

Sistem *Tracking* Gps Dan *Monitoring* Baterai Kendaraan Listrik Dengan Integrasi *Data Logger* Arus, Tegangan, Dan Konsumsi Daya

Beny Tryo Erlangga^{1*)}, Rizki Priya Pratama²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

*Penulis Korespondensi, e-mail: benytrioerlangga@gmail.com

Received: 04/05/2026

Revised: 15/06/2026

Accepted: 15/06/2026

ABSTRAK

Perkembangan kendaraan listrik menuntut adanya sistem monitoring baterai dan pelacakan lokasi yang akurat dan real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem tracking GPS dan monitoring baterai kendaraan listrik berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan data logger arus, tegangan, daya, dan konsumsi energi. Sistem dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor PZEM untuk mengukur parameter kelistrikan DC, serta modul GPS BNN220 untuk titik koordinat. Data diproses dan dikirimkan secara real-time ke database Firebase untuk divisualisasikan melalui aplikasi monitoring_ev. Hasil pengujian menunjukkan sensor memiliki tingkat akurasi 99% dibandingkan alat ukur referensi, dengan batas deviasi arus kecil sebesar 0.1%. Modul GPS memberikan informasi posisi dengan selisih jarak rata-rata 2 meter. Pengujian pada sepeda listrik membuktikan sistem stabil memantau kondisi baterai dan posisi secara real-time. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan layak digunakan untuk mendukung pemantauan performa dan keamanan kendaraan listrik.

Kata Kunci: Kendaraan Listrik, Monitoring Baterai, GPS Tracking, *Internet of Things* (IoT), Data Logger

ABSTRACT

The development of electric vehicles demands an accurate and real-time battery monitoring and location tracking system. This research aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based electric vehicle battery monitoring and GPS tracking system integrated with a current, voltage, power, and energy consumption data logger. The system is built using an ESP32 microcontroller, a PZEM sensor to measure DC electrical parameters, and a BNN220 GPS module for coordinate points. Data is processed and sent in real-time to the Firebase database for visualization through the monitoring_ev application. Test results show that the sensor has a 99% accuracy rate compared to a reference measuring instrument, with a small current deviation limit of 0.1%. The GPS module provides position information with an average distance difference of 2 meters. Tests on electric bicycles prove that the system is stable in monitoring battery conditions and position in real-time. Thus, the developed system is suitable for use in supporting the performance and safety monitoring of electric vehicles.

Keywords: Electric Vehicle, Battery Monitoring, GPS Tracking, *Internet of Things* (IoT), Data Logger

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kendaraan listrik saat ini mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan kebutuhan akan transportasi ramah lingkungan dan upaya mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Kendaraan listrik memanfaatkan energi listrik yang disimpan dalam baterai sebagai sumber

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



tenaga utama untuk menggerakkan motor listrik [1]. Kinerja kendaraan listrik sangat dipengaruhi oleh kondisi baterai, sehingga pemantauan parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, dan konsumsi energi menjadi hal yang sangat penting untuk menjaga performa serta memperpanjang umur baterai [2].

Pemantauan kondisi baterai yang dilakukan secara manual memiliki beberapa keterbatasan, seperti keterlambatan dalam mendeteksi gangguan sistem maupun penurunan performa baterai [3]. Hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan komponen lain pada sistem kendaraan listrik serta menurunkan efisiensi energi. Dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT), sistem monitoring dapat dilakukan secara real-time dan memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi kendaraan dari jarak jauh melalui jaringan internet [4].

Selain pemantauan kondisi baterai, sistem pelacakan kendaraan juga menjadi aspek penting dalam meningkatkan keamanan kendaraan [5]. Sistem pelacakan berbasis Global Positioning System (GPS) memungkinkan pengguna mengetahui posisi kendaraan secara real-time berdasarkan koordinat latitude dan longitude yang diterima dari satelit GPS [6]. Informasi lokasi kendaraan ini dapat digunakan untuk memantau perjalanan kendaraan serta membantu proses pencarian kendaraan apabila terjadi kehilangan [7].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring baterai maupun sistem tracking kendaraan secara terpisah [8]. Namun sebagian besar sistem tersebut masih memiliki keterbatasan, terutama dalam integrasi antara pemantauan parameter baterai dan pelacakan lokasi kendaraan dalam satu sistem terpadu [9]. Selain itu, sebagian sistem yang ada belum dilengkapi dengan fitur pencatatan data (data logger) yang memungkinkan analisis performa kendaraan secara lebih mendalam [10].

Pemanfaatan sistem monitoring pada kendaraan listrik saat ini masih memiliki beberapa keterbatasan teknis, khususnya pada kendaraan listrik skala kecil seperti sepeda listrik [11]. Sebagian besar sistem monitoring yang digunakan hanya mampu menampilkan parameter kelistrikan dasar tanpa integrasi sistem pelacakan lokasi kendaraan secara real-time [12]. Selain itu, beberapa sistem monitoring masih belum dilengkapi dengan fitur penyimpanan data historis (data logger) yang dapat digunakan untuk menganalisis performa baterai dalam jangka panjang [13]. Keterbatasan lain yang sering ditemukan adalah keterlambatan pengiriman data akibat kestabilan jaringan internet yang tidak konsisten, sehingga informasi monitoring tidak selalu diperoleh secara aktual [14]. Permasalahan tersebut menyebabkan proses pemantauan kondisi kendaraan menjadi kurang optimal dan menyulitkan pengguna dalam melakukan evaluasi performa kendaraan listrik secara menyeluruh [15]. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem monitoring terintegrasi yang mampu menggabungkan fungsi monitoring parameter kelistrikan, tracking GPS, dan data logger dalam satu platform berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat diakses secara real-time melalui aplikasi smartphone.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem tracking GPS dan monitoring baterai kendaraan listrik berbasis IoT yang terintegrasi dengan data logger arus, tegangan, daya, dan konsumsi energi. Sistem ini diharapkan mampu memberikan informasi kondisi kendaraan listrik secara real-time, meningkatkan keamanan kendaraan, serta mendukung analisis performa kendaraan listrik secara lebih komprehensif.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian rekayasa (*engineering research*) dengan pendekatan eksperimental yang bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, serta menguji kinerja sistem tracking GPS dan monitoring baterai kendaraan listrik berbasis IoT.

Tahapan penelitian meliputi:

1. Perancangan sistem *hardware* dan *software*

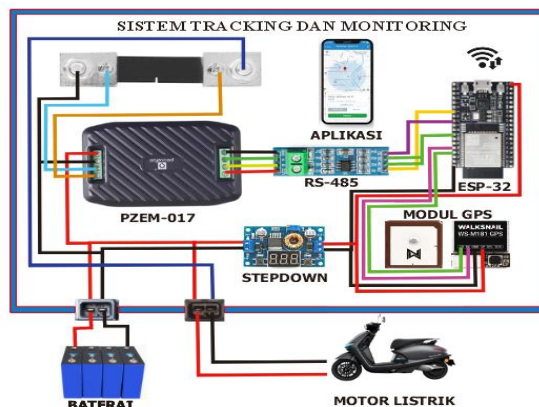
Tahap ini merupakan landasan teknis perancangan hardware yang dimulai dari pemilihan dan perakitan komponen utama sistem monitoring kendaraan listrik yang dikembangkan pada penelitian ini menggunakan beberapa komponen utama yang memiliki fungsi berbeda dalam proses pengambilan data,



pengolahan data, komunikasi data, serta monitoring melalui aplikasi smartphone. Adapun spesifikasi komponen yang digunakan ditunjukkan pada Tabel I.

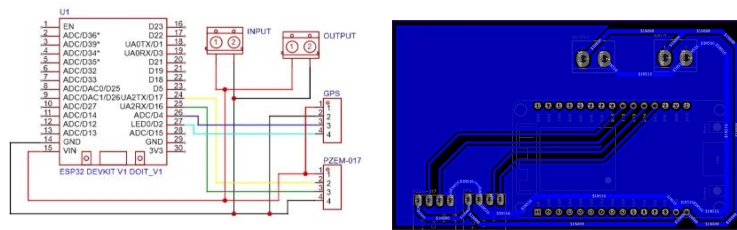
TABEL I : KOMPONEN SISTEM

Komponen	Speksifikasi	Fungsi
ESP32	Dual Core 240 MHz, WiFi & Bluetooth	Mikrokontroler utama
PZEM-017	Tegangan 0–300 V DC, Arus 0–50A dan 0–300A	Sensor arus dan tegangan
GPS BNN220	komunikasi UART TTL, baudrate 9600 bps, akurasi ± 2 m, mendukung GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou	Pelacakan lokasi kendaraan
MODUL RS485	komunikasi UART serial, half-duplex, IC MAX485.	Komunikasi sensor PZEM
STEPDOWN	Input hingga 60V DC, output 5V DC	Penurun tegangan system
SMARTPHONE	RAM 8 GB, Android, WiFi & Bluetooth	Monitoring sistem



Gambar 1: Setting Peralatan

Tahap perakitan komponen merupakan proses penyusunan seluruh komponen perangkat keras, dimulai dari perancangan skematik kemudian dilanjutkan desain PCB. Proses desain dilakukan menggunakan software EasyEDA dengan mempertimbangkan jalur koneksi dan tata letak komponen agar efisien. Setelah papan PCB dicetak dilakukan pemasangan dan penyolderan serta memastikan tidak terjadi kesalahan penyambungan melalui pengujian menggunakan multimeter.



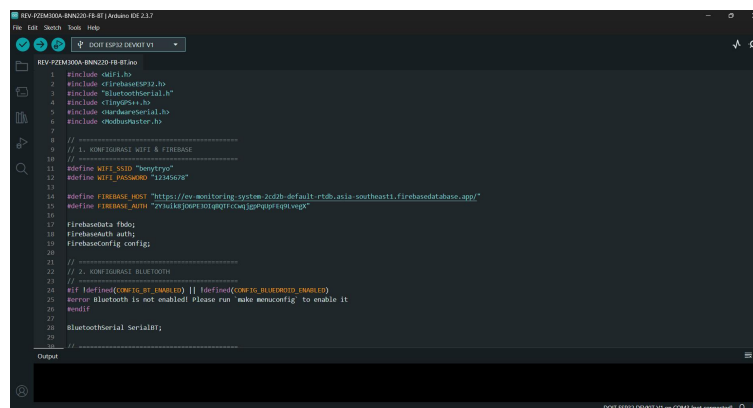
Gambar 2: Desain Skematik dan PCB

Selanjutnya, seluruh rangkaian dipasang ke dalam box dengan memperhatikan posisi komponen agar mudah diakses dan tetap optimal dalam bekerja. Tahap akhir perakitan dilakukan finishing dengan merapikan kabel dan menutup box dengan baik, kemudian dilanjutkan dengan pengujian awal untuk memastikan seluruh komponen dapat bekerja dengan baik sebelum lanjut ke proses selanjutnya.



Gambar 3: Box Alat

Perancangan software dimulai dari pengembangan program pada ESP32 untuk membaca data sensor dan mengirimkan ke Firebase secara real-time, pengembangan program ini menggunakan software ArduinoIDE. Selain itu, pengembangan aplikasi monitoring menggunakan Visual Studio Code berbasis Flutter sebagai antarmuka pengguna untuk menampilkan data dan monitoring dan lintasan GPS.



Gambar 4: Pemrograman ESP32 berbasis ArduinoIDE





Tahap ini adalah proses pengintegrasian seluruh komponen yang telah dirancang ke dalam satu kesatuan sistem monitoring yang dapat diakses melalui aplikasi smartphone secara real-time. Pada tahap awal, data yang berasal dari kendaraan listrik akan dikemas dalam bentuk JSON sebelum dikirim ke server Firebase Realtime Database untuk menyimpan dan mengelola data, data yang dikirim bersifat real-time sehingga setiap perubahan nilai dari sensor dapat langsung diperbaharui di database.



Google Maps app interface showing a map of a residential area with a red location pin. Overlaid on the map are several white boxes displaying real-time traffic data for different routes. The data includes estimated travel times and distances. At the bottom, there are buttons for 'MULTI-DESTINATION', 'IMPROVE DATA (GPS & WIFI)', and 'REPORT PROBLEM'.

Route	Estimated Time	Distance
0.0000 - 0.0000	0.00	0.00
0.03 - 0.03	1.5	0.3
54.4	12.52	65.56
12		

Gambar 7: Tampilan Aplikasi Monitoring

3. Pengujian dan kalibrasi

Tahap pengujian dan kalibrasi dilakukan untuk memastikan bahwa setiap sensor dan komponen dalam sistem bekerja dengan akurat sesuai dengan nilai sebenarnya. Proses ini sangat penting untuk meminimalkan kesalahan pembacaan (error) yang dapat mempengaruhi hasil monitoring. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur standar. Pembacaan tegangan dibandingkan dengan multimeter, sedangkan pembacaan arus dibandingkan dengan amperemeter. Untuk modul GPS dilakukan pengujian dengan membandingkan koordinat latitude dan longitude yang diperoleh dengan referensi dari aplikasi peta digital seperti Google Maps.



Gambar 8: Pengujian dan Kalibrasi

4. Pengujian sistem secara keseluruhan pada sepeda listrik

Tahap ini merupakan pengujian akhir yang bertujuan untuk mengetahui performa sistem secara keseluruhan ketika di implementasikan langsung pada kendaraan listrik dalam kondisi nyata. Pengujian dilakukan dengan mengintegrasikan seluruh komponen mulai dari sensor, mikrokontroler, modul komunikasi, hingga aplikasi smartphone. Selama pengujian data yang diperoleh dan dikirim secara real-time ke database dan ditampilkan di aplikasi, respon sistem diamati untuk memastikan tidak terjadi keterlambatan (delay) yang signifikan dalam pengiriman data.



Gambar 9 : Pengujian Sistem

2.1 Variabel Penelitian

Penelitian ini mengelompokkan variabel menjadi tiga kategori utama untuk memastikan akurasi data pada setiap tahapan pengujian. Klasifikasi variabel tersebut dibagi berdasarkan pengujian sensor, sistem GPS, dan performa keseluruhan pada unit sepeda listrik. Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui performa sensor, akurasi GPS, kestabilan komunikasi data, serta kinerja sistem secara keseluruhan pada kendaraan listrik. Pengujian dilakukan menggunakan sepeda listrik sebagai media implementasi sistem monitoring.

Pengujian tegangan dilakukan menggunakan power supply DC dengan rentang pengujian 6V hingga 30V. Interval pengujian dilakukan setiap kenaikan 1V untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor pada berbagai kondisi tegangan. Hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan multimeter digital Sanwa CD800A sebagai alat ukur referensi.

Pengujian arus dilakukan menggunakan dummy load dengan variasi arus sebesar 0,5A hingga 2A. Pengukuran arus dibandingkan dengan tang ampere clamp meter 303 sebagai alat ukur standar. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat linearitas dan deviasi pembacaan sensor terhadap nilai arus sebenarnya.



Pengujian GPS dilakukan pada dua kondisi lingkungan yang berbeda, yaitu area terbuka dan area tertutup. Data koordinat latitude dan longitude hasil pembacaan GPS dibandingkan dengan koordinat referensi dari Google Maps untuk mengetahui tingkat akurasi sistem tracking.

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan mengintegrasikan seluruh komponen pada sepeda listrik. Parameter yang diamati meliputi tegangan, arus, daya, konsumsi energi, kestabilan pengiriman data, delay komunikasi, serta tracking posisi kendaraan secara real-time.

TABEL II : VARIABEL PENELITIAN

Jenis Pengujian	Variabel Penelitian		
	Variabel Bebas	Variabel Terikat	Variabel Penelitian
Pengujian Arus, Tegangan, Daya	Variasi Tegangan dan Beban	Arus, Tegangan, Daya	Sumber Tegangan Referensi
Pengujian Akurasi GPS	Kondisi Lingkungan	Akurasi Poisis (Latitude, Longitude)	Lokasi Pengujian, Waktu Pengujian,
Pengujian Sistem	Kecepatan, Beban, Kondisi Jalan	Tegangan, Arus, Daya, Konsumsi Energi Data Lokasi	Jenis Kendaraan Listrik, Rute Pengujian

Setiap pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan pada setiap variasi pengukuran untuk memperoleh data yang lebih konsisten dan mengurangi kemungkinan kesalahan pengukuran. Pengambilan data dilakukan secara berulang pada kondisi operasi yang sama untuk memastikan kestabilan pembacaan sensor dan sistem komunikasi data. Pada pengujian tegangan digunakan 30 titik pengukuran dengan interval 1V, sedangkan pengujian arus dilakukan pada lima variasi pembebanan. Pengujian GPS dilakukan pada dua kondisi lingkungan yang berbeda untuk membandingkan performa penerimaan sinyal satelit.

Sistem monitoring dirancang untuk membaca data sensor dan GPS secara berkala dengan interval sampling sebesar 1 detik. Data hasil pembacaan kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan dikirim menuju Firebase Realtime Database menggunakan jaringan internet melalui koneksi WiFi. Interval sampling sebesar 1 detik dipilih karena dianggap mampu memberikan respon monitoring yang cukup cepat tanpa membebani proses komunikasi data maupun performa mikrokontroler. Seluruh data yang dikirim akan langsung diperbarui secara real-time pada aplikasi monitoring smartphone.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengujian sistem monitoring baterai dan tracking GPS yang telah dirancang. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi sensor, performa modul GPS, serta kinerja sistem secara keseluruhan pada sepeda listrik.

3.1 Pengujian Sensor Arus dan Tegangan



Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur standar (multimeter digital Sanwa CD800A untuk tegangan dan tang ampere clamp meter 303 untuk arus) . Pengujian dilakukan pada beberapa variasi tegangan dan beban untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dalam kondisi berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa hubungan antara tegangan dan arus bersifat linier. Pada pengujian sensor arus, terlihat adanya deviasi pengukuran pada rentang arus kecil. Deviasi ini pada umumnya dipengaruhi oleh batas sensitivitas (noise floor) pembacaan analog-to-digital pada chip PZEM-017 ketika mengukur jatuh tegangan (milivolt) yang sangat kecil pada shunt resistor. Meskipun skalanya kecil, deviasi pada arus rendah ini patut diwaspadai. Dalam pengoperasian jangka panjang, ketidakakuratan ini dapat memicu akumulasi error (drift) secara signifikan pada kalkulasi sisa kapasitas (Ah) dan konsumsi energi (Wh) yang menerapkan algoritma integrasi arus terhadap waktu (Coulomb counting).

1. Pengujian Tegangan

Pengujian Tegangan dilakukan dengan memberikan tegangan referensi dengan interval 1V – 30V menggunakan power supply. Hasil pengukuran sistem akan dibandingkan dengan alat ukur multimeter dan juga PZEM lain dengan spesifikasi shunt 300A.



Gambar 10 : Pengujian dan Kalibrasi Tegangan

Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur referensi untuk mengetahui tingkat akurasi sistem monitoring. Persentase error dihitung menggunakan persamaan berikut:

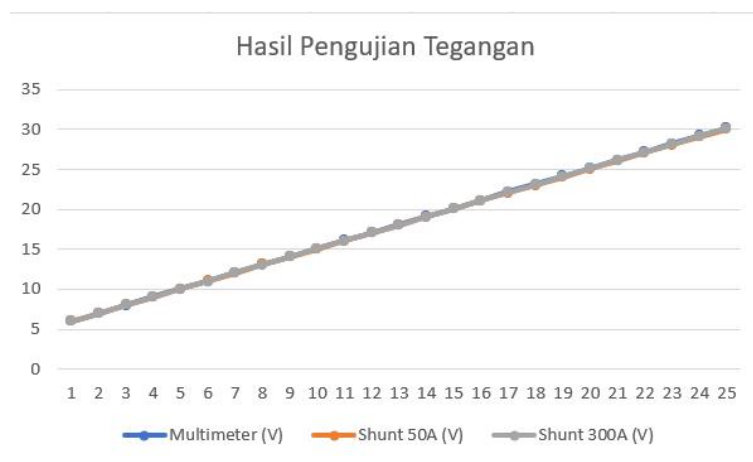
$$Error = \left| \frac{X_{sensor} - X_{referensi}}{X_{referensi}} \right| \times 100\% \quad (1)$$

TABEL III : HASIL PENGUJIAN TEGANGAN

Pengujian Tegangan (V)						
No	Multimeter (V)	Shunt 50A (V)	Error (%)	Shunt 300A (V)	Error (%)	
1	6.02	6.01	0.17	6.01	0.17	
2	6.98	6.96	0.29	6.97	0.14	
3	7.99	8.05	0.75	8.05	0.75	
4	9.05	9.04	0.11	9.03	0.22	
5	10.06	10.03	0.30	10.03	0.30	
6	11.02	11.03	0.09	11	0.18	
7	12.1	12	0.83	12.07	0.25	
8	13.1	13.08	0.15	13.06	0.31	
9	14.08	14.03	0.35	14.05	0.21	
10	15.12	15.03	0.60	15.09	0.20	
11	16.09	16.04	0.31	16.05	0.25	
12	17.1	17.06	0.25	17.06	0.23	



13	18.06	18.01	0.28	18.02	0.22
14	19.09	19.03	0.31	19.04	0.26
15	20.11	20.07	0.20	20.06	0.25
16	21.11	21.06	0.24	21.06	0.24
17	22.17	22.04	0.59	22.11	0.27
18	23.17	23.03	0.60	23.11	0.26
19	24.19	24.03	0.66	24.13	0.25
20	25.16	25.06	0.40	25.1	0.24
21	26.19	26.06	0.50	26.12	0.27
22	27.19	27.11	0.29	27.12	0.26
23	28.19	28.07	0.43	28.11	0.28
24	29.21	29.09	0.41	29.13	0.27
25	30.16	30.04	0.40	30.08	0.27



Gambar 11: Hasil Pengujian Sensor Arus dan Tegangan.

Dari pengujian diatas didapatkan rata-rata error

Shunt 50A = Error rata-rata 0.38 %
Error maksimum 0.83 %
Error minimum 0.09 %

Shunt 300A = Error rata-rata 0.26 %
Error maksimum 0.75 %
Error minimum 0.14 %

Berdasarkan hasil pengujian, sensor PZEM-017 menunjukkan tingkat akurasi yang baik dalam membaca parameter tegangan dan arus. Nilai error rata-rata yang diperoleh berada di bawah 1%, sehingga sistem monitoring dinilai cukup akurat untuk digunakan pada kendaraan listrik. Hubungan antara nilai referensi dan hasil pembacaan sensor menunjukkan pola yang linier, yang menandakan bahwa sensor memiliki respon pengukuran yang stabil pada berbagai variasi tegangan.

2. Pengujian Arus

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tegangan referensi dengan konstan menggunakan power supply dan diberikan variasi beban menggunakan dummy load. Hasil pengukuran sistem akan dibandingkan dengan alat ukur ampere meter dan juga PZEM lain dengan spesifikasi shunt 300A.

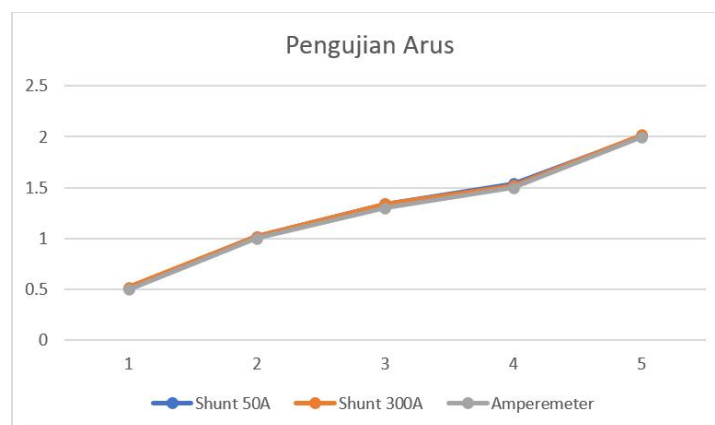




Gambar 11: Hasil Pengujian Sensor Arus dan Tegangan.

TABEL III : HASIL PENGUJIAN ARUS

Pengujian Arus (A)				
V Ref	Shunt 50A	Shunt 300A	Amperemeter	
10	0.51	0.52	0.5	
10	1.02	1.02	1	
10	1.34	1.34	1.3	
10	1.54	1.52	1.5	
10	2.01	2.02	2	



Gambar 11: Hasil Pengujian Arus.

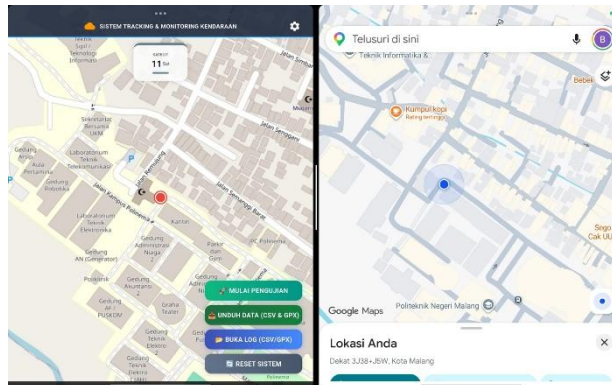
Selisih pengukuran arus yang sangat kecil pada tabel tersebut menunjukkan bahwa sistem pengukuran yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang baik dan konsistensi yang tinggi. Nilai arus yang terbaca pada shunt 50A, shunt 300A, dan amperemeter hampir sama pada setiap titik pengujian, dengan perbedaan yang sangat kecil (hanya sekitar ± 0.01 – 0.02 A). Hal ini menandakan bahwa sensor shunt mampu mengukur arus dengan presisi yang mendekati alat ukur standar (amperemeter), sehingga error yang dihasilkan relatif rendah.

Selama pengujian sistem, pengiriman data dari ESP32 menuju Firebase Realtime Database berjalan dengan stabil. Rata-rata delay komunikasi data berada pada rentang 1–2 detik tergantung pada kestabilan jaringan internet yang digunakan. Delay tersebut masih tergolong baik untuk kebutuhan monitoring kendaraan listrik secara real-time karena perubahan data masih dapat ditampilkan secara cepat pada aplikasi smartphone.



Keterlambatan pengiriman data umumnya dipengaruhi oleh kualitas jaringan internet, kekuatan sinyal WiFi, serta trafik komunikasi data pada server cloud database. Semakin stabil koneksi internet yang digunakan, maka proses pengiriman data akan semakin cepat dan responsif.

3.2 Pengujian Akurasi GPS



Gambar 11: Perbandingan Lokasi Sistem dengan Google Maps

Pengujian ini dilakukan untuk memvalidasi akurasi GPS dengan membandingkan data koordinat dengan aplikasi Google Maps. Selisih akurasi GPS dapat dihitung dengan membandingkan koordinat hasil pengukuran GPS terhadap koordinat referensi (koordinat sebenarnya). Perhitungan ini umumnya menggunakan konsep jarak antara dua titik di permukaan bumi berdasarkan nilai lintang (latitude) dan bujur (longitude). Salah satu metode yang sering digunakan adalah rumus Haversine, yang memperhitungkan kelengkungan bumi. Secara matematis, selisih jarak dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$d = 2R \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta\phi}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left(\frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right) \quad (2)$$

Di mana d adalah jarak (selisih akurasi), R adalah jari-jari bumi (± 6371 km), ϕ adalah latitude, dan λ adalah longitude. Dengan menggunakan rumus ini, dapat diketahui seberapa besar penyimpangan posisi GPS terhadap titik sebenarnya, sehingga tingkat akurasi sistem dapat dianalisis secara kuantitatif.

TABEL III : HASIL PENGUJIAN AKURASI GPS

Jenis Modul	Hasil Pengujian			
	Kondisi Lingkungan	Latitude	Longitude	Selisih
Google Maps	Terbuka	-7.937193	112.630162	-
Bnn220	Terbuka	-7.937199	112.630145	2.2 meter
	Tertutup	-7.937199	112.630150	2.0 meter

Hasil pengujian GPS menunjukkan bahwa modul BN-220 mampu memberikan informasi lokasi kendaraan dengan tingkat akurasi yang baik. Pada kondisi area terbuka, modul GPS memperoleh sinyal satelit dengan lebih stabil sehingga menghasilkan selisih koordinat yang kecil dibandingkan titik referensi Google Maps. Pada kondisi tertutup, akurasi GPS sedikit mengalami penurunan akibat adanya hambatan

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195

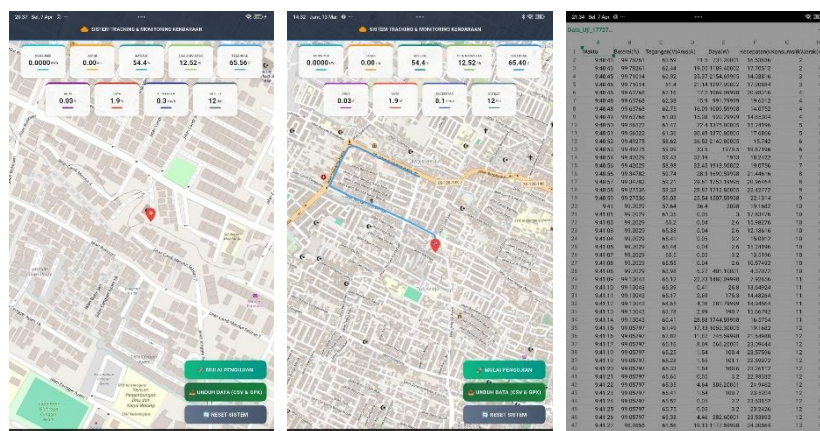


berupa bangunan atau objek lain yang menghalangi penerimaan sinyal satelit. Meskipun demikian, sistem masih mampu menampilkan posisi kendaraan dengan selisih sekitar 2 meter sehingga masih layak digunakan untuk kebutuhan tracking kendaraan listrik secara real-time.

3.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja keseluruhan sistem monitoring. Meliputi akurasi sensor, kestabilan pengiriman data, serta respon aplikasi smartphone menampilkan data secara real-time, sedangkan parameter yang diamati mencakup tegangan, arus, dan daya baterai serta koordinat lokasi kendaraan dari modul GPS.

Hasil pengujian pada Gambar 12 menunjukkan bahwa sistem mampu membaca data kelistrikan dan posisi kendaraan dengan baik serta mengirimkannya secara real-time ke aplikasi smartphone tanpa kendala berarti. Proses pengiriman berlangsung stabil dengan delay kecil sehingga informasi tetap aktual untuk pemantauan langsung. Fitur tracking juga berfungsi optimal dengan tampilan posisi kendaraan secara dinamis pada peta, sementara fungsi data logger mampu menyimpan data historis secara terstruktur untuk analisis lebih lanjut. Secara keseluruhan, sistem bekerja stabil dan sesuai dengan perancangan.



Gambar 12: Hasil Pengujian Sistem

3.4 Komparasi dengan Penelitian Terdahulu

Jika dikontraskan dengan penelitian-penelitian terdahulu, sistem yang diusulkan menunjukkan keunggulan yang nyata. Sebagian besar penelitian sebelumnya masih memisahkan fokus pengembangan; penelitian oleh Aliffudin (2024) dan Kusumojakti (2024) hanya berfokus pada monitoring kelistrikan baterai, sementara Billan (2024) lebih menekankan pada pelacakan GPS operasional. Selain itu, sistem pemantauan yang ada seringkali belum dilengkapi dengan fitur rekam jejak (Prastyo & Martawati, 2024). Penelitian ini berhasil menjembatani celah tersebut dengan mengintegrasikan akuisisi data kelistrikan yang presisi, pelacakan posisi GPS geospasial, dan fitur data logger historis ke dalam satu kesatuan arsitektur yang dikendalikan melalui sebuah aplikasi mobile terpadu. Keunggulan komparatif ini menjadikan sistem yang dikembangkan bukan sekadar alat pantau, melainkan instrumen analitik yang komprehensif untuk mendukung keamanan dan performa kendaraan listrik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem tracking GPS dan monitoring baterai kendaraan listrik berbasis IoT berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sensor arus dan tegangan mampu mengukur parameter kelistrikan dengan tingkat akurasi mencapai 99% dibandingkan alat ukur referensi, dengan rata-rata deviasi error yang sangat kecil di bawah 0.5% (0.42%



untuk shunt 50A dan 0.27% untuk shunt 300A). Modul GPS mampu memberikan informasi posisi kendaraan secara real-time dengan sangat presisi, di mana rata-rata selisih jarak hanya sebesar 2 meter pada berbagai kondisi lingkungan.

Pengujian langsung pada sepeda listrik membuktikan bahwa sistem mampu merekam dan memantau tegangan, arus, daya, serta konsumsi energi secara dinamis dan stabil sesuai kondisi operasi kendaraan. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan berhasil mengintegrasikan fungsi akuisisi data kelistrikan, data logger historis, dan tracking geospasial ke dalam satu platform aplikasi mobile, menjadikannya instrumen yang komprehensif untuk mendukung pemantauan performa dan keamanan kendaraan listrik.

Meskipun sistem yang dikembangkan telah bekerja dengan baik, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, terutama pada ketergantungan terhadap koneksi internet dan belum adanya sistem notifikasi otomatis. Oleh karena itu, pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada peningkatan kestabilan komunikasi data, penambahan fitur notifikasi baterai kritis, serta integrasi sistem keamanan kendaraan yang lebih kompleks agar sistem monitoring menjadi lebih optimal dan aplikatif pada berbagai jenis kendaraan listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Tangi, A. Vatsa, A. Opam, P. K. Bonthagorla, and D. N. Gaonkar, "Smart Strategies for Improving Electric Vehicle Battery Performance and Efficiency," pp. 1–23, 2025.
- [2] U. Nursusanto, Khairunnisa, and Hartoyo, "Real Time Battery Monitoring Control in Mini Generating System," *J. Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 02, pp. 96–104, 2022.
- [3] M. Etxandi-santolaya, L. Canals, and C. Corchero, "Heliyon Extending the electric vehicle battery first life : Performance beyond the current end of life threshold," vol. 10, no. September 2023, 2024.
- [4] G. Krishna, R. Singh, A. Gehlot, V. Akram, and B. Twala, "Results in Engineering IoT-based real-time analysis of battery management system with long range communication and FLoRa," vol. 23, no. August, 2024.
- [5] R. Falentino and R. P. Pratama, "Rancang Bangun Monitoring Kondisi Baterai dan Lokasi Kendaraan Listrik Berbasis Mikrokontroler Esp32," vol. 3, 2025.
- [6] A. S. Budi, A. Bachri, P. H. Susilo, S. D. Hartantyo, and M. R. Irawan, "Rancang Bangun Gps Tracker Dan Monitoring Kondisi Baterai Pada Mobil Listrik Surya Unisla Berbasis Mikrokontroler," vol. 6, no. 2, 2024, doi: 10.33650/jeecon.v4i2.
- [7] A. C. Billan and T. Sutabri, "Monitoring System Design Using GPS Tracker and Operational Vehicle Maintenance Case Study of PT . Pertamina (Persero)," *URANUS J. Ilm. Tek. Elektro, Sains dan Inform.*, vol. 2, no. 4, 2024, doi: <https://doi.org/10.61132/uranus.v2i4.481>.
- [8] M. Aliffudin, "Sistem Monitoring Energy Mobil Listrik Terintegrasi IoT : Studi Kasus IMEI TEAM UMSIDA IoT Integrated Electric Car Energy Monitoring System : Case Study of IMEI TEAM UMSIDA," vol. 6, pp. 189–196, 2024.
- [9] "View of DETEKSI REAL-TIME KONDISI BATERAI MENGGUNAKAN SISTEM MONITORING BERBASIS PERANGKAT BERGERAK.pdf."
- [10] D. Rama, H. Prastyo, and M. E. Martawati, "Desain dan Pembuatan Sitem Alat Monitoring Suhu Baterai Kendaraan Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) pada saat dikendarai . Pada penelitian ini juga digunakan untuk meneliti besarnya nilai Pembuatan Sistem Alat Monitoring Suhu Baterai Kendaraan Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) " yang menggunakan sensor suhu AHT10 untuk pemantauan suhu baterai kendaraan," vol. 2, no. 5, 2024.
- [11] M. T. Informatika and U. B. Palembang, "Monitoring System Design Using GPS Tracker and Operational Vehicle Maintenance Case Study of PT . Pertamina (Persero)," vol. 2, no. 4, 2024.
- [12] A. C. S. Zmptb, F. N. Fauzan, S. Utami, M. Reza, and B. Pratama, "Monitoring Sistem Kelistrikan Tiga Fasa Berbasis IoT dengan Sensor," vol. 13, no. April, pp. 24–29, 2024.
- [13] R. Suppa and V. I. Wahyuni, "RANCANG BANGUN ALAT PELACAK POSISI KENDARAAN BERBASIS IoT," vol. 3, no. 1, pp. 29–33, 2024.
- [14] D. Andriyanto and A. Ahfas, "Sistem Monitoring Dan Protection Smart Charger Baterai Mobil Listrik Lithium Ion Berbasis Telegram," vol. xx, no. 1, pp. 200–207, 2023, doi: 10.33650/jeecon.v4i2.
- [15] C. Winata and H. Gunawan, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PENGISIAN BATERAI 48 VOLT 12 AH TERINTEGRASI INTERNET OF THINGS," pp. 581–589, 2024.

