

# IoT Integrated Electric Car Energy Monitoring System: Case Study of IMEI TEAM UMSIDA

## Sistem Monitoring Energy Mobil Listrik Terintegrasi IoT : Studi Kasus IMEI TEAM UMSIDA

Muchammad Aliffudin<sup>1)</sup>, Indah Sulistiyowati<sup>\*2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: indah\_sulistiyowati@umsida.ac.id

**Abstract.** *The increasingly rapid development of technology accompanied by the ever-increasing consumption of fossil fuels has a negative impact on environmental sustainability and provides challenges related to innovation regarding these problems. Electric fuel vehicles are one of the relevant innovations to reduce air pollution and minimize exhaust emissions from fossil fuel vehicles on global warming. IMEI TEAM UMSIDA continues to contribute to the development of vehicles powered by electric energy by participating in energy-saving vehicle competitions such as KMHE and Shell Eco Marathon. In developing electric cars, the IMEI TEAM UMSIDA experienced problems related to obtaining information on the car's energy consumption in real time or when the car was on the track. This problem prompted researchers to create a tool that is capable of monitoring car energy consumption in real time and can be accessed remotely. The experimental method is the right method for this research, because with this method the researcher carries out many experiments to ensure that the tool system works well. The parameters produced in this research are voltage, current, power and energy values in units of time. This tool is equipped with an IoT-based communication system with an internet network as a link between the user, hardware system and software system which functions to carry out remote monitoring in real time. The test results show that this tool functions well and is able to carry out voltage measurements with an error percentage of less than 0.1% and current measurements with an error percentage of less than 0.2%.*

**Keywords** – Electric Car; Electric Energy; Monitoring

**Abstrak.** *Perkembangan teknologi yang semakin cepat disertai konsumsi bahan bakar fosil yang terus meningkat menimbulkan dampak negatif bagi kelestarian lingkungan serta memberikan tantangan terkait inovasi mengenai permasalahan tersebut. Kendaraan berbahan bakar listrik menjadi salah satu inovasi yang relevan untuk mengurangi polusi udara dan meminimalkan emisi gas buang kendaraan berbahan bakar fosil terhadap pemanasan global. IMEI TEAM UMSIDA terus berkontribusi dalam pengembangan kendaraan berbahan bakar energi listrik dengan mengikuti kompetisi kendaraan hemat energi seperti KMHE dan Shell Eco Marathon. Pada pengembangan mobil listrik, IMEI TEAM UMSIDA mengalami kendala terkait perolehan informasi konsumsi energi mobil secara real time atau saat mobil berada di lintasan. Permasalahan tersebut mendorong peneliti untuk menciptakan alat yang mampu melakukan pemantauan konsumsi energi mobil secara real time dan dapat diakses dari jarak jauh. Metode eksperimen merupakan metode yang tepat untuk penelitian ini, karena dengan metode ini peneliti melakukan banyak percobaan untuk memastikan agar sistem alat bekerja dengan baik. Parameter yang dihasilkan dalam penelitian ini berupa nilai tegangan, arus, daya, dan energi dalam satuan waktu. Alat ini dilengkapi sistem komunikasi berbasis IoT dengan jaringan internet sebagai penghubung antara pengguna, sistem perangkat keras, dan sistem perangkat lunak yang berfungsi untuk melakukan pemantauan jarak jauh secara real time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini berfungsi dengan baik dan mampu melakukan pengukuran tegangan dengan persentase error kurang dari 0.1% serta pengukuran arus dengan persentase error kurang dari 0.2%.*

**Kata Kunci** – Mobil Listrik; Energi Listrik; Monitoring

## I. PENDAHULUAN

Dengan perkembangan teknologi yang semakin cepat disertai konsumsi bahan bakar fosil terus meningkat setiap tahunnya[1]. Hal ini berdampak negatif pada kelestarian lingkungan serta menimbulkan tantangan terkait sumber daya energi dan lingkungan[2]. Kendaraan berbasis listrik menjadi fokus utama dalam upaya mengurangi polusi udara dan meminimalkan emisi gas buang kendaraan berbahan bakar fosil terhadap pemanasan global[3].

Shell Eco Marathon dan Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE) adalah dua kompetisi yang memainkan peran sentral dalam mendorong pengembangan kendaraan yang lebih efisien dan hemat energi di seluruh dunia[4]. Tim mahasiswa dari berbagai universitas berkompetisi untuk merancang dan membangun kendaraan hemat energi yang dapat menempuh jarak sejauh mungkin dengan menggunakan bahan bakar paling sedikit[5].

IMEI TEAM Universitas Muhammadiyah Sidoarjo merupakan salah satu tim dari banyaknya universitas di Indonesia yang terlibat aktif dalam pengembangan kendaraan menggunakan energi listrik sebagai sumber energi transportasi[6]. Pengembangan kendaraan listrik ini merupakan sebuah langkah signifikan menuju inovasi energi berkelanjutan dan menunjukkan dedikasi mahasiswa serta universitas untuk berkontribusi pada masa depan yang lebih hijau[7]. Inovasi ini merupakan bukti komitmen terhadap inovasi energi berkelanjutan serta turut berperan aktif dalam menjawab tantangan pemanasan global dan kelestarian lingkungan[8].

Pada pengembangan mobil listrik yang dilakukan oleh IMEI TEAM Universitas Muhammadiyah Sidoarjo mengalami kendala terkait perolehan informasi konsumsi energi mobil secara *real time* atau saat berada di lintasan[9]. Karena setiap lintasan memiliki kondisi yang berbeda-beda dan informasi mengenai konsumsi energi dari sebuah kendaraan hanya diberikan setelah kendaraan berhasil menyentuh garis *finish* [10]. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah alat yang mampu memantau sekaligus memberikan informasi terkait konsumsi energi secara *real time* guna melakukan analisa dan menentukan strategi yang efektif untuk digunakan[11].

Beberapa penelitian mengenai berapa banyak konsumsi energi pada mobil listrik sudah dilakukan sebelumnya[12]. Diantaranya untuk mengetahui konsumsi energi mobil listrik dengan menggunakan arduino mega 2560 pro mini sebagai mikrokontrol utama dan SD card sebagai media penyimpanan data[13]. Penelitian tersebut menyatakan bahwa alat yang telah dirancang memiliki persentase penyimpangan tegangan baterai sebesar 0,85% dan penyimpangan arus baterai sebesar 0,32% [14]. Penelitian lainnya merancang prototipe pemantauan konsumsi energi mobil listrik menggunakan arduino uno menyebutkan bahwa alat yang diciptakan dapat mengukur konsumsi energi mobil listrik dengan nilai error pembacaan  $\pm 0,1\%$  [15][16].

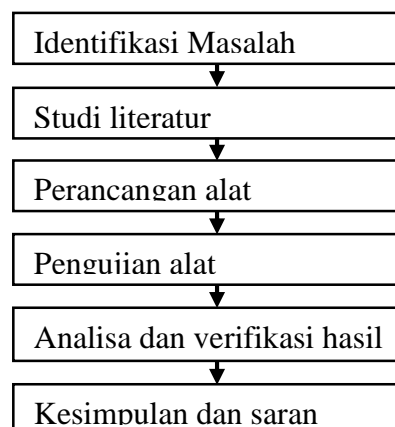
Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui bahwasanya peneliti terdahulu belum memanfaatkan penggunaan teknologi IoT serta belum menyertakan pemantauan konsumsi energi mobil listrik secara *real time* [17] [18]. Dengan keadaan seperti ini maka luaran yang diharapkan pada penelitian yang dilakukan sebelumnya belum tercapai dan informasi terkait konsumsi energi mobil listrik secara *real time* saat berada di lintasan belum dapat diatasi[19] [20].

Dengan demikian, pada penelitian ini dikembangkan sistem monitoring energi mobil listrik yang terintegrasi IoT untuk melakukan pemantauan konsumsi energi mobil listrik secara *real time* dan dapat dilakukan dari jarak jauh, sehingga informasi terkait konsumsi energi mobil listrik secara *real time* dapat terpenuhi. Dengan keadaan seperti ini akan mempermudah untuk melakukan analisa dan menentukan strategi yang tepat untuk digunakan. Mikrokontrol berbasis ESP8266 digunakan sebagai komponen utama yang bertugas untuk mengolah data serta menjadi alat komunikasi berbasis IoT antara sistem perangkat pemantauan yang terpasang pada mobil dengan aplikasi blynk di smartphone android menggunakan bantuan jaringan internet. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemantauan konsumsi energi mobil listrik yang memanfaatkan teknologi berbasis IoT lebih efektif digunakan untuk melakukan analisa dibandingkan dengan sistem pemantauan yang belum menggunakan teknologi berbasis IoT.

## II. Metode

### 2.1 Langkah Penelitian

Untuk mencapai hasil yang maksimal dalam penelitian penulis membuat flowchart atau alur penelitian yang digunakan sebagai pedoman atau panduan langkah-langkah dalam penelitian ini. Langkah-langkah penelitian ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Langkah Penelitian

## 1. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah dilakukan pada saat kompetisi *Shell Eco Marathon* (SEM) dan Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) berangsur untuk menyesuaikan permasalahan serta kebutuhan tim. Dari hasil analisa pada saat kompetisi didapatkan pokok-pokok permasalahan untuk diselesaikan melalui alat yang akan dibuat.

## 2. Studi Literatur

Untuk mencapai hasil penelitian yang optimal, referensi dari berbagai sumber sangat bermanfaat dalam mendukung penulisan tugas akhir. Dengan mengkaji beberapa jurnal ilmiah, buku, makalah, dan literatur terkait lainnya yang berkaitan dengan perancangan alat dapat memperoleh pemahaman dalam mengidentifikasi masalah serta menemukan solusi untuk penelitian ini.

## 3. Perancangan Alat

Sistem monitoring energi mobil listrik terintegrasi IoT dirancang dengan menggabungkan beberapa komponen elektronika yang terhubung dengan *smartphone* melalui jaringan internet untuk mengetahui konsumsi energi mobil yang dikeluarkan secara *real time* dan dapat diakses dari jarak jauh.

## 4. Pengujian Alat

Pengujian alat meliputi pengecekan keseluruhan komponen elektronika yang digunakan mulai dari pembacaan sensor, akurasi pembacaan, pengiriman data serta tampilan hasil pembacaan pada *smartphone*.

## 5. Analisa dan Verifikasi

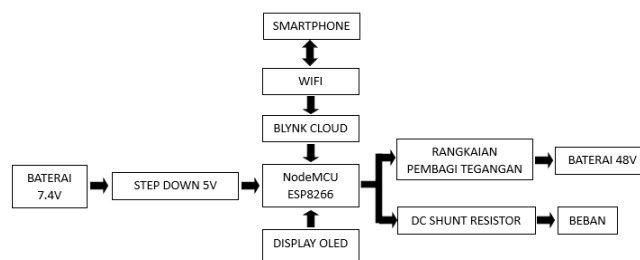
Dalam hal ini dilakukan pengumpulan serta analisa data yang dihasilkan. Analisa digunakan sebagai acuan saat melakukan proses evaluasi dari hasil alat yang dibuat.

## 6. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil percobaan, pengumpulan dan pengolahan data, serta pengujian alat, dapat diambil kesimpulan agar kedepannya pembaca dapat memperbaiki alat yang telah dibuat dengan meninjau kembali saran yang diberikan.

### 2.2 Diagram Blok

Untuk memudahkan desain alat dan perancangan alat, dibuatlah diagram blok dari seluruh sistem secara keseluruhan. Berikut merupakan diagram blok sistem monitoring energi mobil listrik terintegrasi IoT : studi kasus IMEI TEAM UMSIDA dijabarkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok

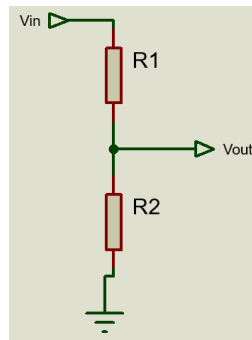
Gambar 2. diagram blok, penjelasan setiap blok sebagai berikut:

1. *Smartphone* digunakan sebagai perangkat yang bertugas untuk monitoring jarak jauh.
2. *Wifi* berfungsi sebagai media yang menghubungkan *smartphone* dengan mikrokontrol NodeMCU ESP8266.
3. *Blynk Cloud* merupakan sebuah platform perangkat lunak *Internet Of Things (IoT)* yang digunakan untuk menghubungkan perangkat keras berbasis IoT dengan sebuah platform IoT. Aplikasi Blynk dimanfaatkan sebagai perangkat komunikasi berbasis IoT yang mampu melakukan monitor perangkat keras dari jarak jauh.
4. Node MCU ESP8266 merupakan sebuah komponen elektronika berbasis chip ESP8266 dengan kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler serta konektivitas internet (*WiFi*). Chip ESP8266 dapat diprogram menggunakan bahasa pemrograman Lua, serta didukung oleh berbagai IDE (*Integrated Development Environment*) seperti arduino IDE dan NodeMCU *firmware*. Penelitian ini memanfaatkan nodeMCU sebagai perangkat untuk melakukan pembacaan data.
5. Baterai lithium ion 7.4V digunakan sebagai power utama dalam perangkat keras yang menyediakan daya listrik untuk memenuhi daya pada setiap komponen
6. Step Down merupakan perangkat yang berfungsi sebagai penurun tegangan dari baterai menuju 5V. Module step down memanfaatkan kinerja IC7805 untuk menyetabilkan tegangan 5V sebelum diterima oleh mikrokontrol NodeMCU ESP8266.

7. Rangkaian pembagi tegangan berfungsi sebagai sensor untuk mendeteksi perubahan tegangan menggunakan metode pembagi tegangan. Rangkaian ini menggunakan dua buah resistor yang dirangkai secara seri untuk menurunkan tegangan baterai mobil sebelum diterima oleh mikrokontroler dengan menggunakan rumus (1). Detail rangkaian pembagi tegangan dapat dilihat pada gambar 3.

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

$V_{out}$  : Tegangan Baterai mobil (V)  
 $V_{in}$  : Tegangan Keluaran (V)  
 $R_1, R_2$  : Nilai Hambatan (Ohm)

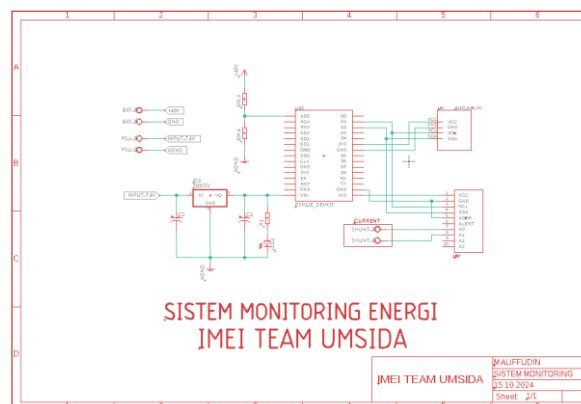


Gambar 3. Rangkaian pembagi tegangan

8. DC Shunt Resistor merupakan resistor khusus dengan resistansi terkalibrasi yang digunakan untuk mengukur arus listrik yang mengalir melalui beban. Penurunan tegangan pada resistor shunt sebanding dengan arus yang mengalir pada beban. Agar mendapatkan data pembacaan arus listrik yang maksimal, sensor arus terhubung secara seri dengan beban pada mobil listrik.

### 2.3 Perancangan Alat

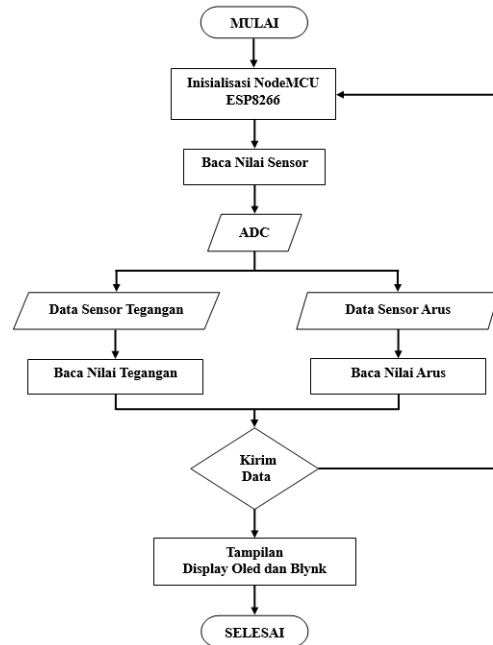
Perancangan alat sistem monitoring energi mobil listrik terintegrasi IoT menggunakan aplikasi blynk berbasis ESP8266 sebagai perangkat komunikasi yang terintegrasi IoT dengan baterai lithium ion 7.4V sebagai sumber utama tegangan yang diturunkan menjadi 5V oleh module step down sebelum disalurkan ke mikrokontrol. Mikrokontroler nodeMCU ESP8266 bertugas sebagai pengendali utama yang akan melakukan proses pengolahan dan pengiriman data menuju platform IoT. Sistem ini memanfaatkan teknologi berbasis komunikasi IoT untuk mendapatkan informasi mengenai konsumsi energi mobil listrik secara *real time* dan dapat diakses dari jarak jauh. Beberapa parameter yang diambil dalam monitoring energi ini adalah tegangan dan arus dalam satuan waktu. Data yang didapat dari sensor tegangan dan sensor arus akan diolah oleh mikrokontroler sehingga menghasilkan parameter baru, yaitu daya (P) dan energi (WH). Secara keseluruhan rangkaian sistem ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Skema Rangkaian

## 2.4 Perancangan Perangkat Lunak

Proses perancangan perangkat lunak sistem monitoring energi mobil listrik terintegrasi IoT menggunakan perangkat lunak arduino IDE untuk membuat *sketch* pemrograman. Pemrograman dilakukan untuk menghubungkan antara mikrokontrol dengan perangkat keras lainnya seperti sensor tegangan, sensor arus, dan display oled. Proses diagram alir dari sistem kerja perangkat lunak yang telah dirancang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Flow Chart

Dari gambar 5. dapat dijelaskan sistem kerja perangkat lunak sebagai berikut :

Tahap pertama yaitu melakukan inisialisasi mikrokontrol nodeMCU untuk memastikan alamat mikrokontrol telah sesuai. Setelah tahap inisialisasi mikrokontrol nodeMCU berhasil maka tahap selanjutnya melakukan pembacaan nilai dari setiap sensor menggunakan fitur ADC pada mikrokontrol untuk mendeteksi kondisi dari setiap perangkat yang dideteksi. Data yang diperoleh dari setiap sensor akan diolah oleh mikrokontrol menjadi beberapa parameter yang dibutuhkan. Hasil dari pengolahan data yang dilakukan oleh mikrokontrol akan dikirim menuju platform IoT dan ditampilkan pada oled display.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Seluruh komponen perangkat keras yang dirancang dalam sistem monitoring energi mobil listrik terintegrasi IoT menggunakan aplikasi Blynk berbasis ESP8266 sebagai perangkat komunikasi berbasis IoT. Sistem perangkat keras terdiri dari mikrokontroler ESP8266, rangkaian pembagi tegangan sebagai sensor untuk mendeteksi perubahan tegangan pada baterai mobil, DC shunt resistor sebagai sensor arus untuk mendeteksi perubahan arus listrik, dan display oled sebagai tampilan layar pada perangkat keras. Hasil dari perancangan perangkat keras dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Perangkat keras

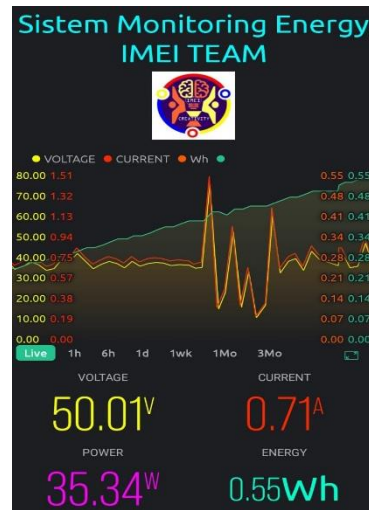
#### B. Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada sistem menggunakan aplikasi blynk pada *smartphone* yang terhubung dengan sistem perangkat keras pada mobil listrik melalui perantara jaringan internet. Untuk menghasilkan parameter pada sistem agar sesuai dengan yang diharapkan, dilakukan pembuatan kode program pada aplikasi arduino IDE. Dalam kode program yang dirancang terdapat perkalian antara tegangan dan arus untuk menghasilkan nilai daya (W) dan pengambilan sampel dari beberapa waktu tertentu untuk menghasilkan nilai energi (WH). Kode program untuk menghasilkan nilai daya dan energi dapat dilihat pada gambar 7.

```
//===== Daya
  Daya=VOLT*Ampere;
//===== Energi
  sample = sample + 1;
  msec = millis();
  Time = (float) msec / 1000.0;
  totalCharge = totalCharge + Ampere;
  averageAmps = totalCharge / sample;
  ampSeconds = averageAmps*Time;
  ampHours = ampSeconds/3600;
  Energi = VOLT * ampHours;
```

Gambar 7. Kode Program Arduino

Adapun beberapa parameter yang ditampilkan pada layar aplikasi blynk yaitu, nilai tegangan, nilai arus, daya (W), dan energi (WH). Pada tampilan aplikasi blynk memanfaatkan fitur grafik untuk melihat besar perubahan energi yang dihasilkan sehingga memudahkan untuk dilakukannya analisa lebih lanjut terkait strategi yang akan digunakan. Tampilan aplikasi blynk yang telah dirancang dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Aplikasi Blyn

### C. Hasil Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan pada sistem monitoring dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan tegangan pada sistem dengan alat ukur avo meter digital untuk memastikan kinerja sensor tegangan dan keakuratan sistem monitoring. Pengujian sensor tegangan dilakukan pada mobil listrik imei team dengan keadaan seluruh perangkat terpasang dengan baik dan motor bergerak tanpa beban. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1.

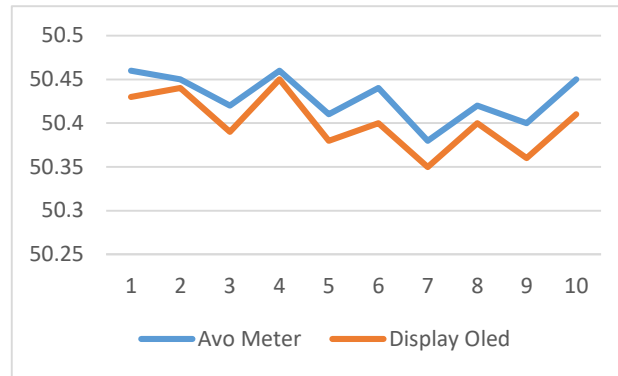
Persentase error pembacaan diperoleh dengan rumus (2):

$$\%Error = \frac{Tegangan\ Display - Tegangan\ Avo}{Tegangan\ Avo} \times 100\% \quad (2)$$

TABLE 1. VOLTAGE SENSOR TESTING RESULTS

No	Voltage on Calibrator (AVO Meter)	Voltage on Microcontroller (Oled Display)	Error (%)
1	50.46	50.43	0.06 %
2	50.45	50.44	0.02 %
3	50.42	50.39	0.06 %
4	50.46	50.45	0.02 %
5	50.41	50.38	0.06 %
6	50.44	50.4	0.08 %
7	50.38	50.35	0.06 %
8	50.42	50.4	0.04 %
9	50.4	50.36	0.08 %
10	50.45	50.41	0.08 %

Grafik perbandingan hasil pembacaan nilai yang terukur pada avo meter dengan hasil pembacaan nilai yang terukur pada sensor tegangan ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Nilai Tegangan

#### D. Hasil Pengujian Sensor Arus

Pengujian sensor arus bertujuan untuk mengukur keluaran arus pada beban. Sensor arus dipasang secara seri dengan beban untuk menghasilkan pengukuran yang maksimal. Pengujian sensor arus dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran pada alat ukur avo meter dengan hasil pengukuran pada sensor arus. Hasil pengujian sensor arus yang didapat ditunjukkan pada tabel 2.

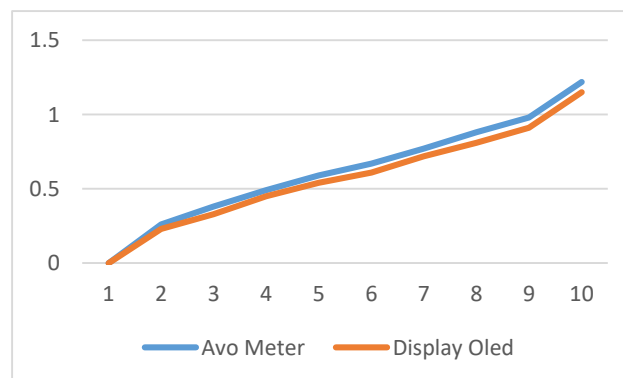
Persentase error pembacaan diperoleh dengan rumus (3):

$$\%Error = \frac{Tegangan\ Display - Tegangan\ Avo}{Tegangan\ Avo} \times 100\% \quad (3)$$

TABLE 2. CURRENT SENSOR TESTING RESULTS

No	Current on Calibrator (AVO Meter)	Current on Microcontroller (Oled Display)	Error (%)
1	0	0	0 %
2	0.26	0.23	0.13 %
3	0.38	0.33	0.15 %
4	0.49	0.45	0.09 %
5	0.59	0.54	0.09 %
6	0.67	0.61	0.10 %
7	0.77	0.72	0.07 %
8	0.88	0.81	0.09 %
9	0.98	0.91	0.08 %
10	1.22	1.15	0.06 %

Grafik perbandingan hasil pembacaan arus yang terukur pada avo meter dengan hasil pembacaan nilai yang terukur pada sensor arus ditunjukkan pada gambar 10.





Gambar 10. Grafik Perbandingan Nilai Arus

Berdasarkan pengujian sensor arus pada sistem monitoring yang telah dilakukan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor arus dapat bekerja sesuai yang diharapkan dengan tingkat error pembacaan kurang dari 0.2%.

#### E. Hasil Pengujian Energi

Pengujian energi bertujuan untuk mengetahui energi yang dikeluarkan oleh kendaraan dalam waktu tertentu. Nilai energi didapat melalui perhitungan antara tegangan dan arus dalam satuan waktu. Pengujian energi dilakukan pada mobil listrik imei team dengan keadaan seluruh perangkat terpasang dengan baik dan motor bergerak tanpa beban dalam waktu tertentu. Hasil dari pengujian energi dapat dilihat pada tabel 3.

TABLE 3. ENERGY TESTING RESULTS

No	Voltage (V)	Current (I)	Power (W)	Energy (WH)	Time (Min)
1	50.46	0.82	41.38	0.38	1 min
2	50.55	0.85	42.97	0.79	2 min
3	50.53	0.79	39.92	1.12	3 min
4	50.52	0.84	42.44	1.54	4 min
5	50.54	0.87	43.97	1.98	5 min

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, penelitian ini berfokus pada pemantauan konsumsi energi mobil listrik secara *real time* saat mobil berada di lintasan dengan menggunakan komunikasi berbasis iot yang memanfaatkan jaringan internet sebagai penghubung antara user, sistem perangkat keras, dan sistem perangkat lunak. Dalam penelitian ini sistem alat yang dirancang hanya berfungsi sebagai sistem pemantuan konsumsi energi mobil listrik saat berada di lintasan, tanpa ada pengendalian terkait konsumsi energi yang dihasilkan. Keberhasilan implementasi sistem monitoring energi mobil listrik terintegrasi iot yang diimplementasikan pada mobil listrik imei team umsida dapat dilihat dari hasil pengujian yang telah dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor tegangan dan sensor arus yang digunakan mampu mendeteksi perubahan tegangan serta arus listrik pada mobil listrik. Pada skema ini, tingkat error pembacaan sensor tegangan yang dihasilkan kurang dari 0.1% dan tingkat error pembacaan sensor arus kurang dari 0.2%. Dengan adanya alat ini dapat membantu mempermudah analisa dalam menentukan strategi yang tepat untuk digunakan, sehingga performa mobil dapat lebih efisien.

### B. Saran

Penelitian ini menggunakan mikrokontroler nodeMCU ESP8266 dan beberapa jenis sensor yang digunakan memerlukan kalibrasi sesuai standar alat ukur. Dalam penelitian ini memanfaatkan jaringan internet sebagai perangkat komunikasi berbasis IoT. Dengan demikian, kesetabilan jaringan internet sangat berpengaruh dalam pengiriman data. Sistem monitoring ini dapat dikembangkan dengan memanfaatkan teknologi yang mampu melakukan pengiriman data secara stabil tanpa dipengaruhi oleh kualitas jaringan internet.

## V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas dukungannya dan Tim IMEI yang telah membantu dan mengizinkan penulis untuk menyelesaikan alat penelitian di lab IMEI.

## REFERENSI

- [1] I. Sulistiyowati, J. Jamaaluddin, and I. Anshory, "Power Performance Evaluation of Standalone Renewable Energy Source Energy Management Using Pass Filter," *PROtek : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 10, no. 3, pp. 158–163, Sep. 2023, doi: 10.33387/protek.v10i3.6082.
- [2] I. Sulistiyowati, Jamaaludin, and I. Anshory, "Characteristics of Direct-Coupling Fuel Cell Injection in Renewable Energy Hybrid Power Generation Electrical Systems: Karakteristik Injeksi Fuel Cell Secara Direct-Coupling Pada Sistem Kelistrikan Pembangkit Hibrida Energi Terbarukan," *Procedia of Social Sciences and Humanities*, vol. 3, pp. 748–756, Jul. 2022, doi: 10.21070/pssh.v3i.110.
- [3] D. Maamria, K. Gillet, G. Colin, Y. Chamaillard, and C. Nouillant, "Optimal Predictive Eco-Driving Cycles for Conventional, Electric, and Hybrid Electric Cars," *IEEE Trans Veh Technol*, vol. 68, no. 7, pp. 6320–6330, 2019, doi: 10.1109/TVT.2019.2914256.
- [4] "SHELL ECO-MARATHON ASIA PACIFIC AND THE MIDDLE EAST 2023 OFFICIAL RULES, CHAPTER II 2 CONTENTS."
- [5] D. oleh *et al.*, "PEDOMAN KONTES MOBIL HEMAT ENERGI TAHUN 2023."
- [6] M. S. Maulana and I. Sulistiyowati, "Sistem Telemetri Mobil Listrik IMEI TEAM UMSIDA Berbasis Iot Dan Ublox Gps Neo-6m".
- [7] J. Guo, W. Li, J. Wang, Y. Luo, and K. Li, "Safe and Energy-Efficient Car-Following Control Strategy for Intelligent Electric Vehicles Considering Regenerative Braking," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 23, no. 7, pp. 7070–7081, 2022, doi: 10.1109/TITS.2021.3066611.
- [8] N. Kammuang-lue and J. Boonjun, "Simulation and Comparison on Energy Consumption between Electric and Diesel Buses: Feasibility Study on Electric Rubber-Tire Bus Potential in Chiang Mai," in *2019 IEEE 10th International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering (ICMAE)*, 2019, pp. 490–496. doi: 10.1109/ICMAE.2019.8880940.
- [9] I. Sulistiyowati, "System Telemetry for Mobile Devices Using the GPS Neo-6M and DHT11 Modules A Case Study by IMEI Team." [Online]. Available: <https://www.jurnal.unmer.ac.id/index.php/jeemecs/rt/printerFriendly/9945/0>
- [10] Q. A. Sias, M. R. Andriansyah, A. P. Wibawa, Aripriharta, and L. Hernandez, "Energy Consumption of Electric Vehicle System Under Various Speed and Voltage Levels," in *2019 International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering (ICEEIE)*, 2019, pp. 346–349. doi: 10.1109/ICEEIE47180.2019.8981457.
- [11] J. Wang, "Research on Monitoring Strategy of New Energy Vehicle Power System Based on the Internet of Things," in *2022 2nd International Signal Processing, Communications and Engineering Management Conference (ISPCEM)*, 2022, pp. 105–108. doi: 10.1109/ISPCEM57418.2022.00027.
- [12] P. Aruna and P. V. Vasana, "Review on Energy Management System of Electric Vehicles," in *2019 2nd International Conference on Power and Embedded Drive Control (ICPEDC)*, 2019, pp. 371–374. doi: 10.1109/ICPEDC47771.2019.9036689.
- [13] L. Kang, H. Shen, S. Xu, and Y. Li, "Electric Vehicle Trip Information Inference Based on Time-Series Residential Electricity Consumption," *IEEE Internet Things J*, vol. 10, no. 17, pp. 15666–15678, 2023, doi: 10.1109/JIOT.2023.3265185.
- [14] M. C. Kirca and A. McGordon, "Effect of Rider Position on the Energy Consumption of an Electric Motorcycle," in *2023 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)*, 2023, pp. 1–3. doi: 10.1109/VPPC60535.2023.10403372.
- [15] Z. Xin, M. Teng, L. Yuanzhi, and L. Jiashi, "Research of driving torque monitoring for electric vehicle," in *2021 IEEE International Conference on Emergency Science and Information Technology (ICESIT)*, 2021, pp. 31–34. doi: 10.1109/ICESIT53460.2021.9696668.
- [16] P. Aruna and P. V. Vasana, "Review on Energy Management System of Electric Vehicles," in *2019 2nd International Conference on Power and Embedded Drive Control (ICPEDC)*, 2019, pp. 371–374. doi: 10.1109/ICPEDC47771.2019.9036689.
- [17] K. K. Nandini, N. S. Jayalakshmi, and V. K. Jadoun, "Energy Management System for PV Integrated Utility Grid with Electric Vehicle as Storage System," in *2022 2nd International Conference on Power Electronics & IoT Applications in Renewable Energy and its Control (PARC)*, 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/PARC52418.2022.9726655.
- [18] M. Novak, J. Novak, J. Morkus, and O. Sivkov, "Energy Consumption Calculation of an Electric Bus with a Variable or Fixed Gearbox," in *IECON 2019 - 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2019, pp. 2670–2675. doi: 10.1109/IECON.2019.8926683.

- [19] R. Feng *et al.*, “Design of Comprehensive Energy System Considering Anomaly Detection of Multi-Energy Data,” in *2022 4th International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacturing (AIAM)*, 2022, pp. 350–354. doi: 10.1109/AIAM57466.2022.00073.
- [20] K. M. Peash and T. Jamal, “Optimizing Residential Energy Consumption: Exploring Demand Side Management Strategies,” in *2023 10th IEEE International Conference on Power Systems (ICPS)*, 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICPS60393.2023.10428789.

**Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*