

Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Keselamatan Dengan Fitur Live Tracking Pada Mobil Rental

Syifaurohman¹, Zakiyah Amalia²

¹ Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang ; email : 2141220075@student.polinema.ac.id

² Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang ; email : zakiyah_amalia@polinema.ac.id

Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141

* Penulis : Syifaurohman

Abstract: The rapid development of the car rental industry demands a more sophisticated, efficient, and safe fleet supervision system. This research aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based monitoring and safety system with live tracking features on rental vehicles. The system incorporates a GPS module for location tracking, an ESP32 S3 microcontroller as a data processing center, as well as a geofencing feature to detect vehicle movements outside of a predetermined operational area. Data is sent and monitored in real-time through the Telegram platform. The test was conducted to analyze the effect of distance on the response time of the data transmission, as well as the relationship between engine rotation (RPM) and engine temperature. The results showed a positive relationship between distance and response time, where the farther the vehicle is from the Base Transceiver Station (BTS), the greater the delay value, with an average response time of 5,402 ms. Meanwhile, the highest engine temperature was recorded at 2000 r/min at 96°C, but the temperature returned to stability at 4000 r/min due to improved cooling efficiency. As an effort to prevent overheating, the system is equipped with a second fan motor that is active in the temperature range of 96°C to 94°C. Statistical tests using ANOVA One-Way and normality tests showed a significant influence between variables, so that the system designed proved to be effective in improving the supervision and safety of rental vehicles.

Keywords: Rental safety, Live tracking, IoT, Geofence, Telegram.

Abstrak: Pesatnya perkembangan industri rental mobil menuntut adanya sistem pengawasan armada yang lebih canggih, efisien, dan aman. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring dan keselamatan berbasis Internet of Things (IoT) dengan fitur live tracking pada kendaraan rental. Sistem ini menggabungkan modul GPS untuk pelacakan lokasi, mikrokontroler ESP32 S3 sebagai pusat pemrosesan data, serta fitur geofencing untuk mendeteksi pergerakan kendaraan di luar area operasional yang telah ditentukan. Data dikirim dan dipantau secara real-time melalui platform Telegram. Pengujian dilakukan untuk menganalisis pengaruh jarak terhadap waktu respon pengiriman data, serta hubungan antara putaran mesin (RPM) dengan temperatur mesin. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan positif antara jarak dan waktu respon, di mana semakin jauh kendaraan dari Base Transceiver Station (BTS), semakin besar nilai delay, dengan rata-rata waktu respon sebesar 5,402 ms. Sementara itu, suhu tertinggi mesin tercatat pada 2000 r/min sebesar 96°C, namun suhu kembali stabil pada 4000 r/min karena peningkatan efisiensi pendinginan. Sebagai upaya pencegahan overheat, sistem dilengkapi dengan motor fan kedua yang aktif pada rentang suhu 96°C hingga 94°C. Uji statistik menggunakan ANOVA One-Way dan uji normalitas menunjukkan adanya pengaruh signifikan antar variabel, sehingga sistem yang dirancang terbukti efektif dalam meningkatkan pengawasan dan keselamatan kendaraan rental.

Kata kunci: Keselamatan rental, Pelacakan secara langsung, IoT, Batas wilayah, Telegram.

Diterima: Mei 07, 2025

Direvisi: Mei 27, 2025

Diterima: Juni 09, 2025

Diterbitkan: Juni 11, 2025

Versi sekarang: Juni 22, 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/>)

1. Pendahuluan

Jurnal Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai sektor, termasuk sektor transportasi. Salah satu bidang yang mengalami pertumbuhan pesat adalah industri penyewaan kendaraan (rental mobil), yang kini semakin mengandalkan teknologi cerdas untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasionalnya (Shuttle, 2024). Kebutuhan akan kendaraan sewa yang fleksibel dan siap digunakan kapan saja kian meningkat, seiring dengan melonjaknya jumlah perjalanan domestik. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2023 tercatat lebih dari 703 juta perjalanan wisatawan domestik, meningkat 12,8% dibandingkan tahun sebelumnya (Noviardy & Aliya, 2020). Kondisi ini memberikan dorongan besar terhadap usaha rental mobil sebagai solusi transportasi jangka pendek yang efisien.

Namun demikian, perusahaan rental mobil menghadapi tantangan serius, terutama dalam hal pengawasan armada secara real-time dan penjaminan keselamatan kendaraan saat digunakan oleh penyewa. Berdasarkan pengamatan di lapangan, masih banyak penyedia jasa rental yang mengandalkan metode konvensional untuk pemantauan armada, seperti pencatatan manual atau komunikasi langsung dengan pengemudi. Pendekatan ini rentan terhadap keterlambatan informasi, penyalahgunaan kendaraan, hingga sulitnya melakukan pelacakan ketika terjadi masalah di jalan. Keluhan dari customer akibat kendaraan yang mengalami kerusakan mendadak, serta keterbatasan informasi kondisi kendaraan, menjadi masalah nyata yang berpengaruh terhadap kepuasan pelanggan dan reputasi perusahaan.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengusulkan penerapan sistem pemantauan kendaraan berbasis GPS dan IoT untuk mengatasi persoalan ini (Alfith et al., 2024). Merancang sistem pelacak kendaraan menggunakan GPS dan modul ESP32 S3 untuk mengirimkan lokasi kendaraan secara berkala. Di sisi lain Dwipanegara et al., (2021) mengembangkan sistem pemantauan suhu mesin berbasis Arduino sebagai alat pendeteksi dini terhadap overheat kendaraan. Kelebihan pendekatan tersebut terletak pada kemudahan integrasi dan biaya implementasi yang relatif rendah. Namun, sebagian besar sistem tersebut masih memiliki keterbatasan, seperti kurangnya fitur keselamatan tambahan (geofencing, sistem alarm, deteksi suhu ekstrem), keterbatasan jangkauan komunikasi, serta belum terintegrasi dalam satu sistem terpadu yang mampu menampilkan data secara real-time dalam bentuk visual.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan sebuah sistem monitoring dan keselamatan kendaraan berbasis Internet of Things (IoT) dengan fitur live tracking, pemantauan temperature engine, RPM, serta batasan wilayah (geofencing). Sistem ini memanfaatkan modul ESP32, sensor suhu, sensor RPM, serta modul GPS dan GSM untuk mendukung komunikasi jarak jauh dan pelacakan kendaraan secara real-time. Data dari kendaraan kemudian ditampilkan melalui platform ThingSpeak sebagai dashboard visual. Selain itu, ditambahkan pula kontrol sistem pendingin tambahan berbasis elektrik, sebagai langkah preventif saat temperatur mesin melebihi ambang batas aman. Adapun kontribusi utama dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Merancang dan membangun sistem monitoring kendaraan yang terintegrasi dengan fitur live tracking berbasis GPS.
- Menambahkan komponen keselamatan seperti notifikasi suhu ekstrem, geofencing, dan aktivasi kipas tambahan secara otomatis.
- Menguji pengaruh jarak terhadap kecepatan pengiriman data, serta hubungan antara RPM dan temperatur mesin.
- Menggunakan platform Telegram untuk visualisasi data secara real-time, yang dapat diakses oleh pemilik kendaraan.
- Menyediakan pendekatan sistem monitoring yang dapat diadopsi oleh industri rental mobil berskala kecil-menengah.

2. Tinjauan Literatur

2.1 Kajian Teori dan Literatur

Dalam pengembangan sistem monitoring dan keselamatan dengan fitur *live tracking* pada mobil rental, diperlukan berbagai komponen utama yang mendukung fungsionalitas sistem secara optimal. Komponen – komponen ini mencakup perangkat keras seperti *module* GPS untuk pelacakan lokasi.

- Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang menghubungkan perangkat fisik seperti sensor, mikrokontroler, dan aktuator melalui internet untuk mengolah data secara otomatis. Dalam sistem monitoring mobil rental, IoT memungkinkan pemilik memantau kondisi dan lokasi kendaraan secara real-time. Teknologi ini mengintegrasikan GPS untuk pelacakan, modul komunikasi (GSM/WiFi) untuk pengiriman data, dan mikrokontroler seperti ESP32 sebagai pusat kendali. Sistem juga dilengkapi fitur keselamatan seperti pemutusan mesin, alarm, dan notifikasi saat terjadi kondisi abnormal (Efendi, 2018).

- Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System (GPS) adalah sistem navigasi satelit yang menentukan posisi objek di bumi menggunakan koordinat latitude dan longitude. GPS bekerja dengan menerima sinyal dari minimal empat satelit untuk menghitung lokasi secara akurat. Dalam sistem monitoring kendaraan, GPS berperan penting dalam fitur *live tracking* (Arif Budiman et al., 2020). Modul seperti NEO-6M diproses oleh mikrokontroler (misalnya ESP32), dan data lokasinya dikirim melalui jaringan GSM atau WiFi (Wibisono Darmawan et al., 2020).

- Geofencing (Batas Wilayah)

Geofencing adalah teknologi berbasis lokasi yang memungkinkan sistem mendeteksi pergerakan objek masuk atau keluar dari area geografis tertentu yang ditentukan melalui koordinat GPS. Dalam sistem monitoring kendaraan, geofence berfungsi sebagai pengawasan tambahan, khususnya untuk kendaraan rental. Jika kendaraan melewati batas wilayah yang ditetapkan, sistem akan mengirim notifikasi ke pemilik melalui aplikasi Telegram dan mengaktifkan alarm (Maureta et al., 2022).

- RPM (Putaran Mesin) dan Temperature

RPM (Revolutions Per Minute) adalah jumlah putaran poros engkol mesin dalam satu menit. RPM digunakan sebagai indikator kinerja mesin, efisiensi bahan bakar, dan waktu ideal untuk perpindahan gigi. RPM ideal mobil umumnya berada pada kisaran 2.000–3.000 RPM (Pramayudha et al., 2020). Untuk menghitung RPM berdasarkan jumlah pulsa dari sensor, digunakan rumus:

$$\text{RPM} = \frac{\text{Jumlah Pulsa}}{\text{Waktu (detik)}} \times \frac{60}{\text{Pulsa permenit}}$$

Cooling system pada mobil berfungsi menjaga suhu mesin tetap stabil dengan mengalirkan cairan pendingin ke radiator untuk membuang panas berlebih. Mobil modern biasanya menggunakan sensor Engine Coolant Temperature (ECT) tipe NTC, yang membaca suhu cairan pendingin dan mengirimkan data ke Engine Control Module (ECM) untuk mengontrol hidup-mati kipas elektrik. Pada mesin Toyota 1NR-VE, suhu kerja normal berada di antara 80–95°C (Yudha et al., 2020).

- Mikrokontroler dan Ublox Neo6M

Mikrokontroler yang penulis gunakan pada penelitian ini adalah ESP32 S3 N16R8, yaitu mikrokontroler modern dengan prosesor dual-core, konektivitas WiFi dan Bluetooth, serta dukungan memori dan jumlah pin I/O yang cukup untuk menangani berbagai sensor dan modul secara simultan. ESP32 digunakan sebagai pusat kendali yang memproses data dari sensor GPS, suhu mesin, RPM, dan tegangan, kemudian mengirimkannya ke platform pemantauan secara real-time melalui koneksi internet (Alfith et al., 2024). Modul GPS u-blox Neo-6M adalah penerima sinyal GPS yang umum digunakan dalam sistem navigasi berbasis mikrokontroler. Modul ini bekerja pada frekuensi L1 (1575.42 MHz), mendukung tegangan 3.3–5V, dan mengonsumsi arus sekitar 45 mA. Dengan akurasi posisi ±2.5 meter, Neo-6M cocok untuk pelacakan kendaraan, pemetaan lokasi, dan sistem keamanan berbasis lokasi (Firdaus & Ismail, 2020).

- Komponen Pasif Aktif

Komponen pasif adalah komponen elektronika yang tidak memerlukan sumber tegangan atau arus eksternal untuk beroperasi, sedangkan komponen aktif adalah komponen memerlukan sumber tegangan atau arus eksternal untuk berfungsi (Setiyo, 2017). Berikut komponen yang penulis gunakan pada penelitian ini:

- Komponen Pasif; Op Amp 741, IC 7805, Lm317, Transistor C828, LED, Buzzer.

- Komponen Aktif; Capacitor, Resistor, Variable Resistor.

2.2 Kerangka Konsep Penelitian

Konsep penelitian ini terdiri dari tiga (3) bagian, yaitu input – control – Output. Seperti yang disajikan pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Kerangka penelitian

| Input | Control | Output |
|-----------------|--------------------|------------------------|
| GPS uBlox Neo6M | ESP32 S3 N16R8 | Latitude Longitude |
| Modem Wifi 4G+ | Node MCU | Buzzer & LED |
| Sensor ECT | Provider Telkomsel | Notifikasi Telegram |
| Actuator Coil | | LCD 20*4 i2C |
| | | Relay Module 2 Channel |

3. Metode

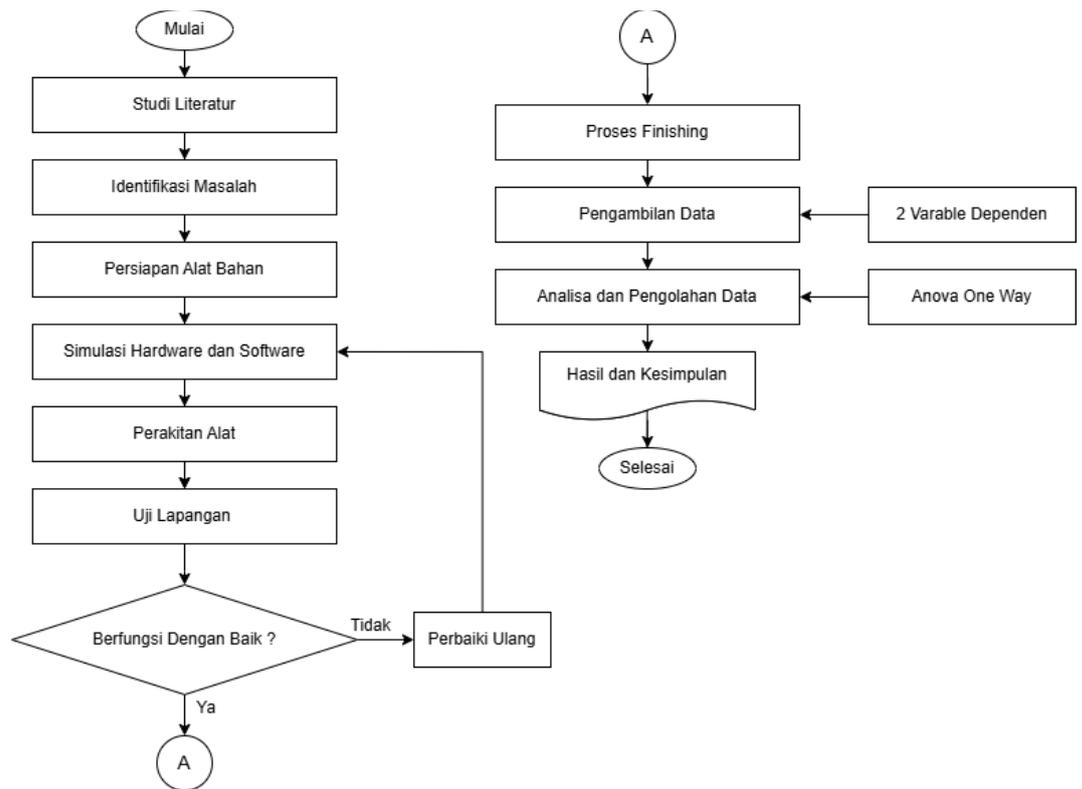
Penelitian ini termasuk dalam klasifikasi penelitian eksperimen, yaitu membuat sebuah alat yang terdiri dari perangkat lunak dan perangkat keras. Alat ini berfungsi memonitoring kendaraan secara jarak jauh. Serta memberikan sebuah sistem keselamatan dan keamanan terhadap kenaikan temperature engine serta batas wilayah yang dilalui kendaraan berupa peringatan didalam kabin kendaraan.

Tempat penelitian adalah Jl. Panjaitan No.53, Dusun Sedayu, Kec. Turen, Kabupaten Malang. Hingga Pantai Wedi Awu Dusun Balearjo, Purwodadi, Kec. Tirtoyudo, Kabupaten Malang, Jawa Timur 65182 dan waktu penelitian 1 Februari – 23 Juni 2025. Terdapat tiga jenis variable pada saat melakukan penelitian antara lain :

- o Variabel bebas
 Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan dengan memperhatikan dua variabel utama, yaitu jarak antara mikrokontroler dan kendaraan dengan Base Transceiver Station (BTS) serta variasi putaran mesin. Pengujian jarak dilakukan pada rentang 1 km hingga 30 km (1, 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 km) untuk menganalisis pengaruhnya terhadap kecepatan pengiriman data dari sistem ke server. Sementara itu, variasi putaran mesin diuji pada tingkat rendah (800 rpm), sedang (2000 rpm), dan tinggi (4000 rpm) untuk mengetahui hubungan antara RPM dan suhu mesin.
- o Variabel terikat
 Variabel terikat (dependent variable) dalam penelitian ini terdiri dari dua indikator utama. Pertama, kecepatan waktu respon alat yang diukur dalam satuan milidetik (ms) untuk mengevaluasi seberapa cepat sistem dapat mengirimkan data monitoring ke server atau platform pemantauan. Kedua, suhu mesin (temperature engine) yang dibaca menggunakan sensor Engine Coolant Temperature (ECT) dalam satuan derajat Celsius (°C). Nilai ini menunjukkan kondisi termal mesin dan menjadi parameter penting untuk mengaktifkan sistem pendingin otomatis sebagai upaya pencegahan terhadap overheating.
- o Variabel terkontrol
 Variabel terkontrol (control variable) dalam penelitian ini meliputi beberapa komponen utama yang dijaga konstan selama proses pengujian. Jenis provider yang digunakan adalah Telkomsel 4G+, dipilih karena memiliki cakupan jaringan yang luas dan waktu respon yang cepat. Selain itu, mikrokontroler ESP32 seri S3 N16R8 digunakan secara konsisten sebagai unit kendali utama dalam sistem. Pemrograman mikrokontroler dilakukan menggunakan bahasa C++ melalui software Arduino IDE, guna memastikan kompatibilitas perangkat lunak dan stabilitas kinerja sistem selama pengujian berlangsung.

3.1 Teknik Pengumpulan Data

Data hasil penelitian ini di uji menggunakan metode Anova One – Way untuk mengetahui apakah ada pengaruh antara dua (2) variable dependen dan independent. Serta uji normalitas, untuk menguji apakah data residual berdistribusi normal.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Metode pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

- Menyiapkan alat dan bahan penelitian
- Intalasi *hardware* di mobil yang akan digunakan (Gambar A)
- Memantau data pada serial monitor (M)
- Pengujian pertama, kendaraan melaju dari jarak 1 km dari lokasi *Base Transceiver Station* (BTS).
- Sampai di titik lokasi satu kendaraan berhenti melaju, lalu pedal di gas stabil 800 rpm selama dua (2) menit untuk ditarik data *temperature* dan kecepatan pengiriman data dilokasi tersebut.
- Kendaraan posisi *idle* selama 10 menit.
- Lakukan prosedur ulang sebanyak tiga (3) kali repetisi.
- Manuju lokasi kedua / 5 Km dari BTS.
- Pengambilan data pengujian dua pedal gas diinjak stabil di 2000, lalu 4000 rpm.
- Pengambilan data kedua kurang lebih sama tetapi berpindah jarak dari lokasi pertama yaitu 5 km dari sumber sinyal / BTS dst.
- Amati kenaikan *temperature*.
- *Temperature* naik dan melewati ambang yaitu 96 – 94 °C batas maka fan motor kedua akan menyala, untuk motor fan bawaan nya akan menyala pada suhu 95 – 93 °C.
- Ketika *Malfunction Indicator Lamp* (MIL) nyala ditengah jalan selama 1 satu (1) menit maka muncul notifikasi ke pengguna.
- Ketika melewati batas wilayah (*geofancing*) maka muncul notifikasi sehingga memungkinkan pemilik untuk menonaktifkan kendaraan agar berhenti, komponen yang dinonaktifkan adalah *fuel pump*.
- *Monitoring* dua (2) pokok utama di atas bila kendaraan melaju, yaitu kenaikan suhu dan kecepatan respon data.
- Menganalisis data dan mengambil kesimpulan

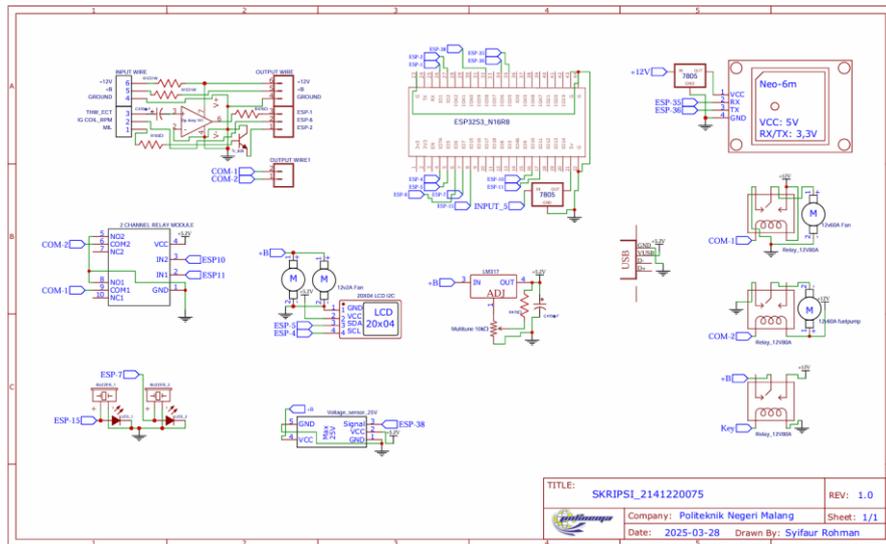
- Setelah diperoleh akan diinputkan pada tabel yang kemudian dianalisisa dan diambil kesimpulan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Design Alat

- **Schematic**

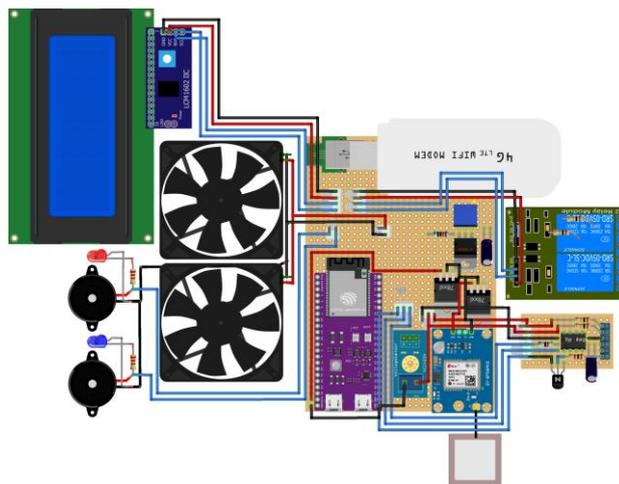
Design schematic seperti yang tampak pada gambar 4.1 ini dibuat menggunakan software aplikasi EasyEDA.



Gambar 4.1 Schematic

- **Breadboard**

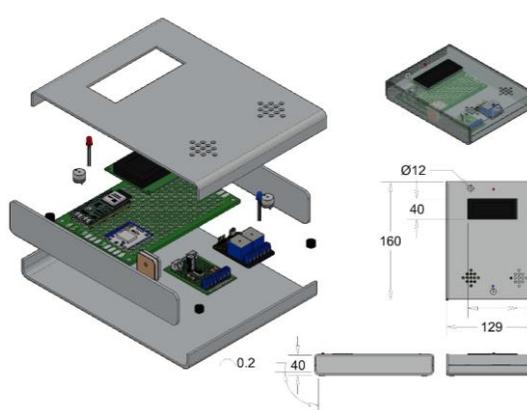
Design breadboard seperti yang tampak pada gambar 4.2 ini dibuat menggunakan software aplikasi Fritzing, dengan jumlah 22 komponen dalam satu (1) box module.



Gambar 4.2 Breadboard

- **3D Model**

Design alat (box) seperti yang tampak pada gambar 4.3 ini dibuat menggunakan software aplikasi Autocad 2023. Material yang digunakan adalah black box plastic jenis X8 dengan ukuran 12,9*16*4 cm.



Gambar 4.3 3D Model

4.2 Data Hasil

- o Jarak Terhadap Kecepatan Respon

Berdasarkan tabel 4.1 pengujian dilakukan pada tujuh (7) variasi jarak. Setiap jarak diuji sebanyak tiga (3) kali repetisi untuk mendapatkan hasil rata – rata yang lebih akurat.

Tabel 4.1 Jarak BTS – Kec Respon

| Jarak (km) | Putaran Mesin (r/min) | Kecepatan Respon (ms) | | | Rata rata |
|-------------|-----------------------|-----------------------|--------|--------|-----------|
| | | Uji 1 | Uji 2 | Uji 3 | |
| 1 | 800 | 2,237 | 2,467 | 2,445 | 2,383 |
| | 2000 | 2,070 | 2,422 | 2,186 | 2,226 |
| | 4000 | 2,062 | 2,253 | 2,096 | 2,137 |
| 5 | 800 | 3,883 | 3,443 | 3,616 | 3,647 |
| | 2000 | 3,675 | 3,070 | 3,062 | 3,269 |
| | 4000 | 4,708 | 3,782 | 3,690 | 4,060 |
| 10 | 800 | 4,789 | 3,678 | 3,766 | 4,078 |
| | 2000 | 3,885 | 3,899 | 4,741 | 4,175 |
| | 4000 | 3,858 | 3,009 | 3,446 | 3,438 |
| 15 | 800 | 5,490 | 5,182 | 6,013 | 5,562 |
| | 2000 | 5,351 | 4,918 | 4,620 | 4,963 |
| | 4000 | 3,740 | 5,151 | 5,568 | 4,820 |
| 20 | 800 | 6,222 | 5,279 | 4,915 | 5,472 |
| | 2000 | 5,945 | 6,241 | 5,863 | 6,016 |
| | 4000 | 6,013 | 6,298 | 5,348 | 5,886 |
| 25 | 800 | 8,069 | 6,222 | 7,593 | 7,295 |
| | 2000 | 5,820 | 10,433 | 6,051 | 7,435 |
| | 4000 | 6,789 | 7,660 | 6,018 | 6,822 |
| 30 | 800 | 9,346 | 12,686 | 9,516 | 10,516 |
| | 2000 | 7,210 | 10,440 | 11,533 | 9,728 |
| | 4000 | 8,000 | 9,320 | 11,223 | 9,514 |
| Rata – rata | | | | | 5,402 |
| Terbesar | | | | | 12,686 |
| Terkecil | | | | | 2,070 |

o Putaran Mesin Terhadap Temperature

Berdasarkan tabel 4.3 pengujian dilakukan pada tiga (3) variasi putaran. Setiap putaran diuji sebanyak tiga (3) kali repetisi untuk mendapatkan hasil rata – rata yang lebih akurat.

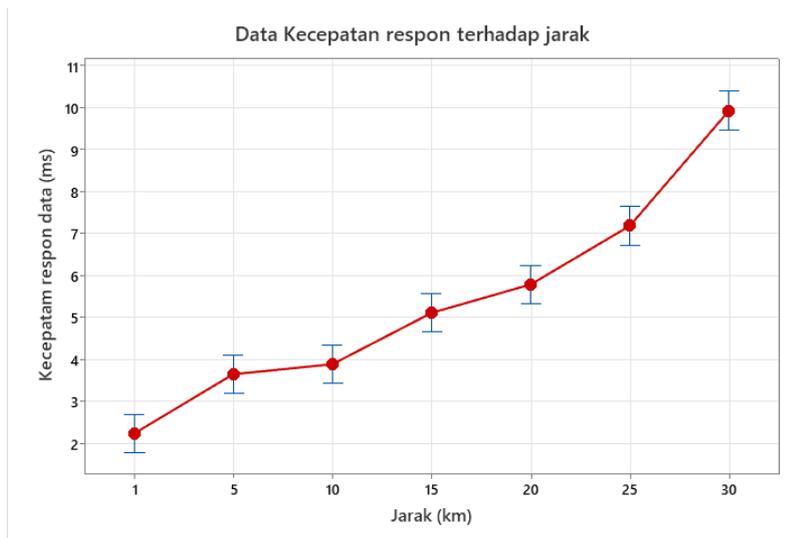
Tabel 4.2 RPM – Temperature

| Jarak (km) | Putaran Mesin (r/min) | Kecepatan Respon (ms) | | | Rata rata |
|---------------|-----------------------------|-----------------------|-------|-------|-----------|
| | | Uji 1 | Uji 2 | Uji 3 | |
| 1 | 800 | 90 | 91 | 95 | 92,00 |
| | 2000 | 95 | 95 | 91 | 93,67 |
| | 4000 | 93 | 96 | 96 | 95,00 |
| 5 | 800 | 92 | 93 | 93 | 92,67 |
| | 2000 | 96 | 94 | 95 | 95,00 |
| | 4000 | 92 | 95 | 93 | 93,33 |
| 10 | 800 | 93 | 90 | 94 | 92,33 |
| | 2000 | 95 | 93 | 96 | 94,67 |
| | 4000 | 94 | 95 | 94 | 94,33 |
| 15 | 800 | 91 | 94 | 96 | 93,67 |
| | 2000 | 93 | 95 | 95 | 94,33 |
| | 4000 | 95 | 93 | 94 | 94,00 |
| 20 | 800 | 96 | 93 | 94 | 94,33 |
| | 2000 | 93 | 95 | 94 | 94,00 |
| | 4000 | 93 | 92 | 93 | 92,67 |
| 25 | 800 | 95 | 90 | 93 | 92,67 |
| | 2000 | 95 | 93 | 93 | 93,67 |
| | 4000 | 96 | 93 | 93 | 94,00 |
| 30 | 800 | 93 | 93 | 91 | 92,33 |
| | 2000 | 93 | 95 | 91 | 93,00 |
| | 4000 | 96 | 93 | 93 | 94,00 |
| Rata – rata | | | | | 93,60 |
| Terbesar | | | | | 96 |
| Terkecil | | | | | 90 |

4.3 Pembahasan

Pengambilan data jarak mikrokontrol terhadap waktu kecepatan. Data tersebut diolah menjadi grafik pada software Minitab, seperti yang disajikan pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5.

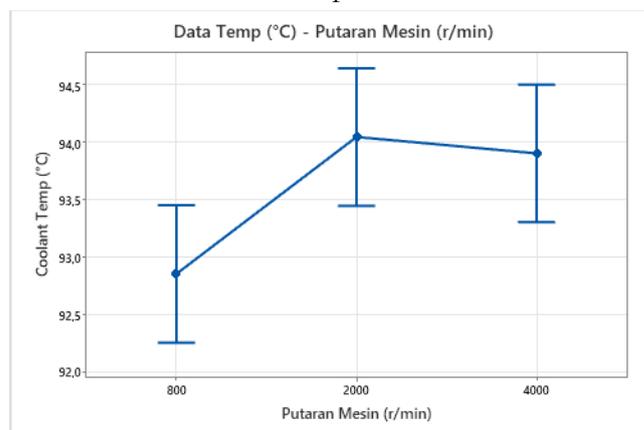
Gambar 4.4 Grafik Kec Respon Jarak



Dari hasil pengujian kecepatan respon data berdasarkan jarak mendukung pola yang ditampilkan pada grafik 4.4. Berdasarkan hasil dari tiga (3) uji coba yang dilakukan pada setiap jarak, diperoleh nilai rata – rata waktu respon (mean) yang menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya jarak. Pada jarak satu (1) km, waktu respon rata-rata tercatat sebesar 2,249 ms, sedangkan pada jarak 30 km meningkat tajam menjadi 9,919 ms. Nilai waktu respon tertinggi secara keseluruhan adalah 12,686 ms (pada Uji 2 jarak 30 km), dan yang terendah adalah 2,070 ms (pada Uji 1 jarak 1 km).

Kecenderungan ini menunjukkan adanya hubungan positif antara jarak dan waktu respon data. Dengan kata lain, semakin jauh jarak Base Transmision Station (BTS), semakin besar pula delay atau durasi kecepatan respon yang terjadi. Hal ini bisa disebabkan oleh faktor seperti redaman sinyal, interferensi, serta beban jaringan pada saat pengujian dilakukan. Rata-rata keseluruhan dari semua pengujian adalah 5,402 ms, yang dapat dijadikan sebagai acuan performa umum sistem dalam kondisi normal. Oleh karena itu, hasil tabel ini mendukung hipotesis bahwa peningkatan jarak berkontribusi langsung terhadap penurunan kecepatan respon data, dan hal ini perlu diperhatikan dalam perancangan sistem komunikasi berbasis jaringan jarak jauh.

Gambar 4.5 Grafik Putaran Mesin – Temperature



Tabel hasil pengukuran suhu coolant pada berbagai tingkat putaran mesin menunjukkan adanya peningkatan suhu seiring bertambahnya RPM, namun dengan kecenderungan stabil atau menurun pada putaran tertinggi. Pada putaran rendah (800 r/min) suhu rata-rata 92,857°C dengan nilai terendah dan tertinggi 94,048°C. Peningkatan putaran menjadi 2000 r/min menghasilkan rata – rata suhu tertinggi, yaitu hingga 95°C. Namun pada putaran 4000 r/min, suhu tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan bahkan terdapat penurunan pada beberapa titik pengukuran

dengan rata – rata berkisar antara 92,857°C hingga 94,058°C. Hasil ini mengindikasikan bahwa pada RPM menengah (2000 r/min) peningkatan suhu coolant terjadi akibat pembakaran yang lebih intens, menghasilkan panas yang lebih besar.

Namun, saat RPM ditingkatkan ke level tinggi (4000 r/min), efektivitas sistem pendingin tampaknya meningkat serta menghasilkan suhu yang lebih stabil atau bahkan menurun. Hal ini juga tercermin pada nilai maksimum dan minimum suhu yang tercatat, yaitu masing-masing 96°C dan 90°C dengan rata-rata keseluruhan suhu coolant sebesar 93,60°C. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan RPM tidak selalu menyebabkan peningkatan suhu coolant secara linear. Hasil tabel ini mendukung hipotesis bahwa terdapat pengaruh variasi putaran terhadap temperature (°C) Efisiensi sistem pendingin serta stabilitas kerja mesin pada putaran tinggi menjadi faktor penting yang memengaruhi kestabilan suhu, dan hal ini perlu dipertimbangkan dalam perancangan sistem pendinginan mesin agar performa termal tetap optimal di berbagai tingkat beban kerja.

Berdasarkan pembahasan yang telah penulis jabarkan sebelumnya, terlihat bahwa suhu coolant cenderung meningkat secara signifikan pada saat putaran mesin mencapai tingkat menengah hingga tinggi. Dengan suhu tertinggi tercatat sebesar 96°C. Meskipun terdapat kecenderungan stabilisasi suhu pada RPM tinggi, fluktuasi masih terjadi sebagaimana ditunjukkan oleh adanya nilai suhu yang mencapai batas maksimum sistem yakni 96°C. Untuk saat ini, motor fan bawaan diketahui mulai berputar pada rentang suhu 95°C hingga 93°C berdasarkan data aktual dan repair manual. Namun dengan kondisi kerja mesin yang menghasilkan suhu hingga 96°C, terdapat potensi keterlambatan pendinginan apabila hanya mengandalkan satu motor fan utama.

Oleh karena itu penambahan motor fan kedua yang dirancang dan diprogram untuk aktif pada suhu 96°C hingga 94°C, hal ini merupakan solusi yang strategis untuk mempercepat proses penurunan suhu sebelum suhu sistem melampaui ambang batas optimal. Motor fan kedua ini akan bekerja sebagai fitur keselamatan dan pendukung sistem pendingin utama pada kondisi ekstrem (overheat) di mana beban termal meningkat dan respons pendinginan perlu diperkuat. Dengan demikian suhu coolant dapat segera ditekan ke rentang aman sebelum sistem pendinginan utama (motor fan bawaan) mengambil alih kembali pada suhu 95°C hingga 93°C. Improvement ini tidak hanya mempercepat stabilisasi suhu, tetapi juga mencegah terjadinya overheat yang dapat mengganggu kinerja atau bahkan merusak komponen mesin pada kendaraan rental.

4.4 Uji Anova dan Normalitas

- o Uji Normalitas

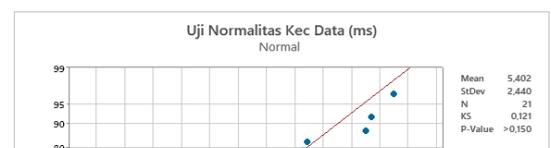
Uji normalitas adalah uji statistik yang digunakan untuk menguji apakah data yang diamati memiliki distribusi normal atau tidak. Uji normalitas biasanya digunakan dalam penelitian kuantitatif untuk memastikan bahwa data yang diamati memenuhi asumsi yang diperlukan oleh beberapa metode analisis statistik, seperti analisis regresi dan anova. Jika data tidak memiliki distribusi normal, maka metode-metode tersebut mungkin tidak memberikan hasil yang akurat, sehingga penting untuk mengetahui apakah data tersebut normal atau tidak. Untuk menguji apakah data memiliki distribusi normal, penulis menggunakan uji Kolmogorov – Smirnov untuk menentukan tingkat kepercayaan 95% dari data uji yang telah dilakukan. Rumus statistik pada minitab adalah:

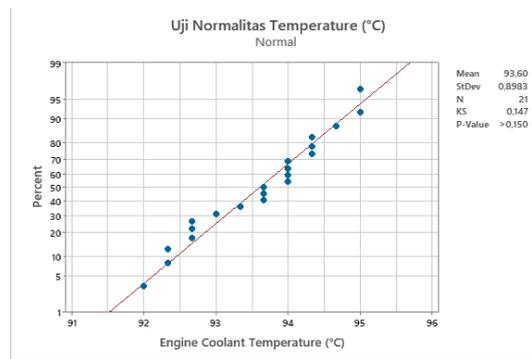
$$D = \max [F(x) - F^*(x)]$$

Keterangan:

- F(x) = distribusi empiris, yaitu distribusi yang diamati dari data
- F*(x) = fungsi distribusi normal.

Gambar 4.6 Grafik Normalitas





Berdasarkan grafik pada gambar 4.6 hasil dari uji normalitas dengan Kolmogorov dapat diketahui bahwa data dalam penelitian ini berdistribusi normal, karena kedua nilai p – value nya lebih dari 0,05 yaitu 0,150 dari tingkat kepercayaan 95% berarti sampel diambil dalam penelitian ini layak untuk di uji Anova.

o Anova One Way

Pengolahan data pada penelitian ini penulis menggunakan metode ANOVA One Way untuk membuktikan adanya pengaruh antara variabel independen dan dipenden menggunakan software aplikasi Minitab dengan rumus:

$$JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{ni} x_{ij}^2 - \frac{T^{**2}}{N}$$

$$JKK = \sum_{i=1}^k \frac{T_{*i}^2}{n_i} - \frac{T^{**2}}{N}$$

$$JKG = JKT - JKK$$

Keterangan :

- k = banyaknya kolom
- N = banyaknya pengamatan/total data
- ni = banyaknya ulangan di kolom ke-i
- Xij = data pada kolom ke-i, ulangan ke-j
- T*i = total (jumlah) ulangan pada kolom ke-i
- T** = total (jumlah) seluruh pengamatan
- JKT = Jumlah Kuadrat Total
- JKK = Jumlah Kuadrat Kolom
- JKG = Jumlah Kuadrat Galat

o Variasi Jarak BTS Terhadap Kec Respon (ms)

Analisis data jarak BTS terhadap kecepatan respon data menggunakan software Minitab menghasilkan data yang ditampilkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Analisis Variasi Jarak

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|--------|----|---------|---------|---------|--------------|
| Jarak | 6 | 117,176 | 19,5294 | 143,98 | 0,000 |
| Error | 14 | 1,899 | 0,1356 | | |
| Total | 20 | 119,075 | | | |

Berdasarkan Tabel 4.3 Analisis Variasi, dilakukan uji ANOVA untuk mengetahui pengaruh variabel jarak terhadap waktu respon data. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai F-Value sebesar 143,98 dengan P-Value sebesar 0,000. Nilai P yang jauh

lebih kecil dari 0,05 mengindikasikan bahwa pengaruh jarak terhadap waktu respon data sangat signifikan secara statistik. Hal ini berarti terdapat perbedaan yang nyata dalam waktu respon data pada berbagai tingkat jarak yang diuji. Total derajat bebas (DF) sebesar 20, dengan 6 DF untuk variabel jarak dan 14 DF untuk error (residual). Nilai Adjusted Sum of Squares (Adj SS) untuk jarak adalah 117,176, yang menunjukkan kontribusi besar dari faktor jarak terhadap total variasi data (dibandingkan dengan nilai error yang hanya 1,899). Sementara itu nilai Adjusted Mean Square (Adj MS) untuk jarak sebesar 19,5294 jauh lebih besar daripada Adj MS untuk error hanya 0,1356, memperkuat signifikansi hasil uji F.

- o Variasi RPM Terhadap Suhu (oC)

Analisis data putaran mesin terhadap temperature data menggunakan software Minitab menghasilkan data yang ditampilkan pada tabel 4.4

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|--------|----|--------|--------|---------|--------------|
| RPM | 2 | 5,915 | 2,9577 | 5,21 | 0,016 |
| Error | 18 | 10,222 | 0,5679 | | |
| Total | 20 | 16,138 | | | |

Berdasarkan hasil analisis variansi (ANOVA) pada Tabel 4.4, diperoleh bahwa variabel RPM memiliki pengaruh yang signifikan terhadap suhu coolant dengan nilai F sebesar 5,21 dan P-Value sebesar 0,016. Karena nilai P lebih kecil dari 0,05, maka secara statistik dapat disimpulkan bahwa perubahan putaran mesin (RPM) berpengaruh nyata terhadap perubahan suhu coolant. Jumlah derajat bebas (DF) untuk RPM adalah 2, sedangkan untuk error sebesar 18, dengan total 20. Nilai Adjusted Sum of Squares (Adj SS) untuk RPM tercatat sebesar 5,915, yang menunjukkan kontribusi variabel RPM dalam menjelaskan total variasi data sebesar 16,138. Nilai Adjusted Mean Square (Adj MS) untuk RPM adalah 2,9577, sedangkan untuk error sebesar 0,5679. Perbandingan nilai ini menghasilkan F-Value yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan antar level RPM yang diuji.

5. Perbandingan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah penulis jabarkan diatas, maka penulis memutuskan pada penelitian ini yang dilakukan pembuatan sistem keselamatan mobil dengan menambahkan electric fan motor kedua dan untuk sistem keselamatannya penulis menambahkan fitur live tracking dan batas wilayah (geofencing). Penelitian ini merupakan pengembangan dari sistem penelitian sebelumnya.

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan.

- o Perancangan alat dalam penelitian ini melibatkan sejumlah komponen input, control, dan output. Proses perancangan dimulai dengan pembuatan desain skematik, dilanjutkan dengan penyusunan komponen pada breadboard, serta perancangan model 3D. Desain tersebut direalisasikan melalui proses perakitan dan penerapan langsung pada kendaraan rental yang dijadikan objek percobaan. Pembuatan program dilakukan menggunakan bahasa pemrograman C++ melalui software aplikasi Arduino IDE, bersamaan dengan integrasi sistem Internet of Things (IoT) pada alat yang dirancang. Hasil dari rancangan alat ini menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara optimal sesuai dengan fungsinya, yakni memantau dan mengendalikan kendaraan secara real time melalui platform telegram, serta memberikan respon yang cepat terhadap perintah pengguna.
- o Terdapat pengaruh antara jarak mikrokontrol dengan Base Transceiver Station (BTS) terhadap kecepatan respon atau waktu transfer data, yang berarti H1 (Hipotesis Alternatif) diterima. Pada jarak 1 km rata – rata waktu

respon tercatat 2,249 ms dan meningkat tajam menjadi 9,919 ms pada 30 km. Nilai tertinggi adalah 12,686 ms pada jarak 30 km dan terendah 2,070 ms pada jarak 1 km. Rata – rata keseluruhan 5,402 ms, pola ini menunjukkan hubungan positif antara jarak BTS dan delay. Hasil ini memperkuat hipotesis bahwa terdapat pengaruh antara jarak mikrokontrol dengan Base Transceiver Station (BTS) terhadap kecepatan respon atau waktu transfer data (ms) dalam penerapan sistem IoT.

- Terdapat pengaruh antara variasi putaran mesin dalam Radian Per Menit (RPM) terhadap proses kenaikan dan penurunan temperature engine (oC), yang berarti H1 (Hipotesis Alternatif) diterima. Suhu tertinggi tercatat pada putaran mesin 2000 r/min, yang menunjukkan bahwa pembakaran pada tingkat menengah menghasilkan panas lebih besar. Namun, pada RPM tinggi (4000 r/min), suhu justru cenderung stabil atau menurun, yang mengindikasikan bahwa sistem pendingin bekerja lebih efisien pada kondisi tersebut. Rata-rata suhu keseluruhan tercatat sebesar 93,60°C, dengan suhu maksimum mencapai 96°C dan minimum 90°C.

Referensi

- [1] K. Shuttle, “Peluang Usaha Rental Mobil,” 2024. <https://komodoshuttle.com/2024/06/29/peluang-usaha-rental-mobil/>
- [2] A. Noviardy and S. Aliya, “Pengaruh Employee Engagement dan Komitmen Organisasi Terhadap Kinerja Karyawan di Bidang Perkebunan Kelapa Sawit,” *Mbia*, vol. 19, no. 3, pp. 258–272, 2020, doi: 10.33557/mbia.v19i3.1143.
- [3] A. Alfith, A. Effendi, A. Al, and R. Maulana, “Sistem Tracking Dan Monitoring Mobil Rental Menggunakan Sensor Gps Berbasis Nodemcu Esp32,” *J. Teknol. dan Vokasi*, vol. 2, no. 2, pp. 84–96, 2024, doi: 10.21063/jtv.2024.2.2.10.
- [4] A. D. Dwipanegara, F. L. N, and M. Zaenudin, “Perancangan Dan Pembuatan Alat Inkubator Berbasis Mikrokontroler,” *J. Ind. Elektro dan Penerbangan*, vol. 10, no. 1, p. 2020, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.unnur.ac.id/index.php/indept/article/view/374>
- [5] Y. Efendi, “Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile,” *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 21–27, 2018, doi: 10.35329/jiik.v4i2.41.
- [6] M. Arif Budiman, A. Zatulo Harefa, and D. Virgiana Shaka, “Perancangan Sistem Pelacak Gps Dan Pengendali Kendaraan Jarak Jauh Berbasis Arduino,” *Proceeding SENDIU 2020*, pp. 356–363, 2020, [Online]. Available: <https://www.unisbank.ac.id/ojs/index.php/sendiu/article/view/8006>
- [7] C. Wibisono Darmawan, S. R. U A Sompie, and F. D. Kambey, “Implementasi Internet of Things pada Monitoring Kecepatan Kendaraan Bermotor,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 91–100, 2020.
- [8] S. Maureta, M. Orisa, and Y. Agus Pranoto, “Implementasi Metode Geofency Pada Sistem Keamanan Kendaraan,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 171–178, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i1.4598.
- [9] A. W. Pramayudha, G. Gunarko, A. Darmanto, and F. A. Widiarsa, “Kaji teoritis EMS (Engine Management System) dengan variasi temperatur air pendingin dan beban kerja pada kondisi stasioner pada kendaraan Toyota Avanza,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 279–288, 2020, doi: 10.24127/trb.v9i2.1180.
- [10] A. Yudha, A. Darmanto, and F. A. Widiarsa, “Kaji teoritis EMS (Engine Management System) dengan variasi temperatur air pendingin dan beban kerja pada kondisi stasioner pada kendaraan Toyota Avanza,” *J. Progr. Stud. Tek. Mesin UM Metro*, vol. 9, no. 2, pp. 279–288, 2020.
- [11] F. Firdaus and I. Ismail, “Komparasi Akurasi Global Positioning System (GPS) Receiver U-blox Neo-6M dan U-blox Neo-M8N pada Navigasi Quadcopter,” *Elektron J. Ilm.*, vol. 12, no. 1, pp. 12–15, 2020, doi: 10.30630/eji.12.1.137.
- [12] M. Setiyo, *Basic Automotive Electricity & Electronics*, 1st ed. Magelang: UNIMMA PRESS, 2017.