

RANCANG BANGUN SISTEM PENGISIAN DAN *MONITORING* BATERAI 48 VOLT DENGAN SUMBER PLN

Deny Ahmad Fadilla¹, Muhammad Adli², Abdullah³

Teknik Listrik^{1,2}, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan

Teknik Rekayasa Instalasi Listrik³, Teknik Rekayasa Instalasi Listrik, Politeknik Negeri Medan

denyahmadfadilla@students.polmed.ac.id¹, muhammadadli@students.polmed.ac.id²,

abdullah@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Dalam era yang semakin canggih dan kompleks, kebutuhan akan energi listrik yang stabil dan reliabel semakin meningkat. Baterai 48V telah menjadi salah satu komponen penting dalam berbagai aplikasi, seperti sistem kelistrikan *backup*, sistem energi terbarukan, dan sepeda listrik. Namun, penggunaan baterai 48V juga memiliki beberapa kendala, seperti keterbatasan daya tahan dan ketergantungan pada sumber listrik yang stabil. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem pengisian dan monitoring baterai 48 volt yang menggunakan sumber listrik PLN untuk aplikasi kendaraan listrik. Metode yang digunakan meliputi perancangan sistem pengisian yang mengoptimalkan efisiensi dan keamanan, serta pengembangan sistem monitoring *real-time* untuk memantau kondisi baterai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu mengisi baterai dengan efisien, menjaga keamanan selama proses pengisian, dan memberikan informasi akurat tentang status baterai. Sistem ini juga berhasil beradaptasi dengan fluktuasi jaringan listrik PLN dan menyediakan antarmuka pengguna yang informatif. Kesimpulannya, sistem pengisian dan monitoring baterai 48 volt yang dikembangkan memberikan solusi efektif untuk mendukung penggunaan kendaraan listrik yang lebih andal dan efisien, serta berkontribusi pada upaya pengurangan emisi gas rumah kaca dan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil.

Kata Kunci : Baterai, Sepeda Listrik, Energi, *Monitoring*

PENDAHULUAN

Latar belakang

Perkembangan teknologi kendaraan listrik semakin pesat seiring dengan meningkatnya kesadaran global akan pentingnya pengurangan emisi gas rumah kaca dan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Kendaraan listrik, baik itu mobil, sepeda motor, maupun sepeda listrik, menawarkan solusi yang ramah lingkungan dan efisien dalam penggunaan energi. Namun, salah satu tantangan utama dalam penggunaan kendaraan listrik adalah sistem pengisian daya baterai yang efisien dan monitoring yang tepat untuk memastikan kinerja optimal dan umur panjang baterai.

Penggunaan baterai sebagai sumber daya listrik telah menjadi sangat penting dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem kelistrikan *backup* yang digunakan untuk memastikan ketersediaan listrik pada saat-saat kritis. Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi baterai telah berkembang dengan cepat, dan baterai 48 volt telah menjadi sangat populer karena memiliki densitas energi yang lebih tinggi dan masa pakai yang lebih panjang

Namun, penggunaan baterai 48 volt memerlukan sistem pengisian dan monitoring yang lebih kompleks dan spesifik dibandingkan. Sistem pengisian yang efektif harus dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya listrik dari PLN, sementara sistem monitoring harus dapat memantau kondisi baterai secara *real-time* dan mendeteksi masalah sebelum terjadi.

Perkembangan teknologi kendaraan listrik semakin pesat seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya lingkungan yang bersih dan bebas polusi. Salah satu komponen vital dalam kendaraan listrik adalah sistem pengisian dan monitoring baterai, yang berperan penting dalam menjaga kinerja dan umur baterai. Baterai 48 volt merupakan pilihan umum untuk banyak aplikasi kendaraan listrik karena memiliki keseimbangan yang baik antara kapasitas energi dan berat.

Penggunaan listrik dari PLN sebagai sumber pengisian baterai memberikan beberapa keuntungan, termasuk ketersediaan listrik yang stabil dan infrastruktur yang sudah mapan. Namun, tantangan yang sering dihadapi adalah bagaimana memastikan pengisian baterai dilakukan dengan efisien dan aman. Pengisian yang tidak tepat dapat menyebabkan kerusakan pada baterai, mengurangi umur pakai, atau bahkan menimbulkan risiko kebakaran.

Dalam proyek ini, kami akan merancang dan membangun sistem pengisian dan monitoring baterai 48 volt yang menggunakan sumber listrik dari PLN. Sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif dan aman untuk pengisian baterai, serta menyediakan informasi yang akurat tentang kondisi baterai untuk mendukung penggunaan kendaraan listrik yang lebih andal dan efisien.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara membuat dan merancang sistem pengecasan sepeda listrik 48 volt DC yang bersumber dari tegangan 220 volt AC?
2. Bagaimana cara mengoptimalkan penggunaan sumber daya listrik dari PLN untuk mengisi baterai 48 volt yang digunakan dalam sistem kelistrikan backup, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan mengurangi biaya operasional?
3. Bagaimana cara mengembangkan sistem monitoring yang efektif untuk memantau kondisi baterai 48 volt secara real-time, sehingga dapat mendeteksi masalah sebelum terjadi dan mengurangi downtime sistem?
4. Apa saja komponen dan teknologi yang diperlukan untuk membangun sistem pengisian daya baterai sepeda listrik yang handal dan mudah digunakan?

Tujuan Penelitian

1. Merancang dan mengembangkan desain sistem pengisian dan monitoring baterai 48 volt dengan sumber listrik PLN yang efisien, sehingga mampu mengoptimalkan proses pengisian baterai dengan meminimalkan waktu dan energi yang digunakan.
2. Menentukan komponen dan teknologi yang tepat untuk membangun sistem pengisian dan monitoring baterai 48 volt dengan sumber listrik PLN yang handal dan mudah digunakan.
3. Membangun sistem monitoring yang efektif untuk memantau kondisi baterai 48 volt secara real-time.
4. Sebagai salah satu syarat dalam penyelesaian studi di Politeknik Negeri Medan.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Pengisian : Merupakan bagian dari sistem yang bertugas mengisi baterai 48 volt dengan menggunakan sumber daya listrik dari PLN. Sistem pengisian ini harus dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya listrik dan mengurangi biaya operasional.

Sistem Monitoring : Merupakan bagian dari sistem yang bertugas memantau kondisi baterai 48 volt secara real-time. Sistem monitoring ini harus dapat mendeteksi masalah sebelum terjadi dan mengurangi downtime sistem. Sistem monitoring ini biasanya menggunakan sensor dan sistem komputer untuk memantau kondisi baterai.

Prinsip kerja sistem ini yaitu untuk memastikan bahwa baterai sepeda listrik dapat diisi ulang dengan aman dan efisien, menjaga umur baterai, dan memastikan sepeda listrik selalu siap digunakan. Sistem ini biasanya dilengkapi dengan fitur keselamatan seperti proteksi terhadap overcharging (pengisian berlebih) dan overvoltage (tegangan berlebih), serta indikator status pengisian.

1. Sumber listrik dari PLN

Sistem pengisian daya baterai sepeda listrik dimulai dengan memperoleh listrik dari jaringan PLN, yang umumnya menyediakan listrik AC (arus bolak-balik) pada tegangan tertentu (misalnya 220V di Indonesia).

2. Konversi AC ke DC

Karena baterai sepeda listrik menggunakan arus searah (DC), listrik AC dari PLN perlu diubah menjadi DC. Ini dilakukan oleh sebuah perangkat yang disebut penyearah atau konverter AC ke DC. Penyearah ini mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah yang sesuai untuk mengisi baterai.

3. Regulasi tegangan dan arus
Setelah konversi, listrik DC perlu diatur untuk memastikan bahwa tegangan dan arus yang diterapkan ke baterai adalah dalam rentang yang aman dan optimal. Regulator tegangan dan arus mengontrol keluaran daya untuk mencegah kerusakan pada baterai akibat tegangan atau arus yang berlebihan.
4. Proses pengisian
Listrik DC yang sudah diatur kemudian dialirkan ke baterai sepeda listrik. Selama proses ini, sistem kontrol pengisian daya memantau status pengisian baterai, termasuk tegangan, arus, dan suhu, untuk memastikan pengisian berjalan dengan aman dan efisien.
5. Proteksi dan indikasi
Sistem pengisian daya dilengkapi dengan berbagai fitur proteksi untuk mencegah masalah seperti overcharging (pengisian berlebih) dan overvoltage (tegangan berlebih). Selain itu, indikator status pengisian, seperti lampu LED atau display digital, memberikan informasi kepada pengguna mengenai status pengisian baterai, termasuk apakah baterai sudah penuh atau masih dalam proses pengisian.
6. Pemutusan pengisian
Setelah baterai terisi penuh, sistem pengisian daya akan secara otomatis memutus aliran listrik untuk mencegah overcharging. Ini dilakukan oleh mekanisme kontrol yang memonitor level pengisian baterai dan memastikan bahwa pengisian berhenti pada waktu yang tepat.

Sistem pengisian :

- Menggunakan charger 48V 2A untuk mengisi baterai 48 volt.
- Menggunakan alat indikator pengisian baterai untuk memantau proses pengisian.
- Menggunakan stopwatch untuk mencatat waktu pengisian baterai hingga penuh.

Sistem monitoring :

- Menggunakan sensor tegangan DC untuk memantau tegangan baterai.
- Menggunakan sensor arus untuk memantau arus pengisian baterai.
- Menggunakan sistem *Internet of Things* untuk memantau kondisi baterai secara real-time.

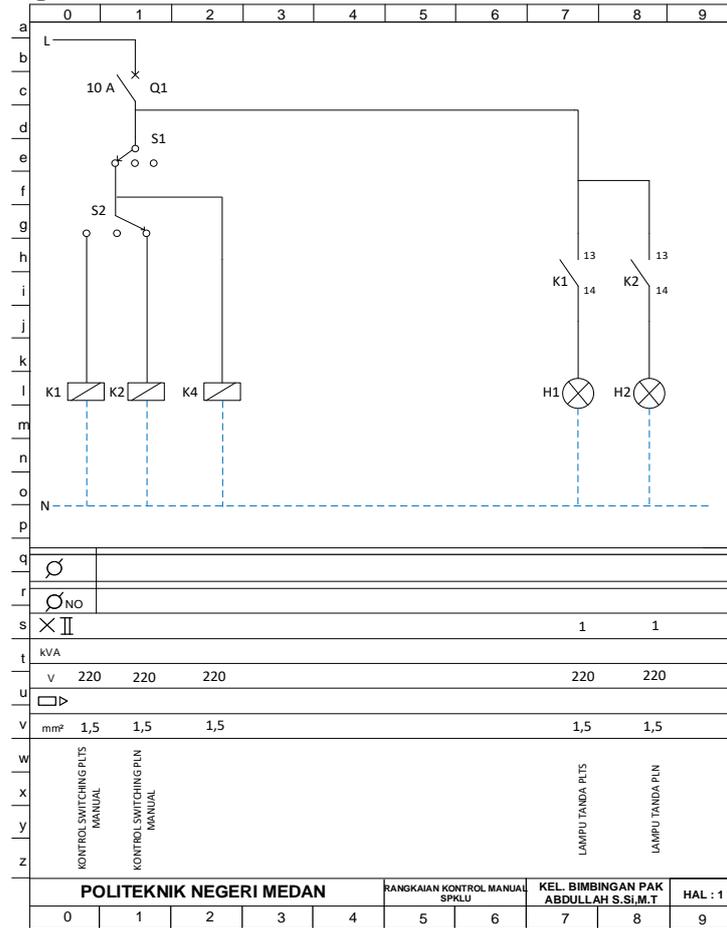
METODE PENELITIAN

Deskripsi Kerja Alat

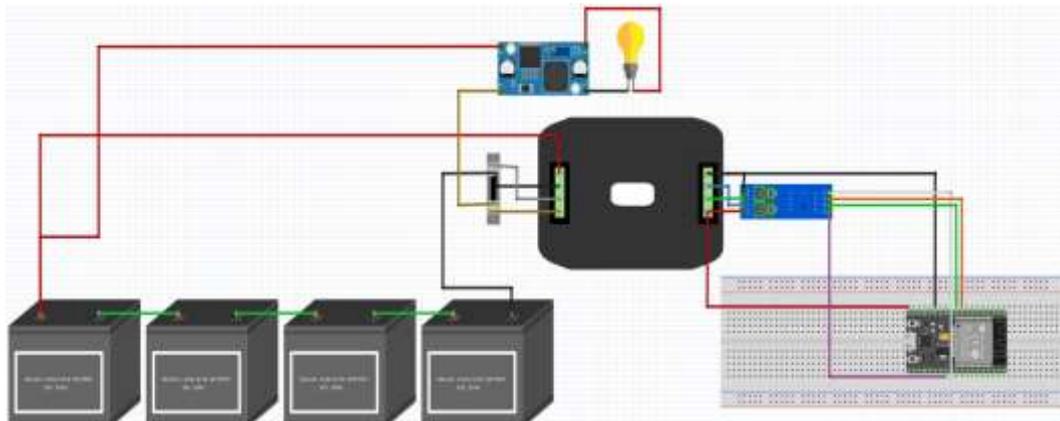
Sistem pengisian baterai sepeda listrik ini memiliki sumber utama yaitu sumber PLN. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu baterai 48V, charger sepeda listrik, dan sumber listrik PLN. Charger sepeda listrik dihubungkan ke sumber listrik PLN melalui soket listrik standar. Ketika charger dihubungkan, arus listrik dari PLN akan dialirkan melalui charger dan diubah menjadi tegangan yang sesuai untuk mengisi baterai 48V. Charger akan memantau tingkat pengisian baterai dan secara otomatis menyesuaikan aliran listrik untuk memastikan baterai terisi dengan aman tanpa overcharging. Indikator pada charger akan menunjukkan status pengisian, seperti "sedang mengisi" atau "penuh".

Pada monitoring nya disini saya menggunakan modul ESP32 sebagai mikrokontroler serta sensor PZEM-017 sebagai sensor arus, tegangan, dan daya yang kemudian dapat dilihat dari HP dengan perangkat IoT Blynk. Serta dilengkapi dengan sistem proteksi yang berfungsi untuk melindungi baterai dari kondisi over voltage, over current, dan low voltage untuk mencegah kerusakan discharging yang berlebihan. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan fitur auto cut off yang akan memutus arus saat baterai berkapasitas 90%, sehingga dapat memperpanjang usia baterai.

Desain dan Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rangkaian Kontrol



Gambar 2. Desain Monitoring

Metode Pengujian Rancangan

Pengujian rancangan atau alat ini dilakukan agar dapat mengetahui hasil kinerja alat telah baik dan benar sesuai fungsi yang diinginkan. Tujuan dari pengujian alat ini diharapkan mampu mendapatkan hasil data pengujian yang *valid*. Pengujian alat dilakukan penulis sebanyak tiga kali bersama dosen pembimbing. Dalam pengujian alat ini dilakukan beberapa macam metode pengujian adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Fungsional

Pada pengujian fungsional dilakukan dengan cara menguji setiap bagian dan komponen berdasarkan karakteristik dan fungsi masing-masing. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja komponen sudah dapat berfungsi dengan baik dan benar sesuai dengan tujuan yang

diharapkan.

2. Pengujian Unjuk Kerja

Pada proses pengujian unjuk kerja dilakukan untuk mengetahui sistem yang dibuat apakah telah berfungsi dengan baik atau tidak sesuai dengan tujuan yang diharapkan, baik dari komponen di dalam panel, baterai, dan sebagainya agar dapat diketahui seberapa jauh kinerja dari alat yang telah dibuat.

Metode Hasil Pengolahan Hasil Pengujian Alat

Metode yang dilakukan untuk mengelola atau menganalisa hasil pengujian alat pada pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Penyusunan Data

Data yang sudah ada perlu dikumpulkan semua agar mudah untuk mengecek apakah semua data yang dibutuhkan sudah lengkap. Kegiatan ini bertujuan untuk menguji hipotesis penelitian.

2. Klasifikasi Data

Hal ini dilakukan dengan tujuan agar data dapat digolongkan, dikelompokkan, dan memilah data berdasarkan pada klasifikasi tertentu yang telah dibuat oleh penulis.

3. Pengolahan Data

Pengolahan data ini dilakukan untuk menguji hipotesis yang telah dirumuskan. Hipotesis yang akan diuji harus berkaitan dan berhubungan dengan permasalahan yang akan diajukan.

4. Interpretasi Hasil Pengolahan Data

Pada kegiatan ini, penulis menerangkan penyelesaian analisis data dengan cermat. Penulis akan menginterpretasikan hasil analisis dengan menarik suatu Kesimpulan yang berisikan intisari dari seluruh rangkaian kegiatan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada alat yang telah dirancang, maka terdapat hasil pengukuran dari pengujian untuk menguji apakah telah sesuai dengan perencanaan awal. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui aliran tegangan dan arus saat pengisian baterai baik dengan sumber PLN, Monitoring serta pengaman pada baterai dan pengosongan baterai/pembebanan.

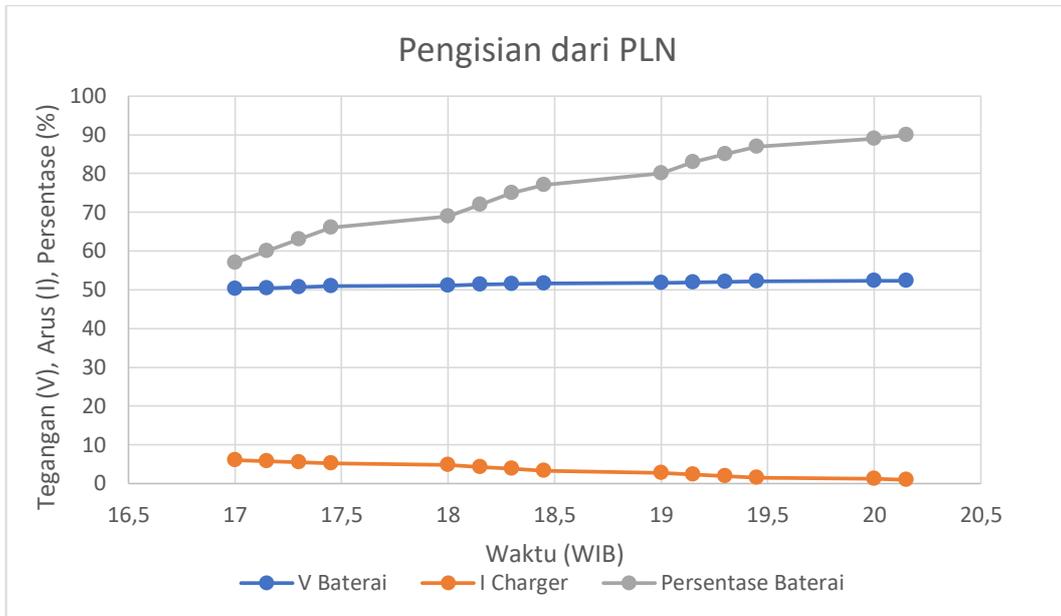
Pengujian Pengisian Daya Baterai

Pengujian pengisian baterai bertujuan untuk mengetahui kemampuan panel surya dan PLN dalam melakukan pengisian ke baterai. Hal ini dilakukan untuk menyimpan energilistrik yang dihasilkan oleh panel surya selama siang hari ketika matahari bersinar serta dari sumber PLN.

Tabel 1. Data Pengisian Baterai Menggunakan Sumber PLN

Jam (WIB)	V Baterai (V)	I Charger (A)	Persentase Baterai (%)
17.00	50,21	6	57
17.15	50,45	5,8	60
17.30	50,68	5,5	63
17.45	50,90	5,2	66
18.00	51,10	4,8	69
18.15	51,30	4,3	72
18.30	51,48	3,8	75
18.45	51,65	3,3	77
19.00	51,80	2,8	80
19.15	51,95	2,3	83
19.30	52,08	1,9	85
19.45	52,20	1,5	87
20.00	52,30	1,2	89
20.15	52,35	1,0	90

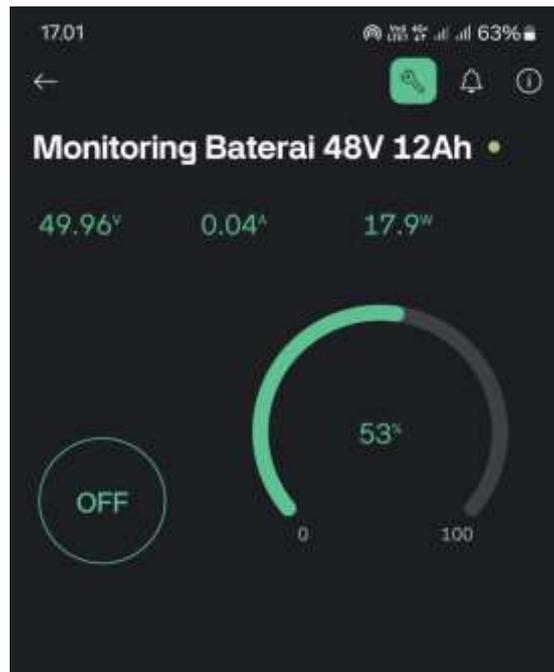
Berikut adalah data pengisian dengan sumber PLN dengan menggunakan charger 12 Volt / 12 Ah. Pengisian dilanjutkan pada pukul 17.00 dengan kapasitas baterai 57% selama 3 jam 10 menit dan baterai di *Cut – off* pada kapasitas baterai berada di 90%. Pengisian daya dengan charger dapat lebih optimal dan efisien apabila dibandingkan dengan pengisian dengan PLTS.



Gambar 3. Kurva Pengisian Dari Sumber PLN

Pengujian Program Monitoring

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah program yang dibuat untuk sistem monitoring bekerja dengan baik atau tidak.



Gambar 4. Monitoring *IoT Blynk* di Hp

Pengujian program monitoring ini pertama-tama dilakukan melalui aplikasi Arduino IDE dengan menampilkan hasil pengukuran tegangan, arus, daya, dan persentase baterai melalui fitur serial monitor yang tersedia pada Arduino. Hasil pengukuran pada serial monitor menunjukkan bahwa program yang dikembangkan berhasil mengukur dan mentransfer data ke mikrokontroler ESP32.

Setelah mencapai kesuksesan ini, penulis menambahkan beberapa kode tambahan untuk mengirim data dari ESP32 ke smartphone melalui aplikasi Blynk. Sebagai tambahan, penulis juga merasa perlu menambahkan fitur reset agar pengguna dapat menghapus data pengisian yang lama dan memperoleh data baru. Karena itu, penulis menambahkan kode baru yang memungkinkan pengguna melakukan reset melalui aplikasi Blynk.

Penggunaan Baterai 48 Volt pada Sepeda Listrik

Penggunaan baterai 48 volt untuk sepeda listrik biasanya didasarkan pada beberapa faktor teknis dan efisiensi. Berikut adalah penjelasan dan perhitungan yang mendukung penggunaan baterai 48 volt untuk sepeda listrik:

1. Efisiensi Energi dan Daya

Baterai 48 volt umumnya memberikan keseimbangan yang baik antara tegangan tinggi dan arus yang rendah. Hal ini mengurangi kerugian energi yang terjadi akibat resistansi kabel, karena daya P (daya) adalah hasil kali tegangan V dan arus I ($P=V \times I$).

Dengan menggunakan tegangan yang lebih tinggi, arus yang dibutuhkan untuk mencapai daya yang sama lebih rendah, yang mengurangi panas yang dihasilkan dan meningkatkan efisiensi sistem.

2. Kecepatan dan Jarak Tempuh

Tegangan yang lebih tinggi pada baterai 48 volt memungkinkan motor menghasilkan lebih banyak tenaga, yang bisa meningkatkan kecepatan maksimum sepeda listrik

Baterai 48 volt juga cenderung memiliki kapasitas lebih besar dibandingkan dengan baterai dengan tegangan yang lebih rendah, yang berarti jarak tempuh yang lebih panjang per pengisian daya.

3. Masalah Ukuran dan Berat

Baterai 48 volt memiliki ukuran dan berat yang masih cukup ideal untuk penggunaan pada sepeda listrik. Baterai dengan tegangan lebih tinggi bisa terlalu besar dan berat, sedangkan baterai dengan tegangan lebih rendah mungkin tidak cukup kuat untuk aplikasi ini.

4. Perhitungan Mengapa Baterai Yang Digunakan 48 Volt

Daya Listrik : $P = V \times I$

Misalkan motor sepeda listrik membutuhkan daya 500 watt untuk beroperasi:

Jika menggunakan baterai 24 volt, arus yang dibutuhkan III adalah:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{500}{24} = 20.38 \text{ A} \quad (1)$$

Jika menggunakan baterai 48 volt, arus yang dibutuhkan III adalah:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{500}{48} = 10.42 \text{ A} \quad (2)$$

Dengan menggunakan baterai 48 volt, arus yang dibutuhkan berkurang setengahnya dibandingkan dengan baterai 24 volt, mengurangi kerugian resistif.

Kerugian Daya pada Kabel : $P_{\text{loss}} = I^2 \times R$

Misalkan resistansi kabel adalah 0.1 ohm:

- Untuk baterai 24 Volt :

$$P_{\text{loss}} = (20.38)^2 \times 0.1 = 43.39 \text{ Watt}$$

- Untuk baterai 48 Volt :

$$P_{\text{loss}} = (10.42)^2 \times 0.1 = 10.86 \text{ Watt}$$

Kerugian daya pada kabel jauh lebih kecil dengan baterai 48 volt.

Charger Sepeda Listrik 48 Volt/12 Ah

Penggunaan charger dengan spesifikasi 48V / 12Ah untuk baterai sepeda listrik didasarkan pada beberapa alasan teknis yang penting untuk efisiensi pengisian dan masa pakai baterai. Berikut adalah beberapa alasan utama :

1. Kesesuaian Tegangan :

Charger 48V dirancang khusus untuk baterai 48V. Penggunaan charger dengan tegangan yang sesuai memastikan pengisian yang optimal dan mencegah overcharging atau undercharging, yang bisa merusak baterai.

2. Arus Pengisian Yang Tepat :

Arus pengisian (Ah) yang sesuai dengan kapasitas baterai sangat penting untuk menjaga kesehatan baterai. Untuk baterai 12Ah, charger dengan arus pengisian yang sesuai akan mengisi baterai dalam waktu yang efisien tanpa menyebabkan overheating atau degradasi baterai.

3. Efisiensi Pengisian serta Perlindungan :

Charger yang dirancang khusus untuk baterai 48V / 12Ah biasanya memiliki profil pengisian yang dioptimalkan, termasuk tahap pengisian konstan arus (CC) dan konstan tegangan (CV). Ini membantu dalam mencapai pengisian penuh tanpa merusak sel-sel baterai.

Charger khusus sering dilengkapi dengan fitur perlindungan seperti proteksi terhadap overcharge, overcurrent, dan overheating. Ini memastikan pengisian yang aman dan memperpanjang umur baterai.

4. Perhitungan Dasar Pengisian Baterai :

Waktu Pengisian :

Waktu pengisian baterai dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Waktu Pengisian} = \frac{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Arus Pengisian (A)}} \quad (1)$$

Misalkan charger memberikan arus pengisian 2A untuk baterai 48V / 12Ah:

$$\text{Waktu Pengisian} = \frac{12 \text{ Ah}}{2 \text{ A}} = 6 \text{ jam} \quad (2)$$

Efisiensi Pengisian :

Efisiensi pengisian dipengaruhi oleh arus pengisian yang optimal. Pengisian dengan arus yang terlalu tinggi dapat menyebabkan panas berlebih dan degradasi baterai, sementara arus yang terlalu rendah akan memakan waktu terlalu lama. Arus pengisian yang umum adalah sekitar 0.1-0.2 kali kapasitas baterai (C-rate). Untuk baterai 12Ah, arus pengisian yang ideal adalah sekitar 1.2A hingga 2.4A.

SIMPULAN

Dari hasil pengujian sistem pengisian dan *monitoring* daya baterai 48 Volt dengan sumber PLN yang telah dilakukan, penulis dapat menyimpulkan beberapa hal. Sistem pengisian baterai 48 Volt dengan sumber PLN menunjukkan efisiensi pengisian yang tinggi dan mampu mempertahankan tegangan serta arus pengisian yang stabil selama proses pengisian. Waktu pengisian untuk baterai 48 Volt / 12 Ah sesuai dengan perhitungan teoritis, yaitu sekitar 6 jam saat menggunakan arus pengisian 2A, menunjukkan bahwa sistem pengisian bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Kode program yang telah disusun dan diterapkan berhasil menampilkan hasil pengukuran variabel tegangan, arus, daya, dan persentase baterai dengan baik. Sistem ini memiliki persentase selisih sebesar 1,06% dari pengukuran aktual yang telah dilakukan, yang dianggap wajar mengingat sensor yang digunakan memiliki toleransi pengukuran sebesar 1%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan berakhirnya laporan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Dukungan, bimbingan, dan kerjasama yang telah diberikan sangat berharga dan menjadi kekuatan utama dalam menyelesaikan tugas ini. Penulis menghargai setiap masukan, kritik, dan saran yang telah diberikan, yang telah membantu meningkatkan kualitas penelitian ini. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat yang berarti bagi semua pihak yang terlibat dan menjadi sumber informasi yang berguna untuk pengembangan di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Achlison, U., Santoso, J. T., Rozikin, K., & Diapoldo, F. (2023). Analisis Pengisian Baterai berbasis Arus dan Tegangan pada Baterai Kendaraan Listrik. *Elkom: Jurnal Elektronika dan Komputer*, 16(2), 430-433.
- Barré, A., Deguilhem, B., Grolleau, S., Gérard, M., Suard, F., & Riu, D. (2013). A review on lithium-ion battery ageing mechanisms and estimations for automotive applications. *Journal of Power Sources*, 241, 680-689.
- Garces, L. P., Miosso, C. J., & Lima, A. M. N. (2020). Smart charging for electric bicycles. *Journal of Power Sources*, 451, 227815. doi:10.1016/j.jpowsour.2019.227815.
- Kurniawan, A. (2023). *Rancang Bangun Sistem Pengisian Daya Baterai Kendaraan Listrik Berbasis IoT*. Jurnal Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Puspitasari, E. (2023). *Pengembangan Sistem Pengisian dan Monitoring Baterai 48 Volt Berbasis Internet of Things*. Jurnal Teknologi Informasi, Universitas Indonesia.
- Santoso, B. (2021). *Desain dan Implementasi Sistem Pengisian Baterai Kendaraan Listrik 48 Volt dengan Sumber Listrik PLN*. Jurnal Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Zhu, C., & Wang, X. (2019). Energy efficiency optimization of electric bicycle using lithium-ion battery. *Journal of Power Sources*, 420, 223-229.