

Sistem Otomasi Ruang Kerja Berbasis IoT Untuk Efisiensi Energi

¹Kelvin Jossy Fransisco, ¹Adi wibowo

¹Universitas Muhammadiyah Kotabumi,
adi.wibowo@umko.ac.id

ABSTRAK

Efisiensi penggunaan energi dan keamanan akses ruang merupakan dua aspek penting dalam pengelolaan ruang kerja modern. Penggunaan perangkat listrik yang tidak terkontrol serta sistem akses manual seringkali menyebabkan pemborosan energi dan rendahnya tingkat keamanan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem otomasi kontrol akses pintu berbasis RFID menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem yang dikembangkan terdiri dari RFID MFRC522 sebagai media input, ESP32 sebagai pengendali utama, relay sebagai aktuator, LCD I2C sebagai media tampilan, serta modul suara ISD1820 sebagai notifikasi. Sistem bekerja dengan cara membaca kartu RFID yang ditempelkan oleh pengguna, kemudian ESP32 memproses data tersebut untuk mengontrol status pintu melalui solenoid door lock, serta memberikan informasi melalui LCD dan output suara. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Pengujian sistem menunjukkan bahwa seluruh komponen berfungsi dengan baik baik secara individu maupun terintegrasi, dengan waktu respon kurang dari 2 detik. Sistem juga mampu meningkatkan efisiensi energi karena perangkat hanya aktif saat diperlukan. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi solusi alternatif dalam pengembangan sistem otomasi ruang berbasis IoT yang efisien, aman, dan mudah diimplementasikan. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan fitur validasi pengguna dan integrasi dengan platform IoT untuk monitoring secara real-time.

Kata Kunci: ESP32, RFID, IoT, otomasi, kontrol akses, efisiensi energi

1 PENDAHULUAN

Efisiensi energi menjadi salah satu isu penting dalam pengelolaan ruang kerja modern, terutama dengan meningkatnya penggunaan perangkat elektronik seperti lampu, komputer, dan perangkat pendukung lainnya. Penggunaan energi listrik yang tidak terkontrol sering kali menyebabkan pemborosan, misalnya ketika perangkat tetap menyala meskipun ruangan tidak digunakan. Kondisi ini menunjukkan perlunya sistem yang mampu mengontrol penggunaan energi secara otomatis dan efisien. Penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi energi melalui pengendalian perangkat secara real-time [1].

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan peluang besar dalam menciptakan sistem otomasi yang cerdas. IoT memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet sehingga dapat dikontrol secara jarak jauh maupun otomatis [2]. Implementasi IoT dalam smart building terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan pengguna [3]. Selain itu, penggunaan mikrokontroler seperti ESP32 dinilai efektif karena memiliki kemampuan konektivitas dan efisiensi daya yang baik dalam sistem IoT [4].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem otomasi berbasis IoT, seperti sistem smart home berbasis ESP32 yang mampu mengontrol perangkat elektronik secara otomatis dengan integrasi cloud [5]. Penelitian lain menggunakan RFID sebagai sistem autentikasi pengguna yang memiliki tingkat akurasi tinggi dalam identifikasi dan meningkatkan keamanan sistem [6]. Selain itu, sistem monitoring energi berbasis IoT mampu menyajikan data penggunaan listrik dalam bentuk grafik real-time sehingga memudahkan analisis efisiensi energi [7].

Namun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengendalian perangkat atau monitoring energi secara terpisah. Integrasi antara sistem autentikasi pengguna (RFID), kontrol akses ruang, serta pengelolaan energi secara otomatis dalam satu sistem masih belum banyak dikembangkan [8]. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang dapat

dikembangkan lebih lanjut.

Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan sistem otomasi ruang kerja berbasis IoT yang mengintegrasikan teknologi RFID sebagai autentikasi akses pengguna dengan sistem kontrol perangkat listrik menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi energi serta memberikan kemudahan dalam pengelolaan ruang kerja [9], [10].

2 LITERATUR REVIEW

2.1 Internet of Things (IoT)

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penerapan IoT pada sistem bangunan cerdas mampu meningkatkan efisiensi energi serta mengurangi biaya operasional melalui pengendalian perangkat secara otomatis [11]. Selain itu, penggunaan IoT berbasis ESP32 juga terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik melalui sistem kontrol beban pintar dan monitoring real-time [12].

2.2 RFID (Radio Frequency Identification)

Implementasi RFID dalam sistem berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi operasional serta akurasi identifikasi pengguna secara signifikan, terutama dalam sistem keamanan dan absensi berbasis otomatis [13].

2.3 Mikrokontroler ESP32

Penggunaan ESP32 dalam sistem IoT terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi energi melalui pengendalian perangkat listrik secara otomatis dan monitoring berbasis jaringan [14].

2.4 Relay sebagai Pengendali Perangkat

Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan relay dalam sistem IoT berbasis ESP32 mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi dengan mengontrol perangkat listrik secara otomatis berdasarkan kondisi tertentu [15].

2.5 Sistem Otomasi dan Efisiensi Energi

Penelitian lain menunjukkan bahwa sistem monitoring dan kontrol energi berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi

energi secara signifikan melalui pemantauan konsumsi listrik secara real-time dan pengendalian otomatis perangkat [16]. Selain itu, penggunaan perangkat pintar berbasis IoT juga terbukti mampu mengoptimalkan konsumsi energi serta meningkatkan keamanan sistem kelistrikan [17].

2.6 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

Berikut merupakan perbandingan beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan sistem otomasi dan efisiensi energi berbasis IoT:

Tabel 1. Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti & Tahun	Metode/ Teknologi	Hasil Penelitian	Kelemahan
1	Aryo Atmanto D l., 2025 [7]	IoT + Sensor ACS712	Monitoring energi real-time akurat	Tidak ada kontrol otomatis
2	Kirsan et al., 2025 [18]	IoT + MQTT + Blynk	Monitoring + notifikasi energi	Belum ada integrasi RFID
3	Munir et al., 2025 [16]	IoT + PZEM004T	Efisiensi energi meningkat 20%	Fokus monitoring saja
4	Atmanto et al., 2025 [7]	IoT + Fuzzy Logic	Visualisasi grafik energi real-time	Kompleks implementasi
5	Sianturi et al., 2024 [13]	IoT + Energi terbarukan	Efisiensi energi hingga 40%	Tidak ada kontrol akses

Berdasarkan tabel perbandingan di atas, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar penelitian masih berfokus pada monitoring energi atau kontrol perangkat secara terpisah. Integrasi antara autentikasi pengguna (RFID), kontrol akses, dan pengelolaan energi dalam satu sistem masih jarang dikembangkan. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan sistem otomasi ruang kerja berbasis IoT yang mengintegrasikan ketiga aspek tersebut dalam satu sistem terpadu.

3 METODOLOGI

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dilakukan secara sistematis untuk memastikan sistem yang dibangun berjalan sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun tahapan penelitian meliputi:

1. Perancangan sistem
Merancang arsitektur sistem yang meliputi hubungan antara perangkat input, proses, dan output berbasis IoT [19].
2. Implementasi perangkat keras
Melakukan perakitan komponen seperti ESP32, RFID, relay, LCD, dan modul suara sesuai dengan desain sistem [20].
3. Pengembangan perangkat lunak
Menulis program menggunakan Arduino IDE untuk mengontrol sistem dan mengintegrasikan semua komponen [21].
4. Pengujian sistem
Menguji fungsi setiap komponen serta keseluruhan sistem untuk memastikan kinerja sesuai dengan yang diharapkan [22].
5. Analisis hasil

Menganalisis hasil pengujian untuk mengetahui tingkat efisiensi dan performa sistem dalam mengelola energi [23].

3.2 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data operasional yang diperoleh secara langsung dari proses kerja sistem yang telah dirancang. Data tersebut meliputi beberapa parameter penting yang berkaitan dengan input, proses, dan output sistem, sehingga dapat digunakan untuk menganalisis kinerja serta keandalan sistem secara keseluruhan. Jenis data pertama adalah data input dari kartu RFID, yaitu berupa UID (Unique Identifier) yang terdapat pada setiap kartu. Data ini berfungsi sebagai identitas pengguna yang digunakan dalam proses autentikasi sistem. Ketika kartu ditempelkan pada reader, UID akan dibaca oleh modul RFID MFRC522 dan dikirimkan ke ESP32 untuk diproses. Data ini menjadi dasar utama dalam menentukan apakah akses akan diberikan atau ditolak.

Selanjutnya, terdapat data status relay (ON/OFF) yang menunjukkan kondisi aktuator dalam sistem. Status relay ini berkaitan langsung dengan kondisi pintu, di mana relay ON menunjukkan bahwa pintu dalam keadaan terbuka (solenoid aktif), sedangkan relay OFF menunjukkan bahwa pintu dalam keadaan tertutup. Data ini penting untuk mengetahui apakah sistem telah merespon input dengan benar sesuai dengan logika program. Selain itu, sistem juga menghasilkan data output berupa tampilan pada LCD. Data ini berupa pesan teks yang ditampilkan kepada pengguna, seperti "Tempelkan Kartu", "PINTU TERBUKA", dan "PINTU TERTUTUP". Informasi ini berfungsi sebagai umpan balik visual yang membantu pengguna memahami kondisi sistem secara langsung dan real-time.

Jenis data berikutnya adalah output suara dari modul ISD1820, yang berfungsi sebagai notifikasi audio. Data ini berupa sinyal aktivasi suara yang dipicu oleh ESP32 pada kondisi tertentu, seperti saat pintu terbuka atau tertutup. Keberadaan output suara ini menambah dimensi interaksi sistem sehingga tidak hanya mengandalkan tampilan visual. Seluruh data tersebut diperoleh melalui proses pembacaan langsung dari sensor RFID yang kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 secara real-time. Proses ini berlangsung secara kontinu selama sistem aktif, sehingga memungkinkan sistem untuk merespon setiap input dengan cepat dan akurat. Dengan pengolahan data secara real-time, sistem mampu memberikan kinerja yang responsif serta mendukung implementasi otomasi yang efisien dan andal [24].

3.3 Arsitektur Sistem

Sistem yang dirancang pada penelitian ini merupakan sistem otomasi kontrol akses pintu berbasis RFID yang terintegrasi dengan beberapa komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Secara umum, arsitektur sistem ini dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output, yang saling terhubung dan bekerja secara sistematis. Bagian **input** pada sistem ini menggunakan modul RFID MFRC522 yang berfungsi sebagai pembaca kartu RFID. Modul ini akan mendeteksi kartu yang ditempelkan oleh pengguna dan membaca data identitas (UID) yang tersimpan di dalam kartu tersebut. Proses pembacaan dilakukan secara nirkabel menggunakan gelombang radio dengan jarak tertentu, sehingga memudahkan pengguna dalam mengakses sistem tanpa kontak fisik secara langsung.

Data yang diperoleh dari RFID kemudian dikirimkan ke bagian **proses**, yaitu mikrokontroler ESP32 yang berperan sebagai pengendali utama sistem. ESP32 bertugas untuk mengolah data yang diterima dari RFID berdasarkan logika program yang telah dirancang. Proses ini meliputi identifikasi kartu, pengambilan keputusan (valid atau tidak valid), serta pengendalian perangkat output sesuai kondisi yang terjadi. Selain itu, ESP32 juga mengatur komunikasi antar perangkat seperti LCD melalui protokol I2C dan RFID melalui SPI.

Selanjutnya, hasil pemrosesan dari ESP32 akan diteruskan ke bagian output, yang terdiri dari modul relay, LCD I2C, dan modul suara ISD1820. Modul relay digunakan untuk mengontrol aktuator berupa solenoid door lock yang berfungsi sebagai pengunci pintu otomatis. LCD I2C digunakan untuk menampilkan informasi status sistem kepada pengguna secara real-time, seperti kondisi pintu terbuka atau tertutup. Sementara itu, modul suara ISD1820 berfungsi untuk memberikan notifikasi audio sebagai indikator tambahan ketika terjadi perubahan status pada sistem.

Dengan demikian, arsitektur sistem ini menunjukkan alur kerja yang terintegrasi, di mana ESP32 menerima data dari RFID, kemudian memprosesnya, dan selanjutnya mengontrol perangkat output sesuai dengan logika sistem yang telah ditentukan. Arsitektur ini digambarkan secara visual pada Gambar 3.1.



Gambar 1. Arsitektur Sistem otomasi ruang kerja

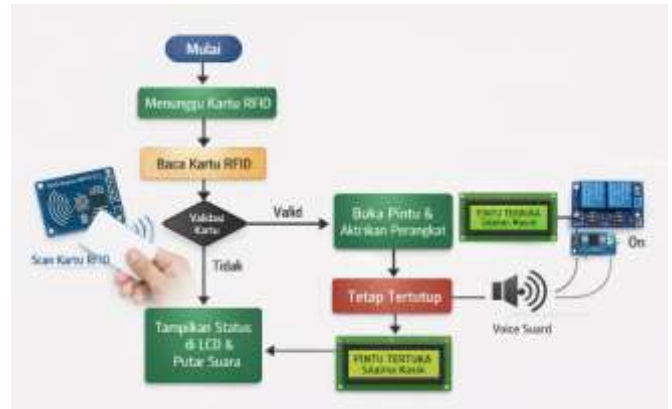
3.4 Flowchart Sistem

Flowchart sistem menggambarkan alur kerja sistem secara keseluruhan mulai dari kondisi awal hingga sistem memberikan respon terhadap input yang diterima. Berdasarkan gambar flowchart yang ditampilkan, sistem dimulai dari kondisi awal (*Mulai*) dan masuk menunggu input dari pengguna. Pada tahap awal, sistem berada dalam kondisi menunggu kartu RFID yang ditunjukkan dengan status standby. Dalam kondisi ini, LCD akan menampilkan pesan seperti *"Tempelkan Kartu"* sebagai indikator bahwa sistem siap digunakan. Ketika pengguna menempelkan kartu RFID, sistem akan masuk ke tahap pembacaan kartu RFID. Modul RFID MFRC522 akan membaca data kartu dan mengirimkannya ke ESP32 untuk diproses lebih lanjut.

Selanjutnya, sistem melakukan tahap validasi kartu, yaitu proses pengambilan keputusan berdasarkan data yang diterima. Pada flowchart ditunjukkan adanya dua kemungkinan kondisi, yaitu kartu valid dan kartu tidak valid. Apabila kartu dinyatakan valid, maka sistem akan menjalankan proses membuka pintu dan mengaktifkan perangkat. Pada kondisi ini, relay akan aktif sehingga solenoid door lock terbuka, LCD menampilkan pesan *"PINTU TERBUKA – Silakan Masuk"*, serta modul suara akan memutar notifikasi sebagai tanda bahwa akses diberikan kepada pengguna. Sebaliknya, apabila kartu tidak valid, maka sistem tidak akan membuka pintu dan tetap berada dalam kondisi terkunci. Pada kondisi ini, sistem hanya akan menampilkan status pada LCD dan dapat memberikan

notifikasi suara sebagai peringatan.

Setelah proses tersebut selesai, sistem akan kembali ke kondisi awal, yaitu menunggu kartu RFID berikutnya. Alur ini berlangsung secara berulang selama sistem dalam keadaan aktif. Dengan adanya flowchart ini, alur kerja sistem menjadi lebih terstruktur dan mudah dipahami, serta memudahkan dalam proses implementasi dan analisis sistem secara keseluruhan.



Gambar 2. Flowchart Sistem otomasi ruang kerja

3.5 Perancangan Perangkat Keras

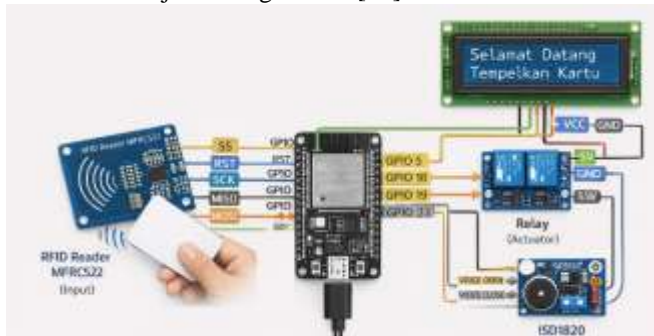
Perancangan perangkat keras pada sistem ini bertujuan untuk membangun suatu sistem kontrol akses pintu otomatis yang terintegrasi dan dapat bekerja secara real-time. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terhubung, yaitu ESP32 sebagai pengendali utama, RFID MFRC522 sebagai perangkat input, relay sebagai aktuator, LCD I2C sebagai media tampilan, serta modul suara ISD1820 sebagai perangkat notifikasi. Berdasarkan gambar rangkaian yang ditunjukkan, ESP32 berperan sebagai pusat kontrol yang mengatur seluruh alur kerja sistem. ESP32 menerima data dari modul RFID MFRC522 melalui komunikasi SPI. Koneksi antara RFID dan ESP32 meliputi pin SS (GPIO 5), SCK (GPIO 18), MISO (GPIO 19), MOSI (GPIO 23), serta pin RST yang digunakan untuk reset modul. Modul RFID ini bekerja pada tegangan 3.3V sehingga harus disesuaikan dengan sumber daya dari ESP32 agar tidak terjadi kerusakan komponen.

Selanjutnya, ESP32 juga terhubung dengan LCD I2C yang berfungsi untuk menampilkan informasi kepada pengguna. Komunikasi antara ESP32 dan LCD menggunakan protokol I2C, yaitu melalui pin SDA (GPIO 21) dan SCL (GPIO 22). LCD ini digunakan untuk menampilkan pesan seperti *"Selamat Datang"*, *"Tempelkan Kartu"*, serta status pintu seperti *"PINTU TERBUKA"* atau *"PINTU TERTUTUP"*. Pada bagian aktuator, sistem menggunakan modul relay yang terhubung ke ESP32 melalui beberapa pin GPIO, seperti GPIO 5, GPIO 18, dan GPIO 23 sesuai dengan konfigurasi pada gambar. Relay ini berfungsi sebagai saklar elektronik yang mengontrol perangkat eksternal, seperti solenoid door lock. Ketika relay aktif, arus listrik akan mengalir ke solenoid sehingga pintu dapat terbuka secara otomatis.

Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan modul suara ISD1820 yang terhubung ke ESP32 melalui pin GPIO 32 dan GPIO 33. Modul ini berfungsi untuk memberikan notifikasi suara kepada pengguna, seperti suara pembuka pintu atau peringatan ketika akses ditolak. Dengan adanya notifikasi suara, sistem menjadi lebih interaktif dan informatif. Setiap komponen dalam sistem ini dihubungkan sesuai dengan pin yang telah ditentukan untuk memastikan komunikasi antar

perangkat dapat berjalan dengan baik. Selain itu, semua komponen menggunakan sumber daya yang sesuai, yaitu 3.3V untuk ESP32 dan RFID, serta 5V untuk relay dan modul suara. Pengaturan ini penting untuk menjaga kestabilan sistem serta menghindari kerusakan pada komponen.

Secara keseluruhan, perancangan perangkat keras ini menunjukkan bahwa sistem telah dirancang dengan memperhatikan aspek integrasi, efisiensi, dan kemudahan implementasi. Dengan konfigurasi yang tepat, seluruh komponen dapat bekerja secara sinkron dalam mendukung fungsi utama sistem, yaitu mengontrol akses pintu secara otomatis berbasis RFID. Setiap komponen dihubungkan sesuai dengan pin yang telah ditentukan untuk memastikan komunikasi berjalan dengan baik [19].



Gambar 3. Rancangan Sistem otomasi ruang kerja

3.6 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak pada sistem ini dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++. Pemilihan Arduino IDE didasarkan pada kemudahan dalam proses pengembangan, kompatibilitas dengan ESP32, serta dukungan library yang lengkap untuk berbagai modul seperti RFID, LCD, dan komunikasi antarmuka lainnya. Program yang dibuat dirancang untuk mengatur seluruh proses kerja sistem secara terintegrasi, mulai dari pembacaan input hingga pengendalian output.

Secara umum, program memiliki beberapa fungsi utama, yaitu membaca data dari modul RFID MFRC522, mengontrol relay sebagai aktuator, menampilkan informasi pada LCD I2C, serta mengaktifkan modul suara ISD1820 sebagai notifikasi. Proses pembacaan RFID dilakukan menggunakan komunikasi SPI, di mana data kartu yang terdeteksi akan dikirim ke ESP32 untuk diproses lebih lanjut. Data tersebut kemudian menjadi dasar dalam pengambilan keputusan sistem.

Selain itu, program juga dirancang untuk mengontrol relay yang berfungsi sebagai saklar elektronik. Relay akan diaktifkan atau dinonaktifkan berdasarkan kondisi yang dihasilkan dari proses pembacaan RFID. Dalam implementasinya, relay bekerja dengan logika aktif LOW, sehingga perlu pengaturan khusus dalam pemrograman agar sesuai dengan karakteristik perangkat keras yang digunakan.

Pada bagian tampilan, program mengatur LCD I2C untuk menampilkan berbagai informasi yang berkaitan dengan status sistem. Pesan yang ditampilkan meliputi kondisi awal sistem, instruksi kepada pengguna, serta status pintu seperti terbuka atau tertutup. Hal ini bertujuan untuk memberikan informasi secara langsung kepada pengguna sehingga meningkatkan interaksi antara sistem dan pengguna.

Selanjutnya, modul suara ISD1820 dikontrol melalui pin digital ESP32 untuk memberikan notifikasi audio. Program akan mengaktifkan modul suara pada kondisi tertentu, seperti saat pintu terbuka atau tertutup, sehingga pengguna

mendapatkan umpan balik tambahan selain tampilan visual.

Logika sistem yang digunakan dalam program ini adalah metode toggle, yaitu perubahan status sistem secara bergantian setiap kali kartu RFID terdeteksi. Dengan metode ini, sistem akan mengubah kondisi dari tertutup menjadi terbuka, dan sebaliknya, tanpa memerlukan penyimpanan data yang kompleks. Pendekatan ini membuat sistem menjadi lebih sederhana namun tetap efektif dalam implementasi kontrol akses dasar. Dengan demikian, perangkat lunak yang dirancang mampu mengintegrasikan seluruh komponen perangkat keras secara optimal dan memastikan sistem dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang diharapkan [20].

3.7 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak dapat bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Proses pengujian ini meliputi beberapa tahapan penting, yaitu pengujian pembacaan RFID, pengujian relay ON/OFF, pengujian LCD, pengujian modul suara, serta pengujian keseluruhan sistem secara terintegrasi.

Pengujian pertama dilakukan pada modul RFID MFRC522 untuk memastikan bahwa sistem mampu membaca kartu dengan baik. Pada tahap ini, kartu RFID ditempelkan pada reader dan diamati apakah data dapat terbaca oleh ESP32 dengan cepat dan akurat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kartu dalam waktu singkat dengan tingkat keberhasilan yang tinggi.

Selanjutnya, dilakukan pengujian pada modul relay untuk memastikan fungsi ON dan OFF berjalan sesuai dengan logika program. Relay diuji dengan memberikan sinyal dari ESP32 dan diamati apakah relay dapat mengaktifkan dan menonaktifkan aktuator dengan benar. Hasilnya menunjukkan bahwa relay mampu merespon dengan baik sesuai dengan perintah yang diberikan.

Pengujian juga dilakukan pada LCD I2C untuk memastikan bahwa tampilan informasi dapat ditampilkan dengan jelas dan sesuai kondisi sistem. Berbagai pesan ditampilkan, seperti kondisi standby, pintu terbuka, dan pintu tertutup. Hasil pengujian menunjukkan bahwa LCD dapat menampilkan informasi secara stabil tanpa adanya gangguan atau delay yang signifikan.

Pada pengujian modul suara ISD1820, sistem diuji untuk memastikan bahwa suara dapat diputar sesuai dengan kondisi yang terjadi. Modul suara diaktifkan pada saat pintu terbuka maupun tertutup, dan hasilnya menunjukkan bahwa suara dapat diputar dengan baik sebagai notifikasi tambahan bagi pengguna.

Tahap terakhir adalah pengujian keseluruhan sistem, di mana semua komponen diuji secara bersamaan dalam kondisi nyata. Pada tahap ini, sistem diuji mulai dari pembacaan kartu RFID hingga pengaktifan relay, tampilan LCD, dan output suara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sistem dapat bekerja secara terintegrasi dengan baik tanpa adanya konflik antar komponen. Pengujian dilakukan secara berulang dalam berbagai kondisi untuk memastikan keandalan dan kestabilan sistem. Dengan pengujian berulang ini, dapat dipastikan bahwa sistem memiliki tingkat keandalan yang tinggi dan siap untuk digunakan dalam implementasi nyata [21].

3.8 Analisis Sistem

Analisis sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja keseluruhan sistem yang telah dirancang dan

diimplementasikan. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana sistem mampu bekerja sesuai dengan tujuan penelitian serta untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan yang terdapat pada sistem. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa parameter utama, yaitu kecepatan respon sistem, keakuratan pembacaan RFID, serta efisiensi penggunaan energi.

Parameter pertama yang dianalisis adalah kecepatan respon sistem, yaitu waktu yang dibutuhkan sistem sejak kartu RFID ditempelkan hingga sistem memberikan respon berupa pembukaan pintu, tampilan pada LCD, serta output suara. Berdasarkan hasil pengujian, sistem memiliki waktu respon yang relatif cepat, yaitu kurang dari 2 detik. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi antara RFID, ESP32, dan perangkat output berjalan dengan baik dan mendukung kinerja sistem secara real-time.

Parameter kedua adalah keakuratan pembacaan RFID, yang berkaitan dengan kemampuan sistem dalam mendeteksi dan membaca kartu RFID secara tepat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat keakuratan yang tinggi selama kartu berada dalam jarak pembacaan yang optimal. Faktor-faktor seperti posisi kartu dan jarak terhadap reader mempengaruhi keberhasilan pembacaan, namun secara umum sistem mampu bekerja dengan stabil dan konsisten.

Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap efisiensi penggunaan energi. Sistem dirancang agar perangkat hanya aktif ketika diperlukan, yaitu saat kartu RFID terdeteksi. Dengan demikian, konsumsi energi dapat diminimalkan karena tidak ada perangkat yang bekerja secara terus-menerus tanpa kebutuhan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki potensi dalam mendukung konsep efisiensi energi pada penggunaan perangkat listrik. Hasil pengujian dari ketiga parameter tersebut kemudian dibandingkan untuk mengetahui tingkat kinerja sistem secara keseluruhan. Berdasarkan perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem telah memenuhi kriteria sebagai sistem otomasi yang responsif, akurat, dan efisien. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan lebih lanjut, seperti peningkatan jarak pembacaan RFID, penambahan sistem validasi pengguna, serta integrasi dengan teknologi IoT untuk monitoring dan kontrol jarak jauh.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Sistem otomasi yang telah dirancang berhasil direalisasikan dalam bentuk prototype perangkat keras yang terpasang langsung pada pintu. Implementasi sistem ini menggunakan beberapa komponen utama yaitu ESP32 sebagai pengendali utama, RFID MFRC522 sebagai input, relay sebagai aktuator, LCD I2C sebagai media tampilan, serta modul suara ISD1820 sebagai notifikasi audio.



Gambar 4. Hasil Implementasi Sistem otomasi ruang kerja

Sistem otomasi yang telah dirancang berhasil diimplementasikan dalam bentuk prototype perangkat keras yang terpasang pada pintu. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama yaitu ESP32 sebagai pengendali utama, RFID MFRC522 sebagai input, relay sebagai aktuator, LCD I2C sebagai media tampilan, serta modul suara ISD1820 sebagai notifikasi audio. Berdasarkan hasil implementasi, seluruh komponen dapat terintegrasi dengan baik dan bekerja sesuai dengan perancangan sistem yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa proses perancangan perangkat keras dan perangkat lunak telah dilakukan secara tepat sehingga sistem dapat berfungsi secara optimal dalam kondisi nyata.

1. Tampilan Sistem RFID

Pada implementasi perangkat, modul pembaca RFID ditempatkan di dalam sebuah casing yang dirancang untuk melindungi komponen sekaligus meningkatkan kerapuhan sistem. Pada bagian depan casing terdapat label "TAP DISINI" yang berfungsi sebagai petunjuk bagi pengguna untuk menempelkan kartu RFID pada area pembacaan.

Di bagian atas perangkat, terpasang LCD I2C yang berfungsi sebagai media informasi bagi pengguna. LCD ini menampilkan status sistem secara real-time. Pada kondisi standby, sistem akan menampilkan pesan "Tempelkan Kartu" yang menandakan bahwa sistem siap menerima input. Sedangkan pada kondisi pintu tertutup, LCD menampilkan pesan "PINTU TERTUTUP – Terima Kasih" sebagai indikator status sistem.

Pengoperasian sistem dilakukan dengan cara yang sederhana, di mana pengguna hanya perlu menempelkan kartu RFID pada area yang telah ditentukan. Sistem kemudian akan memproses input secara otomatis tanpa memerlukan interaksi tambahan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki antarmuka yang intuitif dan mudah digunakan.

2. Implementasi Solenoid Door Lock

Pada bagian pintu, sistem menggunakan solenoid door lock sebagai mekanisme pengunci otomatis yang dikendalikan melalui modul relay. Relay berfungsi sebagai penghubung antara ESP32 dengan solenoid, sehingga memungkinkan pengendalian beban dengan aman. Ketika kartu RFID terdeteksi, ESP32 akan mengaktifkan relay sehingga arus listrik mengalir ke solenoid dan menyebabkan kunci pintu terbuka. Sebaliknya, ketika sistem kembali ke kondisi awal, relay akan nonaktif dan aliran listrik terputus sehingga pintu kembali terkunci secara otomatis. Implementasi ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengontrol akses pintu secara otomatis berbasis RFID dengan baik, serta memberikan keamanan tambahan bagi pengguna.

3. Rangkaian Internal Sistem

Rangkaian internal sistem ditempatkan dalam sebuah box

yang berfungsi sebagai pusat kontrol. Di dalamnya terdapat beberapa komponen utama seperti modul relay 2 channel, board ESP32, serta modul pendukung lainnya yang berfungsi sebagai penyedia daya dan pengatur koneksi. Selain itu, terdapat jalur kabel yang menghubungkan seluruh komponen sesuai dengan desain wiring yang telah dirancang sebelumnya. Susunan ini menunjukkan bahwa sistem telah direalisasikan dalam bentuk perangkat keras nyata dan bukan hanya simulasi. Penempatan komponen di dalam box juga memberikan perlindungan terhadap rangkaian serta meningkatkan kerapuhan instalasi. Dengan konfigurasi ini, sistem siap digunakan dalam kondisi nyata (real implementation).

Untuk mengetahui kinerja sistem yang telah dirancang, dilakukan serangkaian pengujian terhadap setiap komponen serta pengujian secara keseluruhan. Hasil pengujian tersebut disajikan dalam tabel berikut untuk memudahkan analisis performa sistem.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem

No	Komponen	Pengujian	Hasil
1	RFID	Pembacaan kartu	Berhasil
2	Relay	ON/OFF	Berhasil
3	LCD	Tampilkan pesan	Berhasil
4	ISD1820	Output suara	Berhasil
5	Sistem	Integrasi semua	Berhasil

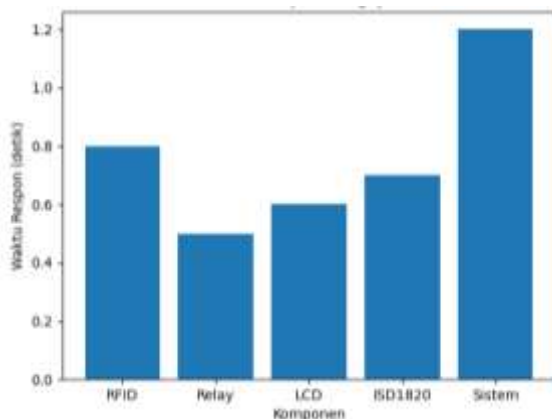
Berdasarkan hasil pengujian, seluruh komponen sistem menunjukkan performa yang baik dan sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Modul RFID mampu membaca kartu dengan cepat dan stabil dengan waktu respon kurang dari satu detik. Relay bekerja sesuai dengan logika program yaitu aktif pada kondisi LOW, sehingga mampu mengontrol aktuator dengan baik.

LCD I2C mampu menampilkan informasi secara real-time tanpa adanya delay yang signifikan. Modul suara ISD1820 juga berfungsi dengan baik dalam memberikan notifikasi audio sesuai dengan kondisi sistem. Pengujian secara keseluruhan menunjukkan bahwa integrasi antar komponen berjalan dengan baik tanpa adanya gangguan.

Untuk mengetahui kecepatan respon masing-masing komponen dalam sistem, dilakukan pengukuran waktu respon yang hasilnya disajikan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Analisis Waktu Respon Sistem

No	Komponen	Waktu Respon (detik)	Keterangan
1	RFID	0.8	Cepat
2	Relay	0.5	Sangat cepat
3	LCD	0.6	Stabil
4	ISD1820	0.7	Normal
5	Sistem	1.2	Proses total



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Waktu Respon

Berdasarkan tabel dan grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa seluruh komponen memiliki waktu respon yang cepat dan sistem mampu bekerja secara real-time dengan baik.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, sistem menunjukkan kinerja yang baik dalam mengontrol akses pintu secara otomatis. Waktu respon sistem tergolong cepat, yaitu kurang dari 2 detik untuk keseluruhan proses, sehingga sistem dapat digunakan secara real-time. Dari segi keakuratan, RFID mampu membaca kartu dengan tingkat keberhasilan yang tinggi selama berada dalam jarak pembacaan yang optimal. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki keandalan yang baik dalam proses identifikasi pengguna.

Selain itu, sistem juga berkontribusi terhadap efisiensi energi, karena perangkat hanya aktif saat diperlukan. Hal ini sesuai dengan tujuan penelitian yaitu mengurangi pemborosan energi melalui sistem otomasi. Namun demikian, sistem masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti belum adanya validasi UID kartu dan belum terintegrasi dengan sistem IoT untuk monitoring jarak jauh. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut sangat diperlukan untuk meningkatkan fungsionalitas dan keamanan sistem.

Untuk meningkatkan performa sistem, beberapa pengembangan yang dapat dilakukan antara lain:

- 1 Penambahan validasi UID RFID untuk meningkatkan keamanan
- 2 Integrasi dengan platform IoT (Blynk, MQTT, atau Firebase)
- 3 Penambahan fitur monitoring dan logging data
- 4 Pengembangan antarmuka berbasis mobile

Dengan adanya pengembangan tersebut, sistem dapat ditingkatkan menjadi sistem smart door yang lebih canggih dan terintegrasi

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem otomasi berbasis ESP32 dan RFID yang dikembangkan dalam penelitian ini telah berhasil direalisasikan dan berfungsi sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Sistem mampu membaca kartu RFID dengan baik dan mengolah data tersebut untuk mengontrol akses pintu melalui mekanisme solenoid door lock yang dikendalikan oleh relay. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan LCD sebagai media informasi dan modul suara sebagai notifikasi, sehingga memberikan interaksi yang lebih informatif dan user-friendly bagi pengguna.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem, meliputi RFID, relay, LCD, dan modul suara, dapat bekerja dengan baik baik secara individu maupun secara terintegrasi. Sistem memiliki waktu respon yang relatif cepat, yaitu kurang dari 2 detik, sehingga dapat digunakan secara real-time tanpa adanya keterlambatan yang signifikan.

Dari segi keandalan, sistem menunjukkan tingkat keberhasilan yang tinggi dalam membaca kartu RFID selama berada dalam jarak pembacaan yang optimal. Selain itu, sistem juga mampu meningkatkan efisiensi energi karena perangkat hanya aktif saat diperlukan, sehingga dapat mengurangi pemborosan penggunaan listrik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem ini layak digunakan sebagai solusi otomasi kontrol akses pintu berbasis RFID dan memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem yang lebih canggih berbasis Internet of Things (IoT).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Putra Pratama, K. Kunci, E. Energi, B. Cerdas, and S. Kontrol, "Journal of Technology and Engineering Optimisasi Efisiensi Energi dalam Bangunan Cerdas melalui Sistem Kontrol Berbasis IoT," *Journal of Technology and Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2023, doi: <https://doi.org/10.59613/journaloftechnologyandengineering.v1i1.16>.
- [2] N. Gautama, Y. Yunita, and A. Hidayat, "Internet of Things (IoT): Masa Depan Kehidupan Serba Terkoneksi," *Primary Journal of Multidisciplinary Research*, vol. 1, no. 5, pp. 173–177, 2025, doi: [10.70716/pjmr.v1i4.294](https://doi.org/10.70716/pjmr.v1i4.294).
- [3] N. Amalia and D. Hindarto, "Enterprise Architecture for Efficient Integration of IoT Lighting System in Smart City Framework," *sinkron*, vol. 8, no. 2, pp. 1091–1099, Apr. 2024, doi: [10.33395/sinkron.v8i2.13591](https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i2.13591).
- [4] Muhammad Fathor Azhar and Lela Nurpulaela, "Implementasi Penggunaan ESP32 Sebagai IoT pada Project Smart Charger di PT. Pasifik Satelit Nusantara Bekasi," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 4, pp. 7248–7253, 2024, doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v8i4.10201>.
- [5] P. Rahayu and U. Sari, "Perancangan Sistem Smart Home Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dan Aplikasi Blynk untuk Otomatisasi Perangkat Rumah Tangga," *JISKA: Jurnal Sistem Informasi Dan Informatika*, vol. 3, no. 2, p. 2025, 2025, doi: <https://doi.org/10.47233/jiska.v3i2.2137>.
- [6] A. Fauzan, R. A. Reswen, I. Zaky Muchtar, and D. Yandra Niska, "Implementasi Sistem Kunci Pintu Otomatis Berbasis RFID dan Arduino Uno dengan Tampilan Status Akses Implementation of an RFID-Based Automatic Door Lock System Using Arduino Uno with Access Status Display," *Journal of Computer Engineering, System and Science*, vol. 11, no. 1, pp. 76–85, 2026, doi: [10.24114/cess.v11i1.70455](https://doi.org/10.24114/cess.v11i1.70455).
- [7] D. Aryo Atmanto, R. Wardana Nanditama, W. Suteddy, and A. Adiwilaga, "Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Berbasis IoT Menggunakan Fuzzy Logic Mamdani IoT-Based Electrical Energy Consumption Monitoring System Using Fuzzy Logic Mamdani," *TELKA*, vol. 11, no. 2, pp. 151–166, 2025, doi: <https://doi.org/10.15575/telka.v11n2.151-166>.
- [8] N. D. Setia, B. Suprianto, and N. Kholis, "Perancangan Sistem Kendali Exhaust Fan Berbasis IOT dengan Sensor MQ-2 dan DHT22 untuk Optimalisasi Konsumsi Energi 250 Perancangan Sistem Kendali Exhaust Fan Berbasis IOT dengan Sensor MQ-2 dan DHT22 untuk Optimalisasi Konsumsi Energi," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 14, no. 3, pp. 250–56, 2025, doi: <https://doi.org/10.26740/jte.v14n3.p250-256>.
- [9] A. N. M. Andreas and R. Arijanto, "Rancang Bangun Smart Home IoT dengan Integrasi Kunci Rfid dan Otomasi Elektronik," *bit-Tech*, vol. 7, no. 2, pp. 235–243, Dec. 2024, doi: [10.32877/bt.v7i2.1729](https://doi.org/10.32877/bt.v7i2.1729).
- [10] Refida Septiana Putri, Firman Nur Hidayat, Sony Subagyo, and Kuat Indartono, "Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Lampu dan AC Berbasis IoT Menggunakan Sensor PIR dan IR Transmitter," *Elektrika*, vol. 17, no. 2, pp. 81–87, Oct. 2025, doi: [10.26623/elektrika.v17i2.12547](https://doi.org/10.26623/elektrika.v17i2.12547).
- [11] R. Dwi and E.-Ningtiyas, "Pengembangan Sistem Smart Home Berbasis IoT Untuk Meningkatkan Efisiensi Energi Listrik Dwi Rahayu Ningtiyas, Ahmad Aftah Syukron Universitas Ma'arif Nahdlatul Ulama Kebumen," *Journal of Innovative and Creativity*, vol. 5, no. 2, p. 2025, 2025, doi: <https://doi.org/10.31004/joecy.v5i2.2638>.
- [12] C. A. Rizki, N. Khairuniza, and M. Habibah, "Implementasi Sistem Pemantauan Daya Listrik Real-Time Berbasis ESP32 untuk Optimasi Energi," *Journal of Electrical Engineering Research*, vol. 1, no. 2, pp. 71–77, May 2025, doi: [10.64803/joeer.v1i2.11](https://doi.org/10.64803/joeer.v1i2.11).
- [13] F. A. Sianturi and A. S. Sitio, "Implementasi IoT dalam Sistem Absensi Siswa Berbasis RFID dan Cloud Computing," vol. 6, no. 2. 2025. doi: <https://doi.org/10.55338/jumin.v7i1.5647>.
- [14] N. Begti Rizal Nugroho, B. Adji Rohman, B. Yusuf Arifin, D. Artika Rahmawati, I. Dimas Dewanto, and H. Hasanah, "Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Things)," in *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis (SENATIB)*, 2025, pp. 1043–1049.
- [15] D. Firmansyah and I. Komputer, "PERAN KOMPUTASI EDGE DALAM INTERNET OF THINGS: ARSITEKTUR DAN APLIKASI," *Logicloom.id*, vol. 1, no. 3, p. 2024, 2024, Accessed: Apr. 13, 2026. [Online]. Available: <https://logicloom.id/index.php/Jurnallogicloom>
- [16] M. Munir and I. Setiawan Wibisono, "Pemantauan Daya Listrik Real-Time Menggunakan IoT untuk Efisiensi Energi Rumah Tangga," *Jurnal Algoritma*, vol. 22, no. 2, Nov. 2025, doi: [10.33364/algoritma/v.22-2.2391](https://doi.org/10.33364/algoritma/v.22-2.2391).
- [17] Hisar Alexcandra, Mhd. Fajar D Tanjung, Dinda Tri H Sihombing, Taufiq A Al Ghazali, Reihan A Sitompul, and Willis M Sitorus, "SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN ENERGI BERBASIS IOT UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI ENERGI DALAM LINGKUNGAN CERDAS," *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, vol. 7, no. 4, 2024.
- [18] A. S. Kirsan, A. Rifa'i, and I. Fitria, "Solusi IoT Terbaru untuk Kontrol AC Hemat Energi dan Cerdas," *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, vol. 13, no. 1, Jan. 2024, doi: [10.30591/smartcomp.v13i1.5023](https://doi.org/10.30591/smartcomp.v13i1.5023).
- [19] R. Gustia, W. Febriani, M. Hasanah, and A. Fradana, "Perancangan Smart Home Berbasis Iot Menggunakan Esp32, Telegram dan Spreadsheet," *Jurnal Pustaka AI (Pusat Akses Kajian Teknologi Artificial Intelligence)*, vol. 5, no. 3, pp. 695–700, Dec. 2025, doi: [10.55382/jurnalpustakaai.v5i3.1482](https://doi.org/10.55382/jurnalpustakaai.v5i3.1482).
- [20] Mochamad Levi Adilah, I Nyoman Satya Kumara, I Wayan Sukerayasa, and I Made Arsa Suyadnya, "Kajian Literatur Instalasi Listrik pada Bangunan Cerdas Berbasis IoT untuk Efisiensi Energi," *Jurnal Publikasi Teknik Informatika*, vol. 5, no. 1, pp. 09–24, Oct. 2025, doi: [10.55606/jupti.v5i1.5571](https://doi.org/10.55606/jupti.v5i1.5571).
- [21] Norbertus Tri Suswanto Saptadi and at. al, "Integrasi Internet of Things IoT dan Embedded System dalam Era Digital," 1st ed., M. Kom. Ajay Supriadi, Ed., Sada Kurnia Pustaka, 2025, pp. 1–277. Accessed: Apr. 13, 2026. [Online]. Available: repository.sadapenerbit.com
- [22] M. Santo Gitakarma, L. Putu Ary Sri Tjahyanti, and P.

- Korespondensi, “PERBANDINGAN KINERJA SISTEM MONITORING DAN KONTROL IOT BERBASIS FUZZY LOGIC DENGAN KONTROL MANUAL DALAM MODEL SKALA KECIL,” *Jurnal Komputer dan Teknologi Sains (KOMTEKS)*, vol. 3, no. 1, pp. 23–28, 2024, doi: <https://doi.org/10.37637/komteks.v2i1.1563>.
- [23] A. Kiswanto and M. Iqbal Saifullah, “Kendali Beban Pintar: Mengoptimalkan Efisiensi Energi Dengan IoT,” *INTER TECH*, vol. 2, no. 1, pp. 10–17, May 2024, doi: [10.54732/i.v2i1.1057](https://doi.org/10.54732/i.v2i1.1057).
- [24] U. Muzakir, R. Ginting, and R. Munadi, “SISTEM IDENTIFIKASI MENGGUNAKAN RFID DAN SENSOR INFRARED BERBASIS IOT TERHADAP PENGEMBANGAN KAMPUS PINTAR,” *Jurnal Pendidikan Teknologi informasi*, vol. 7, no. 2, 2023.