

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI DASBOR UNTUK MONITORING DATA KENDARAAN BERBASIS IOT DENGAN KOMUNIKASI MQTT

Arda Lucky Fernanda¹, Mohammad Nasrul Mubin², Pratomo Budi Santoso³,
Fajar Suryawan⁴

¹Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kartasura,
Sukoharjo 57162, Indonesia

Email korespondensi: arda2002fernanda@gmail.com

Abstrak. Kendaraan listrik memerlukan sistem elektronik yang mampu melakukan pengukuran secara presisi terhadap parameter penting seperti arus, tegangan, daya, energi, kecepatan kendaraan, serta kecepatan putaran motor listrik (RPM). Pengukuran secara manual tidak hanya memakan waktu, tetapi juga tidak memungkinkan dilakukan saat kendaraan sedang beroperasi. Oleh karena itu, dikembangkan sebuah sistem monitoring yang mampu membaca data RPM motor menggunakan sensor Hall Effect, suhu motor dengan sensor DS18B20, serta parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, dan energi menggunakan sensor Pzem-017 dengan mikrokontroler ESP32-S3 sebagai pemrosesan setiap komponen. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan modul GPS untuk mengukur kecepatan dan jarak tempuh kendaraan secara akurat, berdasarkan koordinat posisi secara real-time. Seluruh data hasil monitoring dikirimkan secara otomatis ke server menggunakan protokol komunikasi MQTT, kemudian data yang terbaca akan dikirimkan menggunakan protokol MQTT, dan akhirnya ditampilkan melalui sebuah web yang telah dirancang sebagai platform pemantauan. Dengan platform ini, pengguna dapat memantau data kendaraan listrik secara real-time dengan lebih mudah dan efisien. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang tinggi, dengan persentase error sebagai berikut: 1,48% pengujian pzem-017, 0,20% untuk sensor Hall Effect, 4,10% untuk modul GPS, dan 0,83% untuk sensor suhu DS18B20. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil sistem dengan alat ukur terkalibrasi sebagai referensi. Berdasarkan hasil tersebut sistem monitoring ini terbukti mampu melakukan pengukuran secara akurat, efisien, dan real-time.



Sehingga sangat mendukung kebutuhan pemantauan kendaraan listrik secara komprehensif.

Kata kunci : GPS, Internet of Things (Iot), Kendaraan Listrik, Monitoring, MQTT.

PENDAHULUAN

Kendaraan merupakan kebutuhan penting dalam kehidupan sehari-hari karena berfungsi sebagai alat transportasi. Di era modern saat ini, terdapat berbagai jenis kendaraan, di antaranya kendaraan bermotor berbahan bakar fosil yang sumber dayanya terbatas, serta kendaraan yang menggunakan sumber energi terbarukan seperti kendaraan listrik. Perbedaan utama dari kedua jenis kendaraan ini terletak pada mesin yang digunakan untuk menggerakkannya. Penggunaan kendaraan listrik dapat membantu untuk mengatasi masalah polusi udara di perkotaan. Pengembangan mobil listrik dan sepeda motor listrik memiliki potensi menurunkan emisi polutan yang cukup signifikan[1].

Perkembangan teknologi kendaraan listrik menjadi topik yang menarik untuk dikaji. Salah satu komponen penting dalam kendaraan listrik adalah dasbor penampil kecepatan (speedometer). Speedometer berperan penting dalam aspek keselamatan karena menampilkan informasi yang diperlukan pengemudi saat berkendara. Oleh sebab itu, kendaraan memerlukan dasbor yang akurat dan informatif [2]. Untuk memastikan kendaraan listrik beroperasi dengan optimal, diperlukan sistem yang mampu memberikan informasi tentang kondisi kendaraan [3]. Namun, saat ini tampilan dasbor pada kendaraan listrik masih kurang lengkap dalam menyajikan data penting seperti kecepatan, tegangan, arus, daya, dan putaran motor listrik secara akurat. Selain itu, keterbatasan dalam memantau data kendaraan dari jarak jauh juga menjadi kendala dalam mengetahui kondisi kendaraan secara real-time.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji pengembangan sistem monitoring dan pelacakan pada kendaraan listrik. Ulinuha et al. (2021) merancang sistem instrumentasi berbasis Arduino Mega untuk sepeda motor listrik 1000W 36V DC yang mampu melakukan akuisisi dan penyajian data secara real-time melalui TFT Shield 3,5 inci, serta menunjukkan akurasi tinggi dalam pengukuran [4]. Nuryanto & Mukhtar (2023) mengembangkan speedometer digital untuk sepeda listrik hybrid menggunakan metode QFD, dengan fitur penting seperti indikator kecepatan, baterai, suhu, dan waktu guna meningkatkan kenyamanan dan keselamatan berkendara [2]. Drogeanu (2024) mengusulkan sistem Remote Monitoring System (RMS) berbasis web dengan



mikrokontroler Arduino MKR yang memanfaatkan bus CAN dan GPS untuk pengiriman data ke server melalui protokol MQTT [5]. Sementara itu, Ulum et al. (2021) membangun purwarupa GPS tracker online yang memungkinkan pelacakan lokasi secara real-time dengan akurasi tinggi [6]. Adapun Setiawan & Junaidi (2020) mengembangkan sistem pelacakan kendaraan berbasis Raspberry Pi 3 dan GPS, namun sistem ini memiliki kelemahan berupa ketergantungan pada sumber daya eksternal yang dapat menghambat operasional saat daya habis dalam perjalanan [7].

Menanggapi permasalahan tersebut, penulis merancang sistem monitoring kendaraan listrik yang bertujuan untuk mempermudah pengguna dalam memantau data penting kendaraan seperti tegangan, arus, daya, konsumsi energi, kecepatan putaran motor, dan kecepatan kendaraan. Data tersebut akan ditampilkan secara real-time melalui dasbor berbasis LCD, sehingga memudahkan pengemudi dalam melihat informasi kondisi kendaraan secara langsung. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur akses melalui web, yang memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi kendaraan dari jarak jauh secara praktis dan efisien.

Perancangan dan pembuatan sistem monitoring ini menggunakan mikrokontroler ESP32-S3 yang berfungsi untuk mengendalikan dan mengintegrasikan semua komponen yang terhubung. Sensor Hall Effect digunakan untuk mengukur kecepatan putaran motor listrik per menit, sensor Pzem-017 digunakan untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan dan arus, dan sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu motor listrik. Selain itu, modul GPS akan menerima data dari satelit [8]. Modul GPS ini digunakan untuk memperoleh data kecepatan kendaraan. Mikrokontroler ESP32-S3 akan membaca dan memproses data dari seluruh sensor, lalu mengirimkannya ke MQTT Broker melalui komunikasi MQTT. MQTT merupakan protokol yang secara khusus dirancang untuk komunikasi "machine to machine", serta memiliki protokol komunikasi yang ringan, efisien dan cepat [9]. MQTT Broker berfungsi sebagai pusat untuk menerima, menyimpan, dan meneruskan data ke aplikasi web. Data yang dikirim ke server disimpan pada database parameter dikirim menggunakan protokol MQTT lalu ditampilkan pada antarmuka web [5]. Data yang diterima akan ditampilkan pada dasbor web secara real-time, sehingga pengguna dapat memantau kondisi kendaraan listrik dari mana saja dengan lebih mudah.

METODE

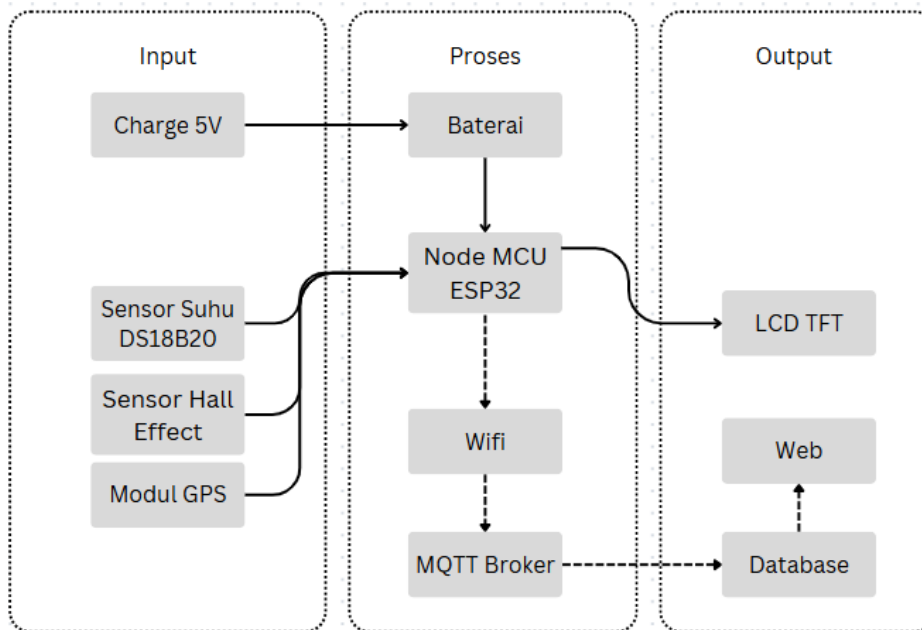
Penelitian ini merancang sebuah sistem yang mampu memantau data kendaraan listrik, baik secara langsung melalui dasbor kendaraan maupun dari jarak jauh melalui akses web yang telah dikembangkan. Sistem ini dikembangkan berdasarkan pedoman tertentu



dengan metode yang dirancang untuk memungkinkan pemantauan kondisi dan performa kendaraan listrik secara real-time. Pada tahapan ini dijelaskan keterkaitan berbagai sumber referensi yang dibutuhkan dalam perancangan sistem monitoring data kendaraan listrik, seperti pengukuran tegangan, arus, konsumsi energi, kecepatan putaran motor listrik, dan kecepatan laju kendaraan. Sistem ini juga dirancang agar dapat dipantau dari jarak jauh melalui web yang telah disiapkan, dengan pemanfaatan komunikasi berbasis protokol MQTT untuk pengiriman data. Sumber-sumber referensi yang telah dikumpulkan menjadi landasan dalam proses perancangan, guna memastikan sistem dapat direalisasikan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Perancangan sistem dan perangkat merupakan langkah awal yang bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai proses yang akan dilakukan. Pada tahapan ini dibuat ilustrasi rancangan perangkat yang disesuaikan dengan kebutuhan penggunaan sistem. Rancangan tersebut selanjutnya akan direalisasikan dalam bentuk fisik sebagai implementasi dari desain yang telah dibuat.

Pembuatan alat dilakukan berdasarkan alur kerja yang ditampilkan pada *flowchart* pada Gambar 1 *Flowchart* tersebut menggambarkan proses sistem yang dimulai dari *input*, yang terdiri dari tiga komponen utama, yaitu sensor, modul, dan catu daya (power). Sistem menggunakan sumber daya dari *charger* 5 Volt untuk mengisi baterai, yang selanjutnya digunakan untuk mengaktifkan mikrokontroler. Sensor-sensor yang digunakan dalam sistem ini meliputi sensor suhu DS18B20, sensor *hall effect*, modul GPS, serta sensor Pzem-017. Sensor DS18B20 berfungsi untuk mendeteksi suhu mesin kendaraan. Sensor *hall effect* digunakan untuk mengukur kecepatan putaran mesin kendaraan per menit (RPM). Modul GPS berperan dalam menentukan lokasi kendaraan dan menghitung kecepatan kendaraan saat berkendara. Sementara itu, sensor Pzem-017 digunakan untuk mengukur tegangan dan arus listrik, di mana data tersebut akan diproses oleh mikrokontroler untuk menghitung daya listrik yang digunakan oleh kendaraan. Semua data yang diperoleh dari sensor dan modul akan diproses oleh mikrokontroler, kemudian diteruskan ke server dan juga ditampilkan pada LCD TFT. Data yang dikirim ke server akan digunakan untuk menampilkan informasi kendaraan secara *real-time* melalui *web* yang telah disediakan untuk pemantauan jarak jauh.

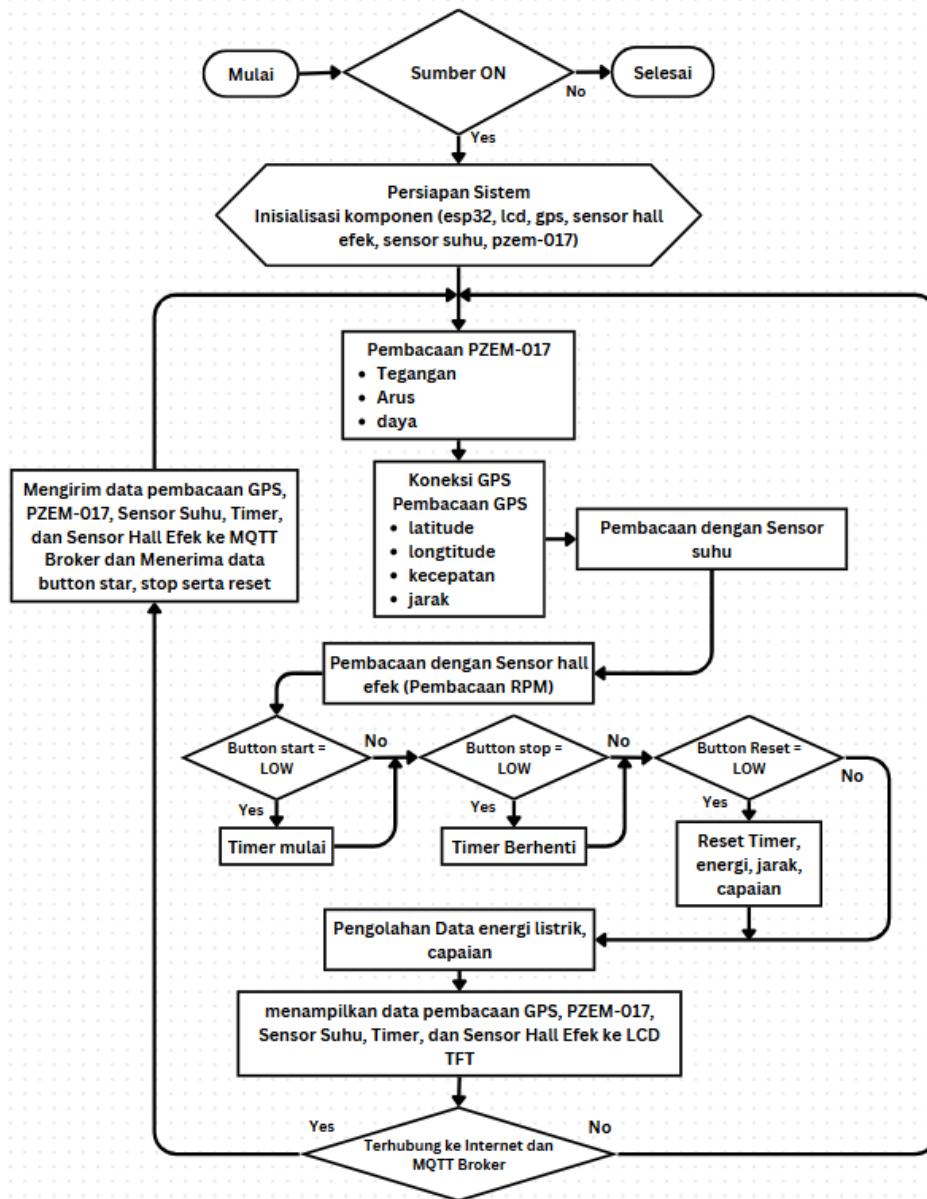




Gambar 1. Blok Diagram Sistem Monitoring

Gambar 2 menunjukkan alur kerja dari sistem yang akan dikembangkan. Sistem akan mulai aktif ketika mendapatkan sumber tegangan, yang secara otomatis akan menyalakan seluruh komponen. Mikrokontroler ESP32 akan menyala dan mulai mengeksekusi seluruh instruksi yang telah diprogram dan diunggah ke dalamnya. ESP32 akan menjalankan proses seperti menghubungkan modul GPS, membaca data dari sensor Pzem-017, sensor suhu, serta sensor *hall effect* untuk mendeteksi RPM, dan kemudian menampilkan data tersebut pada layar LCD TFT. Jika ESP32 terhubung ke jaringan internet dan server *MQTT Broker*, maka data akan langsung dikirimkan melalui protokol *MQTT*. Namun, jika koneksi internet terputus, maka sistem *MQTT* tidak dapat diakses karena koneksi internet merupakan syarat utama untuk terhubung ke server *MQTT*. Meskipun demikian, seluruh sistem tetap akan berjalan secara lokal dan ESP32 akan mencoba menyambung ulang ke jaringan internet secara berkala. Data yang dikirimkan mencakup latitude, longitude, dan kecepatan dari GPS; tegangan dan arus dari sensor Pzem-017 yang kemudian digunakan untuk menghitung daya listrik; suhu motor dari sensor DS18B20; serta RPM motor dari sensor *hall effect*. Sistem akan berhenti beroperasi jika sumber tegangan terputus atau dimatikan.

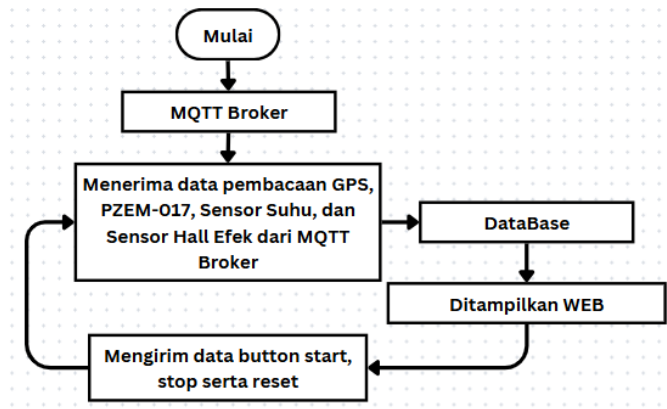




Gambar 2. Diagram Alir Sistem Esp32-S3

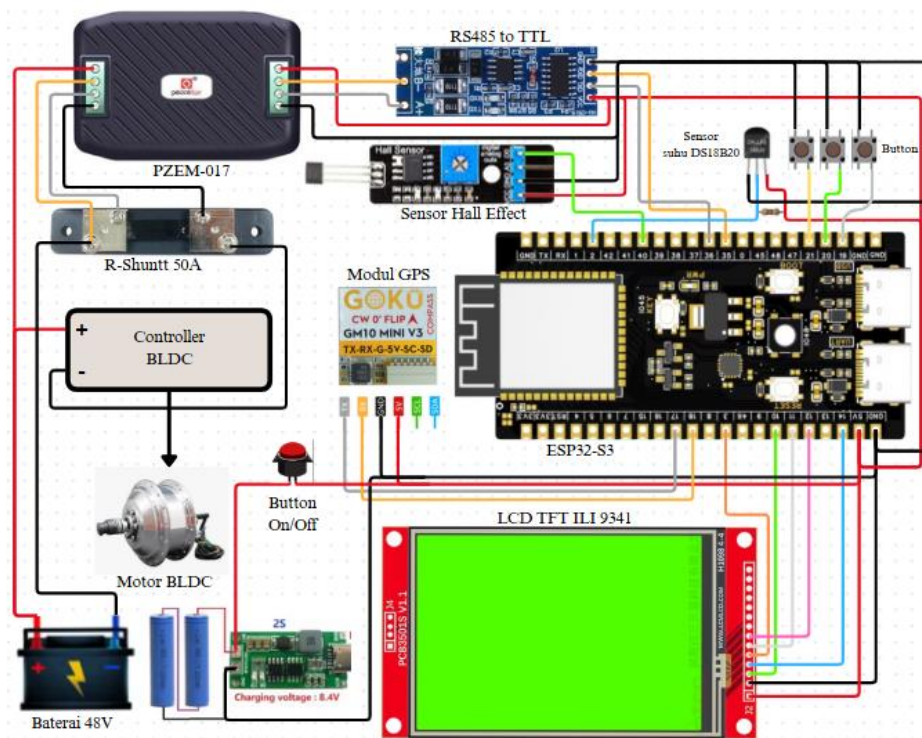
Gambar 3 menunjukkan alur kerja dari *website* yang akan digunakan. *Web* mengambil data dari *database* untuk kemudian ditampilkan pada halaman antarmuka. Data yang diterima berasal dari mikrokontroler yang mengirimkannya ke *MQTT Broker*, lalu diteruskan dan disimpan (*logging*) di dalam *database*. Data yang ditampilkan pada *web* akan diperbarui secara *real-time*, mengikuti pembacaan sensor yang diproses oleh mikrokontroler dan dikirim melalui *MQTT Broker*.





Gambar 3. Diagram Alir *Database* Dan *Web*

Pada Gambar 4 merupakan rangkaian dari sistem monitoring kendaraan listrik yang dibuat. Dalam rangkaian terdapat komponen-komponen yang digunakan. Pada gambar juga memberi tahu tiap komponen terhubung pada bagian mana. ESP32-S3 berfungsi sebagai komponen utama yang akan memproses tiap data yang diambil oleh sensor dan modul. Komponen seperti Pzem-017 memerlukan modul tambahan yaitu RS485 to TTL yang berfungsi untuk komunikasi antara ESP32-S3 dengan Pzem-017. Kemudian LDC yang akan digunakan untuk menampilkan tiap nilai pembacaan sensor yang sudah di proses oleh ESP32-S3. Sistem ini menggunakan daya dari 2 baterai lithium 18650.



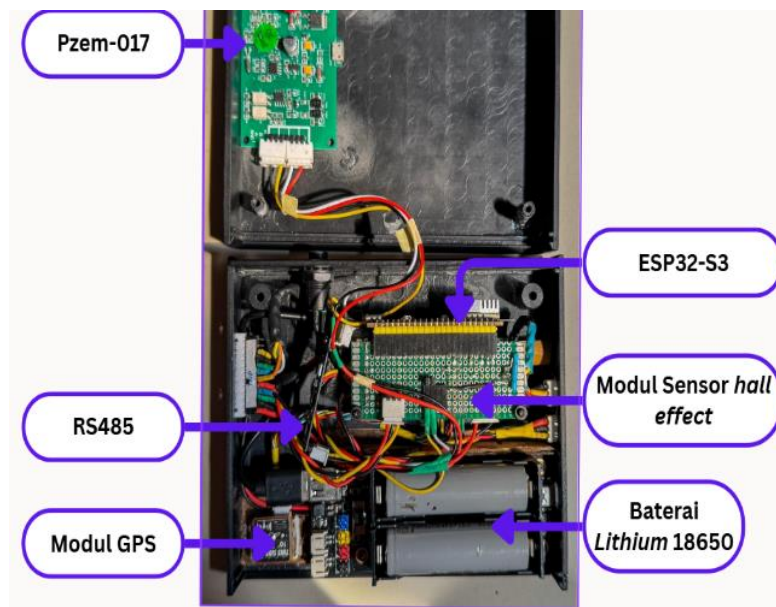
Gambar 4. Rangkaian Skema Dari Sistem Monitoring Kendaraan



Setelah menyelesaikan tahapan perakitan dan pemrograman pada ESP32-S3, proses dilanjutkan ke tahap pengujian untuk memastikan bahwa setiap komponen dalam sistem berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dilakukan dengan memasang alat pada kendaraan listrik dan mengujinya secara langsung pada kendaraan tersebut. Pengamatan dilakukan melalui tampilan data pada LCD maupun melalui website yang telah dikembangkan untuk menampilkan data secara real-time. Selain itu, pengujian juga bertujuan untuk melakukan kalibrasi terhadap pembacaan setiap sensor, dengan cara membandingkannya dengan alat ukur yang telah terkalibrasi, seperti AVometer, tachometer, dan thermogun sebagai acuan pembanding nilai hasil pengukuran.

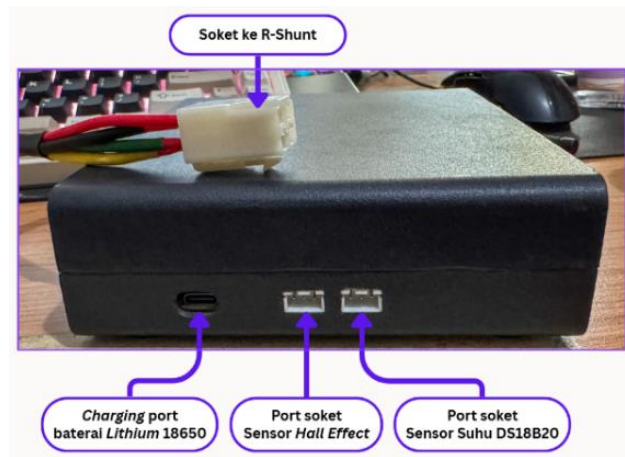
HASIL

Pada Gambar 5 hingga Gambar 9 menunjukkan hasil realisasi dari proses perakitan sistem monitoring kendaraan listrik. Komponen utama sistem ditempatkan di dalam sebuah box, yang berisi modul ESP32-S3, baterai lithium 18650, modul GPS, sensor Hall Effect, serta sensor Pzem-017. Untuk komunikasi antara Pzem-017 dan ESP32-S3 digunakan modul konverter RS485 to TTL, yang berfungsi sebagai antarmuka agar ESP32-S3 dapat menerima data tegangan dan arus dari sensor Pzem-017 melalui protokol RS485. Selain itu, terdapat soket-soket yang digunakan untuk menyambungkan komponen internal dengan komponen eksternal yang berada di luar box utama. Komponen eksternal tersebut antara lain sensor suhu DS18B20, sensor Hall Effect (untuk pemantauan putaran roda atau motor), serta layar LCD TFT, yang masing-masing ditempatkan dalam box tersendiri guna menjaga kepraktisan dan keamanan instalasi.



Gambar 5. Komponen Dalam Alat





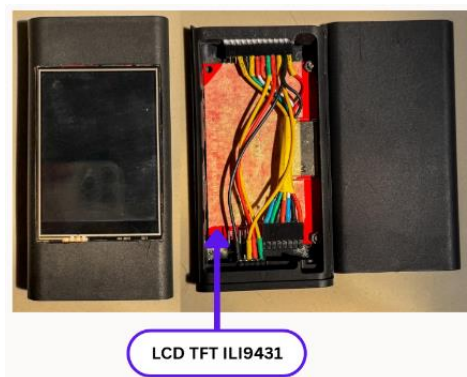
Gambar 6. Tampak Kiri *Hardware*



Gambar 7. Tampak Depan *Hardware*



Gambar 8. Tampak Kanan *Hardware*



Gambar 9. LCD TFT ILI9431 Tampak Depan Dan Dalam Komponen



Pada gambar 10 merupakan tampilan dasbor dari kendaraan listrik nantinya. Dasbor tersebut menampilkan data-data monitoring kendaraan listrik. Data-data yang berada pada tampilan berupa kecepatan, RPM motor listrik, suhu dari motor listrik, tegangan, arus, daya, konsumsi energi yang digunakan kendaraan listrik, jarak tempuh lalu capaian berupa kilometer per kilo Watt-hour (Km/kWh). Data-data tersebut juga akan dikirimkan ke server MQTT broker yang nantinya digunakan untuk web mengambil data tersebut untuk ditampilkan pada antarmuka web. Data tersebut dikirim jika sistem ini terhubung ke wifi atau jaringan internet, namun jika tidak terhubung ke wifi atau internet data tetap akan ditampilkan pada LCD tersebut tanpa terganggu.



Gambar 10. Tampilan LCD TFT ILI9431

Pengujian Sensor

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian sensor Pzem-017 yang digunakan untuk mengukur tegangan, arus, dan daya pada sistem kendaraan listrik, dengan pembanding berupa alat ukur AVOMeter Habotes HT212A yang telah terkalibrasi dengan nilai akurasi $\pm(0,5\%+5)$ untuk tegangan 2V hingga 600 V dan AVOMeter Aneng PN200 dengan nilai akurasi $\pm(2,5\%+20d)$ untuk arus DC rentang 600 A. Dari hasil rata-rata pengukuran, sensor Pzem-017 menunjukkan nilai tegangan sebesar 51,44 VDC, arus 0,693 A, dan daya 35,6 W, yang sangat mendekati nilai referensi dari AVOMeter



yaitu 51,35 VDC, 0,684 A, dan 35,1 W. Perbedaan nilai yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa sensor Pzem-017 memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dan layak digunakan dalam sistem monitoring kendaraan listrik, meskipun tetap diperlukan evaluasi lebih lanjut terhadap perbedaan data untuk memastikan keandalan jangka panjang.

Tabel 1. Hasil pengukuran AVOMeter terhadap sensor

Data	Baterai (AVOMeter)			Pzem-017			Error	Error	Error
	Tegangan (VDC)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (VDC)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (%)	Arus (%)	Daya (%)
1	51,4	0,46	23,6	51,55	0,46	23,7	0,29	0,00	0,19
2	51,2	1,21	62,0	51,30	1,23	63,1	0,20	1,65	1,23
3	51,3	0,76	39,0	51,42	0,77	39,6	0,23	1,32	1,03
4	51,3	0,91	46,7	51,39	0,87	44,7	0,18	4,40	2,93
5	51,3	0,93	47,7	51,36	0,95	48,8	0,12	2,15	1,51
6	51,3	0,96	49,2	51,31	1,01	51,9	0,02	5,21	3,51
7	51,4	0,58	29,8	51,46	0,59	30,4	0,12	1,72	1,23
8	51,4	0,53	27,2	51,48	0,54	27,8	0,16	1,89	1,36
9	51,4	0,47	24,2	51,51	0,48	24,7	0,21	2,13	1,56
10	51,5	0,03	1,5	51,66	0,03	1,55	0,31	0,00	0,21
Rata-rata	51,35	0,68	35,1	51,44	0,69	35,6	0,18	2,05	1,48

Tabel 2 menyajikan hasil pengujian kecepatan putar motor (RPM) yang diukur menggunakan alat tachometer dengan tipe DT-2234C+ sebagai referensi dan dibandingkan dengan pembacaan sensor Hall Effect. Secara keseluruhan, nilai yang ditampilkan oleh sensor menunjukkan kesesuaian yang sangat baik dengan tachometer, dengan rata-rata pembacaan masing-masing sebesar 1539,0 RPM dan 1537,6 RPM. Selisih antar nilai pengukuran sangat kecil dan menghasilkan persentase error rata-rata sebesar hanya 0,20%, yang menandakan tingkat akurasi sensor sangat tinggi. Variasi nilai pada data ke-4 yang menunjukkan penurunan RPM tidak mengganggu konsistensi pembacaan sensor, karena tren perubahan tetap dapat diikuti dengan baik. Dengan demikian, sensor Hall Effect terbukti memiliki keandalan dan presisi yang layak untuk digunakan dalam sistem monitoring kecepatan putar motor listrik.



Tabel 2. Hasil pengukuran Tachometer terhadap sensor

Data	Tachometer (RPM)	Sensor Hall Effect (RPM)	Error (%)
1	2108,3	2113,6	0,25
2	2107,8	2104,9	0,14
3	2107,5	2106,2	0,06
4	2107	2103,5	0,17
5	2106,7	2106	0,03
6	2040,1	2039	0,05
7	684,2	684	0,03
8	739,6	737,2	0,32
9	643,4	641,3	0,33
10	745,2	740,3	0,66
Rata-rata	1539,0	1537,6	0,20

Berdasarkan Tabel 3 pengujian kecepatan dilakukan dengan membandingkan data kecepatan yang diperoleh dari modul GPS yang berada pada alat sistem monitoring dengan GPS bawaan ponsel Samsung J6+. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kecepatan yang terukur dari kedua perangkat cenderung konsisten, dengan rata-rata kecepatan yang sama sebesar 7,8. Selisih antara keduanya sangat kecil, terbukti dari nilai error persentase yang rendah, yakni rata-rata hanya sebesar 4,10%. Beberapa data menunjukkan perbedaan kecil, seperti pada data ke-3, ke-9, dan ke-10, namun secara umum akurasi GPS modul alat dapat dikatakan cukup baik dan mendekati GPS ponsel. Hal ini menunjukkan bahwa modul GPS yang digunakan dalam alat memiliki performa yang dapat diandalkan untuk pengukuran kecepatan.

Tabel 3. Hasil pengujian kecepatan

Data	GPS Hp (Km/J)	GPS Modul Alat(Km/J)	Error (%)
1	6	6	0,00
2	9	9	0,00
3	10	11	10,00
4	11	11	0,00
5	10	10	0,00
6	10	10	0,00
7	5	5	0,00
8	5	5	0,00
9	6	5	16,67
10	7	6	14,29
Rata-rata	7,8	7,8	4,1



Berdasarkan Tabel 4 pengujian suhu dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan antara alat ukur Thermogun dengan tipe DT 8826 dan sensor suhu DS18B20. Dari sepuluh kali pengambilan data, hasil pengukuran kedua alat menunjukkan nilai suhu yang cukup mendekati, dengan rata-rata suhu Thermogun sebesar 35,03°C dan DS18B20 sebesar 35,2°C. Persentase error yang tercatat sangat kecil, dengan nilai rata-rata hanya sebesar 0,83%, yang menandakan bahwa perbedaan antara kedua alat ukur tersebut tidak signifikan. Meskipun terdapat sedikit perbedaan pada beberapa data, seperti data ke-10, secara keseluruhan sensor DS18B20 mampu memberikan hasil yang cukup akurat dan konsisten terhadap standar pengukuran Thermogun.

Tabel 4. Hasil pengujian Thermogun terhadap sensor

Data	Thermogun (°C)	Sensor DS18B20 (°C)	Error (%)
1	35	35	0,00
2	35,8	36	0,56
3	35,1	35	0,28
4	35,4	35	1,13
5	34,8	35	0,57
6	35,1	35	0,28
7	35,6	36	1,12
8	33,6	34	1,19
9	34,8	35	0,57
10	35,1	36	2,56
Rata-rata	35,03	35,2	0,83

Tabel 5 menunjukkan hasil waktu tempuh yang diperoleh dari pengujian kendaraan listrik dengan satu putaran lintasan uji. Dari hasil pengujian tersebut, jarak tempuh yang dicapai relatif sama, yaitu sekitar 1,00 Km, meskipun pada putaran terakhir tercatat sedikit berbeda dengan jarak 1,01 Km. Waktu tempuh untuk satu putaran berkisar antara 302 detik hingga 350 detik, yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti adanya gangguan di rute pengujian, lalu lintas kendaraan lain, serta kondisi jalan yang dilalui. Hasil konsumsi energi juga menunjukkan variasi antar putaran, dengan nilai berkisar antara 3,426 Wh hingga 7,971 Wh, dan rata-rata sebesar 6,452 Wh. Perbedaan ini dipengaruhi oleh kondisi rute, hambatan di jalan, cara pengemudi mengoperasikan throttle gas, serta setingan dari kontroler motor BLDCnya. Meskipun terdapat variasi,



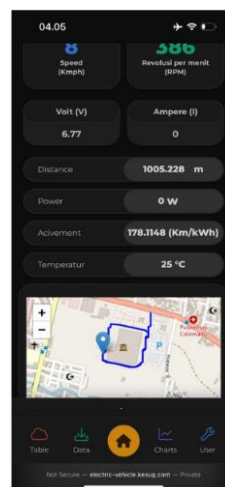
konsumsi energi kendaraan tetap menunjukkan performa yang relatif stabil dan efisien. Efisiensi kendaraan diukur berdasarkan satuan kilometer per kilowatt-jam (Km/kWh), dengan hasil yang diperoleh berkisar antara 126,23 Km/kWh hingga 290,8 Km/kWh, dan rata-rata sebesar 171,85 Km/kWh. Nilai ini menunjukkan bahwa kendaraan mampu menempuh jarak yang cukup jauh dengan konsumsi energi yang minimal, sehingga dapat dikatakan efisien dalam pemanfaatan energi listrik.

Tabel 5. Hasil Konsumsi Daya, Jarak, dan Waktu tempuh

Lap	Waktu (s)	Jarak (Km)	Konsumsi (Wh)	Capaian (Km/kWh)
1	302	1,00	7,88	127,17
2	334	1,00	3,43	290,80
4	350	1,01	7,36	126,23
3	308	1,01	7,97	137,43
5	324	1,00	5,63	177,62
Rata-rata			6,45	171,85

Pengujian Mengirim Data Sensor Ke Web

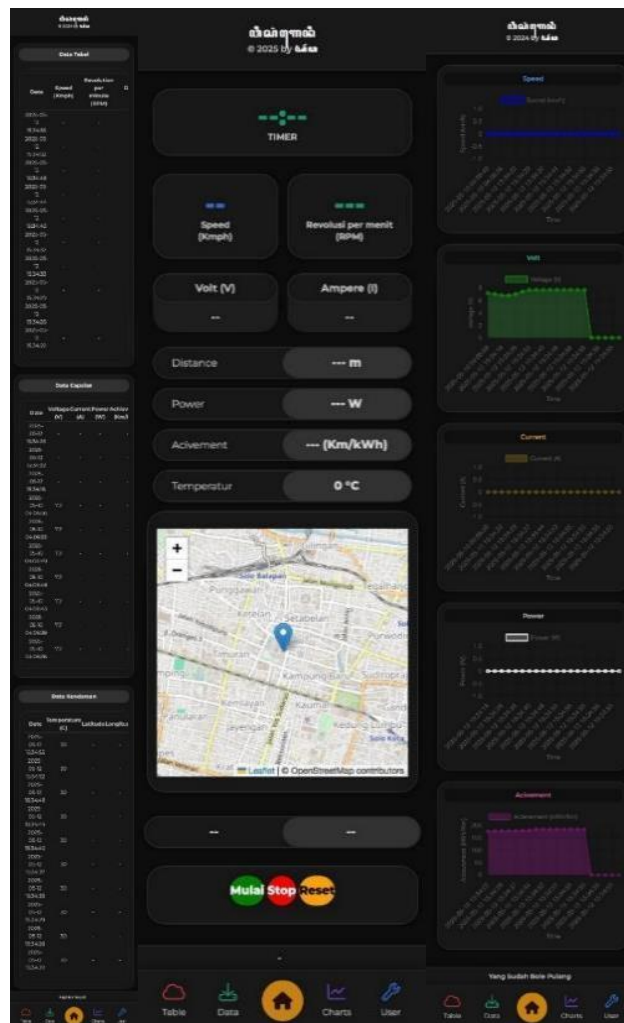
Gambar 11 merupakan tampilan halaman utama saat melakukan pengujian untuk pengambilan data. Terdapat maps yang merupakan rute yang digunakan saat melakukan pengujian yaitu di area pabrik gula Colomadu atau De Tjolomadoe. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana capaian kendaraan listrik yang digunakan dengan acuan tiap 1 km itu mendapatkan capaian berapa kilometer per kiloWatt-hour.



Gambar 11. Tampilan Halaman Utama Antarmuka Web



Gambar 12 terdapat 3 halaman yang akan menampilkan data-data dari monitoring kendaraan listrik. Pada halaman utama terdapat timer, kecepatan, RPM, tegangan, arus, jarak tempuh, daya, capaian serta suhu mesin kendaraan listrik. Terdapat juga maps yang akan memberikan gambar rute yang dilalui kendaraan listrik tersebut. Tampilan tabel berisikan data logging dari monitoring, data yang ditampilkan berupa 10 data terakhir namun untuk data tersimpan terdapat 500 data terakhir yang dapat di download untuk memantau data tersebut. Kemudian grafik yang akan menampilkan hasil monitoring dalam bentuk grafik. Data-data tersebut dikirimkan oleh esp32-s3 dalam waktu 500ms antar data terbarunya, hal tersebut diharapkan agar web tersebut dapat mendapatkan informasi monitoring yang sangat real-time.

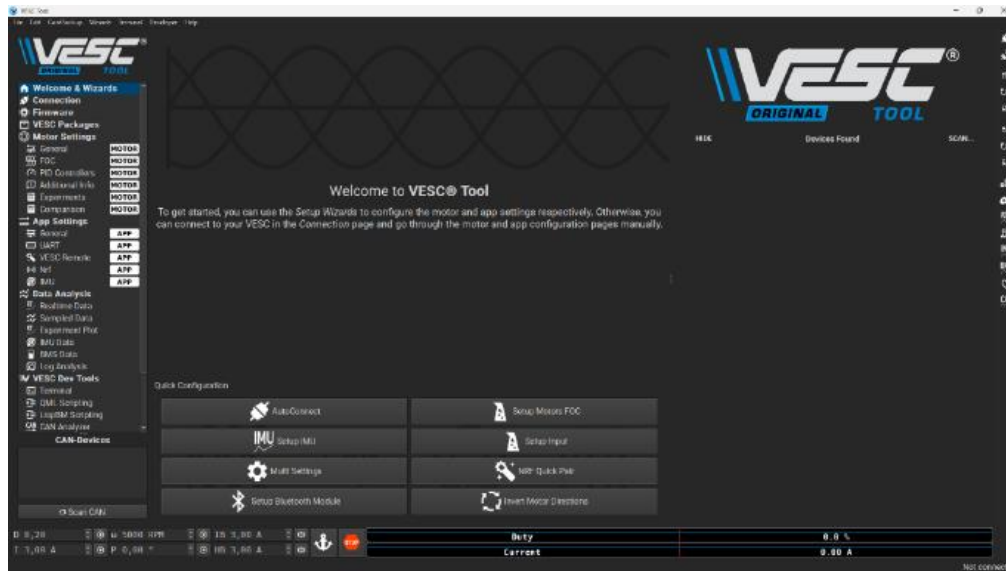


Gambar 12. Tampilan Halaman Utama Antarmuka Web



Pengujian Data Logging Alat dengan Data Logging Kontroler

Gambar 13 merupakan tampilan dari software Vesc Tool yang digunakan untuk mengatur karakteristik dari motor BLDC seperti pembatasan arus maksimal dibuat lebih rendah atau lebih tinggi dan lain sebagainya. Pada software ini juga dapat menyimpan data dari kendaraan seperti arus konsumsi serta tegangan masukan ke kontroler. Data tersebut dapat diambil melalui perintah apakah ingin data tersebut disimpan sebagai data logging atau tidak.



Gambar 13. Tampilan Software Vesc Tool Untuk Kontroler

Pada Tabel 6 melakukan pengujian data logging dari Software kontroler kendaraan listrik dengan data logging dari sistem monitoring yang dibuat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian data antara kedua sumber dalam hal tegangan, arus, dan daya listrik. Rata-rata tegangan yang dicatat oleh Software adalah sebesar 51,38 VDC, sedangkan sistem monitoring mencatat sebesar 51,445 VDC. Selisih nilai ini sangat kecil, menunjukkan bahwa sistem monitoring mampu merekam data tegangan dengan akurasi yang baik. Untuk parameter arus, nilai rata-rata yang tercatat oleh Software adalah 2,331 A, sedangkan sistem monitoring mencatat rata-rata sebesar 2,326 A. Selisih yang sangat kecil ini menunjukkan bahwa sistem monitoring cukup andal dalam mencatat arus listrik. Begitu pula pada parameter daya, Software mencatat



rata-rata sebesar 119,6626 W, sementara sistem monitoring menunjukkan nilai rata-rata 119,55489 W. Secara keseluruhan, data dari sistem monitoring menunjukkan akurasi yang sangat baik dan selaras dengan data dari Software kontroler, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring yang dirancang layak digunakan sebagai alat pencatat data kelistrikan secara real-time dengan tingkat kesalahan yang sangat rendah.

Tabel 6. Perbandingan Data Logging

Data	Software			Pzem-017			Error	Error	Error
	Tegangan (VDC)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (VDC)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (%)	Arus (%)	Daya (%)
1	52,00	2,11	109,7	52,12	2,11	110,0	0,29	0,00	0,19
2	52,00	2,09	108,7	52,13	2,08	108,4	0,20	1,65	1,23
3	52,00	2,01	104,5	52,13	2,02	105,3	0,23	1,32	1,03
4	52,00	2,26	117,5	52,06	2,26	117,7	0,18	4,40	2,93
5	52,00	2,27	118,0	52,06	2,26	117,7	0,12	2,15	1,51
6	51,80	2,57	133,1	51,95	2,57	133,5	0,02	5,21	3,51
7	51,00	2,46	125,5	51,00	2,46	125,5	0,12	1,72	1,23
8	51,00	2,56	130,6	51,00	2,56	130,6	0,16	1,89	1,36
9	50,00	2,57	128,5	50,00	2,56	128,0	0,21	2,13	1,56
10	50,00	2,41	120,5	50,00	2,38	119,0	0,31	0,00	0,21
Rata-rata	51,38	2,33	119,7	51,45	2,33	119,6	0,18	2,05	1,48

Pada Gambar 14. merupakan proses dyno test kendaraan listrik yang dilakukan pada lab mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta. Proses ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan kendaraan. Saat melakukan proses dilakukan juga pendataan, sehingga dapat melakukan pengambilan data logging kendaraan secara dinamis.



Gambar 14. Proses Dyno Test Kendaraan Listrik

Pengujian Sistem Terhubung Jaringan Internet



Berdasarkan Tabel 7 sistem monitoring menunjukkan kemampuan yang baik dalam mendeteksi status koneksi internet secara akurat melalui indikator yang ditampilkan pada web dan LCD. Saat sistem tidak terhubung ke internet, status web akan menampilkan kondisi 'Offline' dan indikator pada LCD berubah menjadi putih dengan garis hijau. Sebaliknya, ketika koneksi internet kembali tersedia, status web berubah menjadi 'Online' dan indikator LCD kembali menunjukkan warna hijau sebagai tanda koneksi telah berhasil dipulihkan. Proses pemutusan dan penyambungan kembali koneksi berlangsung beberapa kali selama pengujian, dan sistem mampu melakukan proses reconnect secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manual. Meskipun terjadi gangguan pada koneksi internet, sistem monitoring tetap dapat beroperasi secara normal untuk membaca, memproses, dan menampilkan data sensor, sehingga fungsi monitoring tetap berjalan tanpa gangguan ditunjukkan pada pembacaan tegangan dan arus yang terdapat pada tampilan LCD tersebut pada Gambar 3.19. namun pada web tampilan data tidak terupdate.

Tabel 7. Pengujian Sistem Terhubung Internet

No.	Status Koneksi Internet	Status Web	Status LCD	Tampilan LCD	Tampilan Web
1	Terhubung	Online	Hijau	Terupdate	Terupdate
2	Terhubung	Online	Hijau	Terupdate	Terupdate
3	Terhubung	Online	Hijau	Terupdate	Terupdate
4	Terhubung	Online	Hijau	Terupdate	Terupdate
5	Terhubung	Online	Hijau	Terupdate	Terupdate
6	Terhubung	Online	Hijau	Terupdate	Terupdate
7	Tidak Terhubung	Offline	Putih dengan garis hijau	Terupdate	Tidak Terupdate
8	Tidak Terhubung	Offline	Putih dengan garis hijau	Terupdate	Tidak Terupdate
9	Tidak Terhubung	Offline	Putih dengan garis hijau	Terupdate	Tidak Terupdate
10	Tidak Terhubung	Offline	Putih dengan garis hijau	Terupdate	Tidak Terupdate

Pada Gambar 15 hingga 19. menunjukkan tampilan sistem saat kondisi terhubung dan tidak terhubung ke jaringan internet. Pada Gambar 3.20. ditampilkan antarmuka web dengan indikator status 'Online' di bagian bawah, yang menandakan bahwa sistem



monitoring sedang terhubung ke internet. Selain itu, pada tampilan LCD juga terdapat lingkaran berwarna hijau sebagai penanda bahwa koneksi internet aktif. Sebaliknya, kondisi saat sistem tidak terhubung ke internet ditampilkan pada Gambar 3.21. di mana status pada web berubah menjadi 'Offline'. Sementara itu, pada tampilan LCD, lingkaran hijau berubah menjadi lingkaran putih dengan garis tepi berwarna hijau, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.19. serta untuk sistem tetap berjalan secara normal ditunjukkan pada pembacaan tegangan dan arus yang terdapat pada tampilan LCD tersebut.

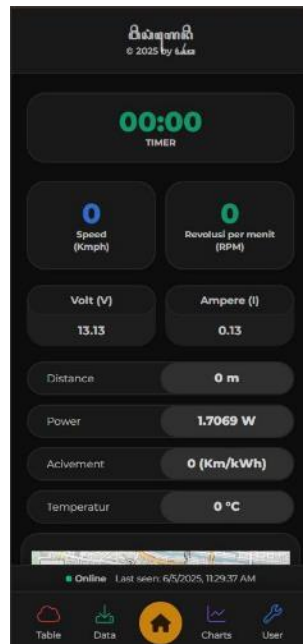


Gambar 15. Tampilan LCD Sistem Terhubung Internet

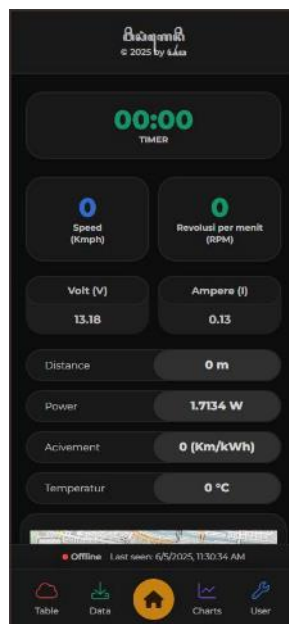


Gambar 16. Tampilan LCD Sistem Tidak Terhubung Internet





Gambar 17. Tampilan *Web* Saat Sistem Device Terhubung Internet



Gambar 18. Tampilan *Web* Saat Sistem Device Tidak Terhubung Internet

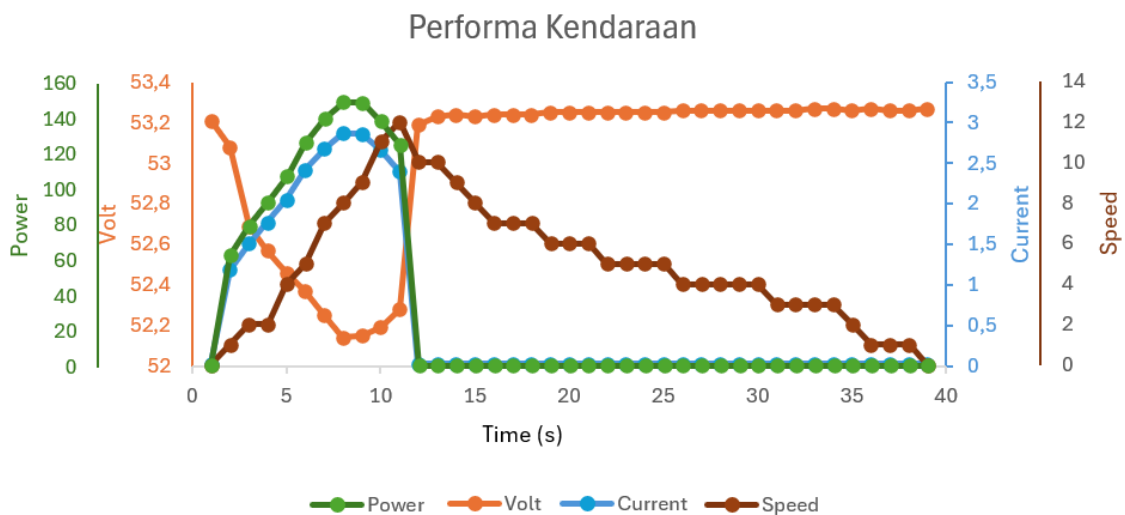
Analisa Performa Kendaraan

Dalam rangka menganalisis performa kendaraan listrik secara lebih mendalam, dilakukan uji coba dengan melibatkan dua pengemudi yang memiliki perbedaan signifikan dalam berat badan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui



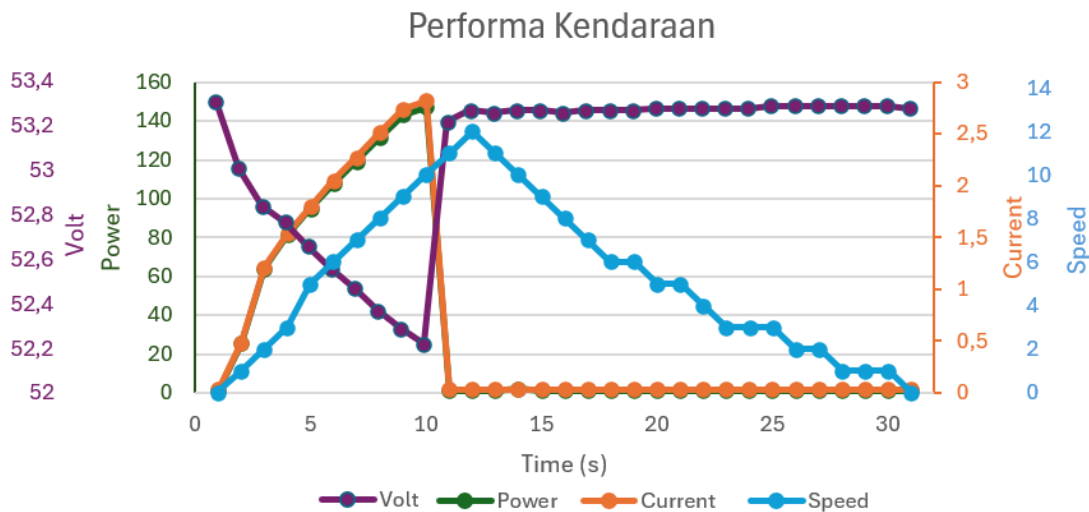
sejauh mana perbedaan massa pengemudi dapat memengaruhi kinerja kendaraan, khususnya dalam tegangan, arus serta daya yang digunakan untuk mencapai kecepatan tertentu. Uji coba dilakukan pada lintasan yang sama dengan kondisi lingkungan yang dikendalikan agar hasil yang diperoleh lebih akurat dan dapat dibandingkan secara objektif. Pengujian dilakukan dengan memantau saat kendaraan berhenti lalu berakselerasi hingga kecepatan tertentu lalu kendaraan deselerasi. Data performa kendaraan dikumpulkan menggunakan perangkat pencatat data (data logging) dan sensor kecepatan untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai pengaruh beban terhadap performa. Hasil pengujian ini diharapkan dapat memberikan masukan penting dalam perancangan dan optimalisasi sistem penggerak kendaraan listrik agar tetap efisien dalam berbagai kondisi pembebanan.

Gambar 20 menyajikan grafik hasil uji coba kendaraan yang dilakukan dengan skenario akselerasi hingga mencapai kecepatan tertentu, kemudian dilanjutkan dengan deselerasi. Pada pengujian ini, berat badan pengemudi sebesar 53 kg. Dari hasil pengujian, kendaraan mampu mencapai kecepatan 12 Km/jam dengan daya maksimum yang tercatat sebesar 149,64 W. Selama proses akselerasi, tegangan mengalami sedikit penurunan, sementara arus cenderung meningkat secara signifikan. Peningkatan arus ini diperlukan untuk memenuhi kebutuhan torsi yang lebih besar agar kendaraan dapat berakselerasi dengan optimal.



Gambar 20. Grafik Performa Kendaraan Beban 53 Kg

Gambar 21 menunjukkan grafik hasil uji coba kendaraan yang dilakukan dengan skenario akselerasi hingga mencapai kecepatan tertentu, kemudian dilanjutkan dengan deselerasi. Uji coba ini dilakukan dengan berat badan pengemudi sebesar 47 kg. Pada pengujian tersebut, kendaraan mencapai kecepatan maksimum sebesar 12 Km/jam dengan daya tertinggi yang tercatat sebesar 147,26 W. Selama proses akselerasi, terjadi sedikit penurunan tegangan, namun arus cenderung meningkat. Kondisi ini terjadi karena kendaraan membutuhkan arus yang lebih besar untuk menghasilkan torsi yang diperlukan selama proses akselerasi.



Gambar 21. Grafik Performa Kendaraan Beban 47 Kg

Berdasarkan hasil uji coba kendaraan dengan dua variasi berat pengemudi, yaitu 47 kg serta 53 kg, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh berat pengemudi terhadap daya yang dibutuhkan saat akselerasi. Pada pengemudi dengan berat 47 kg, daya tertinggi yang tercatat adalah 147,26 W, sedangkan pada berat 53 kg, daya tertinggi yang dicapai meningkat menjadi 149,64 W. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar beban kendaraan, maka kebutuhan daya untuk menghasilkan torsi yang diperlukan juga semakin tinggi. Selain itu, pada kedua pengujian terlihat pola yang sama, yaitu tegangan mengalami sedikit penurunan saat akselerasi, namun arus cenderung



meningkat untuk memenuhi kebutuhan torsi. Peningkatan arus yang signifikan menunjukkan bahwa motor bekerja lebih keras untuk mengatasi beban yang lebih

KESIMPULAN

Dalam penelitian yang sudah dilakukan ini, sistem dasbor untuk monitoring data kendaraan yang sudah dirancang dan diimplementasikan telah berhasil melakukan pengujian serta evaluasi. Pengujian menunjukkan hasil yang cukup memuaskan dan sesuai dengan harapan. Hasil dari pengukuran tiap komponen sensor dan modul yang digunakan pada sistem ini mendapatkan tingkat rata-rata nilai akurasi yang cukup tinggi yaitu di 98%. Meski terdapat nilai selisih nilai error namun hal tersebut masih dalam rentang yang masih dapat ditoleransi. Kemudian untuk nilai capaian kendaraan listrik mendapatkan nilai rata-rata 171,85 Km/kWh, hasil ini menunjukkan kendaraan memiliki efisiensi yang cukup baik dalam menempuh jarak tempuh yang jauh dengan konsumsi energi yang digunakan. Nilai capaian ini berubah-ubah tergantung bagaimana cara pengemudi mengoperasikan throttle gas serta settingan untuk kontroller motor BLCDnya. Hal tersebut sangat mempengaruhi nilai capaiannya, sehingga harus mendapatkan nilai settingan kontroller yang baik untuk motor BLDCnya agar dapat mendapatkan nilai capaian yang lebih tinggi. Nilai-nilai data yang dimonitoring ini sangat bermanfaat bagi pengendara bahkan bagi komunitas kendaraan listrik yang akan mengikuti ajang perlombaan Kontes Mobil Hemat Energy (KMHE) yang seperti komunitas ECRC UMS untuk mengulik potensi dan settingan kontroller motor BLDC yang digunakan agar mendapat capaian yang diharapkan. Pengujian monitoring secara jarak jauh juga sudah dilakukan dan mendapatkan tingkat real-time yang cukup baik. Penambahan tabel untuk data logging sangat bermanfaat untuk mengetahui berapa kecepatan, tegangan, arus, serta capaian tertinggi pada timer berapa pada jarak ke berapa. Data tersebut juga dapat diunduh untuk membandingkan tiap pengujian mendapatkan hasil yang sudah didapatkan. Hasil dari analisa performa kendaraan yang diuji coba menunjukkan bahwa berat pengemudi berpengaruh terhadap kebutuhan daya saat kendaraan berakselerasi. Semakin berat beban yang dibawa, semakin besar daya yang diperlukan untuk menghasilkan torsi yang memadai. Selain itu, selama akselerasi, arus mengalami peningkatan yang signifikan meskipun tegangan sedikit menurun. Kondisi ini menandakan bahwa motor bekerja lebih keras untuk menggerakkan beban yang lebih berat. Secara keseluruhan, beban pengemudi menjadi salah satu faktor penting yang memengaruhi performa kendaraan listrik dalam proses akselerasi.



UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan segala rahmat, nikmat serta hidayat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Dalam usaha menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis menyadari sepenuhnya akan keterbatasan waktu dan pengetahuan. Sehingga tanpa bantuan dan bimbingan dari semua pihak tidaklah mungkin berhasil dengan sebaik ini dengan tepat waktu. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada orang tua saya bapak Sutimin, Ibu Yuliyanti dan seluruh keluarga besar terima kasih atas doa dan semangat yang telah diberikan kepada penulis. Kemudian dosen pembimbing bapak Muhammad Nasrul Mubin, S. T., M. T., yang telah membimbing, memberikan masukan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir serta seluruh dosen Teknik Elektro UMS yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat selama penulis melaksanakan pembelajaran di UMS. Kepada teman-teman penulis Bayu Aji Prayoga, Muhammad Probo Jiwandono, Dani Kusuma Pratama, Tegar Eko Alfajar, Teman-teman yang terlibat dalam pengambilan data serta Komunitas ECRC yang telah menjadi mitra dalam melakukan penelitian dalam Tugas Akhir. Kepada Alfiah Ramadhani yang telah menjadi bagian dalam proses perjalanan penulis menyelesaikan Tugas Akhir, berkontribusi baik tenaga, waktu, mendukung serta menyakinkan penulis untuk pantang menyerah hingga Tugas Akhir ini terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Sudjoko, "Strategi Pemanfaatan Kendaraan Listrik Berkelanjutan Sebagai Solusi Untuk Mengurangi Emisi Karbon", *Jurnal Paradigma: Jurnal Multidisipliner Mahasiswa Pascasarjana Indonesia*, *J. Paradig. J. Multidisipliner Mhs. Pascasarj. Indones.*, vol. 2, no. 2, pp. 54–68, 2021.
- [2] M. N. Nuryanto and M. N. A. Mukhtar, "Pengembangan Desain Speedometer Digital Pada Sepeda Listrik Hybrid Dengan Memakai Metode QFD," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 2, p. 588, 2023, doi: 10.24014/jti.v9i2.23035.
- [3] 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/jeecom.v4i2.
- [4] A. Ulinuha, J. Almas, and G. Riza, "Design and Implementation of Data Acquisition Device and Instrumentation Based on Microcontroller for Electric Motorcycle," vol. 203, pp. 17–24, 2021.
- [5] N. Drogeanu, "Web Interface for IoT Vehicle Monitoring System," no. October 2022, 2024, doi: 10.1109/SIITME56728.2022.9988627.
- [6] A. S. Ulum, T. H. Yudhanto, K. Fayakun, and E. S. Alim, "Purwarupa GPS (Global Positioning System) Tracker Online," *J. Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 3, no.



- 1, pp. 31–38, 2021.
- [7] A. A. Setiawan and M. Junaidi, “133-Article Text-382-1-10-20201230,” vol. 14, no. 2, 2020.
- [8] R. O. Siswono, H. L. Hakim, S. F. Nurjihan, and R. F. Hasani, “Prototype GPS Tracker Pada Bus Politeknik Negeri Jakarta Menggunakan GSM SIM808 Berbasis IoT P - ISSN : 2302-3295,” vol. 12, no. 4, 2024.
- [9] R. A. Atmoko, R. Riantini, and M. K. Hasin, “IoT real time data acquisition using MQTT protocol,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 853, no. 1, 2017, doi: 10.1088/1742-6596/853/1/012003.

