

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem *Smart Loker*

Sistem *smart loker* merupakan pengembangan dari sistem penyimpanan konvensional yang memanfaatkan teknologi digital dan *Internet of Things* (IoT) untuk memberikan kemudahan serta keamanan dalam proses penyimpanan barang. Berbeda dengan loker manual yang menggunakan kunci mekanik, *smart loker* menggunakan sistem elektronik untuk mengontrol akses, seperti kartu RFID, PIN, atau aplikasi mobile. Sistem ini dapat diintegrasikan dengan basis data untuk mencatat setiap aktivitas penggunaan loker, mulai dari identifikasi pengguna hingga status pintu loker (Faulianur et al., 2025).

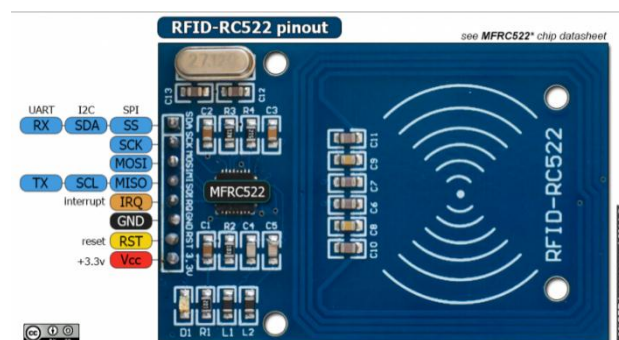
Menurut (Hidayati et al., 2023), sistem *smart loker* dirancang untuk mempermudah pengguna dalam proses penyimpanan serta mengoptimalkan manajemen loker melalui sistem *monitoring* terpusat. Dengan adanya fitur identifikasi otomatis, penggunaan *smart loker* mampu meningkatkan efisiensi dan mengurangi risiko kehilangan barang akibat kelalaian pengguna.

Selain itu, *smart loker* juga mendukung pengelolaan pengguna di berbagai lingkungan seperti kampus, perkantoran, pusat kebugaran dan tempat umum lainnya. Sistem ini memberikan fleksibilitas bagi pengelola untuk menambah, menghapus, atau memantau pengguna melalui sistem terintegrasi. Pada sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini, pengendalian dilakukan secara otomatis menggunakan kartu RFID yang telah terdaftar di *database*.

Dengan teknologi ini, *smart loker* tidak hanya menjadi alat penyimpanan tetapi juga bagian dari sistem keamanan digital yang mampu mencatat data penggunaan dan memberikan kontrol penuh terhadap akses masing-masing pintu loker.

2.2 Teknologi RFID

Radio Frequency Identification (RFID) merupakan teknologi identifikasi otomatis yang menggunakan gelombang radio untuk membaca dan menulis data pada sebuah *tag* tanpa memerlukan kontak langsung antara pembaca (*reader*) dan objek yang diidentifikasi. RFID terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *tag*, *reader* dan *antenna* (Luthfiah, 2023).



Gambar 2. 1 Modul RFID MRC522

Menurut (Evizal, 2024), RFID bekerja dengan memancarkan sinyal radio dari *reader* menuju *tag*. Ketika *tag* berada dalam jangkauan sinyal, chip di dalamnya akan mengirimkan kembali data identifikasi unik yang kemudian diterjemahkan oleh *reader* ke dalam sistem. Teknologi ini banyak digunakan pada sistem keamanan, absensi, parkir otomatis, hingga pengelolaan inventori karena memiliki kecepatan dan akurasi yang tinggi.

Keunggulan utama RFID dibandingkan sistem konvensional seperti *barcode* adalah kemampuannya untuk dibaca tanpa perlu garis pandang langsung (*line of sight*), serta dapat mengidentifikasi banyak objek secara bersamaan. Selain itu, data pada *tag* RFID dapat diperbarui (pada tipe *read/write tag*), sehingga fleksibel digunakan dalam berbagai sistem otomatisasi.

Dalam penelitian ini, teknologi RFID digunakan sebagai sistem identifikasi pengguna untuk membuka loker. Setiap kartu RFID memiliki kode unik yang disimpan dalam database mikrokontroler ESP32. Ketika pengguna menempelkan kartu RFID ke pembaca, sistem akan membandingkan kode tersebut dengan data yang tersimpan. Jika cocok, sistem akan mengaktifkan mekanisme pembuka loker yang sesuai.

2.3 Loker Pintu

Loker pintu adalah sistem penyimpanan yang terdiri dari beberapa ruang atau pintu penyimpanan yang dapat diakses secara individual. Setiap pintu loker dapat dikontrol secara terpisah menggunakan sistem elektronik. Konsep pintu ini memungkinkan satu sistem kontrol pusat (mikrokontroler) untuk mengatur beberapa pintu sekaligus, sehingga lebih efisien dalam hal pengelolaan dan biaya (Abdahu et al., 2024).

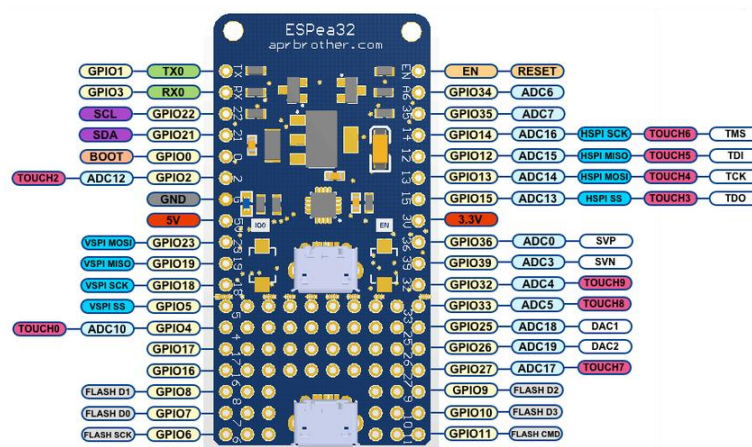
Menurut (Sinambela & Frandiko, 2025), sistem pintu memberikan fleksibilitas lebih tinggi bagi pengguna karena memungkinkan akses personal yang aman untuk setiap individu. Selain itu, sistem ini juga dapat dikembangkan untuk melakukan *monitoring* status setiap pintu, seperti kondisi terbuka, tertutup, atau tidak digunakan.

Dalam sistem yang dirancang pada penelitian ini, loker pintu dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Setiap pintu memiliki aktuator (seperti *solenoid lock* atau relay) yang dihubungkan dengan sistem kontrol. Ketika kartu RFID terverifikasi, sistem akan membuka pintu sesuai dengan identitas pengguna. Setiap aktivitas pembukaan dan penutupan juga dapat dicatat dalam sistem untuk tujuan *monitoring*.

Dengan konsep ini, sistem *smart loker pintu* dapat diterapkan di berbagai tempat dengan jumlah pengguna yang banyak, seperti kampus, kantor dan fasilitas umum, tanpa harus membangun sistem kontrol terpisah untuk setiap loker.

2.4 Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* dan dikenal sebagai salah satu perangkat yang sangat populer dalam pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). ESP32 memiliki kemampuan *dual-core processor*, konektivitas *Wi-Fi* dan *Bluetooth* terintegrasi, serta konsumsi daya yang rendah, menjadikannya ideal untuk sistem otomatisasi dan pengendalian jarak jauh (Raisnaldi et al., 2024).



Gambar 2. 2 Mikrokontroler ESP32

Menurut (Agustina, 2025), ESP32 dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai sensor dan aktuator dalam sistem otomatis seperti *smart home*, *monitoring* dan kontrol perangkat elektronik. Fitur konektivitasnya memungkinkan ESP32 untuk berkomunikasi dengan *server* atau aplikasi *monitoring* secara *real-time*.

Dalam penelitian ini, ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali sistem *smart locker*. Mikrokontroler ini bertugas membaca data dari modul RFID, memverifikasi identitas pengguna, serta mengontrol relay untuk membuka atau menutup pintu loker yang sesuai. Selain itu, ESP32 juga dapat dikembangkan lebih lanjut untuk terhubung ke jaringan Wi-Fi guna mengirim data penggunaan loker ke *server* atau aplikasi berbasis web.

2.5 Komponen Pendukung

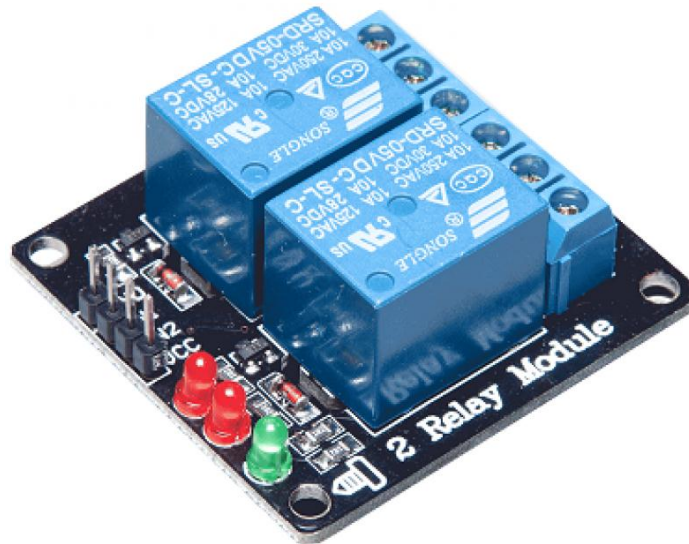
Dalam perancangan sistem *smart locker* berbasis RFID dengan kontrol pintu, dibutuhkan beberapa komponen pendukung yang saling terintegrasi agar sistem dapat berfungsi dengan baik. Komponen-komponen ini memiliki peran penting dalam proses identifikasi, pengendalian, serta tampilan informasi kepada pengguna.

2.5.1 Modul Relay

Relay merupakan komponen elektromekanis yang berfungsi sebagai saklar otomatis untuk menghubungkan dan memutuskan arus listrik berdasarkan sinyal logika dari mikrokontroler. Ketika menerima sinyal input dari ESP32, relay akan mengaktifkan sirkuit daya untuk membuka atau menutup kunci loker.

Menurut (Rahmatina et al., 2023), relay bekerja dengan prinsip elektromagnetik di mana arus kecil dari mikrokontroler mampu mengendalikan

arus yang lebih besar. Hal ini menjadikan relay sebagai penghubung penting antara sistem kendali berdaya rendah (ESP32) dengan perangkat berdaya tinggi seperti solenoid lock.



Gambar 2. 3 Modul Relay

Dalam sistem *smart loker*, relay digunakan untuk mengontrol solenoid pada setiap pintu loker. Ketika kartu *RFID* yang sesuai terbaca, mikrokontroler akan memberikan sinyal *HIGH* ke pin relay tertentu untuk membuka pintu loker yang bersangkutan. Setelah waktu tertentu atau loker ditutup kembali, sinyal akan diputus dan pintu kembali terkunci otomatis.

2.5.2 Solenoid Lock

Solenoid lock atau kunci solenoid merupakan aktuator elektromagnetik yang berfungsi untuk membuka atau menutup pengunci pintu secara otomatis. Komponen ini bekerja dengan prinsip elektromagnetik: ketika diberi arus listrik, medan magnet yang terbentuk akan menarik batang logam sehingga sistem kunci terbuka (SIMANULANG et al., 2025).



Gambar 2. 4 Solenoid Lock

Menurut (Alfonsius et al., 2024), penggunaan solenoid lock banyak diterapkan pada sistem keamanan otomatis karena mampu memberikan kontrol yang cepat, kuat dan dapat dioperasikan tanpa kontak fisik.

Dalam sistem *smart loker pintu*, solenoid lock dipasang pada setiap pintu loker. Saat kartu RFID pengguna terdeteksi valid, ESP32 akan mengaktifkan relay yang mengalirkan arus ke solenoid, menyebabkan kunci terbuka. Setelah waktu tertentu, arus dihentikan sehingga kunci kembali mengunci secara otomatis.

2.5.3 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD merupakan komponen tampilan yang digunakan untuk menampilkan informasi berupa teks atau angka dari mikrokontroler kepada pengguna. Umumnya LCD 16x2 atau LCD dengan antarmuka I2C digunakan karena hemat pin dan mudah diintegrasikan dengan ESP32 (YOLANDA, 2023).



Gambar 2. 5 LCD I2C

Menurut (Sandika & Trihendi, 2022), LCD digunakan untuk memberikan umpan balik visual seperti status sistem, hasil pembacaan kartu RFID, maupun notifikasi saat loker terbuka atau terkunci.

Dalam sistem *smart loker*, LCD menampilkan informasi seperti:

1. “Silakan Tempelkan Kartu” saat sistem standby.
2. “Akses Diterima” atau “Akses Ditolak” saat kartu dibaca.
3. “Loker Terbuka” untuk memberi tahu pengguna bahwa pintu telah diaktifkan.

Dengan tampilan LCD, pengguna dapat dengan mudah memahami status sistem secara real-time tanpa perlu melihat indikator lain.

2.5.4 Buzzer

Buzzer merupakan komponen elektronik yang menghasilkan bunyi ketika diberi tegangan listrik. Fungsi utama buzzer dalam sistem *smart loker* adalah sebagai indikator suara untuk memberikan notifikasi kepada pengguna (Oktodinata & Purnomo, 2024).



Gambar 2. 6 Buzzer

Menurut (Wijaya et al., 2025), buzzer sering digunakan dalam sistem kontrol untuk memberikan umpan balik berupa peringatan atau konfirmasi status.

Dalam sistem *smart loker*, buzzer berbunyi ketika:

1. Kartu RFID berhasil dibaca (menandakan akses diterima).
2. Kartu RFID tidak dikenali (akses ditolak).
3. Loker sedang dibuka atau ditutup.

Fitur ini meningkatkan interaksi pengguna karena memberikan tanda audio selain tampilan pada LCD.

2.5.5 Adaptor 12V

Adaptor 12 V berfungsi sebagai sumber catu daya untuk menyuplai tegangan pada solenoid door lock, sehingga pintu loker dapat terbuka dan terkunci sesuai perintah dari ESP32 melalui modul relay (Daniswara & Harja, 2025).

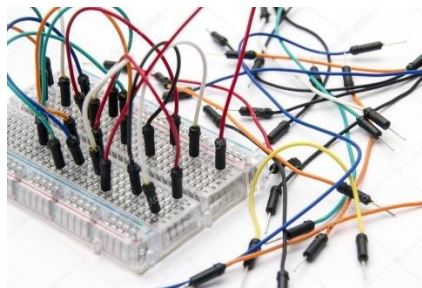


Gambar 2. 7 Adaptor 12V

Adaptor 12 V pada sistem smart loker berbasis RFID berfungsi sebagai sumber catu daya yang menyuplai tegangan 12 volt untuk mengoperasikan solenoid door lock. Saat kartu RFID berhasil terverifikasi oleh ESP32, relay akan menghubungkan arus dari adaptor ke solenoid door lock sehingga kunci pintu loker dapat terbuka. Dengan demikian, adaptor 12 V berperan penting dalam memastikan mekanisme penguncian dan pembukaan pintu loker dapat bekerja secara optimal.

2.5.6 Breadboard dan Kabel Jumper

Breadboard digunakan sebagai media penyambung sementara antara komponen tanpa perlu proses penyolderan, sedangkan kabel *jumper* berfungsi untuk menghubungkan pin antar komponen seperti ESP32, relay dan LCD (Nurmanda & Rahmawan, 2025).



Gambar 2. 8 Breadboard dan Kabel Jumper

Menurut (Mubin et al., 2025), *breadboard* sangat membantu dalam tahap perancangan awal sistem karena memungkinkan pengujian rangkaian sebelum dibuat dalam bentuk permanen.

Dalam penelitian ini, *breadboard* digunakan pada tahap uji coba sistem untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik sebelum dirakit ke papan rangkaian permanen.

2.5.7 LED

LED adalah komponen elektronik jenis dioda yang dapat menghasilkan cahaya ketika dialiri arus listrik, LED adalah sejenis diodasemikonduktor istimewa. Seperti sebuah dioda normal. LED bekerja berdasarkan prinsip elektroluminesensi, yaitu proses di mana bahan semikonduktor memancarkan cahaya saat elektron bergerak dan bertemu dengan “hole” (kekosongan elektron), sehingga melepaskan energi dalam bentuk cahaya[12].

LED tersusun dari bahan semikonduktor tipe P dan N. Saat diberi tegangan maju (*forward bias*), arus listrik mengalir dari anoda ke katoda dan menghasilkan cahaya. Warna cahaya yang dihasilkan bergantung pada jenis bahan semikonduktor yang digunakan, seperti merah, hijau, biru, kuning, hingga putih.



2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu memiliki peranan penting dalam memberikan dasar dan acuan terhadap pengembangan sistem yang dilakukan pada penelitian ini. Beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan sistem *smart locker*, teknologi RFID, serta penerapan mikrokontroler ESP32 atau Arduino dalam sistem kontrol otomatis dijelaskan sebagai berikut:

1. (Zein, 2023)

Dalam penelitiannya yang berjudul “*Pengelolaan Sistem Parkir Dengan Menggunakan Long Range RFID Reader Berbasis Arduino Uno*”, Zein

mengembangkan sistem parkir otomatis menggunakan teknologi RFID untuk mengidentifikasi kendaraan. Sistem ini mampu mendeteksi kartu RFID dari jarak jauh dan mencatat data kendaraan secara otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi RFID dapat meningkatkan efisiensi proses identifikasi pengguna. Penelitian ini menjadi dasar bahwa RFID dapat diterapkan juga pada sistem *smart locker* untuk mengidentifikasi pengguna dengan cara yang cepat dan akurat.

2. (Tappi et al., 2021)

Penelitian ini berjudul “*Rancang Bangun Perangkat Kendali Pintu Rumah Menggunakan Fingerprint Berbasis Arduino Leonardo.*” Sistem yang dibuat menggunakan sensor sidik jari sebagai metode autentikasi pengguna untuk mengunci dan membuka pintu rumah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu meningkatkan keamanan akses dengan tingkat kesalahan yang rendah. Relevansi penelitian ini terhadap *smart locker* adalah pada konsep pengendalian akses otomatis menggunakan sistem identifikasi unik (dalam hal ini, fingerprint dan RFID memiliki fungsi serupa dalam otentikasi pengguna).

3. (Mariza Wijayanti, 2022)

Dalam penelitiannya “*Prototype Smart Home dengan NodeMCU ESP8266 Berbasis IoT*”, dijelaskan bahwa NodeMCU (mirip dengan ESP32) dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat rumah tangga secara otomatis melalui jaringan internet. Sistem ini dapat diakses menggunakan aplikasi berbasis web dan menampilkan status perangkat secara real-time. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mikrokontroler dengan konektivitas Wi-Fi seperti ESP32 sangat cocok digunakan pada sistem kontrol otomatis, termasuk sistem *smart locker* yang dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem berbasis IoT.

4. (Zanofa et al., 2020)

Penelitian berjudul “*Pintu Gerbang Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3*” menggunakan modul RFID dan motor DC untuk mengontrol pintu gerbang. Sistem dapat membuka dan menutup pintu secara otomatis ketika kartu RFID yang sesuai terdeteksi. Penelitian ini membuktikan bahwa teknologi RFID efektif digunakan untuk sistem keamanan akses berbasis mikrokontroler. Konsep ini sejalan dengan sistem *smart loker* yang menggunakan RFID untuk mengontrol pintu penyimpanan secara otomatis.

5. (Yusuf & Sodik, 2023)

Dalam penelitian mereka yang berjudul “*Sistem Smart Locker Berbasis IoT dengan Identifikasi RFID dan Monitoring Online*”, sistem loker dirancang untuk memudahkan pengguna dalam proses penyimpanan barang menggunakan kartu RFID. Sistem ini juga dilengkapi dengan aplikasi berbasis web untuk memantau status setiap loker secara real-time. Hasil penelitian menunjukkan sistem berjalan dengan baik dan memberikan kemudahan bagi pengguna maupun pengelola fasilitas. Penelitian ini memiliki keterkaitan sangat erat dengan penelitian yang sedang dikembangkan karena mengangkat tema dan teknologi yang serupa.

Dari beberapa penelitian terdahulu di atas, dapat disimpulkan bahwa teknologi RFID telah banyak diterapkan dalam sistem kontrol akses dan keamanan. Namun, penerapan pada sistem *smart loker multi pintu* dengan pengendalian terpusat menggunakan mikrokontroler ESP32 masih belum banyak dikembangkan. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk menggabungkan

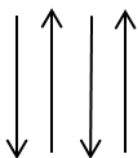
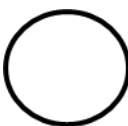
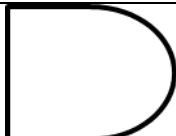
beberapa konsep dari penelitian terdahulu dengan menambahkan fitur pengendalian dan *monitoring* multi pintu yang lebih efisien.

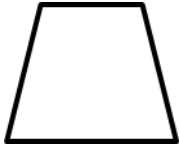
2.7 Flowchart

Flowchart atau sering disebut dengan diagram alir merupakan suatu jenis diagram yang merepresentasikan algoritma atau langkah-langkah instruksi yang berurutan dalam sistem. Seorang analis sistem menggunakan flowchart sebagai bukti dokumentasi untuk menjelaskan gambaran logis sebuah sistem yang akan dibangun kepada programmer. Flowchart sendiri sebagai representasi grafis dari suatu proses atau algoritma menggunakan symbol – symbol tertentu. Biasanya digunakan dalam pemrograman komputer, manajemen proyek dan bisnis untuk menggambarkan langkah-langkah secara visual dan logis(Kusumawati, 2024).

Selain itu, flowchart juga digunakan sebagai dasar acuan dalam membuat program. Struktur program akan lebih mudah dibuat atau didesain. Jika terdapat kesalahan, flowchart mempermudah mendeteksi letak kesalahan serta memudahkan dalam menambahkan instruksi-instruksi baru pada program jika terjadi pengembangan pada struktur program (Purnama et al., n.d.).

Tabel 2. 1 Simbol - simbol Flowchart

No	Simbol	Fungsi
1		Terminal: Digunakan sebagai titik awal dan akhir dari sebuah program.
2		Simbol Arah Alur (Flow Direction): Digunakan untuk menghubungkan simbol satu dengan yang lain serta menunjukkan arah jalannya proses.
3		Input-Output: Menyatakan proses menerima masukan data atau menampilkan keluaran dari suatu kegiatan.
4		Keputusan (Decision): Menandakan adanya kondisi tertentu yang memerlukan pilihan atau cabang dari beberapa kemungkinan.
5		Proses yang Telah Ditentukan (Predefined Process): Simbol yang menggambarkan proses yang sudah didefinisikan sebelumnya, biasanya berkaitan dengan penyimpanan atau pemrosesan data.
6		Penghubung (Connector): Digunakan untuk menyambungkan proses yang berpindah halaman atau bagian.
7		Tunda (Delay): Menunjukkan adanya jeda waktu atau proses menunggu, seperti menanti dokumen disortir atau diproses.
8		Dokumen Ganda (Multiple Documents): Menyatakan lebih dari satu dokumen yang terlibat dalam satu proses, dan dilambangkan dalam satu simbol.

9		Dokumen (Document): Simbol ini digunakan untuk menggambarkan data berbentuk informasi tertulis atau tercetak.
10		Proses Tertentu (Predefined Process): Menandakan bahwa langkah-langkah atau proses yang dilakukan sudah ditentukan dalam bentuk prosedur.
11		Operasi Manual (Manual Operation): Melambangkan proses atau kegiatan yang dilakukan secara manual, tanpa bantuan alat otomatis.
12		Proses (Process): Menunjukkan adanya aktivitas komputasi atau pengolahan data yang dilakukan oleh sistem/program.