

## Perancangan Prototipe Smart Locker Mahasiswa Berbasis Esp32-Cam Dengan Sistem Keamanan *QR Code* Authentication Menggunakan Decision Tree

Roy Mahendra Pedro Pratama<sup>1</sup>, Joseph Dedy Irawan<sup>2</sup>, Suryo Adi Wibowo<sup>3</sup>

Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Informatika

Institut Teknologi Nasional Malang

roymahendra37@gmail.com

### Abstrak

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) mendorong terciptanya sistem keamanan yang lebih efisien, termasuk pada fasilitas penyimpanan barang di lingkungan kampus. Meskipun fasilitas loker sudah tersedia, banyak kampus masih menggunakan loker konvensional dengan kunci fisik. Penggunaannya tidak efisien karena mahasiswa harus menemui staf kampus untuk meminjam kunci, serta rawan menimbulkan masalah seperti kehilangan, kerusakan dan duplikasi kunci. Selain itu, sistem keamanannya juga cenderung lemah karena hanya mengandalkan kunci manual atau RFID sederhana. Sistem loker konvensional yang seperti ini tidak lagi memenuhi kebutuhan keamanan dan efisiensi di lingkungan akademik modern. Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe *Smart Locker* Mahasiswa berbasis ESP32-CAM dengan sistem autentikasi *QR Code* menggunakan metode *Decision Tree* sebagai validasi akses pengguna. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak berbasis web untuk pembuatan *QR Code*, serta pengujian sistem menggunakan *Blackbox Testing*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses pembacaan *QR Code* memiliki waktu rata-rata 0,729 detik, sedangkan respon ESP32 dalam membuka solenoid rata-rata 2,197 detik dengan tingkat keberhasilan 100%. Temuan ini membuktikan bahwa sistem bekerja dengan baik, cepat, dan akurat, serta mampu meningkatkan keamanan penyimpanan barang mahasiswa di lingkungan kampus.

**Kata kunci:** Smart Locker, ESP32-CAM, QR Code, Decision Tree

### Abstract

*The development of Internet of Things (IoT) technology encourages the creation of more efficient security systems, including in storage facilities on campus. Although locker facilities are available, many campuses still use conventional lockers with physical keys. Their use is inefficient because students must meet with campus staff to borrow keys, and they are prone to problems such as loss, damage, and duplication of keys. In addition, the security system also tends to be weak because it only relies on manual keys or simple RFID. Conventional locker systems like this no longer meet the security and efficiency needs in a modern academic environment. This study aims to design a prototype of an ESP32-CAM-based Student Smart Locker with a QR Code authentication system using the Decision Tree method as user access validation. The research methods include hardware design, web-based software development for QR Code generation, and system testing using Blackbox Testing. The test results show that the QR Code reading process has an average time of 0.729 seconds, while the ESP32 response in opening the solenoid takes an average of 2.197 seconds with a 100% success rate. These findings prove that the system works well, quickly and accurately, and is able to increase the security of storing student belongings on campus.*

**Keywords:** Smart Locker, ESP32-CAM, QR Code, Decision Tree

## PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong hadirnya berbagai inovasi yang mampu meningkatkan kualitas layanan serta keamanan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan perangkat saling terhubung dan berfungsi secara otomatis melalui jaringan internet [1]. Di lingkungan kampus, teknologi ini berpotensi besar mendukung kebutuhan mahasiswa, khususnya dalam penyimpanan barang pribadi dengan sistem yang praktis, cepat dan aman.

Konsep *smart locker* menjadi salah satu pemanfaatan IoT yang semakin relevan. Berbeda dengan loker konvensional yang bergantung pada kunci fisik, *smart locker* menggabungkan perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengatur dan mengamankan akses penyimpanan barang secara digital [2]. Mikrokontroler seperti ESP32-CAM memungkinkan pengembangan loker pintar dengan fitur konektivitas Wi-Fi dan kamera, serta dapat dipadukan dengan autentikasi *QR Code* untuk meningkatkan keamanan dan memudahkan verifikasi pengguna [3].

Namun, banyak kampus masih mengandalkan loker konvensional yang dinilai kurang efisien dan memiliki tingkat keamanan rendah. Pengguna harus mengambil kunci secara manual kepada staf, sementara sistem kunci fisik maupun RFID sederhana rentan terhadap kehilangan, kerusakan dan duplikasi [1]. Kondisi ini bahkan dapat menimbulkan insiden pencurian, sebagaimana terjadi di Perpustakaan UINSA Surabaya pada Maret 2024 ketika seorang mahasiswa kehilangan barang karena lemahnya sistem

keamanan yang masih menggunakan loker loker konvensional dengan kunci fisik manual.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan sistem loker pintar berbasis ESP32-CAM yang menggunakan autentikasi *QR Code* dalam meminimalkan risiko penyalahgunaan akses. Teknologi *QR Code* memiliki keunggulan dalam kapasitas penyimpanan data yang besar, sulit dipalsukan dan mudah dipindai oleh kamera [4]. Agar proses autentikasi lebih akurat, sistem diperkuat dengan algoritma *Decision Tree* yang mampu memberikan keputusan validasi akses berdasarkan parameter tertentu secara lebih terstruktur dibandingkan logika konvensional seperti *if-else* yang lebih sederhana [5].

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada integrasi ESP32-CAM, autentikasi *QR Code*, dan algoritma *Decision Tree* yang diterapkan secara terpadu dalam sistem Smart Locker Mahasiswa berbasis web dan IoT. Kombinasi ini belum banyak diterapkan pada penelitian sebelumnya, terutama dalam konteks validasi akses berbasis *machine learning decision model* yang mampu meningkatkan kecepatan dan akurasi autentikasi pengguna sekaligus memperkuat aspek keamanan penyimpanan barang di lingkungan kampus.

## Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang tersebut, penelitian ini merumuskan tiga pertanyaan utama, yaitu bagaimana merancang sistem *Smart Locker* Mahasiswa berbasis ESP32-CAM dengan autentikasi *QR Code* menggunakan algoritma *Decision Tree* sebagai validasi akses, bagaimana mengembangkan aplikasi berbasis web yang memungkinkan mahasiswa memperoleh *QR Code* sebagai

kunci digital, serta bagaimana merancang fitur pada aplikasi tersebut agar admin kampus dapat melakukan pemantauan penggunaan loker secara *real-time*.

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem *Smart Locker* Mahasiswa berbasis ESP32-CAM yang dilengkapi dengan autentikasi *QR Code* dan algoritma *Decision Tree*, sehingga proses validasi akses dapat berjalan secara cepat dan aman bagi pengguna.
2. Mengembangkan aplikasi berbasis *web* yang memungkinkan mahasiswa memperoleh *QR Code* sebagai kunci digital untuk melakukan peminjaman loker tanpa menggunakan kunci fisik.
3. Mengembangkan fitur *monitoring* pada aplikasi *web* yang berfungsi bagi admin kampus untuk memantau penggunaan loker secara *real-time*, mencakup status loker, riwayat akses, serta data pengguna, guna mendukung pengelolaan sistem secara efisien dan terpusat.

### Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Menyediakan fasilitas penyimpanan barang mahasiswa yang lebih aman dan modern dibandingkan loker konvensional.
2. Mengurangi biaya operasional kampus akibat penggantian kunci fisik yang hilang atau rusak.
3. Menjadi contoh penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada sistem keamanan di lingkungan kampus.
4. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan sistem autentikasi

berbasis *QR Code* dan algoritma *Decision Tree*.

5. Meningkatkan efisiensi pengelolaan dan pengawasan loker melalui sistem monitoring *real-time* berbasis web.

### Tinjauan Pustaka

Perancangan sistem keamanan kamar kost berbasis IoT menggunakan sensor sidik jari, sensor gas MQ2, sensor getar SW-420, serta modul ESP32-CAM mampu mendukung *monitoring* otomatis. Sistem dapat membuka kunci secara otomatis setelah sidik jari tervalidasi, mendeteksi keberadaan gas berbahaya, serta mengirimkan notifikasi gambar melalui Telegram, sehingga keamanan ruangan meningkat secara *real-time* melalui integrasi sensor yang responsif [6].

Sistem keamanan penyimpanan inventaris berbasis IoT pada PT. Swatama Mega Teknik memanfaatkan ESP32 dan ESP32-CAM yang dipadukan dengan sensor ultrasonik, sensor getar, dan *relay* sebagai pengendali keamanan serta pemberi notifikasi. Sistem ini mampu mendeteksi keberadaan barang, membuka pintu penyimpanan melalui pemindaian *QR Code*, serta memberikan peringatan menggunakan *buzzer* ketika terjadi gangguan fisik, dengan hasil kelayakan mencapai 100% pada aspek fungsional dan performa [7].

Perancangan *smart locker* berbasis IoT yang terhubung dengan aplikasi Android menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama serta *QR Code* sebagai metode autentikasi menunjukkan tingkat kelayakan 100% pada aspek *functional suitability* dan *compatibility*, serta *usability* sebesar 78,98%, sehingga menunjukkan efektivitas integrasi mikrokontroler IoT dengan aplikasi *mobile* dalam meningkatkan efisiensi fasilitas publik [2].

Implementasi sistem keamanan IoT berbasis *QR Code* pada loker menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan aplikasi Kodular memungkinkan proses buka tutup loker tanpa kunci fisik, dengan validasi data yang akurat dan pemantauan kondisi secara real-time, sehingga meningkatkan keamanan dan kemudahan akses bagi pengguna [4].

Pengembangan *smart locker* berbasis IoT dengan autentikasi *QR Code* yang terintegrasi dengan platform web menggunakan ESP32-CAM menghasilkan sistem yang mampu melakukan autentikasi secara cepat dan akurat, serta mengendalikan *solenoid* pengunci dengan stabil. Sistem ini menjadi landasan penting bagi pengembangan *smart locker* yang diperkuat dengan penerapan algoritma *Decision Tree* untuk meningkatkan akurasi validasi akses [1].

## LANDASAN TEORI

### *Smart Locker*

*Smart locker* merupakan pengembangan dari loker konvensional yang masih menggunakan kunci fisik, di mana kelemahannya adalah rentan hilang dan kurang aman. Dengan penerapan sistem berbasis *Internet of Things (IoT)*, *smart locker* dapat dilengkapi autentikasi *QR Code* yang terintegrasi dengan web, sehingga pengguna dapat membuka dan mengunci loker melalui pemindaian *QR Code* secara acak. Sistem ini umumnya menggunakan modul ESP32-CAM untuk membaca *QR Code*, relay sebagai pengendali kunci *solenoid*, serta web server untuk memantau ketersediaan loker secara *real-time*, sehingga meningkatkan keamanan dan efisiensi penyimpanan barang [1]. Contoh penerapan *smart locker* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Smart Locker*

Sumber: [www.realtimenetworks.com](http://www.realtimenetworks.com)

### *Internet of Things (IoT)*

*Internet of Things (IoT)* merupakan konsep yang memungkinkan objek atau perangkat fisik untuk saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan tanpa campur tangan manusia secara langsung. IoT berfungsi menghubungkan berbagai perangkat sehingga dapat saling berinteraksi dan beroperasi secara otomatis. Setiap perangkat (*thing*) dilengkapi sensor untuk mengumpulkan dan mentransfer data secara mandiri [1][7]. Gambaran IoT ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. *Internet of Things*

Sumber: [www.docif.telkomuniversity.ac.id](http://www.docif.telkomuniversity.ac.id)

### **Mikrokontroler ESP32**

ESP32 adalah mikrokontroler modern yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis IoT karena memiliki konektivitas Wi-Fi dan *Bluetooth* terintegrasi. Mikrokontroler ini dibuat dengan teknologi TSMC *ultra-low-power* 40nm yang memungkinkan konsumsi daya rendah namun memiliki performa tinggi. Selain itu, ESP32 mendukung koneksi jaringan yang stabil sehingga banyak digunakan dalam penelitian dan industri untuk otomasi serta sistem keamanan [8][9]. Modul Mikrokontroler ESP32 ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Mikrokontroler ESP32

Sumber: Data Penulis

### Modul ESP32-CAM

ESP32-CAM merupakan modul pengembangan yang mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 dengan kamera OV2640. Modul ini memiliki kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth, serta mendukung pengambilan gambar dan video secara langsung. ESP32-CAM sering digunakan dalam proyek *IoT*, pemantauan keamanan, dan sistem berbasis pengenalan citra karena dapat diintegrasikan dengan platform Arduino IDE [1][6]. Modul ESP32-CAM ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Modul ESP32-CAM

Sumber: [www.en.hwlible.com](http://www.en.hwlible.com)

### QR Code Authentication

*QR Code (Quick Response Code)* adalah kode dua dimensi yang mampu menyimpan data dalam bentuk numerik, alfanumerik, biner, atau simbol tertentu. Teknologi ini digunakan untuk menyimpan dan mengakses informasi secara cepat melalui kamera perangkat. Dalam sistem keamanan, *QR Code* digunakan sebagai metode autentikasi yang menghasilkan kode unik untuk setiap pengguna, sehingga meningkatkan keamanan dan mencegah duplikasi akses [1] [4]. Contoh *QR Code* ditunjukkan pada Gambar 5.

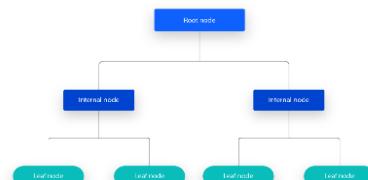


Gambar 5. *QR Code*

Sumber: Data Penulis

### Algoritma *Decision Tree*

*Decision Tree* merupakan salah satu algoritma *machine learning* yang populer karena sifatnya yang sederhana, mudah dipahami, dan memiliki interpretabilitas tinggi. Prinsip dasarnya adalah membagi data secara rekursif ke dalam subset yang lebih homogen berdasarkan atribut tertentu hingga mencapai kondisi berhenti tertentu. Setiap simpul (*node*) merepresentasikan keputusan atau pemisahan berdasarkan nilai atribut, dan setiap cabang menunjukkan hasil keputusan tersebut. Struktur pohon yang dihasilkan menggambarkan proses pengambilan keputusan secara hierarkis dan mudah diinterpretasikan oleh pengguna [10]. Struktur *Decision Tree* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Decision Tree*

Sumber: [www.ibm.com](http://www.ibm.com)

## METODE PENELITIAN

### Metode yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan metode perancangan dan pengujian prototipe (*prototype development method*) yang bertujuan untuk menghasilkan sistem *Smart Locker Mahasiswa* berbasis ESP32-CAM dengan autentikasi *QR Code* dan metode validasi *Decision Tree*. Metode ini dipilih karena mampu menghasilkan

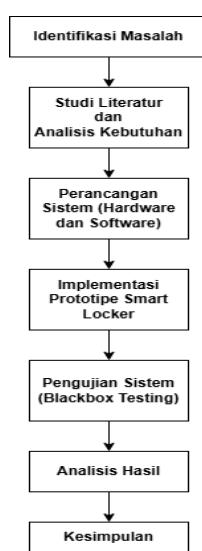
model sistem yang dapat diuji secara langsung untuk melihat fungsionalitas, serta kinerja sebelum diterapkan pada skala yang lebih luas.

### Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Perangkat keras (*hardware*), yaitu ESP32-CAM, ESP32, *solenoid lock*, *relay*, LED, *Step Down*, *Auto Transfer Switch*, Adaptor 12V, Aki 12V, *Breadboard* dan Kabel. Perangkat lunak (*software*), yaitu Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler, Laragon sebagai server lokal, MySQL untuk basis data dan *Framework* Laravel dengan bahasa pemrograman PHP, HTML, CSS, serta *JavaScript* untuk pengembangan aplikasi berbasis web.

### Alur Penelitian

Alur penelitian menggambarkan tahapan kegiatan dari identifikasi masalah hingga evaluasi sistem. Diagram alur ditunjukkan pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7. Alur Penelitian

## ANALISIS DAN PERANCANGAN

### Analisis Sistem

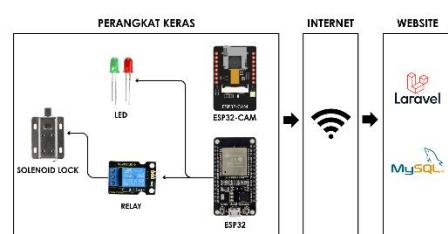
Sistem ini dirancang untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi penyimpanan barang mahasiswa dengan menerapkan autentikasi berbasis *QR Code* serta validasi menggunakan *Decision Tree*.

Secara fungsional, sistem harus mampu melakukan proses autentikasi pengguna melalui pemindaian *QR Code* pada modul ESP32-CAM, kemudian memverifikasi hasil pemindaian dengan data pada *database*. Jika data valid, sistem memberikan sinyal ke ESP32 untuk membuka kunci loker secara otomatis, dan mencatat aktivitas tersebut ke dalam sistem. Selain itu, admin dapat *monitoring* status dan riwayat penggunaan loker melalui *website*.

Dari sisi nonfungsional, sistem diharapkan memiliki performa autentikasi yang cepat, *website* yang mudah diakses, serta tingkat keamanan tinggi melalui penggunaan *QR Code* unik untuk setiap pengguna.

### Blok Diagram Sistem

Blok diagram sistem pada Gambar 8 merupakan rancangan sistem dari *Smart Locker* yang akan dibuat. Berfungsi untuk memberikan gambaran struktur sistem yang jelas pada perancangan sistem.

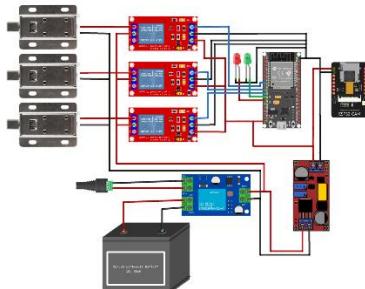


Gambar 8. Blok Diagram Sistem

### Wiring Sistem

Gambar 9 menunjukkan rangkaian wiring yang menghubungkan seluruh

komponen, mulai dari ESP32, ESP32-CAM, relay, solenoid lock, hingga sumber tegangan. Rangkaian ini memastikan komunikasi dan fungsi antar perangkat berjalan dengan baik.



Gambar 9. Wiring Sistem

Berikut merupakan rangkaian antar alat pada Gambar 9.

Tabel 1. Wiring Rangkaian

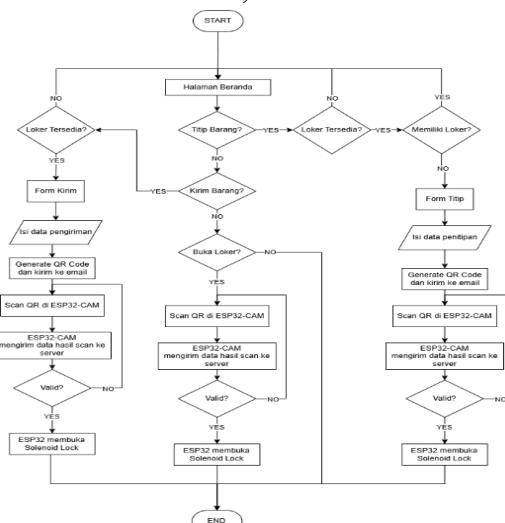
Dari	Pin	Ke	Pin
ESP32	5V	Step Down	OUT+
ESP32	GND	Step Down	GND
ESP32	Pin D14	Relay 1	IN
ESP32	Pin D12	Relay 2	IN
ESP32	Pin D13	Relay 3	IN
ESP32	Pin D33	LED Merah (+)	Anoda
ESP32	Pin D32	LED Hijau (+)	Anoda
Relay 1	NO	Solenoid Lock 1	+
Relay 1	COM	ATS	OUT+
Relay 2	NO	Solenoid Lock 2	+
Relay 2	COM	ATS	OUT+
Relay 3	NO	Solenoid Lock 3	+
Relay 3	COM	ATS	OUT+
Semua Solenoid Lock	GND	ATS	OUT-
ESP32-CAM	5V	Step Down	OUT+
ESP32-CAM	GND	Step Down	GND
Step Down	IN+	ATS	OUT+
Step Down	IN-	ATS	OUT-
ATS	DC+ / DC-	Adaptor 12V	+ / -
ATS	BAT+ / BAT-	Aki 12V	+ / -

### Flowchart Sistem

Flowchart pada Gambar 10 menggambarkan alur kerja sistem *Smart Locker Mahasiswa* mulai dari proses pengguna mengakses halaman web hingga sistem membuka loker atau menolak akses buka loker.

Proses dimulai ketika pengguna masuk ke halaman beranda dan memilih layanan, yaitu titip barang atau kirim barang. Setelah memilih layanan, sistem akan menampilkan formulir kemudian menghasilkan *QR Code* unik. *QR Code* tersebut kemudian di *scan* oleh kamera ESP32-CAM, yang akan mengirimkan hasil *scan* ke server untuk diverifikasi.

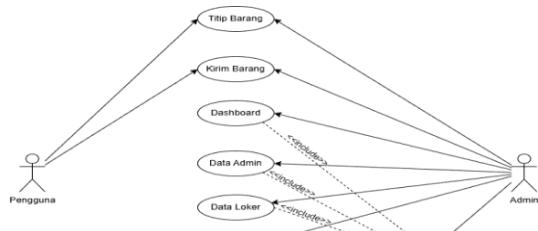
Apabila *QR Code* yang diterima valid, maka server mengirimkan perintah ke ESP32 untuk mengaktifkan relay dan membuka solenoid lock. Sebaliknya, jika *QR Code* tidak valid, akses akan ditolak.



Gambar 10. Flowchart Alur Sistem

### Use Case Diagram

Gambar 11 menunjukkan *Use Case Diagram* yang menggambarkan interaksi antara aktor dan sistem. Diagram ini menjelaskan hak akses masing-masing aktor, yaitu pengguna dan admin, dalam menjalankan fungsi sistem.



Gambar 11. Use Case Diagram

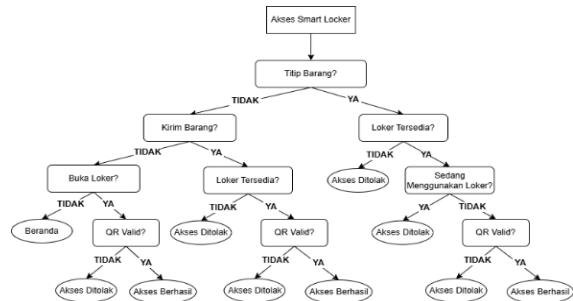
### Penerapan *Decision Tree*

*Decision Tree* pada Gambar 12 menunjukkan logika pengambilan keputusan sistem dalam menentukan apakah pengguna berhak mengakses loker atau tidak.

Proses dimulai dari akses ke sistem *Smart Locker*, di mana sistem terlebih dahulu memeriksa apakah pengguna ingin menitipkan barang atau tidak. Jika pengguna tidak menitipkan barang, sistem akan memeriksa apakah pengguna hendak mengirim barang. Pada setiap percabangan, sistem melakukan verifikasi terhadap ketersediaan loker dan kevalidan *QR Code*.

Apabila loker tersedia dan *QR Code* valid, maka sistem memberikan akses untuk membuka loker (*Akses Berhasil*). Sebaliknya, jika salah satu kondisi tidak terpenuhi (loker penuh, *QR Code* tidak valid, atau pengguna tidak memiliki izin), maka sistem akan menolak akses (*Akses Ditolak*).

Logika pohon keputusan ini diimplementasikan menggunakan algoritma *Decision Tree* yang berfungsi sebagai mekanisme validasi akses berdasarkan parameter yang telah ditentukan, sehingga proses autentikasi dapat berlangsung dengan cepat dan akurat.

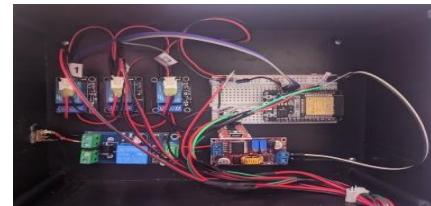


Gambar 12. Decision Tree

## IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

### Implementasi Rangkaian Alat

Pada Gambar 13 merupakan hasil implementasi rangkaian alat atau komponen yang digunakan pada *Smart Locker*. Rangkaian alat dapat bekerja dengan baik dan saling terhubung antar masing-masing komponen serta dapat berkomunikasi dengan *Website*.



Gambar 13. Rangkaian Alat

### Implementasi Loker

Pada Gambar 14 merupakan hasil implementasi desain *Smart Locker* yang telah dirancang. Setiap komponen telah dipasang sesuai dengan rancangan. Terdiri dari 3 loker yang dapat digunakan oleh pengguna.

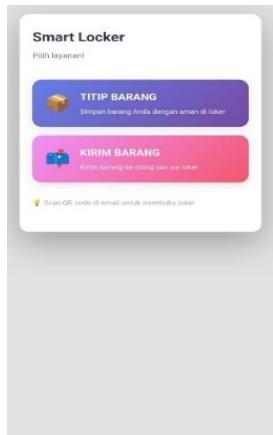


Gambar 14. Desain Loker

## Implementasi Halaman Website

### 1. Halaman Beranda

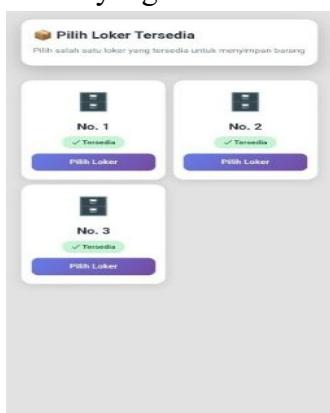
Pada Gambar 15 merupakan halaman beranda yang digunakan sebagai halaman utama pada *website Smart Locker*. Pada halaman beranda, pengguna dapat memilih layanan Titip Barang ataupun Kirim Barang sesuai dengan kebutuhan pengguna.



Gambar 15. Halaman Beranda

### 2. Halaman Pilih Loker

Pada Gambar 16 merupakan halaman pilih loker sebagai halaman untuk pengguna dapat melihat dan memilih loker yang tersedia.



Gambar 16. Halaman Pilih Loker

### 3. Halaman Formulir

Pada Gambar 17 merupakan halaman formulir untuk pengguna melakukan proses penitipan barang. Pengguna dapat memasukkan data nama, *email* dan durasi untuk

mendapatkan *QR Code* yang akan digunakan sebagai kunci digital loker.

Gambar 17. Halaman Formulir

### 4. Halaman *QR Code*

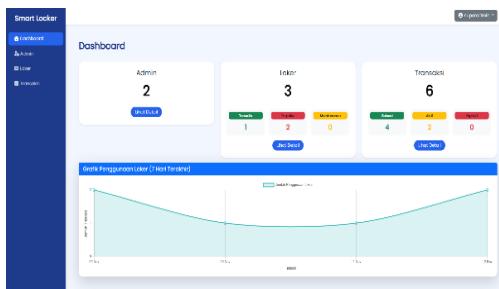
Pada Gambar 18. merupakan halaman untuk pengguna mendapatkan *QR Code* sebagai kunci digital loker. *QR Code* juga dapat di unduh jika diperlukan.



Gambar 18. Halaman *QR Code*

### 5. Halaman *Dashboard* Admin

Pada Gambar 19 merupakan halaman *dashboard* admin yang menampilkan total data admin, total data loker dan total data transaksi. Terdapat juga grafik penggunaan loker selama 7 hari terakhir.



Gambar 19. Halaman *Dashboard* Admin

## 6. Halaman Daftar Loker

Pada Gambar 20 merupakan halaman daftar loker yang menampilkan semua data loker pada tabel. Tombol tambah loker digunakan untuk menambahkan loker baru. Tombol *edit* digunakan untuk *update* data loker dan tombol *hapus* digunakan untuk *hapus* data loker. Terdapat juga tombol untuk mengubah status loker menjadi *maintenance* jika diperlukan.



Gambar 20. Halaman Daftar Loker

## 7. Halaman Daftar Transaksi

Pada Gambar 21 merupakan halaman daftar transaksi yang menampilkan semua data transaksi pada tabel. Tombol detail digunakan untuk menampilkan seluruh data detail transaksi yang dipilih. Terdapat juga tombol untuk mengubah status transaksi menjadi *expired* dan tombol buka loker jika diperlukan.



Gambar 21. Halaman Daftar Transaksi

## 8. Halaman Detail Transaksi

Pada Gambar 22 merupakan halaman untuk menampilkan semua detail dari data transaksi yang dipilih dari daftar transaksi. Admin dapat melihat seluruh detail data transaksi penggunaan loker untuk *monitoring* secara *real-time*.



Gambar 22. Halaman Detail Transaksi

## Pengujian *Blackbox*

Pengujian *blackbox* dilakukan untuk memastikan bahwa fungsi-fungsi utama pada sistem *Smart Locker* Mahasiswa berjalan sesuai dengan spesifikasi berdasarkan hubungan input, proses dan *output*. Pengujian ini mencakup fitur pengguna, fitur admin, serta fungsi integrasi IoT seperti pemindaian dan validasi *QR Code* serta kontrol *solenoid*.

Tabel 2. Pengujian *Blackbox*

Fungsi yang Diuji	Hasil yang Diharapkan	Hasil
Titip barang, kirim barang, notifikasi	<i>QR Code</i> tampil, data tersimpan, notifikasi berjalan	Sesuai
Login admin, tambah, edit, hapus admin dan loker, ubah status, buka loker	Data terkelola dengan benar, aksi tersimpan dan dieksekusi sistem	Sesuai
Scan <i>QR Code</i> , validasi <i>QR</i> ( <i>Decision Tree</i> ), <i>polling API</i> dan buka <i>solenoid</i>	<i>QR</i> terbaca dikirim ke server, validasi akurat, <i>solenoid</i> terbuka sesuai perintah	Sesuai

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur baik pada sisi pengguna, admin, maupun perangkat IoT berfungsi sesuai dengan rancangan. Proses transaksi, pengiriman notifikasi, pengelolaan data,

serta mekanisme autentikasi dan kontrol perangkat IoT dapat berjalan tanpa kendala, sehingga sistem *Smart Locker* dinyatakan memenuhi aspek fungsional yang diperlukan.

### Pengujian Sistem

Tahap pertama dilakukan pengujian pembacaan *QR Code* pada ESP32-Cam hingga data *Qr Code* diterima oleh server.

Tabel 3. Pengujian Pembacaan *QR Code*

Percobaan	Waktu Pembacaan <i>QR Code</i> (detik)
1	0.323
2	0.624
3	0.925
4	0.851
5	0.666
6	0.648
7	0.872
8	0.973
9	0.831
10	0.578
<b>Rata-rata</b>	<b>0.729</b>

Tahap selanjutnya adalah pengujian Respon ESP32 Untuk Membuka *Solenoid Lock*

Tabel 4. Pengujian Respon

Percobaan	Waktu (detik)	Respon
1	3.095	Berhasil
2	1.947	Berhasil
3	2.211	Berhasil
4	1.164	Berhasil
5	1.957	Berhasil
6	1.997	Berhasil
7	2.013	Berhasil
8	3.023	Berhasil
9	2.974	Berhasil
10	1.588	Berhasil
<b>Rata-rata</b>	<b>2.197</b>	<b>Semua Berhasil</b>

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh komponen pada sistem *Smart Locker* berfungsi dengan baik. Pengujian pembacaan *QR Code* menunjukkan waktu rata-rata 0,729 detik, menandakan proses deteksi dan pengiriman data ke server berlangsung cepat. Respon ESP32 dalam membuka *solenoid* memiliki rata-rata 2,197 detik dengan tingkat keberhasilan 100%. Hasil ini membuktikan bahwa

proses autentikasi dan kontrol loker berjalan cepat, akurat, dan sesuai dengan rancangan sistem.

### KESIMPULAN

Berdasarkan proses perancangan, implementasi dan pengujian yang dilakukan, sistem *Smart Locker* Mahasiswa berbasis ESP32-CAM dengan autentikasi *QR Code* dan metode *Decision Tree* berhasil dikembangkan dan berfungsi sesuai dengan kebutuhan. Sistem mampu melakukan proses pemindaian *QR Code* serta melakukan validasi akses secara otomatis melalui algoritma *Decision Tree*.

Pengujian menunjukkan bahwa waktu rata-rata pembacaan *QR Code* adalah 0,729 detik, sedangkan respon ESP32 dalam membuka *solenoid lock* mencapai 2,197 detik dengan tingkat keberhasilan 100%. Hasil tersebut menegaskan bahwa komunikasi antara perangkat IoT dan server berjalan cepat serta stabil. Selain itu, penerapan metode *Decision Tree* mampu memberikan proses validasi yang akurat dan efisien, sehingga sistem *Smart Locker* dapat meningkatkan keamanan sekaligus mempermudah pengelolaan penyimpanan barang di lingkungan kampus.

### Saran

Sistem *Smart Locker* yang sudah dirancang ini masih mempunyai banyak kekurangan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem ini menjadi aplikasi berbasis *mobile* agar lebih praktis untuk diakses melalui perangkat *smartphone*. Selain itu, implementasi sistem sebaiknya dilakukan pada loker fisik yang terbuat dari bahan logam seperti besi agar mendekati kondisi nyata di lingkungan kampus.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. C. Permana, A. I. Pradana, and D. Hartanti, “*Smart Loker Berbasis IoT Dengan Autentikasi QR Code Terintegrasi Dengan Web*,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3, Jul. 2025, doi: <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3.6573>.
- [2] F. E. Ananda, D. Widhiantoro, S. Haurameuthia, and M. I. Tejasumirat, “*Perancangan Smart Locker dengan Implementasi Sistem IoT dan Aplikasi Mobile Android*,” 2023. Accessed: Sep. 06, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.23960/elc.v17n1.2421>
- [3] I. Maulana, E. Azriadi, and J. Musrido, “*Rancang Bangun Sistem Smart Door Lock Menggunakan Mikrokontroler Esp32 Berbasis Internet Of Things (Iot) dan Smartphone Android*,” *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 6, no. 1, pp. 195–208, Jun. 2023, doi: [10.31004/jutin.v6i1.15123](https://doi.org/10.31004/jutin.v6i1.15123).
- [4] Fitri, W. A. N. Wicaksana, A. A. D. Saputra, and M. S. A. Pratma, “*Implementasi Sistem Keamanan IoT Berbasis QR Code pada Loker untuk Peningkatan Keamanan dan Aksesibilitas*,” *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 11, no. 3, pp. 788–796, Sep. 2024, doi: <https://doi.org/10.33795/elkolind.v11i3.6650>.
- [5] M. A. S. Arifin, A. A. T. Susilo, A. T. Martadinata, and B. Santoso, “*Deteksi Aktifitas Malware pada Internet of Things menggunakan Algoritma Decision Tree dan Random Forest*,” *Media Online*, vol. 4, no. 6, pp. 3073–3079, 2024, doi: <https://doi.org/10.30865/klik.v4i6.1903>.
- [6] D. Kharisma, J. D. Irawan, and S. A. Wibowo, “*Sistem Keamanan Kamar Kost Berbasis Internet Of Things (Iot)*,” 2023. Accessed: Sep. 06, 2025. [Online]. Available: <http://eprints.itn.ac.id/id/eprint/12847>
- [7] D. P. Ariyanto, A. Wahyuni, A. Wagyana, and V. Frendiana, “*Rancang Bangun Sistem Keamanan Penyimpanan Inventaris Berbasis Internet of Things pada PT. Swatama Mega Teknik 1*,” vol. 12, no. 2, pp. 90–112, 2023, Accessed: Sep. 06, 2025. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.31000/jt.v12i2.9731>
- [8] I. M. A. Pramuditya, I. G. A. P. R. Agung, and P. Rahardjo, “*Rancang Bangun Alat Uji Periferal Esp32 Devkit VI - Doit 30 Pin*,” Dec. 2023. doi: <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2023.v10.i04.p39>.
- [9] B. S. Surani, A. Dharmawan, and C. A. Bakti, “*Implementasi Mikrokontroler Esp32 Untuk Kontrol Berbasis Pengenalan Suara Dan Cahaya Dalam Sistem Smart Home Implementation Of Esp32 Microcontroller For Voice And Light Recognition-Based Control In Smart Home System*,” *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, vol. 8, no. 5, 2025, doi: <https://doi.org/10.31539/p8btq662>.
- [10] I. D. Mienye and N. Jere, “*A Survey of Decision Trees: Concepts, Algorithms, and Applications*,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 86716–86727, 2024, doi: <https://doi.org/10.1109/access.2024.3416838>.