

Rancang Bangun Sistem Keamanan Loker Berbasis Biometrik dan RFID

Zaiman Makmur¹, Hendra Adiyatna², Gustam Efendi³, Erik Mujiyono⁴
^{1,3} Program Studi Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Teknologi Bina Tunggal, Bekasi, Indonesia
² Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Bina Tunggal, Bekasi, Indonesia
⁴ Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Bina Tunggal, Bekasi, Indonesia

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Received August 01, 2025

Revised August 14, 2025

Accepted August 22, 2025

Corresponding Author:

Zaiman Makmur

Email: zaiman.makmur@stt-binatunggal.ac.id



This is an open access article under the [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

Abstract – Luggage storage or lockers are important facilities located in public places such as train stations, shopping centers, libraries, and entertainment venues. As we know, the quality of service at luggage storage facilities greatly affects customer satisfaction. Several factors can be used as benchmarks for the quality of storage services, including the security of stored items, timeliness of returns without replacement, and speed of service. This research designed a locker system with an automatic security mechanism using fingerprint biometrics combined with RFID as an alternative access method. The operating system utilizes a fingerprint sensor to scan the user's fingerprint, with the data stored in a database and processed through a microcontroller that controls an electromagnet-based locking system. To evaluate the effectiveness of the system, performance testing was carried out by registering multiple fingerprints and RFID cards, followed by verification under different scenarios. The results showed that the locker could only be accessed by registered fingerprints or RFID cards, thereby preventing unauthorized access. The security advantage of fingerprint lockers is that users can easily operate the lockers while ensuring a higher level of protection against tampering compared to conventional systems.

Keywords: Fingerprint Sensor, Biometrics, Automatic Lockers, RFID Sensor, Security System

Abstrak – Penyimpanan barang atau loker merupakan fasilitas penting yang terletak di tempat-tempat umum seperti stasiun kereta api, pusat perbelanjaan, perpustakaan, dan tempat hiburan. Kualitas pelayanan di tempat penyimpanan barang sangat berpengaruh terhadap kepuasan pelanggan. Beberapa faktor yang dapat dijadikan tolok ukur kualitas layanan penyimpanan antara lain keamanan barang yang disimpan, ketepatan waktu pengembalian, dan kecepatan pelayanan. Penelitian ini merancang sistem loker dengan mekanisme keamanan otomatis menggunakan biometrik sidik jari yang dikombinasikan dengan RFID sebagai metode akses alternatif. Sistem ini beroperasi dengan memanfaatkan sensor sidik jari yang memindai pola pengguna, kemudian data disimpan dalam basis data dan diproses oleh mikrokontroler untuk mengendalikan sistem pengunci berbasis elektromagnet. Untuk menguji efektivitas sistem, dilakukan pengujian performa melalui pendaftaran beberapa sidik jari dan kartu RFID, dilanjutkan dengan proses verifikasi dalam berbagai skenario penggunaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa loker hanya dapat diakses oleh sidik jari atau kartu RFID yang terdaftar, sehingga mencegah akses tidak sah. Keunggulan sistem ini adalah kemudahan penggunaan oleh pengguna sekaligus memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi dibandingkan sistem konvensional.

Kata Kunci: Sensor Sidik Jari, Biometrik, Loker Otomatis, Sensor RFID, Sistem Keamanan

I. PENDAHULUAN

Keamanan penyimpanan barang pribadi merupakan salah satu aspek penting dalam fasilitas publik seperti perpustakaan, stasiun, kampus, hingga pusat perbelanjaan. Selama ini, sistem penyimpanan barang pada loker umumnya masih dilakukan secara manual menggunakan kunci fisik atau nomor kertas. Sistem konvensional ini memiliki kelemahan signifikan, antara lain risiko kehilangan kunci, pencurian nomor kertas, serta potensi penyalahgunaan barang oleh pihak yang tidak berwenang. Hal ini dapat merugikan konsumen karena petugas hanya berfokus pada pencocokan nomor atau kunci, tanpa adanya sistem otentikasi yang benar-benar aman [1].

Permasalahan lain muncul pada fasilitas publik seperti perpustakaan dan stasiun kereta api di Indonesia, di mana keterbatasan staf serta tingginya jumlah pengunjung menyebabkan antrean panjang untuk menitipkan barang. Kondisi ini tidak hanya menimbulkan ketidaknyamanan, tetapi juga dapat mengurangi minat masyarakat untuk menggunakan layanan tersebut [2]. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam sistem keamanan loker yang lebih efektif, cepat, dan aman.

Perkembangan teknologi modern telah menghadirkan berbagai solusi sistem keamanan berbasis elektronik, mulai dari penggunaan password, kartu RFID, hingga biometrik. Teknologi biometrik dianggap lebih unggul karena mengandalkan karakteristik unik individu yang sulit dipalsukan, seperti sidik jari, wajah, retina, maupun suara [3]. Dari berbagai metode biometrik, sidik jari merupakan pilihan yang paling banyak digunakan karena sifatnya yang unik, permanen sejak usia janin 4 bulan, serta relatif mudah diimplementasikan [4].

Sensor sidik jari berfungsi untuk menangkap pola sidik jari pengguna dan membandingkannya dengan data yang tersimpan dalam basis data. Salah satu sensor yang banyak digunakan adalah FPM10A yang bekerja dengan metode pemindaian optik berbasis CCD (Charge-Coupled Device) [5]. Sistem keamanan loker juga dapat dikombinasikan dengan solenoid door lock yang berfungsi sebagai aktuator pengunci, bekerja dengan prinsip elektromagnetik pada tegangan tertentu, umumnya 12 volt [6].

Di sisi lain, teknologi RFID masih menjadi alternatif yang digunakan untuk otentikasi akses karena kemampuannya membaca data secara nirkabel melalui frekuensi radio. Namun, kelemahan RFID adalah potensi duplikasi kartu dan jangkauan pembacaan terbatas [7]. Dengan demikian, penggunaan biometrik berbasis sidik jari dapat memberikan tingkat keamanan lebih tinggi dibandingkan sistem RFID atau password.

Untuk mendukung pengembangan sistem, penelitian ini menggunakan Arduino sebagai mikrokontroler utama. Arduino Uno dengan chip Atmega328 dipilih karena bersifat open source, mudah diprogram, dan banyak digunakan dalam aplikasi sistem kendali elektronik [8]. Sistem ini juga terintegrasi dengan database MySQL sebagai penyimpanan data biometrik serta PHP sebagai bahasa pemrograman server-side untuk antarmuka sistem [9].

Berdasarkan uraian tersebut, dapat diidentifikasi permasalahan utama, yaitu: (1) masih rendahnya tingkat keamanan sistem loker konvensional, (2) potensi kehilangan kunci atau penyalahgunaan nomor kertas, serta (3) kurangnya efisiensi pelayanan penyimpanan barang di fasilitas publik.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan loker menggunakan teknologi biometrik berbasis sidik jari untuk meningkatkan tingkat keamanan sekaligus efisiensi penggunaan loker [10]. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada integrasi sensor sidik jari dengan sistem penguncian elektronik berbasis solenoid door lock yang dikendalikan Arduino, serta dukungan database dan antarmuka berbasis web. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis dalam meningkatkan keamanan dan kenyamanan layanan penyimpanan barang di berbagai fasilitas publik.

II. METODE

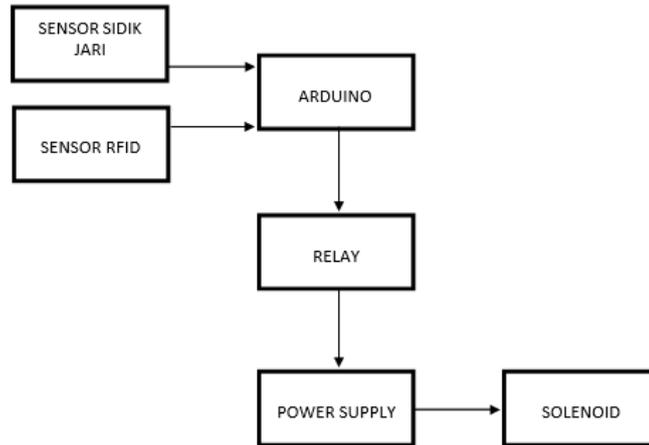
A. *Rancangan Penelitian*

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen terapan dengan tujuan membangun sistem keamanan loker berbasis teknologi biometrik sidik jari. Sistem ini dirancang untuk menggantikan metode manual yang masih mengandalkan kunci fisik atau nomor kertas, yang dinilai rentan terhadap pencurian maupun penyalahgunaan [11].

Rancangan penelitian mencakup integrasi berbagai perangkat keras, antara lain sensor sidik jari, RFID, dan solenoid door lock, yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat pengendali sistem [12]. Selain itu, perangkat ini juga terhubung dengan database MySQL dan antarmuka berbasis PHP untuk pengelolaan data biometrik serta proses autentikasi pengguna [13], [14].

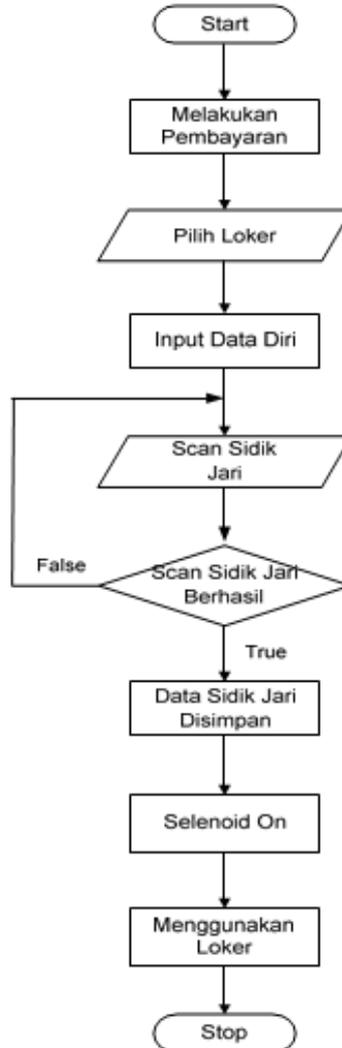
Analisis awal terhadap sistem keamanan loker yang ada menunjukkan bahwa proses masih dilakukan secara manual. Pengguna harus mendaftar di loket, membayar biaya sewa, lalu menerima kunci loker dari petugas. Model manual ini memiliki kelemahan, antara lain potensi pencurian akibat kunci yang dapat digandakan atau nomor penyimpanan yang dapat disalahgunakan. Dengan demikian, sistem konvensional belum mampu menjamin keamanan yang optimal [11].

Sistem yang diusulkan dalam penelitian ini terdiri dari tiga komponen utama, yaitu masukan (input), pengolahan data (processing), dan keluaran (output). Pada bagian input, sensor sidik jari dan modul RFID digunakan untuk membaca serta memverifikasi identitas pengguna. Data yang diperoleh diproses oleh Arduino Uno melalui pemrograman utama, lalu dicocokkan dengan data yang tersimpan pada basis data. Hasil pemrosesan tersebut menentukan keluaran berupa aktivasi solenoid door lock, yang berfungsi sebagai pengunci elektronik. Jika data sesuai, solenoid akan aktif dan pintu loker terbuka secara otomatis; jika tidak, sistem menolak akses sehingga keamanan barang tetap terjaga [12]–[14].

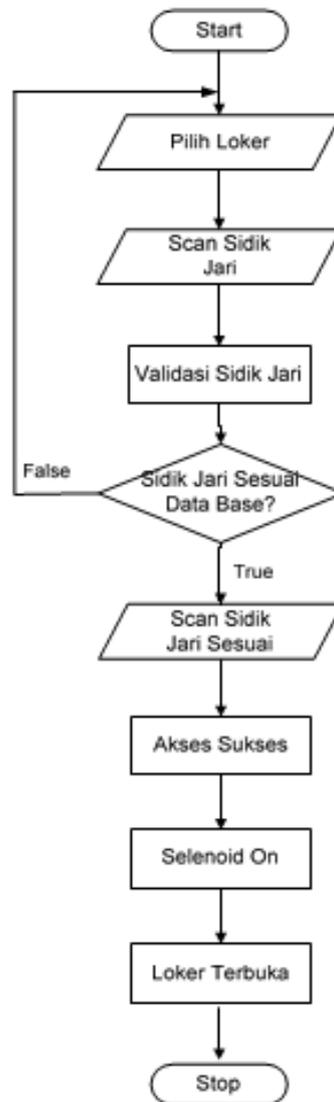


Gambar 1. Diagram Blok Sistem Keamanan Loker

Proses dimulai dari konsumen yang terlebih dahulu menyelesaikan proses pembayaran sebagai tahap awal validasi penggunaan layanan. Setelah pembayaran berhasil, konsumen dapat memilih loker yang tersedia sesuai kebutuhan. Selanjutnya, konsumen diminta untuk memasukkan informasi pribadi sebagai data identifikasi. Tahap berikutnya adalah pemindaian sidik jari. Jika pemindaian sidik jari berhasil diverifikasi, maka data akan tersimpan di sistem secara otomatis. Setelah itu, mikrokontroler memberikan perintah kepada loker untuk terbuka, sehingga konsumen dapat memasukkan barang ke dalam loker dengan aman.



Gambar 2. Flowchart Menggunakan Loker



Gambar 3. Flowchart Pengambilan Barang

B. Prosedur Pengujian Sistem

Untuk mengevaluasi efektivitas sistem, dilakukan serangkaian pengujian yang berfokus pada dua komponen utama, yaitu sensor sidik jari dan modul RFID. Proses pengujian dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Registrasi Data

Pada tahap ini, sistem melakukan perekaman sidik jari dari setiap pengguna sebagai acuan dalam proses autentikasi. Sidik jari yang direkam meliputi lima jari dari kedua tangan, yaitu ibu jari, telunjuk, jari tengah, jari manis, dan kelingking. Hal ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sensor dalam mengenali berbagai pola sidik jari yang berbeda, sekaligus menguji sejauh mana variasi jari dapat memengaruhi kinerja sistem. Selain perekaman sidik jari, proses registrasi juga dilakukan terhadap kartu RFID. Setiap kartu yang akan digunakan oleh pengguna didaftarkan terlebih dahulu ke dalam basis data sehingga sistem memiliki informasi yang valid untuk proses verifikasi pada tahap berikutnya

2. Verifikasi Identitas

Tahap kedua adalah verifikasi identitas, yaitu proses pengujian untuk memastikan bahwa hanya sidik jari atau kartu RFID yang sudah terdaftar yang dapat membuka loker. Pada pengujian ini, setiap sidik jari yang sebelumnya telah direkam dicoba satu per satu untuk membuka loker, dengan tujuan mengevaluasi apakah sistem mampu mengenali data biometrik secara konsisten. Sebagai pembandingan, sidik jari yang tidak terdaftar juga digunakan untuk menguji kemampuan sistem dalam menolak akses yang tidak sah. Hal yang sama dilakukan pada modul RFID, di mana kartu yang terdaftar diuji untuk memastikan keterbukaan loker,

sementara kartu yang tidak terdaftar digunakan untuk melihat apakah sistem mampu menolak percobaan akses tersebut. Dengan cara ini, dapat diukur efektivitas sistem dalam membedakan antara pengguna yang sah dan yang tidak berwenang

3. Pengujian Kondisi Berbeda

Tahap ketiga adalah pengujian pada kondisi berbeda. Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi sensitivitas dan ketahanan sensor dalam situasi yang lebih realistis. Pada sensor sidik jari, pengujian dilakukan dengan tiga kondisi utama, yaitu jari dalam keadaan bersih, agak kotor, dan lembab. Tujuannya adalah untuk menilai sejauh mana kondisi permukaan jari memengaruhi akurasi dan keberhasilan sistem dalam melakukan verifikasi. Sementara itu, untuk modul RFID, pengujian dilakukan dengan variasi jarak antara kartu dan sensor, mulai dari 0 cm hingga 5 cm. Hal ini bertujuan untuk menentukan jangkauan optimal pembacaan sensor RFID serta mengetahui batas maksimum jarak di mana kartu masih dapat dikenali dengan baik.

C. Kriteria Keberhasilan

Sistem keamanan loker ini dinyatakan berhasil apabila mampu memenuhi tiga kondisi utama. Pertama, loker hanya dapat dibuka menggunakan sidik jari atau kartu RFID yang sudah terdaftar pada basis data sistem. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan proses autentikasi dengan benar terhadap data yang sah. Kedua, sistem harus mampu menolak setiap upaya pembukaan loker menggunakan sidik jari atau kartu RFID yang tidak terdaftar. Kondisi ini penting untuk memastikan bahwa tidak ada akses ilegal yang dapat merugikan pengguna. Ketiga, respons sistem harus cepat dan efisien, yang ditandai dengan aktivasi solenoid lock dalam waktu kurang dari dua detik setelah proses verifikasi berhasil. Jika ketiga aspek tersebut terpenuhi, maka sistem dapat dikatakan efektif dalam memberikan keamanan sekaligus kenyamanan bagi pengguna.

TABEL 1
 METRIK EVALUASI

| Metrik | Definisi | Tujuan Evaluasi |
|--|---|--|
| Tingkat Keberhasilan Deteksi Sidik Jari (Fingerprint Recognition Rate) | Jumlah sidik jari terdaftar yang berhasil membuka loker ÷ total percobaan | Mengukur tingkat akurasi sistem dalam mengenali sidik jari sah |
| False Acceptance Rate (FAR) | Persentase sidik jari/kartu tidak terdaftar yang tetap diterima oleh sistem | Menilai tingkat kerentanan sistem terhadap akses ilegal |
| False Rejection Rate (FRR) | Persentase sidik jari/kartu terdaftar yang ditolak oleh sistem | Mengukur kemungkinan kegagalan sistem dalam mengenali pengguna sah |
| Waktu Respon Rata-Rata | Waktu yang dibutuhkan sejak input (scan sidik jari/kartu) hingga solenoid terbuka | Mengevaluasi kenyamanan dan efisiensi penggunaan sistem |
| Metrik | Definisi | Tujuan Evaluasi |
| Tingkat Keberhasilan Deteksi Sidik Jari (Fingerprint Recognition Rate) | Jumlah sidik jari terdaftar yang berhasil membuka loker ÷ total percobaan | Mengukur tingkat akurasi sistem dalam mengenali sidik jari sah |
| False Acceptance Rate (FAR) | Persentase sidik jari/kartu tidak terdaftar yang tetap diterima oleh sistem | Menilai tingkat kerentanan sistem terhadap akses ilegal |
| False Rejection Rate (FRR) | Persentase sidik jari/kartu terdaftar yang ditolak oleh sistem | Mengukur kemungkinan kegagalan sistem dalam mengenali pengguna sah |
| Waktu Respon Rata-Rata | Waktu yang dibutuhkan sejak input (scan sidik jari/kartu) hingga solenoid terbuka | Mengevaluasi kenyamanan dan efisiensi penggunaan sistem |
| Metrik | Definisi | Tujuan Evaluasi |
| Tingkat Keberhasilan Deteksi Sidik Jari (Fingerprint Recognition Rate) | Jumlah sidik jari terdaftar yang berhasil membuka loker ÷ total percobaan | Mengukur tingkat akurasi sistem dalam mengenali sidik jari sah |

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain loker telah berhasil direalisasikan untuk menyimpan barang dengan menggunakan sensor sidik jari. Berbagai pengujian dilakukan untuk mengonfirmasi kinerja perangkat, termasuk pengujian pada berbagai kondisi sidik jari dan penggunaan RFID, sekaligus mengidentifikasi kelemahan serta keterbatasan spesifikasi fungsional sistem. Sistem yang telah dibuat ini harus dapat dijalankan sesuai rancangan, dan pengujian juga bertujuan untuk mengetahui metode penyetulan perangkat agar dapat digunakan secara optimal.

D. Pengujian Sensor Sidik Jari

Sebelum proses pengujian dimulai, sistem terlebih dahulu melakukan tahap penyimpanan data sidik jari sebagai basis referensi. Data biometrik yang direkam pada tahap ini berupa pola sidik jari dari ibu jari tangan kanan maupun ibu jari tangan kiri. Proses pendaftaran sidik jari ini berfungsi sebagai langkah awal untuk memastikan bahwa sistem memiliki acuan data yang valid dan dapat digunakan dalam tahap verifikasi maupun pengenalan pada saat pengujian berlangsung.



Gambar 4. Proses Scan Berhasil Membuka Loker



Gambar 5. Proses Scan Tidak Berhasil Membuka Loker

TABEL 2
PENGUJIAN SENSOR SIDIK JARI

| No | Jari tangan | Hasil |
|----|-------------------------|------------------|
| 1 | Ibu Jari tangan kanan | Terdeteksi |
| 2 | Telunjuk tangan kanan | Tidak Terdeteksi |
| 3 | Tengan tangan kanan | Tidak Terdeteksi |
| 4 | Manis tangan kanan | Tidak Terdeteksi |
| 5 | Kelingking tangan kanan | Tidak Terdeteksi |
| 6 | Ibu Jar tangan kiri | Terdeteksi |
| 7 | Telunjuk tangan kiri | Tidak Terdeteksi |
| 8 | Tengah tangan kiri | Tidak Terdeteksi |
| 9 | Manis tangan kiri | Tidak Terdeteksi |
| 10 | Kelingking tangan kiri | Tidak Terdeteksi |

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa sistem hanya mampu mengenali sidik jari pada ibu jari tangan kanan dan kiri, sedangkan jari lainnya tidak terdeteksi oleh sensor. Hasil ini menunjukkan bahwa akurasi sistem sangat bergantung pada kualitas perekaman sidik jari saat registrasi. Kondisi ini memiliki dampak langsung terhadap pengalaman pengguna, karena mereka harus memastikan penggunaan jari yang sesuai saat membuka loker. Dari sisi keamanan, hal ini sebenarnya meningkatkan perlindungan karena hanya jari tertentu yang diakui sistem, sehingga memperkecil kemungkinan akses ilegal. Namun, dari sisi kenyamanan, pengguna mungkin merasa terbatas karena tidak semua jari dapat digunakan untuk membuka loker. Oleh karena itu, sistem perlu dikembangkan lebih lanjut agar mampu mendeteksi pola sidik jari dari berbagai jari dengan konsistensi yang lebih baik.

E. Pengujian Rangkaian Sensor RFID

Modul RFID RC522 berfungsi sebagai sensor pembaca kredensial yang digunakan dalam sistem loker otomatis. Modul ini mampu membaca tag RFID yang telah didaftarkan sebelumnya bersama dengan password melalui mikrokontroler Arduino Uno R3. Pada implementasinya, tag RFID yang digunakan bersifat pasif, yaitu tidak memiliki sumber daya sendiri, sehingga hanya dapat diidentifikasi ketika berada dalam jangkauan pembacaan modul RFID.

Dengan mekanisme ini, loker hanya dapat terbuka apabila ID tag RFID dan password yang terdaftar sesuai dengan data yang tersimpan pada sistem.



Gambar 6. Proses Scan Kartu RFID Berhasil Membuka Loker

Saat pengguna menempelkan kartu RFID yang sebelumnya telah terdaftar dalam sistem, modul RFID RC522 akan segera membaca data unik yang terdapat pada kartu tersebut. Data ini berupa Unique Identifier (UID) yang dikirimkan ke mikrokontroler Arduino Uno R3 melalui komunikasi SPI. Mikrokontroler kemudian melakukan proses pencocokan data dengan database yang telah tersimpan di memori program. Apabila UID yang diterima sesuai dengan data kredensial yang telah terdaftar, sistem akan memberikan instruksi untuk mengaktifkan solenoid. Aktivasi solenoid ini menyebabkan mekanisme kunci elektronik pada loker terbuka secara otomatis, sehingga pintu dapat diakses oleh pengguna yang sah. Sebaliknya, jika UID tidak sesuai atau tidak terdaftar, maka sistem tidak akan mengaktifkan solenoid dan pintu tetap terkunci sebagai bentuk pengamanan.



Gambar 7. Proses Scan Kartu lainnya Tidak Berhasil Membuka Loker

Sistem hanya dapat membaca kartu RFID yang ID-nya telah terdaftar pada basis data. Apabila kartu yang ditempelkan sesuai dengan data yang tersimpan, maka pintu loker akan terbuka. Namun, jika menggunakan kartu lain yang tidak terdaftar, sistem tidak akan memberikan respons dan pintu loker tetap terkunci.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem loker berbasis biometrik sidik jari ini dapat berfungsi dengan baik dalam mengenali sidik jari terdaftar, meskipun dengan keterbatasan pada jenis jari tertentu. Temuan ini sejalan dengan penelitian Jain et al. (2004) yang menyatakan bahwa sidik jari merupakan salah satu metode biometrik paling andal karena memiliki pola unik dan permanen seumur hidup [1]. Akan tetapi, tingkat keberhasilan sistem sangat dipengaruhi oleh kualitas perekaman data biometrik, termasuk kebersihan permukaan jari serta kondisi sensor [3].

Keterbatasan deteksi hanya pada ibu jari mendukung pernyataan Wang et al. (2008) [5] bahwa keberhasilan algoritma pengenalan sidik jari sangat dipengaruhi oleh faktor pencocokan pola dan kualitas citra yang ditangkap sensor. Dalam konteks penelitian ini, hal tersebut berdampak pada efisiensi penggunaan sistem karena pengguna tidak memiliki fleksibilitas untuk menggunakan semua jari. Namun demikian, keunggulan sistem tetap terlihat dari sisi keamanan, karena hanya pengguna dengan data sidik jari terdaftar yang dapat mengakses loker, sesuai dengan temuan Singh et al. (2023) [12] yang juga menekankan efektivitas biometrik dalam sistem keamanan loker.

Dengan demikian, meskipun masih terdapat keterbatasan pada cakupan jari yang dapat dikenali, hasil penelitian ini mendukung literatur yang ada bahwa biometrik berbasis sidik jari merupakan pendekatan yang lebih aman dan sulit dipalsukan dibandingkan sistem konvensional berbasis kunci atau kartu RFID.

IV. SIMPULAN

Arduino Uno dapat digunakan sebagai pengontrol utama saat merakit beberapa komponen menjadi satu sistem yang lengkap. Sistem ini terbukti dapat meningkatkan rasa aman dan nyaman ketika konsumen ingin menyimpan barang, sekaligus mengurangi potensi terjadinya tindakan kriminal yang merugikan pengguna. Mekanisme autentikasi berbasis sidik jari dan RFID memberikan perlindungan lebih tinggi dibandingkan metode konvensional berbasis kunci fisik atau nomor kertas.

elain itu, sistem ini memiliki proses logis yang lebih kompleks dan berpotensi untuk dikembangkan menggunakan perangkat yang lebih canggih, seperti Raspberry Pi, guna mendukung pengolahan data biometrik dalam

basis data MySQL secara lebih cepat dan fleksibel. Ke depan, pengembangan sistem dapat diarahkan pada integrasi dengan pengenalan wajah sebagai lapisan keamanan tambahan, penerapan Internet of Things (IoT) untuk pemantauan real-time, serta penggunaan kamera pengawas (CCTV) yang terhubung langsung dengan sistem loker. Penguatan keamanan juga dapat dilakukan melalui penerapan enkripsi data biometrik dan RFID menggunakan algoritma kriptografi tingkat lanjut, serta penambahan fitur notifikasi berbasis aplikasi mobile agar pengguna dapat memantau aktivitas loker secara langsung.

Dengan pengembangan tersebut, sistem keamanan loker tidak hanya lebih sulit ditembus, tetapi juga lebih modern, responsif, dan sesuai dengan kebutuhan fasilitas publik berskala besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. K. Jain, A. Ross, and S. Prabhakar, "An introduction to biometric recognition," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 14, no. 1, pp. 4–20, Jan. 2004, doi: 10.1109/TCSVT.2003.818349.
- [2] H. A. Nugroho and R. M. Sari, "Analisis penerapan sistem loker di perpustakaan perguruan tinggi," *Jurnal Pustaka Ilmiah*, vol. 6, no. 2, pp. 45–52, 2019.
- [3] D. Maltoni, D. Maio, A. K. Jain, and S. Prabhakar, *Handbook of Fingerprint Recognition*. New York, NY, USA: Springer, 2009.
- [4] C. Champod, C. Lennard, P. Margot, and M. Stoilovic, *Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2004.
- [5] Y. Wang, J. Hu, and D. Phillips, "A fingerprint recognition algorithm combining phase-based image matching and feature-based matching," *Pattern Recognit.*, vol. 41, no. 1, pp. 177–186, 2008.
- [6] P. Bhattacharya and S. Neogy, "Design of an electronic door lock system based on solenoid," *Int. J. Adv. Res. Electr. Electron. Instrum. Eng.*, vol. 2, no. 7, pp. 3252–3256, 2013.
- [7] K. Finkenzeller, *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication*, 3rd ed. Chichester, U.K.: Wiley, 2010.
- [8] M. Banzi and M. Shiloh, *Getting Started with Arduino*. Sebastopol, CA, USA: Maker Media, 2014.
- [9] B. Raharjo, *Belajar Otodidak PHP dan MySQL*. Bandung, Indonesia: Informatika, 2012.
- [10] N. Kaur, N. Ahirwar, M. Prasad, A. Sharma, and C. Bhaisare, "Biometric banking: Evaluating the effectiveness of Arduino-integrated fingerprint systems for locker security," *Int. J. Electr. Power Mach. Syst.*, vol. 1, no. 1, pp. 16–22, Jan. 2024.
- [11] R. Kumar, L. Dutta, S. Das, A. Naskar, S. Pramanik, P. P. Mondal, K. Pal, and A. Ghosal, "Fingerprint based bank locker system using RFID," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, published online, May 26, 2025.
- [12] S. P. Singh, U. Aditya, R. Tiwari, A. K. Mishra, S. Singh, and B. Singh, "Biometric based fingerprint identification for bank locker security system," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, 2023.
- [13] M. Hardyan, F. A. Haqqi, and Y. Yohandri, "Arduino based smart home security design using biometric recognition," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2582, 2023, doi: 10.1088/1742-6596/2582/1/012025.
- [14] B. S. Wee, "Design and implementation of an Arduino based smart fingerprint authentication system for key security locker," in *Proc. Int. Appl. Bus. Eng. Conf. (IABEC)*, 2021.