

PENGEMBANGAN SISTEM SMART LOCKER DENGAN AUTENTIKASI RFID BERBASIS IOT

Okta Gabriel Sinsaku Sinaga¹⁾, Indra Hermawan²⁾, Faiz Akbar³⁾, Asiwidia Simanjuntak⁴⁾

^{1,3,4} Program Studi Teknik Informatika, Politeknik Negeri Jakarta

² Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan, Politeknik Negeri Jakarta

E-mail: indra.hermawan@tik.pnj.ac.id

Abstract

The rapid development of Internet of Things (IoT) technologies has enabled the creation of intelligent and connected storage systems. This study aims to design and implement a Smart Locker system with RFID-based authentication and real-time monitoring using Firebase cloud services. The system is developed using the ESP32 microcontroller, RC522 RFID reader for identity validation, and a React-based web interface for managing user data and monitoring access history. The methodology involves hardware-software integration and system validation through black box testing to assess the core functionalities. Test results indicate a system response time of less than 2 seconds, 100% success rate in valid card detection, and 96% success in log transmission to Firebase. Unlike previous systems which relied on local storage or manual access control, this research delivers a functional prototype with cloud integration and remote monitoring capabilities. The system is designed for potential implementation in campus environments such as libraries and can be extended for broader applications..

Keywords: *IoT, Smart Locker, RFID, ESP32, Firebase*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membuka peluang dalam menciptakan sistem otomatis yang cerdas, termasuk dalam bidang keamanan. IoT memungkinkan perangkat fisik untuk saling berkomunikasi dan dikendalikan dari jarak jauh (Ridho, 2017). Salah satu penerapannya adalah sistem loker pintar (smart locker).

Sistem loker konvensional, yang masih banyak digunakan di pusat perbelanjaan, gym, dan sekolah, umumnya menggunakan kunci fisik atau kartu sederhana yang rentan terhadap penyalahgunaan (Luthfi et al., 2022). Sistem ini juga kurang efisien dalam manajemen pengguna dan pemantauan keamanan secara real-time.

Beberapa penelitian telah menawarkan solusi berbasis IoT dan RFID. Sanjani et al. (2024) merancang sistem keamanan loker perpustakaan menggunakan ESP32 dan sensor RFID, tetapi proses input UID masih manual, yang dapat memperlambat efisiensi. Luthfi et al. (2022) mengembangkan sistem loker berbasis Android yang memungkinkan pengguna membuka

loker dengan PIN, namun tidak mendukung autentikasi berbasis kartu fisik dan tidak memiliki pelacakan histori penggunaan.

Satria et al. (2024) menerapkan teknologi smart door dengan ESP32 untuk meningkatkan proteksi gedung, menunjukkan potensi integrasi fitur keamanan dalam satu sistem terpusat.

Berdasarkan studi tersebut, dapat disimpulkan bahwa belum ada sistem smart locker yang secara **komprehensif** menggabungkan:

- autentikasi fisik berbasis RFID,
- kendali dan pemantauan berbasis web secara real-time,
- serta pelacakan histori penggunaan otomatis.

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab celah tersebut dengan merancang dan mengimplementasikan sistem smart locker berbasis IoT yang mengintegrasikan ESP32, RFID Reader RC522, Firebase sebagai basis data cloud, serta antarmuka pengguna berbasis React. Sistem ini diharapkan tidak hanya meningkatkan keamanan penyimpanan barang, tetapi juga memberikan kemudahan dalam pemantauan dan pengelolaan loker secara efisien dan terpusat.

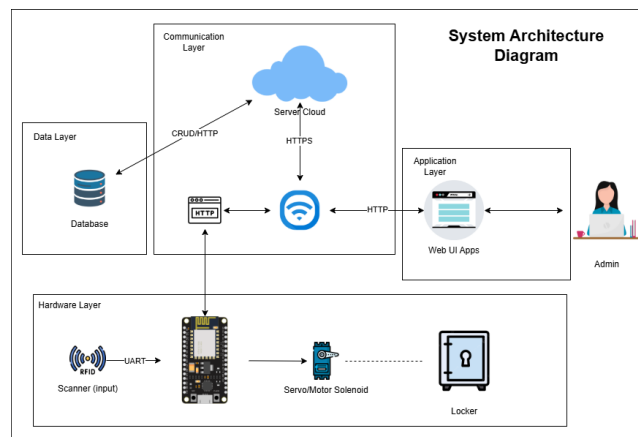
METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan rekayasa perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengembangkan sistem *Smart Locker* berbasis Internet of Things (IoT). Tahapan penelitian meliputi perancangan sistem, implementasi, serta pengujian dan validasi sistem.

1. Perancangan Sistem Perancangan sistem dilakukan dengan mengacu pada arsitektur IoT yang terbagi menjadi tiga lapisan utama:

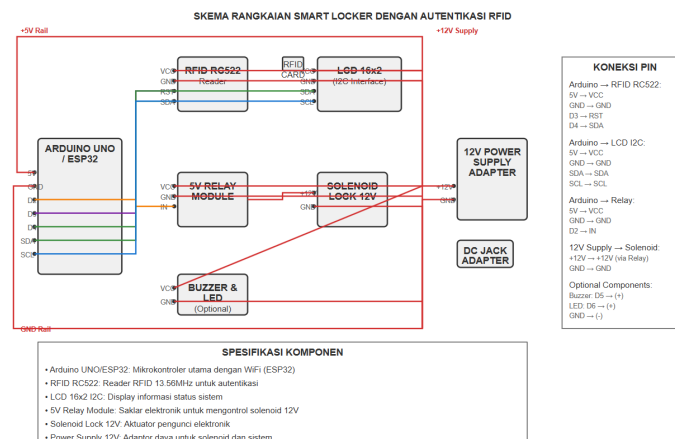
- **Lapisan Persepsi:** Komponen fisik seperti RFID reader, solenoid lock, relay, LCD I2C, dan mikrokontroler ESP32, yang berfungsi membaca UID dari kartu RFID dan mengendalikan aktuator.
- **Lapisan Jaringan:** Menggunakan koneksi Wi-Fi untuk mengirim data autentikasi dan status ke server cloud Firebase.
- **Lapisan Aplikasi:** Antarmuka web yang memungkinkan admin memantau status loker, mengelola UID pengguna, dan melihat histori penggunaan, dibangun menggunakan React dan terhubung ke Firebase.

Diagram blok perangkat keras dan diagram alur data sistem disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2 untuk memberikan gambaran visual mengenai komponen dan alur kerja sistem secara keseluruhan.



Gambar 1: Diagram Blok Perangkat Keras

Gambar 1 menunjukkan arsitektur sistem Smart Locker berbasis Internet of Things (IoT) yang terdiri dari empat lapisan: Hardware Layer, Communication Layer, Data Layer, dan Application Layer. Pada Hardware Layer, pengguna berinteraksi dengan sistem melalui pemindaian kartu RFID yang terhubung ke mikrokontroler ESP32. Mikrokontroler mengendalikan aktuator untuk membuka atau mengunci loker, sementara data autentikasi dikirim ke server melalui Communication Layer menggunakan Wi-Fi dan protokol HTTPS. Server cloud menghubungkan mikrokontroler dengan Firebase, yang menyimpan UID pengguna dan log aktivitas di Data Layer. Di Application Layer, admin dapat memantau status loker dan mengelola data pengguna secara real-time.



Gambar 2: Diagram Alur Data dan Komunikasi

Gambar 2 menggambarkan skema rangkaian sistem Smart Locker dengan autentikasi RFID. Sistem ini terdiri dari mikrokontroler ESP32, modul RFID RC522, dan solenoid lock 12V. Ketika kartu ditempelkan, UID dibaca dan diverifikasi melalui Firebase. Jika valid, ESP32 mengaktifkan relay 5V untuk membuka solenoid, dan status ditampilkan di LCD 16x2. Sistem diberi daya melalui adaptor 12V, dengan distribusi 5V untuk komponen elektronik

seperti RFID, relay, LCD, dan buzzer, yang berfungsi sebagai indikator akses berhasil atau gagal.

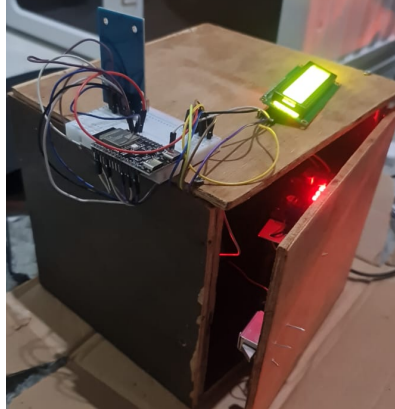
2. Implementasi Sistem Implementasi sistem mencakup perakitan perangkat keras dan pengembangan perangkat lunak.

- **Rangkaian Perangkat Keras:** Menggunakan mikrokontroler ESP32, RFID Reader RC522, Relay 5V, dan LCD 16x2. ESP32 dipilih karena kemampuannya yang efisien dan terintegrasi dengan Wi-Fi dan Bluetooth (Akbar, 2020).
- **Pemrograman:** Program utama dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C/C++. Beberapa library digunakan untuk komunikasi RFID, LCD, dan koneksi ke Firebase.
- **Proses Program:** Mikrokontroler membaca UID RFID, memverifikasi dengan data di Firebase, dan mengaktifkan relay untuk membuka solenoid lock jika UID valid. Pesan status ditampilkan di LCD.
- **Protokol Komunikasi:** Menggunakan protokol SPI untuk RFID dan I2C untuk LCD, serta koneksi Wi-Fi ke Firebase dengan protokol HTTPS.
- **Antarmuka Pengguna:** Terdiri dari LCD untuk interaksi langsung dan Web Interface berbasis React.JS untuk admin, memungkinkan pengelolaan pengguna dan pemantauan status loker.

3. Pengujian dan Evaluasi Pengujian dilakukan dengan metode Black Box Testing, fokus pada fungsi utama sistem. Skenario pengujian mencakup pembacaan kartu RFID, respons sistem, pengujian pembukaan dan penutupan loker, serta pemantauan log akses di Firebase. Evaluasi performa meliputi pengukuran waktu respons, keberhasilan autentikasi, dan stabilitas koneksi jaringan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi perangkat keras



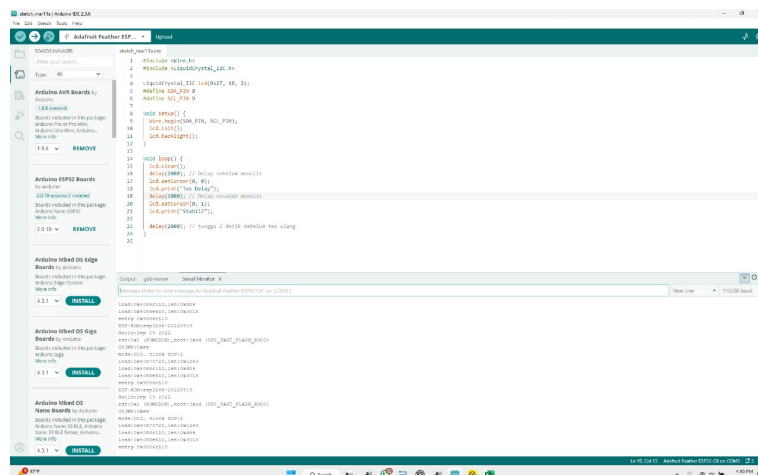
Gambar 3: Integrasi Perangkat keras

Perangkat keras Smart Locker terdiri dari ESP32 sebagai pusat kendali yang terintegrasi dengan modul RFID RC522 untuk membaca kartu, relay 5V untuk mengontrol solenoid lock sebagai pengunci mekanik, dan LCD 16x2 untuk menampilkan status sistem. Sistem dilengkapi indikator berupa buzzer dan LED serta didukung power supply 12V dengan distribusi daya 5V untuk komponen elektronik. Seluruh komponen terhubung ke ESP32 melalui antarmuka SPI (RFID), I2C (LCD), dan pin digital (relay dan indikator), membentuk sistem penguncian otomatis yang kompak dan terintegrasi.

Implementasi perangkat sistem informasi

Implementasi perangkat lunak mencakup pemrograman mikrokontroler dan pengembangan antarmuka pengguna berbasis web, serta integrasi dengan sistem informasi *cloud*.

- Pemrograman Mikrokontroler (Firmware):

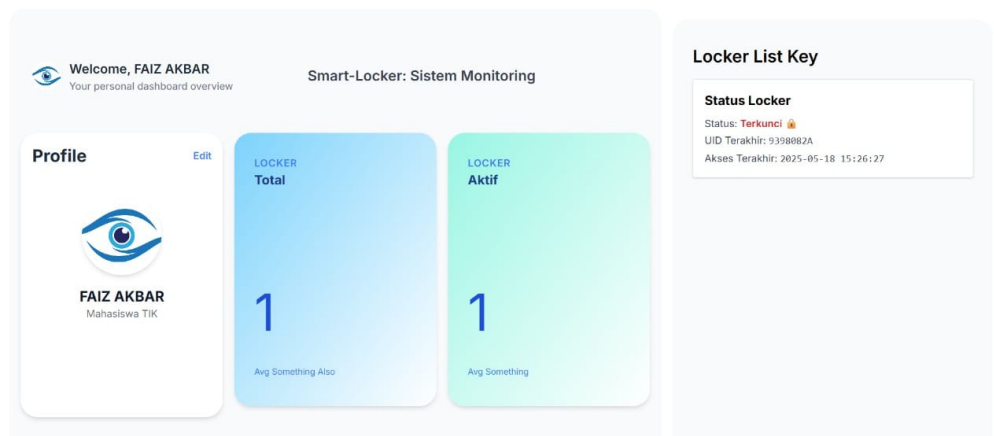


Gambar 4: Pemrograman Mikrokontroler

Sistem dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C/C++ dan beberapa library, termasuk MFRC522.h untuk komunikasi RFID, Wire.h dan LiquidCrystal_I2C.h untuk LCD, serta WiFi.h dan FirebaseESP32.h untuk koneksi cloud. Alur kerja dimulai dengan inisialisasi Wi-Fi dan Firebase, di mana mikrokontroler membaca UID RFID dan memverifikasinya dengan database. Jika UID valid, relay diaktifkan untuk membuka solenoid, LCD menampilkan "Akses Diterima", dan data log dikirim ke Firebase; jika tidak valid, LCD menampilkan "Akses Ditolak". Protokol komunikasi yang digunakan meliputi SPI untuk koneksi antara RFID dan mikrokontroler, I2C untuk koneksi mikrokontroler dengan LCD, serta HTTPS untuk komunikasi dengan Firebase.

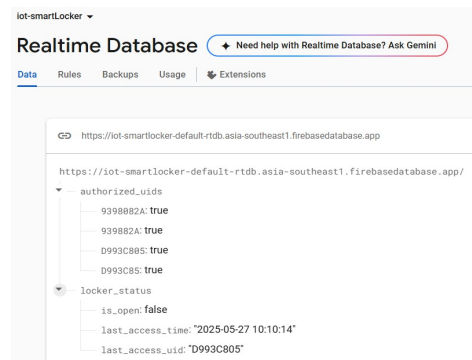
- Antarmuka Pengguna dan Sistem Informasi (Web Interface):

Antarmuka Fisik: LCD Display fisik untuk interaksi langsung dengan pengguna.



Gambar 5: Antarmuka Web

Antarmuka web Smart Locker dirancang berbasis React.JS dan terhubung langsung ke Firebase untuk memberikan pengalaman penggunaan yang sederhana namun fungsional bagi admin maupun pengguna. Gambar 3 menunjukkan tampilan dashboard yang terdiri dari beberapa bagian: di sisi kiri terdapat informasi profil pengguna, bagian tengah menampilkan jumlah total loker dan loker aktif secara real-time, sementara di sisi kanan ditampilkan status loker terkini, UID terakhir yang digunakan, dan waktu akses terakhir. Admin dapat menggunakan antarmuka ini untuk melihat daftar pengguna, menambah atau menghapus UID, melihat histori log akses, serta memantau status loker secara real-time.



Gambar 6: Tampilan Struktur Firebase

Integrasi Sistem Informasi: Aplikasi web terhubung langsung ke Firebase Realtime Database. Ini memungkinkan administrator untuk mengelola data pengguna dan memantau aktivitas loker secara terpusat. Data yang dikirim oleh ESP32 ke Firebase akan secara *real-time* tercermin pada antarmuka web, dan perubahan yang dilakukan admin di web akan segera tersedia bagi ESP32.

Pengujian

Pengujian sistem dilakukan untuk menilai keandalan, kecepatan, dan stabilitas fungsional dari sistem Smart Locker berbasis IoT yang dikembangkan. Metode pengujian yang digunakan adalah Black Box Testing, dengan beberapa skenario uji sebagai berikut:

Tabel 1. Ringkasan Hasil Pengujian Sistem Smart Locker

Jenis Pengujian	Parameter Uji	Hasil
Respons Pembacaan Kartu	Waktu respons	< 2 detik
Akurasi UID Valid	2 kartu valid diuji	100% berhasil
Pengiriman Log ke Firebase	Persentase data terkirim	96% berhasil
Uji Ketahanan LCD	Durasi penggunaan + visibilitas	Stabil > 4 menit
Uji Durabilitas	Operasional 1 jam non-stop	Stabil, tanpa crash

LCD 16x2 menampilkan status sistem seperti "Scan Kartu", "Akses Diterima", dan "Kartu Tidak Valid", serta status kunci loker. Pengujian menunjukkan LCD berfungsi baik selama lebih dari 4 menit tanpa kehilangan visibilitas. Sistem diuji selama 1 jam secara terus-menerus, melakukan siklus akses dan komunikasi dengan Firebase tanpa mengalami crash atau penurunan performa, menunjukkan ketahanan operasional yang baik. Keamanan sistem masih dasar, mengandalkan validasi UID RFID, dengan komunikasi terenkripsi menggunakan HTTPS. Namun, enkripsi UID dan autentikasi web admin belum sepenuhnya diimplementasikan, sehingga perlu pengembangan lebih lanjut.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem Smart Locker berbasis IoT dengan autentikasi RFID. Sistem menunjukkan keandalan tinggi dengan akurasi

pembacaan UID 100% dan waktu respons kurang dari 2 detik. Stabilitas operasional teruji baik selama 1 jam tanpa crash, menjadikannya layak untuk diterapkan di lingkungan kampus dan ruang publik.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan meningkatkan keamanan dengan enkripsi UID dan autentikasi admin yang lebih kuat. Selain itu, perlu dilakukan pengujian konektivitas dan keamanan web untuk memastikan sistem tetap andal dan aman saat digunakan secara luas.

Bookmark messageCopy message

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Politeknik Negeri Jakarta dengan nomor kontrak 217/PL3.A.10/PT.00.06/2025

DAFTAR PUSTAKA

- Luthfi, F. F., Midyanti, D. M., & Suhardi. (2022). Sistem keamanan pada loker berbasis Internet of Things. *Jurnal Fokus Elektroda: Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika dan Kendali*, 7(3), 200–206. <https://elektroda.uho.ac.id/>
- Sanjani, A., Gurning, A. H. E., & Hulu, F. N. (2024). Rancang bangun sistem keamanan locker perpustakaan menggunakan RFID. *Prosiding Konferensi Nasional Social dan Engineering, Politeknik Negeri Medan*, 706–713.
- Satria, R. G., Lelitasari, A., Ilyasa, R., Vetian, R. A., Effendi, N., & Yudian, M. R. (2024). Implementasi smart door berbasis Internet of Things sebagai peningkatan keamanan gedung Politeknik Takumi. *Jurnal Ilmiah SUTET*, 14(2), 128–138. <https://doi.org/10.33322/sutet.v14i2.2682>
- Ridho, A. (2017). *Perancangan Sistem Smart Locker Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Mikrokontroler ESP8266*. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 3(2), 101–108.
- Pratama, A. A., & Wibowo, A. (2020). *Sistem Smart Locker Berbasis IoT dengan Notifikasi Telegram*. *Jurnal Rekayasa Teknologi Informasi*, 4(1), 1–8.
- Kembaren, R. A., Ginting, S. A., & Tarigan, J. (2023). *Sistem Keamanan Pintu Menggunakan RFID Berbasis Arduino*. *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika*, 1(1), 1–7.
- Wibowo, A., & Santoso, H. (2019). *Implementasi RFID untuk Sistem Absensi dan Akses Pintu Otomatis Berbasis Mikrokontroler*. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 8(2), 123–130.
- Akbar, F. (2020). *Pengembangan Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Ruangan Berbasis ESP32 dan Blynk*. *Jurnal Informatika dan Komputer*, 5(1), 1–8.
- Setiawan, A., & Hidayat, R. (2021). *Perancangan Sistem Kontrol Lampu Otomatis Berbasis ESP32 dengan Aplikasi Android*. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 45–52.
- Li, X., Wang, Y., & Zhang, L. (2018). *Research on Smart Home System Based on Firebase Cloud Platform*. *International Conference on Computer, Communication and Information Sciences (CCIS)*, 1–5.
- Putra, A. S., & Wijaya, A. (2022). *Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dan Firebase Realtime Database*. *Jurnal Informatika*, 16(1), 1–10.

Komang, I. (2020). *Rancang Bangun Sistem Kunci Pintu Otomatis Berbasis Arduino Uno dan Solenoid Door Lock*. Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 9(1), 1-8.