PERANCANGAN SUMBER DAYA SEPEDA MOTOR LISTRIK HASIL KONVERSI TERINTEGRASI DENGAN SISTEM MONITORING BERBASIS MIKROKONTROLER

Febrian Bintang Listianto[*1]

[1,2,3]Program Studi Teknik Elektronika Kampus Kediri, Politeknik Negeri Malang, Indonesia
Email: [1]febrianbintang853@gmail.com, [2]inigentung128@gmail.com

Nomor Handphone : 085745937388

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang sumber daya sepeda motor listrik hasil konversi menggunakan paket baterai LiFePO4 24S berkapasitas 30 Ah yang terintegrasi dengan sistem monitoring berbasis ESP32. Permasalahan penelitian difokuskan pada kebutuhan sumber daya yang mampu menyuplai motor PMSM 1 kW secara stabil sekaligus menyediakan pemantauan kondisi baterai dan konsumsi energi kendaraan. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan eksperimental melalui tahap studi literatur, perhitungan kapasitas, perancangan, perakitan, pengujian, dan evaluasi. Sistem menggunakan Jikong *Battery Management System* (BMS), *charger* 87,6 V 8 A, sensor NJK-5002C *Hall Effect Proximity*, PZEM-017, ESP32, LCD speedometer, serta Google Spreadsheet sebagai media pencatatan data. Hasil pengujian menunjukkan pengisian setiap kenaikan 10% SoC membutuhkan 26–27 menit dengan arus 6,82–6,84 A. Tegangan total hasil pembacaan BMS sebesar 79,52 V memiliki selisih 0,02 V terhadap multimeter, sedangkan rata-rata tegangan sel 3,313 V berbeda 0,003 V. Pengujian discharge menghasilkan jarak tempuh maksimum 57 km dengan rata-rata konsumsi 32,84 Wh/km. Pada pengujian mode berkendara, konsumsi rata-rata *mode Low* dan *Mid* sebesar 32,25 Wh/km, sedangkan mode *High* sebesar 36,86 Wh/km. Sistem monitoring juga berhasil mengirimkan data secara nirkabel ke penyimpanan awan dan menampilkannya pada *dashboard*.

Kata kunci: *Battery Management System*, ESP32, LiFePO4, monitoring, sepeda motor listrik, sistem sumber daya.

Abstract

This study aims to design a power supply system for a converted electric motorcycle using a 24S 30 Ah LiFePO4 battery pack integrated with an ESP32-based monitoring system. The research addresses the need for a stable power supply for a 1 kW PMSM motor while providing monitoring of battery condition and vehicle energy consumption. The method employed was Research and Development (R&D) with an experimental approach covering literature study, capacity calculation, system design, assembly, testing, and evaluation. The system consists of a Jikong Battery Management System (BMS), an 87.6 V 8 A charger, an NJK-5002C Hall Effect Proximity sensor, PZEM-017, ESP32, an LCD speedometer, and Google Spreadsheet for data logging. The results showed that each 10% increase in battery SoC required 26–27 minutes with a charging current of 6.82–6.84 A. The BMS total-voltage reading of 79.52 V differed by 0.02 V from the multimeter, while the average cell voltage of 3.313 V differed by 0.003 V. The discharge test achieved a maximum travel distance of 57 km with an average energy consumption of 32.84 Wh/km. For the riding-mode test, average consumption was 32.25 Wh/km in Low and Mid modes and 36.86 Wh/km in High mode. The monitoring system successfully transmitted data wirelessly to cloud storage and displayed it on a dashboard.

Keywords: *Battery Management System, electric motorcycle, ESP32, LiFePO4, monitoring, power supply.*

This work is an open access article and licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

1. PENDAHULUAN

Sepeda motor berbahan bakar fosil masih banyak digunakan dalam aktivitas sehari-hari dan berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca serta pencemaran udara. Peralihan menuju kendaraan listrik menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Konversi sepeda motor konvensional menjadi kendaraan listrik menjadi pendekatan yang dapat diterapkan karena memanfaatkan kendaraan yang telah tersedia [1], [2].

Pada kendaraan listrik hasil konversi, baterai merupakan komponen utama yang menentukan kemampuan kendaraan dalam menyediakan daya, jarak tempuh, dan efisiensi operasi. Ketidaksesuaian kapasitas baterai dengan karakteristik beban dapat menyebabkan penurunan performa, sedangkan pemilihan konfigurasi sel dan sistem proteksi yang tidak tepat dapat meningkatkan risiko *overcharge*, *over-discharge*, dan ketidakseimbangan tegangan antarsel [3]–[5]. Penggunaan LiFePO4 memiliki keunggulan berupa stabilitas termal dan umur siklus yang baik untuk aplikasi kendaraan roda dua [6].

Penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem *Battery Management System* (BMS) untuk memantau tegangan, arus, suhu, dan keseimbangan sel pada kendaraan listrik [5]. Penelitian lain mengenai konversi sepeda motor menunjukkan pentingnya kesesuaian kapasitas baterai dengan beban dan karakteristik kendaraan [3], [4]. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengembangkan sumber daya menggunakan baterai LiFePO4 yang disusun 24 sel seri dan mengintegrasikannya dengan sistem monitoring berbasis ESP32. Sistem monitoring dirancang untuk membaca parameter BMS, kecepatan, jarak tempuh, serta konsumsi energi dan mengirimkan data ke penyimpanan awan.

Tujuan penelitian adalah menentukan kapasitas sumber daya yang sesuai untuk motor PMSM 1 kW, mengimplementasikan paket baterai LiFePO4 beserta BMS sebagai sumber daya, serta menguji karakteristik pengisian, pengosongan, konsumsi energi, dan kinerja sistem monitoring pada sepeda motor listrik hasil konversi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan eksperimental. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, perhitungan kapasitas baterai, penentuan kapasitas, evaluasi kesesuaian, pengadaan komponen, perakitan sistem baterai dan monitoring, pengujian keseluruhan sistem, evaluasi kinerja, pengumpulan data, analisis, serta penyusunan laporan. Pendekatan ini digunakan karena produk yang dikembangkan diuji langsung berdasarkan parameter tegangan, arus, suhu, performa baterai, dan kinerja monitoring [20].

2.1 Perancangan Kapasitas dan Konfigurasi Baterai

Beban utama sistem adalah motor PMSM 1 kW dengan tegangan kerja 72 V. Arus teoritis motor dihitung berdasarkan hubungan daya dan tegangan:

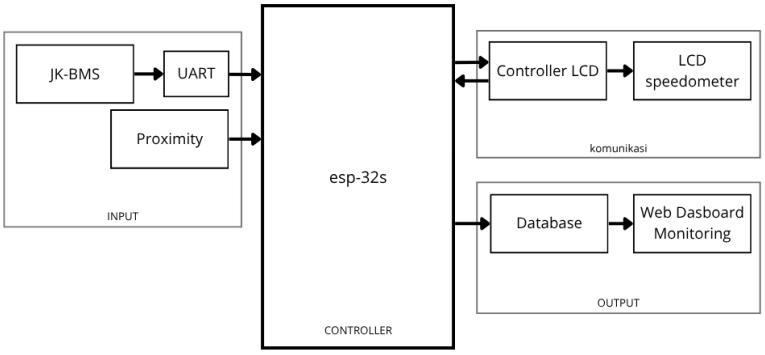
$$I = P/V = \frac{100}{72} = 13{,}89 \text{ A} \qquad (1)$$

Dengan mempertimbangkan efisiensi sistem sebesar 85%, arus aktual dihitung sebesar 16,34 A. Kapasitas minimum untuk pemakaian satu jam dan batas penggunaan 80% adalah 20,42 Ah. Dengan target jarak tempuh 60 km dari acuan 40 km per satu jam, kebutuhan kapasitas menjadi 30,63 Ah. Berdasarkan hasil tersebut dipilih sel LiFePO4 berkapasitas 30 Ah yang disusun 24S. Tegangan nominal paket menjadi 76,8 V dengan kapasitas tetap 30 Ah.

2.2 Sistem Baterai dan Monitoring

Paket baterai menggunakan 24 sel LiFePO4 3,2 V 30 Ah yang dirangkai seri. Jikong BMS digunakan untuk pemantauan dan proteksi baterai, termasuk pemantauan tegangan tiap sel, arus, suhu, *State of Charge* (SoC), serta fungsi *balancing*. Parameter BMS disesuaikan dengan tipe LiFePO4 dan jumlah sel yang digunakan. Pada pengaturan proteksi, tegangan pengosongan minimum diset 2,580 V per sel, arus pengisian kontinu 20 A, dan arus pelepasan kontinu 40 A.

ESP32 digunakan sebagai pengendali sistem monitoring. Data parameter baterai dibaca dari BMS melalui komunikasi UART, sedangkan sensor NJK-5002C digunakan untuk membaca pulsa putaran roda sebagai dasar perhitungan kecepatan dan odometer. Data kendaraan diproses oleh ESP32, ditampilkan pada LCD speedometer, kemudian dikirim melalui jaringan internet ke *Google Spreadsheet* untuk data *logging* dan dashboard monitoring. Metode *Coulomb Counting* digunakan oleh BMS untuk mengestimasi SoC berdasarkan integrasi arus terhadap waktu.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Monitoring

Gambar 1 menunjukkan alur utama sistem monitoring. BMS menyediakan parameter baterai kepada ESP32 melalui komunikasi UART, sedangkan sensor *proximity* menyediakan informasi kecepatan dan jarak tempuh. ESP32 menggabungkan data tersebut untuk ditampilkan pada *speedometer* dan dikirim ke penyimpanan awan untuk pemantauan jarak jauh.

2.3 Teknik Pengujian

Pengujian dilakukan pada kondisi statis dan dinamis. Pengujian statis meliputi pengukuran tegangan tiap sel dan tegangan total menggunakan multimeter serta pembandingan dengan pembacaan BMS. Pengujian sensor *proximity* membandingkan jarak dan kecepatan hasil sensor dengan *Google Maps* sebagai acuan. Pengujian pengisian dilakukan setiap kenaikan 10% SoC menggunakan charger 87,6 V 8 A. Pengujian *discharge* dilakukan dari kondisi SoC penuh hingga *cut-off* pada kondisi jalan aktual dengan satu pengendara berbobot 60 kg. Pengujian mode berkendara dilakukan pada mode *Low*, *Mid*, dan *High* dengan seluruh beban kendaraan terhubung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan Sumber Daya

Hasil perhitungan menghasilkan kebutuhan kapasitas sekitar 30,63 Ah untuk target jarak 60 km. Implementasi menggunakan 24 sel LiFePO4 3,2 V 30 Ah secara seri, sehingga menghasilkan tegangan nominal 76,8 V. Pada pengukuran awal, seluruh sel memiliki tegangan sekitar 3,31 V. Setelah konfigurasi dan pengaturan BMS, tegangan tiap sel berada pada rentang 3,312–3,315 V dengan selisih maksimum 0,003 V. Kondisi tersebut menunjukkan distribusi tegangan antarsel yang sangat rapat.

Tabel 1. Perbandingan Pembacaan Tegangan BMS dan Multimeter

Parameter	**Multimeter Digital**	**BMS**	**Selisih**
Tegangan total	79,50 V	79,52 V	0,02 V
Rata-rata tegangan sel	3,31 V	3,313 V	0,003 V

Hasil perbandingan pada Tabel 1 menunjukkan deviasi pembacaan BMS terhadap multimeter sangat kecil. Selisih 0,02 V pada tegangan total dan 0,003 V pada rata-rata tegangan sel menunjukkan bahwa BMS dapat digunakan sebagai sumber pemantauan parameter tegangan baterai. BMS juga memberikan resolusi pembacaan lebih detail pada tingkat sel.

3.2 Pengujian Sensor Proximity

Tabel 2. Hasil Pengujian Jarak Tempuh Sensor *Proximity*

Uji	***Google Maps***	***Proximity***	***Error***
Jarak 1	1,04 km	1,10 km	5,77%
Jarak 2	2,38 km	2,30 km	3,36%
Jarak 3	3,25 km	3,10 km	4,62%
Jarak 4	4,26 km	4,00 km	6,10%
Jarak 5	5,48 km	5,00 km	8,76%
Rata-rata			**5,72%**

Seperti yang terlihat pada tabel 2, pengujian jarak tempuh menghasilkan rata-rata *error* 5,72%. *Error* terbesar terjadi pada pengujian kelima sebesar 8,76%, sedangkan *error* terkecil sebesar 3,36% pada pengujian kedua. Hasil tersebut menunjukkan pembacaan sensor cukup dekat dengan nilai acuan dan dapat digunakan sebagai *input speedometer* sistem, terlihat padatabel 2 berikut ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian ke-2 Kecepatan Sensor *Proximity*

Proximity	***Google Maps***	***Speedometer***	***Error***
10 km/h	9 km/h	9 km/h	1,01%
24 km/h	19 km/h	25 km/h	2,12%
30 km/h	25 km/h	29 km/h	1,69%
36 km/h	32 km/h	38 km/h	1,12%
42 km/h	37 km/h	42 km/h	1,42%
Rata-rata			**1,42%**

Pengujian kecepatan menghasilkan rata-rata error 1,42%, dengan error maksimum 2,12%. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan error pengukuran jarak sehingga sensor proximity menunjukkan kinerja yang lebih konsisten saat digunakan sebagai input kecepatan.

3.3 Karakteristik Pengisian Baterai

Pengujian pengisian dari SoC 38% hingga 98% menunjukkan durasi yang konsisten, yaitu 26–27 menit untuk setiap kenaikan 10% SoC. Arus pengisian berada pada rentang 6,82–6,84 A. Total energi listrik yang tercatat sebesar 1,68 kWh dengan estimasi biaya Rp2.427,09 berdasarkan tarif yang digunakan pada penelitian. Konsistensi waktu dan arus menunjukkan proses pengisian berlangsung stabil pada rentang pengujian. Berikut adalah hasil pengujian pengisian baterai.

Tabel 4. Hasil Pengujian Pengisian Baterai

SoC	**Energi (kWh)**	**Tegangan**	**Arus**	**Durasi**
38–48%	0,29	78,70–79,85 V	6,82 A	27 menit
48–58%	0,27	79,85–80,54 V	6,84 A	27 menit
58–68%	0,29	80,54–80,62 V	6,82 A	26 menit
68–78%	0,28	80,62–80,81 V	6,84 A	26 menit
78–88%	0,28	80,81–81,02 V	6,82 A	27 menit
88–98%	0,27	81,02–81,19 V	6,82 A	26 menit

3.4 Pengujian *Discharge* dan Jarak Tempuh

Tabel 5. Hasil Pengujian Discharge Baterai

Interval	**SoC**	**Konsumsi SoC**	**Energi**	**Wh/km**
0–5 km	100–92%	8%	184,32 Wh	36,86
5–10 km	92–85%	7%	161,28 Wh	32,25
10–15 km	85–78%	7%	161,28 Wh	32,25
15–20 km	78–71%	7%	161,28 Wh	32,25
20–25 km	71–65%	6%	138,24 Wh	27,64
25–30 km	65–57%	8%	184,32 Wh	36,86
30–35 km	57–50%	7%	161,28 Wh	32,25
35–40 km	50–42%	8%	184,32 Wh	36,86
40–45 km	42–35%	7%	161,28 Wh	32,25
45–50 km	35–28%	7%	161,28 Wh	32,25
50–57 km	28–19%	9%	207,36 Wh	29,62

Pada tabel 5 terlihat bahwa, pengujian *discharge* menghasilkan jarak tempuh maksimum 57 km hingga sistem mencapai cut-off. Penurunan SoC pada sebagian besar interval berada pada rentang 6–8%, sedangkan interval 50–57 km menunjukkan penurunan 9%. Konsumsi energi rata-rata yang dihitung dalam penelitian sebesar 32,84 Wh/km. Konsumsi paling rendah terjadi pada interval 20–25 km sebesar 27,64 Wh/km, sedangkan konsumsi tertinggi sebesar 36,86 Wh/km terjadi pada beberapa interval dengan penurunan SoC 8%. Aktivasi cut-off menunjukkan fungsi proteksi BMS dalam mencegah pengosongan berlebih.

3.5 Konsumsi Energi Berdasarkan Mode Berkendara

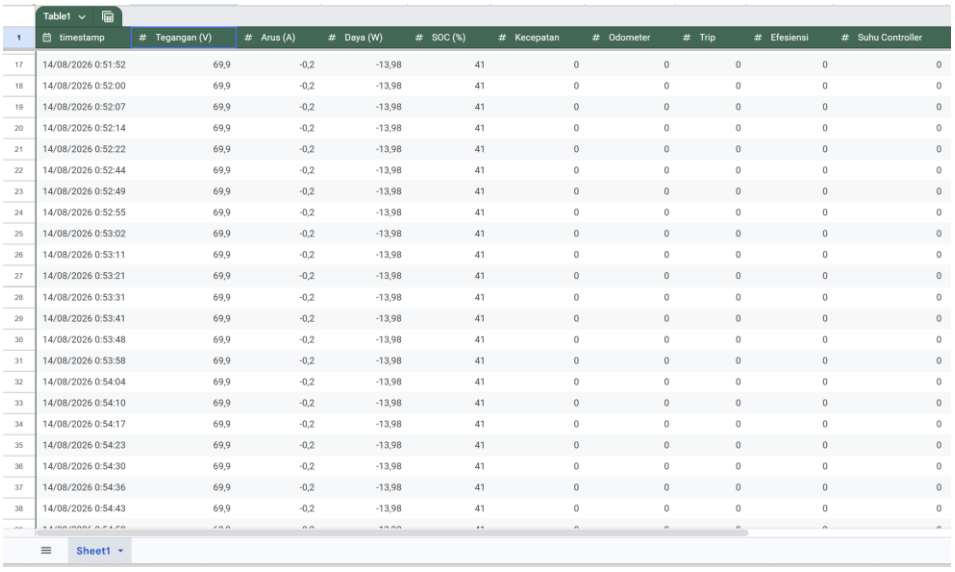
Tabel 6. Konsumsi Energi pada Mode Berkendara

Mode	Jarak uji	SoC awal–akhir	Rata-rata konsumsi
Low	5,10 km	83–76%	32,25 Wh/km
Mid	5,11 km	74–67%	32,25 Wh/km
High	5,08 km	66–58%	36,86 Wh/km

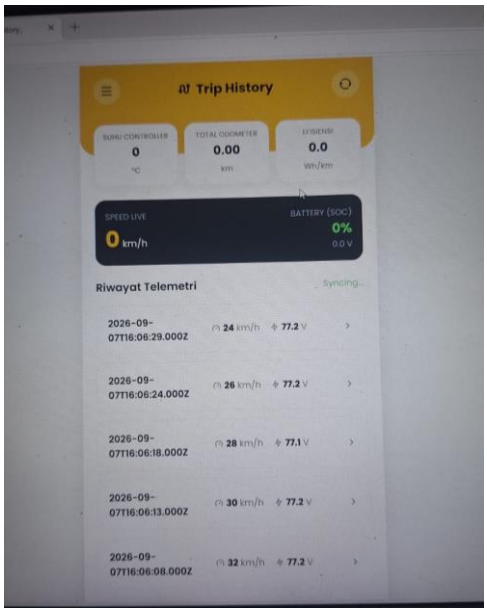
Pada tabel 6 yang berisi komsumsi energi berdasarkan mode berkendara, yaitu mode *Low* dan *Mid*, rata-rata konsumsi energi sama-sama 32,25 Wh/km, walaupun distribusi penurunan SoC pada setiap segmen berbeda. Sedangka pada mode *High*, konsumsi meningkat menjadi 36,86 Wh/km. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan mode berkendara dapat meningkatkan kebutuhan energi baterai. Variasi konsumsi pada tiap segmen juga dipengaruhi dinamika beban mekanis selama kendaraan berjalan.

3.6 Implementasi Sistem Monitoring

Sistem monitoring berhasil membaca parameter baterai dari BMS, menampilkannya pada LCD *speedometer*, serta mengirimkan data kendaraan ke *Google Spreadsheet*. Data yang tersimpan mencakup parameter kelistrikan dan data operasional kendaraan. Pengujian data *logging* menunjukkan tidak ditemukan data kosong, pergeseran penempatan sel, maupun karakter acak pada data yang diterima. Hasil *dashboard* juga menunjukkan kesesuaian data dengan data yang tersimpan pada *cloud storage*. Pada pengujian rinci, timestamp data *logging* tercatat dengan jeda sekitar 7–10 detik per baris, sedangkan ringkasan penelitian mencatat interval pengiriman 18–22 detik. Perbedaan pencatatan interval tersebut perlu menjadi perhatian pada dokumentasi pengujian selanjutnya. Berikut ditampilka data *logging* pada *Google Spreadsheet* serta tampilan *dashboard* monitoring.



Gambar 2. Data Logging pada *Google Spreadsheet*



Gambar 3. Tampilan *Dashboard* Monitoring

Integrasi BMS, ESP32, sensor proximity, cloud storage, dan dashboard membuat kondisi baterai serta penggunaan kendaraan dapat dipantau dan direkam secara terstruktur. Dengan demikian, sistem tidak hanya berfungsi sebagai sumber daya, tetapi juga menyediakan data operasional yang dapat digunakan untuk evaluasi performa kendaraan.

4. KESIMPULAN

Penelitian berhasil merancang dan mengimplementasikan sumber daya sepeda motor listrik hasil konversi menggunakan paket baterai LiFePO4 24S 30 Ah yang terintegrasi dengan BMS dan sistem monitoring berbasis ESP32. Konfigurasi 24S menghasilkan tegangan nominal 76,8 V dan mampu menyuplai motor PMSM 1 kW. Pengujian menunjukkan proses pengisian stabil dengan durasi 26–27 menit untuk setiap kenaikan 10% SoC dan arus 6,82–6,84 A. Pembacaan BMS juga menunjukkan kesesuaian yang tinggi terhadap multimeter dengan selisih 0,02 V pada tegangan total dan 0,003 V pada rata-rata tegangan sel. Sensor proximity menghasilkan error rata-rata 5,72% untuk jarak dan 1,42% untuk kecepatan. Pada pengujian discharge, kendaraan mencapai jarak tempuh 57 km dengan rata-rata konsumsi 32,84 Wh/km, sedangkan pengujian mode berkendara menghasilkan 32,25 Wh/km pada Low dan Mid serta 36,86 Wh/km pada High. Sistem monitoring berhasil menampilkan parameter baterai dan mengirimkan data kendaraan ke cloud storage serta dashboard sehingga mendukung pencatatan dan pemantauan kondisi kendaraan.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] C. Balijepalli, S. Shepherd, R. Crastes Dit Sourd, M. Farda, T. Praesha, and H. A. R. Lubis, “Preferences for electric motorcycle adoption in Bandung, Indonesia,” Urban, Plan. Transp. Res., vol. 11, no. 1, 2023, doi: 10.1080/21650020.2023.2238033.

[2] T. H. E. Role, O. F. Sea, T. Roads, I. N. Promoting, E. Development, and I. N. Indonesia, “Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Semangat Nyata untuk Mengabdi (JKPM Senyum),” vol. 4, no. 2, pp. 89–94, 2024.

[3] F. G. Delasta, R. Ismail, and Muchammad, “Pengujian Konversi Sepeda Motor Berbahan Bakar Bensin Dengan Transmisi CVT Menjadi Bertenaga Listrik,” J. Tek. Mesin, vol. 11, no. 3, pp. 219–222, 2023.

[4] M. Ramadhan, D. S. Putra, W. Purwanto, and M. Y. Setiawan, “Implementation of Conventional Motorcycle Conversion into Electric Motorcycle Using BLDC Motor and LiFePO4 Battery,” J. Mech. Electr. Ind. Eng., no. 6, pp. 281–292, 2024.

[5] H. C. Chen, S. S. Li, S. L. Wu, and C. Y. Lee, “Design of a modular battery management system for electric motorcycle,” Energies, vol. 14, no. 12, pp. 1–16, 2021, doi: 10.3390/en14123532.

[6] Nila, F. Adie Perdana, W. Widjanarko, E. Weddakarti, and C. Gunawan, “Performance Analysis of LiFePO4 Batteries as a Replacement for Motorcycle Accumulators,” J. Evrímata Eng. Phys., vol. 03, no. 01, pp. 07–13, 2025, doi: 10.70822/journalofevrmata.v3i01.70.