



Rancang Bangun Monitoring Kondisi Baterai dan Lokasi Kendaraan Listrik Berbasis Mikrokontroler Esp32

Resa Falentino^{1*}, Rizki Priya Pratama²

¹⁻²Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Alamat: Rt.05, Rw.01, Pacet Made, Kec. Pacet, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur

*Korespondensi Penulis: falentinoresaa@Email.com

Abstract. *Electric Vehicles Require A Reliable Monitoring System To Maintain Their Efficiency And Safety. This Study Designs A Monitoring System For Battery Condition And Vehicle Location Based On The Esp32 Microcontroller And The Mit App Inventor Application. The System Uses The Pzem 017 Sensor To Monitor Voltage, Current, Power, Energy, As Well As Battery Capacity And Health, And The Neo-7m Gps Module For Location Tracking. Data Is Displayed In Real Time Through An Android Application. Test Results Show That The System Provides Accurate Information, With Minimal And Statistically Insignificant Measurement Errors According To The Paired T-Test. The System Also Remains Stable At Various Vehicle Speeds (Anova), And The Location Tracking Demonstrates An Average Accuracy Of 4.77 Meters In Open Areas. In Enclosed Areas, The Error Increases To An Average Of 10.26 Meters. The System Is Also Capable Of Automatically Calculating Battery Capacity And Health. Overall, The Developed System Proves To Be Effective, Efficient, And Flexible In Supporting The Reliability And Safety Of Electric Vehicles.*

Keywords: *Battery Monitoring, Electric Vehicle, Esp32, Mit App.*

Abstrak. Kendaraan Listrik Memerlukan Sistem Monitoring Yang Andal Untuk Menjaga Efisiensi Dan Keamanannya. Penelitian Ini Merancang Sistem Monitoring Kondisi Baterai Dan Lokasi Kendaraan Listrik Berbasis Mikrokontroler Esp32 Dan Aplikasi Mit App Inventor. Sistem Menggunakan Sensor Pzem-017 Untuk Memantau Tegangan, Arus, Daya, Energi, Serta Kapasitas Dan Kesehatan Baterai, Serta Modul Gps Neo-7m Untuk Pelacakan Lokasi. Data Ditampilkan Secara Real-Time Melalui Aplikasi Android. Hasil Pengujian Menunjukkan Sistem Mampu Memberikan Informasi Akurat, Dengan Error Pengukuran Kecil Dan Tidak Signifikan Menurut Uji Paired T-Test. Sistem Juga Stabil Pada Berbagai Kecepatan Kendaraan (Anova), Dan Pelacakan Lokasi Menunjukkan Akurasi Rata-Rata 4,77 Meter Di Area Terbuka. Di Area Tertutup, Error Meningkat Hingga 10,26 Meter. Sistem Ini Juga Mampu Menghitung Kapasitas Dan Kesehatan Baterai Otomatis. Secara Keseluruhan, Sistem Yang Dikembangkan Terbukti Efektif, Efisien, Dan Fleksibel Untuk Mendukung Keandalan Dan Keamanan Kendaraan Listrik.

Kata Kunci: Karakter Religius, Pendidikan Islam, Sirah Nabawiyah.

1. LATAR BELAKANG

Seiring Meningkatnya Kebutuhan Akan Transportasi Ramah Lingkungan, Kendaraan Listrik Menjadi Solusi Utama Yang Terus Dikembangkan, Termasuk Di Indonesia (Zola Et Al., 2023). Meski Efisien Dan Ramah Lingkungan, Pengguna Masih Kesulitan Memantau Kondisi Baterai Secara Real-Time. Tanpa Sistem Monitoring Yang Baik, Efisiensi Energi Bisa Menurun Dan Risiko Kerusakan Tak Terduga Bisa Meningkat (F. N. Zain Et Al., 2023). Karena Baterai Adalah Komponen Penting Yang Menentukan Kinerja Kendaraan, Maka Dibutuhkan Sistem Pemantauan Yang Terintegrasi, Apalagi Dalam Konteks Pembelajaran Dan Penelitian Di Dunia Pendidikan (A. T. Zain Et Al., 2025).

Pemantauan Langsung Terhadap Tegangan, Arus, Kapasitas, Energi, Dan Kesehatan Baterai Sangat Penting Agar Kendaraan Listrik Bisa Bekerja Dengan Aman Dan Optimal(Rey & Fatekha, 2024). Namun, Teknologi Monitoring Yang Mudah Digunakan Dan Terjangkau Masih Sulit Diakses Oleh Banyak Pengguna(Rani Et Al., 2023). Selain Itu, Pelacakan Lokasi Juga Penting Untuk Keamanan Kendaraan, Seperti Mencegah Pencurian Atau Membantu Pengguna Menemukan Posisi Kendaraannya(Syaddad, 2019).

Kemajuan Teknologi Internet Of Things (Iot) Membuka Peluang Untuk Membuat Sistem Monitoring Yang Lebih Efektif(Yulanto & Iskandar, 2021). Esp32 Adalah Mikrokontroler Dengan Konektivitas Wi-Fi Dan Bluetooth Yang Mudah Dihubungkan Dengan Sensor(Pela & Pramudita, 2021). Sementara Itu, Mit App Inventor Memungkinkan Pembuatan Aplikasi Android Yang Bisa Menampilkan Data Secara Langsung Di Ponsel. Dengan Bantuan Sensor Pzem-017 Untuk Data Baterai Dan Gps Neo-7m Untuk Pelacakan Lokasi, Sistem Ini Bisa Meningkatkan Keamanan Dan Kenyamanan Pengguna(Andriyanto Et Al., 2023).

Penelitian Ini Bertujuan Merancang Dan Membuat Sistem Pemantauan Kondisi Baterai Dan Lokasi Kendaraan Listrik Menggunakan Esp32, Sensor Pzem-017, Dan Mit App Inventor. Sistem Ini Diharapkan Mampu Menyajikan Data Baterai Dan Lokasi Secara Akurat Dan Real-Time(Shah Et Al., 2019). Dengan Begitu, Pengguna Bisa Lebih Efisien Dan Aman Dalam Menggunakan Kendaraan Listrik(Asaad Et Al., 2017). Selain Itu, Penelitian Ini Juga Mendukung Pengembangan Teknologi Iot Di Bidang Otomotif, Terutama Di Dunia Pendidikan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian Ini Menggunakan Metode Eksperimen Untuk Menguji Kinerja Alat *Monitoring* Kondisi Dan Kesehatan Baterai Serta Lokasi Kendaraan Listrik Berbasis Esp32 Dan Mit App. Pengujian Mencakup Akurasi Dan Pembacaan Sensor Pzem-017 Dalam Membaca Berbagai Kondisi Baterai, Serta *Validasi* Lokasi Dari Modul Gps Neo-7m. Sistem Notifikasi Pada Mit App Diuji Untuk Memastikan Kemudahan Pemantauan. Data Dikumpulkan Dalam Berbagai Kondisi Operasional Guna Mengukur Efektivitas Sistem. Hasil Analisis Mencakup Akurasi Pembacaan, Kestabilan Sistem, Dan Kemudahan Penerapan Alat Pada Kendaraan Listrik.

Metode Pengolahan Dan Analisis Data Diawali Dengan *Validasi* Hasil Pengukuran Sensor. Data Dari Sensor Pzem-017, Seperti Tegangan, Arus, Daya, Dan Energi , Serta Data Lokasi Dari Modul Gps Neo-7m, *Divalidasi* Dengan Alat Ukur Referensi. *Multimeter* Digital

Digunakan Untuk Membandingkan Data Parameter Listrik, Sedangkan Aplikasi Google Maps Digunakan Untuk Memverifikasi Keakuratan Lokasi Kendaraan. *Validasi* Ini Bertujuan Memastikan Akurasi Dan Keandalan Data Yang Digunakan Dalam Penelitian.(Teknik Elektro Et Al., 2019).

Setelah *Validasi*, Data Dikelompokkan Berdasarkan Beberapa Kategori Utama, Yaitu Variasi Kecepatan Kendaraan (15 Km/Jam Dan 25 Km/Jam) Serta Posisi Kendaraan (Di Dalam *Basement* Atau Ruang Terbuka). Data Dari Parameter Baterai, Seperti Tegangan, Arus, Daya, Dan Energi Juga Diurutkan Untuk Mempermudah Analisis Lebih Lanjut.(Sadeghian Et Al., 2021).

Untuk Mengukur Tingkat Keakuratan Lokasi Kendaraan, Digunakan Metode *Euclidean Distance* Antara Titik Koordinat Lokasi Yang Diperoleh Dari Gps Pada Mit App Dengan Titik Referensi Dari Google Maps. Perhitungan Jarak Ini Digunakan Untuk Menilai Seberapa Akurat Sistem Dalam Menentukan Lokasi Kendaraan Secara Real-Time Dalam Kondisi Lingkungan Yang Berbeda(Kusuma Et Al., 2022).

Selain Itu, Analisis Statistik Juga Dilakukan Untuk Mengetahui Keakuratan Sistem *Monitoring*. Uji T Digunakan Untuk Mengevaluasi Apakah Terdapat Perbedaan Yang Signifikan Antara Data Hasil Pembacaan Sensor Dan Data Dari Alat Ukur Acuan(F. N. Zain Et Al., 2023). Selanjutnya, Uji Anova Dilakukan Untuk Menganalisis Apakah Variasi Kecepatan Kendaraan Memberikan Pengaruh Yang Signifikan Terhadap Akurasi Pengukuran. Hasil Dari Analisis Ini Disajikan Dalam Bentuk Grafik Agar Lebih Mudah Dipahami.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Parameter Kelistrikan

Pengujian Dilakukan Pada Kendaraan Listrik Dengan Dua Variasi Kecepatan Yaitu 15 Km/Jam Dan 25 Km/Jam, Menggunakan Rute Jalan Yang Sama. Parameter Yang Diuji Adalah Tegangan (V), Arus (A), Dan Daya (W). Dimana Multimeter Dapat Mendeteksi Tegangan Dan Arus Secara Aktual, Kemudian Data Tersebut Digunakan Sebagai Data Pembanding Dari Alat Monitoring.

Tabel 1. Pengujian Baterai 15 Km/Jam

| Tegangan | | Arus | | Daya | |
|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|
| Hasil Monitoring | Hasil Aktual | Hasil Monitoring | Hasil Aktual | Hasil Monitoring | Hasil Aktual |
| 46.36 | 46.3 | 2.57 | 2.57 | 119.15 | 118.99 |
| 45.07 | 45.1 | 3.76 | 3.79 | 169.46 | 170.93 |
| 45.75 | 45.7 | 2.31 | 2.31 | 105.68 | 105.57 |
| 45.21 | 45.2 | 2.73 | 2.7 | 123.42 | 122.04 |
| 44.87 | 45 | 3.7 | 3.69 | 166.02 | 166.05 |
| 45.25 | 45.3 | 3.28 | 3.28 | 148.42 | 148.58 |
| 45.12 | 45.1 | 2.83 | 2.85 | 127.69 | 128.54 |
| 44.95 | 45.1 | 3.31 | 3.28 | 148.78 | 147.93 |
| 45.33 | 45.2 | 2.47 | 2.54 | 111.97 | 114.81 |
| 45.21 | 45.2 | 3.09 | 3.07 | 139.70 | 138.76 |

Tabel 2. Pengujian Baterai 25 Km/Jam

| Tegangan | | Arus | | Daya | |
|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|
| Hasil Monitoring | Hasil Aktual | Hasil Monitoring | Hasil Aktual | Hasil Monitoring | Hasil Aktual |
| 44.23 | 44.3 | 6.04 | 6.06 | 267.15 | 268.46 |
| 44.25 | 44.3 | 6.05 | 6.06 | 267.71 | 268.46 |
| 44.33 | 44.3 | 6.03 | 6.05 | 267.31 | 268.02 |
| 44.35 | 44.3 | 6.02 | 5.98 | 266.99 | 264.91 |
| 44.22 | 44.3 | 5.95 | 5.95 | 263.11 | 263.59 |
| 44.35 | 44.3 | 5.89 | 5.86 | 261.22 | 259.60 |
| 44.26 | 44.3 | 5.82 | 5.8 | 257.59 | 256.94 |
| 44.23 | 44.3 | 5.93 | 5.98 | 262.28 | 264.91 |
| 44.34 | 44.3 | 6.03 | 6.05 | 267.37 | 268.02 |
| 44.31 | 44.3 | 5.82 | 5.83 | 257.88 | 258.27 |

Selain Mencatat Parameter Utama Seperti Tegangan, Arus, Dan Daya, Sistem Monitoring Ini Juga Dirancang Untuk Menghitung Kapasitas (%) Dan Kesehatan Baterai (%) Berdasarkan Nilai Energi Yang Terakumulasi Dalam Satuan Kilowatt-Hour (Kwh). Perhitungan Ini Menggunakan Kapasitas Maksimum Baterai Sebesar 0,576 Kwh, Dengan Menggunakan Rumus:

$$\text{Kapasitas (\%)} = 100 \times \left(1 - \frac{E_{\text{Terpakai}}}{E_{\text{Maks}}} \right)$$

$$\text{Kesehatan (\%)} = 100 \times \left(1 - \frac{E_{\text{Aktual}}}{E_{\text{Maks}}} \right)$$

Tabel 3. Data Soc Dan Soh

| Energy (Kwh) | Kapasitas % | Kesehatan % |
|--------------|-------------|-------------|
| 0.05807 | 90 | 100 |
| 0.06296 | 89 | 100 |
| 0.068 | 88 | 100 |
| 0.07989 | 87 | 100 |
| 0.08071 | 86 | 100 |
| 0.08667 | 85 | 100 |
| 0.09217 | 84 | 100 |
| 0.09789 | 83 | 100 |
| 0.10315 | 82 | 100 |
| 0.10923 | 81 | 100 |

Data Hasil Pengujian Diatas Kemudian Dilakukan Validasi Dengan Menghitung Selisih Dan Nilai Error Pada Tiap Parameter Dengan Menggunakan Rumus:

$$\text{Selisih} = \text{Hasil Monitoring} - \text{Hasil Aktual}$$

$$\text{Error (\%)} = \left(\frac{\text{Monitoring} - \text{Aktual}}{\text{Aktual}} \right) \times 100$$

Dengan Melakukan Perhitungan Berdasarkan Rumus Diatas Akan Dihasilkan Nilai Error Dan Selisih Pada Masing-Masing Parameter.

Tabel 4. Selisih Dan Error Baterai Kecepatan 15 Km/Jam

| Tegangan | | Arus | | Daya | |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Selisih | Error % | Selisih | Error % | Selisih | Error % |
| 0.06 | 0.13 | 0 | 0.00 | 0.15 | 0.13 |
| 0.03 | 0.07 | 0.03 | 0.79 | 1.47 | 0.86 |
| 0.05 | 0.11 | 0 | 0.00 | 0.12 | 0.11 |
| 0.01 | 0.02 | 0.03 | 1.11 | 1.38 | 1.13 |
| 0.13 | 0.29 | 0.01 | 0.27 | 0.03 | 0.02 |
| 0.05 | 0.11 | 0 | 0.00 | 0.16 | 0.11 |
| 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.70 | 0.85 | 0.66 |
| 0.15 | 0.33 | 0.03 | 0.91 | 0.86 | 0.58 |
| 0.13 | 0.29 | 0.07 | 2.76 | 2.84 | 2.48 |
| 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.65 | 0.93 | 0.67 |

Tabel 5. Selisih Dan Error Baterai Kecepatan 25 Km/Jam

| Tegangan | | Arus | | Daya | |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Selisih | Error % | Selisih | Error % | Selisih | Error % |
| 0.07 | 0.16 | 0.02 | 0.33 | 1.31 | 0.49 |
| 0.05 | 0.11 | 0.01 | 0.17 | 0.75 | 0.28 |
| 0.03 | 0.07 | 0.02 | 0.33 | 0.71 | 0.26 |
| 0.05 | 0.11 | 0.04 | 0.67 | 2.07 | 0.78 |
| 0.08 | 0.18 | 0 | 0.00 | 0.48 | 0.18 |
| 0.05 | 0.11 | 0.03 | 0.51 | 1.62 | 0.63 |

| | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 0.04 | 0.09 | 0.02 | 0.34 | 0.65 | 0.25 |
| 0.07 | 0.16 | 0.05 | 0.84 | 2.63 | 0.99 |
| 0.04 | 0.09 | 0.02 | 0.33 | 0.64 | 0.24 |
| 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.17 | 0.38 | 0.15 |

Hasil Pengujian Pada Kecepatan 25 Km/Jam Menunjukkan Bahwa Sistem Monitoring Memberikan Performa Yang Sangat Baik. Rata-Rata Error Untuk Tegangan Tercatat Sebesar 0,11%. Untuk Arus, Rata-Rata Error Mencapai 0,37%, Diperoleh Dari Selisih Langsung Antara Pembacaan Sensor Dan Nilai Acuan. Sementara Itu, Error Untuk Daya Sebesar 0,43%, Dihitung Dari Hasil Perkalian Nilai Tegangan Dan Arus Yang Terbaca Oleh Sistem.

Pada Kecepatan 15 Km/Jam, Nilai Rata-Rata Error Sedikit Meningkatkan Namun Tetap Dalam Batas Wajar. Tegangan Memiliki Rata-Rata Error Sebesar 0,14%, Arus Sebesar 0,72%, Dan Daya Sebesar 0,67%. Meskipun Terjadi Sedikit Peningkatan Error Pada Arus, Khususnya Pada Kecepatan Rendah, Perbedaan Ini Masih Pada Nilai Yang Kecil.

Secara Keseluruhan, Semua Nilai Error Pada Pengujian Baik Di Kecepatan Rendah Maupun Sedang Masih Berada Di Bawah Batas Toleransi Akurasi Sensor Sebesar 1%. Hal Ini Membuktikan Bahwa Sistem Monitoring Tetap Andal Dan Akurat Dalam Membaca Parameter Kelistrikan Kendaraan Listrik Pada Berbagai Kondisi Kecepatan.

Pengujian Data Lokasi

Pengujian Dilakukan Untuk Mengevaluasi Akurasi Penentuan Lokasi Kendaraan Yang Ditampilkan Oleh Aplikasi Mit App Inventor Dari Hasil Pembacaan Sensor Gps Neo 6m, Dengan Cara Membandingkannya Terhadap Lokasi Acuan Yang Diperoleh Dari Google Maps(Indah Et Al., 2023). Lokasi Diuji Pada Dua Kondisi Lingkungan, Yaitu Outdoor (Ruang Terbuka) Dan Indoor (Ruang Tertutup).

Tabel 6. Data Lokasi Diruang Terbuka

| Terbuka | | | | | |
|-----------|------------|-------------|------------|----------|-----------|
| Gps | | Google Maps | | Selisih | |
| Latitude | Longitude | Latitude | Longitude | Latitude | Longitude |
| -7.671081 | 112.544164 | -7.671083 | 112.544166 | 0.000002 | 0.000027 |
| -8.012428 | 112.609853 | -8.0124 | 112.60988 | 0.000028 | 0.000007 |
| -7.940168 | 112.614093 | -7.9402 | 112.6141 | 0.000032 | 0.000003 |
| -7.94411 | 112.6143 | -7.94413 | 112.61433 | 0.000002 | 0.000001 |
| -7.94608 | 112.61659 | -7.9461 | 112.6166 | 0.000002 | 0.000002 |

Tabel 7. Data Lokasi Diruang Tertutup

| Tertutup | | | | | |
|-----------|------------|-------------|-----------|----------|-----------|
| Gps | | Google Maps | | Selisih | |
| Latitude | Longitude | Latitude | Longitude | Latitude | Longitude |
| -7.672643 | 112.544117 | -7.6727 | 112.54412 | 0.000057 | 0.000003 |
| -8.01531 | 112.616192 | -8.01538 | 112.6162 | 0.000007 | 0.000008 |

| | | | | | |
|----------|-----------|----------|-----------|---------|---------|
| -7.94084 | 112.61411 | -7.9409 | 112.61412 | 0.00006 | 0.00001 |
| -7.94386 | 112.61406 | -7.94387 | 112.61409 | 0.00001 | 0.00003 |
| -7.94648 | 112.61637 | -7.9465 | 112.6164 | 0.00002 | 0.00003 |

Akurasi Posisi Dihitung Menggunakan Metode Euclidean Distance (Ed), Yang Mengukur Jarak Antara Dua Titik Koordinat (Latitude Dan Longitude) Dalam Sistem Koordinat Geografis. Adapun Rumus Perhitungannya Ditunjukkan Sebagai Berikut:

$$Ed = \sqrt{\{(LaT_{\{1\}} - LaT_{\{2\}})^2 + (LoN_{\{1\}} - LoN_{\{2\}})^2\}}$$

$$ED_{\{M\}} = Ed \times 111319$$

Tabel 8. Nilai Euclidean Distance (Ed)

| Titik | Ruang Terbuka | | Ruang Tertutup | |
|-----------|---------------|-------------------------|----------------|-------------------------|
| | Ed (°) | Ed _m (Meter) | Ed (°) | Ed _m (Meter) |
| 1 | 0.000048 | 0.53 | 0.00009 | 10.02 |
| 2 | 0.0000495 | 5.51 | 0.0000988 | 11 |
| 3 | 0.0000535 | 5.96 | 0.000097 | 10.8 |
| 4 | 0.000043 | 4.79 | 0.000088 | 9.8 |
| 5 | 0.0000453 | 5.04 | 0.000087 | 9.69 |
| Rata-Rata | 0.00003962 | 4.77 M | 0.00009256 | 10.26 M |

Hasil Menunjukkan Bahwa Akurasi Gps Dipengaruhi Oleh Kondisi Lingkungan Sekitar. Di Area Outdoor, Gps Mampu Menunjukkan Lokasi Dengan Rata-Rata Error Sebesar 4,77 Meter, Dengan Deviasi Terkecil 0,53 Meter Dan Terbesar 5,96 Meter. Sementara Itu, Di Area Indoor Atau Basement, Akurasi Menurun Dengan Rata-Rata Error Posisi Mencapai 10,26 Meter.

Uji Paired T-Test

Uji Statistik Dilakukan Untuk Memastikan Apakah Terdapat Perbedaan Yang Signifikan Antara Hasil Pembacaan Sensor Dan Alat Ukur Aktual. Metode Yang Digunakan Adalah Uji T Untuk Data Yang Berpasangan (Paired T-Test), Karena Data Yang Dibandingkan Berasal Dari Dua Pengukuran Terhadap Objek Yang Sama, Yaitu Data Hasil Monitoring Dan Data Aktual.

Hipotesis Yang Digunakan Dalam Pengujian Ini Adalah Sebagai Berikut:

- Ho (Hipotesis Nol): Tidak Terdapat Perbedaan Signifikan Antara Nilai Hasil Monitoring Dan Nilai Aktual.
- H₁ (Hipotesis Alternatif): Terdapat Perbedaan Signifikan Antara Nilai Hasil Monitoring Dan Nilai Aktual.

Jika Hasil Uji T Menunjukkan Bahwa Nilai P-Value < 0,05, Maka Ho Ditolak, Yang Berarti Terdapat Perbedaan Signifikan Antara Kedua Data. Sebaliknya, Jika P-Value > 0,05,

Maka H_0 Diterima, Yang Berarti Tidak Terdapat Perbedaan Yang Signifikan Dan Sistem Monitoring Dianggap Cukup Akurat Terhadap Alat Ukur Referensi.

Dari Hasil Pengujian Menggunakan T-Test (Paired T-Test), Diperoleh Hasil Sebagai Berikut:

| Test | |
|------------------------|---------------------------------------|
| Null hypothesis | $H_0: \mu_{\text{difference}} = 0$ |
| Alternative hypothesis | $H_1: \mu_{\text{difference}} \neq 0$ |
| T-Value | P-Value |
| -0.30 | 0.774 |

Gambar 1. Hasil T-Test Tegangan

| Test | |
|------------------------|---------------------------------------|
| Null hypothesis | $H_0: \mu_{\text{difference}} = 0$ |
| Alternative hypothesis | $H_1: \mu_{\text{difference}} \neq 0$ |
| T-Value | P-Value |
| 0.80 | 0.447 |

Gambar 2. Hasil T-Test Arus

| Test | |
|------------------------|---------------------------------------|
| Null hypothesis | $H_0: \mu_{\text{difference}} = 0$ |
| Alternative hypothesis | $H_1: \mu_{\text{difference}} \neq 0$ |
| T-Value | P-Value |
| 0.76 | 0.469 |

Gambar 3. Hasil T-Test Daya

Hasil Uji Menunjukkan Bahwa Seluruh Nilai P-Value Berada Di Atas Ambang Signifikansi 0,05. Dengan Demikian, Hipotesis Nol (H_0) Diterima Untuk Ketiga Parameter Tersebut, Yang Berarti Tidak Terdapat Perbedaan Yang Signifikan Antara Data Monitoring Sistem Dan Data Dari Alat Ukur Referensi. Hasil Ini Mengindikasikan Bahwa Sistem Monitoring Yang Dirancang Mampu Memberikan Hasil Pengukuran Yang Akurat Dan Dapat Diandalkan.

Uji Anova (Analysis Of Variance)

Uji Anova (Analysis Of Variance) Digunakan Untuk Mengetahui Apakah Kecepatan Kendaraan Berpengaruh Secara Signifikan Terhadap Tingkat Error Pengukuran Sensor. Uji Ini Dilakukan Karena Terdapat Lebih Dari Dua Kelompok Data Berdasarkan Variasi Kecepatan Kendaraan Yang Ingin Dibandingkan.

Hipotesis Yang Digunakan Dalam Uji Anova Adalah Sebagai Berikut:

- H_0 (Hipotesis Nol): Kecepatan Tidak Memengaruhi Error Pengukuran.
- H_1 (Hipotesis Alternatif): Kecepatan Berpengaruh Secara Signifikan Terhadap Error Pengukuran.

Jika Hasil Anova Menunjukkan Nilai P-Value < 0.05 , Maka H_0 Ditolak Dan Disimpulkan Bahwa Kecepatan Memang Berpengaruh Terhadap Akurasi Pengukuran Sensor. Sebaliknya, Jika P-Value ≥ 0.05 , Maka H_0 Diterima, Artinya Tidak Terdapat Pengaruh Signifikan Dari Kecepatan Terhadap Error Pengukuran, Dan Sensor Bekerja Stabil Pada Berbagai Kecepatan.

| Analysis of Variance | | | | | |
|----------------------|----|----------|----------|---------|---------|
| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
| Kecepatan | 1 | 0.001125 | 0.001125 | 0.69 | 0.417 |
| Error | 18 | 0.029330 | 0.001629 | | |
| Total | 19 | 0.030455 | | | |

Gambar 4. Hasil Anova Tegangan

| Analysis of Variance | | | | | |
|----------------------|----|----------|----------|---------|---------|
| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
| Kecepatan | 1 | 0.001125 | 0.001125 | 1.45 | 0.244 |
| Error | 18 | 0.013970 | 0.000776 | | |
| Total | 19 | 0.015095 | | | |

Gambar 5. Hasil Anova Arus

| Analysis of Variance | | | | | |
|----------------------|----|--------|--------|---------|---------|
| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
| Kecepatan | 1 | 1.196 | 1.196 | 0.75 | 0.397 |
| Error | 18 | 28.565 | 1.587 | | |
| Total | 19 | 29.761 | | | |

Gambar 6. Hasil Anova Daya

Hasil Uji Anova Diperoleh Seluruh Nilai P-Value Tersebut Juga Lebih Besar Dari 0,05, Yang Menunjukkan Bahwa Hipotesis Nol (H_0) Kembali Diterima. Artinya, Variasi Kecepatan Kendaraan Tidak Memberikan Pengaruh Yang Signifikan Terhadap Tingkat Error Pengukuran Sistem. Dengan Kata Lain, Sistem Mampu Menjaga Kestabilan Hasil Pengukuran Meskipun Terjadi Perubahan Kecepatan Kendaraan Selama Pengujian.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Penelitian Ini Berhasil Merancang Dan Mengimplementasikan Sistem *Monitoring* Kondisi Baterai Dan Lokasi Kendaraan Listrik Berbasis Mikrokontroler Esp32 Dan Mit App. Sistem Ini Terbukti Mampu Memantau Parameter Penting Seperti Tegangan, Arus, Daya, Energi, Kapasitas, Dan Kesehatan Baterai Secara Akurat Dan Stabil. Hasil Uji Statistik Menggunakan Metode *Paired T-Test* Menunjukkan Bahwa Tidak Terdapat Perbedaan Signifikan Antara Data Hasil *Monitoring* Dan Data Aktual Dari Alat Ukur Referensi, Sehingga Sistem Dapat Diandalkan Dalam Memantau Parameter Kelistrikan Kendaraan Listrik.

Stabilitas Sistem Juga Terjaga Meskipun Kendaraan Diuji Pada Kecepatan Yang Berbeda. Berdasarkan Uji Anova, Kecepatan Kendaraan Tidak Memengaruhi Tingkat Kesalahan Pengukuran Sensor Secara Signifikan. Hal Ini Menunjukkan Bahwa Sistem Bekerja Konsisten Dalam Berbagai Kondisi Kecepatan Kendaraan.

Pada Aspek Pelacakan Lokasi, Modul Gps Neo-7m Yang Digunakan Menunjukkan Akurasi Yang Baik Di Area Terbuka Dengan Error Rata-Rata Sebesar 4,77 Meter. Namun, Di Area Tertutup Seperti Basement, Akurasinya Menurun Hingga Rata-Rata Error Mencapai

10,26 Meter, Yang Mengindikasikan Adanya Keterbatasan Perangkat Dalam Kondisi Lingkungan Dengan Gangguan Sinyal Satelit.

Selain Itu, Sistem Juga Berhasil Menghitung Nilai Energi Berdasarkan Daya Yang Terakumulasi, Serta Menentukan Kapasitas Dan Kesehatan Baterai Secara Otomatis. Selama Pengujian, Kesehatan Baterai Tercatat Tetap Stabil Pada Angka 100%, Yang Menunjukkan Bahwa Baterai Berada Dalam Kondisi Optimal.

Secara Keseluruhan, Sistem Yang Dikembangkan Memberikan Solusi Yang Efektif, Efisien, Dan Fleksibel Untuk Pemantauan Kondisi Baterai Dan Lokasi Kendaraan Listrik. Keandalan Dalam Pengukuran, Kemudahan Penggunaan Melalui Aplikasi Mit App, Serta Dukungan Penyimpanan Data Yang Berkelanjutan Menjadikan Sistem Ini Layak Untuk Diterapkan Pada Kendaraan Listrik.

Sebagai pengembangan lebih lanjut, sistem ini disarankan untuk ditingkatkan akurasi pelacakan lokasinya di area tertutup dengan menggunakan teknologi GPS multi-band GNSS atau integrasi sensor tambahan seperti IMU (*Inertial Measurement Unit*). Fitur notifikasi otomatis pada aplikasi MIT App juga dapat ditambahkan, seperti peringatan baterai lemah, suhu tinggi, atau geofencing untuk keamanan. Selain itu, pengujian sistem di medan yang lebih bervariasi seperti area berbukit, pedesaan, atau kendaraan dengan daya lebih besar diperlukan guna menguji keandalan sistem secara menyeluruh.

DAFTAR REFERENSI

- Andriyanto, D., Ahfas, A., Sulistiyowati, I., Elektro, J. T., Sains, F., Teknologi, D., Muhammadiyah, U., Kampus, S., Raya, J., No, G., & Sidoarjo, C. (2023). Sistem monitoring dan protection smart charger baterai mobil listrik lithium ion berbasis Telegram. *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECom)*, 4(2). <https://doi.org/10.33650/jeecom.v4i2>
- Asaad, M., Ahmad, F., Alam, M. S., & Rafat, Y. (2017). IoT enabled electric vehicle's battery monitoring system. In *Proceedings of the 1st EAI International Conference on Smart Grid Assisted Internet of Things*. <https://doi.org/10.4108/eai.7-8-2017.152984>
- Indah, I. P. S., Al-Khowarizmi, A.-K., Md, P. P. H., Perdana, A., & Manurung, A. A. (2023). Implementation and design of security system on motorcycle vehicles using Raspberry Pi3-based GPS tracker and face detection. *Sinkron*, 8(3), 2003–2007. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i3.12935>
- Kusuma, A. P., & Oktavianto, A. D. (2022). Analisis metode Euclidean Distance dalam menentukan koordinat peta pada alamat rumah. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika*, 8(2), 108–115. <http://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jtmi>

- Pela, M. F., & Pramudita, R. (2021). Sistem monitoring penggunaan daya listrik berbasis Internet of Things pada rumah dengan menggunakan aplikasi Blynk. *Infotech: Journal of Technology Information*, 7(1), 47–54. <https://doi.org/10.37365/jti.v7i1.106>
- Rani, R. U., Divya, G., Swarupa, M. L., & Navaneetha, K. (2023). IoT-based battery monitoring system for electric vehicle using ESP32. In *2023 Second International Conference on Smart Technologies for Smart Nation (SmartTechCon)* (pp. 1491–1503). <https://doi.org/10.1109/SmartTechCon57526.2023.10391772>
- Rey, A. R., & Fatekha, R. A. (2024). Analysis of battery energy consumption in the Barelang V base robot with 4 brushed DC motors (pp. 5–20). https://doi.org/10.2991/978-94-6463-620-8_2
- Sadeghian, P., Håkansson, J., & Zhao, X. (2021). Review and evaluation of methods in transport mode detection based on GPS tracking data. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 8(4), 467–482. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2021.04.004>
- Shah, F. A., Sheikh, S. S., Mir, U. I., & Athar, S. O. (2019). Battery health monitoring for commercialized electric vehicle batteries: Lithium-Ion. In *2019 International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies (PGSRET)* (pp. 1–6). <https://doi.org/10.1109/PGSRET.2019.8882735>
- Syaddad, H. N. (2019). Perancangan sistem keamanan sepeda motor menggunakan GPS tracker berbasis mikrokontroler pada kendaraan bermotor. *Media Jurnal Informatika*, 11(2). <http://jurnal.unsur.ac.id/mjinformatika>
- Teknik Elektro, J., Cahyono, T. P., & Kaloko, B. S. (2019). Pengujian karakteristik baterai lithium-ion dengan metode fuzzy dengan beban bervariasi. *Universitas Jember*.
- Yulanto, D. M., & Iskandar, H. (2021). Studi analisis perkembangan teknologi kendaraan listrik hibrida. *Journal of Automotive Technology*, 2(1). <https://journal.upy.ac.id/index.php/jatve/index>
- Zain, A. T., Suranto, D. D., Budiprasojo, A., Karimah, C. N., Azhar, F. A., & Haryanto, M. D. (2025). Applications of 18650 lithium-ion batteries pack in 3 kW electric vehicles. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1446(1), 012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1446/1/012056>
- Zain, F. N., Martawati, M. E., & Rohman, F. (2023). Pengembangan sistem monitoring kapasitas baterai kendaraan listrik berbasis Internet of Things. *Jurnal Aplikasi dan Inovasi IPTEKS "Soliditas" (J-Solid)*, 6(1), 92. <https://doi.org/10.31328/js.v6i1.3861>
- Zola, G., Nugraheni, D., Andhien, R., Rosiana, A., Dzamar, D., Pambudy, A., & Agustanta, N. (2023). Inovasi kendaraan listrik sebagai upaya meningkatkan kelestarian lingkungan dan mendorong pertumbuhan ekonomi hijau di Indonesia. *Jurnal Inovasi Energi dan Lingkungan*, 11(3).