

Sistem Navigasi dan Keamanan Kendaraan Berbasis Internet of Things

Magfirah¹, Andi Saenong^{2*}, Muhammad Rusdi Rahman³, Madyana Patasik⁴, Salman⁵


^{1,5}Program Studi Sistem Informasi, Universitas Dipa Makassar, Indonesia

^{2,3}Program Studi Manajemen Informatika, Universitas Dipa Makassar, Indonesia

⁴Program Studi Teknik Informatika, Universitas Dipa Makassar, Indonesia

Email: ¹magfirah@undipa.ac.id, ^{2*}andi.saenong@undipa.ac.id, ³rusdi.rahman@undipa.ac.id, ⁴madyanapatasik@undipa.ac.id, ⁵salmanhannake@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: ^{2*}andi.saenong@undipa.ac.id

| Info Artikel | Abstrak |
|---|--|
| <p>Kata Kunci: Internet of Things ESP32 Neo-6M GPS Keamanan Kendaraan Telegram</p> | <p>Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem navigasi serta keamanan kendaraan berbasis Internet of Things menggunakan ESP32, modul GPS Neo-6M, LCD TFT, Bot Telegram, dan relay single channel 5V. Sistem dirancang untuk menampilkan dan mengirimkan lokasi kendaraan secara real-time melalui Telegram serta mengendalikan relay sebagai simulasi pemutus arus kendaraan dari jarak jauh. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimen melalui tahap perancangan, implementasi, dan pengujian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan koordinat kendaraan dalam bentuk tautan Google Maps pada kondisi luar ruangan dengan baik, tetapi belum optimal pada kondisi dalam ruangan karena sinyal GPS terhalang struktur bangunan. Pengujian relay menunjukkan bahwa perintah /on dan /off berhasil dijalankan dengan tingkat keberhasilan 100% dan waktu respons rata-rata sekitar 2 detik. Sistem ini memiliki keunggulan karena mengintegrasikan fungsi navigasi, pemantauan lokasi, dan kontrol keamanan dalam satu prototipe sederhana, meskipun masih perlu peningkatan pada akurasi GPS dan kestabilan koneksi internet.</p> |
| <p>Keywords: Internet of Things ESP32 Neo-6M GPS Vehicle Security Telegram</p> | <p>This study aims to design and develop an Internet of Things-based vehicle navigation and security system using ESP32, Neo-6M GPS module, TFT LCD, Telegram Bot, and a 5V single-channel relay. The system is designed to display and transmit vehicle location in real time through Telegram and control the relay as a remote vehicle power-cut simulation. This research applies an experimental method through system design, implementation, and testing stages. The results show that the system can successfully send vehicle coordinates as Google Maps links in outdoor conditions, but it is less optimal indoors due to blocked GPS signals. Relay testing shows that the /on and /off commands were successfully executed with a 100% success rate and an average response time of approximately 2 seconds. The proposed system integrates navigation, location monitoring, and security control into a simple prototype, although further improvement is needed in GPS accuracy and internet connection stability.</p> |
| <p><i>JuKSIT is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License</i></p>  | |

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi di era digital berdampak besar pada sektor transportasi dan keamanan kendaraan. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah *Global Positioning System (GPS)* yang mampu menentukan posisi secara akurat dan real-time. Integrasi GPS dengan komunikasi data memungkinkan pemantauan kendaraan dari jarak jauh dengan sangat mudah dan efisien[1]. Penggunaan *smartphone* sebagai media navigasi masih memiliki keterbatasan karena sifatnya yang multifungsi dapat mengganggu konsentrasi pengendara. Berdasarkan data Korlantas Polri tahun 2024 [2], penggunaan ponsel saat mengemudi menjadi salah satu penyebab utama kecelakaan lalu lintas di Indonesia. Di sisi lain, sistem keamanan kendaraan konvensional seperti kunci mekanik dan alarm standar semakin kurang efektif menghadapi metode pencurian modern. Perkembangan *Internet of Things (IoT)* memungkinkan

sistem pemantauan kendaraan berbasis internet yang dapat memberikan informasi lokasi secara *real-time* melalui perangkat terhubung [3]. Selain pemantauan lokasi, sistem keamanan juga dapat ditingkatkan melalui pengendalian kelistrikan kendaraan. Salah satu metode yang dapat diterapkan adalah pemutusan arus mesin menggunakan *relay single channel* yang dikontrol oleh *mikrokontroler*. Dengan sistem ini, arus listrik menuju mesin dapat diputus atau dihubungkan kembali melalui perintah jarak jauh. Metode ini memungkinkan pemilik kendaraan tidak hanya memantau posisi kendaraan, tetapi juga menonaktifkan kendaraan apabila terjadi indikasi pencurian atau penggunaan tanpa izin [3]. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem keamanan kendaraan berbasis IoT. Mengembangkan sistem pengamanan kendaraan bermotor berbasis IoT yang dapat dipantau dan dikendalikan melalui *Telegram*. Sistem ini menggunakan ESP32, relay, ESP CAM, GPS, sensor *vibration*, sensor PIR, dan *buzzer* untuk mendeteksi, melacak, serta mencegah potensi pencurian kendaraan secara jarak jauh [4]. Penelitian merancang sistem pelacakan kendaraan terintegrasi dengan *Android* dan *Firebase* untuk mengembangkan sistem berbasis ESP32 dengan *notifikasi* melalui *Telegram* [5]. Penelitian kirana memanfaatkan modul GPS dan *platform* IoT untuk pemantauan kendaraan jarak jauh. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pelacakan lokasi tanpa integrasi kontrol pemutus arus mesin dalam satu sistem sederhana [6]. Penelitian mengembangkan sistem keamanan sepeda motor berbasis Internet of Things (IoT) untuk mengatasi tingginya kasus pencurian kendaraan di Indonesia. Sistem tersebut menggunakan ESP32 WROOM, modul GPS Neo-6M, dan sensor getaran SW-420 untuk memantau posisi kendaraan secara *real-time*, mendeteksi aktivitas mencurigakan, serta mengirimkan notifikasi melalui aplikasi mobile [7]. Oleh karena itu, penelitian ini merancang sistem *navigasi* dan pelacakan kendaraan berbasis IoT menggunakan ESP32 dan modul GPS Neo-6M yang terintegrasi dengan relay sebagai pemutus arus mesin. Data lokasi dikirim melalui *bot Telegram* secara *real-time*, sekaligus memungkinkan pengendalian kendaraan dari jarak jauh. Sistem ini diharapkan menjadi solusi yang praktis, hemat biaya, serta meningkatkan keamanan kendaraan dan mendukung pengembangan *smart transportation* di Indonesia.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif untuk menggambarkan kebutuhan, arsitektur, serta alur kerja sistem, pendekatan eksperimen untuk melakukan pengujian komponen seperti GPS, ESP32, relay, dan LCD guna mengevaluasi kinerja *real-time*; dan pendekatan kuantitatif untuk memperoleh data berupa akurasi koordinat GPS, respon kendali jarak jauh, dan kestabilan koneksi internet [8].

2.1 Perancangan

Tahap perancangan sistem dilakukan untuk menentukan arsitektur, komponen, dan alur kerja sistem keamanan kendaraan berbasis *Internet of Things (IoT)* [9]. Pada tahap ini, perancangan dibagi menjadi dua bagian, yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras meliputi penggunaan ESP32 [10] sebagai mikrokontroler [11] utama, modul GPS Neo-6M [12] sebagai pendeteksi titik koordinat kendaraan, modul relay sebagai pengendali pemutus arus mesin kendaraan, serta LCD TFT sebagai media tampilan informasi lokasi atau navigasi. Seluruh komponen dirancang agar dapat saling terhubung dan bekerja sesuai fungsi masing-masing. Sementara itu, perancangan perangkat lunak meliputi pembuatan program untuk membaca data koordinat GPS, mengirimkan informasi lokasi kendaraan melalui aplikasi *Telegram*, menerima perintah dari pengguna, mengendalikan kondisi relay, serta menampilkan informasi pada LCD TFT. Tahap ini bertujuan agar seluruh komponen sistem dapat terintegrasi dengan baik sebelum dilakukan proses implementasi dan pengujian.

2.2 Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari hasil pengujian sistem keamanan kendaraan berbasis *Internet of Things (IoT)*. Data yang dikumpulkan meliputi akurasi pembacaan koordinat GPS, waktu respons relay terhadap perintah *Telegram*, kestabilan tampilan LCD TFT, serta kecepatan pengiriman data lokasi kendaraan melalui *Telegram*. Data sekunder diperoleh dari berbagai literatur yang berkaitan dengan *Internet of Vehicles (IoV)*, teknologi GPS, mikrokontroler ESP32, sistem keamanan kendaraan jarak jauh, serta dokumentasi perangkat dan library yang digunakan pada Arduino IDE. Data sekunder ini digunakan sebagai landasan teori dan pendukung dalam proses perancangan serta pengembangan sistem. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan dokumentasi. Observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung cara kerja sistem navigasi dan keamanan kendaraan, termasuk integrasi perangkat ESP32, GPS Neo-6M, relay, dan LCD TFT dalam membaca koordinat, menampilkan informasi lokasi, serta merespons perintah melalui *Telegram*. Observasi juga dilakukan untuk mengetahui kestabilan sistem ketika diterapkan pada kendaraan dalam kondisi nyata [13].

Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan data hasil pengujian, gambar rangkaian sistem, dokumentasi implementasi perangkat, serta catatan proses pengembangan sistem. Dokumentasi ini mencakup tahapan penelitian mulai

dari perancangan, perakitan perangkat, pemrograman menggunakan Arduino IDE, hingga hasil pengujian sistem. Data dokumentasi digunakan sebagai bahan evaluasi untuk menilai apakah sistem telah berjalan sesuai dengan tujuan penelitian [14].

2.3 Simulasi Perangkat

Eksperimen Dilakukan dengan menguji kinerja perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengetahui kemampuan sistem dalam membaca koordinat GPS, menampilkan navigasi, serta merespons perintah kontrol. Pengujian dilakukan secara bertahap untuk mengukur tingkat akurasi koordinat GPS, waktu respon *relay* saat menerima perintah dari Telegram, serta kestabilan komunikasi data antara ESP32 dan jaringan internet sehingga dapat diketahui performa sistem secara *real-time* [15].

- LCD TFT 1,8 inci digunakan sebagai media tampilan untuk menampilkan informasi lokasi kendaraan yang diperoleh dari modul GPS. Informasi yang ditampilkan dapat berupa koordinat *latitude*, *longitude*, serta data navigasi kendaraan secara *real-time* [16]. Penggunaan LCD TFT ini bertujuan agar pengguna dapat memantau posisi kendaraan secara langsung melalui tampilan layar.

Tabel 1. Spesifikasi LCD TFT 1,8 Inci

| Spesifikasi | Keterangan |
|----------------|---|
| Ukuran | 1,8 inci diagonal |
| Resolusi | 128 × 160 piksel |
| Driver IC | ST7735 atau ST7735R |
| Antarmuka | SPI atau Serial Peripheral Interface |
| Warna | 65K / 18-bit atau 262.144 warna |
| Tegangan Kerja | 3,3V – 5V |
| Fitur Tambahan | Beberapa model memiliki slot microSD di bagian belakang |

Pada tahap pengujian, LCD TFT diuji untuk melihat kestabilan tampilan, kejelasan informasi yang ditampilkan, serta kesesuaian data koordinat GPS dengan lokasi aktual kendaraan. Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa data lokasi yang ditampilkan pada layar sesuai dengan posisi kendaraan sebenarnya.



Gambar 1. Tampilan GPS pada LCD TFT 1,8 inch

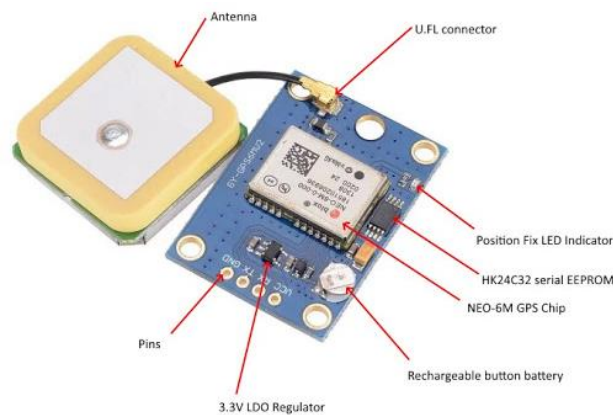
- Modul GPS Neo 6M digunakan untuk mengambil data lokasi kendaraan berbasis GPS. Data yang diperoleh berupa titik koordinat, yaitu *latitude* dan *longitude*, yang kemudian dapat ditampilkan pada LCD TFT 1,8 inci sebagai informasi navigasi secara *real-time*.

Tabel 2. Modul GPS Neo 6M

| Spesifikasi | Keterangan |
|------------------|---------------------------------|
| Nama Komponen | Modul GPS Neo 6M |
| Fungsi | Mengambil data lokasi kendaraan |
| Data yang Dibaca | Latitude dan longitude |
| Tegangan Kerja | 3,3V – 5V |

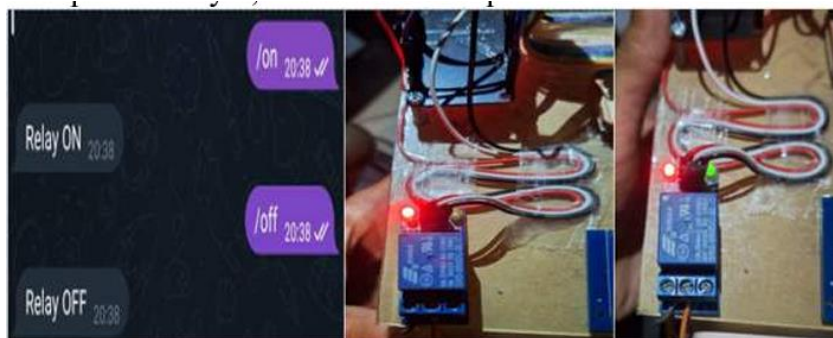
| | |
|----------------|--|
| Komunikasi | Serial UART |
| Baud Rate | 9600 bps |
| Akurasi Lokasi | $\pm 2,5$ meter |
| Antena | Antena GPS |
| Output Data | Koordinat lokasi secara real-time |
| Penggunaan | Sistem pelacakan atau monitoring kendaraan |

Modul GPS Neo 6M merupakan modul penerima sinyal GPS yang digunakan untuk memperoleh data lokasi kendaraan. Modul ini mampu menghasilkan informasi berupa *latitude*, *longitude*, *altitude*, kecepatan, serta waktu secara real-time. Data koordinat yang diperoleh dari modul GPS kemudian dapat diproses oleh mikrokontroler dan ditampilkan pada LCD TFT 1,8 inci sebagai informasi posisi kendaraan..



Gambar 2. Modul GPS Neo 6M

c. Modul relay merupakan salah satu komponen yang digunakan untuk mengendalikan sistem kendaraan dari jarak jauh. Pada penelitian ini, relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang menerima perintah ON dan OFF [17] melalui aplikasi Telegram. Perintah tersebut digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik menuju mesin kendaraan. Ketika relay berada pada kondisi OFF, arus tegangan menuju mesin kendaraan akan terputus sehingga kendaraan tidak dapat difungsikan. Sebaliknya, ketika relay berada pada kondisi ON, arus listrik kembali terhubung dan kendaraan dapat digunakan kembali. Dengan demikian, relay berperan penting sebagai sistem pengaman tambahan pada kendaraan. Pengendalian relay melalui Telegram bertujuan untuk memastikan bahwa pengguna dapat memberikan perintah kendali secara cepat, tepat, dan aman. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah relay mampu merespons perintah pengguna dengan baik serta memastikan bahwa proses pemutusan arus tidak mengganggu rangkaian utama kendaraan.



Gambar 3. Perintah ON dan OFF pada Relay

Sistem bekerja dengan memanfaatkan aplikasi Telegram sebagai media pengiriman perintah dari pengguna. Perintah yang dikirim, seperti ON dan OFF, akan diterima oleh mikrokontroler, misalnya ESP32. Setelah perintah diterima, ESP32 akan memproses instruksi tersebut dan mengirimkan sinyal ke modul relay. Relay berfungsi sebagai saklar elektronik.

Ketika perintah OFF dikirim, relay akan memutus arus listrik menuju sistem mesin kendaraan sehingga kendaraan tidak dapat difungsikan. Sebaliknya, ketika perintah ON dikirim, relay akan menghubungkan kembali arus listrik sehingga kendaraan dapat digunakan kembali. Dalam penerapannya, sistem ini perlu diuji agar proses pemutusan arus dapat berjalan dengan aman dan tidak mengganggu rangkaian utama kendaraan [18]. Untuk penggunaan nyata, pemutusan mesin sebaiknya dilakukan hanya saat kendaraan dalam kondisi aman atau tidak sedang berjalan.

```
Mulai

Atur pin relay sebagai OUTPUT
Hubungkan ESP32 ke WiFi
Hubungkan ESP32 ke Bot Telegram

Selama sistem aktif:
  Cek pesan masuk dari Telegram

  Jika pesan = "/ON":
    Relay = ON
    Kirim pesan "Relay aktif, kendaraan dapat digunakan"

  Jika pesan = "/OFF":
    Relay = OFF
    Kirim pesan "Relay nonaktif, arus mesin terputus"

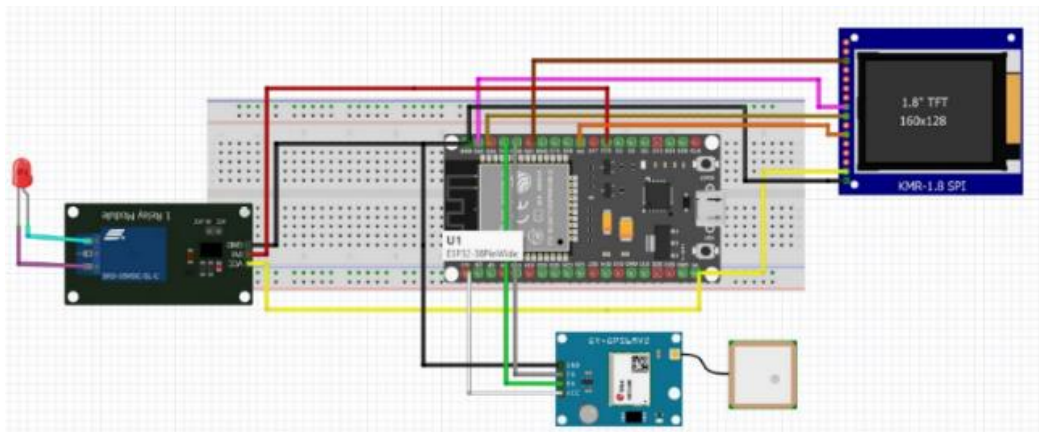
  Jika pesan selain "/ON" dan "/OFF":
    Kirim pesan "Perintah tidak dikenali"

Selesai
```

Gambar 4. Pseudocode Program Relay

2.4 Arsitektur Sistem

Implementasi perangkat keras sistem direalisasikan dalam bentuk prototipe mobil miniatur untuk simulasi sistem keamanan dan pemantauan kendaraan berbasis GPS dan IoT. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama yang terintegrasi, yaitu modul GPS, mikrokontroler ESP32, relay, dan LCD TFT [19]. Modul GPS memperoleh data koordinat lokasi kendaraan (latitude dan longitude) secara real-time, yang diproses oleh ESP32 sebagai pusat kendali sistem. ESP32 bertugas membaca data GPS, mengirimkan lokasi ke Telegram melalui internet, menerima perintah pengguna, mengontrol relay, serta menampilkan informasi ke LCD TFT [20]. Relay berfungsi sebagai saklar elektronik untuk menghubungkan atau memutus arus dinamo mobil miniatur, simulasikan pengendalian mesin kendaraan. LCD TFT menampilkan informasi navigasi seperti arah pergerakan, jarak ke tujuan, estimasi waktu, notifikasi sistem, dan waktu.



Gambar 5. Diagram sistem

Proses dimulai dengan modul GPS yang membaca sinyal satelit untuk memperoleh data koordinat lokasi kendaraan. Data ini diproses oleh ESP32, yang mengirimkan lokasi ke Telegram ketika pengguna mengirimkan perintah /lokasi. Telegram Bot meneruskan perintah ke ESP32, yang membalas dengan koordinat dan tautan Google Maps. Pengguna juga dapat mengirim perintah /on atau /off untuk mengendalikan relay. ESP32 memproses perintah tersebut dan mengaktifkan atau menonaktifkan relay, memutus atau menyambungkan arus kendaraan. Secara berkala, ESP32 memperbarui tampilan LCD TFT dengan data lokasi terbaru, memberikan informasi posisi kendaraan langsung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian GPS

Pengujian GPS dilakukan untuk mengetahui kemampuan modul Neo-6M dalam membaca titik koordinat kendaraan dan mengirimkan informasi lokasi melalui Telegram. Pengujian dilakukan pada dua kondisi utama, yaitu luar ruangan dan dalam ruangan. Kondisi luar ruangan dibedakan ke dalam tiga tingkat lingkungan jalan perkotaan di Sulawesi Selatan, yaitu kondisi rendah, sedang, dan tinggi, untuk melihat kestabilan pembacaan koordinat pada area dengan tingkat kepadatan yang berbeda. Perintah yang digunakan dalam pengujian adalah */lokasi*, kemudian sistem merespons dengan mengirimkan data koordinat dan tautan Google Maps kepada pengguna.

Tabel 3. Pengujian GPS

| No | Parameter | Ket | Tempat / kondisi | Telegram | Google Maps |
|----|-----------|-------------------|-----------------------------|--|---|
| 1 | /lokasi | Berhasil | Luar ruangan (Rendah) |  |  |
| 2 | /lokasi | Berhasil | Luar ruangan (Sedang) |  |  |
| 3 | /lokasi | Berhasil | Luar ruangan (Tinggi) |  |  |
| 4 | /lokasi | Tidak Berhasil | Dalam Ruangan |  | |

Hasil pengujian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa perintah */lokasi* yang dikirimkan melalui Telegram berhasil diproses dengan baik pada kondisi luar ruangan. Modul GPS mampu memperoleh sinyal satelit dan menghasilkan data koordinat *latitude* dan *longitude* yang kemudian dikirimkan melalui Telegram dalam bentuk tautan Google Maps. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa titik lokasi yang ditampilkan sesuai dengan posisi aktual kendaraan saat pengujian dilakukan.

Perbedaan yang ditemukan hanya berupa pembulatan angka desimal koordinat, yang masih berada dalam batas toleransi normal sistem GPS pada area terbuka. Hal ini menunjukkan bahwa proses pembacaan data oleh modul GPS, pemrosesan oleh ESP32, serta pengiriman melalui jaringan internet berjalan secara sinkron dan stabil.



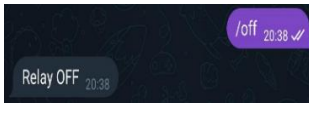

Namun, pada saat pengujian dilakukan di dalam ruangan, modul GPS tidak berhasil memperoleh sinyal satelit secara optimal sehingga tidak mencapai kondisi *fix*. Akibatnya, sistem tidak dapat menampilkan koordinat lokasi. Kondisi ini disebabkan oleh terhalangnya sinyal satelit oleh struktur bangunan, bukan karena kesalahan sistem atau pemrograman. Dengan demikian, akurasi dan keberhasilan GPS sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pengujian.

3.1 Hasil Pengujian Relay

Pengujian relay dilakukan untuk mengetahui *respons* sistem terhadap perintah kendali jarak jauh yang dikirim melalui Telegram. Relay pada sistem ini berfungsi sebagai saklar elektronik untuk menghubungkan dan memutuskan arus pada motor mobil miniatur sebagai simulasi mesin kendaraan. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan perintah /on

dan /off melalui Telegram, kemudian diamati apakah relay merespons perintah tersebut serta berapa lama waktu yang dibutuhkan sejak perintah dikirim hingga relay berubah kondisi.

Tabel 4. Pengujian Relay

| No | Parameter | Ket | Telegram | Relay | Waktu Respon |
|----|-----------|----------|---|--|--------------|
| 1 | /on | Berhasil |  |  | 2 Detik |
| 2 | /off | Berhasil |  |  | 2 Detik |

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, perintah /on dan /off yang dikirim melalui Telegram berhasil dieksekusi oleh sistem dengan tingkat keberhasilan 100%. Relay mampu mengaktifkan dan menonaktifkan arus kendaraan sesuai dengan perintah yang diterima, yang ditandai dengan perubahan kondisi lampu indikator pada modul relay. Waktu respons sistem rata-rata sekitar 2 detik sejak perintah dikirim hingga relay berubah kondisi. Waktu ini dipengaruhi oleh kestabilan koneksi internet, proses komunikasi antara Telegram Bot dan ESP32, serta waktu pemrosesan pada mikrokontroler. Meskipun terdapat jeda singkat, sistem tetap menunjukkan respons yang stabil dan konsisten tanpa kegagalan selama pengujian.

3.1 Hasil Pengujian Relay

Pembahasan hasil pengujian perlu dilihat tidak hanya dari keberhasilan fungsi, tetapi juga dari posisi kinerja sistem dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang dikutip pada bagian pendahuluan. Dari sisi akurasi GPS, penelitian Kirana et al. [6] melaporkan selisih posisi GPS sebesar 1 sampai 6 meter terhadap GPS smartphone. Sementara itu, Maesa dan Hartono [7] melaporkan galat posisi sebesar 24,78 meter pada ruang terbuka dan 27,94 meter pada ruang tertutup menggunakan perhitungan Haversine. Pada penelitian ini, pembacaan GPS Neo-6M berhasil pada tiga kondisi luar ruangan, yaitu kepadatan rendah, sedang, dan tinggi, serta titik lokasi pada Google Maps sesuai dengan posisi aktual kendaraan. Namun, pengujian di dalam ruangan belum berhasil karena modul GPS tidak memperoleh kondisi fix akibat sinyal satelit terhalang bangunan. Dengan demikian, kinerja GPS pada penelitian ini menunjukkan keandalan fungsional pada area terbuka, tetapi masih perlu pengukuran kuantitatif berbasis selisih jarak atau Haversine agar akurasi dapat dibandingkan secara lebih presisi dengan penelitian [6] dan [7].

Dari sisi waktu tunda, hasil pengujian relay pada penelitian ini menunjukkan waktu respons sekitar 2 detik untuk perintah /on dan /off melalui Telegram. Nilai ini sedikit lebih besar dibandingkan penelitian Maesa dan Hartono [7] yang melaporkan rata-rata delay pengiriman data sebesar 0,99 sampai 1,38 detik. Perbedaan tersebut dapat terjadi karena pengujian pada penelitian ini tidak hanya mengukur pengiriman data, tetapi juga mencakup proses penerimaan perintah Telegram Bot, pemrosesan instruksi oleh ESP32, dan perubahan kondisi fisik relay sebagai pemutus atau penghubung arus. Jika dibandingkan dengan penelitian Dadi et al. [4] dan Adam et al. [5] yang menekankan pemantauan atau pelacakan kendaraan berbasis IoT, kontribusi penelitian ini terletak pada integrasi navigasi GPS, tampilan LCD TFT, pengiriman lokasi melalui Telegram, serta kontrol relay sebagai simulasi pemutus arus kendaraan dalam satu prototipe sederhana. Oleh karena itu, meskipun delay 2 detik belum menjadi yang paling rendah, respons tersebut masih dapat dikategorikan layak untuk kebutuhan kendali keamanan jarak jauh, terutama pada kondisi kendaraan diam atau berada dalam situasi aman untuk dilakukan pemutusan arus.

Tabel 5. Perbandingan Hasil dengan Penelitian Terdahulu

| Penelitian | Hasil delay/akurasi GPS yang dilaporkan | Perbandingan dengan penelitian ini |
|-----------------------|--|---|
| Dadi et al. [4] | Sistem dapat dipantau dan dikendalikan melalui Telegram dengan dukungan GPS, ESP32, ESP CAM, sensor getar, PIR, buzzer, dan relay. | Penelitian ini lebih sederhana karena berfokus pada GPS Neo-6M, LCD TFT, Telegram, dan relay pemutus arus; namun sudah menguji keberhasilan /lokasi serta respons /on dan /off. |
| Adam et al. [5] | Sistem pelacakan kendaraan terintegrasi Android dan Firebase untuk pemantauan aktivitas kendaraan secara real-time. | Penelitian ini tidak hanya mengirim lokasi, tetapi juga menambahkan kendali relay melalui Telegram sebagai fitur keamanan. |
| Kirana et al. [6] | Akurasi GPS dilaporkan memiliki selisih 1–6 meter dibandingkan GPS smartphone. | Penelitian ini menunjukkan GPS berhasil pada area luar ruangan, tetapi belum menghitung selisih jarak secara kuantitatif sehingga pengujian Haversine diperlukan pada tahap berikutnya. |
| Maesa dan Hartono [7] | Rata-rata delay 0,99–1,38 detik; galat GPS 24,78 meter pada ruang terbuka dan 27,94 meter pada ruang tertutup. | Delay relay penelitian ini sekitar 2 detik. Nilai ini lebih besar, tetapi mencakup proses perintah Telegram, pemrosesan ESP32, dan perubahan kondisi fisik relay. |

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, pengujian, serta pembahasan komparatif dengan penelitian terdahulu, sistem navigasi dan keamanan kendaraan berbasis Internet of Things menggunakan ESP32, modul GPS Neo-6M, LCD TFT, Bot Telegram, dan relay single channel 5V berhasil dibangun dan mampu menjalankan fungsi utama sesuai tujuan penelitian. Sistem dapat membaca data koordinat kendaraan dan mengirimkan informasi lokasi kepada pengguna melalui Telegram dalam bentuk koordinat serta tautan Google Maps. Hasil pengujian GPS menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik pada kondisi luar ruangan, baik pada lingkungan dengan tingkat kepadatan rendah, sedang, maupun tinggi. Namun, sistem belum mampu bekerja secara optimal di dalam ruangan karena modul GPS tidak memperoleh sinyal satelit yang cukup akibat terhalang struktur bangunan.

Pada fitur keamanan, sistem mampu merespons perintah /on dan /off melalui Telegram dengan tingkat keberhasilan 100% dan waktu respons rata-rata sekitar 2 detik. Jika dibandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu, waktu respons tersebut masih berada pada kategori cukup baik untuk prototipe kendali jarak jauh berbasis IoT, meskipun masih terdapat peluang peningkatan pada aspek kecepatan respons agar lebih mendekati performa sistem SOTA. Perbedaan waktu respons dipengaruhi oleh kualitas koneksi internet, komunikasi antara Telegram Bot dan ESP32, serta proses eksekusi perintah pada mikrokontroler.

Secara umum, sistem yang dikembangkan memiliki keunggulan karena mengintegrasikan fungsi navigasi, pemantauan lokasi, dan kontrol pemutus arus kendaraan dalam satu prototipe sederhana, praktis, dan ekonomis. Dibandingkan penelitian sebelumnya yang sebagian besar berfokus pada pelacakan lokasi atau notifikasi keamanan, penelitian ini menambahkan fitur kendali relay melalui Telegram sebagai simulasi pemutus dan penghubung arus kendaraan. Meskipun demikian, sistem masih memiliki keterbatasan, khususnya pada akurasi GPS di area tertutup, kestabilan koneksi internet, dan belum adanya pengukuran galat koordinat secara numerik yang lebih rinci. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan pengujian akurasi GPS berbasis jarak aktual, memperluas jumlah skenario pengujian, meningkatkan kestabilan komunikasi data, serta menyesuaikan sistem kelistrikan agar dapat diterapkan secara aman pada kendaraan sebenarnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

REFERENCES

- [1] Abidin and A. Wasid, "SISTEM NOTIFIKASI KEAMANAN & KONTROL KENDARAAN BERBASIS ARDUINO DAN GPS DENGAN DETEKSI GETARAN," *Action Res. Lit.*, vol. 9, no. 2, pp. 543–554, 2025, [Online]. Available: <https://arl.ridwaninstitute.co.id/index.php/arl/article/view/2649/1379>

- [2] Korlantas, "Jadi Salah Satu Faktor Penyebab Kecelakaan, Polisi Tegas Larang Menggunakan Handphone Saat Berkendara," Korlantas Polri. Accessed: May 13, 2026. [Online]. Available: <https://korlantas.polri.go.id/jadi-salah-satu-faktor-penyebab-kecelakaan-polisi-tegas-larang-menggunakan-handphone-saat-berkendara/>
- [3] Z. Noor *et al.*, *PENERAPAN TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS (IOT) DALAM INDUSTRI*. Padang, 2025. [Online]. Available: <chrome-extension://efaidnbmnmnipccajpcgicjlefindmkaj/https://media.neliti.com/media/publications/668690-penerapan-teknologi-internet-of-things-i-2cf4b733.pdf>
- [4] Dadi, Supriyati, A. A. Putri, and N. H. B. Pratama, "ALAT PENGAMAN KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS INTERNET OF THINGS," *ORBITH*, vol. 19, no. 3, pp. 231–243, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/orbith/article/download/5255/108993>
- [5] M. F. Adam, Purwanto, and D. Yusup, "SIMULASI SISTEM DATA LOGGING BERBASIS INTERNET OF THINGS UNTUK MELACAK AKTIVITAS KENDARAAN DENGAN APLIKASI ANDROID," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform., vol. 8, no. 5, pp. 10646–10652, 2024.*
- [6] C. A. P. Kirana, W. Djatmiko, and M. Yusro, "Sistem Keamanan Sepeda Motor Menggunakan Aplikasi Smartphone Android Berbasis IoT Menggunakan Modul ESP32 CAM dan Modul ESP32," *Risenologi J. Sains, Teknol. Sos. Pendidikan, dan Bhs.*, vol. 8, no. 2, pp. 59–67, 2023.
- [7] F. Maesa and Hartono, "Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Keamanan Sepeda Motor Berbasis IoT dengan Modul GPS Neo-6M dan Sensor Getar SW-420," *J. Surya Tek.*, vol. 12, no. 1, pp. 37–43, 2025.
- [8] T. N. Hidayat, F. Ardiani, and Sains, "Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Berbasis IoT dan Web dengan Fitur Pelacakan GPS dan Pemutusan Aliran Listrik Secara Otomatis," *J. Sist. Komput. dan Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 196–204, 2023, doi: 10.30865/json.v5i2.6959.
- [9] P. Hadi, Basiroh, and A. Jalil, "Pemanfaatan Internet of Things (IoT) dalam Pengembangan Pertanian Cerdas: Studi Komparatif Beberapa Negara," *J. Penelit. Ipteks*, vol. 11, no. 1, pp. 76–84, 2026.
- [10] M. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, "MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform., vol. 6, no. 2, pp. 767–772, 2022.*
- [11] A. Saenong, K. Hanapi, Fitriani, Sartika, and Fettyana, "Sistem Monitoring Ketersediaan Slot Parkir Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan ESP32 dan Sensor Ultrasonik," *TIN Terap. Inform. Nusant.*, vol. 6, no. 12, pp. 2236–2245, 2026, doi: 10.47065/tin.v6i12.9504.
- [12] R. Saifanis, Hanafi, and A. Fauziah, "RANCANG BANGUN GPS IoT DENGAN ARDUINO NANO DAN MODUL NEO-6M DALAM SISTEM PEMANTAUAN LOKASI OBJEK," *J. TEKTRON*, vol. 8, no. 2, pp. 286–290, 2024.
- [13] Z. Rahman, R. Aisuwarya, and R. Suwandi, "Rancang Bangun Sistem Pelacakan pada Penyewaan Sepeda Motor Menggunakan GPS Berbasis Internet of Things," *J. Comput. Hardware, Signal Process. Embed. Syst. Netw.*, vol. 01, no. 4, pp. 47–60, 2023.
- [14] F. A. Aryatama and S. Samsugi, "Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Dengan ESP32 Menggunakan Kontrol Android," *SMATIKA STIKI Inform. J.*, vol. 14, no. 1, pp. 169–181, 2024.
- [15] S. K. Panigrahy and H. Emany, "A Survey and Tutorial on Network Optimization for Intelligent Transport System Using the Internet of Vehicles," *MDPI Sens.*, pp. 1–30, 2023.
- [16] D. Nurhannavi, F. Yumono, and P. N. Rahayu, "RANCANG BANGUN ALAT KEAMANAN SEPEDA MOTOR BERBASIS IoT MENGGUNAKAN NODEMCU DAN GPS," *JTECS J. Sist. Telekomun. Elektron. Sist. Kontrol Power Sist. Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 23–32, 2010.
- [17] Y. Taming, M. Muhallim, and R. Suppa, "PROTOTYPE SISTEM KONTROL LAMPU BERBASIS Internet of Things (IoT)MENGGUNAKAN NODEMCU," *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.*, vol. 12, no. 1, 2024.
- [18] M. T. S. Pratika, I. N. Piarsa, and A. A. K. A. C. Wiranatha, "Rancang Bangun Wireless Relay dengan Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things," *JITTER- J. Ilm. Teknol. dan Komput.*, vol. 2, no. 3, 2021.
- [19] A. Al-fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols and Applications," *IEEE Commun. Surv. Tutorials Internet*, no. c, 2015, doi: 10.1109/COMST.2015.2444095.
- [20] J. A. Khan, W. Ahmad, A. Hussain, S. W. Zahra, M. Nadeem, and Ayesha, "Witness System of Vehicle Accidents Based on the Internet of Things," *Res. Reports Comput. Sci.*, vol. 2, no. 2, 2023.