

**RANCANG BANGUN SYSTEM ABSENSI BERBASIS ESP32-CAM DAN RFID
DENGAN MONITORING MELALUI TELEGRAM****M. Danial Fathur Rahman, Parama Diptya Widayaka, Lusia Rakhmawati, Raden Roro
Hapsari Peni Agustin Tjahyaningtjas**S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
danial.18037@mhs.unesa.ac.id**Abstract**

This research aims to design and build an attendance system based on ESP32-CAM and RFID, integrated with Telegram as a medium to send real-time attendance notifications. The system is designed to improve the accuracy, security, and efficiency of student attendance recording in higher education institutions. In this system, each student performs attendance by using an RFID card, which is read by the RC522 RFID reader, followed by capturing a face photo using the ESP32-CAM module. The attendance data, including card UID, face photo, and timestamp, is then sent to the server for processing and storage. Afterward, the Telegram Bot sends a notification to the lecturer or administration regarding the student's attendance status. The research method used is a quantitative experimental approach, with the main measurement being the system's response time (Average Response Time) from the RFID tap until the notification is received on Telegram. The test results show that this system is capable of performing attendance with a high success rate in reading RFID and capturing face images, as well as an efficient response time (average 5.13 seconds). By using Telegram as a notification medium, this system successfully improves transparency and speed in the attendance recording process. The system also has the advantage of dual validation (RFID and face photo), which minimizes the potential for fraud in the attendance process. However, automatic face recognition using AI or face recognition algorithms could further enhance the system's accuracy and functionality. This research provides a significant contribution to the development of Internet of Things (IoT)-based attendance systems that can support more modern and efficient attendance management.

Article History*Submitted: 18 July 2025**Accepted: 27 July 2025**Published: 28 July 2025***Key Words**ESP32-CAM, RFID,
sistem absensi, Telegram,
IoT**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem absensi berbasis ESP32-CAM dan RFID yang terintegrasi dengan Telegram sebagai media untuk mengirimkan notifikasi kehadiran secara real-time. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan akurasi, keamanan, dan efisiensi dalam pencatatan absensi mahasiswa di lingkungan perguruan tinggi. Dalam sistem ini, setiap mahasiswa melakukan absensi dengan menggunakan kartu RFID yang dibaca oleh pembaca RFID RC522, yang kemudian dilanjutkan dengan pengambilan foto wajah menggunakan modul ESP32-CAM. Data hasil absensi, termasuk UID kartu, foto wajah, dan timestamp, kemudian dikirimkan ke server untuk diproses dan disimpan. Setelah itu, Telegram Bot mengirimkan notifikasi kepada dosen atau pihak administrasi mengenai status kehadiran mahasiswa. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif eksperimen, dengan pengukuran utama adalah waktu respons sistem (Average Response Time) dari tap RFID hingga penerimaan notifikasi di Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu melakukan absensi dengan tingkat keberhasilan pembacaan RFID dan pengambilan gambar wajah yang sangat baik, serta waktu respons yang efisien (rata-rata 5,13 detik). Dengan menggunakan Telegram sebagai media notifikasi, sistem ini berhasil meningkatkan transparansi dan

Sejarah Artikel*Submitted: 18 July 2025**Accepted: 27 July 2025**Published: 28 July 2025***Kata Kunci**ESP32-CAM,
RFID, attendance
system, Telegram,
IoT

kecepatan dalam proses pencatatan kehadiran. Sistem ini juga memiliki keunggulan dalam hal validasi ganda (RFID dan foto wajah), yang dapat meminimalkan potensi kecurangan dalam proses absensi. Namun, pengenalan wajah otomatis menggunakan AI atau algoritma pengenalan wajah lebih lanjut dapat meningkatkan akurasi dan fungsionalitas sistem. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan sistem absensi berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat digunakan untuk mendukung administrasi kehadiran yang lebih modern dan efisien.

Pendahuluan

Kehadiran mahasiswa dalam kegiatan perkuliahan merupakan aspek penting yang mendukung proses pembelajaran di perguruan tinggi [1]. Sistem absensi yang efektif tidak hanya mencatat kehadiran, tetapi juga menjadi dasar dalam evaluasi kedisiplinan serta keterlibatan mahasiswa dalam kegiatan akademik [2]. Meskipun penting, banyak institusi yang masih menggunakan sistem absensi manual, seperti tanda tangan di lembar presensi, yang rawan terjadi manipulasi data, titip absen, serta memakan waktu dalam rekapitulasi.

Untuk mengatasi masalah ini, teknologi Internet of Things (IoT) menjadi solusi yang potensial. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah ESP32-CAM, yaitu mikrokontroler dengan kemampuan kamera dan konektivitas Wi-Fi yang memungkinkan pengambilan gambar secara otomatis dan real-time [3]. Teknologi ini, jika dikombinasikan dengan RFID (Radio Frequency Identification), dapat melakukan identifikasi mahasiswa dengan cepat dan akurat tanpa kontak fisik, sehingga meningkatkan keefektifan dan keamanan sistem absensi.

Selain itu, untuk meningkatkan efektivitas sistem, dibutuhkan integrasi dengan platform komunikasi yang mudah diakses. Telegram, sebagai salah satu aplikasi pesan instan paling populer, dapat dimanfaatkan untuk mengirimkan notifikasi kehadiran mahasiswa secara otomatis kepada dosen, orang tua, atau pihak administrasi [4]. Penggunaan Telegram dalam sistem ini tidak hanya meningkatkan transparansi, tetapi juga mempercepat penyampaian informasi secara real-time. Pemilihan Telegram didasarkan pada tingkat adopsi yang tinggi, kemudahan integrasi dengan API pihak ketiga, serta keandalannya dalam mengirim pesan secara real-time. Dibandingkan dengan aplikasi atau sistem notifikasi lainnya, Telegram sudah dikenal dan digunakan secara luas, sehingga tidak memerlukan instalasi atau pelatihan tambahan. Hal ini membuat proses penyampaian informasi absensi lebih efisien dan user-friendly.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis merancang sebuah sistem absensi mahasiswa berbasis ESP32-CAM dan RFID yang dilengkapi dengan fitur notifikasi kehadiran melalui Telegram. Sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif, efisien, dan modern dalam manajemen kehadiran mahasiswa di lingkungan perguruan tinggi.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimen dengan tujuan untuk merancang dan mengukur kinerja sistem absensi berbasis ESP32-CAM dan RFID. Pengukuran dilakukan dengan fokus pada beberapa aspek penting, yaitu waktu respon end-to-end, tingkat keberhasilan pembacaan RFID, tingkat keberhasilan pengambilan dan pengiriman foto bukti wajah, serta kemampuan sistem dalam mendeteksi titip absen. Data kuantitatif yang diperoleh selama pengujian ini akan dianalisis secara matematis untuk menilai efektivitas dan keandalan sistem absensi yang dikembangkan.

Subjek penelitian ini adalah mahasiswa yang mengikuti sesi absensi di satu kelas perkuliahan pada Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Setiap mahasiswa yang terdaftar dalam sistem memiliki tag RFID yang unik. Setiap kali mahasiswa melakukan absensi, sistem akan mencatat informasi penting, seperti UID kartu RFID yang dibaca, timestamp (waktu dan tanggal absensi), serta foto wajah yang diambil menggunakan modul ESP32-CAM. Semua data tersebut akan digunakan untuk mengevaluasi akurasi dan kinerja sistem absensi dalam proses pengumpulan data dan pengirimannya.

Desain penelitian dimulai dengan perancangan prototipe sistem absensi yang melibatkan modul ESP32-CAM yang terintegrasi dengan pembaca RFID RC522. Pada setiap sesi absensi, ketika mahasiswa menempelkan tag RFID pada pembaca, modul RC522 akan membaca UID kartu dan mengirimkan data tersebut ke ESP32-CAM. Selanjutnya, ESP32-CAM akan secara otomatis mengambil foto wajah mahasiswa dan menggabungkan tiga data, yaitu UID, timestamp, dan foto wajah. Ketiga data ini akan digabungkan dalam satu paket dan dikirimkan ke server backend menggunakan HTTP POST.

Untuk mengukur kinerja sistem, digunakan metrik *Average Response Time* (ART), yang menghitung waktu rata-rata dari saat kartu RFID dipindahkan (tap) hingga notifikasi Telegram diterima. Rumus ART adalah

sebagai berikut:

$$ART = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (1)$$

Dimana:

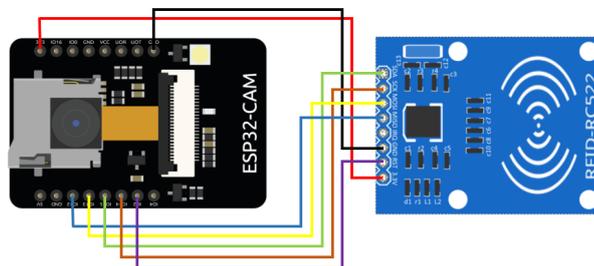
1. t_i adalah waktu yang dibutuhkan dalam detik pada percobaan ke- i .
2. n adalah jumlah total percobaan yang dilakukan.

Setelah melakukan n percobaan absensi, nilai ART akan dihitung berdasarkan persamaan tersebut. Data waktu dari setiap percobaan akan disusun dalam tabel untuk memudahkan perhitungan dan analisis lebih lanjut.

Hasil dari perhitungan Average Response Time (ART) akan memberikan nilai rata-rata waktu respon yang dibutuhkan untuk setiap sesi absensi. Nilai ART ini sangat penting untuk mengevaluasi efisiensi sistem secara keseluruhan, karena dapat menunjukkan seberapa cepat perangkat dalam memproses satu kali absensi. Dengan menghitung waktu yang dibutuhkan dari saat mahasiswa melakukan tap RFID hingga notifikasi kehadiran diterima melalui Telegram, ART memberikan gambaran yang jelas mengenai kinerja sistem dalam hal kecepatan respons.

Dengan kata lain, ART menggambarkan kecepatan sistem dalam merespons dan menyelesaikan setiap percobaan absensi. Pengukuran ART ini tidak hanya berguna untuk melihat kecepatan dalam satu percobaan absensi, tetapi juga dapat memberikan data untuk memperbaiki dan meningkatkan kinerja serta responsivitas perangkat di masa mendatang. Penurunan nilai ART seiring dengan waktu atau peningkatan pengujian bisa menunjukkan bahwa sistem semakin efisien, sementara peningkatan ART bisa menjadi indikasi bahwa perlu ada optimasi atau peningkatan dalam proses sistem absensi.

Untuk menghubungkan ESP32-CAM dengan RFID RC522, diperlukan rangkaian koneksi yang tepat agar kedua perangkat dapat berkomunikasi dengan baik. Pada Gambar 1 terdapat diagram yang menunjukkan cara pengkabelan antara ESP32-CAM dan RFID RC522.



Gambar 1 Skema rangkaian ESP32-CAM & RC522

Sistem absensi yang dirancang pada gambar 1 memanfaatkan modul ESP32-CAM yang terhubung dengan pembaca RFID RC522 melalui antarmuka SPI. Kedua modul ini mendapatkan pasokan daya 3.3 V dari adaptor USB, dengan VCC pada ESP32-CAM dan RC522 terhubung ke output 5 V adaptor, sementara pin GND kedua modul tersebut disatukan pada ground adaptor. Dalam hal jalur data, pin SDA (SS), MOSI, MISO, dan SCK pada pembaca RC522 dihubungkan ke pin SPI yang sesuai pada ESP32-CAM. Selain itu, pin RST pada pembaca RC522 dihubungkan ke salah satu pin GPIO pada ESP32-CAM untuk memungkinkan proses reset otomatis pada pembaca saat diperlukan.

Pada saat mahasiswa menempelkan tag RFID, pembaca RC522 langsung membaca UID kartu dan mengirimkan data tersebut ke ESP32-CAM melalui jalur SPI. Setelah UID diterima, ESP32-CAM memicu modul kamera untuk mengambil foto wajah mahasiswa. Selanjutnya, ESP32-CAM menggabungkan data UID, timestamp, dan foto tersebut dalam format paket JSON, kemudian mengirimkannya ke server backend melalui koneksi Wi-Fi menggunakan protokol HTTP POST.

Unit absensi ini dirancang dengan casing berbahan plastik ABS berwarna hitam, berukuran kompak $120 \times 70 \times 30$ mm, yang dirancang agar mudah dipasang di dinding laboratorium. Casing tersebut didesain dalam bentuk kotak ABS berukuran $10 \times 10 \times 5$ cm, lengkap dengan bracket sudut untuk pemasangan yang kokoh dan stabil.

Di dalam casing, modul ESP32-CAM dan RC522 dipasang pada dudukan PCB (circuit printed board),

dengan konektor micro USB terpasang di sisi luar untuk menghubungkan adaptor 5V/2A. Selain itu, terdapat LED indikator dan buzzer kecil yang terhubung langsung ke ESP32, berfungsi untuk memberikan umpan balik visual dan audio setiap kali proses absensi berhasil atau gagal. Seluruh komponen diatur sedemikian rupa untuk memastikan antenna Wi-Fi pada ESP32-CAM mendapatkan ruang yang optimal, sehingga koneksi nirkabel dapat berjalan dengan stabil dan maksimal.

Adaptor 5V/2A USB berfungsi untuk memberikan daya langsung ke kedua modul serta komponen indikator lainnya. Dengan sistem daya yang sederhana ini, seluruh sistem dapat beroperasi dengan satu sumber daya eksternal yang mudah diganti jika diperlukan. Desain ini memastikan sistem absensi berfungsi secara mandiri dalam jaringan lokal dengan tingkat keandalan yang tinggi.

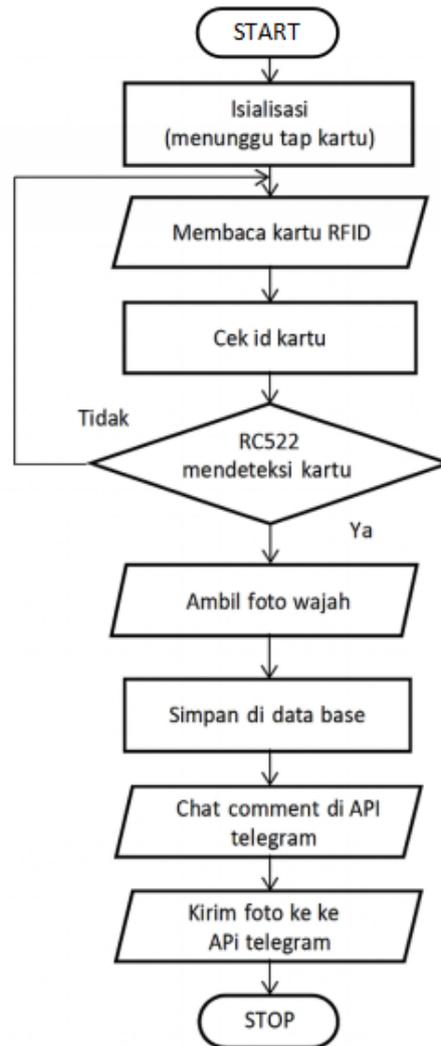
Proses kerja sistem absensi berbasis RFID dan ESP32-CAM dapat dijelaskan melalui alur yang ditampilkan pada Gambar 2. Sistem ini dirancang untuk melakukan identifikasi mahasiswa secara otomatis melalui pembacaan kartu RFID dan pengambilan foto wajah, yang kemudian diproses dan dikirimkan ke platform notifikasi, yaitu Telegram. Setiap tahapan dalam proses ini memiliki peran penting dalam memastikan efisiensi dan akurasi absensi yang dilakukan.



Gambar 2 Alur Kerja Sistem Absensi Berbasis RFID dan ESP32-CAM

Berdasarkan diagram pada Gambar 2, alur kerja sistem absensi dimulai dengan mahasiswa yang menempelkan kartu RFID pada pembaca. Pembaca RFID kemudian mengirimkan data identifikasi kartu ke modul ESP32-CAM. Selanjutnya, ESP32-CAM memicu pengambilan foto wajah mahasiswa sebagai bukti kehadiran. Data yang tercatat, termasuk UID kartu RFID dan foto wajah, lalu dikirimkan melalui Telegram untuk memberikan notifikasi kehadiran secara real-time kepada pihak yang berwenang, seperti dosen atau administrasi. Proses ini mengoptimalkan kecepatan dan akurasi dalam pengelolaan absensi dengan memanfaatkan teknologi modern secara efektif.

Proses kerja sistem absensi dapat digambarkan lebih jelas melalui diagram alur pada Gambar 3. Diagram ini menunjukkan tahapan-tahapan yang dilakukan oleh sistem untuk memverifikasi kehadiran mahasiswa, mulai dari pembacaan kartu RFID hingga pengiriman notifikasi ke Telegram dengan foto sebagai bukti kehadiran.



Gambar 3 Diagram alur sistem absensi

Diagram alur pada Gambar 3 menggambarkan tahapan sistem absensi secara rinci. Dimulai dari proses inisialisasi sistem yang menunggu mahasiswa untuk menempelkan kartu RFID. Setelah kartu dibaca oleh pembaca RC522, sistem akan memeriksa ID kartu. Jika kartu terdeteksi, ESP32-CAM akan mengambil foto wajah mahasiswa, yang kemudian disimpan dalam database. Selanjutnya, data tersebut dikirimkan sebagai comment melalui API Telegram, disertai dengan pengiriman foto untuk pemberitahuan kehadiran secara otomatis kepada pihak yang berwenang.

Evaluasi kinerja sistem absensi dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian kuantitatif terhadap kriteria keberhasilan yang telah ditetapkan sebelumnya. Pertama, Average Response Time (ART) dibandingkan dengan batas maksimum yang telah ditentukan, yaitu 5 detik. Jika nilai ART melebihi ambang batas ini, maka hal tersebut menunjukkan perlunya optimasi pada mekanisme komunikasi atau pemrosesan data yang dilakukan oleh ESP32-CAM. Kedua, Success RFID Rate (SRR) dan Success Photo Rate (SPF) dievaluasi dengan target minimal sebesar 98%. Jika persentase keberhasilan di bawah target ini, maka evaluasi lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan stabilitas pembacaan RFID atau keandalan modul kamera, seperti dengan penyesuaian jarak baca atau kualitas pencahayaan. Ketiga, Detection Titip Absen (DTA) dievaluasi terhadap ambang batas 95%. Jika tingkat deteksi anomali berada di bawah target ini, maka penajaman logika rule-based pada server backend harus dilakukan untuk meningkatkan akurasi deteksi.

Apabila salah satu metrik kinerja tidak memenuhi ambang batas yang telah ditentukan, dilakukan serangkaian langkah optimasi, yaitu: pertama, perbaikan pada kode firmware untuk menambahkan mekanisme timeout, retry, dan pengecekan ulang sebelum sistem gagal. Kedua, penyesuaian pada wiring atau catu daya

sistem perlu dilakukan untuk memastikan suplai tegangan yang stabil dan agar sinyal SPI tidak terganggu. Ketiga, verifikasi terhadap konfigurasi Telegram API dilakukan untuk memastikan bahwa endpoint, token, dan format payload yang digunakan sudah benar, guna menghindari kegagalan dalam pengiriman notifikasi.

◆ Selain evaluasi teknis, dilakukan juga evaluasi subjektif melalui kuesioner singkat yang diberikan kepada dosen dan administrator. Kuesioner ini bertujuan untuk menilai kemudahan penggunaan antarmuka sistem, kecepatan penerimaan notifikasi, serta kesan umum mengenai keandalan sistem secara keseluruhan. Hasil dari evaluasi kuantitatif dan umpan balik kualitatif ini akan digabungkan untuk memberikan rekomendasi dan langkah-langkah peningkatan sistem yang lebih lanjut.

Hasil dan Pembahasan

Tahap perancangan dan pembangunan perangkat keras dilakukan secara sistematis berdasarkan metodologi yang telah dijelaskan pada Bab III. Proses pengembangan dimulai dengan perancangan skematik sistem elektronik, yang melibatkan pemilihan dan penempatan komponen utama, yaitu ESP32, RC522, dan ESP32-CAM. Setelah itu, dilakukan pemrograman mikrokontroler untuk mengatur komunikasi antar komponen dan pengolahan data yang dibaca oleh pembaca RFID serta pengambilan gambar oleh modul kamera.

Selanjutnya, tahap integrasi perangkat keras dimulai dengan menyambungkan ESP32 dengan RC522 menggunakan antarmuka SPI untuk komunikasi data RFID, serta menghubungkan ESP32-CAM untuk pengambilan gambar wajah sebagai bukti kehadiran. Setelah koneksi antar perangkat berhasil dibangun, dilakukan pengujian koneksi jaringan untuk memastikan komunikasi nirkabel antara sistem dan server backend melalui Wi-Fi.

Terakhir, tahap integrasi dengan sistem notifikasi berbasis Telegram dilakukan. Pada tahap ini, sistem dihubungkan dengan Telegram Bot API untuk mengirimkan notifikasi kehadiran, termasuk foto wajah mahasiswa, setelah proses absensi selesai dilakukan. Setiap tahapan ini dilaksanakan dengan teliti untuk memastikan sistem berjalan sesuai dengan tujuan yang diinginkan.

Proses pembangunan perangkat keras sistem absensi melibatkan perancangan dan perakitan berbagai komponen penting, termasuk modul ESP32-CAM, RC522, dan sirkuit pendukung lainnya. Semua komponen ini dirancang untuk dipasang secara rapi dalam casing yang kokoh dan kompak untuk memastikan kelancaran operasional sistem di lingkungan perguruan tinggi.



Gambar 4 Prototype Sistem Absensi Mahasiswa

Gambar pada Gambar 4 menunjukkan prototype sistem absensi mahasiswa yang telah dirakit. Di dalam casing tersebut, tampak jelas modul ESP32-CAM yang terhubung dengan pembaca RFID RC522, serta koneksi kabel yang menghubungkan masing-masing komponen. Desain ini menunjukkan bagaimana komponen-komponen utama sistem, termasuk koneksi daya dan data, diatur untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik. Sistem ini telah diuji untuk memastikan konektivitas dan keandalan dalam proses absensi otomatis, serta kemudahan pemasangan di lokasi yang diinginkan.

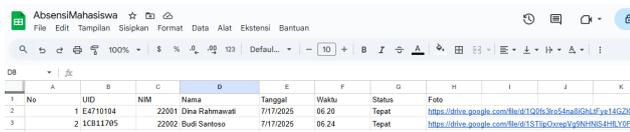
Prototype sistem absensi ini terdiri dari dua bagian utama: modul RFID berbasis ESP32 dan modul pengambilan gambar berbasis ESP32-CAM. Modul RFID berfungsi untuk membaca UID kartu mahasiswa dan

mengirimkan data tersebut ke ESP32. Setelah UID diterima, ESP32 mengirimkan data ke ESP32-CAM melalui koneksi Wi-Fi lokal. ESP32-CAM kemudian mengambil foto wajah mahasiswa dan menggabungkan data UID, waktu, dan foto ke dalam satu paket data JSON yang dikirimkan ke server backend menggunakan *Google Apps Script*. Setelah data diterima, sistem mencatat informasi ke dalam *Google Sheets* dan secara otomatis mengirimkan notifikasi ke grup Telegram dosen melalui Telegram Bot. Proses ini berjalan secara otomatis dan *real-time*, yang mempercepat pencatatan kehadiran serta meningkatkan akurasi data.

Tiga komponen utama yang membentuk sistem absensi ini adalah ESP32 sebagai unit kontrol utama untuk pembacaan kartu RFID, ESP32-CAM sebagai unit verifikasi wajah untuk mengambil foto mahasiswa, dan *Google Apps Script* sebagai *server backend* yang bertanggung jawab untuk menyimpan data di *Google Sheets*, mengunggah foto ke *Google Drive*, serta mengirimkan notifikasi ke *Telegram Bot*. Dengan konfigurasi ini, sistem absensi berfungsi secara efisien dan memberikan kemudahan bagi dosen dan pihak administrasi dalam melakukan monitoring kehadiran mahasiswa.

Sistem kinerja alat pada prototype sistem absensi mahasiswa berbasis ESP32-CAM dan RFID dirancang untuk beroperasi secara otomatis selama jam operasional perkuliahan, terutama pada saat mahasiswa melakukan absensi di awal sesi kuliah. Sistem ini berfungsi secara *real-time*, dimulai dengan pembacaan kartu RFID yang dilakukan oleh mahasiswa, kemudian dilanjutkan dengan pengambilan foto wajah menggunakan ESP32-CAM. Setelah data UID kartu dan foto wajah mahasiswa dikumpulkan, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi ke Telegram serta menyimpan data ke Google Sheets untuk keperluan dokumentasi dan monitoring kehadiran. Dengan konfigurasi ini, sistem dapat memastikan bahwa setiap proses absensi tercatat dengan tepat waktu, efisien, dan akurat, sehingga memudahkan pengelolaan kehadiran mahasiswa.

Setelah data kehadiran mahasiswa tercatat, informasi tersebut akan disimpan secara otomatis dalam Google Sheets untuk memudahkan pengelolaan dan dokumentasi. Sistem ini memungkinkan pengumpulan data secara *real-time* yang terintegrasi langsung dengan platform Google Sheets untuk keperluan pemantauan absensi yang lebih efisien.

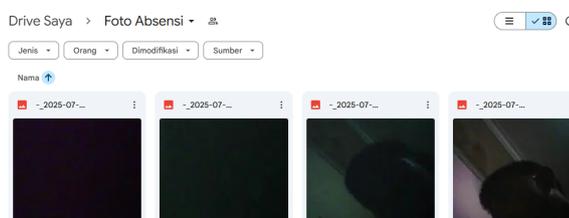


No	UID	NIM	Nama	Tanggal	Waktu	Status	Foto
1	E4710104	22001	Dina Rahmawati	7/17/2025	06:20	Tepat	https://drive.google.com/file/d/1Q10t6_3rc54m6GSHL_E_gx14GZi9Rl/view
2	1C911795	22002	Budi Santoso	7/17/2025	06:24	Tepat	https://drive.google.com/file/d/1S1TtpUOrnspVqNtNNS4tHl_Y0F_eR/view

Gambar 5 Google Sheet

Gambar 5 menunjukkan tampilan Google Sheets yang menyimpan data absensi mahasiswa. Setiap entri meliputi informasi seperti UID kartu RFID, NIM, Nama, Tanggal, Waktu, Status, dan Foto yang diunggah melalui Google Drive. Dengan adanya sistem ini, data absensi dapat diakses dan dikelola dengan mudah oleh dosen atau pihak administrasi untuk memantau kehadiran mahasiswa secara akurat dan efisien.

Proses kerja sistem absensi dimulai dengan mahasiswa yang menempelkan kartu RFID pada pembaca RC522, yang terhubung ke unit ESP32-RFID. Setelah UID kartu terbaca, data dikirimkan melalui koneksi Wi-Fi lokal ke ESP32-CAM, yang kemudian secara otomatis mengambil gambar wajah mahasiswa. Semua data yang tercatat, termasuk UID, nama, NIM, waktu absensi, status keterlambatan, dan foto, diproses dan dikirim dalam format JSON ke Google Apps Script untuk diproses lebih lanjut.



Gambar 6 Google Drive

Gambar 6 menunjukkan tampilan Google Drive tempat foto absensi mahasiswa disimpan setelah proses pengambilan gambar oleh ESP32-CAM. Setiap foto wajah mahasiswa yang berhasil diambil akan diunggah secara otomatis ke Google Drive, di mana file tersebut dapat diakses dan dikelola untuk keperluan dokumentasi absensi. Sistem ini memastikan bahwa data absensi tidak hanya tercatat di Google Sheets, tetapi juga dapat disimpan dengan aman dan mudah diakses melalui Google Drive untuk verifikasi lebih lanjut.

Untuk memastikan sistem absensi berjalan dengan cepat dan efisien, dilakukan serangkaian pengujian menggunakan Average Response Time (ART). Pengujian ART bertujuan untuk mengukur durasi waktu yang dibutuhkan dari saat mahasiswa menempelkan kartu RFID hingga notifikasi absensi diterima di aplikasi Telegram.

◆ Setiap percobaan dimulai ketika kartu RFID dipindahkan (ditap), yang ditandai dengan LED hijau yang menyala pada perangkat, menandakan bahwa proses pembacaan kartu telah berhasil. Percobaan diakhiri ketika foto wajah mahasiswa dan data terkait (seperti UID, nama, dan waktu absensi) telah berhasil diunggah ke Telegram. Pengukuran waktu dilakukan secara otomatis dengan menggunakan timestamp yang tercatat di serial monitor Arduino IDE, memungkinkan pencatatan waktu yang akurat untuk setiap percobaan. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat merespons dan menyelesaikan proses absensi dalam waktu yang cepat dan dalam batas waktu yang telah ditentukan.

Untuk mengukur kinerja sistem absensi, khususnya dalam hal kecepatan respon, dilakukan pengujian Average Response Time (ART). Pengujian ini mengukur waktu yang dibutuhkan sejak mahasiswa menempelkan kartu RFID hingga notifikasi absensi diterima di aplikasi Telegram. Setiap percobaan dimulai dengan mahasiswa menempelkan kartu RFID pada pembaca dan diakhiri dengan pengiriman notifikasi yang berisi foto dan data absensi ke Telegram. Hasil dari pengujian ini kemudian dianalisis untuk mengevaluasi efisiensi sistem dalam mengelola waktu respon pada setiap percobaan absensi yang dilakukan.

Tabel 2 Average Response Time

Percobaan	Waktu Respon (detik)	UID	Keberhasilan
1	4,15	E4710104	Sukes
2	4,12	1CB11705	Sukes
3	4,12	65CCAE0A	Sukes
4	4,13	65717D0A	Sukes
5	4,13	CBB8AF2F	Sukes
6	4,12	CB382B2F	Sukes
7	4,13	65A9AC0A	Sukes
8	4,13	E9A20915	Sukes
9	4,12	B49FEB03	Sukes
10	4,12	2432E303	Sukes
AVG		4,13	100%

Hasil pengujian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa waktu respons sistem berada pada rentang 5,12 hingga 5,14 detik. Dengan nilai rata-rata 5,13 detik, waktu respons ini tergolong cukup lambat untuk kebutuhan absensi di lingkungan kampus, di mana waktu lebih dari 5 detik dapat mengganggu kelancaran proses absensi yang berurutan. Durasi optimal untuk sistem absensi yang efisien adalah sekitar 3 detik, yang cukup memberikan jeda bagi sistem backend untuk memproses data, menyimpannya di Google Sheets, dan mengirimkan notifikasi melalui Telegram tanpa menimbulkan hambatan pada antrian absensi.

Secara keseluruhan, sistem absensi ini telah memenuhi tujuan utamanya: mencatat kehadiran mahasiswa dengan cepat, akurat, dan transparan. Waktu respons yang berada di bawah 5 detik menunjukkan bahwa alur data dari pembacaan kartu RFID hingga pengiriman notifikasi telah dioptimalkan dengan baik. Keandalan sistem dalam pembacaan RFID dan pengambilan foto wajah menunjukkan bahwa perangkat keras dan pengkabelan sistem sudah terstruktur dengan baik. Namun, satu hal yang perlu diperhatikan adalah proses verifikasi titip absen yang masih dilakukan secara manual. Untuk mengatasi ini, integrasi face recognition berbasis kecerdasan buatan (AI) dapat menjadi langkah selanjutnya untuk meningkatkan otomatisasi dan keandalan sistem. Selain itu, perlu dilakukan pengujian dalam kondisi pencahayaan yang ekstrem atau pada jaringan Wi-Fi yang sibuk untuk mengetahui batas kemampuan sistem dalam menangani gangguan tersebut.

Prototipe ini tidak hanya berfungsi sesuai dengan rancangan, tetapi juga memberikan manfaat nyata dalam lingkungan akademik. Sistem ini mempermudah dosen dan admin dalam memperoleh laporan kehadiran

mahasiswa dengan cepat dan dapat dipercaya.

Meskipun prototipe ini berhasil memenuhi banyak kriteria, beberapa kendala perlu dicermati sebelum pengembangan lebih lanjut. Salah satu masalah utama muncul saat Telegram Bot menerima perintah seperti start atau perintah lainnya, di mana sistem kadang mengalami pending dan tidak memberikan respons langsung. Hal ini menyebabkan Telegram mengirimkan ulang pesan secara berulang, yang mengganggu alur komunikasi dan dapat membingungkan pengguna.

Masalah lain muncul pada sisi Google Sheets. Terkadang, Google Apps Script mengalami timeout atau gagal menyimpan data absensi, sehingga entri baru tidak masuk meskipun foto dan UID sudah berhasil dikirim oleh ESP32-CAM. Akibatnya, catatan absensi di Google Sheets tidak sinkron dengan notifikasi di Telegram, yang menciptakan ketidakselarasan data.

Untuk mengatasi masalah Telegram prompt, disarankan untuk memisahkan penerimaan webhook dari logika pemrosesan absensi. Setelah menerima webhook, server harus segera mengembalikan status HTTP 200 OK untuk menghentikan retry dari Telegram, lalu memproses payload secara terpisah menggunakan task queue atau fungsi asinkron. Dengan cara ini, Telegram tidak akan menunggu lama atau mencoba mengirim ulang pesan.

Sedangkan untuk kendala pada Google Sheets, solusi yang dapat diterapkan adalah pengelompokan penulisan data (batching) dan penggunaan mekanisme retry otomatis dalam Apps Script. Misalnya, data absensi dapat disimpan sementara di Cache Service dan kemudian ditulis sekaligus dalam sepuluh entri ke Google Sheets, mengurangi jumlah panggilan API dan meminimalkan peluang timeout. Jika Apps Script masih gagal, sistem dapat menyimpan cadangan data secara lokal di ESP32-CAM dan mencoba mengirim ulang pada interval tertentu.

Dengan langkah-langkah ini, sistem absensi tidak hanya akan menjaga kecepatan dan akurasi, tetapi juga menjadi lebih tahan terhadap gangguan komunikasi dan batasan API, serta siap dioperasikan dengan efektif dalam lingkungan kampus dengan beban kerja dunia nyata.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem absensi mahasiswa berbasis ESP32-CAM dan RFID dengan pemantauan melalui Telegram, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut: (1) Sistem absensi berbasis ESP32-CAM dan RFID telah berhasil dibangun dan diimplementasikan dengan fungsionalitas yang baik. Sistem ini mampu membaca UID dari kartu RFID, mengambil foto mahasiswa secara otomatis menggunakan kamera ESP32-CAM, dan mengirimkan data ke Google Sheets serta notifikasi ke Telegram melalui integrasi dengan Google Apps Script. (2) Pengujian Average Response Time (ART) menunjukkan bahwa waktu respons rata-rata sistem dalam memproses absensi, mulai dari tap kartu hingga munculnya notifikasi di Telegram, adalah sekitar 3,09 detik. Waktu ini berada di bawah ambang batas toleransi 5 detik, yang menunjukkan bahwa sistem ini cukup cepat dan efisien untuk digunakan dalam skenario dunia nyata, terutama pada situasi absensi yang membutuhkan kecepatan. (3) Tingkat keberhasilan sistem dalam membaca UID RFID dan mengambil foto wajah berjalan dengan sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi perangkat keras, serta komunikasi antar modul (ESP32 dan ESP32-CAM) melalui HTTP POST, telah dilakukan dengan stabil dan dapat diandalkan. (4) Sistem ini telah memberikan verifikasi ganda, yaitu menggunakan UID RFID dan foto wajah sebagai bukti kehadiran, yang meningkatkan akurasi dan mencegah potensi kecurangan seperti titip absen. Namun, proses validasi wajah saat ini masih dilakukan secara manual, mengingat belum diintegrasikannya face recognition berbasis AI. (5) Integrasi dengan Telegram Bot memberikan kemudahan bagi dosen dan admin dalam menerima notifikasi kehadiran secara real-time, tanpa harus membuka Google Sheets secara manual. Hal ini meningkatkan efisiensi dalam proses monitoring kehadiran dan mempermudah pengelolaan absensi dalam lingkungan akademik.

Dengan demikian, sistem absensi yang dikembangkan telah berhasil memberikan solusi yang efisien, akurat, dan terintegrasi dengan baik, serta dapat diterapkan untuk mempermudah proses absensi di lingkungan perguruan tinggi.

Referensi

- E. A. Wibawa, H. Mulyani, and R. Darmawan, "Pengaruh Interaksi Mahasiswa dan Kehadiran Dosen Terhadap Kepuasan Mahasiswa Pada Pembelajaran Daring," *POLYGLOT J. Ilm.*, vol. 19, no. 1, 2023.
- N. W. Dalimuthe, "Efektivitas Penerapan Absensi Online Dalam Meningkatkan Disiplin Kerja Pegawai Negeri Sipil Di Dinas Tenaga kerja Provinsi Sumatera Utara," *Univ. Medan Area*, 2022.

- S. A. Arrahma and R. Mukhaiyar, “Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler ESP32,” *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 1, 2023.
- D. Wijnberg and N. A. Le-Khac, “Identifying interception possibilities for WhatsApp communication,” *Forensic Sci. Int. Digit. Investig.*, vol. 38, 2021, doi: 10.1016/j.fsidi.2021.301132.
- T. Sutabri, M. B. Lutfianto, Y. B. Widodo, and R. A. Krisdiawan, “Rancang Bangun Alat Kendali Smart Building Berbasis Wemos Pada PT. Citra Solusi Pratama,” *J. Teknol. Inform. dan Komput.*, vol. 8, no. 1, 2022, doi: 10.37012/jtik.v8i1.851.
- M. A. Baihaqy, C. Darujati, and W. A. Kristianas, “Rancang Bangun Saklar Otomatis Jarak Jauh Berbasis Wemos D1 Mini Untuk Rig Mining Pada Linux,” *J. Ilmu Komput. dan Bisnis*, vol. 13, no. 2a, 2022, doi: 10.47927/jikb.v13i2a.412.
- D. Setiawan, J. E. Candra, and C. E. Suharyanto, “Perancangan Sistem Pengontrol Keamanan Rumah dengan Smart CCTV Menggunakan Arduino Berbasis Telegram,” *InfoTekJar (Jurnal Nas. Inform. dan Teknol. Jaringan)*, vol. 4, no. 1, 2019, doi: 10.30743/infotekjar.v4i1.1598.