

Analisis Performa Dry-Cell Battery Pada Sistem PLTS Skala Kecil (Aplikasi Lampu Penerangan Jalan)

Latifah*¹, H.M.Toasin Asha², Sadri³

^{1,2,3} Jurusan Elektro, Politeknik Negeri Pontianak, Pontianak

e-mail: *¹latifahpolnep1@gmail.com

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan, yang menggunakan baterai untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh sinar matahari melalui panel surya. Salah satu jenis baterai yang digunakan pada sistem PLTS adalah Dry Cell Battery. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengetahui performa Dry Cell Battery pada Sistem PLTS Skala Kecil dan aplikasinya pada lampu penerangan jalan dengan metode eksperimental. Sistem PLTS menggunakan panel surya 100 WP, baterai kering 12 V; 45 Ah, dan lampu jalan 30 watt. Pengujian dilakukan selama 7 hari dengan memantau tegangan, arus pengisian, serta durasi operasi lampu. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Dry-Cell Battery mampu beroperasi rata-rata 9 jam pada cuaca cerah dan 6-7 jam pada kondisi berawan. Efisiensi pengisian rata-rata 82%, sedangkan pelepasan energi 87%. Penggunaan Dry-Cell Battery cukup layak untuk PLTS skala kecil, namun perlu sistem control pengisian yang lebih baik untuk meningkatkan umur baterai.

Kata Kunci : PLTS, Panel Surya, Dry-Cell Battery, Lampu

Abstract

Solar Power Plant (PLTS) is one of the renewable alternative energy sources that uses batteries to store energy generated from sunlight through solar panels. One type of battery used in the PLTS system is the Dry Cell Battery. This study aims to analyze and determine the performance of the Dry Cell Battery in a small-scale PLTS system and its application to street lighting using an experimental method. The PLTS system utilizes a 100 WP solar panel, a 12 V; 45 Ah dry battery, and a 30-watt street lamp. The testing was conducted for 7 days by monitoring the voltage, charging current, and lamp operating duration. The results of this study show that the Dry Cell Battery can operate for an average of 9 hours under clear weather and 6–7 hours under cloudy conditions. The average charging efficiency is 82%, while the energy discharge efficiency is 87%. The use of Dry Cell Batteries is quite feasible for small-scale PLTS systems; however, a better charging control system is required to extend the battery lifespan.

Keywords: PLTS : Solar Panel, Dry-Cell Battery, Street Lamp

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan yang menjanjikan, namun penggunaannya masih terkendala oleh sifat intermiten sinar matahari. Oleh karena itu sistem penyimpanan energi yang efisien adalah kunci untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari. (Andreas P, Chandra.B, 2017)

Baterai merupakan salah satu komponen penting dalam sistem PLTS yang berfungsi untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh sinar matahari melalui panel surya. Salah satu jenis baterai yang digunakan pada sistem PLTS adalah Dry-Cell Battery.

Dry-Cell Battery memiliki biaya yang lebih rendah dengan jenis baterai lainnya, karena tidak memerlukan perawatan khusus, sehingga sangat cocok untuk digunakan pada sistem PLTS untuk aplikasi lampu penerangan jalan.

Untuk itu Dry Cell Battery sebagai penyimpan energi pada PLTS skala kecil untuk aplikasi lampu penerangan jalan perlu dianalisis, dan diharapkan dapat memberikan informasi tentang kinerja Dry Cell Battery serta dapat memberikan kontribusi pada pengembangan sistem PLTS skala kecil yang lebih efisien dan efektif. Performa Dry-Cell Battery pada sistem PLTS skala kecil perlu dianalisis untuk memastikan bahwa aki dapat berfungsi dengan baik dan efisien.

Aplikasi lampu penerangan jalan merupakan salah satu contoh penggunaan sistem PLTS skala kecil yang memerlukan analisis performa Dry-Cell Battery.

Menganalisis performa Dry-Cell Battery pada sistem PLTS skala kecil untuk aplikasi lampu penerangan jalan. Mengetahui kelebihan dan kekurangan Dry-Cell Battery sebagai penyimpan energi dalam sistem PLTS. Penelitian ini dapat membantu meningkatkan efisiensi sistem PLTS skala kecil, mengoptimalkan penggunaan sumber daya energi terbarukan (energy surya) dalam aplikasi lampu penerangan jalan dan meningkatkan keandalan sistem penerangan.

Penggunaan Dry-Cell Battery pada sistem PLTS skala kecil untuk aplikasi lampu penerangan jalan belum banyak diteliti.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan untuk menganalisis performa Dry-Cell Battery pada sistem PLTS Skala Kecil (Aplikasi lampu penerangan jalan) meliputi :

1. Metode eksperimental yaitu dengan melakukan pengujian dan pengukuran langsung langsung pada sistem PLTS skala kecil dengan menggunakan Dry Cell Battery sebagai penyimpan energi
2. Metode pengumpulan data
3. Analisis Data.

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan modul pembelajaran dalam penelitian ini:

1. Baterai Kering Zanetta Battery 12V 45Ah (1 buah)
2. Panel Surya 100 WP mono 12V (Solana)
3. Inverter Eco watt 750VA (luminous) 1 buah
4. MPPT Solar Panel Controller Regulator Charger 40-100A (1 buah)
5. Tang Ampere ; Sanwa Dcm-400Ad AC/DC Clamp Meter 400A (1 buah)
6. MCB 4 A; Shneider Domae MCB 3P 4A (1 buah)
7. Box panel 60 x 40 cm (1 buah)
8. Kabel secukupnya.

Metode Pengumpulan Data

Pengumpula data dilakukan melalui pengkuran parameter kinerja sistem PLTS, seperti tegangan, arus dan daya.

Pengumpulan data tentang karakteristik Dry Cell Battery, yaitu : Kapasitas dan efisensi.

Penelitian ini akan dilakukan oleh 3 (tiga) orang peneliti juga melibatkan teknisi dan mahasiswa.

Metode Analisis Data

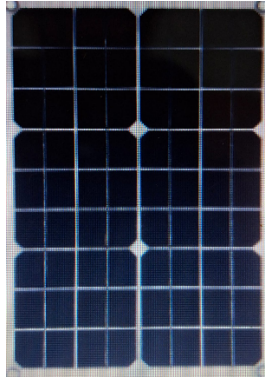
Analisis data dilakukan dengan menggunakan analisis statistik dan mengidentifikasi pola.

Evaluasi Performa Dry-Cell Battery pada sistem PLTS skala kecil menggunakan analisis kinerja.

Panel Surya (Solar cell)

Panel surya adalah alat untuk merubah energi matahari menjadi energi listrik, melalui photovoltaic yang terbuat dari semikonduktor berfungsi merubah radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung.

Panel surya biasanya dikemas dalam bentuk modul yang terdiri dari beberapa sel surya yang disusun secara parallel maupun seri (E.L.Utari, 2018)



Gambar 1. Panel Surya

Baterai (Accumulator)

Baterai adalah sebuah sel atau elemen sekunder merupakan sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energy kimia menjadi energy listrik. Baterai termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya sehingga disebut elemen sekunder.

Ketika baterai digunakan, terjadi reaksi kimia yang mengakibatkan endapan pada anoda dan katoda. Akibatnya dalam waktu tertentu antara anoda dan katoda tidak ada beda potensial, artinya baterai menjadi kosong. Supaya baterai dapat digunakan kembali harus diisi dengan cara mengalirkan arus listrik kearah yang berlawanan dengan arus listrik yang dikeluarkan baterai itu. Ketika baterai diisi akan terjadi pengumpulan muatan listrik. (L. Aditya, 2020)

Baterai Kering (Dry-Cell Battery)

Baterai jenis ini terbuat dari bahan kalsium yang disekat oleh jarring berisi bahan elektrolit berbentuk gel. dikemas dalam wadah tertutup rapat. Sifat elektrolitnya memiliki kecepatan penyimpanan listrik yang lebih baik. Karena sel terbuat dari bahan kalsium, baterai ini memiliki kemampuan penyimpanan listrik yang jauh lebih baik. Baterai ini memiliki self-discharge yang sangat kecil sehingga masih mapu melakukan start saat didiamkan dalam waktu yang cukup lama. Kemasannya yang tertutup rapat membuat baterai ini bebas ditempatkan dengan berbagai posisi. Akan tetapi karena wadahnya tertutup rapat, baterai ini tidak tahan pada temperature tinggi (Deny.P.K, 2021).



Gambar 2. Dry Cell Battery

Perhitungan Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai dinyatakan dalam satuan Ah (ampere-hour) dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

Kapasitas Baterai = W / V baterai

Keterangan :

W = Energi listrik per jam (Wh)

V baterai = Beda potensial baterai

Solar Controller (Regulator Charger)

Solar Controller atau Solar Charge Controller merupakan komponen penting dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi untuk mengatur proses pengisian dan pengosongan energi listrik antara panel surya, baterai, dan beban. Perangkat ini berperan sebagai pengatur tegangan dan arus agar baterai tidak mengalami pengisian (overcharging) maupun pengosongan (overdischarging) yang berlebihan, sehingga dapat memperpanjang umur pakai baterai (Surya, 2019).

Menurut Wicaksono (2020), Solar Charge Controller bekerja dengan cara mengontrol arus listrik yang mengalir dari panel surya menuju baterai, serta memutus arus ketika baterai mencapai tegangan maksimum yang telah ditetapkan. Sebaliknya, ketika tegangan baterai turun di bawah batas minimum, controller juga akan memutus hubungan dengan beban untuk mencegah kerusakan akibat deep discharge. Secara umum, terdapat dua jenis teknologi solar charge controller, yaitu PWM (Pulse Width Modulation) dan MPPT (Maximum Power Point Tracking). Controller tipe PWM bekerja dengan memodulasi lebar pulsa tegangan untuk menyesuaikan arus pengisian baterai. Teknologi ini lebih sederhana dan ekonomis, namun efisiensinya relatif lebih rendah (sekitar 70–80%) terutama pada kondisi perubahan intensitas cahaya yang cepat (Siregar & Hidayat, 2021). Sementara itu, tipe MPPT menggunakan algoritma pencarian titik daya maksimum (maximum power point tracking) untuk menyesuaikan tegangan keluaran panel surya dengan kebutuhan pengisian baterai, sehingga mampu meningkatkan efisiensi pengisian hingga 95% (Rahman, 2022).

Penelitian oleh Nugroho et al. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan solar charge controller tipe MPPT pada sistem PLTS skala kecil mampu meningkatkan efisiensi pengisian baterai hingga 15–20% dibandingkan tipe PWM. Selain itu, sistem dengan MPPT juga lebih stabil terhadap fluktuasi cuaca dan variasi beban. Fungsi tambahan yang sering ditemukan pada solar controller modern meliputi proteksi arus balik, pemantauan suhu baterai, indikator status pengisian, serta pengaturan load output. Beberapa unit juga dilengkapi dengan antarmuka digital atau komunikasi data seperti RS485 dan Bluetooth untuk memudahkan pemantauan performa sistem (Handoko, 2023). Dengan demikian, solar charge controller memiliki peran krusial dalam menjaga kestabilan dan keandalan sistem PLTS. Pemilihan jenis dan kapasitas controller harus disesuaikan dengan spesifikasi panel surya, tegangan baterai, serta kebutuhan beban agar sistem bekerja secara optimal dan efisien.

Dalam sistem PLTS sederhana, SCC berada di antara panel surya dan baterai, dengan hubungan berikut: Panel Surya → SCC → Baterai → Beban DC. SCC mengatur agar daya dari panel surya dapat disimpan secara aman di baterai. Jika baterai penuh, SCC menghentikan pengisian dan dapat menyalurkan daya langsung ke beban. SCC juga melindungi beban dari kondisi tegangan rendah baterai. Efisiensi SCC dipengaruhi oleh beberapa faktor: Jenis SCC (PWM atau MPPT), Tegangan input panel dibandingkan dengan tegangan baterai, Suhu lingkungan, Beban dan kondisi baterai. SCC yang baik dapat menjaga baterai tetap dalam kondisi optimal, memperpanjang umur pakai, serta meningkatkan efisiensi total sistem PLTS.

Inverter pada Sistem Panel Surya

Inverter merupakan salah satu komponen utama dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi untuk mengubah arus searah (Direct Current / DC) yang dihasilkan oleh panel surya atau baterai menjadi arus bolak-balik (Alternating Current / AC) yang dapat digunakan oleh peralatan listrik rumah tangga maupun jaringan listrik umum. Tanpa inverter,

energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh kebanyakan beban listrik yang umumnya beroperasi pada arus AC (Hidayat, 2019).

Menurut Sutanto (2020), inverter bekerja dengan prinsip switching elektronik berfrekuensi tinggi menggunakan komponen semikonduktor seperti MOSFET, IGBT, atau transistor daya untuk menghasilkan gelombang AC dari sumber DC. Kualitas hasil keluaran inverter sangat bergantung pada bentuk gelombang yang dihasilkannya. Berdasarkan bentuk gelombang keluarannya, inverter dibagi menjadi tiga jenis utama, yaitu Modified Sine Wave, Square Wave, dan Pure Sine Wave. Square Wave Inverter menghasilkan gelombang kotak sederhana dan umumnya digunakan untuk beban non-sensitif dengan efisiensi tinggi namun kualitas daya rendah.

Modified Sine Wave Inverter memiliki bentuk gelombang mendekati sinusoidal dan banyak digunakan pada sistem kecil karena harganya relatif murah.

Pure Sine Wave Inverter menghasilkan gelombang AC murni yang stabil dan sesuai dengan standar listrik PLN, sehingga ideal untuk beban sensitif seperti motor induksi, komputer, dan peralatan elektronik presisi (Rahman & Putra, 2021).

Dari segi konfigurasi sistem, inverter pada PLTS dapat dibedakan menjadi tiga tipe utama, yaitu Standalone Inverter, Grid-Connected Inverter, dan Hybrid Inverter.

Standalone Inverter digunakan pada sistem PLTS yang bekerja secara mandiri tanpa terhubung ke jaringan listrik, umumnya pada daerah terpencil atau sistem off-grid.

Grid-Connected Inverter berfungsi menyinkronkan keluaran panel surya dengan jaringan PLN sehingga energi dapat disalurkan langsung ke grid, dan kelebihan daya dapat dijual kembali ke jaringan (Fauzi, 2022). Hybrid Inverter menggabungkan fungsi kedua sistem tersebut, yaitu mampu bekerja secara paralel dengan jaringan listrik sekaligus mengelola penyimpanan energi pada baterai (Nasution et al., 2023).

Kinerja inverter sangat memengaruhi efisiensi keseluruhan sistem PLTS. Menurut hasil penelitian oleh Pratama dan Nuraini (2022), penggunaan inverter tipe pure sine wave pada sistem PLTS rumah tangga mampu meningkatkan efisiensi energi hingga 10–15% dibandingkan dengan modified sine wave. Selain itu, inverter modern juga dilengkapi dengan fitur Maximum Power Point Tracking (MPPT), anti-islanding protection, remote monitoring, serta sistem proteksi terhadap arus lebih dan suhu berlebih untuk menjaga keamanan dan stabilitas operasi.

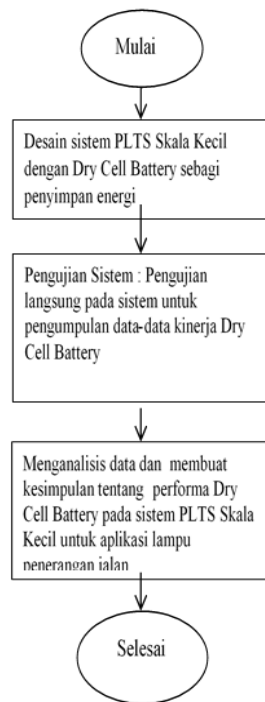
Secara umum, inverter memiliki peran strategis dalam konversi dan manajemen daya listrik dari sistem panel surya. Pemilihan jenis inverter yang tepat harus disesuaikan dengan kebutuhan sistem, kapasitas daya, serta karakteristik beban agar sistem PLTS dapat bekerja optimal, efisien, dan aman.



Gambar 3. SCC dan Inverter Pada PLTS

Tahapan Penelitian

Secara umum tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir berikut :



Gambar 4. Diagram alir Tahapan Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang telah dicapai dalam pelaksanaan penelitian ini berupa data performa baterai kering 12 volt; 45 Ah yaitu penurunan tegangan baterai saat digunakan untuk beban lampu 30 watt, dan waktu pengisian baterai menggunakan panel surya + SCC.

Penurunan Tegangan Baterai Saat Dibebani

Pada pengujian ini, baterai dibebani lampu 30 watt selama 10 jam. Hasil pengukurannya seperti diperlihatkan pada tabel 1, berikut ini.

Tabel 1. Data Penurunan Tegangan Baterai Dengan Beban Lampu 30 watt.

Tegangan Baterai sebelum dibebani : 12,8 volt	
Waktu Pengukuran	Tegangan Terukur (volt)
08.00 – 09.00	12,73
09.00 – 10.00	12,66
10.00 – 11.00	12,58
11.00 – 12.00	12,50
12.00 – 13.00	12,42
13.00 -14.00	12,34
14.00 – 15.00	12,26
15.00 – 16.00	12,17
16.00 – 17.00	12,08
17.00 – 18.00	11,99

Penguji Pengisian Baterai Menggunakan Panel surya

Tegangan baterai pada saat dihubungkan ke SCC dan Panel Surya adalah sebesar 11,9 volt.

Tabel 2. Pengisian Baterai (Tegangan Baterai sebelum di charger : 11,99 volt)

Waktu Pengukuran	Tegangan Terukur (volt)
09.00 – 10.00	12,39
10.00 – 11.00	12,53
11.00 – 12.00	12,67
12.00 – 13.00	12,81
13.00 -14.00	12,94
14.00 – 15.00	12,95

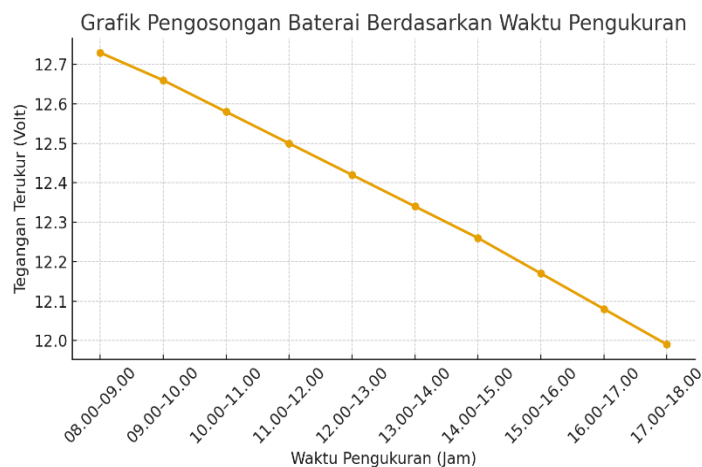
Pengujian Tegangan Pengisian Baterai dan Durasi Nyala Lampu

Pengujian dilakukan selama 7 (tujuh) hari untuk cuaca cerah, berawan dan hujan.

Tabel 3. Pengisian Baterai dan Durasi Nyala Lampu

Hari	Cuaca	Tegangan Awal (V)	Tegangan Akhir (V)	Durasi Nyala Lampu (Jam)
1	Cerah	11.8	13.5	9.2
2	Cerah	11.9	13.6	9.0
3	Cerah	11.7	13.4	8.8
4	Berawan	11.6	12.9	6.8
5	Berawan	11.5	13.0	7.0
6	Hujan	11.4	12.6	6.1
7	Cera	11.8	13.5	9.1

Dari data pada tabel 1, dapat dibuat grafik hasil pengujian pengosongan baterai berdasarkan waktu pengukuran.



Gambar 5. Grafik Pengosongan Baterai

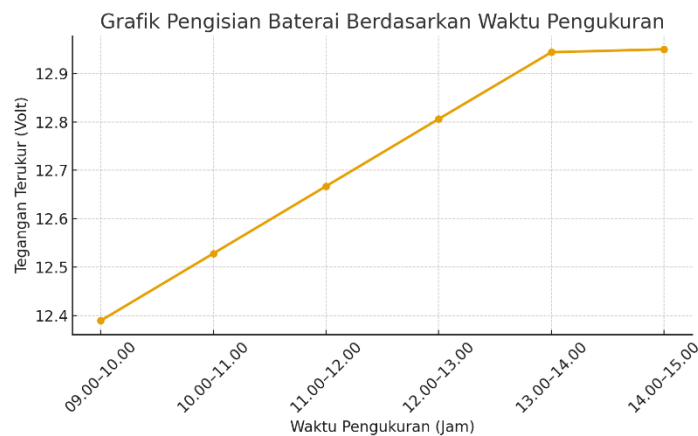
Berdasarkan hasil pengujian pengosongan baterai yang dilakukan dari pukul 08.00 hingga 18.00, diperoleh data penurunan tegangan dari 12,73 volt menjadi 11,99 volt dalam rentang waktu 10 jam. Grafik menunjukkan bahwa proses pengosongan (discharge) baterai berlangsung secara bertahap dan stabil, dengan kecenderungan penurunan tegangan yang relatif linier terhadap waktu.

Pada awal pengujian (08.00–10.00), tegangan baterai masih berada pada kisaran 12,73–12,66 volt, yang menunjukkan bahwa kapasitas baterai masih dalam kondisi penuh. Penurunan tegangan pada fase ini relatif lambat karena beban lampu masih dapat disuplai dengan baik oleh energi tersimpan dalam baterai.

Memasuki rentang waktu 10.00–14.00, terjadi penurunan tegangan yang lebih nyata dari 12,58 volt menjadi 12,34 volt. Hal ini menandakan bahwa energi yang tersimpan mulai berkurang seiring berjalannya waktu operasi beban, dan baterai mulai memasuki fase pelepasan energi aktif. Pada periode 14.00–18.00, penurunan tegangan semakin signifikan dari 12,26 volt hingga mencapai 11,99 volt. Kondisi ini menunjukkan bahwa baterai telah mencapai fase akhir dari proses pengosongan, di mana kapasitas energi yang tersisa semakin sedikit dan tegangan mendekati batas minimum yang aman untuk operasi beban DC, yaitu sekitar 11,8–12,0 volt untuk baterai 12 volt.

Secara keseluruhan, kurva pengosongan baterai menunjukkan bahwa baterai memiliki performa yang stabil selama 9–10 jam operasi beban, dengan tegangan turun sekitar 0,74 volt dari kondisi penuh hingga mendekati batas minimum. Nilai penurunan tegangan ini masih tergolong normal untuk baterai kering (dry cell battery) dengan kapasitas 12 V; 45 Ah yang digunakan pada sistem PLTS skala kecil.

Dari hasil ini menunjukkan bahwa baterai mampu menyediakan daya yang cukup untuk mengoperasikan beban (lampu penerangan jalan) selama periode siang hingga menjelang malam hari tanpa mengalami penurunan tegangan drastic



Gambar 6. Grafik Pengisian Baterai.

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan baterai selama proses pengisian dari pukul 09.00 hingga 15.00, diperoleh data kenaikan tegangan dari 11,99 volt (tegangan awal sebelum pengisian) menjadi 12,95 volt pada akhir pengujian. Grafik menunjukkan bahwa proses pengisian berlangsung secara bertahap dan stabil, dengan tren kenaikan tegangan yang cukup linier terhadap waktu.

Pada awal pengisian, antara pukul 09.00–11.00, terjadi peningkatan tegangan dari 12,389 volt menjadi 12,528 volt. Kenaikan ini relatif cepat karena pada fase awal, baterai masih memiliki kapasitas kosong yang besar sehingga arus pengisian mengalir lebih tinggi. Fase ini dikenal sebagai fase pengisian awal (bulk charging), di mana energi dari panel surya diserap dengan efisien oleh baterai.

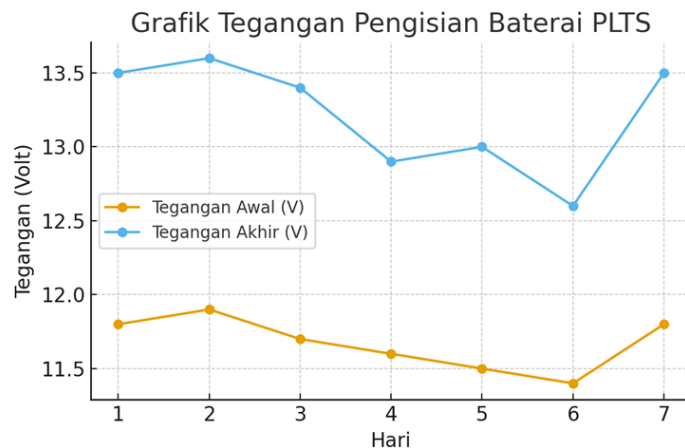
Memasuki rentang waktu 11.00–13.00, tegangan baterai terus meningkat dari 12,667 volt menjadi 12,806 volt, menandakan baterai mulai memasuki fase pengisian menengah (absorption phase). Pada fase ini, tegangan meningkat lebih lambat karena resistansi internal baterai bertambah seiring dengan bertambahnya muatan yang tersimpan.

Kemudian, pada periode 13.00–15.00, kenaikan tegangan menjadi lebih lambat dan mulai mencapai nilai stabil pada 12,950 volt. Kondisi ini menunjukkan bahwa baterai hampir mencapai kapasitas penuhnya. Proses ini termasuk dalam fase pengisian akhir (float charging), di mana arus pengisian menurun untuk menghindari overcharging dan menjaga kestabilan tegangan.

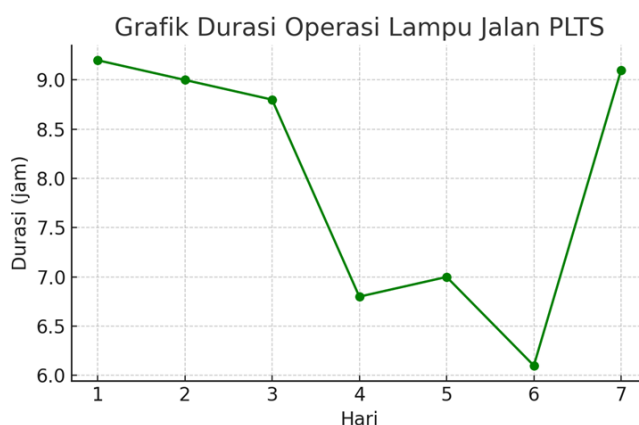
Secara keseluruhan, proses pengisian berlangsung selama 6 jam dengan kenaikan tegangan sebesar 0,96 volt. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem pengisian melalui panel surya dan solar

charge controller bekerja dengan baik dalam mengembalikan kapasitas energi baterai. Tegangan akhir sebesar 12,95 volt menunjukkan bahwa baterai telah mencapai kondisi penuh atau mendekati penuh untuk jenis baterai kering 12 V.

Berdasarkan data pengukuran pada tabel 3 dapat dibuat grafik pengisian baterai dan durasi nyala lampunya.



Gambar 7. Grafik Tegangan Pengisian Baterai selama 7 hari.



Gambar 8. Grafik Durasi Operasi Lampu Jalan

Dari grafik gambar 7 memperlihatkan bahwa kondisi cuaca sangat berpengaruh terhadap hasil pengisian baterai. Pada hari cerah, tegangan akhir mencapai 13,4–13,6 V, menunjukkan bahwa panel surya bekerja optimal karena intensitas radiasi matahari tinggi. Pada hari berawan, tegangan akhir turun menjadi sekitar 12,9–13,0 V, sedangkan pada hari hujan hanya mencapai 12,6 V. Hal ini menunjukkan penurunan kinerja panel akibat berkurangnya cahaya matahari.

Selisih tegangan tertinggi sebesar 1,7 V terjadi pada hari cerah, sedangkan terendah 1,2 V pada hari hujan. Besarnya selisih tegangan mencerminkan banyaknya energi yang berhasil disimpan ke dalam baterai. Cuaca cerah memberikan proses pengisian yang lebih optimal.

Dari grafik gambar 8, durasi nyala lampu sejalan dengan kondisi cuaca dan hasil pengisian baterai. Pada hari cerah, lampu dapat menyala rata-rata 9 jam, sedangkan pada hari berawan sekitar 7 jam, dan pada hari hujan turun hingga 6 jam. Ini menunjukkan bahwa energi yang tersimpan pada baterai berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari dan hasil pengisian hari tersebut.

Nilai tegangan awal yang relatif konstan di sekitar 11,4–11,9 V menandakan baterai digunakan secara stabil setiap malam untuk beban lampu. Namun, efisiensi sistem akan menurun pada periode cuaca buruk atau mendung berkepanjangan.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa sistem PLTS mampu melakukan pengisian baterai secara efektif dalam kondisi cuaca cerah, dengan efisiensi pengisian rata-rata yang baik. Proses pengisian yang stabil juga menunjukkan bahwa solar charge controller berfungsi optimal dalam menjaga arus dan tegangan pengisian agar tidak melebihi batas maksimum.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian pengosongan dan pengisian baterai pada sistem PLTS skala kecil, dapat disimpulkan bahwa:

1. Baterai kering Dry Cell Battery 12 V; 45 Ah mampu beroperasi dengan stabil selama kurang lebih 9–10 jam untuk menyuplai beban lampu penerangan jalan 30 watt.
2. Tegangan baterai mengalami penurunan bertahap dari 12,73 volt menjadi 11,99 volt, yang menunjukkan proses pelepasan energi berlangsung stabil dan efisien.
3. Nilai tegangan akhir sebesar 11,99 volt menunjukkan bahwa baterai masih dalam batas aman untuk operasi, namun sudah mendekati batas minimum pengosongan.
4. Karakteristik pengosongan baterai menunjukkan performa yang baik dan sesuai untuk aplikasi PLTS skala kecil, terutama pada sistem penerangan jalan tenaga surya.
5. Proses pengisian baterai dari tegangan awal 11,99 volt hingga 12,95 volt menunjukkan bahwa sistem pengisian PLTS berfungsi dengan baik dalam memulihkan kapasitas energi baterai.
6. Waktu pengisian selama 6 jam menghasilkan peningkatan tegangan sebesar 0,96 volt, dengan tren kenaikan yang stabil dan bertahap.
7. Tegangan akhir sebesar 12,95 volt menandakan bahwa baterai telah mencapai kondisi penuh atau mendekati penuh, sesuai dengan karakteristik baterai kering 12 V.
8. Kurva pengisian menunjukkan pola yang sesuai dengan tahapan pengisian standar, yaitu bulk, absorption, dan float charging, yang menandakan kinerja sistem solar charge controller bekerja secara efektif.

Pemasangan Solar Charge Controller (SCC) sangat disarankan untuk mencegah terjadinya pengosongan berlebih (overdischarge), dengan batas pemutusan otomatis di kisaran 11,8 volt.

Untuk menjaga umur baterai, sebaiknya pengisian dilakukan hingga mencapai tegangan penuh 13,6–14,0 volt, sesuai spesifikasi pabrikan. Penggunaan inverter efisien dan lampu LED berdaya rendah dapat membantu memperpanjang waktu operasi baterai serta meningkatkan efisiensi sistem. Perlu dilakukan pemantauan periodik terhadap tegangan baterai dan arus beban untuk mengetahui degradasi kapasitas baterai seiring waktu. Apabila sistem digunakan untuk jangka panjang, disarankan menggunakan baterai deep-cycle atau gel battery, karena lebih tahan terhadap siklus pengisian dan pengosongan harian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akbar.M; Suryadi, 2019, Analisis Perbandingan Kinerja Baterai Lead Acid dan Lithium-Ion Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Jurnal Energi dan Kelistrikan, 11(2) 108-117
- [2] Andreas.P; Chandra.B, 2017, Analisis Penggunaan Baterai Lithium Sebagai Pengganti Aki (Accu) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M) pp116-121
- [3] E.L.Utari, 2018, Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Energi Alternatif Pengganti Listrik Untuk Memenuhi Kebutuhan Penerangan Jalan di Dusun Nglinggo Kelurahan Pagerharjo Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulon Progo, Jurnal Pengabdian “Dharma Bakti” vol.1, p2
- [4] L.Aditya, 2020, PLTS PV Battery System, Universitas Krisnadwipayana, Jakarta
- [5] Sri Hartanto; Guntoro, 2022, Rancang Bangun Sistem Penerangan jalan Umum Dengan Solar Cell 50WP dan Solar Tracking, Jurnal Elektro, Vol.10 No.1, ISSN 2302-4712.
- [6] U.W. Engga Kusumayogo, 2018, Analisis Teknis dan Ekonomis Penerapan Penerangan Jalan Umum Solar Cell untuk Kebutuhan Penerangan di Jalan Tol Darma Surabaya, Jurnal Universitas Brawijaya Vol.2 p-20.

- [7] SNI 04-6955-2003. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya – Desain dan Instalasi.
- [8] Sukirno, A., 2021. Analisis Efisiensi PLTS untuk Penerangan Jalan Umum di Daerah Tropis. *Jurnal Energi Terbarukan*, 9(2), 45–53.
- [9] Widodo, R., 2020. Kinerja Baterai pada Sistem Energi Surya Skala Rumah Tangga. Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, UGM.
- [10] Subekti, B., 2023. Optimasi Sistem PLTS Menggunakan Kontroler MPPT. *Jurnal Rekayasa Energi*, 6(1), 12–18.