

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Landasan teori berfungsi sebagai dasar konseptual dalam perancangan sistem. Bagian ini menjelaskan teori-teori yang mendukung penggunaan setiap komponen dalam sistem keamanan *box control* pengeluaran minyak truk berbasis IoT. Teori yang digunakan mencakup sistem komunikasi IoT, mikrokontroler, sensor, aktuator, serta sistem catu daya.

Landasan teori diperlukan agar perancangan tidak hanya berdasarkan praktik, tetapi juga memiliki dasar ilmiah yang kuat. Setiap komponen yang digunakan dalam sistem dijelaskan prinsip kerjanya, karakteristik teknisnya, serta relevansinya terhadap sistem yang dirancang. Dengan demikian, sistem yang dibuat memiliki justifikasi akademik yang jelas.

2.1.1 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah sebuah istilah dalam internet masa depan dimana benda-benda dapat berkomunikasi satu sama lain melalui sebuah jaringan internet (Prabowo, 2019). Pada sistem keamanan distribusi minyak, IoT dimanfaatkan untuk mengirimkan data identifikasi pengguna, volume pengisian, dan lokasi kendaraan secara *real-time*, sehingga meningkatkan transparansi, keamanan operasional, serta memudahkan proses monitoring dan evaluasi. Pada penelitian ini, implementasi IoT menggunakan jaringan LTE sebagai media komunikasi, dengan modul SIMA7670E yang mengirimkan notifikasi ke aplikasi Telegram, sehingga sistem dapat dipantau dari jarak jauh secara terintegrasi.



Gambar 2. 1 *Internet of Things (IoT)*

2.1.2 Telegram

Telegram merupakan aplikasi pesan instan berbasis cloud yang memungkinkan pengguna mengirimkan pesan teks, gambar, video, dokumen, lokasi, maupun berbagai jenis data lainnya melalui jaringan internet. Telegram memiliki keunggulan berupa keamanan komunikasi, kecepatan pengiriman data, serta mendukung berbagai platform seperti Android, IOS, Windows, Linux, dan Web.

Aplikasi Telegram dipilih karena aplikasi ini gratis, ringan dan multiplatform. Telegram juga memiliki Bot API yang cukup lengkap dan makin berkembang, sehingga memungkinkan untuk membuat Bot pintar yang dapat merespon pesan dari masyarakat (Sastrawangsa, 2017)

Salah satu fitur penting Telegram adalah Telegram Bot, yaitu akun otomatis yang dapat berkomunikasi dengan pengguna melalui *Application Programming Interface*(API). Bot Telegram memungkinkan perangkat IoT mengirimkan informasi secara otomatis tanpa memerlukan interaksi langsung dari pengguna.

Dalam rancangan ini, Telegram digunakan sebagai media notifikasi jarak jauh. ESP32 mengirimkan informasi berupa status akses RFID, lokasi GPS, waktu, serta kondisi keamanan box melalui jaringan internet menggunakan modul SIMA7670E sehingga pengguna dapat memantau sistem secara real-time.

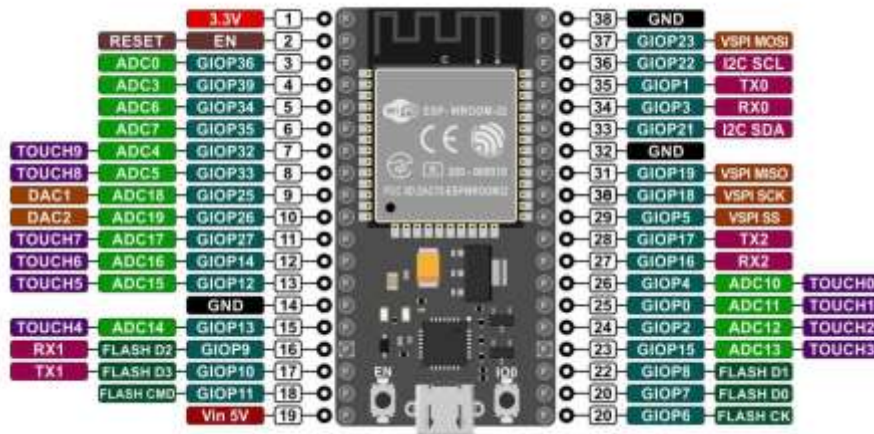


Gambar 2. 2 Telegram

2.1.3 ESP32 Devkit V1

ESP32 merupakan mikrokontroller yang dikembangkan oleh perusahaan *Espressif Systems* sebagai penerus dari ESP8266. ESP32 dirancang untuk aplikasi *Internet of Things (IoT)* karena memiliki kemampuan komunikasi nirkabel berupa Wi-Fi dan Bluetooth yang telah terintegrasi dalam satu chip. Selain itu, ESP32 menggunakan prosesor *dual-core Xtensa LX6* dengan kecepatan hingga 240 MHz sehingga mampu menjalankan berbagai proses secara bersamaan dengan konsumsi daya yang relatif rendah. ESP32 memiliki kecepatan prosesor yang cukup tinggi dengan Dual-Core 32-bit dan kecepatan 160/240MHz. ESP32 DevKit banyak digunakan dalam pemrograman berbasis IoT karena telah dilengkapi dengan konektivitas seperti Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi dalam board, sehingga tidak memerlukan modul tambahan (Rakasiwi, 2024).

Pada perancangan ini, ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali seluruh sistem. ESP32 menerima data dari RFID, sensor *flowmeter*, GPS, dan *limit switch*, kemudian mengolah data tersebut untuk mengendalikan relay, *solenoid door lock*, buzzer, LCD, serta mengirimkan informasi ke aplikasi Telegram melalui modul SIMA7670E.



Gambar 2. 3 ESP32 Devkit V1

2.1.4 Modul SIMA7670E

SIMA7670E merupakan modul komunikasi seluler berbasis teknologi 4G LTE (*Long Term Evolution*) yang diproduksi oleh SIMCom. Modul ini mendukung komunikasi data melalui jaringan LTE sehingga perangkat IoT dapat terhubung ke internet tanpa menggunakan jaringan Wi-Fi. Selain LTE, modul ini juga mendukung komunikasi GSM, GPRS, SMS, HTTP, HTTPS, TCP, dan MQTT sehingga cocok digunakan pada aplikasi *Internet of Things (IoT)*.

LTE (*Long Term Evolution*) merupakan teknologi komunikasi seluler yang menyediakan akses internet melalui jaringan operator seluler dengan kecepatan dan kapasitas yang lebih tinggi dibandingkan generasi jaringan sebelumnya. Pada penelitian ini, jaringan LTE digunakan sebagai media komunikasi data pada modul SIMA7670E untuk menghubungkan sistem berbasis ESP32 dengan layanan Telegram. Data yang dikirim meliputi identitas pengguna, volume pengeluaran, waktu, lokasi GPS, dan informasi kondisi keamanan sistem. Penggunaan jaringan LTE memungkinkan proses pemantauan dan pengiriman notifikasi dilakukan tanpa bergantung pada jaringan Wi-Fi, sehingga sistem tetap dapat digunakan pada kendaraan yang berpindah lokasi selama tersedia jaringan operator seluler.

Komunikasi antara ESP32 dengan SIMA7670E dilakukan menggunakan antarmuka UART melalui perintah AT Command. Dengan AT Command, mikrokontroller dapat mengatur koneksi jaringan, mengakses internet, mengirim data ke server maupun aplikasi Telegram, serta melakukan berbagai konfigurasi komunikasi lainnya.

Modul SIMA7670E ini digunakan sebagai media komunikasi internet yang menghubungkan ESP32 dengan Telegram. Dengan demikian sistem tetap dapat mengirimkan notifikasi walaupun berada di lokasi yang tidak memiliki jaringan Wi-Fi, selama tersedia jaringan seluler.



Gambar 2. 4 Modul SIMA7670E

2.1.5 Radio Frequency Identification (RFID)

Radio Frequency Identification (RFID) merupakan teknologi identifikasi menggunakan gelombang radio. Sistem ini terdiri dari dua komponen utama yaitu, tag (berisi kode unik yang tertanam didalamnya) dan reader (berfungsi sebagai pembaca kode tag) (R. Hidayati et al., 2014).

Prinsip kerja RFID adalah ketika kartu didekatkan ke *reader*, gelombang elektromagnetik akan mengaktifkan *chip* di dalam kartu dan mengirimkan data UID ke *reader*. Data tersebut kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk menentukan apakah kartu tersebut terdaftar atau tidak. Teknologi ini sering digunakan dalam sistem keamanan karena proses autentikasinya cepat dan sulit dipalsukan. Dalam sistem ini, RFID digunakan sebagai sistem kontrol akses untuk membuka *box control* pengeluaran minyak.

Hanya kartu yang terdaftar di sistem yang bisa membuka *solenoid door lock*. Dengan demikian, penggunaan RFID dapat meminimalkan risiko penyalahgunaan akses oleh pihak tidak berwenang. Jarak baca *tag* RFID biasanya berkisar antara 2–10 cm, tergantung jenis *reader* dan kekuatan sinyalnya.



Gambar 2. 5 *Radio Frequency Identification RC522*

2.1.6 GPS Ublox Neo-8M

Global Positioning System (GPS) adalah sistem navigasi berbasis satelit yang digunakan untuk menentukan lokasi suatu objek di permukaan bumi. Modul GPS bekerja dengan menerima sinyal dari beberapa satelit yang berada di orbit bumi, lalu menghitung posisi dengan metode trilaterasi. Untuk menentukan koordinat secara akurat, modul GPS minimal harus menerima sinyal dari empat satelit agar dapat menghitung latitude, longitude, altitude, dan waktu (Linahtadiya et al., 2026).

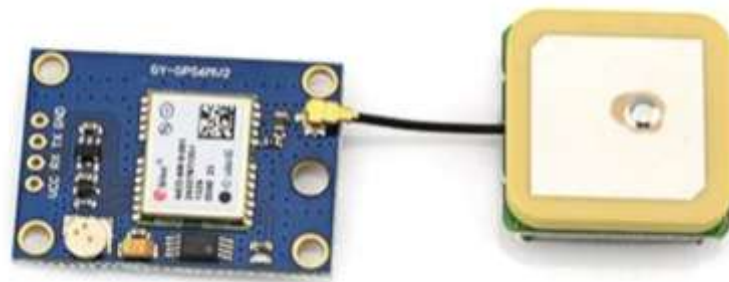
Modul u-blox Neo-8M adalah salah satu modul GPS dengan sensitivitas tinggi yang mampu menerima sinyal dari berbagai sistem satelit seperti GPS (Amerika), GLONASS (Rusia), dan BeiDou (Tiongkok). Dengan dukungan multi-satelit ini, akurasi posisi menjadi lebih baik dibandingkan modul generasi sebelumnya. Modul ini mampu memberikan akurasi posisi hingga $\pm 2,5$ meter dalam kondisi sinyal yang baik.

Posisi yang dihasilkan oleh modul GPS dikirimkan dalam format NMEA (*National Marine Electronics Association*) melalui komunikasi serial (UART) ke mikrokontroler. Data tersebut berisi informasi mengenai latitude, longitude, kecepatan, arah, dan waktu. Mikrokontroler kemudian memproses dan menampilkan data tersebut atau mengirimkannya melalui jaringan LTE ke aplikasi monitoring.

Dalam sistem keamanan pengeluaran minyak truk ini, GPS berfungsi sebagai sistem pelacakan lokasi distribusi. Saat terjadi aktivitas pengeluaran air, sistem

akan mencatat koordinat lokasi saat itu dan mengirimkannya lewat Telegram. Hal ini memungkinkan operator mengetahui apakah distribusi dilakukan di lokasi yang sesuai dengan rute yang telah ditentukan.

Dengan adanya GPS, sistem keamanan tidak hanya mengontrol akses dan volume air, tetapi juga memberikan pengawasan berbasis lokasi. Integrasi antara GPS dengan sistem IoT meningkatkan transparansi dan mengurangi kemungkinan penyalahgunaan distribusi di lokasi yang tidak sah.



Gambar 2. 6 GPS Ublox Neo-8M

2.1.7 Water Flowmeter

Flowmeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur keluaran aliran air melalui selang. *Flowmeter* yang digunakan dalam sistem ini bekerja berdasarkan prinsip sensor *Hall Effect*. Fenomena *Hall Effect* didasarkan pada efek medan magnetik pada partikel bermuatan yang bergerak. Semakin cepat aliran yang mengalir melalui sensor ini, maka akan semakin cepat juga putaran rotor sehingga angka yang terbaca pada sensor tersebut menjadi besar (Farid & Putra, 2019). Jumlah pulsa yang dihasilkan sebanding dengan jumlah air yang mengalir. Mikrokontroller akan menghitung pulsa tersebut dan mengubahnya menjadi nilai debit (L/menit) serta volume total air. Akurasi *flowmeter* sangat penting karena berfungsi untuk memastikan jumlah minyak yang keluar sesuai dengan distribusi yang direncanakan.

Dalam sistem keamanan ini, *flowmeter* tidak hanya berfungsi sebagai alat ukur, tetapi juga sebagai alat kontrol. Jika volume yang dikeluarkan tidak sesuai dengan data yang ditentukan, sistem dapat memberikan notifikasi sebagai bentuk pengawasan distribusi.



Gambar 2. 7 Water Flowmeter YF S201

2.1.8 LM2596 Buck Converter DC Step-down

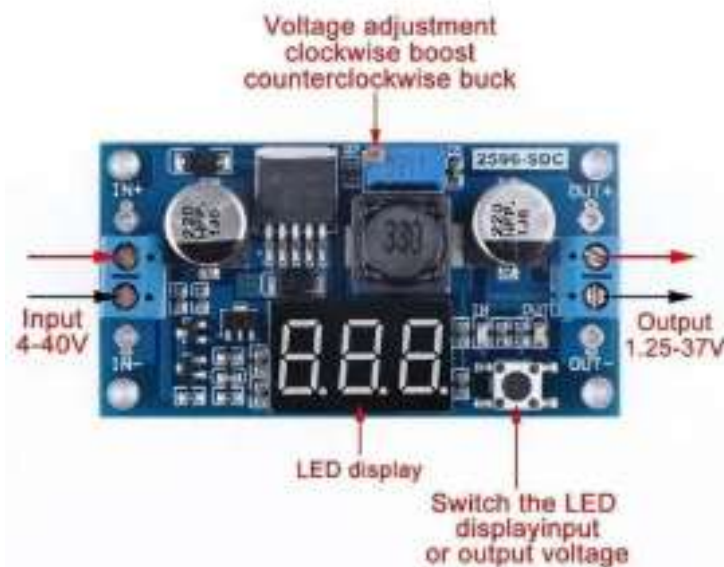
Buck converter merupakan salah satu variasi dari konverter DC-DC yang bertujuan untuk mengurangi tegangan input ke tingkat yang lebih rendah untuk output. Cara kerja buck converter bergantung pada pengaturan siklus duty cycle dari sinyal PWM (Pulse Width Modulation) yang mengatur saklar (biasanya berupa MOSFET atau transistor) untuk mentransfer energi dari sumber menuju beban melalui induktor (Mahardi et al., 2024).

Dalam sistem ini, aki 12V tidak dapat langsung digunakan untuk memberi daya pada ESP32 dan modul sensor lainnya karena komponen tersebut bekerja pada tegangan 5V atau 3,3V. Oleh karena itu, LM2596 digunakan untuk menurunkan tegangan dari 12V menjadi 5V agar sesuai dengan kebutuhan sistem kontrol.

Keunggulan LM2596 dibandingkan dengan regulator linear adalah efisiensi yang lebih tinggi dan panas yang dihasilkan lebih rendah. Hal ini sangat penting dalam sistem tertutup seperti *box control*, karena panas berlebih dapat mempengaruhi stabilitas dan umur komponen elektronika.

Prinsip kerja *buck converter* adalah dengan teknik *switching* frekuensi tinggi yang mengatur *duty cycle* untuk menghasilkan tegangan *output* yang stabil. Tegangan *output* dapat diatur menggunakan trimpot pada modul sehingga sesuai dengan kebutuhan perangkat.

Penggunaan *step-down converter* ini memastikan sistem memiliki pasokan daya yang stabil, aman, dan efisien. Stabilitas tegangan sangat penting agar mikrokontroler tidak mengalami reset mendadak atau kerusakan akibat *overvoltage*.



Gambar 2. 8 LM2596 Buck Converter DC Step-down

2.1.9 Pompa Diafragma DC 12V

Pompa diafragma merupakan salah satu jenis pompa perpindahan positif (*positive displacement pump*) yang bekerja menggunakan gerakan bolak-balik (resiprokal) dari sebuah diafragma elastis untuk menghasilkan tekanan sehingga fluida dapat mengalir. Gerakan diafragma tersebut dihasilkan oleh motor listrik yang menggerakkan mekanisme engkol atau elektromagnet. Ketika diafragma bergerak mundur, ruang pompa akan mengalami tekanan negatif sehingga fluida terhisap masuk melalui katup masuk (*inlet valve*). Selanjutnya, ketika diafragma bergerak maju, tekanan di dalam ruang pompa meningkat sehingga fluida terdorong keluar melalui katup keluar (*outlet valve*).

Pompa diafragma memiliki beberapa keunggulan dibandingkan jenis pompa lainnya, yaitu mampu menghasilkan tekanan yang relatif tinggi, memiliki kemampuan *self-priming* (dapat menghisap air tanpa perlu pengisian awal), tidak memerlukan pelumasan pada bagian yang bersentuhan dengan fluida, serta memiliki konsumsi daya yang relatif rendah. Selain itu, pompa ini mampu bekerja

Pada penelitian ini, I/O Expander I2C digunakan sebagai tambahan pin untuk menghubungkan keypad matriks 4×4. Keypad membutuhkan delapan pin digital yang terdiri dari empat pin baris (L1–L4) dan empat pin kolom (C1–C4). Karena sebagian besar pin GPIO ESP32 telah digunakan oleh komponen lain, seperti RFID, LCD, GPS, SIMA7670E, *flowmeter*, relay, buzzer, dan limit switch, maka penggunaan I/O expander dapat mengatasi keterbatasan jumlah pin pada ESP32.

Delapan pin I/O pada PCF8574, yaitu P0–P7, digunakan untuk menghubungkan delapan jalur keypad. Sementara itu, modul expander hanya menggunakan pin SDA dan SCL untuk berkomunikasi dengan ESP32. Jalur SDA dan SCL tersebut dapat digunakan secara bersamaan dengan LCD I2C karena setiap perangkat memiliki alamat I2C yang berbeda.

Pada sistem ini, keypad yang terhubung melalui I/O expander digunakan untuk memilih target volume air yang akan dikeluarkan, yaitu 1 liter, 3 liter, 5 liter dan 18 liter. Data tombol yang ditekan akan dibaca oleh I/O expander dan dikirimkan ke ESP32 melalui komunikasi I2C. Selanjutnya, ESP32 akan mengaktifkan pompa dan menghitung volume air berdasarkan pembacaan sensor *flowmeter*. Pompa akan berhenti secara otomatis ketika volume air telah mencapai nilai yang dipilih.

Penggunaan I/O Expander I2C dapat menghemat penggunaan pin GPIO ESP32 serta memungkinkan penambahan perangkat input tanpa mengganggu koneksi komponen lain yang telah terpasang.



Gambar 2. 10 I/O Expander I2C PCF8574

2.2 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan Penelitian yang dilakukan oleh (Sutono & Nursoparisa, 2020) berjudul *“Perancangan Sistem Kendali Automatisasi Control Debit Air pada Pengisian Galon Menggunakan Modul Arduino”* bertujuan untuk merancang alat otomatis yang dapat mendeteksi ketersediaan air dalam galon dan memberikan peringatan saat air hampir habis. Permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah keterlambatan pengisian galon karena tidak adanya sistem kontrol yang dapat memberikan informasi secara otomatis mengenai *volume* air yang tersisa. Sistem ini dirancang menggunakan Arduino Mega 2560, sensor *flowmeter (waterflow)*, modul RTC DS3231, buzzer, dan LCD. *Flowmeter* digunakan untuk mendeteksi jumlah air yang keluar, sementara buzzer berfungsi memberikan alarm saat air hampir habis. *Push button* ditambahkan sebagai kontrol untuk menjeda alarm atau mereset sistem. Data ditampilkan melalui LCD, dan sistem berjalan secara otomatis tanpa perlu intervensi manual terus-menerus. Metode pengembangan yang digunakan adalah metode *prototype*, yang meliputi tahap komunikasi, perancangan cepat, pembuatan prototipe, dan umpan balik. Sistem ini tidak hanya mampu memberi peringatan secara otomatis, tetapi juga mendukung keteraturan dalam proses pengisian air galon di rumah maupun perkantoran.

Selanjutnya Penelitian yang dilakukan oleh (Selvia damayanti et al., 2023) berjudul *“Rancang Bangun Sistem Buka Tutup Pintu Menggunakan RFID Berbasis Arduino Pada SMA Negeri 2 Banyuasin 1”* bertujuan untuk meningkatkan sistem keamanan ruangan di lingkungan sekolah yang sebelumnya masih menggunakan kunci konvensional. Permasalahan yang diangkat adalah tingginya potensi kehilangan kunci dan lemahnya pencatatan akses masuk-keluar ruangan, terutama di laboratorium komputer. Untuk mengatasi masalah tersebut, peneliti merancang sistem penguncian pintu otomatis menggunakan Arduino Uno, modul RFID RC522, motor servo, dan sensor ultrasonik HC-SR04. E-KTP dimanfaatkan sebagai *RFID tag*, di mana setiap pengguna yang teregistrasi dapat membuka pintu secara otomatis hanya dengan mendekatkan kartu ke sensor dalam jarak maksimal 5 cm. Lampu indikator digunakan sebagai penanda status registrasi kartu, dan informasi sistem ditampilkan melalui LCD. Metode pengembangan sistem yang digunakan

adalah metode *waterfall*, yang terdiri dari tahapan analisis, desain, pengembangan, pengujian, dan pemeliharaan. Sistem ini berhasil diimplementasikan dan diuji secara fungsional, menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan konfigurasi — membuka pintu hanya jika kartu terverifikasi.

Selanjutnya penelitian oleh (Pratama et al., 2022) berjudul "*Perancangan dan Pembuatan Prototype RFID Door Lock pada Data Center di PT. Cybertechtonic Pratama*" membahas sistem keamanan fisik pada perangkat data center menggunakan RFID Door Lock berbasis IoT. Permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah penggunaan kunci fisik yang rawan duplikasi dan tidak adanya pencatatan akses saat pintu dibuka, sehingga menimbulkan risiko terhadap keamanan data. Untuk mengatasi hal tersebut, peneliti merancang sebuah sistem penguncian otomatis menggunakan NodeMCU, modul RFID-RC522, dan *solenoid door lock*, serta menghubungkannya dengan aplikasi Blynk untuk monitoring dan notifikasi *real-time* ke *smartphone*. Metodologi yang digunakan adalah PPDIIOO (*Prepare, Plan, Design*) yang difokuskan pada tahap perancangan dan *prototyping*. Sistem ini memungkinkan pintu hanya dapat dibuka oleh pengguna yang memegang kartu RFID terdaftar, dengan notifikasi otomatis dikirim ke *smartphone* ketika pintu dibuka. Dari hasil pengujian, sistem berhasil bekerja dengan baik, namun sangat bergantung pada kestabilan jaringan internet untuk memastikan notifikasi diterima secara *real-time*.

Penelitian yang dilakukan oleh (Arfian, 2019) berjudul "*Pembuatan Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Roda Dua Menggunakan RFID*" membahas sistem keamanan kendaraan dengan mengganti kunci kontak konvensional menggunakan RFID serta menambahkan fitur pelacakan lokasi berbasis GPS dan pengiriman data menggunakan modul GSM. Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama, RFID sebagai autentikasi pengguna, modul GPS Neo-6M untuk pelacakan lokasi, dan SIM800L untuk pengiriman data ke webserver. Hasil penelitian menunjukkan bahwa RFID dapat membaca kartu pada jarak 0–4 cm tanpa penghalang dan 0–3 cm dengan penghalang. Sensor MPU6050 digunakan untuk mendeteksi kemiringan kendaraan dan akan mematikan mesin jika sudut kemiringan $\geq 50^\circ$ dengan rata-rata error sebesar 3,77%. Namun, tingkat

keberhasilan pengiriman data ke server hanya mencapai 40% karena kendala jaringan GSM.

Penelitian terbaru oleh (Siml, 2025) berjudul *“Vehicle Tracking System Based on Internet of Things Utilizing TTGO T-CALL ESP32 SIM800L”* mengembangkan sistem pelacakan kendaraan berbasis IoT menggunakan modul TTGO T-CALL ESP32 SIM800L yang mengintegrasikan ESP32 dan GSM dalam satu board. Sistem ini menggunakan GPS Neo-6M untuk memperoleh koordinat latitude dan longitude serta aplikasi Blynk untuk monitoring real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa TTGO T-CALL ESP32 SIM800L memiliki tingkat error latitude dan longitude lebih rendah dibandingkan NodeMCU, dengan persentase error sebesar 0,150951% dan akurasi kecepatan mencapai 88,5%. Selain itu, penggunaan GPRS memungkinkan sistem memiliki jangkauan lebih luas dibandingkan sistem berbasis Wi-Fi.

Penelitian yang dilakukan oleh (HARI, n.d.) *“Rancang Bangun Sistem Keamanan Mobil Dengan Memanfaatkan RFID PADA E-KTP”* dengan memanfaatkan teknologi *Radio Frequency Identification* (RFID) sebagai instrumen identifikasi nirkontak yang efisien. Pemanfaatan chip RFID yang tertanam pada e-KTP menawarkan keunggulan berupa kode unik untuk setiap individu, yang sekaligus berfungsi sebagai alat kontrol akses pengapian untuk mencegah pengoperasian mobil oleh pengemudi di bawah umur sesuai dengan regulasi usia minimal kepemilikan KTP. Dalam pengembangannya, efisiensi daya menjadi aspek krusial karena sistem harus bekerja saat mesin mati dengan batasan konsumsi arus maksimal sebesar 35 mA agar aki tidak cepat habis. Penggunaan *mode sleep* pada mikrokontroler ATmega16 terbukti mampu menekan konsumsi arus secara signifikan sebesar 67%, yaitu dari kondisi normal 94 mA menjadi hanya 29 mA. Selain itu, pengujian teknis menunjukkan bahwa jarak efektif pembacaan e-KTP berada pada rentang di bawah 2,5 cm dengan hambatan utama berupa material logam yang dapat menghalangi gelombang elektromagnetik. Integrasi sensor infra merah sebagai pendeteksi pintu memberikan proteksi tambahan melalui fungsi alarm yang aktif ketika sistem berada dalam mode pengaman.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Metode	Kelebihan
1	<i>Perancangan Sistem Kendali Automatisasi Control Debit Air pada Pengisian Galon Menggunakan Modul Arduino – Sutono & Asri Nursoparisa (2019)</i>	Prototype	Dapat mengatur debit air secara otomatis dan memberi peringatan saat air hampir habis
2	<i>Rancang Bangun Sistem Buka Tutup Pintu Menggunakan RFID Berbasis Arduino – Selvia Damayanti dkk (2023)</i>	Waterfall	Meningkatkan keamanan pintu dan mencatat akses masuk
3	<i>Prototype RFID Door Lock pada Data Center – Ilham Satria Aji Pratama dkk (2022)</i>	PPDIOO	Terhubung ke IoT dan memberikan notifikasi real-time
4	<i>Pembuatan Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Roda Dua Menggunakan RFID – Bian Octa Arfian (2019)</i>	Eksperimental	Menggabungkan RFID, GPS, dan GSM untuk sistem keamanan dan pelacakan kendaraan
5	<i>Vehicle Tracking System Based on IoT Utilizing TTGO T-CALL ESP32</i>	Eksperimental	Akurasi lokasi lebih tinggi dan jangkauan luas menggunakan GPRS

No	Judul Penelitian	Metode	Kelebihan
	SIM800L – Azlina Idris dkk. (2025)		
6	Rancang Bangun Sistem Keamanan Mobil dengan Memanfaatkan RFID pada e-KTP	Perancangan sistem menggunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai pengontrol utama	Penggunaan <i>mode sleep</i> berhasil menurunkan konsumsi arus sebesar 67% (dari 94 mA menjadi 29 mA), sehingga aman bagi aki mobil yang memiliki batas maksimal 35 mA saat mesin mati.