

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Keamanan Pintu

Sistem keamanan pintu adalah suatu mekanisme pengendalian akses yang dirancang untuk memastikan hanya individu yang berwenang yang dapat memasuki suatu area atau ruangan tertentu. Sistem ini berfungsi sebagai penghalang dan proteksi terhadap ancaman fisik seperti pencurian, perusakan, maupun akses ilegal oleh pihak yang tidak memiliki hak. Pada implementasi modern, sistem keamanan pintu tidak lagi bergantung pada kunci mekanik tradisional, melainkan telah beralih ke teknologi digital yang memanfaatkan sensor dan aktuator untuk melakukan proses verifikasi akses. Metode autentikasi yang umum digunakan meliputi kartu RFID, biometrik sidik jari, keypad password, hingga kombinasi multi-faktor autentikasi yang diterapkan untuk meningkatkan tingkat keamanan sistem (*multi-layer security*). Melalui pemrosesan identitas pengguna, sistem akan membandingkan data input dengan data yang telah tersimpan dalam basis data, dan apabila sesuai, maka aktuator seperti solenoid door lock akan diaktifkan untuk membuka pintu. Pendekatan ini dinilai lebih aman dan lebih efisien karena mampu mengurangi risiko kehilangan kunci fisik, duplikasi kunci, serta pembobolan manual yang sering terjadi pada sistem konvensional.[1]



Gambar 2. 1 Sistem Keamanan Pintu
(Sumber : <https://www.onassis-hardware.com>)

2.1.1 Prinsip Kerja Sistem Keamanan Pintu

Prinsip kerja sistem keamanan pintu dimulai dari proses input data autentikasi yang diberikan oleh pengguna melalui modul verifikasi seperti sensor sidik jari, RFID, atau keypad. Data yang masuk akan diterima oleh mikrokontroler kemudian dilakukan proses pengecekan terhadap database identitas atau data referensi yang telah tersimpan di dalam sistem. Apabila data yang diberikan pengguna sesuai dan terverifikasi, maka mikrokontroler akan mengirimkan sinyal kontrol ke aktuator penggerak kunci seperti solenoid door lock untuk membuka pintu. Namun apabila data yang masuk tidak sesuai, maka sistem akan menolak akses dan pintu tetap berada pada kondisi terkunci. Proses ini merupakan rangkaian kerja otomatis yang mengkombinasikan input autentikasi, pemrosesan logika mikrokontroler, serta aktuasi mekanis guna memastikan hanya individu yang berhak yang dapat memperoleh akses masuk. [1]

2.1.2 Media Pintu

Media pintu merupakan objek fisik yang berfungsi sebagai komponen mekanis utama pada sistem keamanan pintu, yaitu sebagai elemen yang menjadi titik akses masuk dan keluar suatu ruangan. Media ini bertindak sebagai *interface* tempat mekanisme penguncian dan pembukaan diterapkan, seperti pemasangan solenoid door lock, engsel, maupun perangkat aktuator lainnya.



Gambar 2. 2 Contoh Media Pintu
(Sumber : <https://www.istockphoto.com>)

Pada sistem keamanan pintu menggunakan RFID, fingerprint dan *keypad* media pintu yang digunakan terbuat dari kayu dengan tinggi 45 cm dan lebar 24,5 cm. Dengan tinggi dan lebar tersebut memungkinkan melakukan uji coba pada alat.

2.1.3 Dudukan Prototipe

Dudukan prototipe merupakan struktur fisik yang berfungsi sebagai tempat atau landasan untuk menempatkan, menata, dan menopang seluruh komponen elektronik dan mekanis pada suatu rancangan sistem. Dudukan ini digunakan untuk memastikan agar setiap modul, sensor, aktuator, dan perangkat pendukung lainnya dapat terpasang secara teratur, stabil, dan memiliki posisi yang sesuai dengan kebutuhan rancangan.

Pada dudukan prototipe yang digunakan terbuat dari kayu dengan panjang 37 cm dan lebar 24,5 cm. Dengan panjang dan lebar tersebut dapat menopang semua komponen alat.

2.1.4 Engsel Pintu

Engsel pintu merupakan komponen mekanis yang berfungsi sebagai penghubung antara daun pintu dan kusen, sehingga memungkinkan pintu dapat bergerak secara terkontrol untuk membuka atau menutup. Engsel bekerja dengan prinsip mekanisme pivot, di mana dua bidang logam yang terhubung melalui poros putar memungkinkan terjadinya rotasi pada satu sisi pintu. Selain sebagai titik tumpu pergerakan, engsel juga berperan dalam mempertahankan kestabilan struktur pintu agar tetap berada pada posisi yang benar saat digunakan.



Gambar 2.3 Engsel Pintu
(Sumber : <https://modelplafonpvc.com>)

2.2 *Casing Sistem*

Casing sistem merupakan wadah atau pelindung fisik yang digunakan untuk menempatkan dan mengamankan komponen elektronik di dalam suatu sistem. *Casing* berfungsi sebagai struktur penutup yang melindungi rangkaian, modul, serta komponen internal dari gangguan eksternal seperti debu, benturan fisik, kelembaban, maupun sentuhan langsung yang dapat menyebabkan kerusakan. Selain sebagai pelindung, *casing* sistem juga berperan dalam menata tata letak komponen agar rapi dan terorganisir.

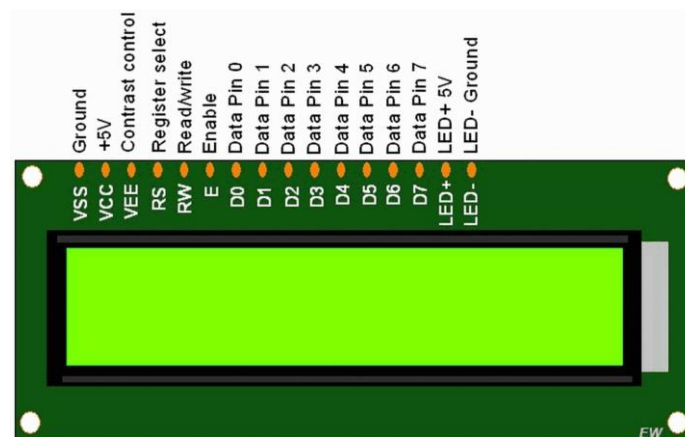
Casing tersebut memiliki tinggi 5,5 cm, lebar 11,5 cm dan Panjang 18 cm yang memungkinkan komponen yang digunakan dapat terlindungi dari kerusakan.



Gambar 2. 4 Casing Sistem
(Sumber : <https://shopee.co.id>)

2.3 *Liquid Crystal Display 16×2*

LCD (Liquid Crystal Display) merupakan jenis layar yang tersusun dari lapisan kaca transparan yang dilapisi elektroda berbahan indium oksida. Saat diberikan tegangan listrik, orientasi molekul cair yang berada di dalamnya akan berubah, sehingga area aktif pada layar akan tampak gelap dan membentuk karakter tertentu. Jenis tampilan ini umumnya digunakan untuk menampilkan teks berupa angka, huruf, maupun simbol dengan kualitas visual yang baik serta konsumsi daya yang relatif rendah.[2]



Gambar 2. 5 LCD 16x2
(Sumber : <https://componentexplorer.com>)

2.3.1 Konfigurasi LCD 16x2

Konfigurasi *pinout* pada modul LCD 16×4 yang digunakan sebagai media tampilan data pada sistem. LCD ini memiliki total 16 pin dengan fungsi yang berbeda-beda. Pin VSS berfungsi sebagai ground (GND), sedangkan pin VDD merupakan sumber tegangan positif (VCC). Pin VO berfungsi sebagai pengatur tingkat kontras tampilan. Pin RS (*Register Select*) mengatur pemilihan register instruksi atau data, sementara pin R/W mengatur mode baca dan tulis data pada LCD. Selanjutnya, pin E (*Enable*) digunakan sebagai sinyal pemicu untuk mengaktifkan proses transfer data ke LCD.

Untuk jalur data, LCD ini memiliki delapan jalur data digital yang ditandai sebagai DB0 sampai DB7, yang masing-masing merepresentasikan bit data 0 hingga bit data 7. Selain itu, terdapat dua pin tambahan yaitu pin VB+ dan VB- yang berfungsi sebagai opsi power untuk backlight LCD, di mana VB+ terhubung ke sumber tegangan +5 V dan VB- terhubung ke ground (0 V). Dengan konfigurasi pinout tersebut, LCD 16×4 dapat menampilkan data karakter dengan baik melalui komunikasi paralel delapan bit.

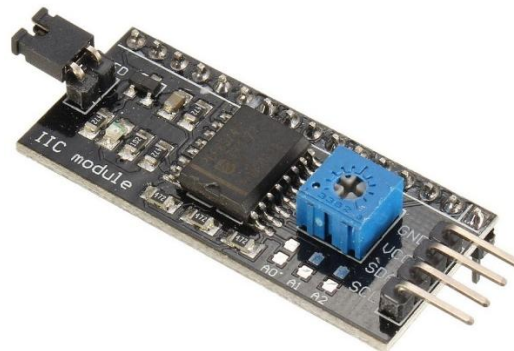
2.3.2 Prinsip Kerja LCD 16x2

Prinsip kerja LCD 16×4 dimulai dari pemberian sinyal logika digital pada pin-pin input kontrol dan data yang diterima oleh driver internal HD44780 sebagai pengendali utama tampilan. Mikrokontroler akan mengirimkan instruksi atau data melalui pin RS, R/W, dan E untuk menentukan mode operasi serta mengatur proses

penulisan karakter. Selanjutnya jalur data paralel DB0 hingga DB7 digunakan untuk mengirimkan data bit karakter ASCII yang kemudian diterjemahkan oleh controller menjadi pola pixel pada matriks karakter. Data tersebut kemudian dipetakan ke DDRAM (*Display Data RAM*) internal yang menentukan posisi karakter yang akan ditampilkan pada baris dan kolom LCD. Proses pengaturan kontras visual dilakukan melalui pin VO, sementara backlight diaktifkan melalui VB+ dan VB- untuk meningkatkan keterbacaan tampilan.[3]

2.4 Modul I2C (*Inter-Integrated Circuit*)

Modul I2C (Inter-Integrated Circuit) adalah suatu standar komunikasi serial dua arah yang dikembangkan untuk memungkinkan pertukaran data antar perangkat elektronik menggunakan jumlah jalur sinyal yang minimal. I2C menggunakan dua saluran utama, yaitu SCL (Serial Clock) sebagai jalur pengatur pewaktuan dan SDA (Serial Data) sebagai jalur pembawa data digital. Pada sistem ini, setiap perangkat yang terhubung pada bus dapat dikonfigurasi menjadi Master atau Slave, sehingga semua perangkat dapat saling terhubung hanya dengan dua jalur sinyal tanpa memerlukan pin data yang banyak.[5]



Gambar 2. 6 Modul I2C
(Sumber : <https://3dbots.com>)

2.5 *Solenoid Door Lock*

Solenoid door lock adalah komponen aktuator elektromekanis yang berfungsi sebagai sistem pengunci pintu otomatis dengan memanfaatkan energi listrik sebagai sumber penggerak. Komponen ini digunakan untuk mengatur kondisi N/O penguncian pintu secara elektronik, sehingga proses akses dapat dikendalikan

oleh rangkaian kontrol seperti mikrokontroler atau sistem autentikasi digital. Solenoid door lock banyak diterapkan dalam sistem keamanan modern karena fleksibel untuk diintegrasikan dengan berbagai metode autentikasi, seperti fingerprint, RFID, maupun keypad.



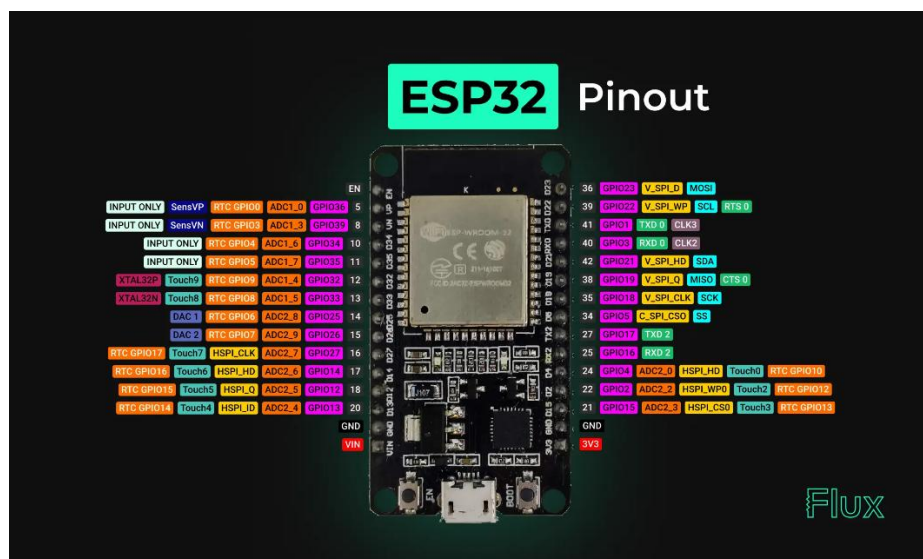
Gambar 2. 7 Solenoid Door Lock
(Sumber : <https://synacorp.my>)

2.5.1 Prinsip Kerja Solenoid Door Lock

Solenoid door lock dimulai dari pemberian tegangan listrik ke kumparan tembaga (coil) yang berada di dalam struktur solenoid. Ketika arus mengalir, kumparan menghasilkan medan elektromagnetik sesuai prinsip induksi elektromagnetik, sehingga terjadi gaya tarik yang menyebabkan inti besi (plunger) bergerak ke arah pusat medan magnet. Pergerakan linear plunger ini kemudian menggeser batang pengunci (bolt) dari posisi tertutup menuju posisi terbuka sehingga pintu dapat diakses. Selama tegangan listrik tetap diberikan, posisi plunger akan tetap tertarik dan kondisi pintu berada dalam keadaan unlocked. Sebaliknya, ketika sumber tegangan dihentikan, medan magnet langsung hilang, sehingga gaya tarik tidak lagi terbentuk. Pada kondisi ini, pegas pengembali (return spring) mendorong plunger kembali ke posisi awal, sehingga batang pengunci kembali bergerak ke posisi mengunci (locked). Dengan demikian, proses membuka dan menutup penguncian diperoleh melalui perubahan energi listrik menjadi gaya mekanik yang dihasilkan oleh efek elektromagnetik pada kumparan.[6]

2.6 ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler generasi lanjut yang dikembangkan oleh Espressif Systems yang memiliki prosesor dual-core 32-bit dengan kecepatan pemrosesan tinggi serta dilengkapi modul komunikasi nirkabel Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi pada satu chip. Mikrokontroler ini dirancang untuk kebutuhan sistem embedded yang membutuhkan performa pemrosesan lebih besar dibandingkan mikrokontroler AVR seperti Arduino Uno, serta memiliki jumlah GPIO yang lebih banyak sehingga dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai sensor, aktuator, dan modul eksternal. ESP32 banyak dimanfaatkan dalam sistem kontrol otomatis, sistem keamanan elektronik, maupun pengembangan perangkat berbasis mikrokontroler karena memiliki konsumsi daya yang efisien dan kompatibel dengan berbagai protokol komunikasi seperti UART, SPI, I2C, dan PWM.[7]



Gambar 2. 8 ESP32
(Sumber : <https://www.flux.ai>)

2.6.1 Prinsip Kerja ESP32

Prinsip kerja ESP32 pada sistem keamanan ini dimulai dari penerimaan data input yang berasal dari modul autentikasi, yaitu sensor fingerprint, RFID reader, dan keypad. Ketiga perangkat tersebut mengirimkan data digital ke ESP32 melalui

jalur komunikasi yang berbeda sesuai protokol masing-masing (UART untuk fingerprint, serial-UART untuk RFID, dan input digital untuk keypad). Setelah data diterima, ESP32 melakukan proses verifikasi berdasarkan kondisi logika yang sudah diprogram sebelumnya. Jika hasil autentikasi memenuhi syarat yang ditentukan, ESP32 menghasilkan sinyal output digital pada pin GPIO tertentu untuk mengaktifkan rangkaian driver pengendali solenoid door lock. Sinyal ini kemudian mengaktifkan aktuator solenoid sehingga kunci pintu berpindah dari kondisi terkunci menjadi terbuka.[8]

2.7 Modul Relay

Modul relay adalah rangkaian saklar elektrik berbasis elektromagnetik yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik pada beban menggunakan sinyal kontrol tegangan rendah dari mikrokontroler. Modul ini bekerja dengan memanfaatkan kumparan elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar internal sehingga dapat mengendalikan perangkat listrik bertegangan lebih tinggi tanpa harus menghubungkan mikrokontroler secara langsung dengan beban. Oleh karena itu, modul relay digunakan sebagai pemisah (isolasi) antara rangkaian kontrol level rendah dan rangkaian aktuator level tinggi. Dalam sistem kontrol otomatis, modul relay umum digunakan untuk mengaktifkan perangkat seperti solenoid door lock yang membutuhkan arus lebih besar dibandingkan kemampuan output mikrokontroler.[9]



Gambar 2. 9 Modul Relay
(Sumber : <https://shopee.co.id>)

2.8 Adaptor 12 Volt

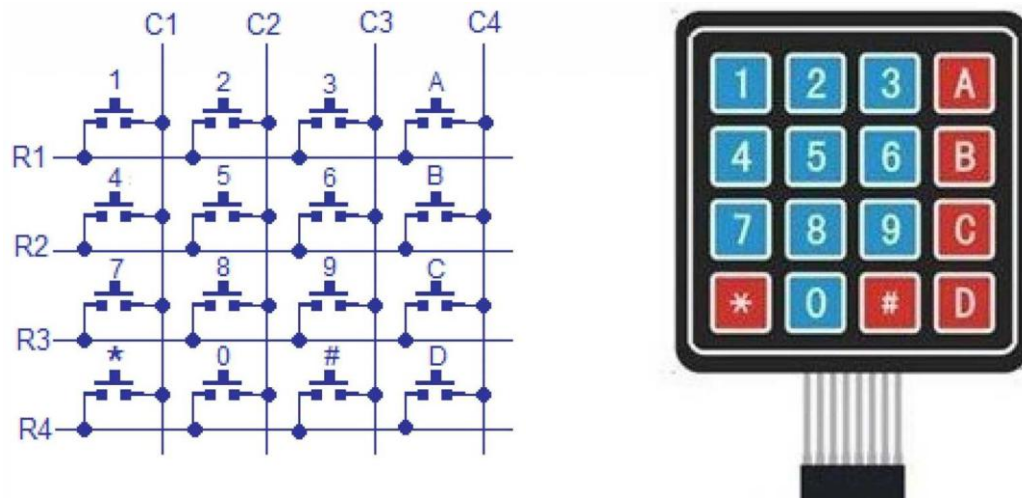
Adaptor adalah perangkat elektronika yang berfungsi mengubah tegangan AC dari sumber listrik PLN menjadi tegangan DC 12 V. Pada sistem ini, adaptor digunakan sebagai sumber catu daya eksternal untuk mengaktifkan aktuator solenoid door lock, karena solenoid membutuhkan arus dan tegangan yang lebih besar dibanding keluaran dari mikrokontroler. Dengan adanya adaptor, energi listrik yang disuplai ke solenoid menjadi sesuai spesifikasi kerja sehingga aktuator dapat bergerak membuka atau menutup penguncian pintu secara optimal. [10]



Gambar 2. 10 Adaptor 12 V
(Sumber : <https://www.tokopedia.com>)

2.9 Keypad Matriks 4x4

Keypad 4x4 adalah modul yang terdiri dari 4 kolom dan 4 baris. Modul ini dapat digunakan sebagai perangkat input pada berbagai aplikasi seperti sistem keamanan digital, pencatat data, absensi, pengendali kecepatan motor, robotika, dan lain-lain. Pada contoh Gambar 4 dapat dilihat bahwa keypad matriks 4x4 hanya memerlukan 8 pin untuk 16 tombol yang tersedia. Hal ini dimungkinkan karena susunan rangkaian dibuat dalam konfigurasi matriks baris dan kolom.[11]



Gambar 2. 11 Keypad 4x4
(Sumber : <https://componentsexplorer.com>)

2.9.1 Konfigurasi Pinout Keypad Matriks 4x4

Tabel 2. 1 Konfigurasi Keypad

Pin	keterangan
R1	Pin 1 Baris Pertama
R2	Pin 2 Baris Kedua
R3	Pin 3 Baris Ketiga
R4	Pin 4 Baris Keempat
C1	Pin 1 Kolom Pertama
C2	Pin 2 Kolom kedua`
C3	Pin 3 Kolom Ketiga
C4	Pin 4 Kolom Keempat

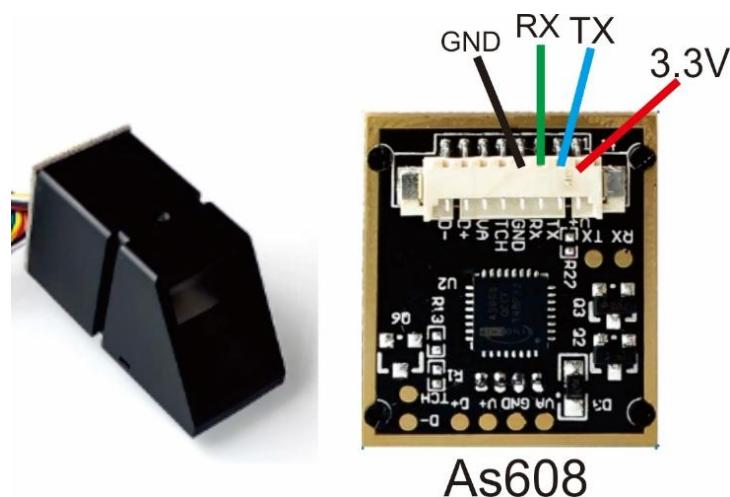
2.9.2 Prinsip Kerja Keypad Matrix 4x4

Prinsip kerja keypad matriks 4x4 dimulai dari proses pemindaian (scanning) baris dan kolom untuk mendeteksi tombol yang ditekan. Mikrokontroler akan memberikan logika keluaran pada masing-masing kolom secara bergantian, kemudian membaca logika masukan pada baris untuk melihat perubahan kondisi.

Ketika sebuah tombol ditekan, jalur baris dan kolom pada titik pertemuan tombol tersebut akan terhubung sehingga menghasilkan sinyal logika tertentu yang dapat terdeteksi oleh mikrokontroler. Kombinasi hubungan antara baris dan kolom ini menentukan tombol mana yang ditekan. Proses pemindaian dilakukan secara berulang dengan kecepatan tinggi sehingga setiap input dapat dikenali secara real-time oleh sistem.[12]

2.10 *Fingerprint Sensor*

Fingerprint sensor merupakan modul biometrik yang digunakan untuk mengenali identitas pengguna berdasarkan pola sidik jari. Pada sistem keamanan yang dirancang, fingerprint sensor berfungsi sebagai perangkat autentikasi utama yang membaca sidik jari, melakukan proses ekstraksi fitur, dan kemudian mencocokkannya dengan data sidik jari yang sudah tersimpan di dalam modul. Jika pola sidik jari yang dipindai sesuai dengan data referensi yang telah terdaftar, maka sistem memberikan sinyal ke mikrokontroler untuk mengizinkan pembukaan kunci pintu. [13]



Gambar 2. 12 Fingerprint Sensor As608

AS608 adalah salah satu tipe sensor sidik jari yang menawarkan proses verifikasi yang cukup sederhana. Modul sensor AS608 dilengkapi dengan chip DSP yang kuat untuk memproses gambar, menghitung, menemukan fitur, serta mencari

7 sidik jari yang telah disimpan. Modul ini mampu menyimpan 162 sidik jari yang tersimpan dalam memori flash terintegrasi. Di dalam modul ini, terdapat LED (light emitting diode) berwarna biru pada lensa yang akan menyala saat sensor tersebut aktif.[14]

2.10.1 Konfigurasi Pin *Fingerprint sensor*

Tabel 2. 2 Konfigurasi Pin Fingerprint sensor

PIN SENSOR	FUNGSI	KETERANGAN
VCC	Power	3.3V atau 5V sesuai modul, banyak modul memiliki regulator jadi lebih aman 5V
GND	Ground	Sambungkan ke GND Mikrokontroler
TX	Serial Out	Output data dari sensor ke mikrokontroler (RX MCU)
RX	Serial In	Input data dari sensor ke mikrokontroler (TX MCU)
RST	Reset (opsional)	Bisa dipakai untuk reset sensor, tidak wajib

2.10.2 Prinsip Kerja Sensor *Fingerprint sensor*

Fingerprint sensor AS608 bekerja dengan mendeteksi sidik jari pengguna yang menempel pada permukaannya. Saat jari bersentuhan dengan sensor, LED internal menyorot jari dan sensor optik CMOS mengambil citra digital dari pola alur dan celah sidik jari. Gambar ini kemudian diproses oleh modul secara internal untuk diubah menjadi template digital, yang hanya menyimpan titik-titik unik atau minutiae dari sidik jari. Template ini dapat disimpan di memori internal sensor untuk keperluan autentikasi di masa depan. Saat digunakan untuk verifikasi, sensor membandingkan template sidik jari yang baru dengan template yang tersimpan, lalu mengirimkan hasil pencocokan melalui komunikasi serial (TX/RX) ke mikrokontroler. Berdasarkan hasil ini, mikrokontroler dapat mengeksekusi tindakan tertentu, seperti membuka kunci pintu, menyalakan lampu indikator, atau

men-trigger alarm jika sidik jari tidak dikenali. Proses ini memungkinkan autentikasi sidik jari yang cepat, aman, dan efisien.[13]

2.11 Radio Frequency Identification (RFID)

Sensor RFID (Radio Frequency Identification) adalah alat yang bisa membaca atau mengenali objek yang memiliki tag khusus menggunakan gelombang radio. RFID sering digunakan untuk akses pintu, sistem parkir, inventaris, atau kartu keanggotaan. Jadi intinya, sensor ini membantu mengidentifikasi sesuatu tanpa harus disentuh langsung, cukup dengan mendekatkan tag ke sensor.

2.11.1 Konfigurasi Pin RFID

Tabel 2. 3 Konfigurasi Pin RFID

PIN SENSOR	FUNGSI	KETERANGAN
VCC	Power	Hub ke 3.3 V
GND	Ground	Sambungkan KE GND mikrokontroler
SDA	Slave Select	Pin Chip Slect SPI
SCK	Serial Clock	Clock SPI
MOSI	Master Out Slave	Data dari MCU
MISO	Master In Slave Out	Data dari sensor MCU
RST	Reset	Bisa dikontrol lewat pin digital
3.3V/5V Jumper	Opsi Power	Beberapa Jumper ada untuk memilih tegangan

2.11.2 Prinsip Kerja Sensor RFID

Sensor RFID RC522 bekerja dengan membaca tag RFID yang ditempelkan atau didekatkan ke pembaca. Saat tag berada dalam jangkauan, pembaca memancarkan gelombang radio yang diterima oleh tag. Tag kemudian mengirimkan informasi uniknya (ID) kembali ke pembaca melalui sinyal radio. RC522 menangkap sinyal ini, lalu mengubahnya menjadi data digital yang dikirim ke mikrokontroler melalui interface SPI. Mikrokontroler kemudian memproses data tersebut untuk melakukan tindakan tertentu, seperti membuka pintu, menyalakan lampu indikator, atau mencatat ke sistem inventaris.