

ANALISA KETAHANAN BATERAI LITHIUM ION PADA SEPEDA LISTRIK RODA TIGA

¹Dewi Lestari*, ²Susilo, ³Bambang Widodo

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia

^{1,2,3}Jl. Mayjen Sutoyo No.2 Cawang, Jakarta Timur 13630, DKI Jakarta

*Corresponding author: dewilestari010900@gmail.com

Abstrak - Baterai litium-ion (Li-Ion) adalah baterai isi ulang yang digunakan untuk menyimpan dan menyediakan energi elektrokimia. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui ketahanan baterai lithium-ion pada sepeda listrik roda tiga. Metode penelitian yang digunakan menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Ketahanan baterai lithium-ion pada sepeda listrik selama pemakaian (discharge) bervariasi tergantung pada intensitas penggunaan. Pemakaian tanpa beban cenderung lebih tahan lama, sementara penggunaan dengan beban berat mengurangi masa tahan baterai. Terlihat pada hasil presentase pemakaian awal tegangan baterai lithium ion 64,1 v kemudian setelah 5 menit pemakaian mengalami penurunan baterai menjadi 62,8 v begitu seterusnya dengan efisiensi waktu yang bervariasi. Sedangkan pada pemakaian awal baterai dengan pembebanan 42 kg dengan tegangan baterai 64,1 v, kemudian selama pemakaian 5 menit mengalami penurunan baterai menjadi 51,3 v, Pembebanan 53 kg dengan tegangan baterai 64 v selama pemakaian 5 menit baterai mengalami penurunan menjadi 53 v dan pembebanan 56 kg baterai mempunyai tegangan 64,4 v selama 5 menit mengalami penurunan menjadi 54,9 v begitu seterusnya dengan efisiensi waktu yang bervariasi. Faktor ini perlu dipertimbangkan untuk menjaga performa dan umur baterai dan kapasitas baterai lithium-ion pada sepeda listrik roda tiga dapat mengalami perubahan selama siklus pengisian ulang. Pada awalnya, setelah pengisian penuh, kapasitas baterai akan maksimal. Namun, setiap kali baterai diisi ulang dan digunakan, terjadi perubahan kimia dalam sel baterai yang dapat mengakibatkan penurunan kapasitas seiring berjalannya waktu dan jumlah siklus pengisian ulang.

Kata Kunci : Baterai lithium ion, Ketahanan baterai dan Karakteristik baterai

Abstract - Lithium-ion (Li-Ion) batteries are rechargeable batteries used to store and provide electrochemical energy. The purpose of this research is to find out the durability of lithium-ion batteries on three-wheeled electric bikes. Research methods used using quantitative descriptive methods. The durability of the lithium-ion battery on an electric bike during use (discharge) varies depending on the intensity of use. Loadless use tends to last longer, while heavy use reduces battery life. The first use of a lithium-ion battery with a voltage of 64.1 V, then after 5 minutes of use the battery decreased to 62.8 V and so on with a variable time efficiency. This factor needs to be taken into account to maintain the performance and battery life and the capacity of the lithium-ion battery on a three-wheel electric bike may change during the recharge cycle. Initially, after full charging, the battery capacity will be maximum. However, every time a battery is recharged and used, there are chemical changes in the battery cell that can result in a decrease in capacity over time and the number of recharging cycles.

Keywords: Lithium ion batteries, Battery life and Battery characteristics

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, salah satu kendaraan listrik yaitu sepeda listrik roda tiga telah menjadi pilihan populer bagi banyak pengendara yang ingin mengadopsi mode transportasi ramah lingkungan dan hemat energi. Dalam hal ini, pemerintahan di Indonesia juga berkontribusi untuk melakukan terobosan dalam sektor kendaraan listrik dengan jumlah target untuk mendatangkan 13 juta kendaraan listrik pada tahun 2020 dan 100 juta pada tahun 2030. Kendaraan listrik memiliki keunggulan utama, yaitu tidak menghasilkan emisi atau gas buang seperti yang dihasilkan oleh kendaraan konvensional saat ini. Selain itu, kendaraan listrik juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan sehingga tidak menghasilkan polusi udara dan tidak mengeluarkan suara yang sangat keras. Adapun salah satu komponen yang digunakan sebagai sumber daya utama sepeda listrik adalah baterai lithium-ion, hal ini dikarenakan berfungsi untuk menyimpan energi listrik, memiliki densitas energi tinggi, kepadatan daya tinggi, self-discharge rendah, pengisian cepat, rasio massa-ke-energi tinggi, tidak ada efek memori, dan daya tahan yang lama jika proses pengisian dilakukan dengan benar. Tujuan dari penelitian ini adalah, Mengetahui ketahanan baterai lithium-ion pada sepeda listrik selama proses pemakaian (discharge) dan Mengetahui kapasitas baterai lithium-ion pada sepeda listrik roda tiga berubah selama pengisian berulang.

Temuan sebuah studi oleh Mashudi, M. Yang dipublikasikan tahun 2022. Yang berjudul "Analisa Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Konsumsi Lithium batteries pada Sepeda Elektrik". Brilliant: Jurnal Riset dan Konseptual, 7(1), 229-240. Menjelaskan pengaruh beban berat pada sepeda listrik terhadap efisiensi baterai lithium dilakukan dengan menggunakan Excel dan dianalisis dengan standar deviasi dan error. Bahan yang digunakan adalah sepeda, motor DC, controller, baterai lithium. Kemudian selesaikan proses desain. Kemudian periksa fungsi sistem mekanik dan kelistrikan sepeda. Prosedur uji dengan beban (50, 70, 90, 110) kg sejauh 2 km. Dalam

perancangan dan konstruksi sepeda listrik, pengaruh bobot yang berbeda terhadap efisiensi baterai litium pada sepeda listrik dianalisis. Terbukti bahwa semakin tinggi bobot pengemudi maka semakin rendah nilai efisiensi baterai secara linear [3].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh King, B. F., Panjaitan, S. D., & Hartoyo, A. Yang dipublikasikan tahun 2020. Yang berjudul "Sistem Kontrol Charging dan Discharging Serta Monitoring Kesehatan Baterai. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, 1(1)". Ada tiga jenis pengisian daya yang dapat dilakukan dengan perangkat ini: fast charging saat baterai hampir habis, float charging saat baterai dalam kondisi baik, dan off charging saat baterai rusak atau penuh. Pada alat ini semua jenis beban diatur secara otomatis dengan menggunakan prinsip kerja transistor NPN sebagai saklar otomatis yaitu dengan mengubah hambatan alat untuk menghasilkan listrik. Tegangan keluaran beban bervariasi tergantung kebutuhan dan status baterai. Pada saat pengosongan, saat baterai sudah terisi penuh, selisihnya adalah 1,2% dibandingkan hasil perhitungan teoritis. Ampere yang berbeda untuk setiap jenis pengisian, seperti float charge dengan 1,47 Ampere dan pengisian cepat dengan 3,09 Ampere, yang memengaruhi waktu pengisian baterai [4]. Setelah mengkaji beberapa penelitian diatas, maka di ketahui bahwa Kendaraan listrik menggunakan baterai sebagai sumber energi untuk penggerakannya. Salah satu jenis baterai yang digunakan adalah baterai lithium-ion. Baterai lithium-ion adalah jenis baterai yang menggunakan baterai lithium-ion untuk menyimpan dan melepaskan energi. Baterai ini telah menjadi pilihan yang populer untuk berbagai aplikasi, termasuk elektronik konsumen, kendaraan listrik, dan penyimpanan energi. Kelebihan baterai lithium ion pada penggunaan sepeda listrik salah satunya adalah kapasitas energi yang tinggi, baterai lithium-ion ini memiliki kepadatan energi tinggi, yang berarti dapat menyimpan sejumlah besar energi dalam ukuran yang relatif kecil. Hal ini memungkinkan sepeda listrik untuk

memiliki jarak tempuh yang lebih jauh dengan satu kali pengisian baterai dan baterai lithium ion memiliki siklus pengisian yang baik, artinya dapat diisi ulang dan digunakan berulang kali tanpa mengalami penurunan kinerja yang signifikan. Hal ini penting bagi pengguna sepeda listrik yang menggunakan sepeda secara reguler. Untuk melihat ketahanan baterai lithium ion maka peneliti ingin mensimulasikan pada sepeda listrik yang ada di lab teknik tenaga listrik di uki sebagai bahan penelitian. Selain itu, peneliti dapat menganalisa ketahanan baterai lithium ion dari hasil simulasi yang dilakukan peneliti.

2. KERANGKA TEORI

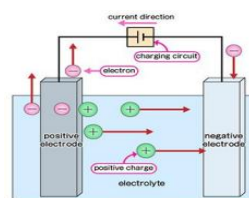
Ada dua jenis baterai, baterai primer tidak dapat diisi ulang dan hanya dapat digunakan satu kali dalam perangkat, baterai sekunder dapat digunakan berkali-kali dan harus diisi ulang. Ion lithium bergerak di antara dua elektrode saat terjadi reaksi kimia [8]. Baterai merupakan media penyimpanan energy (energy storage) dalam bentuk arus listrik pada tegangan tertentu yang berasal dari reaksi reduksi-oksidasi (redoks) yang terjadi dalam bahan elektrode aktif. Baterai lithium-ion (Li-Ion) merupakan baterai yang dapat diisi ulang untuk menyimpan dan menghantarkan energi secara elektrokimia. Baterai ini banyak digunakan di berbagai perangkat elektronik portabel seperti smartphone, laptop, tablet, kamera digital, dan perangkat elektronik lainnya. Baterai lithium-ion terdiri dari sel-sel individu dengan elektroda positif (anoda) yang terbuat dari lithium dan elektroda negatif (katoda) biasanya terbuat dari grafit. Di antara elektroda-anoda dan elektroda-katoda terdapat elektrolit yang berfungsi sebagai medium penghantar ion. Saat baterai sedang diisi ulang, Ion litium ditransfer dari elektroda positif ke elektroda negatif melalui elektrolit. Pada saat baterai diberikan beban, ion lithium bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif, menghasilkan arus listrik.

2.1 Prinsip Kerja Baterai

Secara umum prinsip kerja baterai terbagi menjadi dua bagian yaitu charge dan discharge [10].

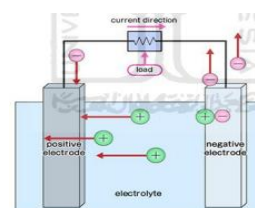
a. Pengisian (*Charge*)

Pada dasarnya prinsip pengoperasian baterai mengoperasikan prinsip oksidasi dan reduksi. Selama proses pengisian, seperti yang terlihat pada gambar 2.1, saat sel baterai terhubung ke sumber tegangan, elektroda positif (+) mengalami oksidasi, melepaskan elektron atau ion negatif (-), sementara reduksi terjadi pada elektroda negatif (-) yang menerima ion positif (+) dari elektrolit.



Gambar 2.1 Proses reaksi elektrokimia saat *charge*

b. Pengosongan (*Discharge*)



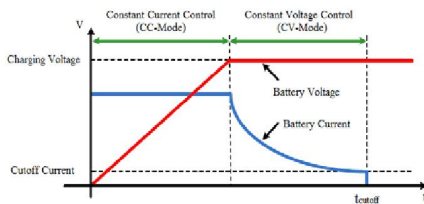
Gambar 2.2 Proses reaksi elektrokimia saat *discharge*

Ketika terhubung dengan muatan, proses pelepasan merupakan kebalikan dari proses pengisian. Pada pengosongan, elektroda negatif (-) memulai proses oksidasi di mana elektron atau ion negatif (-) dilepaskan dari elektroda negatif (-). Sebaliknya, pada elektroda positif (+), terjadi reduksi di mana elektroda positif (+) menerima ion positif (+) yang dilepaskan dari larutan elektrolit.

2.2 Prosedur Pengisian Daya

Pengisian standar untuk baterai lithium-ion menggunakan metode Constant Current-Constant Voltage (arus konstan-tegangan konstan). Pertama, arus konstan (CC) diterapkan hingga tegangan maksimum. Kemudian, terapkan tegangan konstan (CV) diterapkan dan arus berkurang. Pengisian berakhir sesuai waktu atau arus tertentu. Voltase maksimum bisa berubah, asalkan dalam batas aman. Pengisian berlebihan merusak baterai; tindakan keamanan perlu. Arus pengisian negatif tergantung desain dan suhu [11].

Gambar 2.3 Arus dan tegangan pada metode CC/CV



Pada Gambar 2.3, terlihat metode pengisian baterai CC/CV. Ini menggunakan arus konstan (Constant Current/CC) sampai penuh dan tegangan konstan (Constant Voltage/CV). Metode ini diilustrasikan dalam grafik yang menunjukkan perubahan arus dan tegangan saat pengisian. Pada awalnya, dalam grafik, garis biru menandakan arus tetap, dan garis merah menunjukkan kenaikan tegangan perlahan. Setelah mencapai tegangan yang diinginkan, tegangan tetap dan arus berkurang secara perlahan.

2.3 Parameter Pada Baterai

Berikut merupakan parameter pada baterai [10]:

2.3.1 Kapasitas Baterai (Ah)

Kapasitas baterai diukur dalam satuan ampere-jam (Ah) yang menunjukkan jumlah energi listrik yang tersimpan di dalam baterai. Semakin tinggi kapasitasnya, semakin lama baterai dapat bertahan sebelum perlu diisi ulang. Satu Ah berarti baterai dapat memberikan arus satu ampere selama satu jam.

$$C = I \text{ (amper)} \times t \text{ (jam)} \quad (1)$$

Dimana:

C = kapasitas baterai (Aperhour)

I = Arus (Amper)

T = waktu (jam)

2.3.2 Efisiensi energi baterai

Efisiensi adalah rasio kapasitas pengosongan baterai dibagi dengan kapasitas pengisian baterai. Berikut adalah persamaan untuk menghitung efisiensi energi suatu baterai:

$$\eta = \frac{C_d}{C_c} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana:

η = Efisiensi energi (%)

C_d = kapasitas discharge

C_c = kapasitas charge

2.3.3 Daya (P)

Untuk mencari daya pada baterai, Anda perlu mengetahui tegangan (V) dan arus (I) yang terlibat dalam penggunaan baterai. Daya dapat dihitung dengan rumus berikut ini:

$$P = V \times I \quad (3)$$

Dimana:

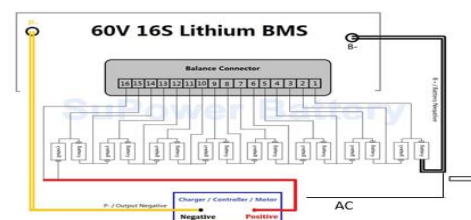
P = Daya (watt)

V = tegangan (volt)

I = Arus (Amper)

2.4 Battery Management System (BMS)

Battery management system (BMS) merupakan sistem elektronik yang mengontrol baterai yang dapat diisi ulang. Fungsi BMS termasuk mengelola proses pengisian dan pengosongan baterai, melindungi baterai dari pengisian daya yang berlebihan, penyeimbangan daya, mengukur suhu baterai, dan merekam semua data selama pengisian dan pengosongan baterai.



Gambar 2.4 Rangkaian 60 V 16 S Litium BMS

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, digunakan metode penelitian kualitatif oleh penulis. Penelitian kuantitatif merupakan jenis penelitian yang mengumpulkan data dalam bentuk numerik dan menerapkan analisis statistik untuk menjelaskan fenomena yang diteliti. Metode ini menggunakan data numerik yang kemudian dianalisis, seringkali dengan menggunakan metode statistik, untuk mengidentifikasi pola, hubungan, perbedaan, dan variabel yang diamati. Selain itu, dalam penelitian juga menggunakan beberapa metode seperti studi literatur, pengumpulan data dan analisis. Studi literatur bertujuan untuk mengumpulkan data dari buku referensi dan jurnal yang berkaitan dengan topik penelitian. Pengumpulan data dilakukan untuk melengkapi data penelitian yang akan diolah dan kemudian dilakukan proses analisis. Tujuan dari analisis data adalah melekuken pengolahan data yang telah diperoleh. Alur penelitian dapat kita lihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram aliran Penelitian

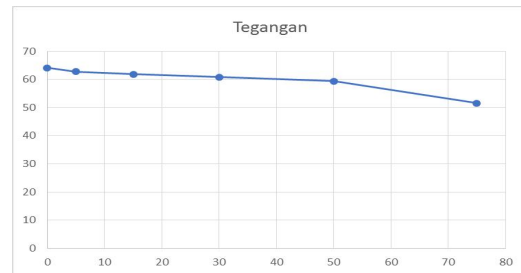
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengujian *discharge* dan *charge* tanpa beban

Dalam pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan baterai lithium ion berdasarkan waktu pengisian dan waktu penggunaan baterai. Hal ini dilakukan dengan mengamati berapa lama baterai

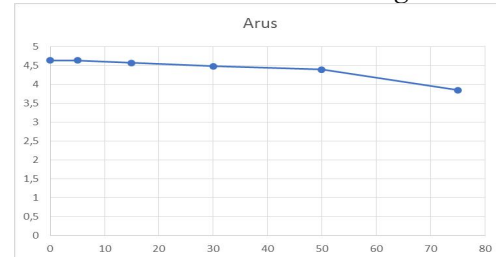
dapat bertahan saat diisi ulang serta berapa lama baterai dapat digunakan sebelum perlu diisi ulang kembali. Untuk hasil pengujian *discharge* dan *charge* tanpa beban bisa di lihat pada grafik tegangan dan arus berikut:

Gambar 4.1 Grafik tegangan *discharge* baterai



Gambar 4.1 memperlihatkan grafik perubahan tegangan baterai selama proses pengosongan. Pada waktu 0, tegangan awal baterai adalah 64,1 V, dan selanjutnya, terjadi penurunan tegangan secara bertahap selama periode pengosongan. Pada waktu 5 menit, tegangan mencapai 62,8 V, lalu turun menjadi 61,9 V pada waktu 15 menit, dan seterusnya hingga mencapai 51,6 V pada waktu 75 menit. Grafik ini menunjukkan penurunan tegangan yang terjadi selama pengosongan baterai dengan waktu tertentu.

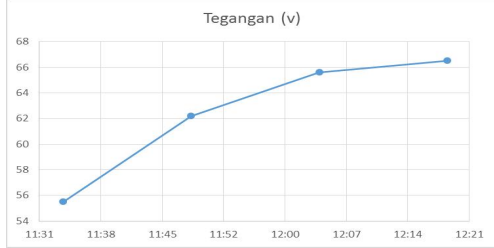
Gambar 4.2 Grafik arus *discharge* baterai



Grafik perubahan arus baterai selama proses pengosongan terlihat pada Gambar 4.2. Pada waktu 0, arus awal baterai adalah 4,63 A, dan arus ini tetap stabil pada nilai tersebut hingga waktu 15 menit. Kemudian, terjadi penurunan arus secara bertahap selama periode pengosongan. Pada waktu 30 menit, arus mencapai 4,48 A, lalu turun menjadi 4,39 A pada waktu 50

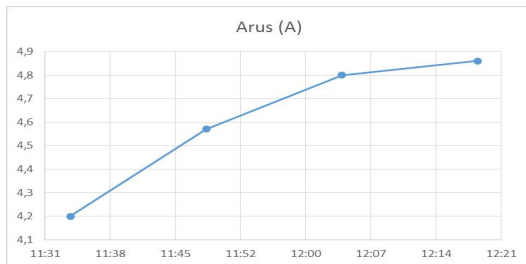
menit, dan berakhir pada 3,85 A pada waktu 75 menit. Grafik ini menunjukkan perubahan arus selama pengosongan baterai dengan waktu tertentu.

Gambar 4.3 Grafik tegangan *charge* baterai



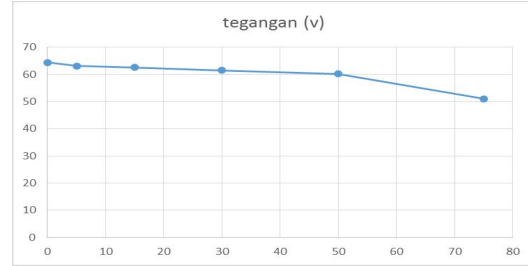
Gambar 4.3 menggambarkan perubahan tegangan baterai selama proses pengisian. Pada pukul 11:34, tegangan baterai dimulai dari 55,5 V, lalu meningkat menjadi 62,2 V pada pukul 11:49. Setelah 15 menit, pada pukul 12:04, tegangan terus naik menjadi 65,6 V. Puncak pengisian terjadi pada pukul 12:19, di mana tegangan mencapai 66,5 V.

Gambar 4.4 Grafik arus *charge* baterai



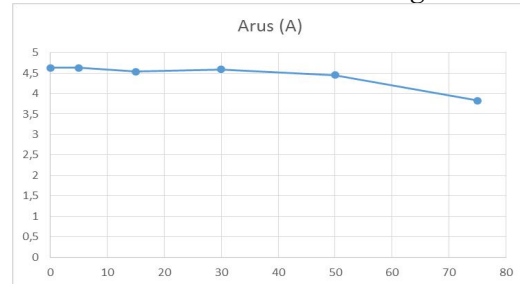
Pada Gambar 4.4, terlihat grafik perubahan arus baterai selama proses pengisian. Pada pukul 11:34, arus baterai dimulai dari 4,20 A dan terus meningkat hingga mencapai 4,57 A pada pukul 11:49. Setelah 15 menit, pada pukul 12:04, arus mencapai 4,80 A, dan puncaknya terjadi pada pukul 12:19, di mana arus mencapai 4,86 A.

Gambar 4.5 Grafik tegangan *discharge* baterai



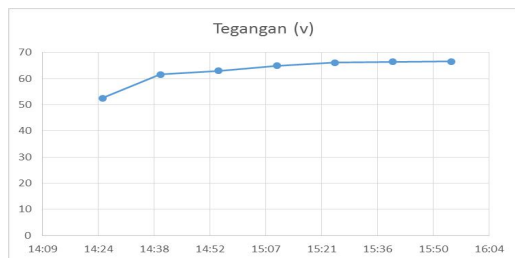
Pada gambar 4.5, terlihat grafik perubahan tegangan baterai selama pengujian discharge seiring berjalannya waktu (t). Tegangan awal pada saat waktu 0 adalah 64,4 V. Setelah 5 menit, tegangan turun menjadi 63,1 V, kemudian pada 15 m menit mencapai 62,5 V, dan terus mengalami penurunan hingga 30 menit dengan tegangan 61,5 V. Pada 50 menit, tegangan baterai mencapai 60,2 V, dan dalam pengujian terlama selama 75 menit, tegangan turun drastis menjadi 51,0 V.

Gambar 4.6 Grafik arus *discharge* baterai



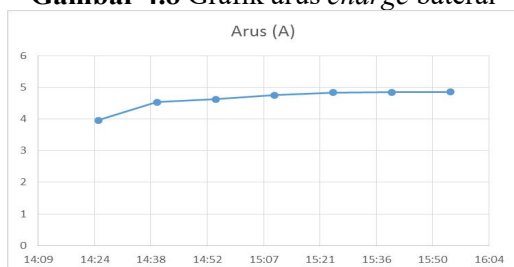
Pada Gambar 4.6, terlihat grafik perubahan arus baterai selama pengujian discharge seiring berjalannya waktu (t). Awalnya, arus baterai adalah 4,63 A, dan tingkat ini tetap konsisten pada 5 menit pertama. Namun, setelah 15 menit, terjadi peningkatan sebentar ke 4,59 A, yang kemudian kembali turun menjadi 4,54 A pada 30 menit. Selama 50 menit, arus baterai berada pada 4,45 A, dan pada pengujian terakhir selama 75 menit, arus mengalami penurunan menjadi 3,83 A.

Gambar 4.7 Grafik tegangan *charge* baterai



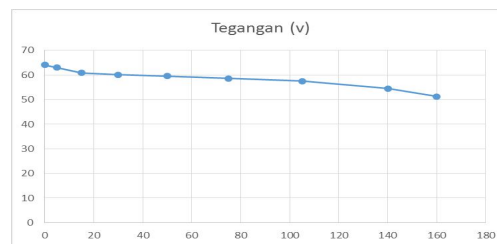
Pada Gambar 4.7, dapat dilihat pada grafik perubahan tegangan baterai selama proses pengisian dengan waktu (t) dan tegangan (v). Pada pukul 14:25, tegangan awal baterai adalah 52,5 V. Selanjutnya, terjadi peningkatan tegangan secara berturut-turut pada waktu-waktu berikutnya: 61,6 V pada pukul 14:40, 63,0 V pada pukul 14:55, 64,9 V pada pukul 15:10, 66,1 V pada pukul 15:25, 66,4 V pada pukul 15:40, dan mencapai tingkat tertinggi pada pukul 15:55 dengan tegangan mencapai 66,5 V.

Gambar 4.8 Grafik arus *charge* baterai



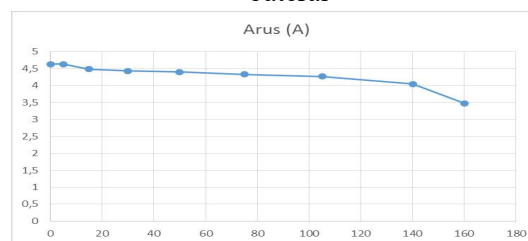
Pada gambar 4.8, grafik perubahan arus pada baterai selama proses pengisian berdasarkan waktu (t). Pukul 14:25, arus awal adalah 3,96 A. Kemudian, terjadi peningkatan arus secara berurutan pada pukul 14:40 menjadi 4,54 A, pada pukul 14:55 menjadi 4,63 A, pada pukul 15:10 menjadi 4,76 A, pada pukul 15:25 menjadi 4,84 A, dan pada pukul 15:40 menjadi 4,85 A. Puncak arus tercatat pada pukul 15:55 dengan arus mencapai 4,86 A.

Gambar 4.9 Grafik tegangan *discharge* baterai



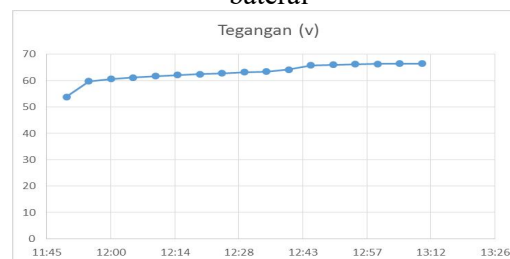
Pada gambar 4.9 grafik tegangan baterai discharge menunjukkan perubahan tegangan seiring berjalannya waktu. Pada saat awal tegangan baterai 0, tegangan baterai mencapai 64.1 V. Kemudian, setelah 5 menit, tegangan turun menjadi 63.0 V. Terjadi penurunan tegangan yang lebih signifikan setelah 15 menit mencapai 60.9 V. Selanjutnya, tegangan terus berkurang hingga mencapai 51.3 V pada waktu 160 menit.

Gambar 4.10 Grafik arus *discharge* baterai



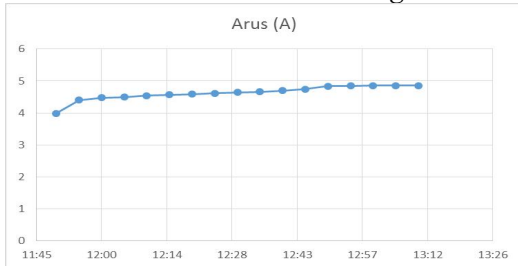
Pada gambar 4.10 Grafik arus baterai *discharge* menunjukkan perubahan arus seiring berjalannya waktu. Pada saat awal, arus baterai adalah 4,63 A. Nilai arus ini tetap konstan pada waktu 5 menit. Kemudian, setelah 15 menit, arus mengalami penurunan ke 4,49 A, dan terus mengalami penurunan ringan hingga mencapai 3,48 A pada waktu 160 menit.

Gambar 4.11 Grafik tegangan *charge* baterai



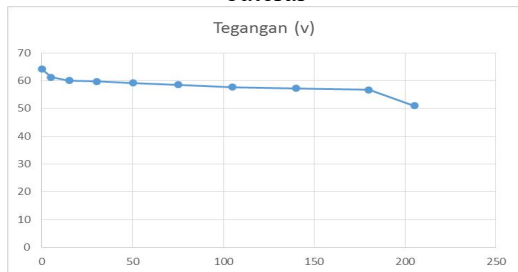
Pada Gambar 4.11, terlihat grafik perkembangan tegangan baterai selama proses pengisian. Pada pukul 11:50, tegangan baterai dimulai pada tingkat 53,9 V, dan kemudian mengalami peningkatan yang konsisten selama periode pengisian. Tegangan mencapai puncaknya pada pukul 13:10 dengan nilai 66,5 V, menunjukkan bahwa proses pengisian berlangsung dengan stabil dan menghasilkan tegangan baterai yang tinggi.

Gambar 4.12 Grafik arus *charge* baterai



Pada Gambar 4.12, terlihat grafik perubahan arus baterai selama proses pengisian. Pada awalnya, pada pukul 11:50, arus baterai berada pada tingkat 3,99 A. Selanjutnya, arus mengalami kenaikan yang stabil selama periode waktu tersebut, mencapai nilai tertinggi pada pukul 13:10 dengan arus mencapai 4,86 A. Grafik ini mencerminkan bahwa proses pengisian baterai berlangsung secara konsisten dan menghasilkan arus baterai yang stabil.

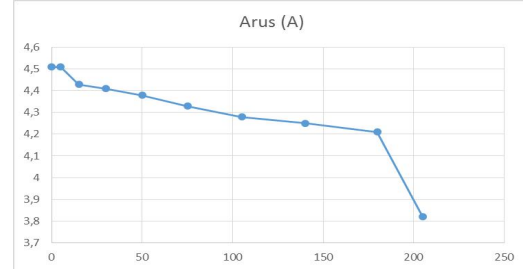
Gambar 4.13 Grafik tegangan *discharge* baterai



Pada Gambar 4.13, terlihat grafik perubahan tegangan baterai selama proses pengosongan. Pada awalnya, pada waktu 0, tegangan baterai berada pada tingkat 64,3 V. Selanjutnya, tegangan mengalami penurunan yang stabil seiring berjalannya waktu, mencapai nilai terendah pada waktu 205

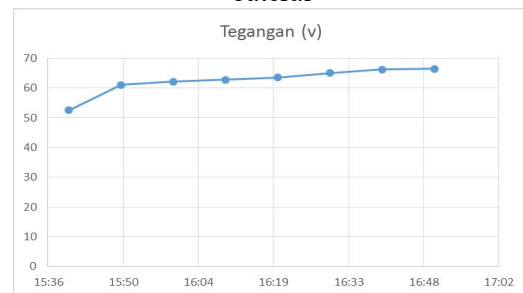
dengan tegangan mencapai 51,0 V. Grafik ini mencerminkan proses pengosongan baterai yang terkendali dengan penurunan tegangan secara bertahap.

Gambar 4.14 Grafik arus *discharge* baterai



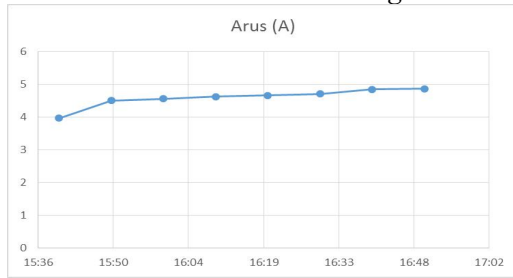
Pada Gambar 4.14 menampilkan grafik perubahan arus baterai selama proses pengosongan. Pada awalnya, pada waktu 0, arus baterai berada pada tingkat 4,51 A, dan nilai ini tetap konstan selama 5 menit pertama. Kemudian, arus mengalami penurunan bertahap seiring berjalannya waktu, mencapai nilai terendah pada waktu 205 dengan arus mencapai 3,82 A. Grafik ini mencerminkan proses pengosongan baterai dengan penurunan arus yang stabil setelah periode awal konstan.

Gambar 4.15 Grafik tegangan *charge* baterai



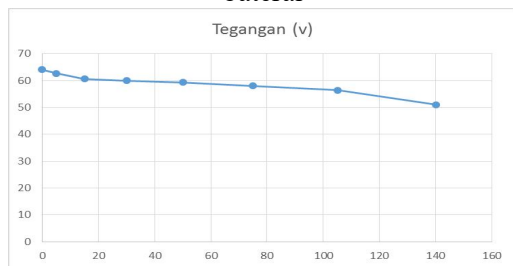
Pada Gambar 4.15, terlihat grafik perubahan tegangan baterai selama proses pengisian. Pada pukul 15:40, tegangan baterai 52,5 V. Selanjutnya, tegangan mengalami peningkatan yang stabil selama periode pengisian, mencapai nilai tertinggi pada pukul 16:50 dengan tegangan mencapai 66,5 V. Grafik ini menunjukkan bahwa proses pengisian baterai berlangsung dengan baik dan menghasilkan peningkatan tegangan yang konsisten.

Gambar 4.16 Grafik arus *charge* baterai



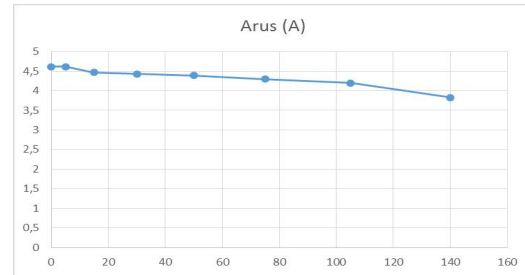
Pada Gambar 4.16, terlihat grafik perubahan arus baterai selama proses pengisian. Pada pukul 15:40, arus baterai sekitar 3,96 A. Selanjutnya, arus mengalami peningkatan yang stabil selama periode pengisian, mencapai nilai tertinggi pada pukul 16:50 dengan arus mencapai 4,86 A. Grafik ini mencerminkan bahwa proses pengisian baterai berlangsung dengan baik dan menghasilkan peningkatan arus yang konsisten.

Gambar 4.17 Grafik tegangan *discharge* baterai



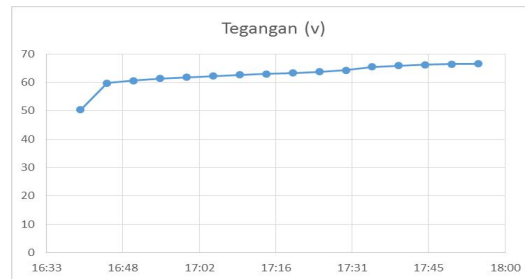
Pada Gambar 4.17, terdapat grafik perubahan tegangan baterai selama proses pengosongan. Pada awalnya, pada waktu 0, tegangan baterai berada pada tingkat 64,1 V. Kemudian, tegangan mengalami penurunan yang stabil seiring berjalannya waktu, mencapai nilai terendah pada waktu 140 dengan tegangan mencapai 51,0 V. Grafik ini mencerminkan proses pengosongan baterai dengan penurunan tegangan yang teratur sepanjang periode pengosongan.

Gambar 4.18 Grafik arus *discharge* baterai



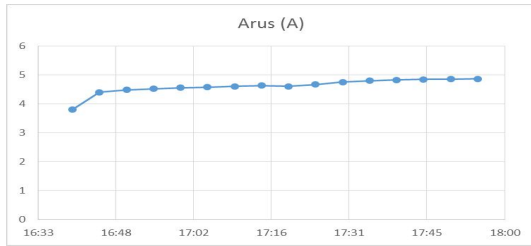
Gambar 4.18 menampilkan grafik perubahan arus baterai selama proses pengosongan. Pada awalnya, pada waktu 0, arus baterai berada pada tingkat 4,61 A, dan nilai ini tetap konstan selama 5 menit pertama. Kemudian, arus mengalami penurunan bertahap seiring berjalannya waktu, mencapai nilai terendah pada waktu 140 dengan arus mencapai 3,83 A. Grafik ini mencerminkan bahwa proses pengosongan baterai menghasilkan penurunan arus yang stabil setelah selama awal baterai menjadi konstan.

Gambar 4.19 Grafik tegangan *charge* baterai



Gambar 4.19 menampilkan grafik perkembangan tegangan baterai selama proses pengisian. Pada pukul 16:40, tegangan baterai dimulai pada level 50,4 V, dan selanjutnya, tegangan mengalami peningkatan yang stabil selama periode pengisian. Puncak tegangan tercapai pada pukul 17:55 dengan nilai 66,5 V, menunjukkan bahwa proses pengisian berjalan dengan baik dan menghasilkan peningkatan tegangan yang konsisten selama waktu tersebut.

Gambar 4.20 Grafik arus *charge* baterai

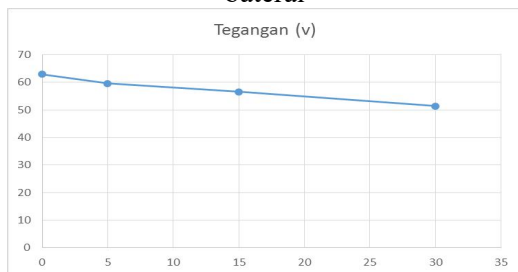


Pada Gambar 4.20, terlihat grafik perubahan arus baterai selama proses pengisian. Pada pukul 16:40, arus baterai dimulai pada tingkat 3,80 A. Selanjutnya, arus mengalami peningkatan yang stabil selama periode pengisian, mencapai nilai tertinggi pada pukul 17:55 dengan arus mencapai 4,86 A. Grafik ini menunjukkan bahwa proses pengisian baterai berlangsung dengan baik dan menghasilkan peningkatan arus yang stabil selama waktu pengujian.

b. Data pengukuran *discharge* dan *charge* menggunakan beban

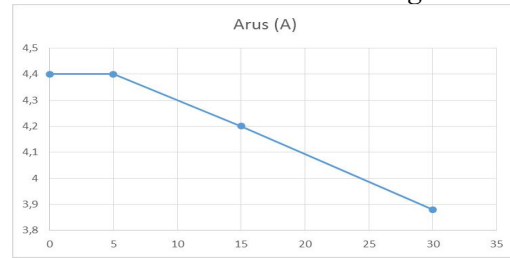
Pada pengujian menggunakan beban, dilakukan variasi pembebanan dengan bobot 42 kg, 53 kg, dan 56 kg. Pengujian ini berlangsung selama 5 hingga 15 menit. Berikut adalah data hasil dari pengujian tersebut:

Gambar 4.21 Grafik tegangan *discharge* baterai



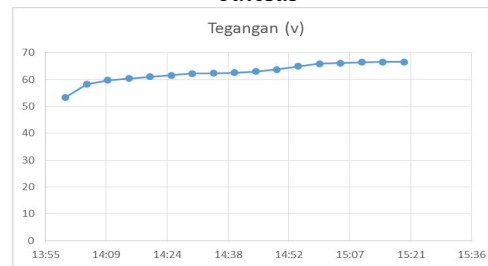
Pada Gambar 4.21, terlihat grafik perubahan tegangan baterai selama proses pengosongan. Pada saat awal, pada waktu 0, tegangan baterai mencapai 62,9 V. Selanjutnya, terjadi penurunan tegangan secara bertahap selama pengosongan. Pada waktu 5 menit, tegangan mencapai 59,6 V, kemudian turun menjadi 56,5 V pada waktu 15, dan mencapai 51,3 V pada waktu 30. Grafik ini mencerminkan penurunan tegangan yang terjadi selama pengosongan baterai.

Gambar 4.22 Grafik arus *discharge* baterai



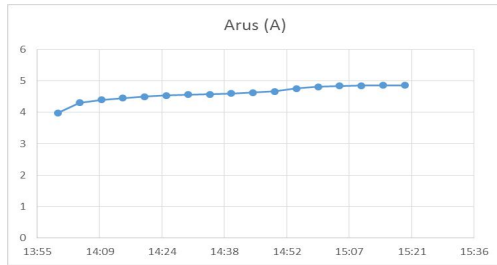
Gambar 4.22 menampilkan grafik perubahan arus baterai selama proses pengosongan. Pada saat awal, pada waktu 0, arus baterai adalah 4,40 A. Selanjutnya, arus tetap konstan pada tingkat ini selama 5 menit pertama. Kemudian, arus mengalami penurunan bertahap selama periode pengosongan, mencapai 4,20 A pada waktu 15, dan akhirnya turun menjadi 3,88 A pada waktu 30. Grafik ini mencerminkan penurunan arus yang terjadi selama pengosongan baterai.

Gambar 4.23 Grafik tegangan *charge* baterai

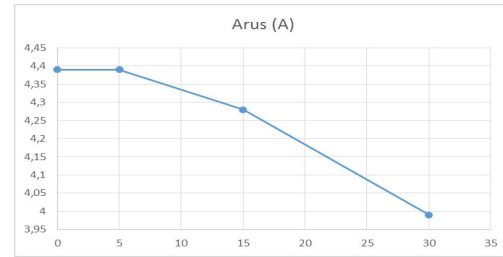


Grafik 4.23 menjelaskan perkembangan tegangan baterai selama proses pengisian. Pada pukul 14:00, tegangan awal baterai adalah 53,4 V, dan selanjutnya, tegangan meningkat secara bertahap dan stabil seiring berjalannya waktu selama periode pengisian. Puncak tegangan tercapai pada pukul 15:20 dengan mencapai 66,5 V, menunjukkan bahwa proses pengisian berjalan dengan baik dan menghasilkan peningkatan tegangan yang stabil.

Gambar 4.24 Grafik arus *charge* baterai

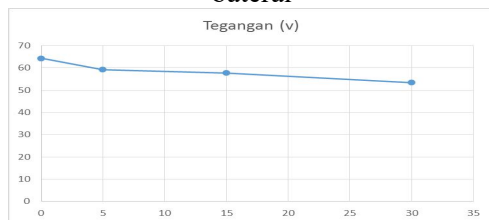


Pada Gambar 4.24, terdapat grafik perubahan arus baterai selama proses pengisian. Pada pukul 14:00, arus awal baterai adalah 3,98 A, dan selanjutnya, arus mengalami peningkatan secara bertahap dan stabil selama periode pengisian. Puncak arus tercapai pada pukul 15:20 dengan mencapai 4,86 A, menunjukkan bahwa proses pengisian berjalan dengan baik dan menghasilkan peningkatan arus yang konsisten selama pengisian.



Pada Gambar 4.26, terlihat grafik perubahan arus baterai selama proses pengosongan. Pada awalnya, pada waktu 0, arus baterai adalah 4,39 A, dan tingkat ini tetap konstan selama 5 menit pertama. Kemudian, arus mengalami penurunan bertahap selama periode pengosongan, mencapai 4,28 A pada waktu 15 menit, dan turun lebih lanjut menjadi 3,99 A pada waktu 30 menit. Grafik ini mencerminkan penurunan arus yang terjadi selama pengosongan baterai.

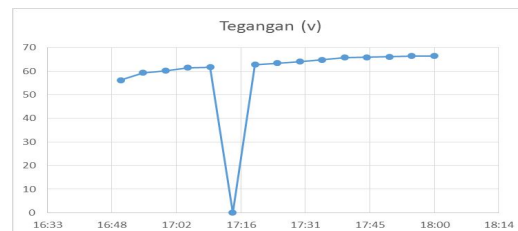
Gambar 4.25 Grafik tegangan *discharge* baterai



Pada Gambar 4.25, terlihat grafik perubahan tegangan baterai selama proses pengosongan. Pada awalnya, pada waktu 0, tegangan baterai mencapai 64,3 V. Selanjutnya, terjadi penurunan tegangan secara bertahap selama pengosongan. Pada waktu 5, tegangan mencapai 59,2 V, kemudian turun menjadi 57,7 V pada waktu 15, dan mencapai 53,4 V pada waktu 30. Grafik ini mencerminkan penurunan tegangan yang terjadi selama pengosongan baterai.

Gambar 4.26 Grafik arus *discharge* baterai

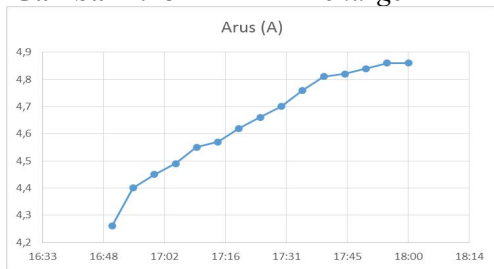
Gambar 4.27 Grafik tegangan *charge* baterai



Grafik 4.27 menampilkan perkembangan tegangan baterai selama proses pengisian. Pada pukul 16:50, tegangan awal baterai adalah 56,2 V, dan selanjutnya, tegangan pada pukul 17:15 tegangan baterai mengalami penurunan yang sangat signifikan. Setelah itu tegangan baterai terus meningkat secara bertahap dan stabil seiring berjalannya waktu selama periode pengisian. Puncak tegangan tercapai pada pukul 18:00 dengan mencapai 66,5 V, menunjukkan bahwa proses pengisian berjalan dengan baik dan menghasilkan peningkatan

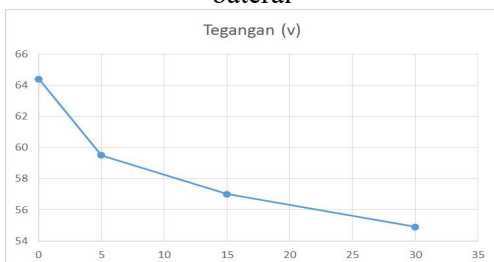
tegangan yang konsisten selama pengisian yang dilakukan.

Gambar 4.28 Grafik arus *charge* baterai



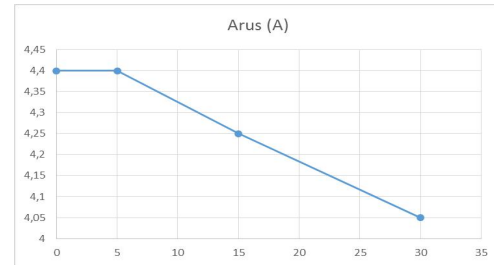
Pada Gambar 4.28, terlihat grafik perubahan arus baterai selama proses pengisian. Pada pukul 16:50, arus awal baterai adalah 4,26 A, dan selanjutnya, arus mengalami peningkatan yang stabil selama periode pengisian. Puncak arus tercapai pada pukul 18:00 dengan mencapai 4,86 A, menunjukkan bahwa proses pengisian berjalan dengan baik dan menghasilkan peningkatan arus yang konsisten selama pengisian.

Gambar 4.29 Grafik tegangan *discharge* baterai



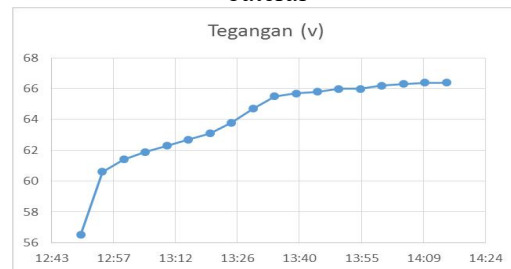
Pada Gambar 4.29, terlihat grafik perubahan tegangan baterai selama proses pengosongan. Pada waktu 0, tegangan awal baterai adalah 64,4 V, dan selanjutnya, terjadi penurunan tegangan secara bertahap selama periode pengosongan. Pada waktu 5 menit, tegangan mencapai 59,5 V, lalu turun menjadi 57,0 V pada waktu 15 menit, dan akhirnya mencapai 54,9 V pada waktu 30 menit. Grafik ini mencerminkan penurunan tegangan yang terjadi selama pengosongan baterai.

Gambar 4.30 Grafik arus *discharge* baterai



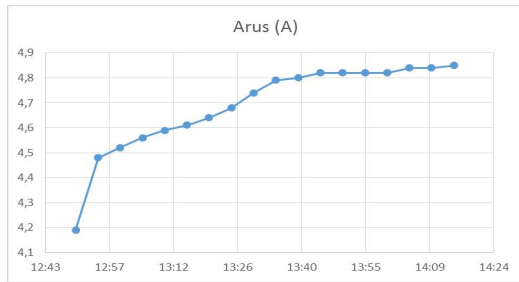
Pada Gambar 4.30, terlihat grafik perubahan arus baterai selama proses pengosongan. Pada waktu 0, arus awal baterai adalah 4,40 A, dan tingkat ini tetap konstan selama 5 menit pertama. Kemudian, arus mengalami penurunan bertahap selama periode pengosongan, mencapai 4,25 A pada waktu 15 menit, dan turun lebih lanjut menjadi 4,05 A pada waktu 30 menit. Grafik ini mencerminkan penurunan arus yang terjadi selama pengosongan baterai.

Gambar 4.31 Grafik tegangan *charge* baterai



Grafik 4.31 menampilkan perkembangan tegangan baterai selama proses pengisian. Pada pukul 12:50, tegangan awal baterai adalah 56,5 V, dan selanjutnya, tegangan terus meningkat secara bertahap dan stabil seiring berjalannya waktu selama periode pengisian. Puncak tegangan tercapai pada pukul 14:10 dengan mencapai 66,4 V, menunjukkan bahwa proses pengisian berjalan dengan baik dan menghasilkan peningkatan tegangan yang konsisten selama pengisian.

Gambar 4.32 Grafik arus *charge* baterai



Pada Gambar 4.32, terlihat grafik perubahan arus baterai selama proses pengisian. Pada pukul 12:50, arus awal baterai adalah 4,19 A, dan selanjutnya, terjadi peningkatan arus secara bertahap dan stabil selama periode pengisian. Puncak arus tercapai pada pukul 14:15 dengan mencapai 4,85 A, menunjukkan bahwa proses pengisian berjalan dengan baik dan menghasilkan peningkatan arus yang konsisten selama pengisian baterai.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Ketahanan baterai lithium-ion pada sepeda listrik selama pemakaian (discharge) bervariasi tergantung pada intensitas penggunaan. Pemakaian tanpa beban cenderung lebih tahan lama, sementara penggunaan dengan beban berat mengurangi masa tahan baterai. Terlihat pada hasil presentase pemakaian awal tegangan baterai lithium ion 64,1 v kemudian setelah 5 menit pemakaian mengalami penurunan baterai menjadi 62,8 v begitu seterusnya dengan efisiensi waktu yang bervariasi. Sedangkan pada pemakaian awal baterai dengan pembebanan 42 kg dengan tegangan baterai 64,1 v, kemudian selama pemakaian 5 menit mengalami penurunan baterai menjadi 51,3 v, Pembebanan 53 kg dengan tegangan baterai 64 v selama pemakaian 5 menit baterai mengalami penurunan menjadi 53 v dan pembebanan 56 kg baterai

mempunyai tegangan 64,4 v selama 5 menit mengalami penurunan menjadi 54,9 v begitu seterusnya dengan efisiensi waktu yang bervariasi. Faktor ini perlu dipertimbangkan untuk menjaga performa dan umur baterai.

2. Kapasitas baterai lithium-ion pada sepeda listrik roda tiga dapat mengalami perubahan selama siklus pengisian ulang. Pada awalnya, setelah pengisian penuh, kapasitas baterai akan maksimal. Namun, setiap kali baterai diisi ulang dan digunakan, terjadi perubahan kimia dalam sel baterai yang dapat mengakibatkan penurunan kapasitas seiring berjalannya waktu dan jumlah siklus pengisian ulang.

5.2 Saran

Setelah penelitian ini dilakukan, maka perlu adanya pengujian secara langsung untuk mengetahui apakah data dari hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium sesuai dengan data pada hasil penelitian yang dilakukan peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Cahyono, T. P., Hardianto, T., & Kaloko, B. S. (2020). Pengujian Karakteristik Baterai Lithium-Ion Dengan Metode Fuzzy dengan Beban Bervariasi. *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, 6(3), 82-86.
- [2]. Mauriraya, K. T., Pasra, N., Fernandez, A., & Christiono, C. (2022, December). ANALISIS KARAKTERISTIK BATERAI LITHIUM-ION PADA KENDARAAN LISTRIK DI INSTITUT TEKNOLOGI PLN. In *Prosiding Seminar Nasional NCIET (Vol. 3, No. 1, pp. 95-102)*.
- [3]. Mashudi, M. (2022). Analisa Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Konsumsi Lithium batteries pada Sepeda Elektrik. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, 7(1), 229-240.
- [4]. King, B. F., Panjaitan, S. D., & Hartoyo, A. (2020). Sistem Kontrol Charging dan Discharging Serta Monitoring

- Kesehatan Baterai. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, 1(1).
- [5]. Syarifuddin, M., & Muji, F. (2021). Analisis Karakteristik Baterai Lithium-Ion dan Baterai Lithium Iron Phosphate pada Sepeda Motor Listrik (Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya).
- [6]. Suranto, D. D., Anwar, S., Nuruddin, M., Rofi'i, A., & Zain, A. T. (2023). Analisa Perancangan dan Pengujian Kendaraan Listrik Roda Dua dengan Variasi Pembebanan. *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, 7(2), 47-53.
- [7]. Dzikron, M. S. (2021). ANALISA KINERJA BATERAI BERUMUR LEBIH 10 TAHUN PADA GARDU INDUK JEPARA 150 KV (Doctoral dissertation, Universitas Sultan Agung).
- [8]. Dr. Anggi Suprabawati. (2023). Kinerja Baterai Litium Ion Dengan Katode $\text{LiFe}_{1-x}\text{GdxPO}_4$ Yang Disintesis Dengan Metode Fasa Padat (solid state).
- [9]. Perdana, F. A. (2021). Baterai Lithium. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2), 103
- [10]. Pratomo, S. W. (2020). Analisis Efisiensi Pengisian Muatan Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO_4).
- [11]. Reiner Korthauer. (2018). *Litium-Ion Batteries: Basics Applications*
- [12]. Prawira, R. D. (2018). Uji Karakteristik Baterai Lithium-Ion Terhadap Variasi Pembebanan.
- [13]. Feriansah, A., Ubaidillah, M., & Ahmad, R. (2020). PERANCANGAN Sepeda Listrik Jenis Angkut Barang Dengan Menggunakan Tenaga SURYA Studi Kasus: Prototype Konversi Energi Surya di CV. Dua Putra Pekalongan. *Cahaya Bagaskara: Jurnal Ilmiah Teknik Elektronika*, 5(2).
- [14]. Habibie, A. S., Kholis, N., Baskoro, F., & Endryansyah, E. (2022). Studi literatur: Pengaruh penggunaan Brushless Direct Current (BLDC) Motor Terhadap Robot Lengan. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 11(2), 255-261.
- [15]. Aspa, N. (2021). DESAIN PI TUNING MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY UNTUK MENGENDALIKAN KECEPATAN PADA MOTOR BRUSHLESS DC (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau).