

Analisis Kinerja Sistem Monitoring Pengisian Baterai Lead-Acid 48 V Berbasis ESP32 pada Sepeda Listrik

^{1*}Bayu Aji Arfianto, ²Haq Abdul Aziz, ³Fidya Eka Prahesti, ⁴M. Dewi
Manikta Puspitasari, ⁵Sofyan Ahmadi

^{1, 2, 3, 4, 5} Teknik Elektro, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ^{1*}bayuajiarfianto0@gmail.com, ²haq.abdul.aziz123@gmail.com

³fidya.prahesti@unpkdr.ac.id, ⁴dewimanikta@unpkediri.ac.id, ⁵sofyan.ahmadi@unpkdr.ac.id

Penulis Korespondens : Bayu Aji Arfianto

Abstrak— Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja sistem monitoring pengisian baterai Lead-Acid 48 V berbasis ESP32 pada sepeda listrik. Sistem menggunakan adaptor 48 V sebagai sumber pengisian, rangkaian voltage divider (180 k Ω dan 10 k Ω), modul ADS1115, sensor arus, relay 5 V, dan modul step-down. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan pengambilan data tegangan dan arus setiap 10 menit selama proses pengisian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan baterai meningkat dari 53,2 V menjadi 56,1 V, sedangkan arus pengisian menurun dari 1,88 A menjadi 0,70 A dalam waktu 60 menit. Perubahan tersebut menunjukkan karakteristik pengisian baterai Lead-Acid yang normal. Sistem monitoring berbasis ESP32 mampu menampilkan informasi tegangan dan arus secara real-time, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau proses pengisian baterai. Sistem yang dikembangkan dapat digunakan sebagai solusi monitoring pengisian baterai pada sepeda listrik secara sederhana.

Kata Kunci— ESP32, monitoring baterai, Lead-Acid 48 V, ADS1115, sepeda listrik.

Abstract— This study aims to analyze the performance of an ESP32-based 48 V Lead-Acid battery charging monitoring system for electric bicycles. The system utilizes a 48 V adapter as the charging source, a voltage divider circuit (180 k Ω and 10 k Ω), an ADS1115 module, a current sensor, a 5 V relay module, and a step-down converter. The research method employed was an experimental approach by collecting voltage and current data at 10-minute intervals during the charging process. The results showed that the battery voltage increased from 53.2 V to 56.1 V, while the charging current decreased from 1.88 A to 0.70 A within 60 minutes. These changes indicate the normal charging characteristics of a Lead-Acid battery. The ESP32-based monitoring system was able to display voltage and current information in real time, enabling users to monitor the charging process more effectively. The developed system can be applied as a simple, efficient, and reliable battery charging monitoring solution for electric bicycles.

Keywords— ESP32, battery monitoring, 48 V Lead-Acid battery, ADS1115, electric bicycle.

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Perkembangan kendaraan listrik di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup pesat sebagai upaya mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil serta menekan emisi gas rumah kaca. Salah satu jenis kendaraan listrik yang banyak digunakan masyarakat adalah

sepeda listrik karena memiliki biaya operasional yang relatif rendah, efisiensi energi yang baik, serta ramah lingkungan. Pada umumnya, sepeda listrik menggunakan paket baterai Lead-Acid 48 V yang disusun dari empat baterai 12 V secara seri sebagai sumber energi utama. Namun, performa sepeda listrik sangat dipengaruhi oleh kondisi baterai, terutama selama proses pengisian daya yang harus dilakukan secara tepat agar umur pakai baterai tetap optimal [1]. Menurut [2], kondisi baterai merupakan faktor utama yang menentukan performa dan keandalan kendaraan listrik sehingga diperlukan sistem monitoring untuk memantau kondisi baterai secara real-time selama proses pengisian maupun penggunaan. Oleh karena itu, performa sepeda listrik sangat dipengaruhi oleh kondisi baterai, terutama selama proses pengisian daya yang harus dilakukan secara tepat agar umur pakai baterai tetap optimal.

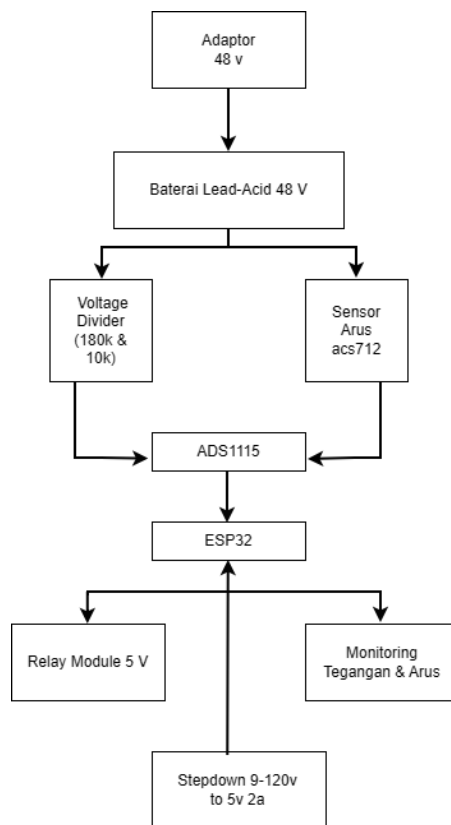
Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan solusi terhadap permasalahan tersebut melalui penerapan sistem monitoring berbasis mikrokontroler yang mampu mengirimkan data secara real-time. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan adalah ESP32 karena telah dilengkapi dengan modul Wi-Fi, memiliki kecepatan pemrosesan yang tinggi, konsumsi daya yang rendah, serta mudah diintegrasikan dengan berbagai sensor. Menurut [3], ESP32 mampu digunakan sebagai sistem monitoring baterai berbasis IoT dengan tingkat keandalan yang baik dalam proses pengiriman data tegangan dan kondisi baterai secara real-time. Hasil penelitian [4] juga menunjukkan bahwa ESP32 memiliki performa yang baik dalam sistem monitoring kelistrikan berbasis IoT. Selain itu, [5] menjelaskan bahwa ESP32 sangat efektif digunakan sebagai perangkat monitoring berbasis IoT karena mampu mengirimkan data sensor secara cepat dan stabil.

Selain itu, penggunaan sensor tegangan dan sensor arus pada sistem monitoring memungkinkan proses pengukuran parameter kelistrikan dilakukan secara akurat selama proses charging berlangsung. Data hasil pengukuran kemudian diproses oleh ESP32 dan dapat ditampilkan pada media monitoring sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi baterai tanpa harus melakukan pengukuran secara manual. Penelitian [1] menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis ESP32 memiliki tingkat kesalahan pengukuran yang relatif kecil sehingga layak digunakan untuk pemantauan parameter kelistrikan secara real-time. Penelitian [6] juga menyatakan bahwa integrasi sensor arus dan sensor tegangan dengan ESP32 mampu meningkatkan akurasi sistem monitoring pada aplikasi kelistrikan. Selain itu, Wiesesha dan Ridhoi (2023) menjelaskan bahwa ESP32 sangat efektif digunakan sebagai perangkat monitoring berbasis IoT karena mampu mengirimkan data sensor secara cepat dan stabil [7]

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem monitoring baterai berbasis ESP32. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada monitoring baterai lithium-ion atau sistem monitoring untuk dua baterai, sedangkan penelitian mengenai sistem monitoring pengisian paket baterai Lead-Acid 48 V yang terdiri atas empat baterai 12 V dengan menggunakan satu adaptor 48 V masih relatif terbatas. Penelitian [8] menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis ESP32 mampu meningkatkan efektivitas pemantauan kondisi baterai melalui pengiriman data secara real-time menggunakan jaringan internet. Selain itu, [8] mengembangkan sistem smart battery charger berbasis ESP32 yang mampu melakukan monitoring pengisian secara daring, sedangkan [9] membuktikan bahwa sistem charger otomatis berbasis ESP32 dapat meningkatkan keamanan proses pengisian baterai. Penelitian [10] juga menunjukkan bahwa integrasi teknologi IoT dengan ESP32 mampu meningkatkan efektivitas sistem kontrol dan monitoring secara berkelanjutan.

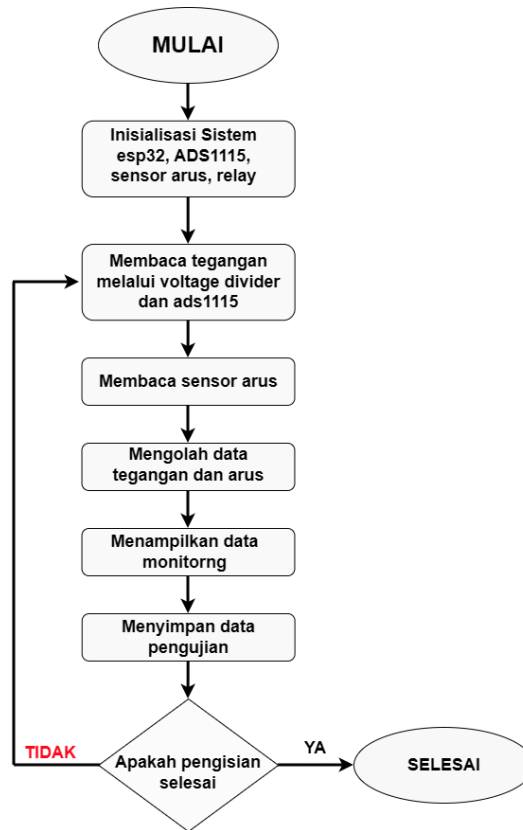
II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis kinerja sistem monitoring pengisian baterai Lead-Acid 48 V berbasis ESP32 pada sepeda listrik. Sistem dirancang menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama, rangkaian pembagi tegangan (voltage divider) dengan resistor 180 k Ω dan 10 k Ω , modul ADS1115 sebagai ADC 16-bit, sensor arus, relay module 5 V, modul step-down, serta adaptor 48 V sebagai sumber pengisian. Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit selama proses charging hingga baterai mencapai kondisi penuh. Parameter yang diamati meliputi tegangan dan arus pengisian. Data selanjutnya diolah dan disajikan dalam bentuk tabel serta grafik untuk menganalisis karakteristik pengisian baterai.



Gambar 1. Diagram Blok

Adaptor 48 V berfungsi sebagai sumber pengisian baterai Lead-Acid 48 V. Tegangan baterai diturunkan menggunakan rangkaian pembagi tegangan yang terdiri atas resistor 180 k Ω dan 10 k Ω , kemudian dibaca oleh modul ADS1115. Modul ADS1115 mengubah sinyal analog menjadi data digital beresolusi 16-bit yang dikirim ke ESP32 melalui komunikasi I2C. Sensor arus mengukur arus pengisian baterai, sedangkan ESP32 mengolah seluruh data dan menampilkan hasil monitoring secara real-time. Relay module 5 V digunakan sebagai pengendali proses charging, sementara modul step-down menyediakan catu daya 5 V untuk ESP32.



Gambar 2. Flowchart Sistem

Flowchart sistem menggambarkan alur kerja sistem monitoring pengisian baterai Lead-Acid 48 V berbasis ESP32 pada sepeda listrik. Proses diawali dengan inisialisasi ESP32, modul ADS1115, sensor arus, dan relay. Selanjutnya, ESP32 membaca nilai tegangan baterai melalui rangkaian voltage divider yang terhubung ke ADS1115 serta membaca arus pengisian menggunakan sensor arus. Data tegangan dan arus kemudian diolah untuk memperoleh informasi kondisi pengisian baterai, selanjutnya ditampilkan sebagai data monitoring dan disimpan sebagai data pengujian. Sistem akan terus melakukan pemantauan selama proses pengisian berlangsung. Apabila pengisian telah selesai atau baterai mencapai kondisi penuh sesuai batas yang ditentukan, proses monitoring diakhiri sehingga data yang diperoleh dapat digunakan untuk menganalisis kinerja sistem monitoring pengisian baterai Lead-Acid 48 V berbasis ESP32 pada sepeda listrik.

Analisis Data

Tegangan baterai dihitung berdasarkan prinsip rangkaian pembagi tegangan menggunakan Persamaan (1).

$$V_{in} = V_{out} \times \frac{R1+R2}{R2}$$

Keterangan:

1. V_{in} = Tegangan Baterai (V)

2. V_{out} = Tegangan keluaran rangkaian pembagi tegangan (V)
3. $R_1 = 180\text{k}\Omega$
4. $R_2 = 10\text{k}\Omega$

Selanjutnya, nilai rata-rata tegangan dan arus dihitung menggunakan persamaan (2)

$$x = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan:

1. x = Nilai rata-rata
2. $\sum x$ = Jumlah data pengukuran
3. n = Jumlah data pengukuran

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

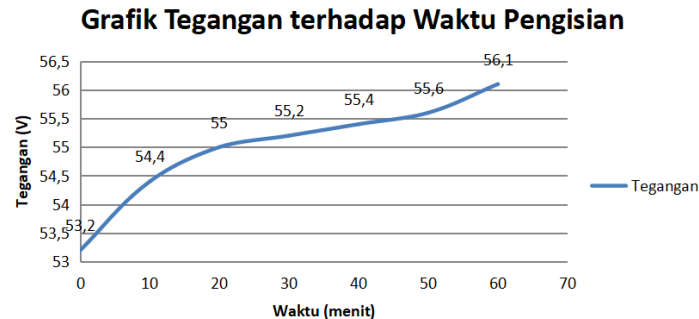
Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem monitoring pengisian baterai Lead-Acid 48 V berbasis ESP32 selama proses pengisian menggunakan adaptor 48 V. Data yang diamati meliputi nilai tegangan baterai dan arus pengisian yang diperoleh melalui rangkaian voltage divider, modul ADS1115, dan sensor arus. Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit hingga baterai mencapai kondisi penuh.

Tabel 1. Data Hasil Pengisian Baterai Lead-Acid 48 V

N0.	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)
1.	0	53,2	1,88
2.	10	54,4	1,36
3.	20	55,1	1,16
4.	30	55,3	0,95
5.	40	55,4	0,91
6.	50	55,6	0,76
7.	60	56,1	0,70

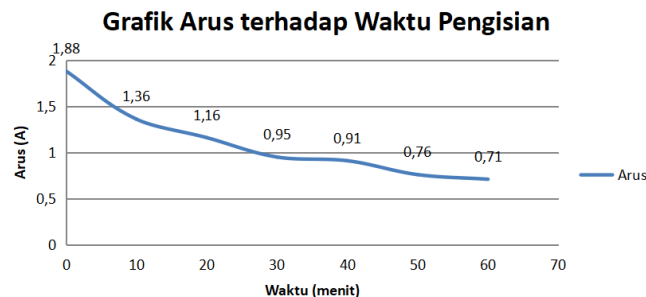
Berdasarkan Tabel 1, hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan baterai mengalami peningkatan secara bertahap selama proses pengisian. Pada awal pengisian (0 menit), tegangan baterai sebesar 53,2 V dan meningkat hingga mencapai 56,1 V pada menit ke-60. Peningkatan tegangan menunjukkan bahwa energi dari adaptor 48 V berhasil tersimpan ke dalam baterai Lead-Acid sehingga kondisi pengisian berlangsung dengan baik. Sementara itu, arus pengisian mengalami penurunan dari 1,88 A pada awal pengisian menjadi 0,70 A pada menit ke-60. Penurunan arus merupakan karakteristik normal proses pengisian baterai Lead-Acid, di mana pada kondisi awal baterai membutuhkan arus yang lebih besar, kemudian arus akan menurun secara bertahap ketika tegangan baterai mendekati kondisi penuh. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis ESP32, ADS1115, rangkaian voltage divider (180 k Ω dan 10 k Ω), serta sensor arus mampu memantau perubahan tegangan dan arus selama

proses pengisian secara real-time. Data hasil monitoring dapat dimanfaatkan untuk mengetahui kondisi pengisian baterai sehingga pengguna dapat memantau proses pengisian dengan lebih mudah dan aman.



Gambar 3. Grafik Tegangan

Berdasarkan Gambar 3, tegangan baterai mengalami peningkatan secara bertahap dari 53,2 V pada awal pengisian menjadi 56,1 V pada menit ke-60. Kenaikan tegangan menunjukkan bahwa energi dari adaptor 48 V berhasil disimpan ke dalam baterai Lead-Acid selama proses charging berlangsung. Peningkatan tegangan yang stabil menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis ESP32 mampu memantau kondisi baterai secara real-time dengan baik.



Gambar 4. Grafik Arus

Berdasarkan Gambar 4, arus pengisian mengalami penurunan dari 1,88 A menjadi 0,70 A selama proses pengisian. Penurunan arus ini merupakan karakteristik normal baterai Lead-Acid, yaitu arus pengisian akan semakin kecil ketika tegangan baterai mendekati kondisi penuh. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses pengisian berlangsung secara normal dan sistem monitoring mampu merekam perubahan arus selama pengisian berlangsung.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring pengisian baterai Lead-Acid 48 V berbasis ESP32 telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem mampu memantau parameter tegangan dan arus selama proses pengisian secara real-time menggunakan rangkaian voltage divider, modul ADS1115, dan sensor arus.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan baterai meningkat secara bertahap dari 53,2 V menjadi 56,1 V selama proses pengisian selama 60 menit. Sementara itu, arus pengisian menurun dari 1,88 A menjadi 0,70 A, yang menunjukkan karakteristik pengisian baterai Lead-

Acid berjalan secara normal. Perubahan nilai tegangan dan arus tersebut berhasil direkam dan ditampilkan oleh sistem monitoring sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi pengisian baterai secara langsung.

Dengan demikian, sistem monitoring berbasis ESP32 yang dikembangkan mampu memberikan informasi kondisi pengisian baterai secara akurat dan real-time, sehingga dapat meningkatkan kemudahan dalam pemantauan proses charging serta mendukung pengoperasian sepeda listrik yang lebih aman dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Yuniarto, M. Diponegoro, P. Studi, T. Elektro, P. N. Pontianak, and K. Barat, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Energi Listrik pada Beban 3 Fasa Menggunakan ESP32 Berbasis Internet of Things (IoT)," vol. 22, no. 1, pp. 30–38, 2023.
- [2] 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.
- [3] S. I. Akbar, "MONITORING AUTOMATIC TRANSFER SWITCH DAN BATERAI BERBASIS IOT MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER AVR DAN ESP32," vol. 10, no. 2, pp. 51–60, 2022.
- [4] Suryanto, M. Khoerudin, and S. Watmah, "Pemantauan Catu Daya untuk Proteksi Listrik Menggunakan ESP32 Berbasis Internet of Things (IOT)," vol. 6, no. 2, pp. 94–99, 2025.
- [5] A. Wiesesha and A. Ridhoi, "No Title," pp. 105–113, 2023.
- [6] I. Nasution, J. O. Simanjuntak, D. H. Maha, and T. T. Gultom, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Pengaman Beban Listrik Pada Rumah Berbasis IoT Dengan Notifikasi Dan Pemutusan Daya Otomatis," vol. 08, no. 01, pp. 49–60, 2026.
- [7] A. R. Oktarian *et al.*, "RANCANG SISTEM MONITORING KUALITAS DAN KETINGGIAN AIR BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," no. 629, 2023.
- [8] M. F. Wiryawan and D. Irawan, "Monitoring state of charge (soc) baterai lithium ion berbasis web web-based monitoring of the state of charge (soc) of lithium-ion batteries," vol. 9, pp. 182–190, 2026.
- [9] I. P. A. A. Astaman, L. Jasa, and I. W. Setiawan, "SISTEM BATERAI CHARGER OTOMATIS UNTUK SISTEM MONITORING BERBASIS ESP32 Program Studi Teknik Elektro , Fakultas Teknik , Universitas Udayana Ketersediaan sumber daya listrik yang stabil merupakan faktor penting dalam mendukung kinerja sistem elektronik , t," vol. 10, no. 8, 2026.
- [10] C. T. Salawali, R. Satra, and Ihwan, "Penerapan Internet of Things (IoT) dalam Sistem Kontrol-Monitoring Proses Transesterifikasi Pembuatan Biodiesel Berbasis ESP32," vol. 4, no. 3, pp. 221–230, 2023.