



Rancang Bangun Presensi Siswa Berbasis RFID Menggunakan ESP32 dan Web Lokal

Alifio Muhammad Ziedan¹, Oktavia Hardiyantari^{2*}

^{1,2} Pendidikan Teknologi Informasi, Bisnis & Humaniora, Universitas Teknologi Yogyakarta, Indonesia

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima : **21 Januari 2026**

Direvisi : **14 Maret 2026**

Diterbitkan : **01 Juni 2026**

Kata Kunci:

Sistem Presensi,

Kartu RFID,

ESP32.

Keywords:

Attendance System,

RFID Card,

ESP32,

ABSTRAK

Presensi siswa merupakan elemen penting dalam administrasi pendidikan. Namun, banyak lembaga pendidikan masih menggunakan metode kehadiran konvensional yang kurang efektif serta rentan terhadap kesalahan dokumentasi dan pengolahan informasi. Studi ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem kehadiran siswa berbasis kartu RFID yang terintegrasi dengan ESP32 dan platform web lokal, sehingga memungkinkan proses kehadiran yang lebih tepat, efisien, dan mudah digunakan. Metode penelitian yang diterapkan adalah model pengembangan Waterfall, yang mencakup fase analisis kebutuhan, desain, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan sistem. Sistem ini menggunakan modul RFID RC522 untuk identifikasi siswa, ESP32 sebagai pengontrol utama, dan web lokal untuk administrasi data kehadiran. Pengujian fungsional dilakukan melalui teknik pengujian black box dengan skala Guttman, yang menunjukkan bahwa seluruh fitur utama sistem berhasil terverifikasi sesuai skenario pengujian terbatas. Temuan penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang beroperasi dengan baik, efisien, dan mudah digunakan, sehingga layak untuk diimplementasikan di sekolah.

ABSTRACT

Student attendance is an important element in educational administration. However, many educational institutions still use conventional attendance methods that are less effective and prone to documentation and information processing errors. This study aims to design and develop an RFID card-based student attendance system integrated with ESP32 and a local web platform, thus enabling a more precise, efficient, and user-friendly attendance process. The research method applied is the Waterfall development model, which includes the phases of requirements analysis, design, implementation, testing, and system maintenance. This system uses an RC522 RFID module for student identification, ESP32 as the main controller, and a local web for attendance data administration. Functional testing was conducted using black box testing techniques with the Guttman scale, which showed that all main features of the system were successfully verified according to limited test scenarios. The research findings indicate that the designed system operates well, is efficient, and easy to use, making it feasible for implementation in schools.

Penulis Korespondensi:

Oktavia Hardiyantari,

Pendidikan Teknologi Informasi,

Universitas Teknologi Yogyakarta, Indonesia

Email: oktavia.hardiyantari@uty.ac.id

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license



1. PENDAHULUAN

Presensi merupakan komponen penting dalam kegiatan administrasi pendidikan karena berfungsi sebagai indikator kedisiplinan siswa, dasar penilaian kehadiran, serta bahan evaluasi terhadap proses pembelajaran [1].

Dalam praktiknya, banyak sekolah di Indonesia yang masih menggunakan metode presensi manual seperti tanda tangan pada lembar kehadiran [2]. Metode presensi manual dianggap sederhana, tetapi memiliki sejumlah permasalahan seperti risiko kehilangan data, inkonsistensi pencatatan, serta potensi kecurangan berupa titip absen [3]. Presensi manual kurang efektif untuk diterapkan di lingkungan pendidikan modern karena membutuhkan waktu rekap yang lama, rawan manipulasi, dan tidak menyediakan histori data yang mudah diakses untuk kepentingan evaluasi [4],[5].

Berdasarkan dari hasil wawancara yang telah dilaksanakan pada tanggal 6 November 2025 dengan Bapak Arif sebagai guru informatika di SMA Negeri 1 Kalasan, diperoleh informasi bahwa sistem presensi yang digunakan di sekolah tersebut masih menerapkan metode QR Code, di mana siswa melakukan pemindaian menggunakan telepon genggam masing-masing. Metode barcode dinilai cukup efektif, namun masih memiliki kekurangan, terutama dalam hal kecepatan pemrosesan data presensi [6]. Hal serupa juga disampaikan oleh salah satu siswa SMA Negeri 1 Kalasan bernama Samuel W. L., yang menyatakan bahwa siswa sering mengalami kendala saat melakukan presensi, seperti harus mengantri cukup lama. Selain itu, keterlambatan pemindaian QR Code juga menyebabkan penumpukan siswa, sehingga proses presensi menjadi kurang efisien dan memakan waktu [7].

Seiring berkembangnya sistem presensi, teknologi otomasi berbasis Radio Frequency Identification (RFID) mulai banyak diterapkan sebagai alternatif sistem presensi manual [8]. Teknologi RFID bekerja menggunakan gelombang radio untuk membaca identitas unik (UID) dari sebuah kartu tanpa kontak langsung [9]. Sistem presensi RFID memiliki keunggulan seperti kecepatan proses identifikasi, daya tahan kartu yang tinggi, serta kemampuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecurangan. Penerapan RFID pada sistem presensi dapat meningkatkan akurasi pencatatan dan mengurangi kesalahan input hingga lebih dari 90% dibandingkan metode manual[10].

Di sisi lain, perkembangan mikrokontroler modern seperti ESP32 mendorong kemudahan perancangan perangkat presensi berbasis Internet of Things (IoT). ESP32 memiliki kelebihan berupa konektivitas Wi-Fi bawaan, kemampuan menjalankan web server, serta penyimpanan lokal yang cukup untuk mengelola data presensi secara terintegrasi [11]. ESP32 merupakan platform yang efisien untuk sistem IoT karena konsumsi daya rendah, stabilitas koneksi, serta fleksibilitas untuk dikembangkan menjadi sistem mandiri tanpa bergantung pada server eksternal [12].

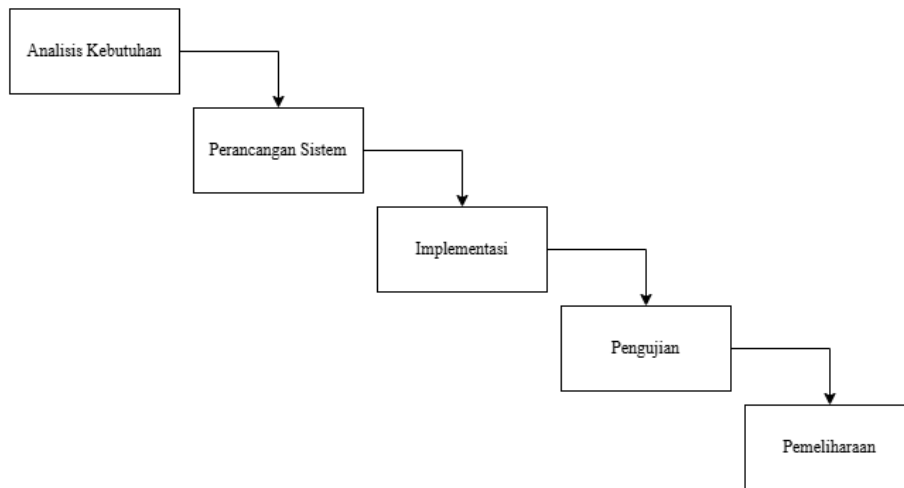
Pemanfaatan web lokal (*local web server*) dalam sistem presensi memberikan keuntungan besar terutama bagi sekolah yang berada di lingkungan dengan akses internet terbatas atau ingin menjaga privasi data siswa [13],[14]. Dengan web lokal, data presensi dapat disimpan, dikelola, dan diakses melalui jaringan internal tanpa perlu mengunggah ke layanan cloud [15]. Sistem presensi berbasis web lokal lebih aman dari risiko kebocoran data karena seluruh proses berjalan di dalam jaringan sekolah, dan memberikan kemudahan bagi guru maupun operator untuk memantau kehadiran siswa melalui perangkat apa pun yang terhubung ke jaringan yang sama.

Berbagai teknologi presensi telah dikembangkan, namun penelitian sebelumnya umumnya masih berfokus pada penggunaan server pihak ketiga atau platform *cloud* yang bergantung pada koneksi internet publik. Masih terdapat solusi lain di mana integrasi kartu RFID, mikrokontroler ESP32, dan platform web lokal sebagai ekosistem yang sepenuhnya mandiri (*standalone*) belum banyak diimplementasikan secara komprehensif untuk kebutuhan sekolah.

Melihat kondisi tersebut, diperlukan pengembangan sistem presensi yang lebih komprehensif, *low-cost*, dan dapat berfungsi secara mandiri tanpa ketergantungan terhadap internet eksternal. Oleh karena itu, penelitian ini mengusung judul "Rancang Bangun Presensi Siswa Berbasis RFID Menggunakan ESP32 dan Web Lokal" sebagai solusi yang dirancang untuk menjawab permasalahan tersebut. Sistem ini diharapkan mampu menghadirkan proses presensi yang lebih cepat, akurat, aman, efisien, serta mudah dioperasikan oleh pihak sekolah. Dengan memanfaatkan ESP32 sebagai pengendali utama dan server lokal, sistem dapat memberikan antarmuka web yang sederhana namun informatif untuk menampilkan laporan presensi harian, memeriksa data siswa, dan mengelola riwayat kehadiran tanpa memerlukan perangkat tambahan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode R&D dengan model pengembangan *Waterfall*. Model *Waterfall* dipilih karena karakteristik sistem yang dikembangkan sesuai dengan penelitian ini [16]. Tahapan pada model *Waterfall* yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan [17].



Gambar 1. Tahapan Waterfall

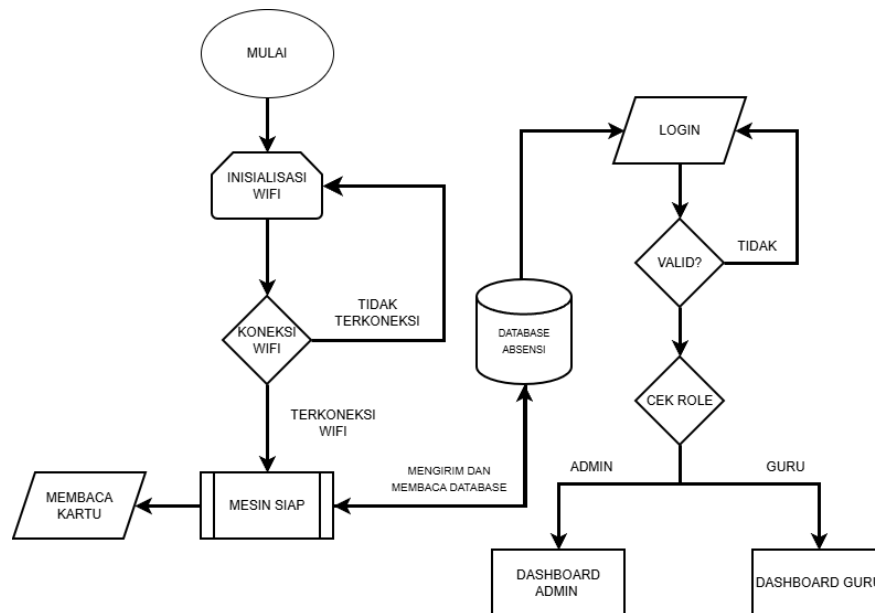
Tahap awal melibatkan identifikasi masalah pada mekanisme presensi saat ini melalui pengamatan langsung dan wawancara dengan pihak sekolah. Hasil dari tahap ini adalah daftar kebutuhan fungsional, seperti proses absensi otomatis berbasis RFID dan penyajian informasi melalui platform *web* lokal, serta kebutuhan non-fungsional yang mencakup responsivitas sistem, kemudahan interaksi (*usability*), dan perlindungan data. Tahap berikutnya adalah perancangan sistem. Tahap ini mencakup penyusunan arsitektur sistem, diagram alir (*flowchart*), basis data, serta desain antarmuka (*user interface*) *web* lokal. Fokus utama perancangan adalah integrasi antara mikrokontroler ESP32 dengan modul RFID RC522 serta alur logika perangkat lunak dalam mengelola data presensi. Selanjutnya adalah tahap implementasi. Rancangan direalisasikan melalui perakitan perangkat keras (*hardware*) dan pengembangan kode program perangkat lunak (*software*) untuk sistem presensi dan *server web* lokal berbasis ESP32. Setelah implementasi, dilakukan fase pengujian untuk memastikan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai spesifikasi awal. Pengujian dilakukan menggunakan teknik *black-box testing* untuk memeriksa fungsionalitas dan uji *usability* oleh ahli sistem, administrator, dan guru. Fase terakhir adalah pemeliharaan yang bertujuan untuk memperbaiki kendala teknis pasca-implementasi dan meningkatkan efektivitas sistem agar dapat beroperasi secara optimal dalam jangka panjang.

3. HASIL DAN ANALISIS

Pada bagian ini dibahas tahapan pengembangan sistem yang dilakukan serta hasil yang diperoleh dari setiap tahapan tersebut.

3.1. Desain Flowchart

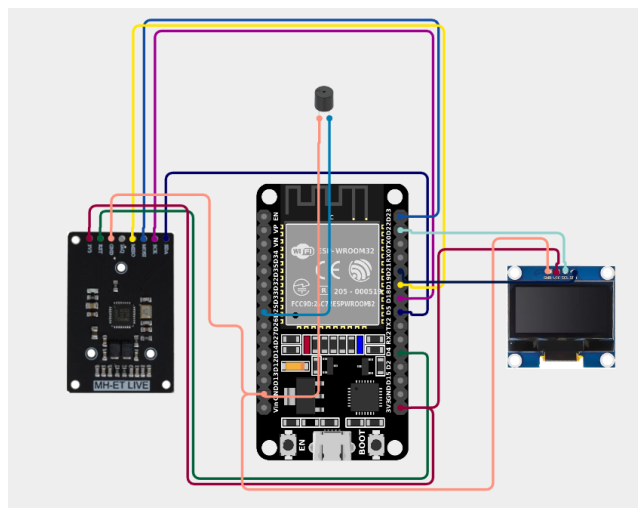
Gambar 2 menunjukkan rancangan dan realisasi perangkat keras sistem presensi siswa berbasis kartu RFID dengan ESP32 dan *web* lokal. Perangkat keras ini berfungsi sebagai unit utama untuk membaca kartu RFID, memproses data kehadiran, serta mengirimkan informasi ke *web server* lokal. Untuk memperjelas alur kerja sistem, disusun sebuah *flowchart* sebagai representasi logika sistem presensi berbasis RFID. *Flowchart* tersebut menggambarkan tahapan proses mulai dari pembacaan kartu RFID, pengolahan data oleh ESP32, hingga penampilan informasi presensi pada *web* lokal.



Gambar 2. Desain Flowchart

3.2. Desain Perangkat

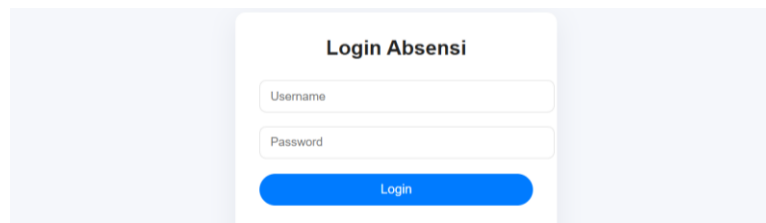
Desain konfigurasi perangkat keras pada sistem presensi ini menunjukkan hubungan dan jalur komunikasi antar komponen utama yang digunakan. Pada Gambar 3, ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali sistem yang mengatur proses pembacaan kartu RFID, pengolahan data presensi, serta komunikasi dengan tampilan dan web server lokal. Modul RFID RC522 digunakan sebagai pembaca kartu RFID, sedangkan layar OLED digunakan untuk menampilkan informasi status sistem secara langsung. Koneksi antara ESP32 dan modul RFID RC522 menggunakan komunikasi SPI (Serial Peripheral Interface). Jalur pin yang digunakan terdiri dari pin SDA (SS) RC522 yang dihubungkan ke GPIO 5 ESP32 sebagai pin seleksi perangkat, pin SCK RC522 ke GPIO 18, pin MOSI ke GPIO 23, dan pin MISO ke GPIO 19. Selain itu, pin RST pada RC522 dihubungkan ke GPIO 22 ESP32 untuk mengontrol proses reset modul. Modul RC522 mendapatkan suplai daya dari pin 3,3 V ESP32 dan terhubung ke GND, karena modul ini hanya bekerja pada tegangan 3,3 V. Layar OLED dihubungkan ke ESP32 menggunakan komunikasi I2C. Pin SDA OLED dihubungkan ke GPIO 21, sedangkan pin SCL dihubungkan ke GPIO 22. Layar OLED juga mendapatkan catu daya dari pin 3,3 V ESP32 dan terhubung ke GND. Penggunaan antarmuka I2C memungkinkan komunikasi data yang sederhana dan efisien antara ESP32 dan layar OLED. Seluruh komponen dirangkai dalam satu sistem dengan sumber daya terpusat pada ESP32, sehingga setiap perangkat dapat bekerja secara terintegrasi. Pengaturan jalur pin dan komunikasi ini dirancang untuk memastikan proses pembacaan kartu RFID berjalan cepat, data presensi dapat diproses dengan baik, serta informasi sistem dapat ditampilkan dan dikirim ke web lokal secara akurat dan stabil.



Gambar 3. Desain Perangkat

3.3. Desain UI

Desain antarmuka bertujuan untuk memfasilitasi akses mudah bagi admin dan guru dalam memantau dan mengelola data kehadiran. Fase desain ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa sistem yang dibangun dapat beroperasi dengan struktur yang baik dan memenuhi kebutuhan pengguna. Gambar 4 menunjukkan antarmuka halaman login sebagai titik akses awal dalam sistem. Halaman ini berfungsi sebagai mekanisme verifikasi pengguna sebelum masuk ke sistem. Pengguna diharuskan memasukkan nama pengguna dan kata sandi berdasarkan otorisasi mereka. Jika otentikasi berhasil, sistem akan mengarahkan pengguna ke dasbor utama sesuai dengan posisi mereka, yaitu sebagai admin atau guru. Halaman login ini dimaksudkan untuk menjaga keamanan sistem dan membatasi penggunaan fitur berdasarkan level pengguna.



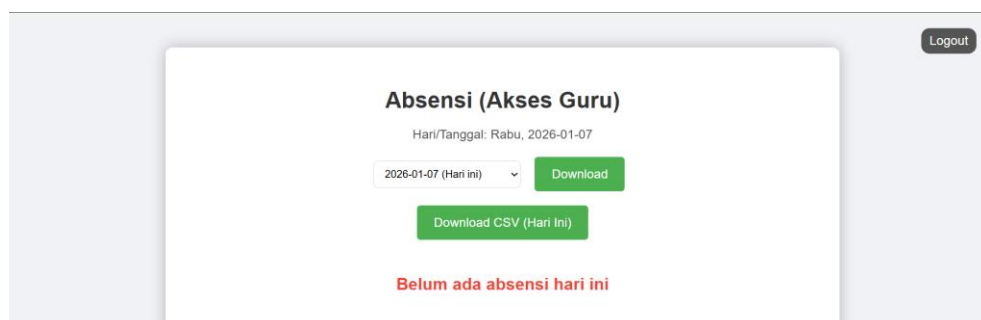
Gambar 4. Tampilan Login

Gambar 5 menunjukkan antarmuka halaman menu admin pada sistem presensi berbasis RFID. Pada tampilan ini, admin memiliki akses penuh terhadap seluruh fitur sistem. Fitur yang tersedia meliputi pengelolaan data presensi siswa, pengisian dan pengaturan data kartu RFID, melihat daftar kartu yang terdaftar, melakukan reset data presensi, serta mengunduh laporan kehadiran. Hak akses penuh ini diberikan agar admin dapat mengelola dan memelihara data sistem secara menyeluruh.



Gambar 5. Halaman Admin

Gambar 6 menunjukkan antarmuka halaman menu guru pada sistem presensi. Berbeda dengan admin, guru hanya diberikan akses terbatas sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pada menu ini, guru hanya dapat melihat data presensi siswa dan mengunduh laporan kehadiran. Pembatasan akses ini bertujuan untuk menjaga keamanan data dan mencegah perubahan data yang tidak diperlukan.



Gambar 6. Halaman Guru

3.4. Pengujian Sistem

Sistem presensi ini dikembangkan dengan melibatkan ahli yang terdiri dari ahli sistem, guru, serta admin dalam bidang ilmu teknologi. Pengujian *black box testing* digunakan untuk mengevaluasi fungsionalitas sistem melalui kuesioner yang terdiri dari sembilan *test case*. Setiap *test case* bertujuan untuk menilai kesesuaian fungsi sistem dengan hasil yang diharapkan, dengan pilihan jawaban "ya" atau "tidak". Pengujian ini dilakukan oleh Ibu Dwi Rahmawati S. Pd., M.Pd selaku ahli sistem pada tanggal 8 Januari 2026. Adapun kuesioner yang digunakan dalam pengujian tersebut disajikan sebagai berikut:

Tabel 1. Pengujian Sistem

No	Fungsi	Hasil yang Diharapkan	Hasil
1.	Login	Fungsi login berjalan dengan baik	Valid
2.	Logout	Fungsi logout berjalan dengan baik	Valid
3.	Tombol Download	Menampilkan download data presensi	Valid
4.	Tombol Reset	Menampilkan reset data	Valid
5.	Tombol Setting	Menampilkan halaman setting access point	Valid
6.	Tombol Kelola kartu	Menampilkan halaman data kartu	Valid
7.	Tombol isi data	Menampilkan halaman isi data kartu	Valid
8.	Tombol hapus kartu	Menampilkan halaman hapus data kartu	Valid
9.	Tombol informasi	Menampilkan halaman informasi data kartu	Valid

Berdasarkan tabel hasil pengujian fungsionalitas yang telah disajikan, dapat disimpulkan bahwa terdapat sembilan fungsi sistem yang diuji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi tersebut berada pada status valid. Persentase keberhasilan pengujian fungsionalitas diperoleh dari perhitungan $\frac{9}{9} \times 100$ sehingga menghasilkan nilai 100%, yang menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi seluruh kebutuhan fungsional yang ditetapkan.

Pengujian usability melibatkan dua responden, yang terdiri atas satu admin IT dan satu guru. Kedua responden diminta untuk mengisi kuesioner usability yang telah disusun dengan sepuluh butir pertanyaan, di mana setiap pertanyaan menggunakan skala penilaian 1 hingga 5. Pengujian ini dilaksanakan pada hari Rabu, 21 November 2025.

Tabel 2. Responden Uji Usability

Responden	Skor SUS	Skor akhir
1	32	80
2	33	83
Jumlah		163
Rata-Rata		81,5

Berdasarkan tabel yang disajikan, hasil penilaian dari dua responden menunjukkan nilai rata-rata SUS sebesar 81,5. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa tingkat usability pada sistem presensi berbasis kartu RFID dan web lokal termasuk dalam kategori Grade A pada *Percentile Range* SUS serta berada pada kategori *Acceptable* berdasarkan *Grade Scale* SUS.

Berdasarkan data yang disajikan dalam tabel pengujian fungsional, dapat disimpulkan bahwa sembilan fungsi sistem telah diidentifikasi untuk dievaluasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua fungsi tersebut diklasifikasikan sebagai valid, yang mengindikasikan bahwa sistem telah memenuhi semua persyaratan fungsional yang ditentukan [18].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan evaluasi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem presensi siswa berbasis kartu RFID, ESP32, dan platform *web* lokal telah berhasil dikembangkan dan beroperasi sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem ini mampu mencatat kehadiran siswa secara otomatis, menyimpan data secara efektif, serta menyajikan informasi melalui antarmuka *web* lokal dengan tingkat akurasi yang baik. Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem memenuhi standar operasional dan bersifat ramah pengguna bagi operator sekolah. Oleh karena itu, sistem ini layak menjadi alternatif yang efisien dan aman untuk memfasilitasi pendataan kehadiran tanpa ketergantungan pada jaringan internet eksternal.

Meskipun sistem telah menunjukkan hasil yang positif, terdapat beberapa keterbatasan yang menjadi peluang bagi pengembangan selanjutnya. Penelitian di masa depan diharapkan dapat mengintegrasikan fitur pencadangan data (*auto-backup*) berbasis *cloud* untuk meningkatkan keamanan data. Selain itu, pengembangan sistem dapat diarahkan pada penggunaan otentikasi biometrik atau aplikasi *mobile* sebagai cadangan jika kartu RFID hilang. Implementasi sistem keamanan berlapis (*multi-layer authentication*) pada *web* lokal serta pengujian dalam skala pengguna yang lebih besar juga sangat disarankan untuk memastikan kestabilan sistem dalam penggunaan jangka panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung dan berpartisipasi dalam pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] I. Mutiara and A. Setyani Wahyu Prasetyawati, "Analisis Sistem Informasi Presensi Siswa di SMK Nurul Ulum Lebaksiu," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.,* vol. 9, no. 5, pp. 7639–7644, 2025, doi: 10.36040/jati.v9i5.14799.
- [2] M. Khasanah and W. F. Antariksa, "Implementasi Presensi Elektronik untuk Meningkatkan Kedisiplinan Guru dan Pegawai di Sekolah Dasar Islam," *JIEMAN J. Islam. Educ. Manag.,* vol. 3, no. 2, pp. 221–236, 2021, doi: 10.35719/jieman.v3i2.82.
- [3] E. Bayu Pratama, A. Hendin, and A. Fristian, "Pendekatan Metode Prototype Pada Aplikasi Presensi Berbasis Mobile (Studi Kasus: Kantor Desa Mekar Jaya)," *J. Sist. Inf. Akunt.,* vol. 4, no. 1, pp. 33–39, 2023, doi: 10.31294/justian.v4i1.1864.
- [4] D. Wijaya, I. Irwan, and M. Setya Pratama, "Digital Transformation of Kindergarten Schools: Development of an Rfid-Based Teacher Attendance Management Application," *Tek. Teknol. Inf. Multimed.,* vol. 5, no. 4, pp. 187–199, 2024, [Online]. Available: https://jurnal.stmiksznw.ac.id/index.php/teknimedia/article/view/218?utm_source=chatgpt.com
- [5] N. Ristiani, B. Subaeki, H. Purwanto, and K. Manaf, "Analisis Dan Penerapan Sistem Informasi Presensi Guru Berbasis Web Menggunakan Qr Code Pada Smp Negeri 2 Parongpong," *Pros. Semin. Sos. Polit. Bisnis, Akunt. dan Tek.,* vol. 5, p. 348, 2023, doi: 10.32897/sobat.2023.5.0.3117.
- [6] H. K. Indriyani, D. Purwaningsih, and W. Khaokhajorn, "Jurnal Pendidikan MIPA," *J. Pendidik. MIPA,* vol. 12, no. 1, pp. 1–7, 2022.
- [7] D. Hamdani, A. P. W. Wibowo, and H. Heryono, "Perancangan Sistem Presensi Online dengan QR Code Menggunakan Metode Prototyping," *J. Teknol. dan Inf.,* vol. 14, no. 1, pp. 62–73, 2024, doi: 10.34010/jati.v14i1.11844.
- [8] 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.
- [9] A. R. Hakim *et al.*, "Jurnal riset sistem informasi," vol. 2, no. 3, pp. 121–125, 2025.
- [10] B. Technology, "Pengembangan Sistem Presensi Mahasiswa Berbasis RFID Menggunakan KTM di Universitas Pamulang," vol. 1, no. 3, pp. 45–51, 2025.

- [11] K. S. Rifqi, I. Irawan, H. Irawan, I. Novita, and J. C. Chandra, "Sistem Monitoring Dan Early Warning Suhu Serta Kelembapan Ruang Server Berbasis IOT Dengan Ambang Batas Real-Time Yang Dapat Disesuaikan Melalui Aplikasi Seluler," *Bit (Fakultas Teknol. Inf. Univ. Budi Luhur)*, vol. 22, no. 1, pp. 88–96, 2025, doi: 10.36080/bit.v22i1.4021.
- [12] I. Arif Farabi, D. Maulana, M. Dicky Purnama, and U. Singaperbangsa Karawang, "Perancangan Sistem Inkubator Telur Multipurpose Berbasis Iot Dengan Kendali Fuzzy Dan Komunikasi Edge-Mobile Melalui Jaringan Lokal," *J. Ris. Multidisiplin Edukasi*, vol. 2, no. 11, pp. 919–935, 2025, [Online]. Available: <https://journal.hasbaedukasi.co.id/index.php/jurmie/article/view/1251>
- [13] I. Adinda Marleni and A. Gunaryati, "Teknologi Komunikasi dan Informatika," *J. Teknol. Inf. dan Komunikasi*, vol. 7, no. 3, pp. 1–7, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.35870/jti>
- [14] A. Prasetyo and Adnan Zulkarnain, "Perancangan Sistem Absensi Berbasis Web yang Aman dengan Validasi Lokasi Menggunakan QR Code dan Pengendalian Akses Berbasis IP," *Inser. Inf. Syst. Emerg. Technol. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 72–82, 2025, doi: 10.23887/insert.v6i1.94824.
- [15] D. Irawan and Fauzi, "Implementasi Arsitektur Microservices pada Pengembangan Aplikasi Absensi Web Terdistribusi," *bit-Tech*, vol. 7, no. 3, pp. 1118–1127, 2025, doi: 10.32877/bt.v7i3.2401.
- [16] Widya Ningsih and Habibah Nurfauziah, "Perbandingan Model Waterfall Dan Metode Prototype Untuk Pengembangan Aplikasi Pada Sistem Informasi," *J. Ilm. Metadata*, vol. 5, no. 1, pp. 83–95, 2023.
- [17] Y. S. Rahayu, Y. Saputra, and D. Irawan, "Implementasi Metode Waterfall Pada Pengembangan Sistem Informasi Mobile E-Disarpus," *Zo. J. Sist. Inf.*, vol. 6, no. 2, pp. 523–534, 2024, doi: 10.31849/zn.v6i2.20538.
- [18] Uminingsih, M. N. Ichsanudin, M. Yusuf, and R. Artikel, "Pengujian Fungsional Perangkat Lunak Sistem Informasi Perpustakaan Dengan Metode Black Box Testing Bagi Pemula Info Artikel Abstrak," *Jur. Rekayasa Sist. Komputer, Suraya*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, 2022.