

Perancangan Sistem Instrumentasi Berbasis *Internet Of Things* Pada Sistem Keamanan Pencurian Kendaraan Bermotor (SIKESMI)

Aulia Rahman^{1*}, Arnisa Stefanie², dan Dian Budhi Santoso³

¹Universitas Singaperbangsa, Karawang ; email : auliarahmann21@gmail.com

²Universitas Singaperbangsa, Karawang; email : arnisa.stefanie@staff.unsika.ac.id

³Universitas Singaperbangsa, Karawang; email : dian.budhi@ft.unsika.ac.id

* Aulia Rahman

Abstract; The rising rate of motor vehicle theft, especially motorcycles, in Indonesia necessitates the development of more advanced and efficient security systems for timely detection and response. This study aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based Motor Vehicle Security System called SIKESMI, utilizing an ESP32 microcontroller, Neo-7M GPS module, SW-420 vibration sensor, and SIM7600L communication module. The system detects suspicious vibrations and tracks the vehicle's location in real-time, sending notifications to users via a web-based interface. The research employs a descriptive evaluative method, involving testing of sensor parameters such as accuracy, error rate, responsiveness, precision, and repeatability. Experiments were conducted under various environmental conditions, both static and dynamic, to ensure the reliability and stability of the system. Results show that the Neo-7M GPS sensor achieves an average accuracy of 0.62 meters, with an accuracy rate of 75.2% and repeatability of 56.67%. Meanwhile, the SW-420 vibration sensor demonstrates a fast response time ranging from 23 to 56 milliseconds, with accuracy and sensitivity reaching 100%, and an error rate below 1%. The system effectively detects changes in position and vibration indicative of theft attempts. In conclusion, the SIKESMI system is successfully implemented with reliable, accurate, and responsive performance in providing active protection for motor vehicles. This system has the potential to become an economical and widely accessible security solution for the public.

Keyword : Internet Of Things (IoT); Motor Vehicle Security Systems; Real-Time Position Tracking; GPS Neo-7M; SW-420 Vibration Sensor; ESP32 microcontroller; SIM7600L Communication Module; Sensor Accuracy.

Diterima: 10 Juli 2025
Direvisi: 15 Juli 2025
Diterima: 19 Juli 2025
Diterbitkan: 29 Juli 2025
Versi sekarang: 30 Juli 2025



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan lisensi Creative Commons Attribution (CC BY SA) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Abstrak: Peningkatan kasus pencurian kendaraan bermotor, khususnya sepeda motor, di Indonesia mengharuskan adanya sistem keamanan yang lebih modern dan efektif dalam hal deteksi serta respons. Penelitian ini mengembangkan Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Berbasis Internet of Things (SIKESMI) dengan menggunakan mikrokontroler ESP32, modul GPS Neo-7M, sensor getar SW-420, dan modul komunikasi SIM7600L. Sistem ini mampu mendeteksi getaran mencurigakan serta memantau posisi kendaraan secara real-time, sekaligus mengirimkan pemberitahuan melalui antarmuka web kepada pemilik kendaraan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif evaluatif, dengan melakukan pengujian meliputi parameter akurasi, tingkat error, responsivitas, presisi, dan repeatability sensor. Uji coba dilakukan dalam berbagai kondisi lingkungan, baik saat kendaraan dalam keadaan diam maupun bergerak, untuk menguji kestabilan dan kehandalan sistem. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sensor GPS Neo-7M memiliki akurasi rata-rata 0,62 meter dengan tingkat ketepatan 75,2% dan repeatability sebesar 56,67%. Sedangkan sensor getar SW-420 memiliki waktu respon yang cepat, yaitu antara 23 hingga 56 milidetik, dengan akurasi dan sensitivitas mencapai 100% serta tingkat error kurang dari 1%. Sistem ini terbukti efektif dalam mendeteksi perubahan posisi dan getaran sebagai tanda adanya upaya pencurian. Kesimpulannya, sistem SIKESMI dapat diimplementasikan dengan performa yang andal, akurat, dan responsif dalam memberikan

perlindungan aktif bagi kendaraan bermotor. Sistem ini memiliki potensi menjadi solusi keamanan yang ekonomis dan mudah diakses oleh masyarakat luas.

Kata kunci: Internet Of Things (Iot); Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor; Pelacakan Posisi Real-Time; GPS Neo-7M; Sensor Getar SW-420; Mikrokontroler ESP32; Modul Komunikasi SIM7600L; Akurasi Sensor.

1. Pendahuluan

Sepeda motor merupakan moda transportasi utama di Indonesia karena efisiensinya dalam menembus kemacetan, sebagaimana ditunjukkan oleh data BPS dan Korlantas Polri yang mencatat dominasi sepeda motor mencapai lebih dari 85% dari total kendaraan bermotor hingga 2023. Sayangnya, tingginya angka kepemilikan ini diiringi oleh meningkatnya tindak kriminal, khususnya pencurian kendaraan bermotor (curanmor), yang dilaporkan mencapai puluhan ribu kasus per tahun. Minimnya sistem keamanan pada motor kelas menengah ke bawah menjadi salah satu penyebab rentannya kendaraan terhadap aksi pencurian, yang kini dilakukan dengan teknik yang semakin canggih.

Upaya sebelumnya dalam pengembangan sistem pelacakan berbasis SMS dan GPS menunjukkan kontribusi awal, namun masih memiliki keterbatasan dari sisi efisiensi, real-time tracking, dan kontrol jarak jauh. Menjawab tantangan ini, peneliti mengusulkan SIKESMI, yaitu sistem keamanan kendaraan berbasis IoT yang mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, GPS Neo-7M, dan modul komunikasi seluler SIM7600L, serta dilengkapi sensor getar SW-420. Sistem ini mendukung pelacakan lokasi secara real-time, aktivasi alarm otomatis, serta notifikasi berbasis web, yang memungkinkan pengguna mengakses dan mengontrol kendaraannya dari jarak jauh.

Kelebihan utama SIKESMI terletak pada integrasi menyeluruh antara perangkat keras dan antarmuka digital, serta adanya fitur tambahan seperti autentikasi sidik jari, tombol darurat, mode anti-begal, dan sistem parkir otomatis. Desainnya yang ekonomis juga memungkinkan adopsi luas di masyarakat. Secara sosial, sistem ini tidak hanya meningkatkan rasa aman pemilik kendaraan, tetapi juga berpotensi menekan angka kejahatan melalui deteksi dan respons dini. Ke depan, SIKESMI memiliki prospek untuk dikembangkan lebih lanjut dengan integrasi AI, koneksi ke layanan darurat, serta pengembangan aplikasi mobile, menjadikannya solusi keamanan kendaraan modern yang adaptif terhadap tantangan zaman.

2. Tinjauan Literatur

Penelitian mengenai sistem keamanan kendaraan bermotor telah mengalami perkembangan signifikan seiring dengan kemajuan teknologi digital, khususnya teknologi Internet of Things (IoT). Sistem keamanan konvensional seperti kunci mekanis dan alarm pasif terbukti tidak lagi efektif menghadapi modus pencurian modern yang semakin kompleks dan canggih (Sutrisno et al., 2021). Oleh karena itu, integrasi teknologi cerdas dalam sistem keamanan kendaraan menjadi kebutuhan mendesak, terutama di negara dengan kepemilikan kendaraan bermotor yang tinggi seperti Indonesia.

Beberapa studi sebelumnya telah mengusulkan penggunaan teknologi GPS dan SMS sebagai solusi awal untuk pelacakan kendaraan. Penelitian oleh Wahyuni dan Rahman (2019) mengembangkan sistem pelacakan berbasis SMS yang mampu mengirimkan lokasi kendaraan secara manual melalui pesan singkat. Muchtar dan Sofyan (2020) juga mengusulkan sistem serupa yang menggabungkan GPS dan kontrol relay melalui SMS. Meskipun inovatif, kedua sistem ini memiliki keterbatasan dalam hal otomatisasi, pelacakan real-time, dan minimnya integrasi antarmuka pengguna berbasis web, sehingga efektivitasnya dalam situasi darurat masih rendah.

Perkembangan teknologi IoT menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif dan real-time terhadap keamanan kendaraan. IoT memungkinkan integrasi berbagai sensor, aktuator, dan perangkat komunikasi dalam satu sistem yang saling terkoneksi dan dapat diakses dari jarak jauh melalui internet (Al-Fuqaha et al., 2015). Studi oleh Prasetyo et al. (2022) menunjukkan bahwa pemanfaatan mikrokontroler seperti ESP32, modul GPS, serta koneksi jaringan seluler dapat membentuk sistem keamanan kendaraan yang aktif dan adaptif. Sensor getar seperti SW-420 juga telah banyak digunakan untuk mendeteksi upaya sabotase atau pencurian yang melibatkan kontak fisik terhadap kendaraan.

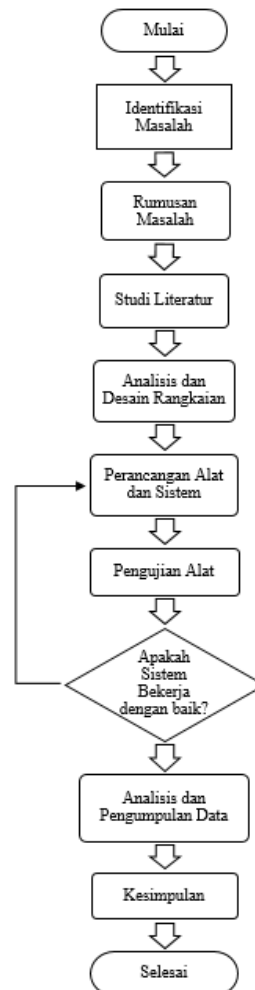
Selain aspek pelacakan, studi-studi mutakhir menekankan pentingnya antarmuka pengguna yang intuitif dan fungsional. Penambahan fitur seperti kontrol jarak jauh, notifikasi real-time, alarm otomatis, serta integrasi sistem autentikasi biometrik dan emergency button terbukti meningkatkan respons pemilik kendaraan terhadap potensi ancaman (Wijaya & Nugroho, 2021).

Namun, sistem yang kompleks sering kali memerlukan biaya tinggi dan konsumsi daya besar. Oleh karena itu, tantangan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang sistem yang efisien secara biaya, hemat daya, namun tetap andal dan responsif. SIKESMI dikembangkan untuk menjawab tantangan tersebut melalui perancangan sistem instrumentasi berbasis IoT yang memadukan aspek teknis, fungsional, serta keterjangkauan.

Dengan mengkaji berbagai literatur dan solusi yang telah ada, penelitian ini berupaya menghadirkan inovasi sistem keamanan kendaraan bermotor yang lebih komprehensif dan dapat diterapkan secara luas di tengah tingginya angka pencurian kendaraan di Indonesia.

3. Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif evaluatif, di mana dalam penelitian ini hanya mendeskripsikan fakta-fakta yang ditemukan tanpa mengadakan perubahan pada masing-masing variabel penelitian. Penelitian deskriptif dalam penelitian ini memakai gambaran atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fenomena atau hubungan antar fenomena yang diselidiki. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian adalah pendekatan evaluatif, dimana peneliti bermaksud mengumpulkan data tentang implementasi yang sudah dilakukan. Penelitian evaluatif pada dasarnya terpusat pada rekomendasi akhir yang menegaskan bahwa suatu obyek evaluasi dapat dipertahankan, ditingkatkan, diperbaiki atau bahkan diberhentikan sejalan dengan data yang diperoleh. Tahapan proses tugas akhir ini ditampilkan dalam bentuk flowchart pada Gambar dibawah ini.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Berdasarkan diagram diatas merupakan susunan penelitian yang dilakukan mulai dari mengidentifikasi masalah apa yang akan diangkat, dilanjut dengan merumuskan masalah yang ditemukan, mencari studi literatur yang bersangkutan, merancang desain rangkaian yang akan dibuat, merancang sistem alat yang akan berjalan, melakukan pengujian alat yang sudah dibuat, Mengambil data dari alat yang sudah berjalan, dan menuliskan kesimpulan dari alat yang sudah berjalan dengan baik.

Adapun proses studi kasus yang digunakan pada penelitian ini adalah:

a. Studi Pustaka

Studi Pustaka merupakan tahap awal dalam metode pengumpulan data yang dilakukan untuk mencari data dan informasi melalui dokumen dokumen, baik dokumen tertulis, foto, gambar ataupun hal lain yang mendukung proses penulisan.

b. Studi Lapangan

Studi lapangan merupakan salah satu tahap yang dilakukan dengan cara pengukuran dan pencatatan terhadap alat yang berhubungan dengan topik penelitian.

3.1. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, yaitu dengan mengamati dan mencatat perilaku atau kondisi objek secara sistematis. Proses ini dibagi dalam tiga tahap:

- a. Tahap pertama: Pengumpulan teori dari berbagai sumber untuk merancang desain alat, komponen, dan program mikrokontroler.
- b. Tahap kedua: Perancangan prototipe sistem otomatisasi dan monitoring.
- c. Tahap ketiga: Pengujian alat berdasarkan tujuan sistem. Jika hasil belum sesuai, tahap dua dan tiga akan disempurnakan.

3.2. Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menyederhanakan hasil observasi dan membandingkannya dengan standar yang telah ditentukan. Pendekatan ini membantu memahami efektivitas sistem dan menyampaikan temuan secara deskriptif.

3.3. Metode Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sensor yang digunakan, melalui tiga parameter:

- a. Akurasi: Menilai seberapa dekat hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya.
- b. Nilai Error: Mengukur selisih antara hasil pengukuran dan nilai ideal.
- c. Repeatability: Menilai konsistensi hasil pengukuran saat dilakukan berulang.

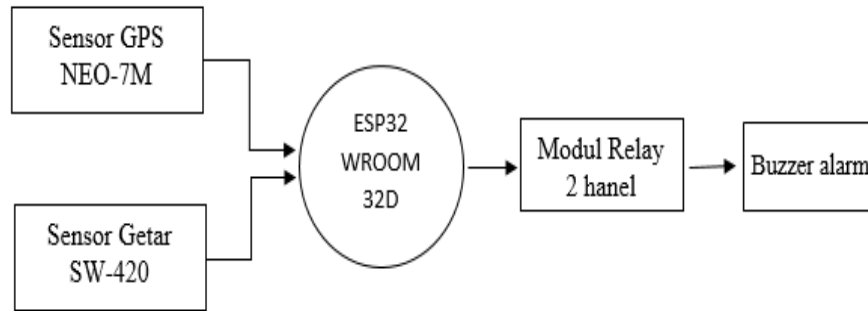
3.4. Metode Pengukuran

Pengujian dilakukan pada dua jenis sensor: GPS Neo-7M dan SW420, dengan rincian:

- a. GPS Neo-7M:
 - 1) Dibandingkan dengan GPS pada handphone untuk menilai akurasi.
 - 2) Diuji kestabilan koordinat dalam durasi panjang (konsistensi).
 - 3) Diuji kekuatan sinyal di berbagai kondisi (dalam ruangan, lapangan terbuka, dan lokasi terhalang).
- b. SW420:
 - 1) Diuji respons terhadap getaran horizontal (kanan-kiri), vertikal (naik-turun), dan saat kendaraan berjalan.

3.5. Perancangan Sistem

Perancangan sistem SIKESMI bertujuan membangun sistem keamanan kendaraan bermotor berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi antara sensor, mikrokontroler, dan sistem monitoring. Sistem ini menggunakan sensor GPS Neo-7M untuk pelacakan lokasi secara real-time dan sensor getar SW420 untuk mendeteksi gangguan fisik. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang mengirimkan data ke pengguna melalui jaringan Wi-Fi atau seluler (SIM7600). Sistem dilengkapi antarmuka pemantauan berupa aplikasi atau website, serta menggunakan sumber daya mandiri seperti baterai isi ulang atau panel surya. Pendekatan ini memungkinkan pemantauan kendaraan dari jarak jauh secara efisien dan akurat serta meningkatkan keamanan terhadap potensi pencurian.

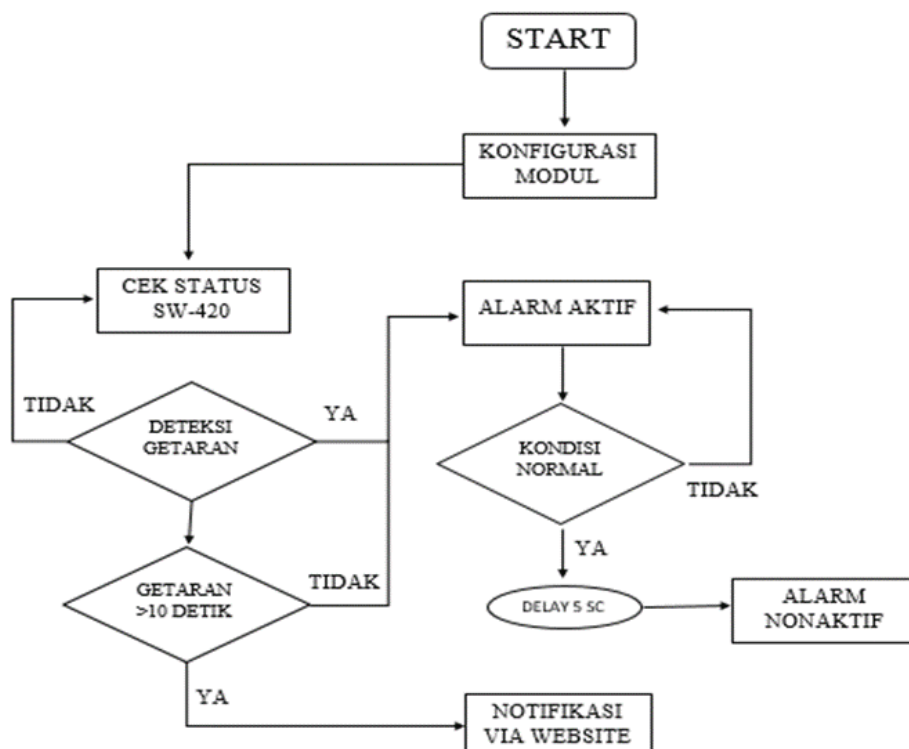


Gambar 2. Blok Diagram Sistem

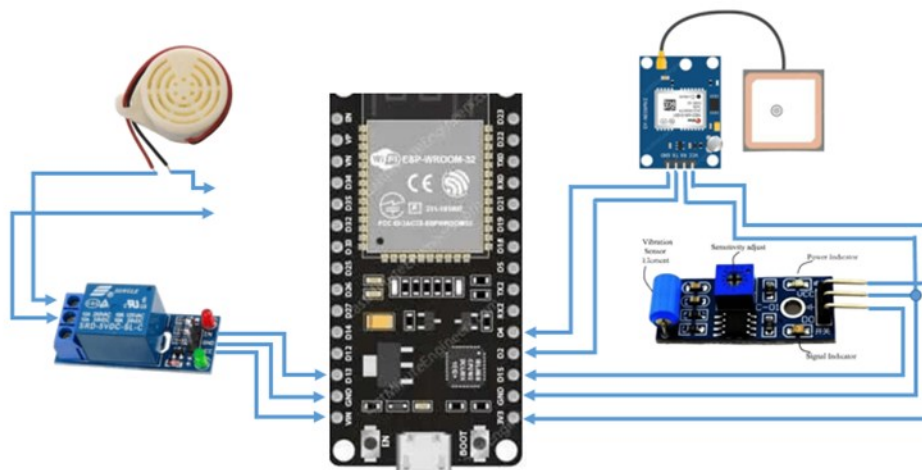
Sistem SIKESMI terdiri dari sensor GPS NEO-7M, sensor getar SW-420, mikrokontroler ESP32, modul relay 2 channel, dan buzzer alarm. Sensor GPS mendeteksi lokasi kendaraan, sementara sensor getar mendeteksi getaran mencurigakan. Keduanya terhubung ke ESP32, yang memproses data dari sensor. Jika terdeteksi getaran atau lokasi mencurigakan, ESP32 akan mengaktifkan relay untuk menyalakan buzzer sebagai peringatan.

3.6. Skematik Sistem

Flowchart dirancang untuk menggambarkan logika kerja sistem keamanan SIKESMI dalam memantau getaran dan posisi kendaraan melalui sensor getar SW-420 dan GPS Neo-7M. Diagram ini menunjukkan alur sistem mulai dari inisialisasi modul, pemantauan sensor, hingga aktivasi alarm dan pengiriman notifikasi ke website. Dengan integrasi deteksi posisi dan getaran, sistem dapat membedakan kondisi normal dan mencurigakan secara akurat, serta merespons secara efisien saat terdeteksi potensi pencurian. Flowchart ini menjadi dasar implementasi sistem keamanan berbasis IoT yang andal dan minim kesalahan.



Gambar 3. Flowchart sw-420



Gambar 4. Skematik Sistem Instrumentasi

Sistem keamanan kendaraan berbasis IoT ini menggunakan mikrokontroler ESP32-WROOM-32D sebagai pusat kendali yang mengolah data dari sensor getar SW-420 dan GPS Neo-7M untuk mendeteksi getaran abnormal atau perpindahan lokasi mencurigakan. Jika ancaman terdeteksi, sistem akan mengaktifkan buzzer melalui modul relay sebagai alarm lokal. ESP32 juga mengirimkan data secara real-time ke server atau aplikasi pemantauan, memungkinkan pemilik memantau kendaraan dari jarak jauh. Sistem didesain dengan catu daya yang stabil (3.3V untuk ESP32 dan sensor, 5V untuk relay), serta konfigurasi pin yang efisien untuk memastikan responsivitas dan akurasi. Integrasi IoT memperluas fungsionalitas sistem, sementara algoritma logika sederhana meminimalkan alarm palsu. Dengan kemampuan untuk dikembangkan lebih lanjut, sistem ini menawarkan solusi keamanan kendaraan yang efektif, hemat biaya, dan sesuai kebutuhan era digital.

3.7 Metode Analisa

Metode analisis dalam penelitian ini difokuskan pada pengujian sistem instrumentasi utama yang digunakan dalam sistem keamanan pencurian kendaraan bermotor berbasis Internet of Things (IoT) bernama SIKESMI. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja dan keandalan komponen utama dalam mendeteksi indikasi pencurian serta menentukan lokasi kendaraan secara akurat. Adapun pengujian yang dilakukan mencakup dua bagian utama, yaitu pengujian sensor getaran SW-420 dan pengujian modul GPS Neo-7M.

a. Pengujian Sensor Getaran SW-420

Tujuan:

Menilai sensitivitas dan efektivitas sensor SW-420 dalam mendeteksi berbagai tingkat getaran, serta memastikan bahwa sistem hanya merespon terhadap getaran yang mengindikasikan potensi pencurian.

Langkah-langkah:

- 1) Sensor dipasang pada badan kendaraan.
- 2) Diberikan stimulasi dalam bentuk tiga jenis getaran: ringan (goyangan halus), sedang (sentakan kecil), dan kuat (benturan keras).
- 3) Dicatat waktu respon dengan menggunakan stopwatch berdasarkan status alarm

b. Pengujian Modul GPS Neo-7M

Tujuan:

Memastikan kemampuan modul GPS dalam menentukan posisi kendaraan secara stabil dan akurat, khususnya saat kendaraan tidak bergerak (untuk penetapan posisi awal).

Langkah-langkah:

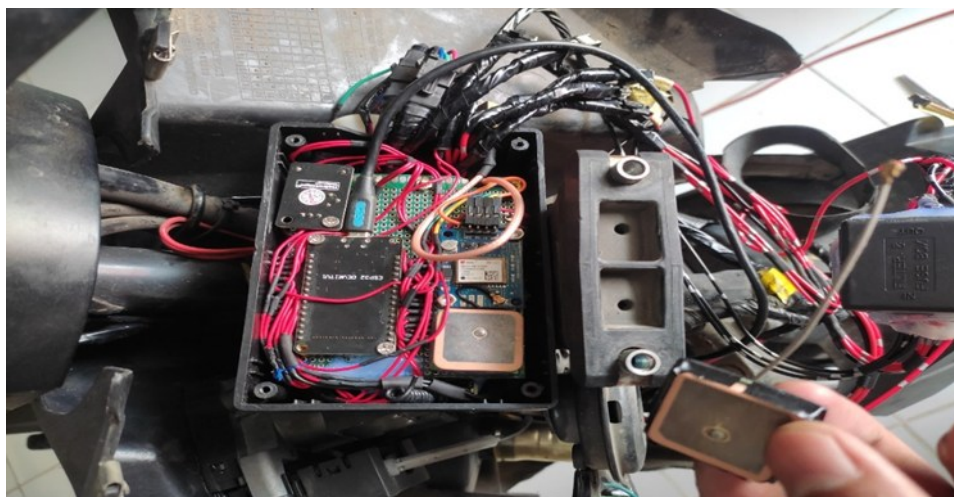
- 1) Modul GPS diaktifkan saat kendaraan dalam kondisi diam.
Dilakukan pengukuran waktu yang diperlukan untuk memperoleh sinyal GPS pertama kali (time to fix).
- 2) Pengujian dilakukan pada tiga kondisi lokasi berbeda:
- 3) Ruang terbuka (tanpa atap)
- 4) Dalam ruangan tertutup (kedap sinyal)
- 5) Luar ruangan dengan atap atau semi-tertutup

- 6) Dicatat hasil pembacaan koordinat (longitude dan latitude) dan kestabilan sinyal dalam masing-masing kondisi.
- 7) Membandingkan hasil keluaran sensor gps dengan handphone

Metode ini dirancang untuk mensimulasikan kondisi nyata di lapangan, agar sistem SIKESMI mampu memberikan respons yang tepat terhadap ancaman pencurian dan melakukan pelacakan lokasi kendaraan secara akurat berdasarkan situasi lingkungan tempat kendaraan berada.

4. Hasil dan Pembahasan

Perangkat keras SIKESMI dirancang untuk menciptakan sistem keamanan kendaraan yang praktis, responsif, dan terintegrasi. ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang mengelola data dari sensor GPS Neo-7M dan sensor getar SW-420, serta mengirimkan informasi melalui modul SIM7600L ke website monitoring. Semua komponen disusun secara ringkas dalam wadah tertutup agar mudah dipasang, terlindungi dari gangguan luar, dan tetap stabil selama penggunaan. Dengan konfigurasi sederhana dan fungsional, sistem ini memungkinkan deteksi dini, aktivasi alarm, dan pengiriman notifikasi lokasi secara real-time, menjadikannya solusi keamanan yang efisien dan fleksibel untuk berbagai kendaraan.



Gambar 5. Instalasi Alat SIKESMI Pada Kendaraan

Lokasi pemasangan dipilih di area tersembunyi dalam bodi kendaraan agar tidak mudah terlihat namun tetap memungkinkan akses teknis jika sewaktu-waktu dibutuhkan. Dalam pemasangannya, seluruh komponen telah dikondisikan agar tidak mengganggu fungsi kendaraan, dan posisi modul juga dijaga agar tetap stabil saat kendaraan digunakan dalam berbagai kondisi jalan.

Dari gambar tersebut juga tampak bahwa modul GPS diletakkan di lokasi yang memungkinkan penerimaan sinyal satelit tetap optimal, sedangkan sensor getar ditempatkan di bagian yang sensitif terhadap gerakan mencurigakan. Secara keseluruhan, proses instalasi berjalan baik tanpa perlu banyak modifikasi pada kendaraan, menunjukkan bahwa sistem SIKESMI sudah memenuhi aspek kemudahan pemasangan, perlindungan fisik, dan fungsionalitas deteksi keamanan kendaraan secara real-time.

4.1 . Hasil Pengujian

Pengujian sistem instrumentasi bertujuan untuk menilai efektivitas sensor getar SW-420 dan modul GPS Neo-7M dalam mendeteksi potensi pencurian kendaraan. Evaluasi dilakukan berdasarkan empat parameter utama: akurasi, persen error, responsivitas, dan presisi. Akurasi mengukur ketepatan deteksi, persen error menunjukkan tingkat kesalahan, responsivitas menilai kecepatan reaksi sistem, dan presisi mengukur konsistensi deteksi yang benar. Hasil pengujian digunakan untuk memvalidasi keandalan dan kesiapan sistem dalam memberikan perlindungan kendaraan secara cepat, akurat, dan konsisten di kondisi nyata.

4.2. Analisa Hasil

4.2.1. Akurasi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul GPS Neo-7M memiliki deviasi rata-rata posisi sebesar 0,62 meter, dengan akurasi sistem mencapai 75,2% dibandingkan titik referensi dari GPS smartphone. Meskipun tidak sempurna, akurasi ini cukup baik untuk aplikasi pelacakan kendaraan real-time, terutama di area terbuka, karena memberikan data posisi yang konsisten dan stabil. Secara keseluruhan, GPS Neo-7M dapat diandalkan sebagai komponen utama sistem pelacakan dengan tingkat kesalahan yang masih dalam batas wajar.

4.2.2. Error (Kesalahan Pengukuran)

Hasil pengujian menunjukkan nilai error rata-rata 0,62 meter dengan deviasi antara 0,11 hingga 1,48 meter, yang dihitung menggunakan rumus Haversine terhadap data referensi GPS smartphone. Nilai error ini jauh lebih kecil dibandingkan batas akurasi maksimum modul sebesar 2,5 meter (CEP), yakni hanya sekitar 24,8% dari batas toleransi. Hal ini menunjukkan bahwa GPS Neo-7M memiliki performa baik dalam hal stabilitas pengukuran dan akurasi posisi, serta konsistensi yang cukup baik meskipun faktor lingkungan seperti multipath dan jumlah satelit dapat memengaruhi hasil. Kesimpulannya, modul ini cocok digunakan untuk sistem pelacakan kendaraan real-time yang memerlukan presisi tinggi.

4.2.3. Repeatability dan Presisi

Repeatability menunjukkan konsistensi pengukuran ketika dilakukan secara berulang pada kondisi yang sama. Pada pengujian ini, dilakukan 30 kali pengukuran pada titik tetap (tanpa pergerakan), kemudian selisih koordinat dicatat untuk dianalisis.

Untuk mengukur jarak antara koordinat hasil pengukuran yang berbeda, digunakan metode Haversine. Metode ini mempertimbangkan kelengkungan bumi, sehingga lebih akurat dibandingkan metode linier (Euclidean), terutama untuk deviasi kecil.

Dari hasil pengujian, didapatkan nilai selisih maksimum pada latitude sebesar $0,000017^\circ$ dan pada longitude sebesar $0,000015^\circ$. Jika dikonversi ke satuan meter, deviasi tersebut berkisar antara ± 1 hingga ± 2 meter.

Repeatability dihitung dengan rumus (3) Nilai repeatability sebesar 56,67% menunjukkan bahwa sensor GPS Neo-7M memiliki konsistensi yang cukup baik, mengingat nilai mendekati 0,5 sebagai indikator konsistensi optimal.

Selain itu, presisi sensor juga dapat dilihat dari sebaran koordinat yang rendah (< 2 meter), yang mengindikasikan sensor mampu memberikan hasil pengukuran yang stabil dan dapat diandalkan.

4.2.4. Responsibilitas

Pengujian sensitivitas dilakukan untuk mengevaluasi seberapa baik modul GPS Neo-7M merespons sinyal satelit dalam tiga kondisi lingkungan yang berbeda: area terbuka, luar ruangan semi-terhalang, dan dalam ruangan tertutup. Sensitivitas diukur berdasarkan perubahan waktu respon modul terhadap kondisi lingkungan, yang mencerminkan kestabilan sistem dalam memperoleh sinyal satelit.

Pada lokasi area terbuka, diperoleh waktu respon berkisar antara 4,12 hingga 4,96 detik dengan rata-rata 4,51 detik. Variasi waktu respon yang relatif kecil ($\Delta t = 0,84$ detik) menunjukkan bahwa modul bekerja secara konsisten dan cepat dalam menangkap sinyal satelit. Berdasarkan perhitungan sensitivitas, nilai sensitivity sebesar 81,37%, yang menandakan bahwa modul sangat responsif terhadap sinyal dalam kondisi tanpa hambatan. Hal ini sejalan dengan karakteristik teknis Neo-7M yang memiliki sensitivitas pelacakan hingga -161 dBm dan akuisisi hingga -147 dBm.

Pada lokasi luar ruangan dengan atap sebagian, waktu respon menunjukkan fluktuasi yang lebih besar, berkisar antara 5,07 hingga 6,96 detik dengan rata-rata 5,60 detik. Variasi Δt sebesar 1,89 detik menghasilkan nilai sensitivity sebesar 66,25%. Penurunan sensitivitas ini mencerminkan adanya hambatan sebagian (seperti kanopi atau struktur atap) yang mengganggu akuisisi sinyal satelit. Meskipun seluruh percobaan tetap menunjukkan status alarm aktif, keterlambatan waktu respon menunjukkan bahwa modul memerlukan waktu lebih lama untuk mendapatkan posisi yang akurat.

Sementara itu, pada lokasi dalam ruangan tertutup, seluruh percobaan menunjukkan waktu respon 0 detik dan status alarm non-aktif. Ini menandakan bahwa modul tidak menerima sinyal sama sekali akibat terhalangnya garis pandang langsung ke langit oleh

struktur bangunan seperti beton atau dinding. Dalam hal ini, repeatability mencapai 100%, yang berarti tidak ada variasi output karena tidak ada sinyal yang diterima. Oleh karena itu, nilai sensitivity sebesar 0%, menandakan bahwa modul GPS Neo-7M tidak mampu bekerja dalam kondisi tertutup sepenuhnya.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa kondisi lingkungan memiliki pengaruh besar terhadap sensitivitas modul GPS Neo-7M. Modul sangat ideal digunakan di area terbuka, masih cukup responsif di bawah naungan sebagian, namun tidak dapat diandalkan di ruang tertutup tanpa dukungan sistem navigasi tambahan. Hal ini penting untuk dipertimbangkan dalam implementasi sistem pelacakan kendaraan, terutama pada skenario urban yang kompleks seperti area parkir bawah tanah atau gedung bertingkat.

a. Akurasi

Sensor SW420 menunjukkan akurasi 100% karena dari 30 percobaan alarm selalu aktif tanpa gagal, baik saat sensor diposisikan horizontal, vertikal, maupun saat kendaraan bergerak. Sensor ini sangat sensitif dan andal dalam mendeteksi getaran, sehingga sangat cocok untuk sistem keamanan real-time.

b. Responsivitas

Waktu respons sensor cukup cepat, dengan rata-rata 56,4 ms (horizontal), 40,1 ms (vertikal), dan 23,4 ms (kendaraan bergerak), sesuai standar datasheet (10-100 ms). Sensitivitas sensor juga 100%, menandakan sinyal getaran diberikan dengan cepat dan konsisten.

c. Persen Error

Tidak ditemukan alarm palsu, sehingga persentase error hampir nol persen (<1%). Sensor bekerja sesuai dengan rangsangan fisik yang diberikan, menunjukkan tingkat kesalahan sangat rendah dan sesuai dengan standar pengukuran.

5. Perbandingan

Penelitian SIKESMI (Sistem Keamanan Pencurian Kendaraan Bermotor berbasis IoT) menunjukkan keunggulan dibandingkan beberapa penelitian terkini dalam bidang yang sama. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 dan modul SIM7600L yang mendukung jaringan 4G, lebih unggul dibandingkan penelitian lain yang masih menggunakan Arduino dengan modul GSM 2G seperti SIM800L. Dalam aspek pelacakan lokasi, modul GPS Neo-7M yang digunakan menunjukkan akurasi tinggi dengan deviasi rata-rata hanya 0,62 meter, lebih baik dibandingkan Neo-6M yang umum digunakan dalam penelitian sebelumnya. Selain itu, sensor getar SW-420 dalam sistem ini memiliki akurasi 100% dan waktu respons di bawah 60 milidetik, menunjukkan performa yang sangat andal dan konsisten dibandingkan accelerometer seperti MPU6050 yang memerlukan kalibrasi lebih kompleks.

6. Kesimpulan

- Berdasarkan proses perancangan, implementasi, dan pengujian terhadap sistem instrumentasi keamanan kendaraan berbasis Internet of Things (SIKESMI), maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:
- Sistem SIKESMI yang saya rancang terbukti mampu bekerja dengan baik sesuai tujuan. Perangkat ini menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, modul GPS Neo-7M untuk pelacakan lokasi, serta sensor getaran SW-420 untuk mendeteksi indikasi pencurian. Semua komponen dapat saling terintegrasi dengan baik dan mendukung pengiriman data secara real-time ke website pemantauan.
- Dari hasil pengujian, GPS Neo-7M menunjukkan akurasi yang cukup baik dengan rata-rata selisih koordinat sekitar 0,62 meter jika dibandingkan dengan aplikasi GPS pada handphone. Sistem ini juga memiliki tingkat akurasi sebesar 75,2% dan repeatability sekitar 56,67%, yang artinya pembacaan GPS cukup stabil di tempat yang sama.
- Sensor getaran SW-420 juga menunjukkan performa yang cukup andal. Waktu respons sensor terhadap getaran tergolong cepat (antara 23 hingga 56 milidetik), dan tingkat kesalahan dari hasil pembacaan sangat kecil (kurang dari 1%). Selain itu, pengujian terhadap kondisi getaran vertikal, horizontal, dan kendaraan berjalan menghasilkan nilai repeatability yang konsisten hingga mencapai 74%.

- e. Sistem instrumentasi ini secara keseluruhan mampu mengidentifikasi adanya getaran yang mencurigakan maupun perpindahan posisi kendaraan, dan kemudian mengaktifkan alarm serta mengirimkan notifikasi melalui website secara cepat dan responsif. Hal ini membuktikan bahwa sistem mampu mendukung fungsi pengamanan kendaraan secara aktif.

Kontribusi Penulis: Penulis berkontribusi dalam merancang dan membangun sistem keamanan kendaraan berbasis Internet of Things (IoT) bernama SIKESMI, yang mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, sensor getar SW-420, modul GPS Neo-7M, dan modul SIM7600L untuk mendeteksi serta mengirimkan notifikasi pencurian secara real-time ke antarmuka web. Sistem dirancang agar ringkas, tahan terhadap kondisi lingkungan kendaraan, dan mudah dipasang. Melalui pengujian menyeluruh terhadap akurasi, responsivitas, dan presisi, penulis membuktikan bahwa sistem ini memiliki performa tinggi dan andal, serta memberikan keunggulan dibandingkan penelitian sebelumnya dalam hal efektivitas, efisiensi, dan kemudahan implementasi.

Pendanaan: Penelitian ini dilakukan secara mandiri dan tidak menerima pendanaan dari pihak manapun, baik institusi pemerintah, swasta, maupun lembaga donor. Seluruh biaya yang diperlukan dalam perancangan, pengujian, dan pengembangan sistem SIKESMI ditanggung oleh penulis sebagai bagian dari kontribusi pribadi terhadap pengembangan teknologi keamanan berbasis Internet of Things (IoT).

Pernyataan Ketersediaan Data: Seluruh data yang digunakan dan dihasilkan dalam penelitian ini tersedia dan dapat diakses atas permintaan kepada penulis. Data mencakup hasil pengujian sensor, rekaman koordinat GPS, serta konfigurasi sistem perangkat keras dan perangkat lunak. Informasi tambahan dapat diberikan kepada peneliti lain untuk kepentingan replikasi atau pengembangan lebih lanjut, dengan tetap menjaga prinsip transparansi dan etika penelitian.

Ucapan Terima Kasih: Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahnya, serta kepada rekan-rekan yang telah membantu dalam proses perancangan dan pengujian sistem. Penulis juga berterima kasih kepada institusi yang telah menyediakan fasilitas dan sarana pendukung sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam penelitian ini. Seluruh proses perancangan, pelaksanaan, dan pelaporan dilakukan secara independen tanpa adanya pengaruh dari pihak manapun yang dapat memengaruhi hasil dan kesimpulan penelitian.

Referensi

- [1] Badan Pusat Statistik, "Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Tahun 2020," 2021. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id>. [Accessed: 2-May-2025].
- [2] Korlantas Polri, "Data Registrasi Kendaraan Bermotor," 2023. [Online]. Available: <https://korlantas.polri.go.id>. [Accessed: 2-May-2025].
- [3] Kompas, "Kasus Curanmor Meningkat, Polisi Imbau Gunakan Kunci Ganda," 2022. [Online]. Available: <https://www.kompas.com>. [Accessed: 2-May-2025].
- [4] CNN Indonesia, "Korban Begal Sepeda Motor di Jakarta Naik 25% Selama Pandemi," 2023. [Online]. Available: <https://www.cnnindonesia.com>. [Accessed: 2-May-2025].
- [5] M. Muchtar and A. Sofyan, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis SMS Gateway," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 45–50, 2020.
- [6] S. Wahyuni and H. Rahman, "Implementasi Sistem Keamanan Kendaraan Menggunakan GPS dan SMS," *J. Informatika: JIF*, vol. 13, no. 2, pp. 85–90, 2019.
- [7] S. Puspita and A. Kurniawan, "IoT-based Vehicle Theft Prevention System Using ESP32 and GSM," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 182, no. 30, 2022.
- [8] E. Nugroho and A. D. Utami, "Perancangan Sistem Keamanan Kendaraan Berbasis Web IoT," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 26, no. 3, pp. 112–120, 2021.
- [9] S. N. Reynara, U. Latifa, and L. Nurpulaela, "Perancangan Sistem Instrumentasi Berbasis Internet Of Things Pada Modern Agriculture," *Aisyah J. Informatics and Electr. Eng. (AJIEE)*, vol. 5, no. 1, pp. 76–87, 2023.
- [10] Hudati, D. Y. Kusuma, N. B. Permatasari, and R. R. Pebriani, "Sensor Ultrasonik Waterproof A02YYUW Berbasis Arduino Uno pada Sistem Pengukuran Jarak," *J. Listrik, Instrum., dan Elektron. Terapan*, vol. 2, no. 2, 2021.

- [11] Zarkasi, K. Nurhanafi, and S. An. Syahrir, "Internet of Things (IoT)-based Microclimate Parameter Measurement Tool (Temperature, Humidity, and Sunlight Intensity) for Coastal Areas," *J. Fisika Flux: J. Ilm. Fis. FMIPA Univ. Lambung Mangkurat*, vol. 21, no. 1, pp. 27–37.
- [12] Rahman, "Precision and Accuracy of Ultrasonic and Infrared Laser ToF IoT Sensors," *J. Informatics and Telecommun. Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 219–226, 2025.
- [13] N. P. W. S. Dewi and M. L. Singgih, "Meningkatkan Akurasi dan Presisi Measurement System Analysis Dengan Pendekatan Process Oriented Basis Representation (Studi Kasus: PT. XYZ)," in *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXIII*, vol. 1, 2015.
- [14] I. Mohideen and B. Assiri, "Internet of Things (IoT): Classification, secured architecture based on data sensitivity, security issues and their countermeasures," *J. Inf. & Knowl. Manag.*, vol. 20, supp. 01, p. 2140001, 2021.
- [15] R. D. W. Putra and R. P. N. Indradjati, "Studi Deskriptif–Evaluatif Bentuk Tipologi Kawasan (Pembelajaran Dari Kota Surabaya)," *J. Pengemb. Kota*, vol. 9, no. 2, pp. 124–142, 2021.
- [16] R. Adelia, L. Nurpulaela, and I. Ibrahim, "Rancang Bangun Sistem Proteksi Pada Lightning Protection Device Berbasis Internet of Things," *J. Ilm. Wahana Pendidikan*, vol. 8, no. 17, pp. 419–430, 2022.
- [17] W. Darmalaksana, *Metode penelitian kualitatif studi pustaka dan studi lapangan*, Pre-Print Digital Library UIN Sunan Gunung Djati Bandung, 2020.
- [18] R. Abubakar, *Pengantar metodologi penelitian*, Yogyakarta: SUKA-Press UIN Sunan Kalijaga, 2021.
- [19] Arshad, H., & Zayed, T. (2024). A Multi-Sensing IoT System for MiC Module Monitoring during Logistics and Operation Phases. *Sensors*, 24(15), 4900.
- [20] D. Singh, A. Sandhu, A. Thakur, and N. Priyank, "An overview of IoT hardware development platforms," *Int. J. Emerg. Technol.*, vol. 11, no. 5, pp. 155–163, 2020.
- [21] O. E. Amestica, P. E. Melin, C. R. Duran-Faundez, and G. R. Lagos, "An experimental comparison of Arduino IDE compatible platforms for digital control and data acquisition applications," in *2019 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, 2019, pp. 1–6.
- [22] H. Jamaludin, "Designing ESP32 Base Shield Board for IoT Application," *Politeknik & Kolej Komuniti Journal of Engineering and Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 130–137, 2020.
- [23] R. Gondosubroto, *Internet of Things from Scratch: Build IoT solutions for Industry 4.0 with ESP32, Raspberry Pi, and AWS*. Packt Publishing Ltd., 2024.
- [24] R. P. D. T. Rathnayaka, K. V. J. P. Ekanayake, H. U. W. Rathnayaka, and H. R. Jayatileke, "Fleet management with real-time data analytics," in *2021 6th International Conference on Information Technology Research (ICITR)*, 2021, pp. 1–6.
- [25] K. Thopate, D. T. Mane, S. D. Rajput, N. B. Pokale, and R. V. Bidwe, "IoT Based Induction Motor Health Surveillance System by Detecting Vibrations and Monitoring Temperature," unpublished.
- [26] M. H. Widiyanto, "Pengaplikasian Sensor Hujan dan LDR untuk Lampu Mobil Otomatis Berbasis Arduino Uno," *RESISTOR (elektRonika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmputeR)*, vol. 1, no. 2, pp. 79–84, 2018.
- [27] C. H. P. Karmelino and M. T. Ir Sri Danaryani, "Rancang Bangun Prototype Sistem Penguras Kolam Renang Berbasis IoT," in *Seminar Nasional Teknik Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 226–231, 2021.