

Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Keamanan Sepeda Motor Berbasis IoT dengan Modul GPS Neo-6M dan Sensor Getar SW-420

Fernando Maesa*, Hartono

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jenderal Sudirman Km 3, Kotabumi, Kec. Purwakarta, Kota Cilegon, Banten 42435
E-mail: fernandomaesa88@gmail.com*

Abstract

Motorcycle security in Indonesia has become an important issue due to the high number of thefts, with 37,684 cases in November 2023, a sharp increase of 165% compared to the previous year. To address this issue, an Internet of Things (IoT)-based security system was developed that integrates the Neo-6M GPS module, SW-420 vibration sensor, and ESP32 WROOM microcontroller. The system enables real-time monitoring of vehicle position, suspicious activity detection, and instant notification delivery through a mobile application. The GPS module results have positioning accuracy with a margin of error of 24.78 meters in open space and 27.94 meters in closed space. While the vibration sensor is able to activate the horn automatically when the position of the vehicle is nudged and moved. The mobile application is designed to make it easier for users to monitor and control vehicles remotely. Based on the survey, 73.4% of users found the app easy to use, while 86.7% found the interface clear and informative. The system is expected to reduce the risk of motorcycle theft through an innovative, practical, and effective IoT solution.

Keywords: IoT (Internet of Things), GPS Neo-6M Module, SW-420 Vibration Sensor, ESP WROOM 32, Mobile Application

Abstrak

Keamanan sepeda motor di Indonesia menjadi isu penting karena tingginya angka pencurian, dengan 37.684 kasus pada November 2023, meningkat tajam sebesar 165% dibandingkan tahun sebelumnya. Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkan sistem keamanan berbasis Internet of Things (IoT) yang mengintegrasikan modul GPS Neo-6M, sensor getar SW-420, dan mikrokontroler ESP32 WROOM. Sistem ini memungkinkan pemantauan posisi kendaraan secara real-time, deteksi aktivitas mencurigakan, dan pengiriman notifikasi instan melalui aplikasi mobile. Hasil modul GPS memiliki akurasi posisi dengan margin kesalahan yaitu 24,78 meter di ruang terbuka dan 27,94 meter di ruang tertutup. Sedangkan sensor getar mampu mengaktifkan klakson secara otomatis ketika posisi kendaraan tersenggol dan berpindah tempat. Aplikasi mobile dirancang untuk mempermudah pengguna memantau dan mengontrol kendaraan dari jarak jauh. Berdasarkan survei, 73,4% pengguna menilai aplikasi ini mudah digunakan, sementara 86,7% menyatakan antarmukanya jelas dan informatif. Sistem ini diharapkan mampu mengurangi risiko pencurian sepeda motor melalui solusi IoT yang inovatif, praktis, dan efektif.

Kata kunci: IoT (Internet of Things), Modul GPS Neo-6M, Sensor Getar SW-420, ESP WROOM 32, Aplikasi Mobile

1. Pendahuluan

Peningkatan angka pencurian kendaraan bermotor, khususnya sepeda motor, di Indonesia menjadi masalah serius yang memerlukan perhatian khusus. Berdasarkan data dari Pusiknas Bareskrim Polri, pada November 2023 tercatat 37.684 kasus pencurian sepeda motor, yang menunjukkan peningkatan signifikan sebesar 165% dibandingkan tahun sebelumnya [1]. Meskipun penggunaan alat pengaman tradisional seperti kunci ganda dan rantai pengunci sudah

cukup umum, solusi tersebut terbukti kurang efektif dalam menghadapi modus pencurian yang semakin berkembang. Oleh karena itu, peneliti perlu mengembangkan sistem keamanan kendaraan yang lebih inovatif dan dapat diandalkan [2][3].

Salah satu solusi yang dapat diimplementasikan adalah sistem keamanan berbasis *Internet of Things* (IoT). *Internet of Things* (IoT) merupakan konsep yang menjelaskan mengenai bagaimana beberapa perangkat elektronik dapat saling terhubung

melalui jaringan internet untuk berkomunikasi dan bertukar data [4]. IoT memungkinkan perangkat keras seperti sensor getar, GPS, dan mikrokontroler untuk terintegrasi dengan aplikasi *mobile* yang memungkinkan pemilik kendaraan memantau dan mengontrol kendaraan secara *real-time* [5][6]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan mikrokontroler berbasis Wi-Fi seperti ESP32, bersama dengan modul dan sensor getar, dapat meningkatkan sistem keamanan kendaraan dengan memberikan notifikasi instan kepada pengguna jika terdapat aktivitas mencurigakan. Selain itu, pada penelitian-penelitian sebelumnya menambahkan bahwa aplikasi *mobile* dapat memberikan kemudahan bagi pengguna untuk selalu terhubung dengan kendaraannya [7].

Namun, meskipun teknologi ini menjanjikan solusi yang lebih efisien, beberapa tantangan masih ada dalam hal akurasi pelacakan kendaraan dan respons terhadap ancaman pencurian. Penelitian Sihombing, Daulay, dkk (2019) menyarankan pengembangan lebih lanjut pada integrasi teknologi GPS dan sensor getar agar sistem dapat memberikan notifikasi yang lebih akurat dan responsif [5]. Dengan adanya kemajuan ini, dapat dikembangkan sistem keamanan yang lebih efisien, terjangkau, dan dapat diakses oleh masyarakat luas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kontrol dan monitoring keamanan sepeda motor berbasis IoT yang dapat memantau lokasi kendaraan secara *real-time*, mengirimkan notifikasi instan kepada pengguna saat aktivitas mencurigakan terdeteksi, dan memberikan kemudahan bagi pengguna melalui aplikasi *mobile* yang mudah untuk digunakan [9][10].

2. Metodologi

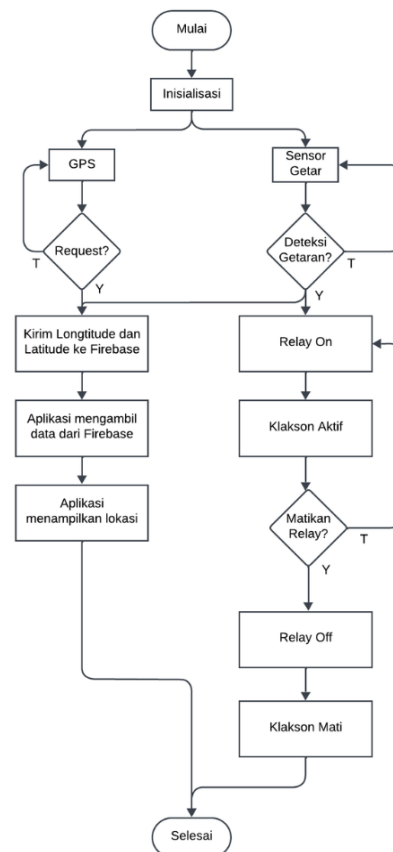
Pada penelitian ini, objek yang digunakan adalah sistem keamanan kendaraan bermotor berbasis IoT bernama RIDER (*Real-time Intelligent Defense and Emergency Response*). Penelitian ini secara sistematis dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu studi literatur, pembuatan diagram alir system dan perancangan system *hardware*.

1. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan mengumpulkan informasi terkait sistem kontrol dan monitoring keamanan kendaraan bermotor berbasis IoT menggunakan modul GPS Neo-6M. Studi ini mencakup penerapan teknologi IoT untuk mengintegrasikan sensor getar SW-420 dalam mendeteksi getaran mencurigakan, modul GPS Neo-6M untuk melacak lokasi kendaraan secara

real-time, dan *relay* untuk pengaturan aliran listrik pada sistem. Selain itu, terdapat komponen pendukung seperti IC regulator 5V sebagai penurun tegangan dari aki motor sebesar 12V, serta ESP32 WROOM sebagai mikrokontroler utama. Selain itu, perangkat ini dirancang agar dapat mengirim notifikasi instan melalui aplikasi *mobile* saat mendeteksi aktivitas mencurigakan.

2. Diagram Alir Sistem



Gambar 1. Diagram Alir Sistem

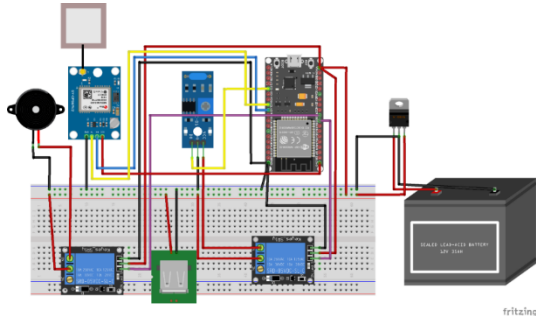
3. Perancangan *Hardware* Sistem

Merancang suatu sistem merupakan salah satu tahap yang berfokus pada pembuatan alur kerja dari sistem keamanan sepeda motor berbasis IoT menggunakan Modul GPS Neo-6M. Secara garis besar, alur kerja sistem dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Cara Kerja Sistem

Berdasarkan cara kerja sistem di atas, maka dapat dibuat skematik rangkaian *hardware* dari rancang bangun sistem keamanan sepeda motor berbasis IoT menggunakan Modul GPS Neo-6M dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3. Rangkaian Skematik

Pada rangkaian skematik, aki atau baterai 12V digunakan sebagai sumber tegangan utama untuk alat RIDER. Tegangan dari aki diturunkan menjadi 5V menggunakan IC regulator 5V, yang kemudian digunakan untuk menyuplai komponen seperti mikrokontroler ESP32, modul GPS, sensor getar, dan modem, sesuai dengan tegangan operasi rata-rata komponen tersebut. Hal ini melindungi komponen dari kerusakan akibat tegangan berlebih. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan dua buah *relay*. *Relay 1* yang berfungsi untuk mengaktifkan dan menonaktifkan sensor getar, serta *relay 2* yang berfungsi untuk mengatur aliran tegangan untuk mengaktifkan klakson kendaraan.

4. Pengujian Sensor Getar

Sensor getar SW-420 diuji dalam berbagai kondisi untuk mengevaluasi sensitivitasnya. Uji coba dilakukan saat sensor disentuh ringan, tersenggol, dan saat dipindahkan, guna memastikan bahwa sistem dapat mendeteksi berbagai bentuk getaran yang mencurigakan secara akurat dan memicu *output* seperti buzzer atau alarm.

5. Pengujian Modul GPS

Modul GPS Neo-6M diuji dalam dua kondisi lingkungan, yaitu di ruangan tertutup dan di ruang terbuka. Selanjutnya, dilakukan perhitungan menggunakan rumus Haversine untuk menghitung jarak antara data lokasi yang diperoleh dari modul GPS dan data dari GPS smartphone. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi, misalnya ditemukan selisih 27 meter antara koordinat keduanya.

6. Pengujian Delay Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu respon sistem terhadap *input* dari sensor hingga *output* sistem, seperti alarm berbunyi dan data muncul di aplikasi. *Delay* diukur untuk

memastikan sistem mampu memberikan peringatan secara *real-time*.

7. Survei Aplikasi RIDER

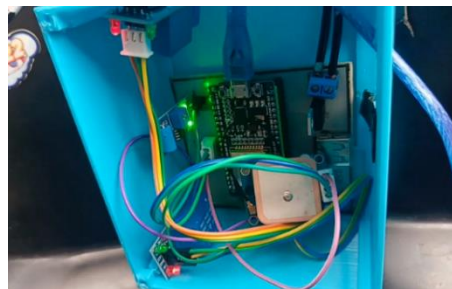
Setelah sistem terhubung dengan aplikasi mobile RIDER, dilakukan survei kepada sejumlah pengguna untuk mengetahui sejauh mana antarmuka aplikasi mudah dipahami dan digunakan. Penilaian mencakup aspek tampilan, kejelasan informasi, serta kemudahan navigasi pada aplikasi tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini diberikan beberapa pembahasan hasil penelitian. Adapun hasil bisa berupa gambar, grafik dan tabel, berikut adalah hasil dan pembahasan.

3.1. Hasil Perancangan Hardware dan Software

Hasil perancangan alat (*Hardware*) pada penelitian ini membahas mengenai sistem keamanan sepeda motor berbasis IoT menggunakan Modul GPS Neo-6M Hasil perancangan alat dapat dilihat pada Gambar 4.

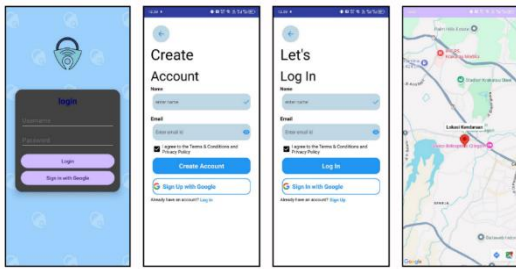


Gambar 4. Hasil Perancangan Hardware

Sistem kontrol dan monitoring keamanan sepeda motor berbasis IoT ini dirancang untuk meningkatkan keamanan kendaraan dengan mendeteksi aktivitas mencurigakan, melacak lokasi secara *real-time*, dan memberikan notifikasi melalui aplikasi *mobile* RIDER. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 WROOM sebagai pusat kendali, yang terhubung dengan sensor getar SW-420 untuk mendeteksi getaran, modul GPS Neo-6M untuk pelacakan lokasi, dan *relay* 5V untuk mengontrol aliran listrik pada sensor getar dan klakson. Seluruh komponen elektronik, termasuk sensor getar SW-420, modul GPS Neo-6M, mikrokontroler, dan regulator 5V, dirakit di atas custom PCB satu lapis berbahan fiber dan ditempatkan di dalam sebuah *project box* berbahan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS). Penempatan ini bertujuan untuk melindungi perangkat dari kerusakan fisik, debu, air, dan gangguan lainnya. *Project box* kemudian

dipasang di bawah jok sepeda motor, dekat dengan aki, hal tersebut untuk memudahkan distribusi daya dari aki dan memastikan sistem tersembunyi namun tetap mudah diakses untuk perawatan. Dengan integrasi ini, sistem mampu memberikan notifikasi jika terdapat aktivitas mencurigakan untuk memicu klakson aktif, serta memudahkan pengguna memantau dan mengirimkan lokasi kendaraan secara *real-time*.

Hasil perancangan *Software* berupa aplikasi pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



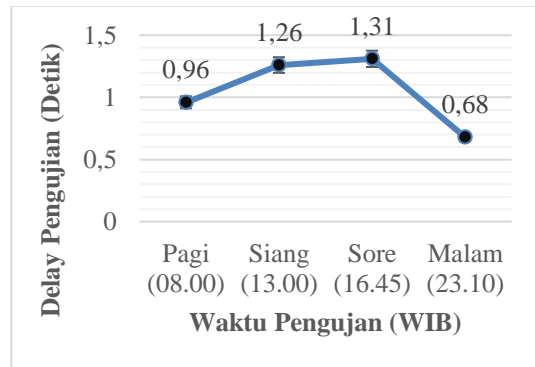
Gambar 5. Hasil Perancangan *Software*

Aplikasi pada Gambar 5. adalah antarmuka pengguna sistem kontrol dan monitoring keamanan sepeda motor berbasis IoT untuk memantau dan mengontrol kendaraan secara *real-time* dan jarak jauh. Aplikasi ini menyediakan fitur login, termasuk melalui akun Google. Aplikasi ini memiliki tiga menu utama: Monitoring, Control, dan Maps. Fitur Monitoring menampilkan data *real-time* dari sensor getas SW-420 dan modul GPS Neo-6M, Control memungkinkan pengontrolan sensor getas dan klakson melalui *relay*, sedangkan Maps menampilkan lokasi kendaraan secara *real-time* di peta interaktif. Sistem ini juga dilengkapi notifikasi *real-time* untuk peringatan aktivitas mencurigakan, termasuk informasi lokasi kendaraan, dan dirancang selaras dengan perangkat keras seperti ESP32 WROOM, modul GPS, sensor getas, dan *relay*, memastikan keamanan kendaraan yang andal dan mudah digunakan

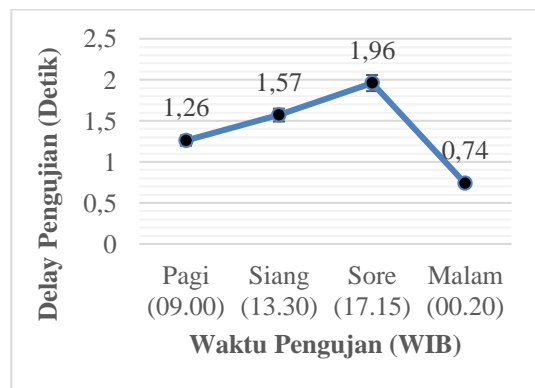
3.2. Hasil Pengujian Delay Sistem

Pengujian *delay* bertujuan untuk mengukur waktu tunda pengiriman paket data dari aplikasi ke perangkat sistem keamanan sepeda motor berbasis IoT bernama RIDER. Pengujian dilakukan selama tiga hari berturut-turut, yaitu pada tanggal 6, 7, dan 8 Desember 2024, dengan jaringan yang digunakan adalah Indosat. Setiap hari, pengujian dilakukan sebanyak empat kali pada waktu pagi, siang, sore, dan malam, dengan pengukuran waktu tunda menggunakan

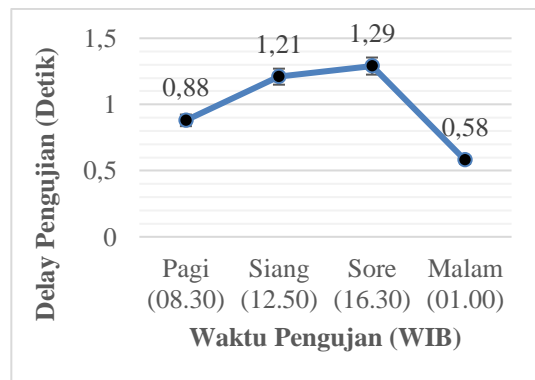
stopwatch. Berikut adalah hasil pengujian *delay* sistem.



Gambar 6. Grafik Pengujian *Delay* Sistem Hari Pertama (6 Desember 2024)



Gambar 7. Grafik Pengujian *Delay* Sistem Hari Kedua (7 Desember 2024)



Gambar 8. Grafik Pengujian *Delay* Sistem Hari Ketiga (8 Desember 2024)

Secara keseluruhan, rata-rata *delay* pengiriman data pada sistem ini selama tiga hari pengujian tergolong memuaskan. Waktu tunda terendah tercatat secara konsisten pada malam hari, yang disebabkan oleh lalu lintas jaringan internet yang lebih rendah di waktu tersebut. Rata-rata nilai *delay* pada masing-masing hari adalah 1,05 detik pada tanggal 6 Desember 2024, 1,38 detik pada tanggal 7 Desember 2024, dan 0,99 detik pada tanggal 8 Desember 2024. Tingginya rata-rata *delay* pada hari kedua dipengaruhi oleh

kondisi cuaca hujan saat pengujian berlangsung, yang dapat mengganggu kestabilan sinyal dan konektivitas internet. Sebaliknya, kondisi cuaca cerah pada hari pertama dan ketiga mendukung kinerja sistem yang lebih stabil. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa faktor cuaca dan tingkat kesibukan jaringan internet memiliki pengaruh nyata terhadap performa pengiriman data pada sistem.

Perlu dicatat bahwa waktu pengujian *delay* sistem pada tanggal 6, 7, dan 8 Desember 2024 tidak dilakukan pada jam yang sepenuhnya identik. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan teknis selama proses pengujian, sehingga terdapat perbedaan waktu kurang lebih 30 menit hingga 1 jam di setiap sesi yaitu pada pagi, siang, sore, malam. Meskipun begitu, interval waktu pengujian tetap disesuaikan dengan rentang waktu umum aktivitas harian pengguna kendaraan, sehingga pola uji masih relevan untuk dianalisis. Penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan pengujian dengan waktu yang lebih terstandarisasi untuk menghindari potensi bias data.

3.3. Hasil Pengujian Sensor Getar

Pengujian sensor getar dilakukan dengan mengamati respons sensor terhadap kondisi fisik kendaraan, seperti saat kendaraan tersentuh, tersenggol, atau dipindahkan. Sensor getar SW-420 menghasilkan sinyal analog yang dikonversi menjadi nilai tegangan.

Tabel 1.
Hasil Pengujian Sensor Getar

Kondisi	Besar Tegangan (V)	Kondisi Klakson
Tersentuh	0,16	Mati
Tersenggol	1,12	Aktif
Berpindah Tempat	2,47	Aktif

Berdasarkan Tabel 1, pengujian sensor getar dihasilkan respons tegangan yang berbeda sesuai dengan tingkat gangguan fisik yang diberikan pada kendaraan. Pada kondisi tersentuh, sensor menghasilkan tegangan sebesar 0,16 V yang masih berada di bawah ambang batas deteksi sehingga sistem tidak memberikan respons. Ketika kendaraan tersenggol, nilai tegangan meningkat menjadi 1,12 V dan sistem mengaktifkan klakson sebagai bentuk peringatan. Adapun pada kondisi berpindah tempat, tegangan mencapai 2,47 V dan sistem kembali memberikan respons berupa aktivasi klakson. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor getar SW-420 mampu mendeteksi perubahan intensitas getaran secara akurat, dan sistem yang dirancang mampu

merespons kondisi yang dianggap sebagai potensi ancaman.

3.4. Hasil Pengujian Modul GPS

Pengujian modul GPS dilakukan di dua kondisi, yaitu ruangan tertutup dan terbuka, dengan membandingkan nilai koordinat geografis (*Latitude* dan *Longitude*) dari GPS sistem dan GPS pada *Mobile Phone*. *Latitude* menunjukkan posisi horizontal relatif terhadap garis khatulistiwa, sedangkan *Longitude* menunjukkan posisi vertikal relatif terhadap garis meridian utama.

Tabel 2.
Hasil Pengujian Ruang Terbuka

Ruang Terbuka		
Indikator	Latitude	Longitude
GPS Mobile Phone	-5.9963348°	106.0304978°
GPS Tracking	-5.996504°	106.030353°
Galat	0.0001692°	0.0001448°

Tabel 3.
Hasil Pengujian Ruang Tertutup

Ruang Tertutup		
Indikator	Latitude	Longitude
GPS Mobile Phone	-6.013948°	106.040054°
GPS Tracking	-6.01403°	106.04029°
Galat	0.00008°	0.000237°

Pada pengujian, galat dihitung sebagai selisih nilai *Latitude* dan *Longitude* antara GPS sistem dan GPS *Mobile Phone*. Pada ruangan terbuka, galat *Latitude* dan *Longitude* masing-masing sebesar 0.0001692° dan 0.0001448°, sedangkan pada ruangan tertutup sebesar 0.000083° dan 0.000237°. Galat total dihitung menggunakan rumus Haversine, yang digunakan untuk menentukan jarak antara dua titik berdasarkan koordinat geografisnya .

$$d = 2r \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right) \quad (1)$$

Keterangan:

d = Jarak antara dua titik.

r = Jari-jari bumi (6,378 km = 6378000 meter)

φ_1, φ_2 = *Latitude* titik pertama dan kedua (dalam radian)

λ_1, λ_2 = *Longitude* titik pertama dan kedua (dalam radian)

$\Delta\varphi$ = Selisih *Latitude* kedua titik (dalam radian)

$\Delta\lambda$ = Selisih *Longitude* kedua titik (dalam radian)

Berikut adalah perhitungan galat total pada saat berada di ruangan terbuka dan ruangan tertutup, menggunakan rumus Haversine.

Perhitungan Galat di ruangan terbuka

$$d = 2r \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \sin^2\left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2}\right)} \right)$$

$d =$

$$2 \cdot 6378000 \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{0,0000029516}{2}\right) + \cos(0,104605681) \cos(0,104602729) \sin^2\left(\frac{0,000002525955}{2}\right)} \right)$$

$d = 24,7778302 \text{ meter}$

Perhitungan Galat di ruangan tertutup

$$d = 2r \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \sin^2\left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2}\right)} \right)$$

$d =$

$$2 \cdot 6378000 \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{0,00000144788889}{2}\right) + \cos(0,10491143) \cos(0,104909982) \sin^2\left(\frac{0,00000413433}{2}\right)} \right)$$

$d = 27,93901574 \text{ meter}$

Analisis galat GPS menunjukkan perbedaan akurasi yang signifikan berdasarkan kondisi lingkungan. Pada ruang terbuka, koordinat GPS sistem adalah -5.996504° , 106.030353° , sedangkan GPS ponsel adalah -5.9963348° , 106.0304978° , dengan galat total 24,78 meter berdasarkan perhitungan menggunakan rumus Haversine. Di ruang tertutup, koordinat GPS sistem adalah -6.014031° , 106.040291° , sementara GPS ponsel adalah -6.013948° , 106.040291° , menghasilkan galat total 27,94 meter. Hasil ini menunjukkan GPS sistem lebih akurat di ruang terbuka, dengan galat lebih kecil dibandingkan ruang tertutup. Meski begitu, GPS tetap berfungsi di ruang tertutup meskipun dengan akurasi yang lebih rendah.

3.5. Hasil Survei Aplikasi

Berikut adalah hasil persentase dari responden mengenai kemudahan penggunaan aplikasi dapat dilihat pada Tabel 4. di bawah ini.

Tabel 4.
Hasil Survei Kemudahan Aplikasi

No.	Kemudahan	Presentase
1.	Sangat Mudah	6,7%
2.	Mudah	66,7%
3.	Cukup Sulit	26,6%

Berdasarkan data, 6,7% responden menganggap aplikasi RIDER sangat mudah digunakan, dan 66,7% menyatakan mudah dioperasikan, sehingga mayoritas (73,4%) menilai antarmuka dan fungsionalitas aplikasi intuitif dan sederhana. Namun, 26,6% responden merasa kesulitan, kemungkinan akibat kompleksitas fitur, kurangnya panduan, atau desain antarmuka yang kurang responsif. Evaluasi dan pengembangan diperlukan untuk

meningkatkan panduan dan desain agar aplikasi lebih ramah pengguna.

Adapun berikut adalah hasil persentase dari responden terkait kejelasan dan informativitas tampilan antarmuka dapat dilihat pada Tabel 5. di bawah ini.

Tabel 5.
Hasil Survei Kejelasan Aplikasi

No.	Kejelasan	Presentase
1.	Sangat Jelas	6,7%
2.	Cukup Jelas	66,7%
3.	Kurang Jelas	26,6%
4.	Tidak Jelas	0%

Berdasarkan Tabel 4.4, 60% responden menilai tampilan antarmuka aplikasi RIDER sangat jelas, 26,7% cukup jelas, dan 13,3% kurang jelas, tanpa ada yang menyatakan tampilan tidak jelas. Mayoritas pengguna (86,7%) merasa nyaman dengan tampilan aplikasi dan mudah memahami informasinya. Namun, 13,3% responden yang merasa kurang jelas menunjukkan perlunya perbaikan, seperti optimalisasi tata letak, pemilihan warna kontras, dan penyederhanaan elemen visual untuk meningkatkan kejelasan dan pengalaman pengguna.

4. Simpulan

Sistem ini berhasil melacak posisi kendaraan secara *real-time* menggunakan sensor getar SW-420 dan modul GPS Neo-6M, serta mengontrol fungsi sensor getar dan klakson melalui modul *relay*. Pengujian selama tiga hari menunjukkan bahwa rata-rata *delay* pengiriman data berada di 1,05 detik pada 6 Desember 2024, 1,38 detik pada 7 Desember 2024, dan 0,99 detik pada 8 Desember 2024. *Delay* terendah tercatat secara konsisten pada malam hari, yang disebabkan karena kepadatan jaringan internet yang lebih rendah. Sementara itu, tingginya *delay* pada hari kedua dipengaruhi oleh kondisi cuaca hujan saat pengujian berlangsung. Hasil ini menunjukkan bahwa performa pengiriman data dipengaruhi oleh faktor cuaca dan lalu lintas jaringan internet. Meski waktu pengujian setiap hari tidak identik, interval pengujian tetap mencerminkan pola waktu aktivitas harian pengguna. Selain itu, perbandingan akurasi antara modul GPS dan GPS smartphone menunjukkan galat sebesar 24,78 meter pada ruang terbuka, dan 27,94 meter pada ruang tertutup, yang dihitung menggunakan rumus Haversine. Pengujian sensor getar juga menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi getaran ketika motor tersenggol dan berpindah tempat. Survei terhadap pengguna menunjukkan

bahwa 73,4% merasa aplikasi mobile mudah digunakan dan 86,7% menilai tampilan antarmukanya jelas dan nyaman.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik. Statistik kriminal. Jakarta: Badan Pusat Statistik; 2023. Available from: <https://www.bps.go.id/id/publication/2023/12/12/5edba2b0fe5429a0f232c736/statistik-kriminal-2023.html>
- [2] Khairani R, Ariesa Y. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kriminalitas Sumatera Utara (pendekatan ekonomi). *J Kajian Ekon dan Kebijakan Publik*. 2019;4(2):99–110.
- [3] Ikhwan R, Dewi C. Motorcycle security system based on Internet of Things (IoT). 2024;1(1):164–171.
- [4] Adani F, Salsabil S. Internet of Things: Sejarah teknologi dan penerapannya. *Isu Teknol STT Mandala*. 2019;14(2):92–99.
- [5] Sihombing P, Daulay IS, Efendy S, Syarif I. Motor vehicle security using microcontroller, GPS and Android as innovation to prevent motor thieves. *J Phys Conf Ser*. 2020;1566(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1566/1/012026>
- [6] Gunadi IGA, Rachmawati DO. Review penggunaan sensor pada aplikasi IoT. *Wahana Mat dan Sains J Mat Sains dan Pembelajarannya*. 2022;16(3):1858–0629. Available from: <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JP M/article/view/51037>
- [7] Karmilasari F, et al. Sistem monitoring kendaraan roda dua berbasis GPS, akselerometer, giroskop, kamera webcam yang diakses melalui aplikasi pemesanan instan. *J Ilm Komputasi*. 2021;20(4):507–516. <https://doi.org/10.32409/jkistik.20.4.2809>
- [8] Irawan EI, Muzakir A. Sistem pengendali keamanan sepeda motor berbasis IoT (Internet of Things) menggunakan smartphone Android. *J Inf Technol Ampera*. 2022;3(2):148–158. <https://doi.org/10.51519/journalita.volume3.issue2.year2022.page148-158>
- [9] Latif A, Hasbi M, Rozikin K. Perancangan sistem keamanan sepeda motor dari perampasan dan pencurian menggunakan GPS berbasis web. *Musamus J Technol Inf*. 2023;5(2):58–65. <https://doi.org/10.35724/mjti.v5i02.5383>
- [10] Tarwanto A, Arinal V. Implementasi dan monitoring sistem keamanan kendaraan berbasis IoT pada Bengkel Cahaya. *J Sos Teknol*. 2021;1(8):887–892. <https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v1i8.176>
- [11] Sulistio J. Implementasi metode Haversine formula dalam aplikasi untuk menentukan lokasi emergency service terdekat di Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta: Universitas Teknologi Yogyakarta; 2019. Available from: <https://eprints.uty.ac.id/4088/1/Naskah%20Publikasi-Jatra%20Sulistio-3125111202.pdf>