

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Pada penelitian dilakukan tinjauan literatur untuk menemukan referensi yang relevan dengan pokok bahasan penelitian ini. Referensi ini dapat berasal dari buku, artikel, jurnal, atau proposal skripsi yang relevan. Beberapa referensi yang berkaitan dengan penelitian ini, yaitu:

1. Pada jurnal yang berjudul “*Rancang Bangun GPS Tracker di Kapal dengan Menggunakan Internet of Things (IoT)*” penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pelacakan posisi kapal berbasis IoT yang dapat dimonitor secara *real-time* melalui aplikasi Telegram. Sistem yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32, modul GPS Neo-6M sebagai penentu koordinat, serta modul SIM800L untuk komunikasi data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat mampu mengirimkan data koordinat secara akurat dan menyimpannya pada modul SD card sebagai data log. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis terletak pada objek dan pengembangan sistem. Penelitian tersebut diterapkan pada kapal sebagai alat monitoring lokasi (Arrozak., et al, 2025).
2. Pada jurnal yang berjudul “*Implementasi Global Positioning System (GPS) pada Kendaraan Menggunakan Mikrotik LtAP Mini*” penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem pelacakan kendaraan berbasis GPS guna mengatasi meningkatnya kasus pencurian kendaraan. Sistem yang dikembangkan menggunakan perangkat Mikrotik LtAP Mini yang terintegrasi dengan modem 4G LTE, antena eksternal, serta platform *web tracking* seperti Traccar untuk memantau posisi kendaraan secara *real-time*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi lokasi kendaraan secara akurat dan berfungsi dengan baik berdasarkan pengujian *black box*. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis terletak pada pendekatan sistem dan fitur yang dikembangkan. Penelitian tersebut berfokus pada implementasi perangkat jaringan berbasis Mikrotik untuk tracking kendaraan (Ahmad Martani., et al, 2023).

3. Pada jurnal yang berjudul *“Perancangan dan Implementasi Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis RFID & SIM GSM”* penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sistem keamanan sepeda motor dengan memanfaatkan teknologi RFID yang terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino. Sistem bekerja dengan menggunakan tag RFID sebagai autentikasi utama, dimana kendaraan hanya dapat dihidupkan jika tag yang sesuai terdeteksi oleh RFID reader. Selain itu, sistem dilengkapi dengan modul SIM800L untuk mendukung komunikasi berbasis GSM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu merespon pembacaan tag dengan cepat, yaitu kurang dari satu detik, serta efektif dalam mencegah akses tidak sah dengan memutus sistem pengapian secara otomatis. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis terletak pada pendekatan sistem keamanan yang digunakan. Penelitian tersebut berfokus pada autentikasi berbasis RFID sebagai pengaman utama kendaraan (Suhartono B., Setiawan D, 2025).
4. Pada jurnal yang berjudul *“Implementasi RFID sebagai Pengaman pada Sepeda Motor untuk Mengurangi Tindak Pencurian”* penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keamanan sepeda motor dengan memanfaatkan teknologi RFID sebagai sistem autentikasi. Sistem yang dirancang menggunakan modul RFID MIFARE RC522 sebagai pembaca tag, mikrokontroler ATmega328P sebagai pengolah data, serta rangkaian driver untuk memutus aliran listrik menuju koil ketika akses tidak sah terdeteksi. Selain itu, sistem dilengkapi dengan buzzer sebagai indikator peringatan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik dengan jarak pembacaan optimal kurang dari $\leq 1,8$ cm, serta dapat memutus sistem pengapian secara efektif ketika tag yang digunakan tidak sesuai. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis terletak pada pengembangan sistem yang lebih terintegrasi. Penelitian tersebut berfokus pada sistem keamanan berbasis RFID sebagai autentikasi lokal (Suki., et al).

Dari penelitian terdahulu, teknologi GPS, Geo-Fencing, RFID, maupun cut-off sudah pernah diterapkan secara terpisah maupun dalam kombinasi tertentu. Oleh karena itu untuk kebaruan pada penelitian ini terletak pada integrasi beberapa mekanisme keamanan pada sepeda listrik, yaitu autentikasi menggunakan RFID, pemantauan posisi

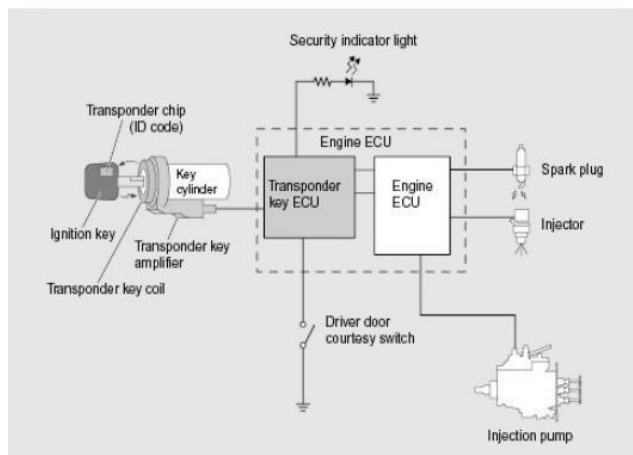
menggunakan GPS NEO-M8Q, penerapan Geo-Fencing, serta mekanisme cut-off otomatis ketika kendaraan keluar dari area yang ditentukan.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Konsep Dasar Sistem Keamanan Kendaraan

Sistem keamanan kendaraan merupakan suatu sistem yang dirancang untuk melindungi kendaraan dari tindakan pencurian, penggunaan tanpa izin, maupun gangguan lain yang dapat mengancam keamanan kendaraan dan pemiliknya. Tujuan utama sistem ini adalah membatasi akses terhadap kendaraan sehingga hanya pengguna yang memiliki otorisasi yang dapat mengoperasikan kendaraan. Selain itu, sistem keamanan juga berfungsi memberikan perlindungan terhadap aset serta meningkatkan rasa aman bagi pemilik kendaraan.

Sistem keamanan kendaraan pada awalnya menggunakan kunci stang, rantai, atau gembok roda. Kemudian berkembang menjadi secure key shutter, smart key system (keyless), dan saat ini mulai dikembangkan menggunakan teknologi IoT, GPS, relay, dan sensor biometrik. (Siswanto, 2024)



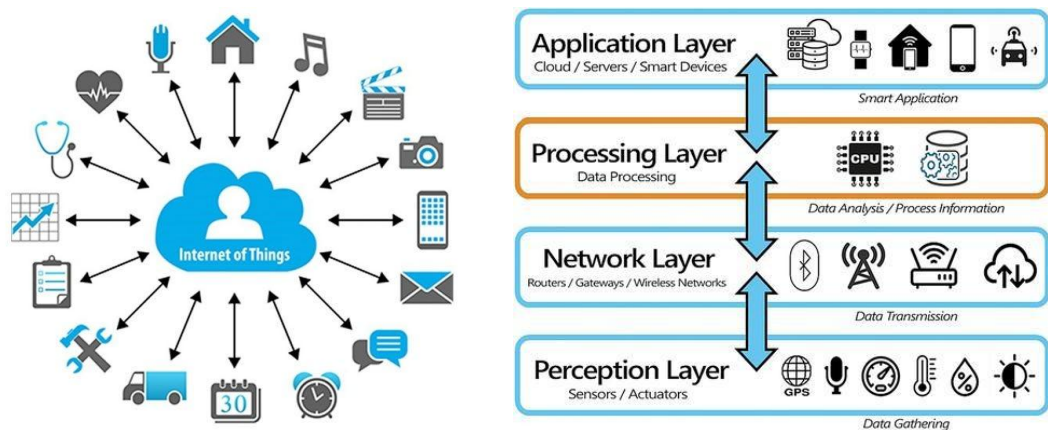
Gambar 2.1 Sistem Keamanan Konvensional pada Kendaraan

Berdasarkan cara kerjanya, sistem keamanan kendaraan dapat dibedakan menjadi sistem keamanan pasif dan sistem keamanan aktif. Sistem keamanan pasif bekerja sebagai penghambat tindakan pencurian, misalnya menggunakan kunci mekanis, kunci setang, atau immobilizer. Sementara itu, sistem keamanan aktif mampu mendeteksi kondisi tertentu dan memberikan respons secara otomatis, seperti mengaktifkan alarm, mengirimkan notifikasi kepada pemilik kendaraan, melacak posisi kendaraan

menggunakan GPS, atau memutus sumber tenaga kendaraan ketika terdeteksi adanya penggunaan yang tidak sah.

2.2.2. Internet of Things (IoT)

Internet of things (IoT) merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Sistem kendali jarak jauh, memudahkan pengguna dalam mengontrol lampu gedung yang jaraknya cukup jauh lokasinya (Kombang Saputra Daulay, 2025). Dalam sistem IoT, perangkat seperti sensor dan mikrokontroler berperan sebagai pengumpul data yang kemudian dikirimkan ke server atau aplikasi untuk diproses dan ditampilkan kepada pengguna. Teknologi ini memungkinkan pengawasan dan pengendalian sistem dilakukan dari jarak jauh secara *real-time*.



Gambar 2.2 Teknologi IoT saat ini

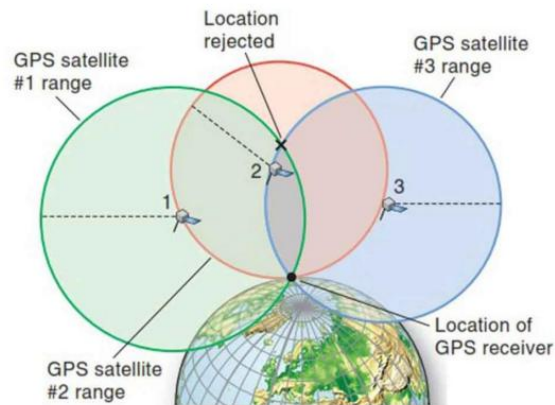
Pada sistem keamanan kendaraan, teknologi IoT dimanfaatkan untuk melakukan pemantauan lokasi kendaraan secara *real-time*, mengirimkan status kendaraan kepada pengguna, serta memberikan kemampuan pengendalian dari jarak jauh melalui aplikasi berbasis internet. Integrasi teknologi IoT dengan modul GPS, sensor autentikasi, dan mikrokontroler memungkinkan sistem keamanan bekerja secara lebih efektif dibandingkan sistem keamanan konvensional yang hanya mengandalkan kunci mekanis.

Dalam penelitian ini, IoT digunakan sebagai media komunikasi antara perangkat pada sepeda listrik dengan pengguna. Data seperti lokasi kendaraan dan status sistem keamanan dikirimkan melalui jaringan internet sehingga dapat dipantau menggunakan

smartphone. Dengan demikian, sistem tidak hanya berfungsi sebagai pengaman, tetapi juga sebagai alat monitoring yang lebih efektif dan responsif.

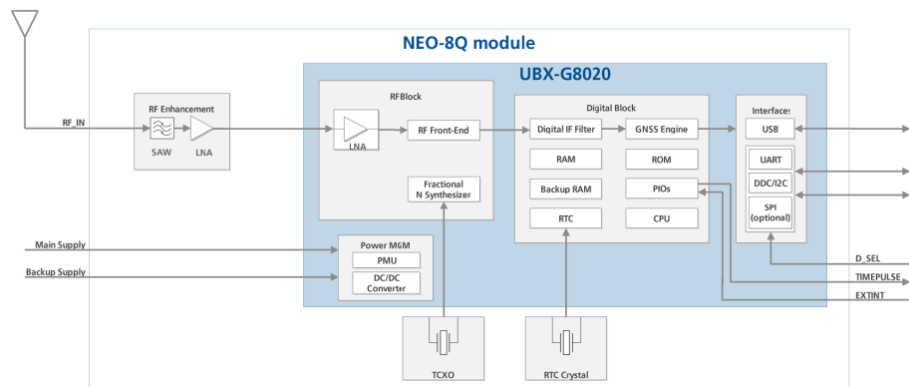
2.2.3. Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System (GPS) merupakan sistem navigasi berbasis satelit yang digunakan untuk menentukan posisi suatu objek di permukaan bumi dalam bentuk koordinat lintang (*latitude*) dan bujur (*longitude*). GPS bekerja dengan menerima sinyal dari beberapa satelit yang kemudian diolah oleh receiver untuk menentukan lokasi secara akurat. Teknologi ini banyak digunakan dalam berbagai bidang, termasuk navigasi dan sistem pelacakan kendaraan.



Gambar 2.3 metode Haversine pada GPS

Teknologi Global Positioning System (GPS) memiliki hubungan yang erat dengan ilmu fisika, khususnya pada konsep gelombang elektromagnetik dan teori relativitas Einstein. GPS menentukan posisi pengguna berdasarkan waktu tempuh sinyal radio dari satelit menuju receiver menggunakan prinsip perambatan gelombang elektromagnetik dengan kecepatan cahaya. Selain itu, karena satelit GPS bergerak dengan kecepatan tinggi dan berada pada medan gravitasi yang berbeda dengan permukaan bumi, terjadi perbedaan laju waktu yang dijelaskan oleh teori relativitas khusus dan teori relativitas umum. Oleh karena itu, sistem GPS memerlukan koreksi relativistik agar data posisi yang diperoleh tetap memiliki tingkat akurasi yang tinggi.



Gambar 2.4 Wiring Diagram Modul GPS Neo-M8Q

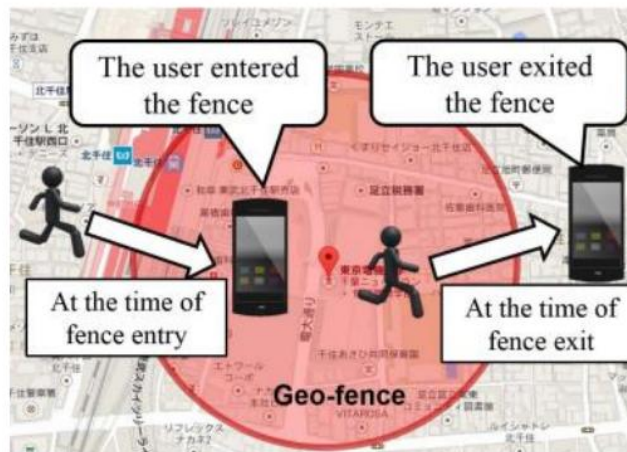
Modul GPS u-blox NEO-M8Q berkomunikasi dengan mikrokontroler ESP32 menggunakan antarmuka UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter). Interface ini dipilih karena implementasinya sederhana, stabil, dan didukung langsung oleh ESP32. Data koordinat berupa latitude, longitude, waktu, dan informasi satelit dikirimkan dalam format kalimat NMEA melalui jalur serial.

Dalam penelitian ini, GPS digunakan untuk mengetahui posisi sepeda listrik secara *real-time*. Data koordinat yang diperoleh akan dikirimkan melalui sistem IoT sehingga pengguna dapat memantau lokasi kendaraan melalui aplikasi. Hal ini sangat membantu dalam meningkatkan keamanan, terutama ketika terjadi kehilangan atau pencurian.

2.2.4. Geo-Fencing

Geo-fencing merupakan teknologi berbasis lokasi (Location Based Service/LBS) yang digunakan untuk membentuk batas virtual (virtual boundary) pada suatu wilayah geografis tertentu. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan data koordinat yang diperoleh dari Global Positioning System (GPS) untuk menentukan apakah suatu objek berada di dalam atau di luar area yang telah ditentukan.

Prinsip kerja geo-fencing dilakukan dengan menetapkan titik pusat (center point) berupa koordinat latitude dan longitude serta menentukan radius tertentu sebagai batas wilayah pengawasan. Selanjutnya sistem akan membandingkan posisi terkini objek terhadap titik pusat tersebut secara terus-menerus. Apabila jarak objek melebihi radius yang telah ditentukan, maka sistem akan menghasilkan suatu aksi tertentu, seperti memberikan notifikasi, mengaktifkan alarm, atau memutus sistem penggerak kendaraan.



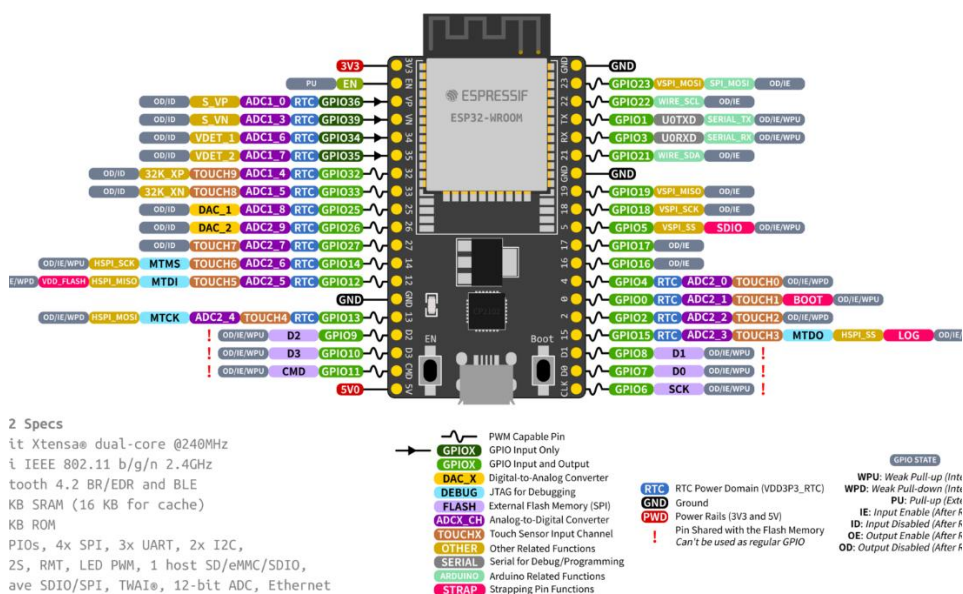
Gambar 2.5 Geo Fencing

Pada penelitian ini, metode geo-fencing diterapkan pada sepeda listrik menggunakan modul GPS u-blox NEO-M8Q. Sistem akan menghitung jarak antara posisi sepeda dengan titik pusat yang telah ditentukan. Ketika posisi sepeda berada di luar radius yang ditetapkan, ESP32 akan mengaktifkan relay untuk memutus sistem pengapian atau tenaga motor sebagai bentuk pengamanan kendaraan.

2.2.5. Mikrokontroller (ESP32)

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems, terkenal karena kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi yang membuatnya sangat cocok untuk aplikasi Internet of Things (IoT). ESP32 merupakan penerus dari ESP8266 dengan performa lebih tinggi, konsumsi daya lebih rendah, dan fitur tambahan seperti dual-core processor, Bluetooth Low Energy (BLE), dan lebih banyak GPIO (General Purpose Input/Output) (Kombang Saputra Daulay, 2025).

Dalam penelitian ini, ESP32 digunakan sebagai otak dari sistem keamanan kendaraan yang bertugas mengolah data dari modul GPS, sensor, serta mengatur komunikasi dengan sistem IoT. Selain itu, ESP32 juga mengendalikan komponen seperti relay untuk memutus atau menghubungkan sistem kelistrikan pada sepeda listrik.



Gambar 2.6 Pinout ESP32

Tabel 2.1 Datasheet ESP 32

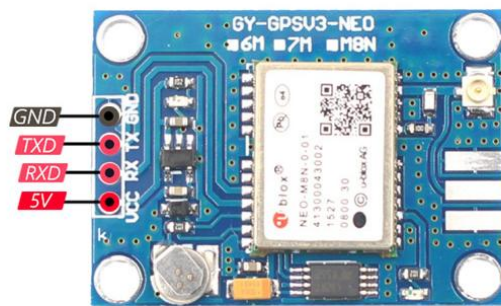
Kategori	Spesifikasi
Mikrokontroler	ESP32 (ESP-WROOM-32 / ESP-32S)
CPU	Dual-core Xtensa LX6 32-bit
Clock Speed	80 – 240 MHz
SRAM	520 KB
Flash Memory	4 MB (umumnya)
Wi-Fi	802.11 b/g/n (2.4 GHz)
Bluetooth	Bluetooth 4.2 (BR/EDR + BLE)
Usb to UART	CP2102
Tegangan Kerja	3.0 – 3.6 V (logic 3.3V)
Tegangan Input	5 V (via USB)
Konsumsi Arus	±80 mA (aktif)
Jumlah GPIO	30–38 pin
Interface	UART, SPI, I2C, I2S, PWM

2.2.6. Modul GPS u-blox Neo-M8Q

Modul GPS Neo-M8Q merupakan perangkat yang digunakan untuk menerima sinyal dari satelit GPS dan mengubahnya menjadi data koordinat lokasi. Modul GPS Neo-M8Q membaca koordinat dengan membandingkan longitude dan latitude suatu perangkat untuk mendapatkan nilai titik posisi koordinat (Khotifah Puji Lestari, 2023).

Dalam penelitian ini, modul GPS digunakan untuk memperoleh data lokasi sepeda listrik secara *real-time*. Data yang dihasilkan berupa koordinat latitude dan longitude yang kemudian dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses dan diteruskan ke sistem monitoring berbasis IoT.

POWER
GND
USART



Gambar 2.7 MODULE GPS U BLOX NEO-M8Q

Tabel 2.2 Datasheet MODULE GPS U BLOX NEO-M8Q

Kategori	Spesifikasi
Produsen	u-blox
Model	NEO-M8Q (NEO-M8 series)
Jenis Modul	GNSS Receiver Module
Sistem Satelit	GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS, SBAS
Jumlah GNSS aktif	Hingga 3 secara bersamaan

Sensitivitas Tracking	Hingga -167 dBm
Akurasi Posisi	2.5m CEP (typical)
Update Rate	Hingga 10 Hz (umum), bisa lebih tinggi tergantung varian
Interface	UART, I2C (DDC), SPI, USB
Tegangan Kerja	1,65 – 3,6 V
Konsumsi Daya	Sekitar 23 mA (Typical, Continuous Tracking)

2.2.7. Komunikasi Data

Komunikasi data merupakan proses pertukaran informasi antara dua atau lebih perangkat elektronik melalui media transmisi tertentu. Pada sistem embedded, komunikasi data berfungsi untuk menghubungkan sensor, aktuator, mikrokontroler, dan modul komunikasi sehingga setiap perangkat dapat saling bertukar data sesuai dengan kebutuhan sistem. Beberapa metode komunikasi data yang umum digunakan antara lain UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*), SPI (*Serial Peripheral Interface*), I²C (*Inter-Integrated Circuit*), serta komunikasi digital melalui pin *Input/Output* (I/O). Pemilihan metode komunikasi bergantung pada karakteristik perangkat, jumlah data yang ditransmisikan, dan kebutuhan sistem.

Pada penelitian ini digunakan tiga metode komunikasi data, yaitu komunikasi serial UART, komunikasi serial SPI, dan komunikasi digital melalui pin *Input/Output* (I/O). Masing-masing metode memiliki fungsi yang berbeda sesuai dengan perangkat yang digunakan.

A. UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*)

UART merupakan metode komunikasi serial asinkron yang menggunakan dua jalur komunikasi, yaitu TX (Transmit) dan RX (Receive). Pada penelitian ini, komunikasi UART digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler ESP32 dengan modul GPS u-blox NEO-M8Q serta modul komunikasi SIMCom A7670C. Melalui komunikasi ini, GPS mengirimkan data koordinat ke ESP32, sedangkan SIMCom A7670C menerima maupun mengirimkan data menuju server melalui jaringan seluler.

B. SPI (Serial Peripheral Interface)

SPI merupakan metode komunikasi serial sinkron yang menggunakan sinyal *clock* sebagai sinkronisasi pertukaran data. Antarmuka SPI terdiri atas empat jalur utama, yaitu MOSI (Master Out Slave In), MISO (Master In Slave Out), SCK (Serial Clock), dan SS/CS (Slave Select/Chip Select).

Pada penelitian ini, komunikasi SPI digunakan untuk menghubungkan modul RFID MFRC522 dengan ESP32. Metode SPI dipilih karena mampu mentransmisikan data dengan kecepatan tinggi sehingga proses pembacaan UID kartu RFID dapat dilakukan secara cepat dan stabil.

C. Digital Input/Output (GPIO)

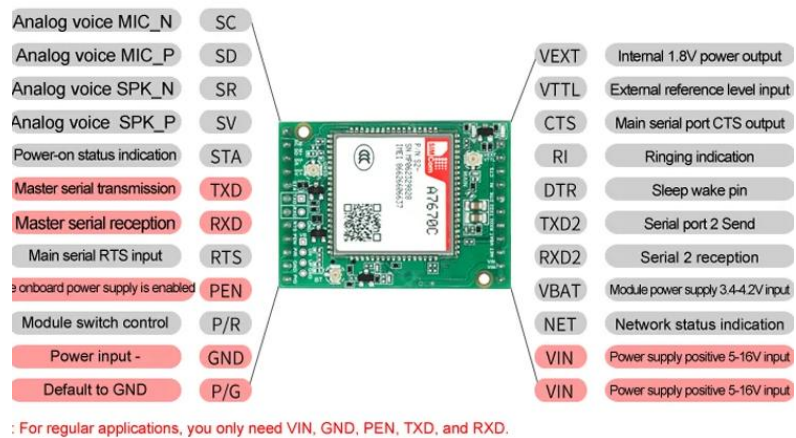
Selain komunikasi serial, penelitian ini juga memanfaatkan komunikasi digital melalui pin General Purpose Input Output (GPIO) pada ESP32. Metode ini digunakan untuk mengendalikan perangkat yang hanya memerlukan kondisi logika HIGH dan LOW.

Pada penelitian ini, pin GPIO digunakan untuk mengontrol relay sebagai pemutus daya motor serta buzzer sebagai indikator suara. Ketika ESP32 memberikan logika HIGH atau LOW pada pin keluaran, relay maupun buzzer akan merespons sesuai dengan logika yang diterima.

2.2.8. Modul SIMCom A7670C

SIMCom A7670C merupakan modul komunikasi seluler berbasis teknologi Long Term Evolution Category 1 (LTE Cat-1). Teknologi LTE Cat-1 dirancang untuk aplikasi Internet of Things (IoT) dan Machine-to-Machine (M2M) yang membutuhkan konektivitas data secara real-time dengan konsumsi daya yang relatif rendah. Berbeda dengan modul GSM generasi sebelumnya, LTE Cat-1 menawarkan kecepatan transfer data yang lebih tinggi, latensi yang lebih rendah, serta stabilitas koneksi yang lebih baik sehingga sesuai untuk aplikasi pelacakan kendaraan dan sistem geo-fencing.

Pin description



Gambar 2.8 Pinout Modul SIMCom A7670C

Pada penelitian ini, SIMCom A7670C berfungsi sebagai media komunikasi antara ESP32 dan platform Internet of Things melalui jaringan 4G LTE. Data koordinat yang diperoleh dari modul GPS dikirimkan ke server menggunakan jaringan seluler sehingga posisi sepeda listrik dapat dipantau secara real-time tanpa bergantung pada ketersediaan jaringan Wi-Fi. Selain itu, modul ini mendukung berbagai protokol komunikasi seperti TCP/IP, HTTP, HTTPS, MQTT, dan SSL yang memungkinkan pengiriman data secara aman dan andal.

Pemanfaatan jaringan 4G LTE pada sistem geo-fencing memberikan keuntungan berupa cakupan area komunikasi yang lebih luas dibandingkan jaringan lokal, sehingga sistem tetap dapat melakukan pemantauan lokasi selama berada dalam jangkauan jaringan operator seluler. Dengan demikian, pengguna dapat memperoleh informasi posisi kendaraan dan mengendalikan sistem dari lokasi yang berbeda melalui platform Internet of Things.

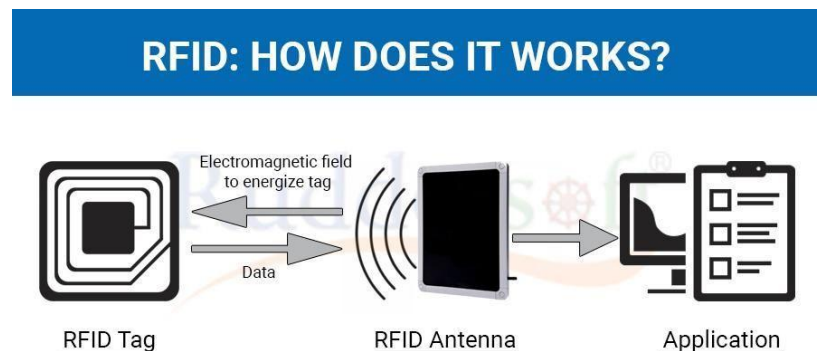
Tabel 2.3 Datasheet MODULE SIMCOM A7670C

Kategori	Spesifikasi
Produsen IC	SIMCom Wireless Solutions
Model	SIMCom A7670C

Jenis Modul	LTE Cat-1 Cellular Module
Jaringan	LTE FDD, GSM/GPRS (tergantung operator)
Interface	UART, USB, GPIO, ADC, PCM
Tegangan Kerja	3,4–4,2 V (typical 3,8 V)
Protokol	$\pm 13 - 26$ mA
GPS	Tidak tersedia (menggunakan GPS eksternal)

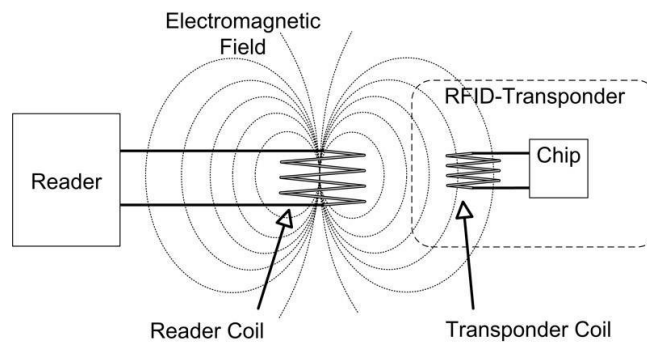
2.2.9. Radio Frequency Identification (RFID)

Radio frequency identification (RFID) merupakan salah satu dari perangkat sistem identifikasi otomatis dengan prinsip kerjanya menggunakan gelombang elektromagnetik dari reader terhadap tag pada frekuensi yang sama (Muhammad Faiz Dzaki Chanafi, 2022). Sistem RFID terdiri dari tag, reader, dan mikrokontroler sebagai pengolah data. RFID banyak digunakan dalam sistem keamanan karena mampu memberikan autentikasi yang cepat dan akurat.



Gambar 2.9 Sistem Kerja RFID

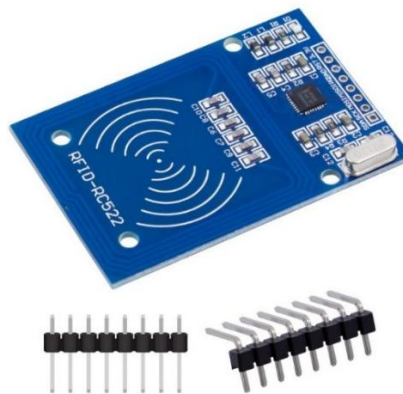
Prinsip kerja RFID dimulai ketika RFID reader memancarkan gelombang elektromagnetik melalui antenna. Gelombang tersebut diterima oleh RFID tag yang berada dalam jangkauan pembacaan. Selanjutnya, tag akan mengirimkan informasi identitas unik (Unique Identifier/UID) kembali kepada reader untuk diproses oleh mikrokontroler.



Gambar 2.10 Diagram kerja RFID

Berdasarkan sumber dayanya, RFID dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu passive RFID, active RFID, dan semi-passive RFID. Pada penelitian ini digunakan passive RFID karena tag tidak memerlukan sumber daya baterai internal, memiliki harga yang relatif murah, ukuran kecil, serta cocok untuk sistem keamanan kendaraan.

Dalam penelitian ini, RFID dapat digunakan sebagai sistem autentikasi tambahan untuk meningkatkan keamanan kendaraan. Kendaraan hanya dapat dioperasikan apabila tag yang sesuai terdeteksi oleh sistem, sehingga dapat mencegah penggunaan oleh pihak yang tidak berwenang.



Gambar 2.11 RFID MFRC-522

Tabel 2.4 Datasheet RFID MRCF-522

Kategori	Spesifikasi
Produsen IC	NXP Semiconductors
Model IC	MFRC522
Frekuensi Kerja	13.56 MHz

Standar RFID	ISO/IEC 14443 Type A
Jarak Baca	$\pm 2 - 5$ cm
Interface	SPI (utama), I2C & UART (opsional)
Tegangan Kerja	2.5 – 3.3 V
Konsumsi Arus	$\pm 13 - 26$ mA
Kecepatan Data	Hingga 10 Mbit/s

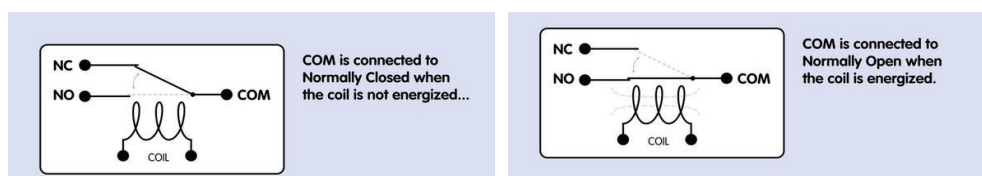
2.2.10. Relay

Relay adalah komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar atau pengendali aliran listrik dalam sebuah rangkaian listrik. Fungsinya utama adalah untuk mengontrol aliran listrik antara berbagai sirkuit atau komponen dalam sistem elektronik. Relay sering digunakan untuk mengaktifkan atau mematikan perangkat elektronik, mengalihkan arus listrik dari satu sirkuit ke sirkuit lain, atau melindungi peralatan dari gangguan listrik berlebih.



Gambar 2.12 Relay 5v

Relay 5V adalah jenis relay yang memerlukan tegangan kerja sebesar 5 Volt DC pada bagian kumparannya. Modul relay umumnya memiliki tiga terminal kontak, yaitu Normally Open (NO), Normally Closed (NC), dan Common (COM). Pada kondisi normal tanpa tegangan, terminal COM terhubung dengan NC. Ketika kumparan relay diberi tegangan, kontak berpindah sehingga terminal COM terhubung dengan NO.

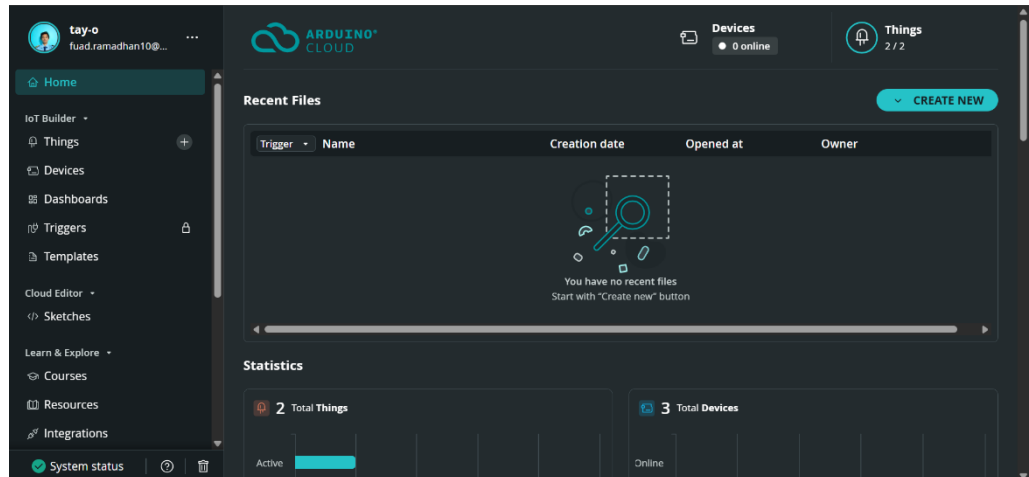


Gambar 2.13 Wiring Diagram Relay 5v

Mekanisme kerja relay berdasarkan prinsip elektromagnetik, di mana aliran arus listrik melalui kumparan kawat (solenoid) menghasilkan medan magnet yang memengaruhi kontak-kontak logam di dalam relay. Ketika arus listrik mengalir, solenoid

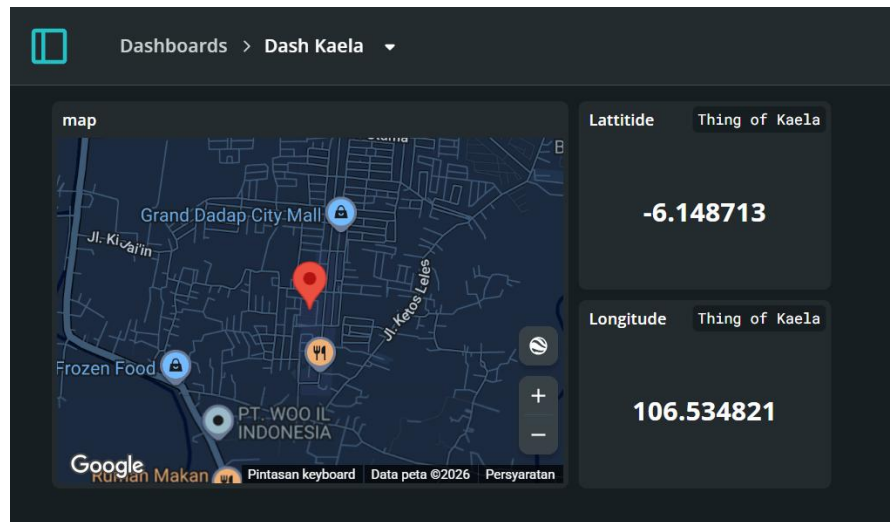
menjadi magnet yang menarik atau mendorong kontak-kontak logam, sehingga membuka atau menutup sirkuit listrik yang terhubung pada relay.

2.2.11. Arduino Cloud



Gambar 2.14 Tampilan Utama dari Arduino Cloud

Arduino Cloud merupakan platform *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan oleh Arduino untuk mempermudah proses pengembangan, pemantauan, dan pengendalian perangkat berbasis internet. Platform ini menyediakan layanan berbasis *cloud* yang memungkinkan pengguna menghubungkan mikrokontroler, seperti ESP32, ke internet sehingga data dari perangkat dapat dipantau maupun dikendalikan melalui dashboard berbasis web maupun aplikasi seluler. Selain itu, Arduino Cloud juga menyediakan fitur manajemen perangkat (*device management*), penyimpanan data, serta komunikasi data secara aman menggunakan protokol MQTT yang didukung dengan enkripsi TLS.



Gambar 2.15 Tampilan Dashboard dari Arduino Cloud

Pada penelitian ini, Arduino Cloud digunakan sebagai media pemantauan (*remote monitoring*) dan pengendalian sistem keamanan sepeda listrik secara *real-time*. Data koordinat yang diperoleh dari modul GPS u-blox NEO-M8Q dikirimkan oleh ESP32 melalui modul komunikasi SIMCom A7670C menuju Arduino Cloud. Selanjutnya, informasi lokasi ditampilkan pada dashboard sehingga pengguna dapat memantau posisi sepeda listrik secara langsung melalui perangkat yang terhubung ke internet.

Fungsi spesifik Arduino Cloud dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

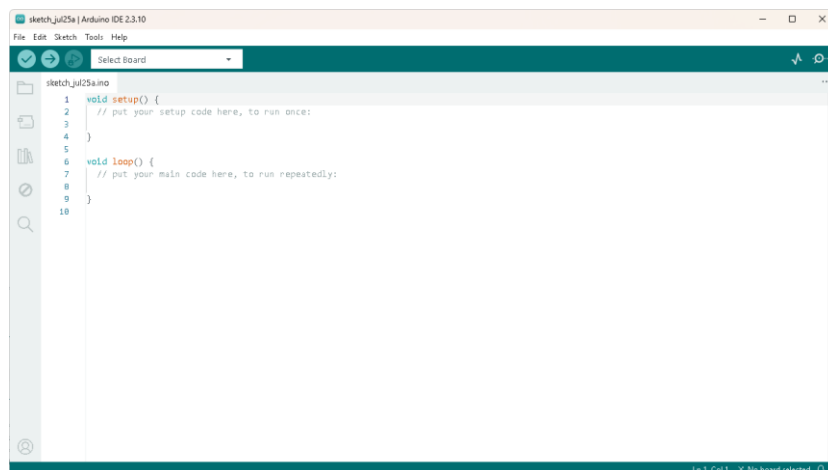
- 1) Visualisasi Data Real-Time: Arduino Cloud menampilkan data koordinat GPS, status autentikasi RFID, dan kondisi kendaraan secara langsung pada dashboard sehingga memudahkan proses pemantauan.
- 2) Monitoring Lokasi: Dashboard Arduino Cloud menyediakan widget peta (*Map Widget*) yang digunakan untuk menampilkan posisi sepeda listrik berdasarkan data latitude dan longitude yang diterima dari modul GPS.
- 3) Komunikasi Data IoT: Arduino Cloud memanfaatkan protokol MQTT untuk mengirim dan menerima data antara perangkat ESP32 dengan server cloud melalui jaringan internet.
- 4) Pengendalian Jarak Jauh: Platform ini memungkinkan pengguna mengirimkan perintah dari dashboard, seperti mengaktifkan atau menonaktifkan sistem pengaman kendaraan.

- 5) Manajemen Perangkat: Arduino Cloud menyediakan fasilitas pengelolaan perangkat, konfigurasi variabel (*Cloud Variables*), serta autentikasi menggunakan *Device ID* dan *Secret Key* sehingga komunikasi antara perangkat dan server menjadi lebih aman

2.2.12. BAHASA C/C++

Bahasa pemrograman C dan C++ merupakan bahasa pemrograman tingkat menengah (*middle-level programming language*) yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem embedded karena memiliki efisiensi tinggi, struktur program yang sederhana, serta mampu mengakses perangkat keras (*hardware*) secara langsung. Bahasa C dikembangkan oleh Dennis Ritchie pada awal tahun 1970-an di Bell Laboratories, sedangkan C++ merupakan pengembangan dari bahasa C yang diperkenalkan oleh Bjarne Stroustrup dengan menambahkan konsep *Object-Oriented Programming* (OOP) tanpa menghilangkan kompatibilitas terhadap sintaks bahasa C.

Dalam pengembangan sistem berbasis mikrokontroler, bahasa C/C++ banyak digunakan karena memiliki performa yang baik, penggunaan memori yang efisien, serta didukung oleh berbagai pustaka (*library*) yang mempermudah proses integrasi dengan sensor maupun modul komunikasi. Selain itu, struktur bahasa C/C++ memungkinkan pengembang untuk mengendalikan pin masukan dan keluaran (*Input/Output*), komunikasi serial, serta pengolahan data secara langsung sehingga sesuai untuk aplikasi sistem tertanam (*embedded system*).



Gambar 2.16 Tampilan Utama dari Arduino IDE

Pada penelitian ini, proses pemrograman ESP32 dilakukan menggunakan Arduino IDE yang mendukung bahasa pemrograman C/C++. Program disusun dalam dua fungsi utama, yaitu `setup()` yang dijalankan satu kali saat sistem dinyalakan untuk proses inisialisasi perangkat, dan `loop()` yang dijalankan secara berulang selama sistem aktif untuk membaca data GPS, memverifikasi kartu RFID, mengendalikan relay dan buzzer, serta mengirimkan data menuju media monitoring melalui modul SIMCom A7670C. Penggunaan bahasa C/C++ pada Arduino IDE dipilih karena memiliki sintaks yang sederhana, mudah dipelajari, serta didukung oleh banyak pustaka yang kompatibel dengan ESP32 dan berbagai modul yang digunakan dalam penelitian ini.

.