RANCANG BANGUN DAN IMPLEMENTASI SISTEM ABSENSI SANTRI MENGGUNAKAN ESP32 BERBASIS RFID DI PONPES DAARUL HUDA SUKOHARJO

Mukhlis Al Hakim[1]*, Farid Fitriyadi[2], Diyah Ruswanti[3]
[1,2,3]Program Studi, Fakultas Sains Tekno*Log*i dan Kesehatan, Universitas Sahid Surakarta
muishaqqyry@gmail.com*[1], farid@usahidsolo.ac.id[2], dyahruswanti@usahidsolo.ac.id[3]

ABSTRACT

Pondok Pesantren Daarul Huda Sukoharjo still relies on a manual handwritten attendance system, which is prone to recording errors, data loss risks, slow recapitulation, and potential attendance manipulation. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based automated attendance system utilizing Radio Frequency Identification (RFID) technoLogy and the ESP32 microcontroller to enhance the accuracy and efficiency of student attendance recording. The development methodoLogy employed is the Waterfall model, comprising requirement analysis, design, implementation, testing, and maintenance. The hardware architecture integrates the RFID RC522 sensor, ESP32, a Buzzer, and LED indicators, while the software infrastructure leverages the Python Flask Framework for the backend server and Web Monitoring Dashboard. The built Python Flask-based Web monitoring application successfully delivers core features, including a Real-Time attendance monitoring Dashboard, data visualization through daily and weekly charts, and attendance Log recapitulation tables, facilitating pondok administrators in digitally managing, filtering, and tracking student discipline. Black Box Testing results demonstrate that all system functions executed successfully with 100% functional accuracy in card recognition and attendance recording. Performance testing indicates a highly responsive system, achieving an average data transmission latency of 1.17 seconds and an optimal RFID reading range of 0–5 cm. Under extreme condition testing, the system achieved a 74% Success Rate, which rose to 90% under normal operating conditions, complemented by a Wi-Fi auto-reconnection feature with a 100% Success Rate. The implementation of this system has successfully digitized attendance administration for 17 students and simplified Real-Time discipline monitoring

Keywords : Automated Attendance, ESP32, *Internet of Things (IoT)*, *Python Flask*, Islamic Boarding School, RFID

ABSTRAK

Pondok Pesantren Daarul Huda Sukoharjo masih menggunakan sistem absensi tulis tangan yang rentan terhadap kesalahan pencatatan, risiko kehilangan data, lambatnya rekapitulasi, dan potensi manipulasi kehadiran. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem absensi otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan tekno*Log*i *Radio Frequency Identification (RFID)* dan mikrokontroler ESP32 guna meningkatkan akurasi dan efisiensi pendataan kehadiran santri. Metode pengembangan yang digunakan adalah *Waterfall*, meliputi analisis kebutuhan, desain, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Perangkat keras yang dibangun mengintegrasikan sensor RFID RC522, ESP32, *Buzzer*, dan *LED*, sedangkan perangkat lunak menggunakan *Framework Python Flask* untuk backend server dan *Dashboard Web* monitoring. Aplikasi *Web* monitoring berbasis *Python Flask* yang dibangun telah berhasil menyajikan fitur-fitur utama berupa dasbor pemantauan kehadiran *Real-Time*, visualisasi data dalam bentuk grafik harian dan mingguan, serta tabel rekapitulasi *Log* absensi yang memudahkan pengasuh pondok dalam mengelola, memfilter, dan memantau kedisiplinan santri secara digital. Hasil *Black Box Testing* menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan sukses dengan tingkat akurasi fungsional sebesar 100% dalam mengenali kartu dan mencatat kehadiran. Pengujian performa menunjukkan sistem sangat responsif dengan rata-rata latensi transmisi data 1,17 detik dan jarak baca optimal RFID 0–5 cm. Pada pengujian kondisi ekstrem, sistem mencapai tingkat keberhasilan (*Success Rate*) 74%, yang

http://dx.doi.org/10.47942/jimstek.v8i02.2514
*Corresponding author: muishaqqyry@gmail.com

meningkat hingga 90% pada kondisi normal, serta dilengkapi fitur *Auto-Reconnect Wi-Fi* dengan keberhasilan 100%. Implementasi sistem ini berhasil mendigitalisasi administrasi kehadiran bagi 17 santri dan mempermudah pemantauan kedisiplinan secara *Real-Time*.

Kata Kunci : Absensi Otomatis, ESP32, *Internet of Things (IoT)*, *Python Flask*, Pondok Pesantren, RFID

1. PENDAHULUAN

Pondok Pesantren Daarul Huda merupakan salah satu lembaga pendidikan Islam yang memiliki peran penting dalam pembentukan karakter dan peningkatan keilmuan santri, beralamatkan di Jl. Argopuro, Talang, RT.07/RW.01, Gambiran, Banaran, Kec. Grogol, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah. Lembaga pendidikan ini pertama kali didirikan oleh Kyai Nur Hadi Ruchani pada tahun 2006 dan menyelenggarakan pendidikan formal jenjang SMP dan SMA dengan jumlah santri sebanyak 17 orang. Dalam operasional kesehariannya, sistem presensi di Pondok Pesantren Daarul Huda Sukoharjo masih dilakukan secara konvensional, yaitu santri menuliskan nama dan paraf pada buku absensi kertas. Metode manual ini menyita waktu kegiatan belajar mengajar, menyulitkan pengurus dalam merekapitulasi data kehadiran bulanan, serta sangat rentan terhadap kesalahan pencatatan, kerusakan fisik dokumen, dan potensi kecurangan seperti titip absen.[1]

Sistem manual juga menyulitkan evaluasi kedisiplinan santri secara terukur karena tidak adanya pencatatan waktu (*Timestamp*) kedatangan yang presisi dan *Real-Time*. Keterbatasan dalam pemantauan dan pelaporan ini menghambat komunikasi antara pihak pengasuh pondok dengan orang tua santri. Seiring dengan perkembangan tekno*Log*i *Internet of Things (IoT)*, otomatisasi sistem presensi dapat dibangun dengan mengintegrasikan sensor pembaca identitas dan mikrokontroler berkemampuan komunikasi nirkabel. Penggunaan *Radio Frequency Identification (RFID)* dikombinasikan dengan mikrokontroler ESP32 menawarkan solusi yang efisien, hemat biaya, dan andal jika dibandingkan dengan sistem berbasis biometrik yang membutuhkan investasi perangkat keras tinggi.[2]

Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan tekno*Log*i presensi berbasis IoT. Ali et al. (2021) mengimplementasikan sistem presensi menggunakan RFID dan ESP32-Cam di SMK Ma'arif NU Talang yang dilengkapi notifikasi *WhatsApp Gateway*. Chandra & Amrizal (2023) merancang sistem absensi RFID berbasis ESP32 pada lingkungan industri. Namun, sebagian besar sistem IoT yang ada masih memiliki keterbatasan seperti ketergantungan pada tombol fisik pada alat untuk memilih status kehadiran atau sistem autentikasi *Dashboard Web* yang kompleks sehingga kurang praktis diterapkan pada ritme aktivitas asrama pesantren yang padat. Kebaruan (*Novelty*) dari penelitian ini terletak pada perancangan perangkat presensi IoT yang minimalis dan *Fully-Automated* tanpa tombol fisik, di mana ESP32 bertugas merekam *Unique ID* (UID) kartu RFID dan *Timestamp* secara otomatis via HTTP *REST API* menuju backend *Python Flask*. Selain itu, antarmuka *Dashboard* monitoring dirancang dengan akses terbuka yang efisien sehingga pengasuh dapat memantau kedisiplinan santri secara *Real-Time*, akurat, dan transparan.[3]

2. METODE PENELITIAN

Metode pengembangan sistem yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan model *Waterfall*. Model ini dipilih karena sifatnya yang linier dan terstruktur sehingga cocok untuk pengembangan sistem presensi IoT yang kebutuhan fungsionalnya telah terdefinisi secara jelas sejak awal. Tahapan pengembangan *Waterfall* meliputi:

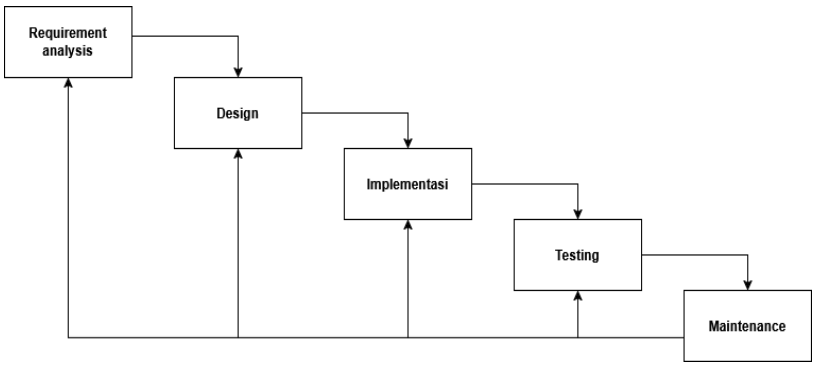
Analisis Kebutuhan

Mengumpulkan data kebutuhan fungsional dan non-fungsional melalui wawancara dengan pengasuh dan pengelola pondok, observasi langsung alur presensi manual, serta studi literatur.[4]

http://dx.doi.org/10.47942/jimstek.v8i02.2514 *Corresponding author: muishaqqyry@gmail.com

Desain Sistem
Merancang arsitektur perangkat keras, skema rangkaian elektronik, struktur basis data *SQLite*, antarmuka *Web Dashboard*, serta pemodelan UML (Use Case, Activity, Sequence, dan Class Diagram).
Implementasi
Merakit komponen fisik (ESP32, RFID RC522, *Buzzer*, *LED*), melakukan pemrograman *Firmware* C++ di *Arduino IDE*, serta membangun backend server dan API menggunakan *Framework Python Flask*.
Pengujian
Melakukan pengujian fungsionalitas sistem menggunakan metode *Black Box Testing* dan pengujian performa teknis (latensi, jarak baca, *Success Rate*, dan *Auto-Reconnect Wi-Fi*).[5]
Pemeliharaan
Melakukan pemantauan stabilitas jaringan, pembersihan fisik modul pembaca, dan pemutakhiran basis data santri secara berkala.

Arsitektur Perangkat Keras dan Perangkat Lunak
Arsitektur sistem presensi terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu unit *Hardware IoT* di lapangan dan server backend Flask. Perangkat keras terdiri dari:
Mikrokontroler ESP32
Berfungsi sebagai unit pemroses utama yang dilengkapi modul Wi-Fi terintegrasi untuk komunikasi data nirkabel.[6]
Sensor RFID RC522
Beroperasi pada frekuensi 13.56 MHz untuk membaca *Unique ID* (UID) dari kartu/tag RFID santri tanpa kontak fisik.
Buzzer* dan Lampu *LED
Memberikan umpan balik audio (bunyi bip) dan visual (*LED* hijau) saat kartu berhasil dipindai oleh alat.Di sisi perangkat lunak, backend dikembangkan menggunakan *Python Flask* yang menyediakan *REST API* endpoint untuk menerima *Request HTTP POST* dari ESP32. Data presensi disimpan ke dalam basis data *SQLite* dan disajikan secara intuitif melalui *Web Dashboard* interaktif yang dibangun menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript[7]



Gambar 1 *Waterfall*

Analisis Kebutuhan
Tahap awal yang mengidentifikasi dan mengumpulkan seluruh kebutuhan sistem, baik perangkat keras, perangkat lunak, maupun alur proses bisnis yang dibutuhkan pengguna.
Perancangan
Penerjemahan kebutuhan sistem ke dalam rancangan arsitektur teknis, mencakup perancangan antarmuka pengguna (user interface), alur *Log*ika sistem, serta struktur basis data.
Implementasi
Tahap penulisan kode program (coding) berdasarkan spesifikasi rancangan yang telah dibuat sebelumnya untuk membangun fungsi-fungsi utama dari sistem.

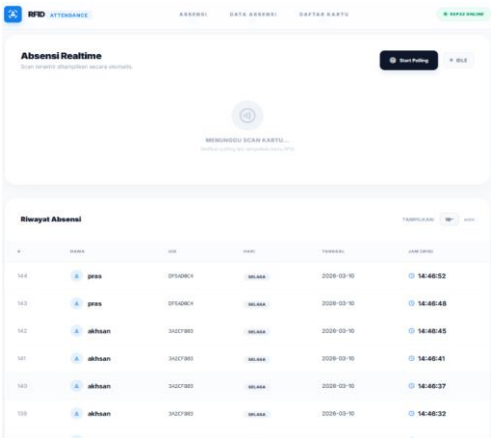
http://dx.doi.org/10.47942/jimstek.v8i02.2514
*Corresponding author: muishaqqyry@gmail.com

Pengujian
Proses verifikasi dan validasi terhadap sistem yang telah dibangun guna memastikan seluruh fitur berjalan sesuai dengan spesifikasi kebutuhan serta bebas dari bug atau kesalahan *Log*ika.
Pemeliharaan
Tahap pengoperasian dan pemantauan sistem secara nyata. Pada tahapan ini, dilakukan pemeliharaan berkala, perbaikan error yang baru ditemukan, atau penyesuaian ulang ke tahap sebelumnya(seperti ditunjukkan oleh garis umpan balik pada diagram) apabila terdapat pembaruan kebutuhan sistem.[8]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

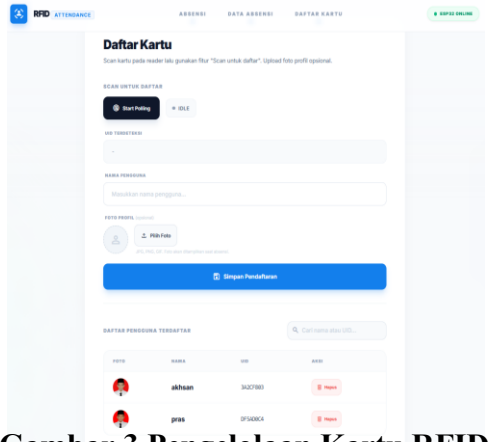
Implementasi Antarmuka *Web Dashboard*

Aplikasi *Web* monitoring yang dibangun dengan *Framework Python Flask* berhasil diimplementasikan dengan menyajikan 5 menu utama yang saling terintegrasi:[9]
Halaman Monitoring *Log* Absensi
Menampilkan data kehadiran santri secara *Real-Time* segera setelah kartu di-tap pada perangkat tanpa perlu reload halaman.



Gambar 2 Halaman Monitoring *Log* Absensi

Halaman Pengelolaan Kartu RFID
Digunakan untuk mendaftarkan UID kartu baru, memetakan UID ke identitas santri, serta mengelola status keaktifan kartu.

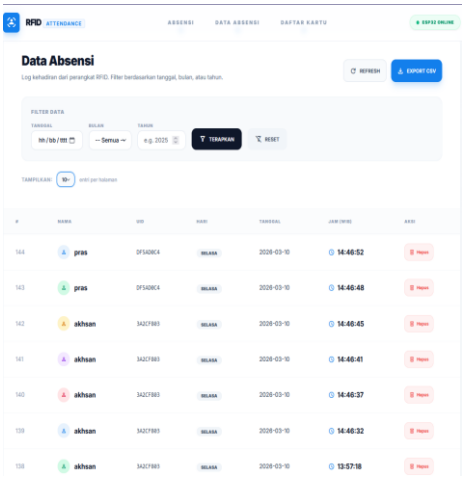


Gambar 3 Pengelolaan Kartu RFID

http://dx.doi.org/10.47942/jimstek.v8i02.2514
*Corresponding author: muishaqqyry@gmail.com

Halaman Rekapitulasi dan Riwayat Kehadiran

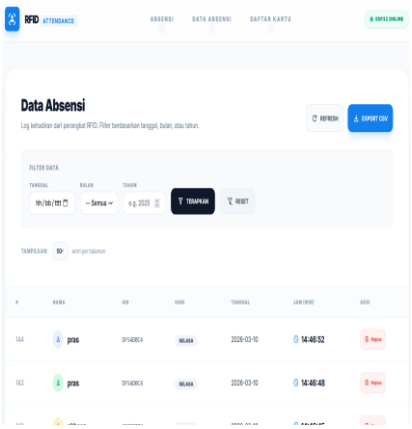
Menyajikan seluruh rekam jejak presensi santri yang dapat difilter berdasarkan rentang tanggal, bulan, dan tahun.



Gambar 4 Rekapitulasi dan Riwayat Kehadiran

Halaman Laporan dan Ekspor Data

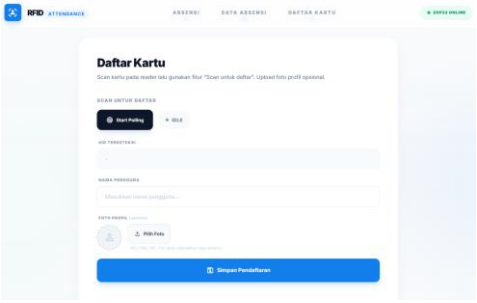
Fitur konversi data *Log* presensi ke dalam format CSV/Excel yang siap dicetak untuk kebutuhan administrasi pengasuh.



Gambar 5 Laporan dan Ekspor Data

Halaman Manajemen Data Santri

Fasilitas *CRUD (Create, Read, Update, Delete)* biodata santri jenjang SMP dan SMA Ponpes Daarul Huda Sukoharjo.



Gambar 6 Manajemen Data Santri

http://dx.doi.org/10.47942/jimstek.v8i02.2514
*Corresponding author: muishaqqyry@gmail.com

Hasil Pengujian Fungsionalitas *Black Box Testing*

Pengujian fungsionalitas dilakukan dengan metode *Black Box Testing* untuk menguji seluruh fitur antarmuka *Web* dan integrasi hardware. Ringkasan hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Hasil Pengujian Black Box Sisi Presensi dan Monitoring Data

No	Butir Uji	Skenario Pengujian	Hasil Diharapkan	Kesimpulan
1	Kartu RFID Terdaftar	Menempelkan kartu RFID santri terdaftar pada sensor RC522	UID terbaca, data terkirim ke server, *Buzzer* berbunyi, *Log Web* bertambah	Berhasil
2	Kartu Tidak Terdaftar	Menempelkan kartu RFID lain yang belum terregistrasi	Server menolak data, *Buzzer* peringatan berbunyi, status tidak terdaftar	Berhasil
3	Monitoring *Real-Time*	Membuka halaman monitoring saat santri melakukan tapping	Tabel riwayat absensi bertambah secara otomatis tanpa *Reload Page*	Berhasil
4	Filter Tanggal & Bulan	Mengisi parameter tanggal/bulan pada form filter lalu klik Terapkan	Tabel hanya menampilkan *Log* kehadiran sesuai filter yang dipilih	Berhasil
5	Ekspor Data CSV	Mengklik tombol '*EXPORT CSV*' pada halaman laporan	Sistem mendownload file CSV rekapitulasi presensi secara otomatis	Berhasil

Hasil Pengujian Kondisi Ekstrem dan *Success Rate*

Pengujian kondisi ekstrem dilakukan untuk mengetahui batas kemampuan operasional perangkat keras dan jaringan. Hasil pengujian dari 50 kali percobaan pada 5 skenario disajikan pada Tabel 2.[10]

http://dx.doi.org/10.47942/jimstek.v8i02.2514
*Corresponding author: muishaqqyry@gmail.com

Tabel 2. Hasil Pengujian Kondisi Ekstrem Perangkat dan Jaringan

No	Skenario Pengujian	Jumlah Uji	Hasil Terbaca di Web	Status
1	Kartu di-tap sangat cepat (< 0.2 detik)	10 Kali	7 Terbaca, 3 Gagal Kirim	Gagal Partisial
2	Jarak kartu dengan sensor > 6 cm	10 Kali	0 Terbaca (Gagal Total)	Gagal
3	Wi-Fi dimatikan saat tapping kartu	10 Kali	0 Terbaca	Gagal
4	Wi-Fi dihidupkan kembali pasca-disconnect	10 Kali	10 Berhasil Kirim (Auto-reconnect)	Berhasil
5	Kartu di-tap normal (jarak 0-5 cm)	10 Kali	10 Berhasil Terbaca *Real-Time*	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, analisis persentase keberhasilan (*Success Rate*) dihitung sebagai berikut:
1. *Success Rate* Keseluruhan Kondisi (termasuk kondisi ekstrem): (37 / 50) x 100% = 74%
2. *Success Rate* Kondisi Operasional Normal (Jarak <= 5 cm & Wi-Fi Stabil): (27 / 30) x 100% = 90%
3. Keberhasilan Fitur *Auto-Reconnect Wi-Fi*: 100% (ESP32 secara otomatis terhubung kembali ke jaringan tanpa perlu pemulaian ulang hardware).

Analisis Performa Latensi dan Jarak Baca Sensor

Pengujian latensi dilakukan untuk mengukur rentang waktu (*Delay*) yang dibutuhkan sejak kartu RFID menyentuh sensor RC522 hingga data tersimpan di basis data Flask dan muncul di antarmuka web. Hasil pengukuran *Timestamp* mencatat rata-rata latensi transmisi sebesar 1,17 detik. Latensi yang sangat singkat ini dipengaruhi oleh ukuran *Payload* data HTTP POST yang minimalis (hanya mengirimkan *String* UID) serta efisiensi *Routing Framework Python Flask*. Untuk jarak pembacaan sensor RFID RC522, jarak optimal berada pada rentang 0 cm hingga 5 cm. Pada jarak di atas 6 cm, gelombang frekuensi radio 13.56 MHz tidak mampu menginduksi antena *Passive Tag RFID* secara optimal sehingga data gagal terbaca.[11]

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil membangun dan mengimplementasikan sistem absensi santri berbasis IoT menggunakan ESP32, RFID RC522, dan *backend Python Flask* di Pondok Pesantren Daarul Huda Sukoharjo. Hasil pengujian menunjukkan fungsionalitas sistem berjalan 100% (*Black Box Testing*) dengan performa transmisi data yang responsif (rata-rata latensi 1,17 detik) dan jarak baca RFID optimal pada 0–5 cm. Sistem mencatatkan tingkat keberhasilan operasional sebesar 90% pada kondisi normal, 74% pada kondisi ekstrem, serta keandalan koneksi Wi-Fi (*auto-reconnect*) hingga 100%. Secara keseluruhan, sistem ini terbukti efektif mendigitalisasi administrasi presensi, mempercepat rekapitulasi, mencegah kecurangan, dan mempermudah pemantauan kedisiplinan santri secara *Real-Time*. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan menambahkan modul RTC DS3231 untuk

http://dx.doi.org/10.47942/jimstek.v8i02.2514
*Corresponding author: muishaqqyry@gmail.com

pencatatan *Offline*, integrasi notifikasi instan (WhatsApp/Telegram) bagi orang tua santri, serta penggunaan *Casing Enclosure* yang lebih kokoh untuk perlindungan perangkat keras.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] K. A. Pradiptayasa Agustana, "Pengembangan Sistem Absensi Berbasis Iot: Integrasi Rfid Dengan Google Firebase Pada Sekretariat Hmj Teknik Informatika Undiksha," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.7217.

[2] U. A. Khatami, E. Sakti Pramukantoro, and F. A. Bakhtiar, "Pengujian Interoperabilitas pada IoT Middleware dalam Mengatasi Permasalahan Interoperabilitas," *Jurnal Pengembangan ...*, vol. 3, no. 8, pp. 2548–964, 2019, [Online]. Available: http://j-ptiik.ub.ac.id

[3] M. Miftach Fakhri, Muh. Sunan Jaya Irmawan, Ana Sulistiana Alwi, Indah Febriyani Asril, Nur Qirani Ridhaihi, and Della Fadhilatunisa, "Perancangan Sistem Informasi Manajemen Karyawan Berbasis Website dengan Metode *Waterfall*," *Jurnal MediaTIK*, 2024, doi: 10.59562/mediatik.v6i3.1456.

[4] Y. T. Bilqis, H. Herdianto, and H. Hendry, "Sistem Absensi Karyawan Berbasis *Web* Menggunakan Metode QR Code pada Kantor Desa Cinta Raja," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 14, no. 1, 2025, doi: 10.33395/jmp.v14i1.14625.

[5] B. A. Kusuma. Didit Suhartono, Ade Hardjo Sasmito, Agus Pramono, "pemanfaatan tekno*Log*i rfid untuk presensi siswa di smk muhammadiyah1 pemalang," *CITISEE (Conference on IT, Information System and Electrical Engineering).*, pp. 302–306, 2019.

[6] A. K. Adhikara and A. Nugroho, "Perancangan Aplikasi Absensi Barcode Karyawan Berbasis *Web* di PT Bayuadji Nusantara Induestries," *INTECOMS: Journal of Information TechnoLogy and Computer Science*, vol. 7, no. 5, 2024, doi: 10.31539/intecoms.v7i5.11469.

[7] M. Khairani, Y. Fitri, A. Lubis, T. Informatika, and U. H. Medan, "Radio Frequency Identification (Rfid) Dalam Penanganan Data Siswa Pada Sistem Akademik Smk Nur Azizi Tanjung Morawa," vol. 1, no. 2, pp. 40–46, 2021.

[8] M. Nishom, D. S. Wibowo, and V. K. Bakti, "Jurnal Informatika : Jurnal pengembangan IT Implementation of Radio Frequency Identification in Student Presence Applications with Multi Social Media Notification," vol. 10, no. 1, pp. 130–138, 2025, doi: 10.30591/jpit.v9ix.xxx.

[9] N. A. Hanifah, M. Aqil, M. Arrachman, M. Fillah, and A. Fatih, "PEMBUATAN PLATFORM DIGITAL UNTUK EDUKASI DAN E-COMMERCE HIDROPONIK BERBASIS BUSINESS INTELLIGENCE : STUDI KASUS HYDROSPACE," *Jurnal TeknoLogi Informasi*, vol. 6, no. 2, pp. 417–430, 2025, doi: 10.46576/djtechno.

[10] A. R. Zain, S. Azka, R. Hudi, and I. Neforawati, "Analisis Pengiriman Data dari Gateway LoRa ke Network Server," *JURNAL MULTINETICS VOL. 7 NO. 1 MEI 2021*, vol. 7, no. 1, pp. 21–29, 2021.

[11] I. Ridzki, M. Fahmi, and I. Bayu, "Rancang Bangun Automatic Smart Energy Meter Berbasis RFId," *elposys jurnal sistem kelistrikan*, vol. 8, pp. 2–5, 2021.

http://dx.doi.org/10.47942/jimstek.v8i02.2514

*Corresponding author: muishaqqyry@gmail.com