

Perancangan Sistem Absensi Berbasis Internet of Things Menggunakan RFID dan Arduino

Fitriyani¹, Tia Luthfia Annisa^{1,*}, Debi Irawan¹, Fauzan Daffa²

¹Ilmu Komputer, Sistem Informasi, Universitas INABA, Bandung

Jl. Soekarno-Hatta No.448, Batununggal, Kec. Bandung Kidul, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia

²PT. Naura Inovasi Primatama, Bandung

Kp. Jati Sari No.53, Ds. Margaasih, Kec. Margaasih, Bandung, Indonesia

Email: ¹fitriyani@student.inaba.ac.id, ^{2,*}luthfiatia@student.inaba.ac.id, ³debi.irawan@inaba.ac.id, ⁴fauzan.daffa@imu.ac.id

Email Penulis Korespondensi: luthfiatia@student.inaba.ac.id

Submitted: 27/06/2026; Accepted: 18/07/2026; Published: 20/07/2026

Abstrak—Penelitian ini membahas perancangan sistem absensi berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan RFID dan NodeMCU ESP8266 untuk membantu serta meningkatkan efisiensi pengelolaan kehadiran guru di MTs Al-Ikhlas Cicalengka. Permasalahan utama yang melatarbelakangi penelitian ini adalah penggunaan metode absensi konvensional atau manual, yang sangat rentan menimbulkan risiko seperti kesalahan pencatatan (human error), inefisiensi waktu dalam proses rekapitulasi harian, hingga potensi kerusakan atau kehilangan dokumen fisik. Oleh karena itu, digitalisasi menjadi sebuah urgensi. Sistem yang dirancang mengintegrasikan beberapa perangkat keras, yaitu RFID RC522 sebagai pembaca kartu identitas, NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama sekaligus penghubung jaringan internet (Wi-Fi), dan LCD 16x2 sebagai media informasi interaktif. Data absensi kemudian dikirimkan dan disimpan secara langsung pada Google Spreadsheet berbasis cloud. Pemrograman sistem dilakukan melalui perangkat lunak Arduino IDE agar alat dapat beroperasi secara otomatis. Metode penelitian menggunakan pendekatan perancangan dan prototyping, dengan pengujian terhadap 10 kartu RFID guru yang telah terdaftar. Hasil pengujian membuktikan bahwa seluruh kartu berhasil terbaca dan data kehadiran terekam ke Google Spreadsheet dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%. Rata-rata durasi waktu respons sistem tercatat sangat cepat, yakni sebesar 2,2 detik. Kesimpulannya, implementasi sistem absensi berbasis IoT ini terbukti efektif dalam meminimalisir manipulasi data, mempercepat proses pencatatan, dan menghasilkan rekapitulasi kehadiran yang lebih transparan dan mudah diakses. Adapun kontribusi dari penelitian ini adalah memberikan solusi praktis berupa sistem otomasi berbiaya terjangkau yang dapat dijadikan model rujukan bagi institusi pendidikan menengah lainnya dalam melakukan transformasi digital pada tata kelola administrasinya.

Kata Kunci: Absensi; Arduino IDE; Internet of Things; NodeMCU; RFID

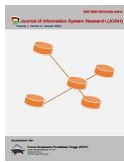
Abstract—This study discusses the design of an Internet of Things (IoT)-based attendance system using RFID and NodeMCU ESP8266 to support and improve the efficiency of teacher attendance management at MTs Al-Ikhlas Cicalengka. The primary problem motivating this study is the reliance on a conventional manual attendance system, which is highly vulnerable to recording errors (human error), time inefficiencies during daily data recapitulation, and the risk of physical document loss or damage. Therefore, digital transformation is urgently needed. The proposed system integrates several hardware components: RFID RC522 as the identity card reader, NodeMCU ESP8266 as the main controller and internet (Wi-Fi) connector, and a 16x2 LCD as an interactive information display. The attendance data is directly transmitted and stored in a cloud-based Google Spreadsheet. The system was programmed using Arduino IDE to operate automatically. This study utilized a design and prototyping method by testing 10 registered RFID cards belonging to the teachers. The test results demonstrated that all cards were successfully read, and attendance data were accurately stored in Google Spreadsheet with a 100% success rate. The average system response time was recorded at a very fast 2.2 seconds. In conclusion, the implementation of this IoT-based attendance system is proven to be effective in minimizing data manipulation, accelerating the recording process, and generating attendance recapitulations that are more transparent and easily accessible. The contribution of this research is providing a practical, affordable automation system that can serve as a reference model for other secondary educational institutions in digitally transforming their administrative management.

Keywords: Arduino IDE; Attendance; Internet of Things; NodeMCU; RFID

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi saat ini telah membawa perubahan besar dan memicu proses digitalisasi di berbagai bidang kehidupan, tidak terkecuali dalam ranah administrasi pendidikan. Salah satu komponen esensial dalam administrasi ini adalah pengelolaan absensi guru, yang berfungsi krusial untuk memantau kedisiplinan serta mengevaluasi kinerja tenaga pendidik secara berkala. Sistem yang terpusat dan terdokumentasi dengan baik sangat dibutuhkan untuk memberikan kemudahan akses data bagi kegiatan audit internal, sekaligus menunjang objektivitas evaluasi pada setiap unit kerja sekolah [1]. Namun, pada realitanya, banyak lembaga pendidikan termasuk MTs Al-Ikhlas Cicalengka masih bergantung pada metode manual yang tidak efisien, rentan terhadap kesalahan manusia (human error), serta berisiko tinggi terhadap kehilangan atau kerusakan dokumen fisik [2]. Keterbatasan ini membuat pengelolaan tenaga pendidik menjadi kurang optimal dan pada akhirnya berpotensi memengaruhi kelancaran proses pembelajaran.

Sebagai alternatif penyelesaian, penerapan teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi untuk mendukung proses pencatatan dan pengawasan data secara otomatis dan real-time, sehingga operasional menjadi lebih efektif. Teknologi pintar ini dikendalikan oleh mikrokontroler, seperti Arduino, yang bertindak sebagai otak sistem untuk mengambil alih tugas-tugas manual menjadi serba otomatis [3]. Didukung oleh teknologi Radio



Frequency Identification (RFID), proses pendataan dapat dilakukan tanpa kontak fisik langsung, yang terbukti lebih praktis dan ampuh dalam menekan risiko pemalsuan data dibandingkan metode konvensional. Berbagai penelitian terdahulu mengonfirmasi bahwa metode manual memakan terlalu banyak waktu [3], sementara otomatisasi dan IoT sukses meningkatkan kinerja administrasi [4]. Sejumlah literatur terdahulu telah berupaya mengimplementasikan sistem berbasis mikrokontroler dan RFID. Sebuah kajian di GHS Jambi mengembangkan Sistem Informasi Karyawan menggunakan RFID mengeksplorasi penggunaan RFID yang diintegrasikan dengan sistem informasi berbasis web guna memodernisasi absensi di lingkungan perusahaan [5]. Studi ini menghasilkan antarmuka pelaporan yang komprehensif, namun sangat bergantung pada infrastruktur server web komersial yang membutuhkan biaya pemeliharaan berkesinambungan. Di sisi lain, studi pada lingkungan akademik pada Sekretariat BEM UNSIKA mengeksplorasi penggunaan NodeMCU dan RFID untuk mencatat kehadiran pengurus organisasi mahasiswa [6]. Penelitian tersebut berhasil membuktikan keandalan transmisi nirkabel IoT, namun objeknya berpusat pada mahasiswa dengan jam kehadiran fleksibel, sehingga algoritmanya belum dievaluasi untuk mengelola jam kedisiplinan guru sekolah yang sangat ketat dan terstruktur.

Lebih lanjut, penelitian terapan mikrokontroler juga telah dicoba pada Gerai Toko UMKM dalam kajian A. Wasid pada tahun 2022 [3]. Walaupun membuktikan efisiensi perangkat keras yang tinggi, implementasinya diarahkan murni pada sektor ritel UMKM, bukan tata kelola administrasi pendidikan. Upaya spesifik digitalisasi sekolah pernah diinisiasi dalam kajian Perancangan Absensi Guru di SMP Muhammadiyah 1 Pekanbaru hasil Aryanto pada tahun 2025 untuk merancang sistem informasi absensi guru. Sayangnya, sistem tersebut murni dibangun menggunakan aplikasi web tanpa perangkat keras sensor fisik di lokasi, sehingga masih menyisakan celah kerentanan manipulasi berupa penitipan absensi via kredensial login jarak jauh [2].

Berdasarkan analisis kritis terhadap literatur-literatur di atas, teridentifikasi sejumlah kesenjangan penelitian (research gap) yang belum terjawab. Pertama, terdapat kesenjangan objek dan konteks implementasi. Mayoritas inovasi sistem presensi IoT dan RFID didominasi oleh peruntukan sektor korporasi komersial atau organisasi mahasiswa di perguruan tinggi. Sementara itu, rancang bangun IoT yang disesuaikan secara khusus dengan tata tertib, keterbatasan anggaran operasional TI, dan ekosistem administrasi sekolah menengah masih sangat jarang dieksplorasi. Kedua, terdapat kesenjangan arsitektur teknologi. Penelitian terdahulu cenderung terjebak pada dua kutub: membangun sistem absensi murni berbasis aplikasi web yang rentan dimanipulasi karena ketiadaan validasi presensi fisik di tempat, atau menggunakan perangkat keras RFID yang pengolahannya sangat bergantung pada pembangunan database server lokal yang menuntut keahlian teknis tingkat lanjut. Belum ada penelitian yang memadukan keandalan validasi fisik mikrokontroler dengan metode penyimpanan pada Google Spreadsheet publik secara komprehensif guna menekan kompleksitas dan biaya implementasi sekolah.

Mengisi kekosongan ruang akademis dan menjawab kebutuhan praktis tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan berupa perancangan arsitektur sistem absensi otomatis berbasis Internet of Things dengan metode penyimpanan menggunakan Google Spreadsheet. Pendekatan ini merestrukturisasi data secara total dengan memangkas kebutuhan hosting maupun pangkalan data konvensional, sehingga menghadirkan sistem cerdas berbiaya sangat rendah yang antarmukanya sangat familier bagi tenaga pendidik awam. Secara teoritis, hasil penelitian ini memperkaya literatur integrasi IoT pada manajemen pendidikan dengan memberikan validasi keandalan mikrokontroler open-source.

Oleh karena itu, transformasi digital pada sistem pencatatan kehadiran di MTs Al-Ikhlas Cicalengka telah menjadi sebuah urgensi nyata. Berangkat dari urgensi dan kesenjangan studi tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada bagaimana proses pengembangan serta perancangan sistem absensi yang mengintegrasikan Arduino dan RFID agar sesuai dengan kebutuhan operasional di instansi tersebut. Lebih jauh lagi, perlu dikaji secara teknis mengenai bagaimana tingkat akurasi dan keandalan respons real-time dari sistem ini saat merekam data identitas pendidik, serta seberapa signifikan pengaruh implementasinya terhadap peningkatan efisiensi pengelolaan absensi bagi tenaga administrasi.

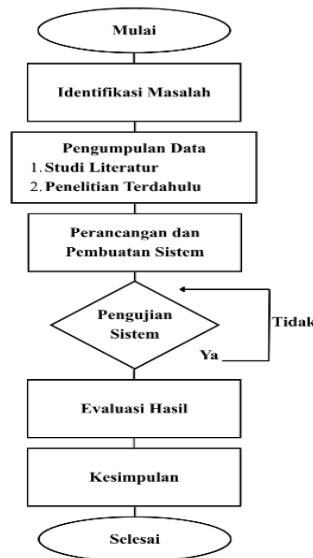
Pada akhirnya, implementasi perancangan ini akan dianalisis untuk melihat pengaruh nyatanya terhadap peningkatan efisiensi kerja staf administrasi sekolah, yang ditinjau secara langsung melalui indikator kecepatan pemrosesan data, ketepatan rekapitulasi, dan kemudahan akses informasi [4]. Sebagai bentuk kontribusi penelitian, hasil dari perancangan ini diharapkan tidak hanya menghasilkan prototype sistem absensi cerdas yang aplikatif bagi MTs Al-Ikhlas Cicalengka, tetapi juga mampu mengisi kesenjangan literatur dengan menjadi rujukan teknologi tepat guna yang ekonomis bagi sekolah-sekolah lainnya yang ingin memulai digitalisasi operasional mereka.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alur Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan menggunakan metode perancangan dan prototyping dalam pelaksanaannya. Melalui metode tersebut, sistem pencatatan kehadiran guru yang memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT), RFID, dan NodeMCU akan dirancang dan diuji untuk menilai sejauh mana peningkatan efisiensi pengelolaan data kehadiran guru di MTs Al-Ikhlas Cicalengka. Rancangan sistem dibangun melalui integrasi komponen perangkat keras dan aplikasi pendukung sehingga proses pencatatan kehadiran dapat berlangsung secara otomatis serta

dipantau secara langsung. Alur dan tahapan penelitian ini divisualisasikan melalui flowchart pada Gambar 1, dengan rincian penjelasan pada bagian berikut:



Gambar 1. Flowchart Tahapan Penelitian

Penelitian ini mengikuti alur pengembangan yang secara sistematis telah dipaparkan pada Gambar 1. Tahap awal dimulai dengan identifikasi masalah pada sistem manual, diikuti dengan pengumpulan data melalui observasi dan studi literatur untuk memperoleh dasar penelitian [5]. Proses perancangan dan pembuatan program dilakukan dengan mengintegrasikan NodeMCU ESP8266, RFID RC522, serta perangkat lunak Arduino IDE untuk membangun sistem yang terotomatisasi. Kemudian sistem diimplementasikan dengan berfokus pada pengembangan hasil rancangan menjadi aplikasi yang dapat digunakan [7]. Selanjutnya dilakukan pengujian evaluasi terhadap kinerja alat yang telah dibuat [7]. Berdasarkan hasil tersebut, dilakukan evaluasi hasil pengujian untuk mengukur tingkat efektivitas dan efisiensi sistem dibandingkan dengan metode absensi konvensional. Sebagai tahapan akhir, kesimpulan disusun berdasarkan sintesis temuan penelitian dan hasil uji coba sistem yang telah dilakukan secara menyeluruh.

2.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang diterapkan dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga pendekatan terpadu guna memastikan validitas informasi yang diperoleh. Pertama, penelitian lapangan dilaksanakan untuk mendapatkan data secara langsung dari objek atau lokasi yang menjadi fokus penelitian [8]. Dalam konteks ini, observasi lapangan dilakukan untuk meninjau secara mendalam proses absensi yang sedang berlangsung di MTs Al-Ikhlas Cicalengka, sehingga permasalahan yang ada dapat dipetakan dengan akurat. Kedua, peneliti melakukan kajian literatur dengan memanfaatkan berbagai sumber referensi, seperti artikel ilmiah, buku, serta hasil penelitian sebelumnya yang relevan sebagai landasan teoretis untuk membahas konsep Internet of Things (IoT), Radio Frequency Identification (RFID), dan penggunaan perangkat lunak Arduino IDE. Ketiga, eksperimen dilakukan untuk menguji kinerja sistem absensi berbasis IoT yang telah dirancang, guna mengetahui tingkat keberhasilan, keandalan, dan efektivitas sistem tersebut dalam mengelola data kehadiran.

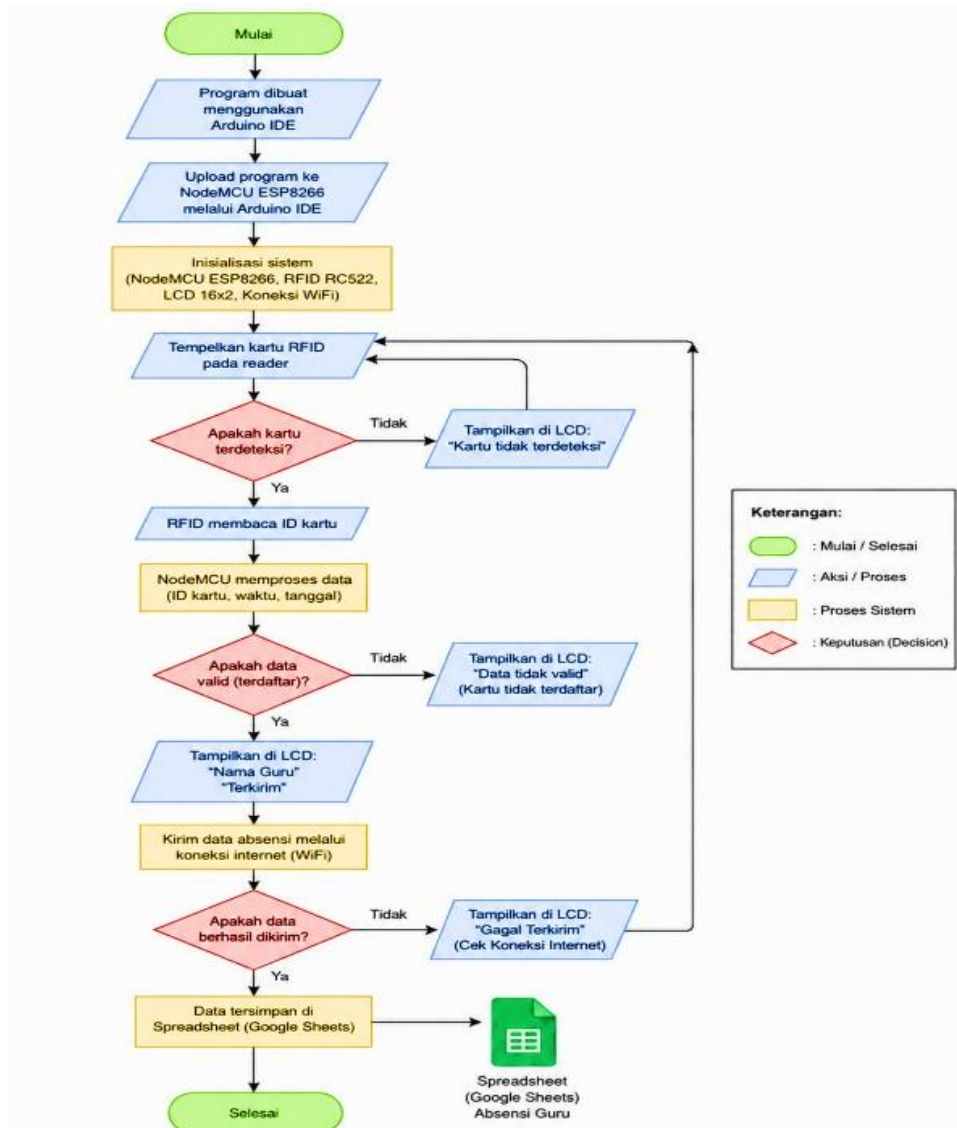
2.3 Perancangan Sistem

2.3.1 Alur Perancangan Sistem

Perancangan sistem disusun guna memvisualisasikan alur kerja sistem absensi berbasis IoT menggunakan RFID RC522 dan NodeMCU ESP8266. Proses dimulai ketika pengguna menempelkan kartu RFID pada sensor RFID RC522. Data kartu kemudian dibaca dan diproses oleh NodeMCU ESP8266. Setelah itu, data dikirim melalui jaringan internet dan disimpan ke Google Spreadsheet.

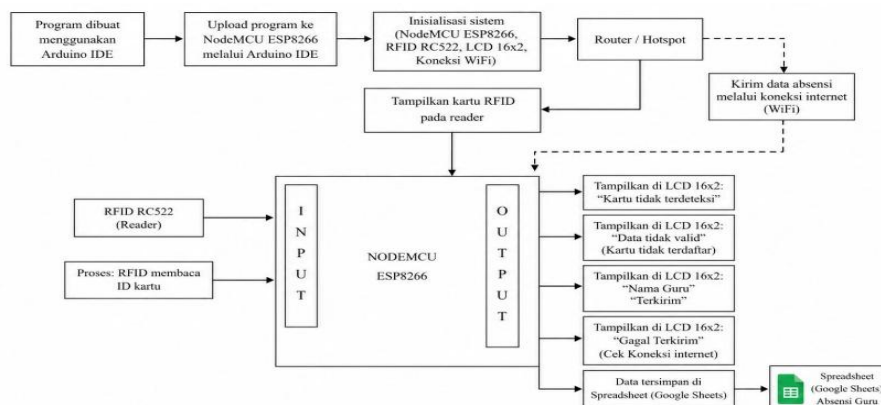
LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan informasi absensi. Jika kartu berhasil dibaca, LCD akan menampilkan nama guru dan keterangan “Terkirim”. Namun jika kartu gagal dibaca, LCD akan menampilkan pesan “Kartu tidak terdeteksi”. Dengan sistem tersebut, proses absensi menjadi lebih cepat dan mengurangi kesalahan pencatatan manual.

Untuk memberikan representasi visual yang lebih jelas mengenai alur kerja sistem absensi tersebut yang dimulai dari proses pemindaian kartu RFID hingga berakhir pada penyimpanan data ke Google Spreadsheet, berikut adalah flowchart rancangan sistem yang digunakan:



Gambar 2. Flowchart Sistem Absensi

Arsitektur sistem absensi berbasis IoT ini dirancang secara modular untuk memudahkan pemeliharaan dan identifikasi kegagalan fungsi. Diagram blok pada Gambar 3 menggambarkan alur kerja absensi guru berbasis IoT yang terdiri atas Arduino IDE, NodeMCU ESP8266, RFID RC522, LCD 16x2, router/hotspot, internet, dan Google Spreadsheet. Program yang telah dibuat menggunakan Arduino IDE diunggah ke NodeMCU sebagai pengendali utama. Selanjutnya, RFID RC522 membaca ID kartu, kemudian NodeMCU memverifikasi data dan menampilkan status pada LCD. Jika data valid, NodeMCU mengirimkan data absensi melalui koneksi Wi-Fi ke Google Spreadsheet sehingga data kehadiran tersimpan secara otomatis dan dapat diakses secara real-time.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem Absensi

2.3.2 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Dalam pelaksanaan penelitian ini, perancangan perangkat keras dibangun menggunakan beberapa komponen utama yang dirangkai secara terintegrasi. Sebagai pusat kendali operasional, sistem menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang telah dilengkapi dengan modul Wi-Fi on-board. Perangkat ini memiliki peran sangat vital karena tidak hanya memproses ID yang dibaca oleh sensor, tetapi juga bertugas mengirimkan data tersebut secara langsung ke jaringan internet menuju Google Spreadsheet secara real-time tanpa memerlukan perantara komputer tambahan [9]. Penggunaan NodeMCU dinilai lebih efisien dari aspek biaya dan pemanfaatan ruang karena memiliki ukuran yang ringkas, mudah diprogram melalui port USB, serta biaya implementasinya yang relatif ekonomis [10].

Untuk proses pengenalan identitas pengguna, sistem memanfaatkan modul Radio Frequency Identification (RFID) RC522. Teknologi ini bekerja dengan memanfaatkan transmisi gelombang elektromagnetik untuk membedakan dan mengenali setiap objek secara unik tanpa memerlukan kontak fisik [11]. Komponen yang terdiri dari chip RC522, antena, serta tag RFID ini terhubung ke mikrokontroler melalui komunikasi SPI. Penerapan sensor ini memungkinkan pencatatan kehadiran dilakukan secara otomatis dalam hitungan detik hanya dengan mendekatkan kartu ke perangkat pembaca (reader), yang pada akhirnya dapat mengeliminasi antrian panjang dan meminimalisasi kerusakan alat mekanis [12].

Sebagai antarmuka umpan balik (feedback interface) secara visual bagi pengguna, perangkat ini dilengkapi dengan layar LCD berukuran 16x2. Komponen yang dilengkapi dengan pin data dan pengaturan tingkat kontras ini berfungsi untuk menyajikan informasi dalam bentuk teks [13]. Ketika tenaga pendidik memindai kartu mereka, LCD akan langsung merespons dengan menampilkan konfirmasi nama atau status kehadiran. Hal ini memberikan kepastian interaktif kepada pengguna bahwa proses absensi mereka telah berhasil terekam oleh sistem.

Selain komponen utama di atas, perancangan perangkat keras ini turut melibatkan komponen-komponen pendukung mekanis. Sebuah breadboard dimanfaatkan sebagai media perakitan sementara guna menghubungkan seluruh komponen elektronik tanpa memerlukan proses penyolderan. Untuk menciptakan jalur komunikasi antar komponen, digunakan susunan kabel jumper yang menghubungkan NodeMCU ESP8266 dengan sensor RFID RC522 dan layar LCD 16x2 agar perangkat dapat beroperasi dengan sinkron. Sementara itu, kabel USB Type-A difungsikan untuk menjembatani aliran data antara NodeMCU ESP8266 dan perangkat komputer pada saat proses pemrograman.

2.3.3 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak utama yang digunakan untuk mengontrol dan menghidupkan seluruh sistem ini adalah Arduino IDE (Integrated Development Environment). Perangkat lunak ini merupakan sebuah lingkungan pengembangan khusus yang berfungsi sebagai media untuk merancang, menyusun, mengompilasi, serta mengunggah program ke dalam mikrokontroler [14]. Aplikasi ini sangat sering digunakan dalam rekayasa perangkat keras karena menawarkan antarmuka pemrograman yang sederhana, mudah dipahami, serta mendukung secara penuh pengembangan berbagai platform mikrokontroler, termasuk NodeMCU.

Dikembangkan menggunakan basis pemrograman Java dan didukung oleh integrasi library C/C++ (wiring), Arduino IDE sangat mempermudah proses pengoperasian arus data masukan (input) maupun keluaran (output) pada rangkaian [15]. Pada penelitian ini, instruksi berbasis bahasa C digunakan untuk menyusun algoritma logika dari sistem [6]. Melalui kompilasi program pada Arduino IDE, alat dirancang agar dapat beroperasi sesuai kebutuhan, mulai dari kemampuan NodeMCU ESP8266 dalam mendeteksi dan mengenali ID unik dari modul RFID, mencocokkannya dengan basis data internal, memberikan informasi teks menuju LCD, menambahkan penanda waktu (timestamp), hingga akhirnya mengeksekusi pengiriman data absensi menuju server komputasi awan secara konsisten dan real-time.

2.4 Teknik Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memvalidasi bahwa setiap komponen perangkat keras dan perangkat lunak bekerja secara sinkron sesuai dengan rancangan yang telah ditentukan. Tahapan pengujian difokuskan pada stabilitas koneksi modul Wi-Fi on-board pada NodeMCU ESP8266, integrasi library program, serta keandalan transmisi data menuju cloud storage Google Spreadsheet. Secara teknis, pengujian dilakukan melalui dua parameter kuantitatif utama, yaitu tingkat keberhasilan pembacaan (success rate) dan kecepatan respons sistem (latency).

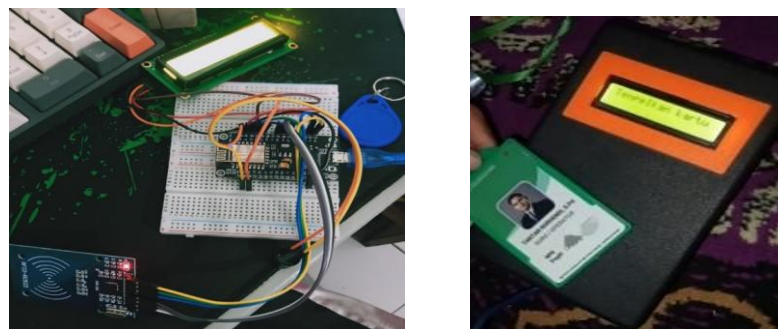
Pengujian tingkat keberhasilan pembacaan (success rate) dilakukan dengan melibatkan 10 kartu RFID guru yang telah terdaftar sebagai objek sampel. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali percobaan pemindaian secara acak untuk memastikan konsistensi sistem dalam mengenali ID unik dari setiap tag RFID. Tingkat keberhasilan dihitung menggunakan rumus persentase perbandingan antara jumlah data yang berhasil terekam dengan total jumlah percobaan pemindaian. Sementara itu, parameter kecepatan respons sistem (latency) diukur dalam satuan detik menggunakan stopwatch digital, yang dihitung mulai dari saat kartu ditempelkan pada modul RFID hingga data muncul dan terkonfirmasi pada antarmuka Google Spreadsheet. Hasil dari kedua parameter pengujian tersebut kemudian dianalisis secara komparatif terhadap efisiensi metode absensi manual yang selama ini diterapkan,

mencakup indikator waktu pemrosesan, tingkat presisi rekapitulasi data, serta kemudahan akses informasi bagi staf administrasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem absensi berbasis IoT ini dikembangkan dengan memanfaatkan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler yang terintegrasi dengan sensor RFID[8]. Selain itu, sistem dilengkapi dengan buzzer dan LCD yang berfungsi untuk memberikan notifikasi setelah pengguna melakukan proses tap pada kartu RFID. Notifikasi ganda berupa indikator buzzer dan indikator visual dari LCD ini merupakan penerapan prinsip User Experience (UX) yang esensial dalam perancangan antarmuka mesin dan manusia (Human-Machine Interface). Melalui umpan balik langsung ini, pengguna mendapatkan kepastian psikologis dan operasional bahwa interaksi fisik mereka dengan perangkat telah berhasil direkam oleh sistem, sehingga mengeliminasi keraguan yang sering kali memicu pemindaian ganda (double-tapping) yang dapat merusak integritas basis data. Implementasi sistem dilakukan di MTs Al-Ikhlas Cicalengka untuk mendukung pencatatan kehadiran tenaga pendidik secara otomatis dan real-time, sehingga dapat menjadi alternatif yang lebih efektif dibandingkan metode pencatatan manual.

Transisi dari sistem pencatatan berbasis kertas menuju sistem otomatisasi ini memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap proses administratif di lingkungan tata usaha sekolah. Waktu produktif staf administrasi yang sebelumnya terbuang untuk rekapitulasi harian kini dapat dialokasikan untuk tugas manajerial lain yang lebih strategis. Alur transmisi data pada sistem ini berjalan secara linier dan instan. Ketika seorang tenaga pendidik memindai kartu identitasnya pada sensor RFID RC522, sistem akan membaca nomor seri kartu untuk diidentifikasi oleh NodeMCU. Setelah data tervalidasi, mikrokontroler akan langsung mengirimkan parameter data tersebut menuju Google Spreadsheet yang berfungsi sebagai sarana penyimpanan data berbasis cloud. Pendekatan serverless architecture menggunakan Google Spreadsheet API ini merupakan terobosan implementatif yang mengatasi kelemahan penelitian-penelitian terdahulu yang umumnya masih bergantung pada server lokal yang mahal dan sulit dipelihara. Dengan memanfaatkan cloud storage publik yang gratis dan andal, sistem ini menawarkan skalabilitas tinggi tanpa membebani anggaran operasional institusi pendidikan. Proses sinkronisasi ini memanfaatkan konektivitas Wi-Fi yang tertanam pada NodeMCU, sehingga pembaruan data dapat diakses oleh pihak manajemen sekolah secara real-time. Penerapan teknologi ini di MTs Al-Ikhlas Cicalengka diharapkan mampu menggantikan metode absensi konvensional yang kurang efisien, meminimalkan risiko human error, serta mempermudah pengelolaan rekapitulasi kehadiran guru secara digital dan transparan. Sebelum membahas hasil pengujian secara lebih terperinci, perlu dipahami wujud fisik dari prototype yang telah berhasil dirakit pada Gambar 4. Rancang bangun fisik ini didesain agar ergonomis, portabel, dan mudah ditempatkan di area pintu masuk sekolah tanpa membutuhkan ruang instalasi yang masif.



Gambar 4. (a) Tampilan Rangkaian Secara Keseluruhan; (b) Rangkaian fisik sistem absensi

Berdasarkan visualisasi pada Gambar 4a, terlihat bahwa arsitektur perangkat keras telah disusun sedemikian rupa guna meminimalisasi kompleksitas kabel eksternal, sehingga menjamin keamanan perangkat dari potensi korsleting. Penggunaan casing pelindung pada rangkaian fisik pada Gambar 4b tidak hanya berfungsi sebagai aspek estetika, tetapi juga sebagai mitigasi risiko kerusakan akibat faktor lingkungan sekitar. Rangkaian fisik sistem absensi otomatis ini telah berhasil dirancang dengan memanfaatkan teknologi Radio Frequency Identification (RFID)[16]. Seluruh komponen perangkat keras diintegrasikan secara presisi pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali. Berdasarkan hasil pengujian, perangkat terbukti berfungsi dengan baik di mana pemindaian kartu RFID secara langsung memicu respons buzzer dan menampilkan konfirmasi status kehadiran pada layar LCD secara real-time. Keberhasilan fungsional ini menjadi validasi awal bahwa algoritma yang ditanamkan melalui bahasa pemrograman C pada Arduino IDE mampu mengeksekusi instruksi pembacaan sensor.

3.1 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan melalui pemberian tegangan dari power supply ke rangkaian mikrokontroler, lalu dilakukan pengamatan terhadap respons koneksi modul WiFi yang terdapat pada mikrokontroler[17]. Stabilitas suplai

tegangan ini merupakan prasyarat mutlak dalam penelitian Internet of Things (IoT), mengingat mikrokontroler seri ESP8266 sangat sensitif terhadap fluktuasi arus listrik saat melakukan inisiasi koneksi ke jaringan nirkabel. Kemudian testing sistem dilakukan terhadap 10 orang guru secara acak (random sampling) yang telah memiliki kartu RFID terdaftar. Pemilihan metode random sampling ini bertujuan untuk menghindari bias pengujian dan merepresentasikan skenario penggunaan di dunia nyata secara objektif, di mana interval waktu kedatangan guru bersifat acak dan bervariasi. Pengujian bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan pembacaan kartu RFID, keberhasilan pengiriman data, serta kecepatan respons sistem. Untuk memberikan gambaran kuantitatif yang komprehensif mengenai performa sistem, seluruh data dari eksperimen lapangan tersebut dicatat secara terstruktur. Pencatatan data ini berfungsi sebagai pembuktian atas hipotesis efisiensi yang dibangun pada bab-bab sebelumnya.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem Absensi

Nama Guru	RFID Terbaca	Data Tersimpan	Waktu Respons (Detik)
Rahmat Solahudin	Ya	Ya	2
Hj Yati Sumiati	Ya	Ya	2
Arif Zaenal	Ya	Ya	2
Imas Quraesin	Ya	Ya	2
Tantan Nurhendi	Ya	Ya	2
Bella Isabella	Ya	Ya	2
Siti Solihah	Ya	Ya	2
Sony Rosmiyati	Ya	Ya	2
Intan Anggia W	Ya	Ya	2
Faisal Anwar H	Ya	Ya	2
Total/Rata-Rata	10	10	2.2 Detik

Berdasarkan pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 2, seluruh kartu RFID dapat terdeteksi dengan baik oleh sensor RFID RC522. Selain itu, data kehadiran yang diperoleh berhasil dikirim serta tercatat pada Google Spreadsheet. Pengujian dilakukan melalui total 10 kali percobaan pemindaian secara acak untuk memastikan konsistensi sistem dalam mengenali kode identitas unik (Unique Identifier / UID) dari setiap tag RFID. Tingkat keberhasilan dihitung secara matematis menggunakan perbandingan antara jumlah data kehadiran yang berhasil masuk ke Google Spreadsheet terhadap total keseluruhan percobaan pemindaian setelah semua test sampling selesai dilakukan [18], yang kemudian diformulasikan pada Persamaan berikut(1):

$$\text{Tingkat Keberhasilan (\%)} = \left(\frac{\sum \text{Data Kehadiran Sukses Tersimpan}}{\text{Total Percobaan Pemindaian}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Penggunaan formula matematis tersebut memberikan landasan kuantitatif yang solid bahwa reliabilitas sistem tidak hanya diukur berdasarkan asumsi, melainkan melalui parameter dengan hasil yang terukur secara pasti. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tingkat akurasi pembacaan RFID mencapai 100%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor RFID RC522 mampu bekerja dengan baik dalam mengenali kartu yang telah terdaftar pada sistem.

Selain tingkat keberhasilan pembacaan kartu, waktu respons sistem juga menjadi salah satu indikator performa utama yang diamati. Parameter kecepatan respons sistem (latency) ini digunakan untuk mengukur durasi total pemrosesan ujung-ke-ujung (end-to-end). Pengukuran dihitung mulai dari saat kartu RFID pertama kali dideteksi oleh sensor reader (T_0), dilanjutkan dengan pemrosesan mikrokontroler yang memicu tampilan informasi konfirmasi pada layar LCD 16x2 sebagai umpan balik (feedback) langsung bagi pengguna, hingga baris data kehadiran baru yang mencakup nama, tanggal, dan waktu secara otomatis terkonfirmasi pada lembar kerja Google Spreadsheet (T_1). Visualisasi proses perubahan informasi pada layar LCD saat pemindaian kartu ini ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan LCD Saat Proses Absensi Berhasil

Secara matematis, perhitungan parameter latency (Δt) diformulasikan melalui Persamaan (2) berikut:

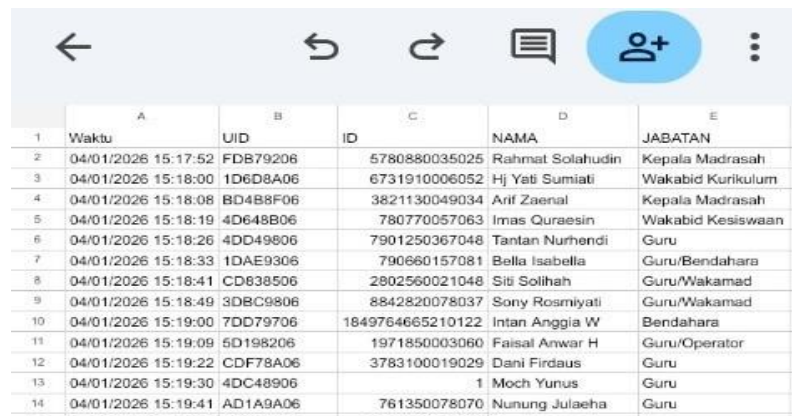
$$\Delta t = T_1 - T_0 \quad (2)$$

Berdasarkan hasil pengujian, sistem menunjukkan rata-rata waktu respons yang dibutuhkan sebesar 2,2 detik. Waktu tersebut dihitung sejak kartu ditempelkan pada sensor hingga data berhasil tersimpan pada Google Spreadsheet. Dampak langsung dari kecepatan ini terhadap proses administratif ini sangat nyata yaitu meminimalkan antrean panjang di pintu masuk guru saat jam sibuk pagi hari, sehingga alur kedatangan menjadi sangat lancar dan efisien.

Kemudian, hasil pengumpulan data dari kedua parameter pengujian tersebut kemudian dianalisis secara komparatif terhadap efisiensi metode absensi manual yang selama ini diterapkan di sekolah, mencakup indikator waktu pemrosesan, tingkat presisi rekapitulasi data, serta kemudahan akses informasi bagi staf administrasi.

3.2 Hasil Penyimpanan Data

Pengujian sistem dilakukan terhadap 10 orang guru yang telah memiliki kartu RFID terdaftar. Pengujian bertujuan untuk mengetahui Setelah proses absensi selesai dilakukan, data secara otomatis tersimpan pada Google Spreadsheet yang berisi informasi nama guru, tanggal absensi, dan waktu kehadiran.



	A	B	C	D	E
1	Waktu	UID	ID	NAMA	JABATAN
2	04/01/2026 15:17:52	FDB79206	5780880035025	Rahmat Solahudin	Kepala Madrasah
3	04/01/2026 15:18:00	1D6D8A06	6731910006052	Hj Yati Sumiati	Wakabid Kurikulum
4	04/01/2026 15:18:08	BD4B8F06	3821130049034	Arif Zaenal	Kepala Madrasah
5	04/01/2026 15:18:19	4D648B06	780770057063	Imas Quraesin	Wakabid Kesiswaan
6	04/01/2026 15:18:26	4DD49806	7901250367048	Tantan Nurhendi	Guru
7	04/01/2026 15:18:33	1DAE9306	790660157081	Bella Isabella	Guru/Bendahara
8	04/01/2026 15:18:41	CD838506	2802560021048	Siti Solihah	Guru/Wakamad
9	04/01/2026 15:18:49	3DBC9806	8842820078037	Sony Rosmiyati	Guru/Wakamad
10	04/01/2026 15:19:00	7DD79706	1849764665210122	Intan Anggia W	Bendahara
11	04/01/2026 15:19:09	5D198206	1971850003060	Faisal Anwar H	Guru/Operator
12	04/01/2026 15:19:22	CDF78A06	3783100019029	Dani Firdaus	Guru
13	04/01/2026 15:19:30	4DC48906		1 Moch Yunus	Guru
14	04/01/2026 15:19:41	AD1A9A06	761350078070	Nunung Julaeaha	Guru

Gambar 6. Data Kehadiran pada Google Spreadsheet

Analisis terhadap Gambar 6 memperlihatkan bahwa setiap rekaman kehadiran tersusun rapi per baris (row). Format bawaan ini memberikan fleksibilitas ekstrem bagi staf Tata Usaha, di mana data dapat secara instan diunduh dalam format sekunder seperti Microsoft Excel (.xlsx) atau CSV untuk keperluan pengolahan lanjutan. Penyimpanan data secara digital memberikan keuntungan dibandingkan sistem manual. Data dapat dicari kembali dengan lebih mudah, proses rekapitulasi menjadi lebih cepat, dan risiko kehilangan dokumen dapat diminimalkan.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem yang dikembangkan mampu menjalankan seluruh fungsi utama sesuai dengan tujuan penelitian. Tingkat keberhasilan pembacaan RFID yang mencapai 100% menunjukkan bahwa teknologi RFID dapat digunakan secara efektif sebagai media identifikasi pengguna dalam sistem absensi.

Keberhasilan pengiriman data yang mencapai 100% juga menunjukkan bahwa NodeMCU ESP8266 mampu menjalankan fungsi komunikasi data melalui jaringan internet dengan baik. Data kehadiran dapat segera tersimpan ke dalam Google Spreadsheet.

Dari sisi kecepatan, capaian waktu respon sekitar 2,2 detik menunjukkan bahwa sistem mampu memproses data kehadiran dalam waktu yang relatif singkat. Hasil ini jauh lebih efisien dibandingkan sistem manual yang membutuhkan waktu lebih lama karena proses pencatatan dan rekapitulasi dilakukan secara terpisah.

Tabel 3. Perbandingan Sistem Konvensional dan Sistem IoT

Aspek	Sistem Konvensional	Sistem IoT
Pencatatan Kehadiran	Manual	Otomatis
Rekapitulasi Data	Manual	Otomatis
Risiko Kesalahan	Tinggi	Rendah
Penyimpanan Data	Buku Absensi	Google Spreadsheet
Akses Informasi	Tidak Langsung	Real-time
Waktu Absensi	30 detik	2.2 detik

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa penerapan sistem IoT mampu meningkatkan efisiensi dalam proses pengelolaan kehadiran. Dari perbandingan ini, reduksi durasi absensi dari 30 detik (konvensional) menjadi hanya 2,2 detik (IoT) mendemonstrasikan lonjakan efisiensi waktu sebesar lebih dari 90%. Skala reduksi ini memberikan kesan yang baik bagi sekolah, di mana jam kerja manual yang berat dan penuh kesalahan berhasil didelegasikan sepenuhnya kepada sistem otomasi.

3.3 Pembahasan

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap 10 orang guru, perangkat absensi berbasis RFID dan Internet of Things telah beroperasi dengan optimal sesuai dengan spesifikasi rancangan awal. Kartu RFID dapat dikenali dengan baik oleh sensor RC522. Selanjutnya, data kehadiran akan dikirim secara otomatis ke Google Spreadsheet melalui NodeMCU ESP8266. Pada sistem ini, NodeMCU berfungsi sebagai pusat pengendali yang memproses data absensi hasil pembacaan modul RFID sebelum diteruskan ke server menggunakan jaringan Wi-Fi[19]. Proses pengiriman berlangsung dalam waktu singkat sehingga informasi kehadiran dapat terdokumentasi dan tersedia untuk diakses secara real-time.

Temuan tersebut sejalan dengan pendapat Saputro dkk, yang menjelaskan bahwa melalui Internet of Things, perangkat elektronik dapat saling terhubung dan melakukan transmisi data melalui konektivitas jaringan internet[20]. Pada implementasinya, NodeMCU ESP8266 berperan sebagai penghubung antara perangkat pembaca RFID dan media penyimpanan data sehingga proses pencatatan berjalan secara otomatis tanpa memerlukan penginputan ulang oleh pengguna.

Dari sudut pandang sistem informasi, mekanisme kerja yang diterapkan juga sesuai dengan konsep sistem informasi yang dijelaskan di awal. Kartu RFID berfungsi sebagai sumber data (input), NodeMCU ESP8266 melakukan pengolahan dan pengiriman informasi (process), sedangkan data kehadiran yang tersimpan pada Google Spreadsheet menjadi keluaran (output) yang dapat dimanfaatkan oleh pihak administrasi.

Temuan yang diperoleh memiliki kesamaan dengan penelitian Ramadhani Pri Haryoga dkk yang menerapkan RFID dan IoT pada sistem absensi[6]. Penggunaan kedua teknologi tersebut terbukti mampu mempercepat proses pencatatan kehadiran sekaligus memudahkan pengelolaan data. Perbedaannya terletak pada lingkungan penerapan, di mana penelitian terdahulu dilakukan pada organisasi kampus, sedangkan kajian ini difokuskan pada pengelolaan kehadiran guru di lingkungan sekolah.

Kemampuan NodeMCU dalam mengotomatisasi proses pencatatan juga mendukung penelitian Leonard dan Wasid yang menyatakan bahwa mikrokontroler dapat menggantikan berbagai aktivitas manual menjadi proses yang berjalan secara otomatis[3]. Hal tersebut terlihat dari mekanisme absensi yang tidak lagi memerlukan pencatatan pada buku kehadiran maupun rekapitulasi secara manual.

Dibandingkan metode yang sebelumnya digunakan, penerapan RFID dan IoT memberikan beberapa keuntungan, antara lain mempercepat proses absensi, mengurangi kemungkinan kesalahan pencatatan, serta memudahkan penyimpanan dan pencarian data. Kehadiran informasi secara real-time juga membantu pihak sekolah dalam melakukan pemantauan kehadiran dengan lebih efektif.

Meskipun menunjukkan kinerja yang baik, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Performa sistem sangat bergantung pada kestabilan koneksi internet karena seluruh tahapan pengiriman informasi dilakukan secara daring. Ketika koneksi mengalami gangguan, waktu sinkronisasi data dapat menjadi lebih lambat. Namun secara keseluruhan, penerapan teknologi RFID dan Internet of Things mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan kehadiran guru serta mendukung proses administrasi yang lebih terstruktur.

Berdasarkan seluruh tahapan pengujian, tingkat keberhasilan pembacaan kartu mencapai 100% dan seluruh data berhasil tersimpan pada database. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tujuan penelitian telah tercapai, sehingga hipotesis yang menjelaskan bahwa implementasi sistem absensi menggunakan RFID dan IoT mampu meningkatkan tingkat efisiensi dalam pengelolaan kehadiran dapat diterima.

4. KESIMPULAN

Hasil Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa implementasi sistem absensi berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan RFID RC522, NodeMCU ESP8266, dan LCD 16x2 terbukti sangat efektif dalam memodernisasi tata kelola administrasi kehadiran guru di MTs Al-Ikhlas Cicalengka. Sistem ini berhasil mengubah alur pencatatan kehadiran yang awalnya masih bergantung pada metode manual menjadi serba otomatis melalui pemindaian kartu identitas RFID, yang kemudian datanya akan langsung diproses dan dikirimkan ke dalam Google Spreadsheet. Dalam perancangan ini, perangkat lunak Arduino IDE memegang peranan krusial sebagai fondasi utama pembangun logika kerja sistem. Melalui program yang ditanamkan, seluruh komponen dapat saling terhubung dan terkoordinasi dengan baik untuk mengeksekusi berbagai instruksi, mulai dari mendeteksi data kartu RFID, memunculkan informasi konfirmasi pada layar LCD, hingga membangun konektivitas internet untuk pengiriman data secara real-time. Evaluasi dari hasil uji coba turut menunjukkan performa teknis yang sangat memuaskan, di mana sistem mampu mencapai tingkat keberhasilan 100% dalam membaca seluruh kartu RFID yang diuji tanpa adanya kegagalan. Lebih dari itu, informasi kehadiran berhasil dikirim dan tersimpan ke dalam penyimpanan cloud dengan sangat cepat, yakni mencatatkan rata-rata waktu respons sebesar 2,2 detik. Tingkat akurasi yang presisi serta waktu pemrosesan yang singkat ini menegaskan bahwa algoritma yang dibangun melalui Arduino IDE pada NodeMCU ESP8266 telah beroperasi persis sesuai dengan kebutuhan operasional di lapangan. Secara keseluruhan, perangkat otomatisasi ini menawarkan efisiensi kerja, kerapian pendataan, dan keandalan operasional yang secara signifikan jauh melampaui kemampuan metode absensi konvensional. Sebagai kontribusi nyata, penelitian ini telah berhasil membuktikan bahwa pemanfaatan



teknologi IoT berbiaya rendah mampu memberikan solusi praktis dalam memecahkan masalah administrasi konvensional, sekaligus menjadi model yang dapat direplikasi dengan mudah oleh institusi pendidikan lainnya.

REFERENCES

- [1] N. Fahmi, D. Irawan, F. Ramadhan, M. Iqbal, and F. Sundawa, “Evaluasi Efektivitas Sistem Manajemen Pelanggan (CRM) pada Perusahaan Telekomunikasi Indonesia Segmen Private Banking Service dalam Meningkatkan Pengawasan Order,” *J. Sos. Teknol.*, vol. 5, no. 7, pp. 2998–3010, 2025, doi: 10.59188/jurnalsostech.v5i7.32327.
- [2] A. Aryanto et al., “Perancangan Sistem Informasi Absensi Guru Pada SMP Muhammadiyah 1 Pekanbaru,” *JATI - J. Mhs. Tek. Inform. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 9, no. 4, pp. 7279–7285, 2025, doi: 10.36040/jati.v9i4.14470.
- [3] M. Leonard and A. Wasid, “Pemanfaatan Mikrokontroler Untuk Automasi Gerai Toko Pada UMKM,” *J. Inform. dan Komputasi Media Bahasa, Anal. dan Apl.*, vol. 16, no. 01, pp. 18–25, 2022, doi: 10.56956/jiki.v16i01.98.
- [4] R. T. Todu, G. F. Andyan, and P. W. Rahayu, “Rancang Bangun Sistem Informasi Absensi Guru Menggunakan Geolocation Berbasis Web,” *JATI - J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 10, no. 2, pp. 2817–2822, 2026, doi: 10.36040/jati.v10i2.17565.
- [5] R. Mukhtar and H. Hendri, “Pengembangan Sistem Informasi Absensi Karyawan Berbasis Web dengan Teknologi RFID di GHS Jambi,” *J. Manaj. Teknol. Dan Sist. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 691–698, 2024, doi: 10.33998/jms.2024.4.1.1918.
- [6] A. R. P. Haryoga, Purwantoro, and E. H. Nurkifli, “Perancangan Sistem Absensi Pengurus Menggunakan RFID Berbasis Internet of Things (IoT) pada Sekretariat BEM FASILKOM UNSIKA,” *JATI - J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 3, pp. 3845–3851, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i3.9812.
- [7] R. Muhamad, A. Rukmana, and H. Susilawati, “Implementasi Sistem Portable Kehadiran Mahasiswa Menggunakan NodeMCU Dan Sensor Fingerprint Berbasis IoT,” *Fuse-teknik Elektro*, vol. 1, no. 2, p. 82, 2021, doi: 10.52434/jft.v1i2.1514.
- [8] F. A. Tansir, D. A. Megawati, and I. Ahmad, “Pengembangan Sistem Kehadiran Karyawan Paruh Waktu Berbasis RFID (Studi Kasus: Pizza Hut Antasari, Lampung),” *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 40–52, 2021, [Online]. Available: <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/2531602>
- [9] 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.
- [10] Kamal, U. M. Tyas, A. A. Buckhari, and Pattasang, “Implementasi Aplikasi Arduino IDE pada Matakuliah Digital,” *J. Pendidik. dan Teknol. - Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2023, doi: 10.59638/teknos.v1i1.40.
- [11] I. P. Sari, O. K. Sulaiman, and D. Apdilah, “Implementasi RFID Dalam Perancangan Sistem Absensi Karyawan,” *J. Minfo Polgan*, vol. 14, no. 1, pp. 107–112, 2025, doi: 10.33395/jmp.v14i1.14646.
- [12] M. B. Ulum, M. Lutfi, and A. Faizin, “Otomatisasi Pompa Air Menggunakan NodeMCU ESP8266 Berbasis Internet of Things (IOT),” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 1, pp. 86–93, 2022.
- [13] A. Afriansyah and A. Syaripudin, “Perancangan Sistem Informasi Absensi Dewan Guru Tenaga Harian Lepas Berbasis Web Pada Sekolah Dasar Negeri Kunciran 6 Kota Tangerang,” *Biner J. Ilm. Inform. dan Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–25, 2022, doi: 10.32699/biner.v1i1.2449.
- [14] P. M. Jakak, A. Y. Putri, D. P. Dewi, F. Sujatniko, N. Sahurina, and S. Khoiriah, “Perancangan Sistem Informasi Aplikasi Absensi Guru di SMP Negeri 2 Belitang Madang Raya,” *Instink Inov. Pendidikan, Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2023, doi: 10.30599/instink.v2i1.2073.
- [15] A. A. N. Rohman, R. Hidayat, and F. R. Ramadhan, “Pemrograman Mesin Smart Bartender Menggunakan Software Arduino IDE Berbasis Microcontroller ATmega2560,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 14–21, 2021, doi: 10.1007/s11139-020-00300-y.
- [16] R. Anggreini, A. Wajiansyah, and S. Supriadi, “Sistem Absensi Menggunakan Sensor RFID Dan PLX-DAQ Berbasis Arduino Uno,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 2, pp. 404–410, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6227.
- [17] B. Setyawan, R. M. Yasi, and U. Suryadhianto, “Rancang Bangun Alat Presensi Fingerprint Berbasis Website Menggunakan NodeMCU ESP8266 di SMK NU Darussalam,” *J. Zetroleum*, vol. 03, no. 02, pp. 10–15, 2021, doi: 10.36526/ztr.v3i2.1478.
- [18] A. N. Rachmatika, “Penerapan Black Box Testing dan Pendekatan Behavior Driven Development pada Sistem Ujian Computer Based Test,” *J. Appl. Linguist. Lit.*, vol. 1, no. 1, pp. 4–6, 2024, [Online]. Available: <http://etheses.uin-malang.ac.id/id/eprint/65220>
- [19] M. S. Alfarez, E. S. Anugera, and H. P. Saputra, “Rancang Bangun Sistem Absensi Berbasis IOT yang Terintegrasi dengan Aplikasi Web di PT. Sugih Boga Nusantara,” *Ris. Tek. Inform. dan Komput. Ranc. Bangun Sist. Absensi Berbas. IOT yang Terintegrasi dengan Apl. Web di PT. Sugih Boga Nusan.*, vol. 6, no. 3, pp. 565–576, 2024, doi: 10.52005/restikom.v6i3.386.
- [20] U. A. Saputro et al., “Pemanfaatan IoT untuk Meningkatkan Produktivitas dan Hasil Penjualan Cabai Organik Sritanio,” *J. Abdi Insa.*, vol. 10, no. 4, pp. 2505–2513, 2023, doi: 10.29303/abdiinsani.v10i4.1174.