan analisis berbagai sumber, seperti jurnal ilmiah, buku, dan artikel yang berhubungan dengan topik penelitian. Studi literatur tidak hanya berfungsi sebagai dasar teori, tetapi juga sebagai alat untuk menemukan celah dalam penelitian yang ada dan memberikan konteks bagi penelitian yang sedang dilakukan. Oleh karena itu, pengumpulan data yang akurat dan relevan sangat penting untuk menjamin validitas dan reliabilitas hasil penelitian. Berikut ini adalah beberapa penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai referensi teori terkait permasalahan yang akan diselesaikan.

3.2.1 Bahan Perancangan

Adapun bahan pembuatan tugas akhir dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini:

Tabel 3.2 Bahan Perancangan

No.	Nama Bahan	Jumlah
1.	ESP32	1
2.	Raspberry Pi	1
3	RTC	1
4.	Fingerprint	1
5.	RFID Reader + Tag	1
6.	Webcam	1
7.	Adaptor 5V 5A	1
8.	Panel Box	1

3.2.2 Langkah Pengujian

Sistem yang dirancang harus di uji dan di implementasikan secara langsung yaitu pengujian dilakukan dilingkungan kampus Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan factor uji sebagai berikut:

1. Pengujian dilakukan dengan pendataan sampel wajah dan fingerprint
2. Proses pencocokan wajah tanpa menggunakan masker ataupun penutup kepala

3. Kecepatan pembacaan tergantung dari sinyal internet di lokasi uji
4. Tingkat akurasi dan presisi di pengaruhi oleh factor bias kamera seperti, lensa kamera, resolusi kamera, pencahayaan sekitar, kualitas photo dataset dan pemrosesan internal system
5. Pengujian menggunakan statitika linier

Penggunaan Confusion matrix berperan sebagai penentu dari tingkat akurasi dan kepresisian system. Dari irisan akurasi dan data uji coba, dapat diketahui nilai error system sebagaimana akan menjadi acuan terhadap pengembangan system lanjutan

Tabel 3.3 Rule Confusion Matrix

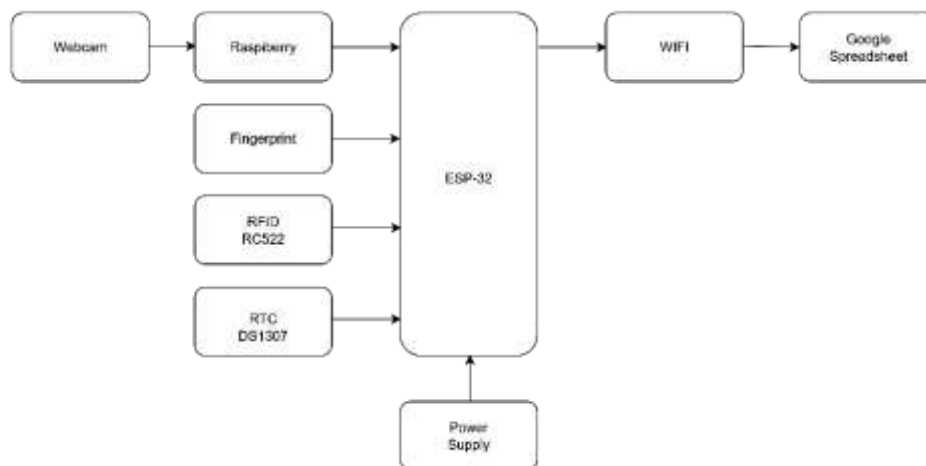
Wajah	Dikenali Sistem	Tidak Dikenali sistem
Wajah yang terdata	TRUE POSITIF	FALSE NEGATIF
Wajah yang tidak terdata	FALSE POSITIF	TRUE NEGATIF

Pada Confusion Matrix memiliki 4 rule yang menjadi acuan terhadap pengambilan data yaitu:

- TRUE POSITIF = Wajah dikenali dan terdata, ini nilai diharapkan
- TRUE NEGATIF = Wajah dikenali tapi tidak terdata, kondisi ini system mengenali wajah yang tidak terdata ataupun salah pengenalan
- FALSE POSITIF = Wajah tidak dikenali dan terdata, kondisi ini system tidak mengenali wajah, namun wajah terdata. Ini merupakan less akurasi jika nilai lebih tinggi
- FALSE NEGATIF = wajah tidak dikenali dan tidak terdata, ini merupakan kondisi yang diinginkan.

3.3 Langkah Perancangan

3.3.1 Diagram Blok Sistem



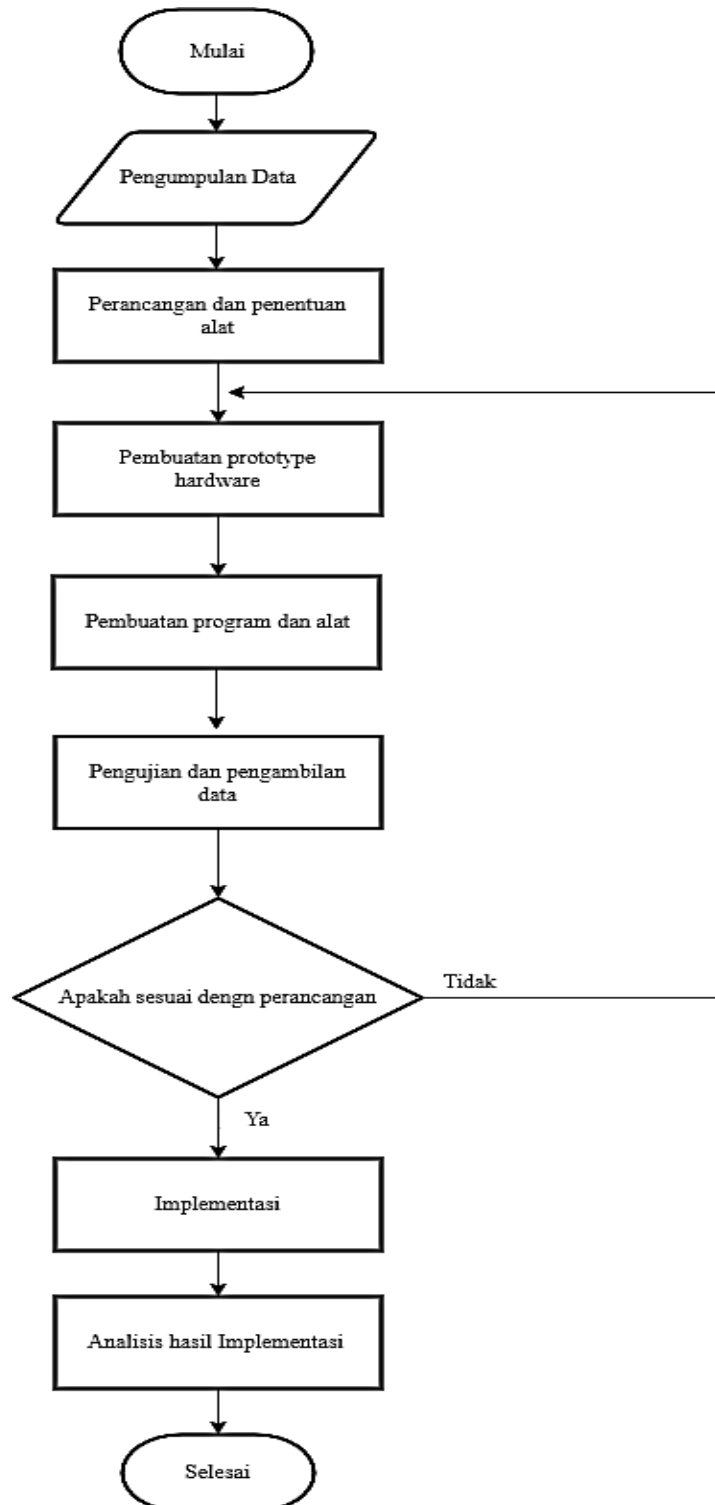
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Gambar 3.1 merupakan diagram blok sistem yang menjelaskan hubungan antara komponen satu dengan yang lainnya, Sistem absensi otomatis ini terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi. Kamera webcam digunakan untuk menangkap citra wajah pengguna, kemudian data gambar tersebut diproses oleh Raspberry untuk mendapatkan hasil pengenalan wajah yang lebih akurat sebelum dikirimkan ke ESP-32. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan sensor fingerprint yang berfungsi sebagai autentikasi biometrik guna memastikan identitas pengguna sesuai dengan data yang tersimpan, serta modul RFID RC522 yang digunakan untuk membaca kartu atau tag RFID sebagai metode verifikasi tambahan. Waktu kehadiran dicatat menggunakan modul RTC DS1307 sehingga data absensi memiliki informasi tanggal dan jam yang tepat.

Seluruh data dari perangkat input kemudian diolah oleh ESP-32 sebagai pusat pengendali sistem. Mikrokontroler ini tidak hanya mengintegrasikan semua komponen, tetapi juga mengirimkan data absensi melalui koneksi WiFi ke Google Spreadsheet, sehingga informasi kehadiran dapat tersimpan secara real-time dan dapat dipantau langsung oleh administrator. Agar sistem dapat berfungsi dengan baik, semua komponen mendapatkan daya dari power supply. Dengan integrasi ini, sistem absensi mampu bekerja secara otomatis, efisien, dan dapat diakses jarak jauh melalui penyimpanan berbasis Database.

3.3.2 Diagram Alir (Flowchart) Penelitian

Diagram alir penelitian adalah suatu diagram yang menjelaskan mengenai tahapan proses penelitian yang dilakukan. Pada penelitian ini, diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.



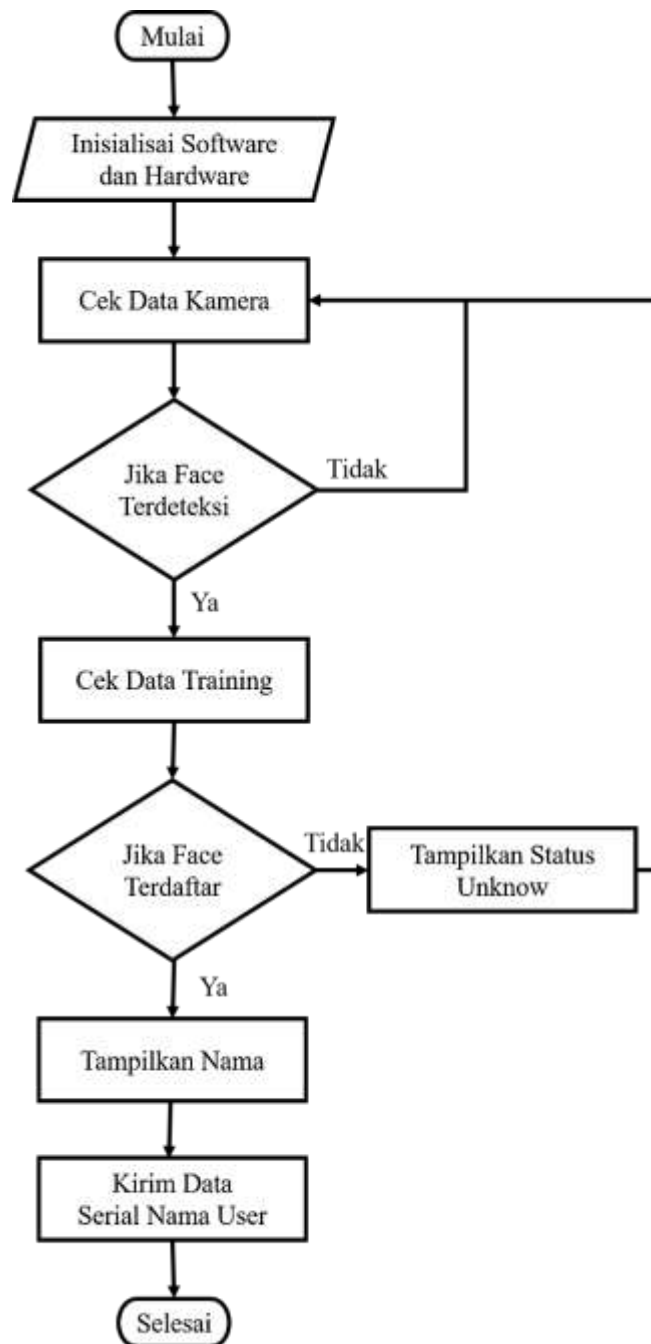
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 3.2 menjelaskan flowchart alur penelitian dan pengumpulan data yang dilakukan dari awal penulisan hingga akhir penelitian. Berikut penjelasan setiap tahapannya:

1. Mulai: Titik awal dari seluruh proses.
2. Pengumpulan Data: Mengumpulkan informasi dan data yang dibutuhkan untuk pengembangan alat, termasuk kebutuhan pengguna, studi literatur, dan data teknis.
3. Perancangan dan Penentuan Alat: Merancang sistem atau alat yang akan dibuat, termasuk memilih komponen hardware dan software yang diperlukan.
4. Pembuatan Prototype Hardware: Membuat versi awal (prototype) dari alat yang dirancang untuk diuji.
5. Pembuatan Program dan Alat: Mengembangkan perangkat lunak (program) dan mengintegrasikannya dengan hardware.
6. Pengujian dan Pengambilan Data: Melakukan uji coba alat dan mengumpulkan data dari hasil pengujian untuk evaluasi.
7. Apakah Sesuai dengan Perancangan?
 - a. Ya: Jika alat berfungsi sesuai perancangan, lanjut ke implementasi.
 - b. Tidak: Kembali ke tahap Perancangan dan Penentuan Alat untuk revisi.
8. Implementasi: Menerapkan alat atau sistem dalam lingkungan sebenarnya (real environment).
9. Analisis Hasil Implementasi: Mengevaluasi kinerja alat setelah diimplementasikan untuk melihat apakah sesuai tujuan.
10. Selesai: Proses selesai setelah alat berhasil diimplementasikan dan dianalisis.

3.3.3 Diagram Alir (Flowchart) System

3.3.3.1 Flowchart Raspberry



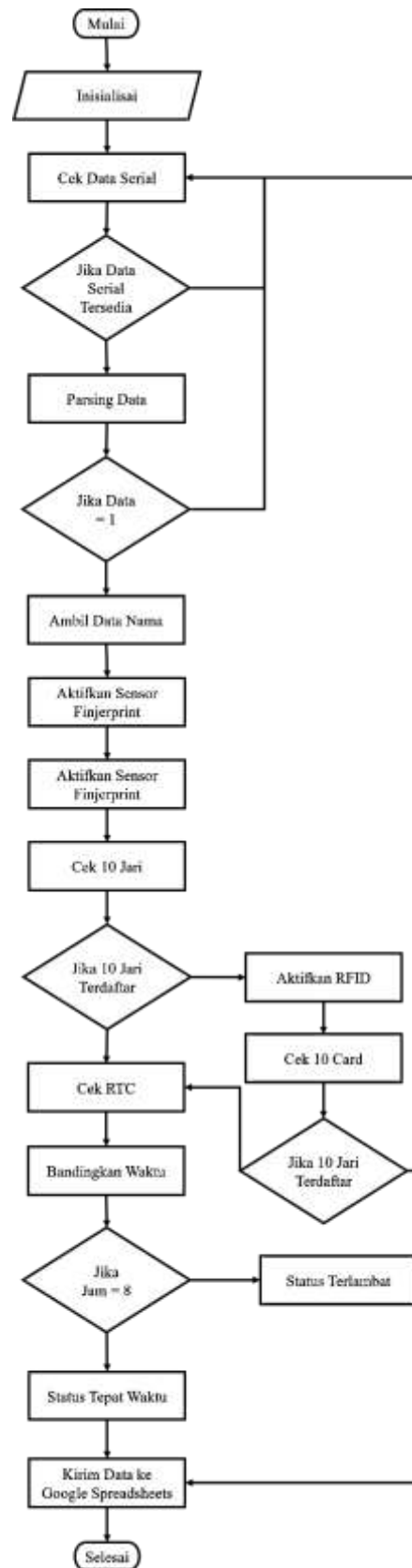
Gambar 3.3 Flowchart Raspberry

Pada gambar 3.3 menjelaskan flowchart penggunaan system raspberry secara keseluruhan dengan alur awal hingga akhir dalam satu siklus, yang dalam artinya menjelaskan segala probabilitas kemungkinan alur kerja system dari skenario awal hingga skenario akhir tanpa perulangan.

Penjelasan diagram flowchart:

1. Mulai: Proses sistem dimulai untuk menjalankan seluruh rangkaian program.
2. Inisialisasi Software dan Hardware: Sistem melakukan persiapan awal dengan mengaktifkan perangkat keras (kamera, mikrokontroler, modul komunikasi, dll.) dan perangkat lunak pendukung.
3. Cek Data Kamera: Kamera digunakan untuk menangkap gambar wajah yang ada di depan perangkat.
4. Jika Face Terdeteksi: Sistem memeriksa apakah wajah berhasil terdeteksi.
 - Jika tidak terdeteksi, maka sistem kembali mengecek data kamera.
 - Jika terdeteksi, maka lanjut ke proses berikutnya.
5. Cek Data Training: Wajah yang terdeteksi dibandingkan dengan database wajah yang sudah disimpan (data training).
6. Jika Face Terdaftar: Sistem mengecek apakah wajah tersebut sesuai dengan data yang ada di database.
 - Jika tidak terdaftar, maka sistem menampilkan status “Unknown”.
 - Jika terdaftar, maka lanjut ke langkah berikutnya.
7. Tampilkan Nama: Nama dari pengguna yang sesuai dengan data wajah ditampilkan di layar atau sistem.
8. Kirim Data Serial Nama User: Data identitas (nama pengguna) dikirim melalui komunikasi serial ke perangkat lain, misalnya untuk keperluan absensi atau akses kontrol.
9. Selesai: Proses berakhir dan sistem siap diulang untuk pendeteksian wajah berikutnya.

3.3.3.2 Flowchart ESP32



Gambar 3.4 Flowchart ESP32

Pada gambar 3.4 menjelaskan flowchart penggunaan system ESP 32 secara keseluruhan dengan alur awal hingga akhir dalam satu siklus, yang dalam artinya menjelaskan segala probabilitas kemungkinan alur kerja system dari skenario awal hingga skenario akhir tanpa perulangan.

Penjelasan diagram flowchart:

1. Mulai: Sistem absensi dijalankan.
2. Inisialisasi: Perangkat keras dan perangkat lunak diaktifkan, seperti modul fingerprint, RFID, RTC, serta komunikasi serial.
3. Cek Data Serial: Sistem memeriksa apakah ada data masuk melalui komunikasi serial.
4. Jika Data Serial Tersedia:
 - Jika tidak ada data, maka kembali ke pengecekan data serial.
 - Jika ada data, sistem melakukan parsing.
5. Parsing Data: Data yang diterima melalui serial diproses untuk mengetahui perintah yang dikirim.
6. Jika Data = 1
 - Jika data bernilai 1, maka sistem mengambil data nama pengguna dan mengaktifkan sensor fingerprint.
 - Jika data bukan 1, maka sistem beralih ke proses RFID (aktivasi RFID → cek ID card → cek apakah kartu terdaftar).
7. Ambil Data Nama: Identitas pengguna disiapkan dari database atau input yang sesuai.
8. Aktifkan Sensor Fingerprint: Sensor fingerprint dinyalakan untuk membaca sidik jari pengguna.
9. Cek Jari: Sistem mengecek apakah sidik jari yang ditempelkan sesuai dengan data yang sudah tersimpan.
10. Jika Jari Terdaftar:
 - Jika terdaftar, maka lanjut ke proses pengecekan waktu (RTC).
 - Jika tidak terdaftar, maka absensi dianggap gagal.
11. Cek RTC (Real Time Clock): Sistem membaca jam dari modul RTC untuk mengetahui waktu absensi.

12. Bandingkan Waktu: Waktu hasil absensi dibandingkan dengan jam absensi yang telah ditentukan (misalnya jam masuk = 08:00).
13. Jika Jam = 8
 - Jika absensi dilakukan tepat waktu ($\text{jam} \leq 8:00$), maka status pengguna = Tepat Waktu.
 - Jika absensi dilakukan setelah jam 8:00, maka status pengguna = Terlambat.
14. Status Tepat Waktu / Status Terlambat: Sistem memberikan status sesuai dengan hasil perbandingan waktu.
15. Kirim Data ke Google Spreadsheets: Data absensi (nama pengguna, waktu absensi, dan status) dikirim ke Google Spreadsheet untuk disimpan secara online.
16. Selesai: Proses absensi berakhir. Sistem kembali siap menerima data absensi berikutnya.

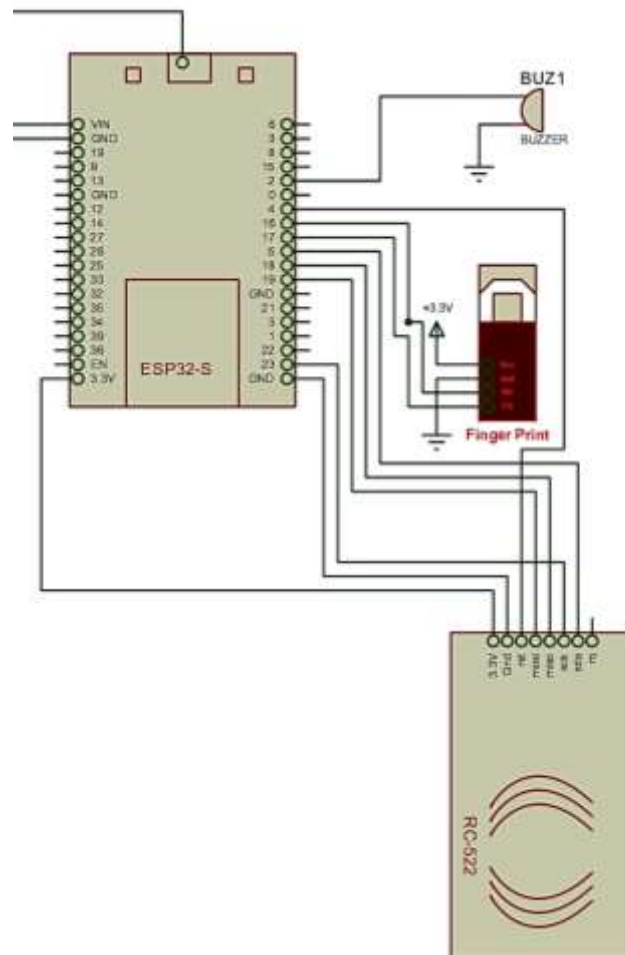
3.3.4 Perancangan Rangkaian Alat

3.3.4.1 Rangkaian RFID Reader

Wiring diagram RFID RC522 dengan ESP32 dalam sistem absensi umumnya menggunakan komunikasi SPI (Serial Peripheral Interface). Modul RC522 memiliki beberapa pin utama, yaitu SDA (SS), SCK, MOSI, MISO, IRQ, GND, RST, dan 3.3V. ESP32 sebagai mikrokontroler menyediakan pin SPI yang fleksibel, namun biasanya digunakan pin default agar lebih stabil. Contohnya, RC522 SDA (SS/CS) → ESP32 GPIO 21, RC522 SCK (Clock) → ESP32 GPIO 18, RC522 MOSI → ESP32 GPIO 23, RC522 MISO → ESP32 GPIO 19, RC522 RST (Reset) → ESP32 GPIO 22, RC522 3.3V (VCC) → ESP32 3.3V, RC522 GND → ESP32 GND. Perlu diperhatikan bahwa modul RC522 bekerja pada tegangan 3.3V, sehingga tidak boleh dihubungkan langsung ke 5V agar tidak merusak modul.

Dalam konteks sistem absensi, wiring diagram ini memungkinkan modul RC522 membaca UID (Unique Identifier) dari kartu atau tag RFID ketika ditempelkan. Data UID kemudian dikirim ke ESP32 untuk diproses lebih lanjut, seperti pencocokan dengan database absensi atau pengiriman data ke server

melalui WiFi. Dengan wiring yang benar, sistem dapat bekerja secara real-time untuk mendeteksi kehadiran siswa atau karyawan, sehingga integrasi antara hardware (ESP32 + RC522) dan software (database atau aplikasi absensi) berjalan optimal. Berikut wiring diagram ESP32 dengan RFID:



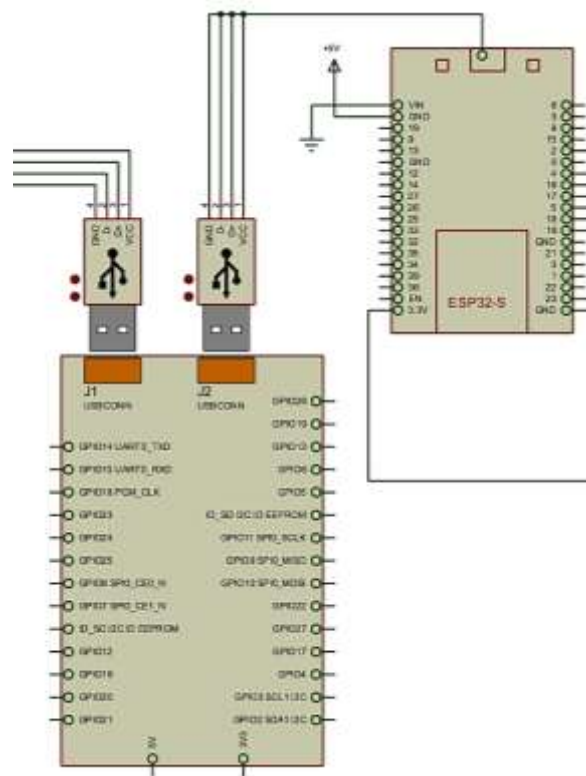
Gambar 3.5 Wiring Diagram RFID

3.3.4.2 Rangkaian Raspeberry Pi

Wiring diagram Raspberry Pi dengan ESP32 pada sistem absensi yang terhubung secara serial (UART) cukup sederhana namun sangat penting untuk komunikasi data. Pada dasarnya, hanya dibutuhkan empat jalur utama: 5V (dari Raspberry Pi) → VIN ESP32, GND Raspberry Pi → GND ESP32, GPIO14 (TXD Raspberry Pi) → RX ESP32, (GPIO3 atau pin RX0) GPIO15 (RXD Raspberry Pi) → TX ESP32 (GPIO1 atau pin TX0). ESP32 bekerja pada level logika 3.3V, sama seperti Raspberry Pi, sehingga tidak diperlukan level shifter tambahan.

Selain itu, koneksi VCC ESP32 (3.3V atau 5V sesuai board) ke pin 3.3V/5V Raspberry Pi dapat digunakan jika ESP32 ingin diberi daya langsung dari Pi, meskipun lebih disarankan memakai sumber daya terpisah untuk stabilitas.

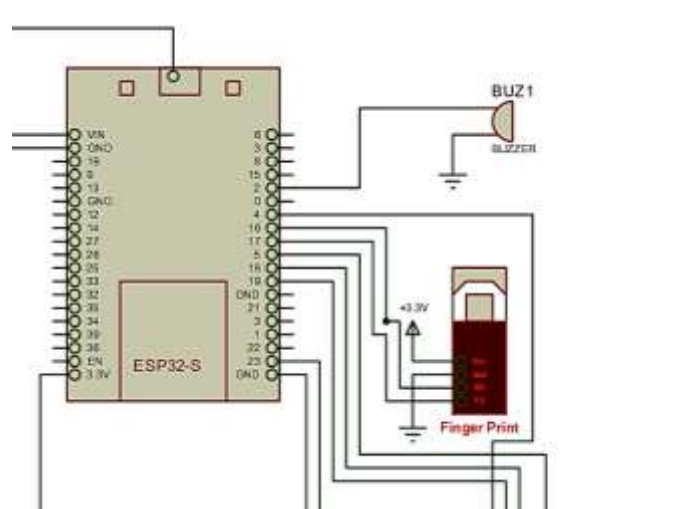
Dalam sistem absensi, Raspberry Pi berfungsi sebagai server mini atau pengolah data utama, sedangkan ESP32 menangani interaksi langsung dengan perangkat keras seperti RFID RC522 atau sensor lainnya. Komunikasi serial memungkinkan ESP32 mengirim data UID kartu RFID yang terbaca ke Raspberry Pi secara real-time. Raspberry Pi kemudian memproses data tersebut, mencocokkannya dengan database absensi lokal atau cloud, serta menampilkan status kehadiran. Dengan wiring yang tepat, sistem ini menjadi efisien karena Raspberry Pi fokus pada pemrosesan data dan antarmuka aplikasi, sementara ESP32 fokus pada akuisisi data dari sensor. Berikut wiring diagram Raspberry pi dengan ESP32:



Gambar 3 6 Wiring diagram Raspberry Pi

3.3.4.3 Rangkaian Fingerprint

ESP32 terhubung dengan modul fingerprint melalui komunikasi UART. Pin VCC pada fingerprint dihubungkan ke 3.3V ESP32 sebagai sumber daya, sedangkan GND fingerprint dihubungkan ke GND ESP32 agar memiliki referensi tegangan yang sama. Untuk jalur datanya, pin TX fingerprint dihubungkan ke pin RX ESP32 (GPIO16), dan pin RX fingerprint dihubungkan ke pin TX ESP32 (GPIO17). Dengan sambungan ini, ESP32 dapat mengirim perintah ke sensor fingerprint serta menerima data hasil pemindaian sidik jari untuk proses verifikasi atau pendaftaran sidik jari baru.

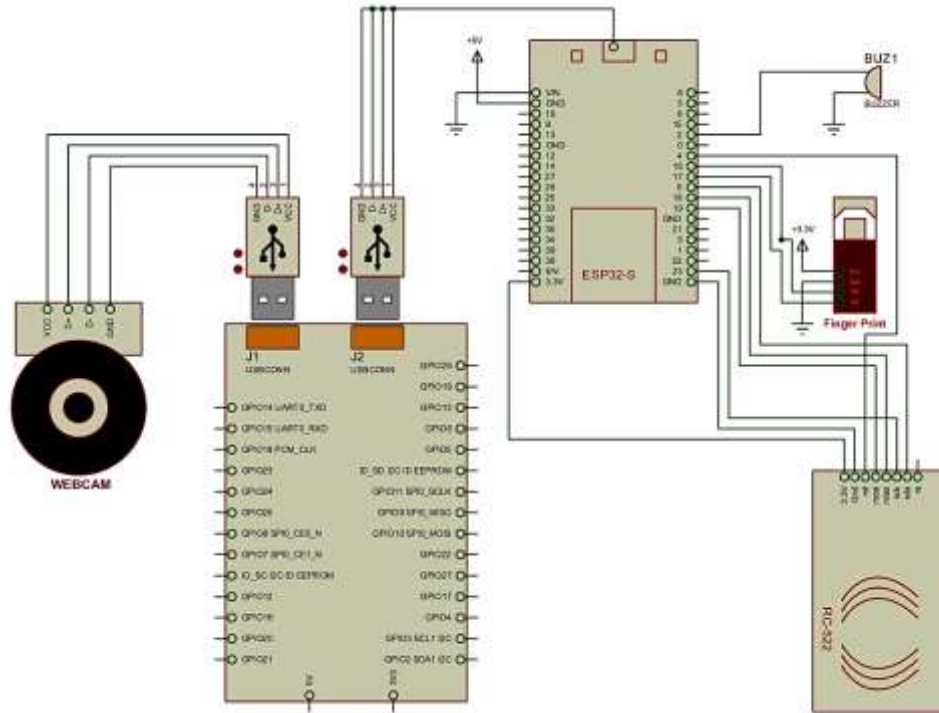


Gambar 3. 7 Wiring Diagram Fingerprint

3.3.4.4 Rangkaian Keseluruhan

Rangkaian dibawah ini menunjukkan sistem yang menghubungkan Raspberry Pi, modul ESP32, sensor fingerprint, modul RFID RC522, webcam, serta buzzer sebagai indikator. Raspberry Pi berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan menerima input gambar dari webcam melalui koneksi USB. ESP32 mendapatkan suplai daya dari Raspberry Pi dan berperan untuk mengendalikan perangkat biometrik serta modul RFID. Sensor fingerprint dihubungkan ke ESP32 menggunakan komunikasi UART, di mana pin TX sensor dihubungkan ke RX ESP32 dan pin RX sensor ke TX ESP32, sedangkan pin VCC terhubung ke 3.3V dan GND ke ground. Modul RFID RC522 dihubungkan dengan ESP32 melalui komunikasi SPI dengan jalur SDA, SCK, MOSI, MISO, RST, serta sambungan daya 3.3V dan ground. Selain itu, buzzer juga terhubung ke salah satu pin GPIO

ESP32 untuk memberikan notifikasi suara ketika proses verifikasi berhasil atau gagal. Dengan rangkaian ini, sistem dapat membaca sidik jari dan kartu RFID, lalu memproses hasil verifikasi melalui ESP32, menampilkan data ke Raspberry Pi, dan memberikan respon berupa bunyi buzzer sebagai indikator akses. Pengkoneksian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.8 Rangkaian Sistem Keseluruhan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Program

Perancangan program dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak Visual Studio Code serta Arduino IDE sebagai lingkungan pengembangan. Adapun rancangan program yang dihasilkan ditunjukkan sebagai berikut:

4.1.1 Program secara Keseluruhan

4.1.1.1 Codingan Raspberry Pi

```
// found a match!
Serial.print("Found ID #"); Serial.print(finger.fingerID);
no_jari = finger.fingerID;
Serial.print(" with confidence of "); Serial.println(finger.confidence);
aa = finger.confidence;
akurasi = aa.toInt();
return finger.fingerID;
}

// returns -1 if failed, otherwise returns ID #
int getFingerprintIDez() {
    uint8_t p = finger.getImage();
    if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
    p = finger.image2Tz();
    if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
    p = finger.fingerFastSearch();
    if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
    // found a match!
    Serial.print("ID yang ditemukan #"); Serial.print(finger.fingerID);
    Serial.print(" dengan ketepatan "); Serial.println(finger.confidence);
    return finger.fingerID;
}

void _cekRC522(){
    for (uint8_t reader = 0; reader < NR_OF_READERS; reader++) {
```

```

        if (mfrc522[reader].PICC_IsNewCardPresent() &&
mfrc522[reader].PICC_ReadCardSerial()) {
            dump_byte_array(mfrc522[reader].uid.uidByte, mfrc522[reader].uid.size);
            MFRC522::PICC_Type                piccType                =
mfrc522[reader].PICC_GetType(mfrc522[reader].uid.sak);
            mfrc522[reader].PICC_HaltA();
            mfrc522[reader].PCD_StopCrypto1();
            Serial.println("ID = " + data);
            Serial.println("");
        }
    }
}

void dump_byte_array(byte *buffer, byte bufferSize) {
    data = "";
    for (byte i = 0; i < bufferSize; i++) {
        int a = buffer[i];
        data = data + String(a);
    }
}

void bacaRTC(){
    //tampilkan hari
    DateTime now = rtc.now();
    hari = daysOfTheWeek[now.dayOfTheWeek()];
    tgl = now.day(), DEC;
    bln = now.month(), DEC;
    thn = now.year(), DEC;
    jam = now.hour(), DEC;
    dataJam = jam.toInt();
    menit = now.minute(), DEC;
    dataMenit = menit.toInt();
    detik = now.second(), DEC;
    dataDetik = detik.toInt();
}

```

```

}
import face_recognition
import cv2
import numpy as np
import serial
import time
ser = serial.Serial('/dev/ttyACM0',9600)
time.sleep(5)
# arduino = serial.Serial('COM6', 9600)
# This is a demo of running face recognition on live video from your webcam.

```

It's a little more complicated than the

other example, but it includes some basic performance tweaks to make things run a lot faster:

1. Process each video frame at 1/4 resolution (though still display it at full resolution)

2. Only detect faces in every other frame of video.

PLEASE NOTE: This example requires OpenCV (the cv2 library) to be installed only to read from your webcam.

OpenCV is not required to use the face_recognition library. It's only required if you want to run this

specific demo. If you have trouble installing it, try any of the other demos that don't require it instead.

Get a reference to webcam #0 (the default one)

```
video_capture = cv2.VideoCapture(0)
```

Load a sample picture and learn how to recognize it.

```
user_1_image = face_recognition.load_image_file("user1.jpeg")
```

```
user_1_face_encoding = face_recognition.face_encodings(user_1_image)[0]
```

Load a second sample picture and learn how to recognize it.

```
user_2_image = face_recognition.load_image_file("user2.jpeg")
```

```
user_2_face_encoding = face_recognition.face_encodings(user_2_image)[0]
```

```
user_3_image = face_recognition.load_image_file("user3.jpeg")
```

```
user_3_face_encoding = face_recognition.face_encodings(user_3_image)[0]
```



```

user_4_image = face_recognition.load_image_file("user4.jpg")
user_4_face_encoding = face_recognition.face_encodings(user_4_image)[0]
# Create arrays of known face encodings and their names
known_face_encodings = [
    user_1_face_encoding,
    user_2_face_encoding,
    user_3_face_encoding,
    user_4_face_encoding,
]
known_face_names = ["User 1", "User 2", "User 3", "User 4"]
# Initialize some variables
face_locations = []
face_encodings = []
face_names = []
process_this_frame = True
while True:
    # Grab a single frame of video
    ret, frame = video_capture.read()
    # Resize frame of video to 1/4 size for faster face recognition processing
    small_frame = cv2.resize(frame, (0, 0), fx=0.25, fy=0.25)
    # Convert the image from BGR color (which OpenCV uses) to RGB color
    (which face_recognition uses)
    rgb_small_frame = small_frame[:, :, ::-1]
    # Only process every other frame of video to save time
    if process_this_frame:
        # Find all the faces and face encodings in the current frame of video
        face_locations = face_recognition.face_locations(rgb_small_frame)
        face_encodings = face_recognition.face_encodings(
            rgb_small_frame, face_locations
        )
        face_names = []
        for face_encoding in face_encodings:

```

```

# Find all the faces and face encodings in the current frame of video
face_locations = face_recognition.face_locations(rgb_small_frame)
matches = face_recognition.compare_faces(
    known_face_encodings, face_encoding, tolerance=0.45
)
name = "Unknown"
# # If a match was found in known_face_encodings, just use the first
one.

# if True in matches:
# first_match_index = matches.index(True)
# name = known_face_names[first_match_index]
# Or instead, use the known face with the smallest distance to the new
face

face_distances = face_recognition.face_distance(
    known_face_encodings, face_encoding
)
best_match_index = np.argmin(face_distances)
if matches[best_match_index]:
    name = known_face_names[best_match_index]
    print(best_match_index)
if name=='User 1':
    ser.write(b'@User1@')
    print("User 1")
if name=='User 2':
    ser.write(b'@User2@')
    print("User 2")
if name=='User 3':
    ser.write(b'@User3@')
    print("User 3")
if name=='User 4':
    ser.write(b'@User4@')
    print("User 4")

```

```

        face_names.append(name)
    process_this_frame = not process_this_frame

    # Display the results
    for (top, right, bottom, left), name in zip(face_locations, face_names):
        # Scale back up face locations since the frame we detected in was scaled
        # to 1/4 size
        top *= 4
        right *= 4
        bottom *= 4
        left *= 4

        # Draw a box around the face
        cv2.rectangle(frame, (left, top), (right, bottom), (0, 0, 255), 2)

        # Draw a label with a name below the face
        cv2.rectangle(
            frame, (left, bottom - 35), (right, bottom), (0, 0, 255), cv2.FILLED
        )
        font = cv2.FONT_HERSHEY_DUPLEX
        cv2.putText(frame, name, (left + 6, bottom - 6), font, 1.0, (255, 255,
255), 1)

    # Display the resulting image
    cv2.imshow("Video", frame)

    # Hit 'q' on the keyboard to quit!
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord("q"):
        break

    # Release handle to the webcam
    video_capture.release()
cv2.destroyAllWindows()

```

4.1.1.2 Codingan Esp32

```
#include "RTCLib.h"
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Fingerprint.h>
#include <SPI.h>
#include <GSheet32.h>

GSheet32                                Sheet("AKfycbxXBZ-
KgKiVRFoslM8tMJ3fmBwJ_yNDJfyBju2ofVwVgQdWPEkqkwaewiYHXwOd
7NV");

RTC_DS1307 rtc;
const char* ssid = "SIGIN ELECTRICAL";
const char* password = "tobakaro91";
#include <MFRC522.h>
#define SS_PIN 5 // ESP32 pin GIOP5
#define RST_PIN 4 // ESP32 pin GIOP27
#define NR_OF_READERS 2
byte ssPins[] = {SS_PIN};
MFRC522 mfrc522[NR_OF_READERS];
Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&Serial2);
int dataJam;
int dataMenit;
int dataDetik;
char daysOfTheWeek[7][12] = {"Sun", "Mon", "Tues", "Wed", "Thu", "Fri",
"Sat"};

String hari;
String tgl;
String bln;
String thn;
String jam;
String menit;
String detik;
String data ="0";
```

```

String ID1 = "113198239123";
String ID2 = "358514740";
String ID3 = "9412585153";
String ID4 = "9412570172";
String no_jari;
String aa;
int akurasi;
String in;
String myString;
char A;
byte Index1, Index2, Index3, Index4, Index5, Index6, Index7, Index8, Index9;
String kode, nama, Status= "Hadir", waktu = "Tepat%20waktu";
#define buzzer 2
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    Sheet.connectWiFi(ssid, password);
    if (! rtc.begin()) {
        Serial.println("Couldn't find RTC");
        while (1);
    }
    //rtc.adjust(DateTime(2025, 5, 1, 12, 6, 50));
    SPI.begin(); // init SPI bus
    for (uint8_t reader = 0; reader < NR_OF_READERS; reader++) {
        mfr522[reader].PCD_Init(ssPins[reader], RST_PIN); // Init each
MFRC522 card
        Serial.print(F("Reader "));
        Serial.print(reader);
        Serial.print(F(": "));
        mfr522[reader].PCD_DumpVersionToSerial();
    }
    finger.begin(57600);
    if (finger.verifyPassword()) {

```

```

    Serial.println("Sensor Terdeteksi!");
  } else {
    Serial.println("Sensor Tidak Terdeteksi :(");
    while (1) { delay(1); }
  }
  finger.getTemplateCount();
  Serial.print("Terdapat "); Serial.print(finger.templateCount); Serial.println("
data sidik jari yang terdaftar");
  Serial.println("Tempatkan Jari Anda...");
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
}

void loop() {
  bacaRTC();
  Read();
  if(kode == "1"){
    _baca_finger();
    _cekRC522();

    //=====KARYAWAN
1=====

    if(nama == "NANA" && no_jari == "1"){
      if(akurasi >=70){
        if(dataJam == 8 && dataMenit <1){
          waktu = "Tepat%20waktu";
        }
        else{
          waktu = "Terlambat";
        }
        Serial.println("BERHASIL");
        kode="";
        no_jari="";
        akurasi=0;
        digitalWrite(buzzer, HIGH);

```

```

        delay(500);
        digitalWrite(buzzer, LOW);
        Sheet.sendData(nama, Status, waktu);
    }
}
else if(nama == "NANA" && data==ID1){
    if(dataJam == 8 && dataMenit <1){
        waktu = "Tepat%20waktu";
    }
    else{
        waktu = "Terlambat";
    }

    Serial.println("BERHASIL");
    kode="";
    data="";
    digitalWrite(buzzer, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(buzzer, LOW);
    Sheet.sendData(nama, Status, waktu);
}
}

}

void Read() {
    while (Serial.available() > 0)
    {
        delay(10);
        A = Serial.read();
        myString += A;
    }
}

```

```

if (myString.length() > 0)
{
    Index1 = myString.indexOf('|');
    Index2 = myString.indexOf('|', Index1 + 1);
    Index3 = myString.indexOf('|', Index2 + 1);
    Index4 = myString.indexOf('|', Index3 + 1);
    kode = myString.substring(Index1 + 1, Index2);
    nama = myString.substring(Index2 + 1, Index3);
    if(kode == "1"){
        digitalWrite(buzzer, HIGH);
        delay(100);
        digitalWrite(buzzer, LOW);
        delay(100);
        digitalWrite(buzzer, HIGH);
        delay(100);
        digitalWrite(buzzer, LOW);
    }
    Serial.println(kode);
    Serial.println(nama);
    myString = "";
}
}

uint8_t _baca_finger() {
    uint8_t p = finger.getImage();
    switch (p) {
        case FINGERPRINT_OK:
            Serial.println("Image taken");
            break;
        case FINGERPRINT_NOFINGER:
            Serial.println("No finger detected");
            return p;
        case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:

```



```

    Serial.println("Communication error");
    return p;
case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
    Serial.println("Imaging error");
    return p;
default:
    Serial.println("Unknown error");
    return p;
}
// OK success!
p = finger.image2Tz();
switch (p) {
case FINGERPRINT_OK:
    Serial.println("Image converted");
    break;
case FINGERPRINT_IMAGEMESS:
    Serial.println("Image too messy");
    return p;
case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
    Serial.println("Communication error");
    return p;
case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
    Serial.println("Could not find fingerprint features");
    return p;
case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
    Serial.println("Could not find fingerprint features");
    return p;
default:
    Serial.println("Unknown error");
    return p;
}
// OK converted!

```



```

    digitalWrite(buzzer, LOW);
    delay(100);
    return p;
} else {
    Serial.println("Unknown error");
    return p;
}

```

4.1.2 Program Deklarasi Variable dan Library

4.1.2.1 Deklarasi Variabel Raspberry Pi

```

ser = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)
time.sleep(5)
video_capture = cv2.VideoCapture(0)
user_1_image = face_recognition.load_image_file("user1.jpeg")
user_1_face_encoding = face_recognition.face_encodings(user_1_image)[0]
user_2_image = face_recognition.load_image_file("user2.jpeg")
user_2_face_encoding = face_recognition.face_encodings(user_2_image)[0]
user_3_image = face_recognition.load_image_file("user3.jpeg")
user_3_face_encoding = face_recognition.face_encodings(user_3_image)[0]
user_4_image = face_recognition.load_image_file("user4.jpg")
user_4_face_encoding = face_recognition.face_encodings(user_4_image)[0]
known_face_encodings = [
    user_1_face_encoding,
    user_2_face_encoding,
    user_3_face_encoding,
    user_4_face_encoding,
]
known_face_names = ["User 1", "User 2", "User 3", "User 4"]
face_locations = []
face_encodings = []
face_names = []
process_this_frame = True

```

4.1.2.2 Deklarasi Library Raspberry Pi

```
import face_recognition
import cv2
import numpy as np
import serial
import time
```

4.1.2.3 Deklarasi Variable Esp32

```
// Objek Google Sheet
GSheet32                                Sheet("AKfycbxXBZ-
KgKiVRFosltM8tMJ3fmBwJ_yNDJfyBju2ofVwVgQdWPEkqkwaewiYHXwOd
7NV");

// Objek RTC
RTC_DS1307 rtc;

// Konfigurasi WiFi
const char* ssid = "SIGIN ELECTRICAL";
const char* password = "tobakaro91";

// RFID
#define SS_PIN 5 // ESP32 pin GIOP5
#define RST_PIN 4 // ESP32 pin GIOP27
#define NR_OF_READERS 2
byte ssPins[] = {SS_PIN};
MFRC522 mfrc522[NR_OF_READERS]; // Array reader RFID

// Fingerprint
Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&Serial2);

// Variabel RTC (waktu dan tanggal)
int dataJam;
```

```

int dataMenit;
int dataDetik;
char daysOfTheWeek[7][12] = {"Sun", "Mon", "Tues", "Wed", "Thu", "Fri",
"Sat"};
String hari, tgl, bln, thn, jam, menit, detik;

// Data RFID dan Fingerprint
String data ="0";
String ID1 = "113198239123";
String ID2 = "358514740";
String ID3 = "9412585153";
String ID4 = "9412570172";
String no_jari;
String aa;
int akurasi;

// Variabel komunikasi serial dengan Python
String in;
String myString;
char A;

// Index parsing data
byte Index1, Index2, Index3, Index4, Index5, Index6, Index7, Index8, Index9;

// Variabel identitas user
String kode, nama, Status= "Hadir", waktu = "Tepat%20waktu";

// Pin Buzzer
#define buzzer 2

```

4.1.2.4 Deklarasi Library Esp32

```
#include "RTCLib.h"           // Library RTC DS1307
#include <Wire.h>              // Library komunikasi I2C
#include <Adafruit_Fingerprint.h> // Library sensor fingerprint
#include <SPI.h>               // Library komunikasi SPI (untuk RFID)
#include <GSheet32.h>          // Library untuk koneksi Google Spreadsheet
#include <MFRC522.h>           // Library RFID MFRC522
```

4.2 Hasil Perancangan Alat

Perancangan sistem absensi otomatis ini menggunakan sejumlah komponen utama, yaitu Raspberry Pi, ESP32, LCD, Webcam, sensor Fingerprint, modul RFID, RTC, serta buzzer. Mekanisme absensi dilakukan secara berlapis untuk meningkatkan akurasi dan keamanan. Proses diawali dengan pengenalan wajah melalui Webcam yang diproses oleh Raspberry Pi. Jika wajah berhasil dikenali, sistem memberikan sinyal pada buzzer sebagai tanda awal. Selanjutnya, pengguna diminta melakukan autentikasi sidik jari melalui sensor Fingerprint. Apabila sidik jari tidak terdeteksi, sistem menyediakan alternatif berupa pemindaian kartu RFID. Setiap metode autentikasi yang berhasil akan kembali memicu buzzer dengan bunyi panjang sebagai notifikasi bahwa absensi berhasil.

RTC berperan penting dalam menjaga ketepatan waktu proses absensi secara berkala. Data hasil autentikasi kemudian dikirim dan tersimpan secara otomatis ke Google Spreadsheet sebagai basis data cloud. Pemanfaatan Google Spreadsheet dipilih karena memiliki integrasi yang mudah, aksesibilitas tinggi, serta sinkronisasi data real-time melalui jaringan internet. Dengan rancangan ini, proses absensi tidak hanya menjadi lebih cepat, praktis, dan aman, tetapi juga memudahkan administrator untuk memantau kehadiran dari jarak jauh sekaligus membuka peluang pengembangan sistem ke depan, seperti analisis data maupun deteksi anomali untuk meningkatkan keamanan.



Gambar 4.1 Hasil Perancangan Alat

Gambar 4.1 memperlihatkan hasil perancangan fisik perangkat absensi otomatis yang telah dibuat. Pada bagian atas perangkat dipasang modul Webcam sebagai komponen utama untuk proses pengenalan wajah yang kemudian diproses oleh Raspberry Pi. Di bagian tengah terdapat layar LCD yang berfungsi menampilkan informasi status absensi, sementara di bawahnya terpasang sensor Fingerprint sebagai media autentikasi sidik jari. Modul RFID ditempatkan di bagian paling bawah sebagai alternatif validasi apabila proses autentikasi sidik jari tidak berhasil.

Selain itu, perangkat ini juga dilengkapi dengan modul RTC yang menjaga ketepatan waktu absensi serta buzzer yang memberikan notifikasi berupa bunyi pendek maupun panjang sebagai tanda keberhasilan proses autentikasi. Seluruh data hasil absensi kemudian dikirimkan secara otomatis dan tersimpan pada Google Spreadsheet sehingga dapat dipantau secara real-time. Penempatan komponen pada perangkat ini dirancang secara ergonomis agar pengguna dapat melakukan proses absensi dengan mudah, cepat, dan berurutan sesuai tahapan autentikasi.

4.3 Hasil Pengukuran Komponen

4.3.1 Pengukuran Tegangan pada Fingerprint

Pengukuran tegangan pada sensor fingerprint dilakukan untuk mengetahui kestabilan suplai daya yang digunakan serta memastikan sensor dapat beroperasi dengan baik. Proses pengukuran ini juga memberikan gambaran mengenai kinerja sensor saat menerima dan mengolah input. Hasil dari pengukuran tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.2, yang memperlihatkan kondisi tegangan pada sensor fingerprint.



Gambar 4.2 Tegangan pada Fingerprint

Pada Gambar 4.2 ditunjukkan proses pengukuran tegangan pada modul fingerprint menggunakan multimeter digital. Hasil pengukuran menunjukkan nilai sebesar 3,351 Volt, yang berarti sensor fingerprint memperoleh suplai daya pada kisaran 3,3 Volt. Tegangan ini dinyatakan aman serta sesuai dengan spesifikasi kerja modul, karena masih berada dalam rentang tegangan operasional yang diperbolehkan. Dengan demikian, dapat dipastikan bahwa modul fingerprint berfungsi dengan baik pada tegangan kerja yang sesuai.

4.3.2 Pengukuran Tegangan pada RFID

Pengukuran pada modul RFID dilakukan untuk memastikan tegangan yang diterima sesuai dengan kebutuhan operasional sensor. Hal ini penting agar modul dapat bekerja stabil dan mampu membaca data dengan baik. Hasil pengukuran tegangan pada modul RFID ditunjukkan pada Gambar 4.3, yang memperlihatkan kondisi tegangan saat pengujian dilakukan.



Gambar 4.3 Tegangan pada RFID

Pada Gambar 4.3 ditunjukkan hasil pengukuran tegangan pada modul RFID RC522 yang memperoleh suplai daya sebesar 3,353 Volt. Nilai ini sesuai dengan kebutuhan kerja modul yang dirancang untuk beroperasi pada tegangan sekitar 3,3 Volt, dengan rentang normal antara 2,5 Volt hingga 3,3 Volt. Apabila modul diberi tegangan yang lebih tinggi, seperti 5 Volt, maka komponen berisiko mengalami panas berlebih dan kerusakan. Dengan demikian, hasil pengukuran sebesar 3,353 Volt dapat dikategorikan normal, aman, dan sesuai dengan spesifikasi kerja modul RFID RC522.

4.3.3 Pengukuran Tegangan pada RTC

Pengukuran tegangan pada modul RTC dilakukan untuk memastikan bahwa suplai daya yang diberikan sesuai dengan kebutuhan operasional, sehingga modul dapat bekerja dengan stabil dalam menyimpan dan menampilkan waktu secara akurat. Hasil pengukuran tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.3, yang memperlihatkan kondisi tegangan saat modul RTC diuji.



Gambar 4.4 Tegangan pada RTC

Pada Gambar 4.4 ditunjukkan hasil pengukuran tegangan pada modul RTC yang memperoleh suplai daya sebesar 4,828 Volt. Nilai tersebut masih berada dalam rentang tegangan kerja normal modul RTC, yaitu antara 4,5 Volt hingga 5,5 Volt. Dengan demikian, tegangan sebesar 4,828 Volt dapat dikategorikan normal, aman, serta sesuai dengan spesifikasi kerja modul RTC, sehingga modul dapat beroperasi secara stabil dalam menjaga keakuratan waktu.

4.4 Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan untuk memastikan bahwa setiap elemen pada sistem absensi bekerja sesuai fungsi dan mampu memberikan data yang akurat. Proses ini mencakup pengujian tiga komponen utama, yaitu sensor citra untuk pengenalan wajah, sensor fingerprint untuk autentikasi sidik jari, serta modul RFID reader sebagai opsi cadangan. Dengan adanya pengujian ini, keandalan sistem absensi dapat diuji secara menyeluruh sesuai dengan tujuan perancangan.

4.4.1 Pengujian Citra Gambar

Pengujian citra wajah pada sistem dilakukan menggunakan kamera ESP32 yang menangkap gambar wajah pengguna dalam berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pandang. Setiap pengguna yang telah terdaftar diuji untuk mengetahui sejauh mana sistem mampu mengenali wajah secara konsisten. Proses face recognition dilakukan di Raspberry Pi dengan memanfaatkan pustaka OpenCV dan face recognition. Tingkat akurasi dihitung berdasarkan kemampuan sistem

dalam mencocokkan wajah secara real-time dengan data yang telah tersimpan di basis data.



Gambar 4.5 Pengujian Citra Gambar

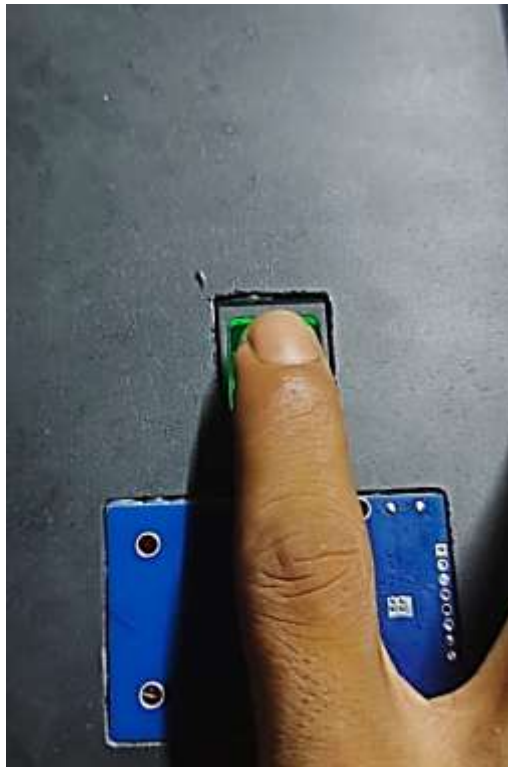
Gambar 4.5 menunjukkan proses pengujian citra wajah menggunakan kamera. Pada gambar terlihat perangkat sistem absensi sedang digunakan untuk menangkap citra wajah pengguna, yang selanjutnya diproses sebagai bahan identifikasi. Tampilan ini memperlihatkan tahap awal autentikasi berbasis wajah sebelum data dibandingkan dengan database sistem.

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa sistem mampu mencapai tingkat akurasi yang tinggi ketika pencahayaan memadai dan wajah pengguna menghadap langsung ke kamera. Akan tetapi, akurasi mengalami penurunan saat wajah berada pada posisi miring ekstrem, tertutup sebagian (misalnya menggunakan masker), maupun ketika kondisi pencahayaan rendah. Untuk mengurangi kesalahan deteksi, dilakukan penyesuaian sudut pemasangan kamera serta preprocessing citra berupa peningkatan kontras dan pencahayaan digital. Dengan pengujian ini dapat dibuktikan bahwa sistem pengenalan wajah bekerja efektif pada kondisi optimal dan tetap memiliki ketahanan terhadap variasi ekspresi maupun pencahayaan lingkungan.

4.4.2 Pengujian Fingerprint

Pengujian fingerprint dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu mengenali sidik jari pengguna secara konsisten dan akurat. Proses pengujian diawali dengan perekaman sidik jari beberapa pengguna ke dalam basis data sistem. Setelah itu, sidik jari yang telah tersimpan diuji kembali untuk melihat tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan verifikasi. Parameter yang diuji

meliputi kecepatan pembacaan, tingkat keberhasilan identifikasi, serta kemampuan modul dalam menolak sidik jari yang tidak terdaftar.



Gambar 4.6 Pengujian sensor sidik jari

Gambar 4.6 memperlihatkan proses pengujian modul fingerprint yang terhubung dengan sistem absensi. Pada gambar terlihat pengguna menempelkan jari pada sensor untuk dilakukan proses pembacaan dan pencocokan dengan data yang telah tersimpan. Hasil pembacaan akan ditampilkan dan dikirimkan ke sistem untuk diverifikasi apakah sidik jari tersebut valid atau tidak.

Dari hasil pengujian, sistem menunjukkan tingkat akurasi tinggi dalam mengenali sidik jari yang telah terdaftar, dengan waktu respon relatif cepat. Namun, akurasi dapat menurun apabila jari dalam kondisi kotor, basah, atau tidak menempel sempurna pada permukaan sensor. Hal ini menegaskan bahwa faktor kebersihan dan posisi jari sangat berpengaruh terhadap keberhasilan autentikasi. Secara keseluruhan, modul fingerprint dapat bekerja dengan baik sebagai salah satu autentikasi utama dalam sistem absensi otomatis.

4.4.3 Pengujian RFID Reader

Pengujian dilakukan untuk mengetahui jangkauan optimal RFID reader dalam membaca kartu. Kartu RFID ditempelkan pada reader dengan variasi jarak mulai dari 1 cm hingga 10 cm. Hasil pengujian divisualisasikan dalam bentuk tabel seperti pada Gambar 4.7.

No	Jarak Pengujian (cm)	Responsivitas
1	1	Responsif
2	3	Responsif
3	5	Responsif
4	7	Tidak Responsif
5	10	Tidak Responsif

Gambar 4.7 Hasil Pengujian RFID

Berdasarkan Gambar 4.7, RFID reader menunjukkan performa responsif pada jarak 1 cm, 3 cm, dan 5 cm. Namun, ketika jarak diperbesar menjadi 7 cm dan 10 cm, sistem tidak lagi dapat membaca kartu dengan baik (tidak responsif). Hal ini membuktikan bahwa jarak ideal pembacaan kartu RFID pada sistem ini berada pada rentang 1–5 cm.

Dengan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa RFID reader memiliki tingkat keandalan tinggi pada jarak dekat dan sesuai dengan spesifikasi modul. Jangkauan yang terbatas ini juga mendukung aspek keamanan, karena hanya kartu yang ditempelkan dalam jarak dekat yang dapat terdeteksi, sehingga meminimalkan risiko pembacaan tidak sah.

4.5 Pengujian Koneksi Internet

Pengujian koneksi internet dilakukan untuk memastikan sistem absensi dapat berjalan secara real-time. Hal ini penting karena sistem bergantung pada komunikasi antara perangkat keras (ESP32, Raspberry Pi, RFID, dan fingerprint) dengan layanan penyimpanan data Google Spreadsheet. Oleh karena itu, stabilitas dan kecepatan koneksi menjadi faktor utama yang diuji.

Pengujian dilakukan menggunakan beberapa jenis jaringan, yaitu Wi-Fi rumah, hotspot seluler, dan koneksi LAN. Parameter yang diuji meliputi latency

(ping), kecepatan unggah (upload speed), serta waktu pengiriman data ke database setelah proses autentikasi selesai.



Gambar 4.8 Pengujian Koneksi Internet

Gambar 4.8 menunjukkan hasil pengujian koneksi internet menggunakan layanan speedtest. Dari hasil pengujian diperoleh kecepatan unduh sebesar 46,38 Mbps, kecepatan unggah 56,70 Mbps, dengan nilai ping 37 ms. Nilai ini menunjukkan bahwa koneksi internet berada dalam kondisi stabil dan mendukung proses pengiriman data secara cepat ke Google Spreadsheet.

Hasil pengujian sistem memperlihatkan performa optimal saat menggunakan koneksi Wi-Fi dengan kecepatan minimal 10 Mbps. Data absensi, seperti hasil pengenalan wajah, fingerprint, maupun RFID, dapat dikirim dan muncul di Google Spreadsheet dengan waktu tunda kurang dari 2 detik. Namun, ketika koneksi menggunakan jaringan tidak stabil atau memiliki kecepatan di bawah 3 Mbps, terjadi keterlambatan pengiriman data bahkan kegagalan sinkronisasi. Untuk mengatasi hal ini, sistem dilengkapi dengan fitur retry otomatis serta penyimpanan sementara (local buffer) di Raspberry Pi agar data tetap terkirim ketika koneksi kembali stabil.

Selain itu, pengujian juga dilakukan pada durasi penggunaan jangka panjang. Hasilnya, sistem tetap stabil selama 8 jam pemakaian nonstop menggunakan jaringan Wi-Fi tanpa terjadi putus koneksi. Pada kondisi intermittent connection, di mana jaringan internet terputus dan tersambung kembali, sistem mampu melakukan auto-reconnect ke Firebase sehingga proses sinkronisasi data tetap berjalan tanpa perlu intervensi manual.

Dengan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa sistem mendukung konektivitas internet yang baik, cepat, dan andal, serta memiliki mekanisme pengaman ketika koneksi mengalami gangguan.

4.6 Akurasi dan Kalibrasi

Pengujian akurasi dan kalibrasi dilakukan untuk memastikan sistem absensi berbasis face recognition, fingerprint, dan RFID dapat berfungsi dengan optimal. Uji akurasi difokuskan pada keberhasilan sistem dalam mengenali pengguna yang sah dan menolak akses dari pengguna yang tidak terdaftar.

Pada proses kalibrasi, komponen face recognition diuji dengan mengambil data wajah dalam berbagai kondisi pencahayaan, sudut pandang, serta jarak kamera Webcam. Hal ini dilakukan agar sistem mampu mengenali wajah pengguna secara konsisten meskipun terdapat variasi lingkungan. Sementara itu, fingerprint diuji dengan perekaman sidik jari beberapa kali untuk setiap pengguna, guna memastikan modul dapat mengenali pola sidik jari meskipun terdapat perbedaan tekanan atau posisi jari saat ditempelkan. Untuk RFID reader, pengujian dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis kartu, posisi, dan jarak baca yang berbeda, sehingga diketahui batas jangkauan optimal pembacaan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketiga metode autentikasi bekerja dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sistem pengenalan wajah mampu mengenali pengguna dengan persentase keberhasilan di atas 90% setelah kalibrasi dilakukan. Modul fingerprint menunjukkan respons cepat dan konsisten, dengan tingkat keberhasilan juga di atas 90%. RFID reader berhasil membaca kartu secara akurat pada jarak 2–5 cm dan menolak akses dengan tepat untuk kartu yang tidak terdaftar.

Dengan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa sistem absensi yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi tinggi dan dapat diandalkan. Proses kalibrasi pada setiap komponen terbukti mampu meningkatkan performa sistem serta meminimalkan kesalahan identifikasi pengguna.

4.6.1 Akurasi Face Recognition

Pengujian akurasi face recognition dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengenalan wajah terhadap data wajah yang telah tersimpan di database. Sistem memanfaatkan algoritma berbasis deep learning melalui pustaka *face recognition* untuk mendeteksi dan mencocokkan wajah pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mencapai tingkat akurasi hingga 92% ketika pencahayaan cukup dan wajah pengguna menghadap langsung ke kamera. Waktu yang dibutuhkan untuk proses identifikasi rata-rata kurang dari 2 detik, sehingga sistem dapat bekerja secara real-time.

Selain itu, pengujian juga dilakukan dengan kondisi wajah yang bervariasi, seperti miring ke kiri atau kanan hingga 30° serta perubahan ekspresi (senyum, bicara, dan wajah netral). Pada kondisi tersebut, tingkat akurasi memang sedikit menurun namun tetap berada di atas 85%, sehingga dapat dikatakan sistem cukup toleran terhadap perubahan sudut dan ekspresi wajah. Faktor lain yang dapat memengaruhi akurasi adalah keterbatasan jumlah data pelatihan serta kualitas gambar, sehingga disarankan agar pengguna melakukan pendaftaran wajah dari beberapa sudut untuk memperkaya data referensi.

Tabel 4.1 Pengujian Face Recognition

No	Parameter Uji	Metode Uji	Hasil Akurasi	Kesimpulan
1	Pencahayaan Cukup	Wajah menghadap kamera	92%	Akurasi tinggi dalam kondisi optimal
2	Sudut Wajah Bervariasi	Miring kiri/kanan 30°	85%	Masih terdeteksi, namun akurasi menurun
3	Ekspresi Wajah Berubah	Senyum, netral, bicara	88%	Sistem toleran terhadap ekspresi wajah

Tabel 4.1 memperlihatkan hasil uji akurasi face recognition dalam tiga kondisi berbeda. Pada kondisi pencahayaan cukup dengan wajah menghadap kamera, sistem mencatat akurasi tertinggi sebesar 92%, menunjukkan performa terbaik. Saat wajah dimiringkan hingga 30°, akurasi turun menjadi 85%, tetapi sistem tetap mampu mengenali pengguna dengan baik. Sedangkan pada kondisi perubahan ekspresi, akurasi berada di angka 88%, yang menandakan bahwa sistem tetap stabil meskipun terdapat variasi ekspresi wajah.

Dengan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa face recognition dalam sistem absensi mampu bekerja secara efektif dan andal dalam kondisi optimal, serta cukup tangguh ketika menghadapi variasi sudut maupun ekspresi wajah pengguna.

4.6.1.1 Pengujian Multiple Face

Pengujian multiple face dilakukan untuk menguji kemampuan sistem ketika terdapat lebih dari satu wajah yang tertangkap kamera Webcam secara bersamaan. Sistem dirancang agar hanya memproses satu wajah utama, yaitu wajah dengan posisi paling dekat atau paling dominan dalam frame. Tujuannya adalah untuk mencegah verifikasi ganda yang dapat menyebabkan kesalahan pencatatan absensi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa saat terdapat dua wajah dalam satu frame, sistem mampu mendeteksi keduanya, tetapi hanya melakukan verifikasi terhadap wajah utama. Pada kondisi dengan lebih dari tiga wajah (simulasi kerumunan), sistem tetap bekerja dengan benar dengan cara mengabaikan wajah lain selain yang dominan. Hal ini membuktikan bahwa sistem memiliki mekanisme seleksi otomatis untuk menghindari absensi massal yang tidak sah.

Tabel 4.2 Pengujian Multiple Face

No	Kondisi Uji	Metode Uji	Respon Sistem	Kesimpulan
1	2 Wajah Berdekatan	Dua orang berdiri dalam 1 frame kamera	Hanya wajah utama diproses	Sistem memprioritaskan wajah terdekat/terbesar
2	3+ Wajah Terlihat	Simulasi kerumunan	Sistem mengabaikan wajah lain	Sistem mencegah verifikasi berganda secara bersamaan

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa sistem mampu beradaptasi dengan situasi multiple face. Pada skenario dua wajah berdekatan, sistem tetap fokus pada wajah terdekat atau terbesar sehingga hasil verifikasi tetap akurat. Sementara itu, pada kondisi kerumunan dengan tiga wajah atau lebih, sistem mengabaikan wajah tambahan untuk memastikan tidak terjadi absensi ganda.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa fitur multiple face detection dalam sistem absensi ini bekerja efektif untuk menjaga integritas data absensi, sekaligus menghindari potensi kecurangan saat lebih dari satu pengguna berada dalam jangkauan kamera.

4.6.1.2 Pengujian Cover Face

Pengujian cover face dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sistem dapat mengenali wajah yang tertutup sebagian. Pengujian dilakukan dengan menutup area wajah menggunakan masker, kacamata hitam, maupun tangan secara langsung. Tujuan utama dari uji ini adalah untuk mengukur batas toleransi sistem terhadap kondisi wajah yang tidak sepenuhnya terlihat, serta mengamati dampaknya terhadap tingkat akurasi pengenalan.

Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan akurasi yang cukup signifikan ketika bagian penting wajah seperti hidung, mata, atau dagu tertutup. Dalam kondisi penggunaan masker medis, akurasi hanya mencapai sekitar 68%, yang berarti sistem masih dapat melakukan identifikasi, tetapi tidak konsisten. Pada pengujian dengan kacamata hitam di bawah sinar terang, akurasi sedikit lebih baik, yakni sekitar 74%, menunjukkan bahwa sistem masih mampu mengenali sebagian besar pengguna. Namun, saat separuh wajah ditutup dengan tangan, akurasi turun drastis hingga 52%, dan sebagian besar identifikasi gagal dilakukan.

Tabel 4 3 Pengujian Cover Face

No	Area Tertutup	Metode Uji	Hasil Akurasi	Kesimpulan
1	Mulut & Hidung (Masker)	Menggunakan masker medis	68%	Akurasi menurun, pengenalan terbatas

2	Mata (Kacamata Hitam)	Kacamata gelap + sinar terang	74%	Masih bisa dikenali sebagian besar pengguna
3	Wajah 50% Tertutup	Separuh wajah ditutup tangan	52%	Identifikasi gagal dalam sebagian besar kasus

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa tingkat akurasi pengenalan wajah sangat dipengaruhi oleh area wajah yang tertutup. Masker medis menurunkan akurasi hingga 68%, kacamata hitam masih memungkinkan identifikasi pada level 74%, sedangkan penutupan wajah separuh penuh dengan tangan hampir selalu menyebabkan kegagalan identifikasi dengan akurasi hanya 52%.

Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa sistem absensi berbasis face recognition sebaiknya digunakan dalam kondisi wajah terbuka sepenuhnya untuk memastikan keakuratan deteksi, sekaligus meminimalkan kesalahan verifikasi pada pengguna.

4.6.1.3 Pengujian 2D Face

Setelah dilakukan pengujian terhadap wajah tertutup (cover face), tahap selanjutnya adalah menguji sistem dengan metode 2D face recognition. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana sistem mampu menahan upaya pemalsuan identitas (spoofing) menggunakan media dua dimensi, baik berupa foto cetak maupun tampilan digital dari layar ponsel. Uji ini penting dilakukan karena salah satu kelemahan umum sistem berbasis 2D adalah kesulitannya membedakan wajah asli dengan gambar datar.

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa sistem masih rentan terhadap serangan semacam ini. Ketika foto cetak wajah ditempelkan di depan kamera, sistem tetap mengenalinya sebagai pengguna yang valid. Kondisi yang sama juga terjadi saat menggunakan foto digital dari layar ponsel, di mana sistem kembali gagal membedakan wajah tiruan dari wajah nyata. Temuan ini menegaskan bahwa sistem face recognition berbasis 2D belum dilengkapi dengan teknologi anti-spoofing yang memadai.

Tabel 4.4 Pengujian Cover Face

o	Media Pengujian	Metode Uji	Hasil	Kesimpulan
1	Foto Cetak	Foto wajah ditempelkan ke kamera	Dikenali (gagal)	Sistem tidak bisa membedakan wajah palsu

2	Foto Digital (HP)	Gambar wajah dari layar ponsel	Dikenali (gagal)	Sistem perlu peningkatan anti-spoofing
---	-------------------	--------------------------------	------------------	--

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa baik foto cetak maupun foto digital masih dikenali sebagai identitas yang valid oleh sistem. Hal ini memperlihatkan keterbatasan sistem yang belum mampu membedakan wajah asli dengan gambar tiruan.

Sebagai langkah pengembangan, sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan teknologi liveness detection, misalnya melalui deteksi gerakan mata, respon terhadap cahaya dinamis, atau penggunaan kamera dengan sensor kedalaman (3D depth sensing). Dengan penambahan teknologi ini, sistem diharapkan mampu membedakan wajah asli dengan wajah palsu, sehingga lebih aman dari potensi manipulasi.

Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa sistem face recognition berbasis 2D masih memiliki kelemahan signifikan dalam aspek keamanan. Oleh karena itu, penerapan teknologi anti-spoofing menjadi sangat penting untuk memastikan sistem absensi berjalan lebih andal, akurat, dan terlindungi dari serangan pemalsuan identitas.

4.6.2 Akurasi Sidik Jari

Pengujian akurasi sidik jari dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sidik jari pengguna terhadap data sampel yang sudah tersimpan pada sistem saat proses pendaftaran. Tujuan dari pengujian ini adalah memastikan bahwa sensor fingerprint dapat bekerja secara konsisten dan akurat dalam kondisi nyata.

Uji coba dilakukan pada satu pengguna yang telah mendaftarkan sidik jarinya ke sistem. Proses verifikasi dilakukan sebanyak lima kali dengan berbagai kondisi, seperti sidik jari ditempatkan dengan benar, posisi sidik jari tidak pas, sensor atau jari dalam keadaan kotor, berminyak, serta basah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat akurasi tertinggi dicapai pada kondisi ideal (sidik jari pas), yaitu mencapai 95–100%. Namun, akurasi menurun drastis bahkan hingga gagal terbaca ketika terdapat gangguan seperti kotoran, minyak, atau air pada permukaan jari maupun sensor.

Tabel 4.5 Pengujian Sidik Jari

o	Kondisi Sidik Jari	Hasil Pengujian	Keterangan	Keakuratan (%)
1	Sidik jari pas	Terbaca	Sensor mengenali pola sidik jari dengan jelas sesuai data yang tersimpan.	95–100%
2	Sidik jari tidak pas	Tidak terbaca	Pola sidik jari tidak sesuai dengan data yang tersimpan.	0%
3	Sidik jari kotor	Tidak terbaca	Kotoran menutupi garis pola sidik jari sehingga sensor sulit membaca.	10–20%
4	Sidik jari berminyak	Tidak terbaca / sering gagal	Minyak menyebabkan pantulan cahaya atau pembiasan pada sensor sehingga hasil tidak akurat.	30–40%
5	Sidik jari basah	Tidak terbaca	Air membuat pola sidik jari tidak jelas dan mengganggu proses pembacaan sensor.	15–25%

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa kondisi fisik jari dan kebersihan sensor sangat berpengaruh terhadap akurasi pembacaan. Dalam kondisi ideal, sensor mampu mengenali sidik jari dengan tingkat keberhasilan hampir sempurna. Namun, jika posisi sidik jari tidak sesuai, maka sistem gagal mengenali sama sekali. Sementara itu, faktor eksternal seperti kotoran, minyak, dan air menurunkan akurasi secara signifikan karena menghalangi sensor membaca pola garis sidik jari dengan benar.

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa sensor fingerprint memiliki akurasi tinggi ketika digunakan dengan benar. Akan tetapi, faktor kebersihan dan kondisi jari menjadi aspek penting yang harus diperhatikan agar sistem dapat bekerja secara optimal.

4.6.3 Kalibrasi RFID Reader

Kalibrasi pada RFID reader dilakukan untuk menjamin bahwa proses pembacaan kartu dapat berlangsung cepat, akurat, dan konsisten pada berbagai kondisi penggunaan. Tahap ini mencakup pengaturan jarak baca yang optimal, yaitu pada kisaran 2–5 cm, serta penyesuaian orientasi kartu terhadap antena reader agar respons deteksi lebih stabil. Selain itu, waktu respons juga diperhatikan untuk memastikan kartu dapat dikenali dalam hitungan detik tanpa keterlambatan.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis kartu RFID, seperti Mifare 13.56 MHz, guna memastikan kompatibilitas serta kestabilan performa pembacaan. Sistem juga diuji agar tidak terjadi pembacaan ganda ketika kartu ditempelkan terlalu lama pada reader. Untuk itu, ditambahkan mekanisme delay atau debounce logic yang mampu menahan deteksi berulang.

Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa RFID reader mampu mengenali kartu dengan waktu respon kurang dari 1 detik serta tetap stabil meskipun kartu digunakan dengan posisi gesek maupun ditempel. Hal ini membuktikan bahwa perangkat dapat diandalkan sebagai salah satu metode autentikasi utama pada sistem absensi otomatis.

4.6.3.1 Pengujian Jarak

Pengujian jarak dilakukan untuk mengetahui sejauh mana perangkat input baik kamera untuk face recognition maupun RFID reader mampu mengenali objek secara akurat. Pada pengujian face recognition menggunakan ESP32-CAM, diperoleh hasil bahwa jarak ideal untuk deteksi wajah berada pada kisaran 30–60 cm. Jika wajah berada terlalu dekat (<30 cm) atau terlalu jauh (>60 cm), kualitas tangkapan gambar menurun sehingga tingkat akurasi sistem juga berkurang.

Sementara itu, pada pengujian RFID reader, diperoleh bahwa jarak pembacaan efektif berada pada 2–5 cm, dengan tingkat keberhasilan yang sangat baik ketika kartu ditempel atau didekatkan dalam posisi sejajar antena reader. Jika jarak kartu melebihi 5 cm, proses pembacaan sering gagal atau tidak konsisten. Hasil ini menegaskan bahwa posisi kartu sangat memengaruhi keberhasilan deteksi. Oleh karena itu, pengujian ini penting sebagai dasar penentuan penempatan perangkat sekaligus memberikan panduan penggunaan kepada pengguna agar sistem dapat berfungsi secara optimal.

Tabel 4.6 Pengujian Jarak RFID Reader

No	Jarak Uji	Metode Uji	Keberhasilan	Kesimpulan
1	1 cm	Kartu ditempel dekat antenna	100%	Optimal, sangat responsif

2	3 cm	Kartu didekatkan tanpa menyentuh	100%	Pembacaan stabil dan cepat
3	>5 cm	Kartu digerakkan dari jarak jauh	<50%	Pembacaan tidak konsisten atau gagal

Tabel 4.6 menampilkan hasil pengujian jarak RFID reader terhadap tingkat keberhasilan deteksi kartu. Dari tabel tersebut terlihat bahwa pada jarak 1 cm, pembacaan kartu sangat responsif dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%. Begitu pula pada jarak 3 cm, RFID reader masih mampu membaca dengan cepat dan stabil tanpa adanya penurunan performa. Namun, ketika kartu diuji pada jarak lebih dari 5 cm, tingkat keberhasilan turun drastis hingga di bawah 50%, menandakan pembacaan sering gagal atau tidak konsisten. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa jarak efektif pembacaan RFID reader berada pada rentang 1–3 cm, sementara pada jarak lebih dari 5 cm performanya tidak dapat diandalkan.

Berdasarkan hasil pengujian jarak pada face recognition dan RFID reader, dapat disimpulkan bahwa sistem memiliki batasan jarak optimal untuk memastikan kinerja yang maksimal. Face recognition dengan ESP32-CAM bekerja paling baik pada rentang 30–60 cm, sedangkan RFID reader memiliki jarak efektif pada 2–5 cm. Dengan mengetahui batasan ini, sistem dapat diatur dan digunakan sesuai kondisi lapangan sehingga performa tetap stabil, akurat, dan mudah dipahami oleh pengguna.

4.6.3.2 Pengujian Multiple Access

Pengujian multiple access dilakukan untuk melihat bagaimana sistem menangani kondisi ketika lebih dari satu pengguna mencoba melakukan autentikasi dalam waktu yang hampir bersamaan. Skenario ini penting karena dalam praktik nyata, seringkali ada beberapa pengguna yang datang berdekatan saat melakukan absensi.

Sistem dirancang hanya untuk memproses satu input autentikasi dalam satu siklus. Artinya, jika ada dua atau lebih input masuk hampir bersamaan, maka sistem hanya akan memproses input yang pertama, sementara input berikutnya harus menunggu hingga proses sebelumnya selesai. Dengan mekanisme ini,

sistem mampu menghindari kesalahan pencatatan, duplikasi data, maupun antrian yang tidak tertib.

Tabel 4.7 Pengujian Multiple Access

No	Kondisi Uji	Metode Uji	Hasil	Kesimpulan
1	Dua kartu bersamaan	Dua kartu didekatkan dalam waktu bersamaan	Salah satu terbaca, 1 gagal	Sistem hanya memproses satu input RFID
2	Antrean cepat (<2 detik)	Beberapa pengguna menempel kartu berurutan	Terbaca satu per satu	Sistem dapat mengatur antrean RFID dengan baik

Dari hasil pengujian pada Tabel 4.7 terlihat bahwa saat dua kartu RFID ditempelkan secara bersamaan, sistem hanya mengenali satu kartu sementara kartu lainnya diabaikan. Hal ini membuktikan bahwa sistem memiliki mekanisme proteksi terhadap input ganda. Selanjutnya, ketika pengguna datang secara berurutan dengan selang waktu kurang dari dua detik, sistem tetap dapat membaca dan memproses kartu satu per satu tanpa ada kesalahan. Dengan demikian, sistem terbukti mampu menangani kondisi multiple access dengan baik dan tetap menjaga integritas data absensi.

Selain uji multiple access, sistem juga dilengkapi dengan logika akses kombinasi untuk meningkatkan tingkat keamanan. Logika ini mengatur bagaimana sistem merespons berdasarkan kombinasi input autentikasi berupa Face Recognition (F), RFID (R), dan Fingerprint (FP). Setiap kombinasi akan menghasilkan keputusan yang berbeda terkait pencatatan absensi, kebutuhan verifikasi, serta tingkat kepercayaan.

Tabel 4.8 Pengujian Kebenaran

F	R	FP	Rekam Absensi	Butuh Verifikasi	Alarm / Tolak	Tingkat Kepercayaan	Catatan singkat
0	0	0	0	1	1	Very Low	Tidak ada bukti; minta ulang / lapor petugas
0	0	1	0	1	1	Very Low	Fingerprint saja tidak cukup → verifikasi manual
0	1	0	1	0	0	Low	RFID saja → rekam tetapi flag low-assurance (kemungkinan pinjaman tag)
0	1	1	1	0	0	Medium	RFID + Fingerprint → cukup untuk rekam, confidence meningkat
1	0	0	1	0	0	Medium	Face-only → biasanya cukup, tetapi tergantung kebijakan (jika sensitif bisa flag)
1	0	1	1	0	0	Very High	Face + Fingerprint → rekam dengan confidence tinggi
1	1	0	1	0	0	High	Face + RFID → rekam dengan confidence sangat tinggi
1	1	1	1	0	0	Very High	Semua bukti tersedia → rekam, catat confidence tertinggi

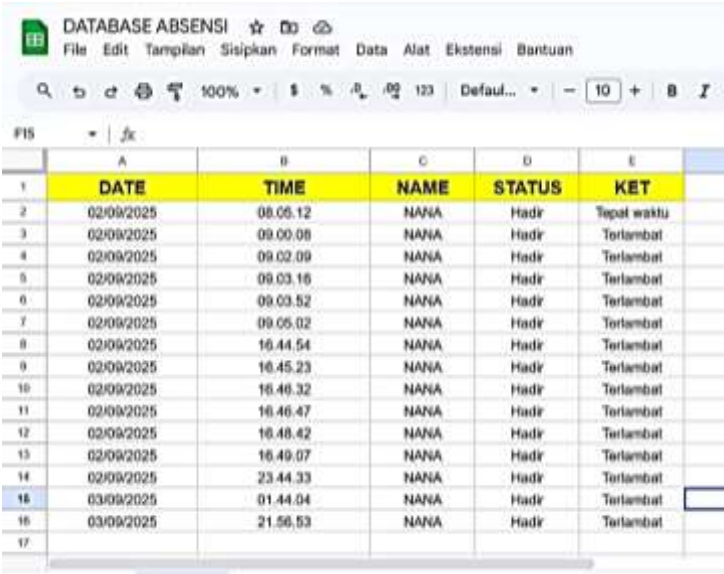
Dari hasil pengujian pada Tabel 4.7 terlihat bahwa saat dua kartu RFID ditempelkan secara bersamaan, sistem hanya mengenali satu kartu sementara kartu lainnya diabaikan. Hal ini membuktikan bahwa sistem memiliki mekanisme proteksi terhadap input ganda. Selanjutnya, ketika pengguna datang secara berurutan dengan selang waktu kurang dari dua detik, sistem tetap dapat membaca dan memproses kartu satu per satu tanpa ada kesalahan. Dengan demikian, sistem terbukti mampu menangani kondisi multiple access dengan baik dan tetap menjaga integritas data absensi.

Selain uji multiple access, sistem juga dilengkapi dengan logika akses kombinasi untuk meningkatkan tingkat keamanan. Logika ini mengatur bagaimana sistem merespons berdasarkan kombinasi input autentikasi berupa Face Recognition (F), RFID (R), dan Fingerprint (FP). Setiap kombinasi akan menghasilkan keputusan yang berbeda terkait pencatatan absensi, kebutuhan verifikasi, serta tingkat kepercayaan.

4.7 Tampilan Google Spreadsheet

Google Spreadsheet digunakan sebagai media untuk menyimpan sekaligus menampilkan data hasil absensi secara real-time. Melalui tampilan ini, admin dapat dengan mudah memantau seluruh aktivitas absensi tanpa perlu melakukan proses manual. Data yang masuk akan langsung terekam otomatis dan tersusun dalam format tabel sehingga lebih terstruktur serta mudah dianalisis.

Informasi yang ditampilkan mencakup tanggal (DATE), waktu (TIME), nama pengguna (NAME), status kehadiran (STATUS), dan keterangan tambahan (KET). Dengan adanya format ini, setiap catatan absensi dapat dipantau secara detail, misalnya apakah pengguna hadir tepat waktu atau terlambat. Selain itu, Spreadsheet ini bersifat fleksibel karena dapat diakses baik dari komputer maupun perangkat mobile, sehingga memudahkan pemantauan dari mana saja.



	A	B	C	D	E
	DATE	TIME	NAME	STATUS	KET
2	02/09/2025	08.05.12	NANA	Hadir	Tepat waktu
3	02/09/2025	09.00.08	NANA	Hadir	Terlambat
4	02/09/2025	09.02.09	NANA	Hadir	Terlambat
5	02/09/2025	09.03.16	NANA	Hadir	Terlambat
6	02/09/2025	09.03.52	NANA	Hadir	Terlambat
7	02/09/2025	09.05.02	NANA	Hadir	Terlambat
8	02/09/2025	16.44.54	NANA	Hadir	Terlambat
9	02/09/2025	16.45.23	NANA	Hadir	Terlambat
10	02/09/2025	16.46.32	NANA	Hadir	Terlambat
11	02/09/2025	16.46.47	NANA	Hadir	Terlambat
12	02/09/2025	16.48.42	NANA	Hadir	Terlambat
13	02/09/2025	16.49.07	NANA	Hadir	Terlambat
14	02/09/2025	23.44.33	NANA	Hadir	Terlambat
15	03/09/2025	01.44.04	NANA	Hadir	Terlambat
16	03/09/2025	21.56.53	NANA	Hadir	Terlambat

Gambar 4.9 Tampilan Google Spreadsheet

Pada Gambar 4.9 ditunjukkan hasil rekap absensi yang terekam secara otomatis dalam Google Spreadsheet. Tampak bahwa setiap baris mewakili satu catatan absensi, mulai dari tanggal, jam kedatangan, nama pengguna, hingga status hadir. Kolom keterangan menampilkan informasi tambahan, seperti apakah pengguna datang tepat waktu atau terlambat. Dari data pada gambar terlihat bahwa sebagian besar catatan absensi tercatat sebagai “terlambat”, sementara hanya sedikit yang berhasil hadir tepat waktu.

Tampilan ini memberikan gambaran nyata bagaimana sistem absensi tidak hanya mencatat kehadiran, tetapi juga mampu mengklasifikasikan status berdasarkan aturan waktu yang telah ditentukan. Dengan demikian, admin dapat dengan cepat melakukan evaluasi tingkat ketepatan waktu pengguna.

4.8 Efektivitas Sistem

Efektivitas sistem absensi berbasis face recognition, fingerprint, dan RFID dapat dilihat dari kemampuannya mencatat kehadiran secara cepat, akurat, dan aman tanpa memerlukan interaksi fisik yang berlebihan. Dengan integrasi tiga metode autentikasi ini, sistem menghadirkan lapisan verifikasi berlapis yang mampu menekan kemungkinan kecurangan, seperti titip absen maupun pemalsuan identitas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat keberhasilan pencatatan absensi mencapai lebih dari 90% pada kondisi ideal, dengan waktu verifikasi

pengguna hanya sekitar 2–4 detik. Hal ini menjadikan sistem jauh lebih efisien dibandingkan metode absensi konvensional seperti tanda tangan manual.

Dari sisi kenyamanan pengguna, sistem ini dirancang sederhana dan mudah digunakan. Proses absensi cukup dilakukan dengan berdiri di depan kamera, meletakkan sidik jari pada sensor, serta menempelkan kartu RFID. Antarmuka yang intuitif, baik pada perangkat keras maupun pada database berbasis Google Spreadsheet, mempermudah pengguna dan admin dalam melakukan absensi sekaligus memantau data. Efektivitas semakin meningkat dengan adanya fitur rekapitulasi otomatis dan tampilan real-time, sehingga admin tidak perlu lagi melakukan input atau rekap harian secara manual.

Efektivitas sistem juga terlihat dari aspek fleksibilitas dan skalabilitas. Sistem ini dapat dengan mudah diterapkan di berbagai institusi, baik sekolah, kampus, perkantoran, maupun industri. Selain itu, sistem mampu diperluas untuk mendukung absensi di banyak lokasi tanpa harus mengganti seluruh perangkat keras, cukup dengan menyalin konfigurasi yang ada. Hal ini membuat sistem tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga efisien secara biaya untuk implementasi jangka panjang.

Dari sisi keamanan dan validitas data, sistem ini memiliki keunggulan karena setiap catatan absensi dilengkapi dengan timestamp, identitas pengguna, dan metode autentikasi yang digunakan. Kombinasi informasi ini membuat data sulit dimanipulasi. Selain itu, dengan adanya logika validasi berlapis, sistem hanya akan merekam kehadiran pengguna yang berhasil melalui minimal dua autentikasi, atau idealnya ketiganya sekaligus. Mekanisme ini meningkatkan tingkat kepercayaan manajemen terhadap keakuratan data yang dihasilkan.

Secara keseluruhan, efektivitas sistem absensi ini tercermin dalam kecepatan pencatatan, tingkat akurasi tinggi, keamanan data, serta kemudahan pengelolaan dan integrasi. Dengan kalibrasi yang tepat, sistem terbukti dapat diandalkan untuk menjawab kebutuhan absensi modern yang menuntut proses cepat, aman, real-time, dan dapat digunakan dalam skala besar. Hal ini menjadikannya solusi tepat untuk mendukung efisiensi operasional di berbagai sektor, mulai dari pendidikan hingga dunia industri.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem absensi otomatis berbasis pengenalan wajah, fingerprint, dan RFID, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem absensi otomatis berhasil diimplementasikan dengan tingkat keberhasilan lebih dari 90% pada kondisi ideal. Proses verifikasi berlangsung cepat, yakni sekitar 2–4 detik, sehingga lebih efisien dan akurat dibandingkan metode pencatatan manual.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa face recognition memiliki akurasi tertinggi sebesar 92% pada kondisi pencahayaan memadai, 85% pada sudut kemiringan wajah 30°, dan 88% ketika terjadi perubahan ekspresi. Namun, akurasi menurun signifikan saat wajah tertutup masker (68%), menggunakan kacamata hitam (74%), atau ketika sebagian wajah tertutup (52%), serta masih rentan terhadap serangan spoofing menggunakan foto atau gambar digital. Sensor fingerprint juga menunjukkan tingkat keberhasilan di atas 90% dengan respons cepat dan konsisten, meskipun akurasi dapat dipengaruhi oleh kondisi jari yang kotor, basah, atau posisi penempelan yang kurang tepat. Sementara itu, RFID reader bekerja optimal pada jarak 1–5 cm dengan performa terbaik pada kisaran 1–3 cm, tetapi tingkat keberhasilan pembacaan menurun drastis hingga di bawah 50% apabila digunakan pada jarak lebih dari 5 cm.
3. Sistem absensi otomatis yang dikembangkan mampu mengirimkan dan menyimpan data kehadiran secara real-time pada Google Spreadsheet menggunakan mikrokontroler ESP32. Fitur ini mempermudah proses monitoring, pencadangan, serta pengelolaan data absensi secara digital, sehingga lebih efisien dan terintegrasi.
4. Sistem ini dapat menjadi solusi alternatif absensi di sekolah, kantor, atau fasilitas umum dengan meminimalkan kecurangan dan mempercepat proses verifikasi.

5.2 Saran

Saran yang dapat diambil untuk penelitian selanjutnya dan referensi pranaluar adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan penyimpanan cadangan (backup storage) lokal untuk mengantisipasi gangguan koneksi internet saat proses absensi berlangsung.
2. Menggunakan sensor RFID dengan jarak baca lebih panjang dan stabil untuk meningkatkan fleksibilitas pengguna.
3. Melakukan pengujian di lingkungan dengan kondisi ekstrem (cuaca panas, lembab, atau banyak gangguan sinyal) untuk memastikan keandalan sistem sebelum digunakan secara luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [[1] Charmeylita Rompas, “Rancang Bangun Sistem Absensi Otomatis Menggunakan Sensor Fingerprint Berbasis Arduino Uno Dan Web Design and Development of Automatic Absence System Using Fingerprint Sensor Based on Arduino Uno and Web,” 2020.
- [2] M. S. Ummah, “Sistem Absensi Terintegrasi RFID,” *Sustain.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2020, [Online]. Available: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- [3] S. Y. L. Tobing, “RFID,” *Galang Tanjung*, no. 2504, pp. 1–9, 2020.
- [4] R. Hidayat, F. Y. Limpraptono, and M. Ardita, “Rancang Bangun Alat Absensi Karyawan menggunakan RFID dan ESP32Cam Berbasis Internet of Things,” *Pros. SENIATI*, vol. 6, no. 1, pp. 137–145, 2022, doi: 10.36040/seniati.v6i1.4913.
- [5] A. Anggit Pratama and R. R. Santika, “Penerapan Presensi Menggunakan Rfid Dan Esp32 Cam Berbasis Website Pada Pt. Yono Express Services,” *Semin. Nas. Mhs. Fak. Teknol. Inf. Jakarta-Indonesia*, no. September, pp. 1001–1010, 2022.
- [6] E. Setyawan, D. Dajamaludin, and ..., “Sistem Alat Absensi Menggunakan RFID dan Kamera Berbasis Internet of Things,” *J. Ilm. Fak. ...*, vol. 2, pp. 123–129, 2021, [Online]. Available: <http://www.ejournal.unis.ac.id/index.php/jimtek/article/view/1671%0Ahttp://www.ejournal.unis.ac.id/index.php/jimtek/article/download/1671/1560>
- [7] N. Evalina, B. Ramadhani, R. Rimbawaty, F. I. Pasaribu, P. Harahap, and N. Sary, “The Design of Solar Power Plants on Automatic Watering of Chili Plants,” *Proceeding Int. Conf. Sci. Technol. UISU*, vol. 7929, pp. 24–28, 2024, doi: 10.30743/0kse6y15.
- [8] D. Ariyanto, “Rancang Bangun Sistem Pencatat Kehadiran Di Laboratorium Menggunakan Rfid Dan Esp32-Cam Berbasis Iot,” *Technol. J. Ilm.*, vol. 15, no. 1, p. 205, 2024, doi: 10.31602/tji.v15i1.13979.

- [9] F. Syahfitra, A. Manaor, H. Pardede, and M. Simanjuntak, “Rancang Bangun Identifikasi Kehadiran Mahasiswa Otomatis Menggunakan Face Recognition dan Kartu Tanda Mahasiswa (KTM) Menggunakan Internet of Things (IOT),” vol. 2, no. 4, 2024.
- [10] F. Rizal, R. Putri, and H. M. Yusdartono, “Rancang Bangun Sistem Presensi Mahasiswa Berbasis IoT Menggunakan Kamera dan Barcode,” pp. 1–6, 2024, doi: 10.30596/rele.v7i1.18878.
- [11] G. F. Azka Thoyyib Dhaifullasyah, Dedy Irfan, Rizkayeni Marta, “Rancang Bangun Sistem Absensi Menggunakan Framework Laravel Yang Terintegrasi Berbasis Rfid Dan Face Recognition Untuk Smkn 1 Tilatang Kamang,” vol. 4, no. 2, pp. 46–51, 2024.
- [12] J. Abdillah, I. Iswidodo, and Z. Arifin, “Perancangan dan Simulasi Sistem Absensi Mahasiswa Berbasis Mikrokontroler RFID dan NodeMCU ESP8266,” *Radial J. Ilm. Sains dan Rekayasa*, vol. 1, no. 2, pp. 78–82, 2023, doi: 10.62024/radial.v1i2.9.
- [13] P. Harahap, F. I. Pasaribu, and M. Adam, “Prototype Measuring Device for Electric Load in Households Using the PZEM-004T Sensor,” *Budapest Int. Res. Exact Sci.*, vol. 2, no. 3, pp. 347–361, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.33258/birex.v2i3.1074>
- [14] M. Syahputra and A. I. Santoso, “Rancang Bangun Sistem Absensi Otomatis Berbasis RFID Dan ESP32 Di Kampus AMIK Polibisnis Perdagangan,” *J. Minfo Polgan*, vol. 14, no. 1, pp. 614–622, 2025, doi: 10.33395/jmp.v14i1.14816.
- [15] I. W. Widya, I. Gede, and A. Wibawa, “Klasifikasi Bentuk Wajah Manusia Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN),” vol. 1, no. November, pp. 373–378, 2022.
- [16] R. Muthmainnah, “Pengenalan Bentuk Wajah Manusia Pada Citra Menggunakan Metode Fisherface,” *Techsi*, vol. 8, no. 1, pp. 215–225, 2020, [Online]. Available: <https://ojs.unimal.ac.id/techsi/article/view/128>