# Efisiensi Baterai LiFePO4 200Ah Pada Sistem PLTS 24 Volt Menggunakan Inverter Hibrida Off Grid 1,2 kW

**Muhammad Hurairah [1], Rika Noverianty[2], Taufik[3], Delita M Puteri[4], Muhammad Fiqh Al Abror[5]**
[1,2,3,4]*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Palembang, Indonesia*
m_hurairah@um-palembang.ac.id[1], rika_noverianty@um-palembang.ac.id[2*], taufikmangcak@gmail.com[3], delita@um-palembang.ac.id[4] , muhammadfiqhalabror@gmail.com[5]

*Received* 24 Agustus 2026 | *Revised* 15 September 2026 | *Accepted* xx September 2026

## ABSTRAK

Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi terbarukan memerlukan sistem penyimpanan energi yang andal karena ketersediaannya bergantung pada intensitas penyinaran matahari. Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO4) banyak digunakan sebagai media penyimpanan energi karena memiliki umur siklus yang panjang, tingkat keamanan yang tinggi, serta karakteristik tegangan yang stabil. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja dan efisiensi baterai LiFePO4 berkapasitas 200 Ah pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan kapasitas panel 420 Wp, tegangan sistem 24 V, dan inverter hibrida *off-grid* berdaya 1,2 kW. Penelitian dilakukan secara eksperimental melalui pengujian proses pengisian dan pengosongan baterai dengan mengamati tegangan, arus, daya, energi, *State of Charge* (SoC), *Depth of Discharge* (DoD), serta durasi pengoperasian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses pengisian berlangsung selama 3 jam, dengan peningkatan SoC dari 23% menjadi 90%. Energi yang masuk ke dalam sistem selama proses pengisian sebesar 1.376,18 Wh, sedangkan energi yang tersimpan dalam baterai sebesar 841,30 Wh, sehingga diperoleh efisiensi pengisian sebesar 94%. Pada proses pengosongan, pengujian berlangsung selama 4 jam dengan efisiensi baterai sebesar 75%, sementara tegangan keluaran inverter tetap relatif stabil pada kisaran 217–218 V AC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baterai LiFePO4 memiliki kinerja yang baik dan dapat diandalkan sebagai media penyimpanan energi pada sistem PLTS 420 Wp 24 V serta berpotensi mendukung pemanfaatan energi surya secara lebih efisien dan berkelanjutan.

*Kata kunci: Baterai $LiFePO_4$, Inverter Hibrida Off-Grid, Efisiensi Baterai, SoC, DoD*

The utilization of solar energy as a renewable energy source requires a reliable energy storage system because its availability depends on solar irradiation intensity. Lithium Iron Phosphate (LiFePO4) batteries are widely used as an energy storage medium due to their long cycle life, high safety, and stable voltage characteristics. This study aims to analyze the performance and efficiency of a 200 Ah LiFePO4 battery in a Solar Power Generation (PLTS) system equipped with 420 Wp solar panels, a 24 V system voltage, and a 1.2 kW hybrid off-grid inverter. The research was conducted experimentally through battery charging and discharging tests by observing voltage, current, power, energy, State of Charge (SoC), Depth of Discharge (DoD), and operating duration. The results showed that the charging process lasted for 3 hours, with the SoC increasing from 23% to 90%. The energy supplied to the system during the charging process was 1,376.18 Wh, while the energy stored in the battery was 841.30 Wh, resulting in a charging efficiency of 94%. During the discharging process, the test lasted for 4 hours with a battery efficiency of 75%, while the inverter output voltage remained relatively stable in the range of 217–218 V AC. These results indicate that the LiFePO4 battery demonstrated good performance and reliability as an energy storage medium for a 420 Wp, 24 V solar power system and has the potential to support more efficient and sustainable utilization of solar energy.

Keywords: $LiFePO_4$ Battery, Off-Grid Hybrid Inverter, Battery Efficiency, SoC, DoD

## I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan menjadi salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) karena memanfaatkan sumber energi yang bersih, melimpah, dan ramah lingkungan. Namun, energi surya memiliki karakteristik yang bergantung pada kondisi cuaca dan intensitas penyinaran matahari sehingga pasokan energi tidak tersedia secara kontinu. Namun, karakteristik energi surya yang bersifat intermittent atau tidak selalu tersedia secara kontinyu menjadikan sistem penyimpanan energi menjadi komponen kunci untuk menjaga kontinuitas pasokan listrik, terutama saat intensitas cahaya matahari rendah atau pada malam hari (Sulistiyono & Sudiar, 2025).

Baterai LiFePO4 merupakan salah satu teknologi penyimpanan energi yang banyak diterapkan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya karena memiliki umur pakai yang panjang, tingkat keamanan yang

tinggi, efisiensi yang baik, serta stabilitas tegangan selama proses pengisian dan pengosongan. Meskipun demikian, kinerja baterai tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik baterai itu sendiri, tetapi juga oleh sistem manajemen energi dan efisiensi perangkat konversi daya, khususnya inverter hibrida off grid. Penelitian ini menggunakan inverter hibrida off grid yang dapat di berperan penting dalam sistem PLTS karena mampu mengatur aliran daya secara adaptif antara panel surya, baterai, dan beban listrik, sehingga diharapkan dapat memaksimalkan pemanfaatan energi dan meminimalkan rugi-rugi konversi (Ma'rifah et al., 2024). Pada sistem pembangkit listrik tenaga surya bertegangan 24 V dengan inverter berdaya 1,2 kW, evaluasi terhadap efisiensi pengisian dan pengosongan baterai masih diperlukan untuk mengetahui performa sistem pada kondisi operasi sebenarnya.

Efisiensi dan kinerja baterai pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dipengaruhi oleh sejumlah parameter operasional, meliputi besarnya arus selama proses pengisian dan pengosongan, kondisi temperatur lingkungan, serta tingkat kedalaman pengosongan baterai (*Depth of Discharge* atau DoD). Variasi nilai DoD memiliki keterkaitan terhadap laju degradasi baterai, di mana pengoperasian dengan DoD yang relatif tinggi secara berulang dapat mempercepat penurunan kapasitas penyimpanan dan berdampak terhadap berkurangnya umur siklus baterai (Zhang et al., 2022). Selain faktor operasional, proses penuaan baterai (*battery aging*) yang dipengaruhi oleh reaksi kimia internal serta akumulasi siklus pengisian dan pengosongan turut berkontribusi terhadap penurunan kinerja baterai. Kondisi tersebut menyebabkan berkurangnya kapasitas penyimpanan dan efisiensi energi yang dapat dimanfaatkan selama periode operasi jangka panjang (Liu et al., 2022).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kinerja dan efisiensi baterai lithium iron phosphate berkapasitas 200Ah pada sistem pembangkit listrik tenaga surya bertegangan 24V dengan inverter hibrida berdaya 1,2kW. Pengujian dilakukan melalui proses pengisian dan pengosongan baterai dengan menganalisis parameter tegangan, arus, daya, energi, tingkat pengisian baterai, dan kedalaman pengosongan baterai. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik operasional baterai serta menjadi referensi dalam pengembangan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang lebih efisien, andal, dan berkelanjutan.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Inverter Hibrida *Off Grid*

Inverter hibrida *off-grid* adalah perangkat yang berfungsi mengatur dan mengubah energi listrik dari beberapa sumber, seperti panel surya, baterai, dan generator, menjadi listrik AC yang dapat digunakan oleh peralatan rumah tangga. Disebut hibrida karena inverter ini dapat menggabungkan lebih dari satu sumber energi, sedangkan off-grid berarti sistem dapat beroperasi tanpa bergantung pada jaringan listrik PLN. Cara kerja inverter hibrida off-grid dimulai dari panel surya yang menghasilkan listrik DC. Listrik tersebut kemudian diatur oleh inverter untuk memenuhi kebutuhan beban listrik. Jika energi dari panel surya berlebih, sebagian dapat digunakan untuk mengisi baterai. Ketika produksi energi surya tidak mencukupi, misalnya pada malam hari atau saat cuaca mendung, baterai dapat memasok energi ke beban melalui inverter.

### B. Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai adalah ukuran jumlah energi listrik yang dapat disimpan dan disediakan oleh baterai selama proses pengosongan. Kapasitas ini biasanya dinyatakan dalam satuan ampere-hour (Ah) atau watt-hour (Wh), yang menunjukkan berapa lama baterai dapat memberikan arus listrik dengan nilai tertentu. Semakin besar kapasitas baterai, semakin lama baterai dapat menyediakan daya sebelum perlu diisi ulang kembali. Kapasitas baterai sangat penting untuk menentukan ukuran dan kemampuan baterai dalam memenuhi kebutuhan energi pada sistem tertentu, seperti pada PLTS. Selain itu, kapasitas baterai dipengaruhi oleh kondisi penggunaan, seperti suhu, tingkat pengosongan, dan umur baterai itu sendiri (Ramdan et al., 2025). Untuk menentukan berapa kapasitas baterai yang akan digunakan sesuai persamaan berikut:

$$P = V \times I \quad (1)$$

Dimana:
P : Daya (Watt)
V : Tegangan baterai (V)
I : Arus baterai (Arus)

Dalam era teknologi energi terbarukan, baterai memegang peranan penting sebagai media penyimpanan energi yang mendukung sistem seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan kendaraan listrik. Efisiensi baterai mencerminkan seberapa baik baterai dapat menyimpan dan mengeluarkan energi tanpa kehilangan daya yang signifikan selama proses pengisian dan pengosongan. Untuk mendapatkan efsiensi yang tepat yaitu meggunakan persamaan di bawah ini:

$$\eta = \frac{V_{bat} \times I_{bat}}{V_{panel} \times I_{panel}} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana:
$V_{bat}$ : Voltage dari baterai
(V) $I_{bat}$ : Arus baterai(A)
$V_{panel}$ : Tegangan pada solar panel (V)
$I_{panel}$ : Arus Output pada solar panel (A)

Untuk menentukan Efisiensi panel surya dapat diukur secara langsung atau real-time menggunakan alat ukur pada sistem panel dengan kapasitas tertentu, misalnya 240 Wp. Pengukuran ini bertujuan untuk memperoleh data performa aktual dan menghitung efisiensi sistem secara akurat (Supriyono et al., 2022). Terdapat dua metode perhitungan utama yang digunakan untuk menentukan efisiensi panel surya, yaitu:

$$P_{in} = E \times A \quad (3)$$

Dimana:
$P_{in}$ : Daya input panel surya
E : Iradiasi matahari (W/$m^2$ )
A : Luas penampang panel surya ($m^2$)

Untuk mencari luas penampang ialah :

$$A = \text{Luas 1 panel x jumlah panel} \quad (4)$$

SOC biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase (%) dari kapasitas penuh baterai. Semakin tinggi nilai SOC, maka semakin besar energi yang masih tersedia untuk digunakan (Mario Roal, 2020).

Secara matematis, SOC dapat ditentukan menggunakan rumus:

$$SOC\% = \frac{C_{total}}{C_{sisa}} \times 100\% \quad (5)$$

Dimana:
$C_{total}$ : Kapasitas baterai yang masih tersedia (Ah atau Wh),
$C_{sisa}$ : Kapasitas nominal total baterai (Ah atau Wh).

Selain metode berbasis kapasitas, SOC juga dapat diperkirakan menggunakan metode pengukuran tegangan terminal baterai. Hubungan antara tegangan baterai dengan SOC dapat dituliskan sebagai berikut:

$$SOC = \frac{V_{bat} - V_{cutoff}}{V_{full} - V_{cutoff}} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana:
$V_{bat}$ : Tegangan baterai saat pengukuran,
$V_{full}$ : Tegangan penuh baterai,
$V_{cutoff}$ : Tegangan minimum baterai sebelum dianggap kosong.

Secara matematis, DOD dapat dirumuskan sebagai:

$$DOD\% = \frac{C_{terpakai}}{C_{total}} \times 100\% \quad (7)$$

$$DOD\ \% = 100\% - SOC\ \% \quad (8)$$

Dimana:
$C_{terpakai}$ : Kapasitas energi yang telah digunakan (Ah atau Wh),
$C_{total}$ : Kapasitas nominal baterai (Ah atau Wh).

Untuk mendapatkan kwh saat pengosongan dengan beban menggunakan rumus sebagai berikut

$$E = \frac{V \times I \times t}{1000} \quad (9)$$

Dimana:
E : Energi Listrik (kWh)
V : Tegangan (V)
I : Arus (A)
t : Waktu (S)

Dibagi 1000 untuk menggubah dari Wh ke kWh

$$\eta_{discharging} = \frac{E_{keluar} \times 100\%}{E_{tersedia}} \quad (10)$$

Dimana:

$\eta$ : Efesinsi daya
$E_{total}$ : Energi yang digunakan
$E_{tersedia}$ : Energi yang ada di baterai

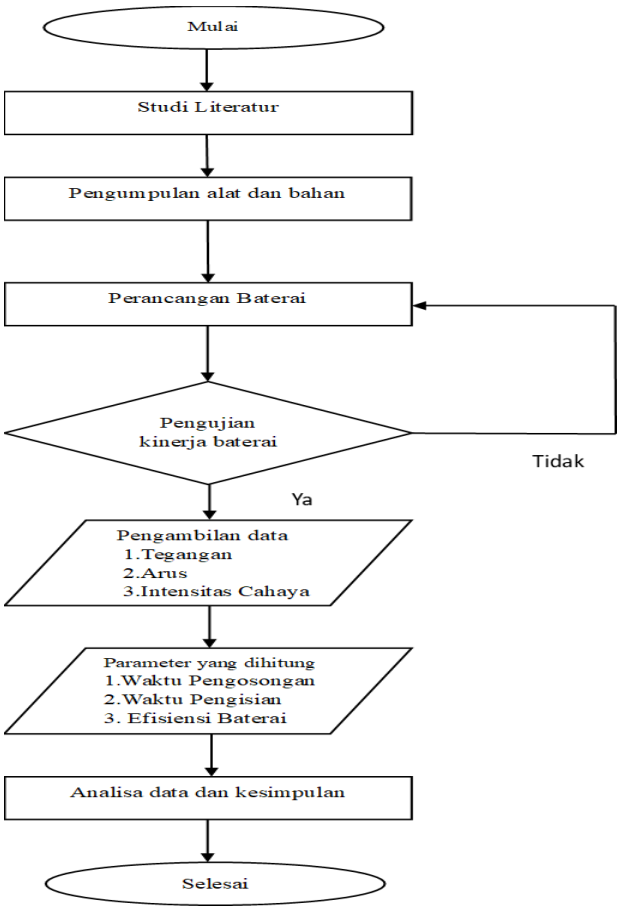
Di samping itu, pengontrol ini juga menjaga agar baterai tidak terdischarge terlalu dalam (deep dischakrge), yang dapat merusak baterai. Untuk menghitung energi yang masuk ke dalam baterai selama pengisian:

$$E_{masuk} = V_{pengisian} \times I_{charge} \times t \quad (11)$$

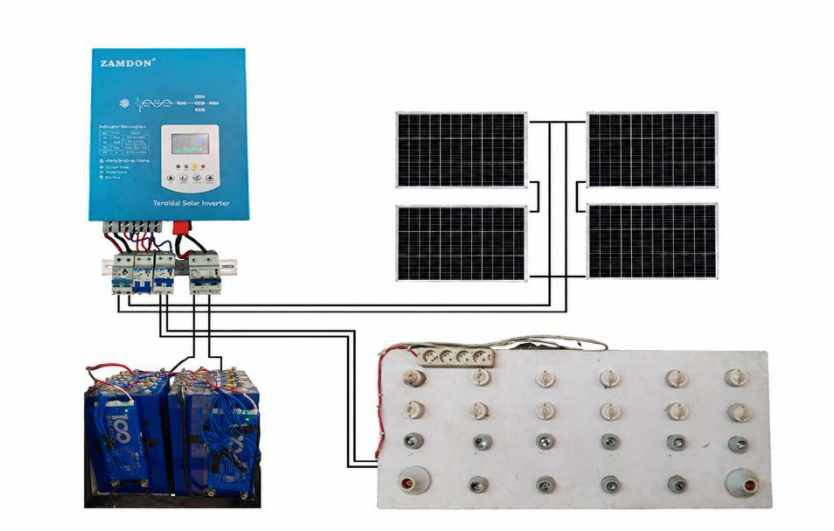
Dimana:

$E_{masuk}$ : Energi yang masuk ke dalam baterai (dalam watt-jam, Wh)
$V_{pengisian}$ :Tegangan pengisian baterai (dalam volt, V)
$I_{charge}$ : Arus pengisian baterai (dalam ampere, A)
t : Waktu pengisian (dalam jam, h)

Berikut ini adalah alur/tahapan penelitian seperti pada diagram *flowchart* (Gambar 1), dan rangkaian seri paralel baterai (Gambar 2), dan juga berisikan alat yang di gunakan (Tabel 1) dan bahan yang di gunakan (Tabel 2) seperti dibawah ini.




**Gambar 1. Diagram *Flowchart* Penelitian Efisiensi Baterai LifePO$_4$ 200 Ah**

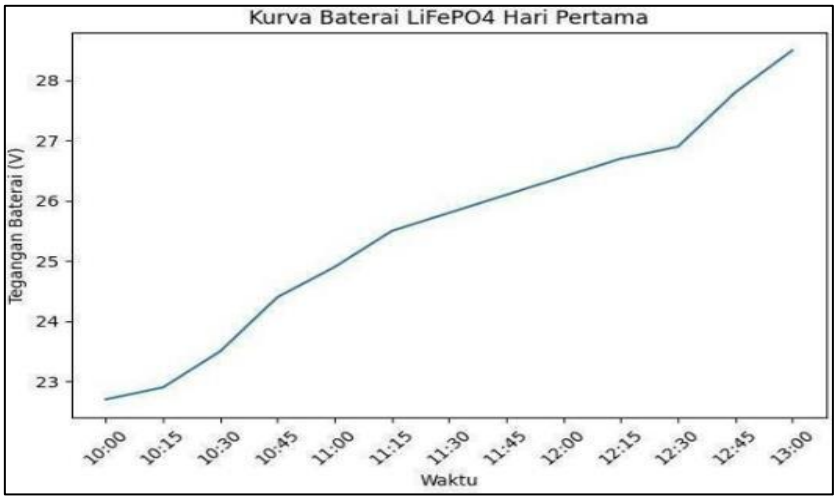



**Gambar 2. Rangkaian Sistem PLTS**

Rangkaian untuk baterai $LiFePO_4$ sendiri menggunakan rangkain seri dan pararel yang dimana untuk setiap selnya memiliki 3,2 Volt yang di serikan setiap selnya menjadi 24 Volt 100 Ah selanjutnya dipararelkan menjadi 24 Volt 200 Ah.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan tegangan baterai $LiFePO_4$ selama proses pengisian pada setiap interval waktu pengamatan ditunjukkan pada Gambar 3.



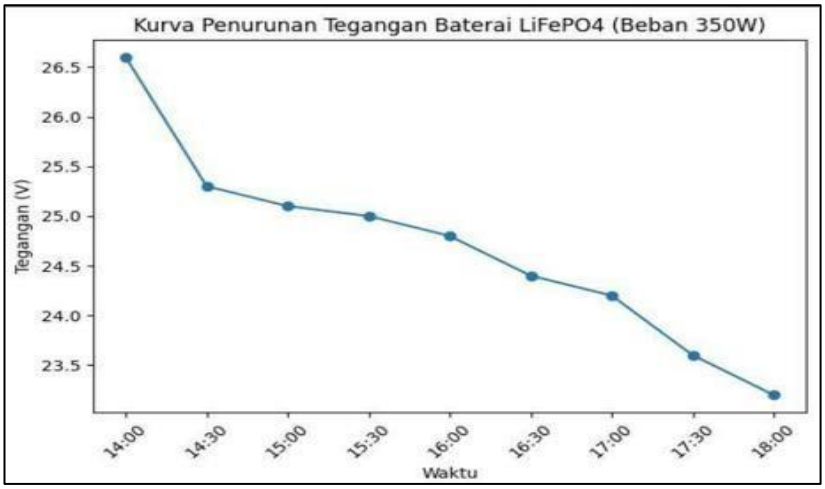

**Gambar 3. Kurva Pengisian Baterai Hari Pertama $LiFePO_4$**

Grafik Menunjukkan bahwa Tegangan baterai meningkat secara bertahap dari pukul 10:00 hingga 13:00. Kenaikan menandakan proses Charging berlangsung dengan baik. Pada awal pengisian, kenaikan tegangan cukup tegangan, kemudian cenderung lebih stabil, dan kembali meningkat mendekati akhir pengujian sasat baterai mendekati kondisi penuh. Secara Keseluruhan, kurva menggambarkan proses pengisian yang normal dan sesuai karakteristik baterai $LiFePO_4$, yaityu tegangan meningkat berthap hingga mendekati batas maksimum, sementara arus (berdasarkan Tabel) cenderung menurun seiring bertambahnya tingkat pengisian. Pola ini menggambarkan sistem pengisian berjalan aman, Efisien, dan Terkontrol dengan baik. Hasil pengamatan proses pengosongan baterai $LiFePO_4$ berdasarkan variasi waktu pengujian, beban, tegangan, dan arus ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Data Pengosongan Baterai $LifePo_4$**

| No | Jam | Beban (W) | VDC (V) | IDC (V) | SoC | DoD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 14:00 | 350 | 26.6 | 13.8 | 90% | 10% |
| 2 | 14:30 | 350 | 25.3 | 13.5 | 66% | 34% |
| 3 | 15:00 | 350 | 25.1 | 13.4 | 63% | 37% |
| 4 | 15:30 | 350 | 25 | 15.7 | 61% | 39% |
| 5 | 16:00 | 350 | 24,8 | 16.4 | 55% | 45% |
| 6 | 16:30 | 350 | 24.4 | 18.5 | 50% | 50% |
| 7 | 17:00 | 350 | 24.2 | 18.5 | 47% | 53% |
| 8 | 17:30 | 350 | 23.6 | 18.7 | 38% | 62% |
| 9 | 18:00 | 350 | 23.2 | 18.9 | 32% | 68% |

Berdasarkan Tabel 1 hasil pengujian pengosongan baterai $LiFePO_4$ hari pertama , baterai $LiFePO_4$ mampu menyuplai beban konstan sebesar 350 W selama periode 4 jam dengan kinerja yang stabil. Tegangan baterai mengalami penurunan secara bertahap dari 26,6 V pada awal pengujian menjadi 23,2 V pada akhir pengujian, yang menunjukkan bahwa energi dalam baterai berkurang secara normal selama proses pengosongan




**Gambar 4. Kurva Penurunan Tegangan Baterai $LiFePO_4$ Saat Pengosongan**

Pada saat pengosongan menjadi 23,2 V pada pukul 18.00. Pada awal pengujian, penurunan terjadi cukup cepat (26,6 V ke 25,3 V), kemudian cenderung lebih landai di pertengahan waktu, dan kembali menurun lebih jelas mendekati akhir pengujian. Pola ini merupakan karakteristik umum baterai $LiFePO_4$, dimana tegangan relatif stabil di tengah proses discharge lalu turun lebih signifikan saat kapasitas mulai mendekati batas bawah.




**Gambar 5. Kurva Peningkatan Arus Baterai $LiFePO_4$ Saat Pengosongan**

Kurva arus menunjukkan tren meningkat dari 13,8 A menjadi 18,9 A. Pada awal pengujian arus relatif rendah, namun mulai meningkat signifikan setelah tegangan turun. Hal ini sesuai dengan prinsip daya listrik

(P = V × I), dimana daya dijaga tetap 350 W. Ketika tegangan menurun, arus secara otomatis meningkat untuk mempertahankan daya yang sama.

Berdasarkan hasil pengujian pengisian (*charging*) baterai $LiFePO_4$ 200 Ah pada sistem PLTS 24 V, pada pengisian hari pertama diperoleh bahwa tegangan baterai berada pada kisaran 22,7 –26,8 V dengan arus pengisian berkisar antara 14,5 A hingga 8,5 A. Selama periode pengujian, nilai *State of Charge* (SOC) meningkat dari 14% menjadi 96%, menunjukkan bahwa proses pengisian berjalan dengan baik. Variasi iradiasi matahari yang terjadi selama proses pengisian sangat memengaruhi daya input yang diterima oleh sistem. Nilai iradiasi tercatat berada pada rentang 1025 W/m² hingga 1067,8 W/m², yang menghasilkan daya input panel surya (Pin) antara 5.330 W hingga 5.694 W. pada pengisian hari kedua diperoleh bahwa tegangan baterai berada pada kisaran 23,1 –26,9 V dengan arus pengisian berkisar antara 15,5 A hingga 8,5 A. Selama periode pengujian, nilai *State of Charge* (SOC) meningkat dari 22% menjadi 98%, menunjukkan bahwa proses pengisian berjalan dengan baik. Variasi iradiasi matahari yang terjadi selama proses pengisian sangat memengaruhi daya input yang diterima oleh sistem. Nilai iradiasi tercatat berada pada rentang 1039 W/m² hingga 1069,4 W/m², yang menghasilkan daya input panel surya (Pin) antara 5.315 W hingga 5.631 W.

Pada proses pengosongan (*discharging*), Hari Pertama baterai $LiFePO_4$ dilakukan dengan variasi beban 350W, proses pengosongan ini berlangsung dari kapasitas 26,6 V turun menjadi 23,2 V yang digunakan selama 4,5 jam Selama periode pengujian, nilai *State of Charge* (SOC) meningkat dari 14% menjadi 96%, Pada hari kedua Tegangan baterai mengalami penurunan secara bertahap dari 25,8 V pada pukul 14.00 menjadi 22 V pada pukul 18.30. dan nilai *State of Charge* (SOC) meningkat dari 22% menjadi 98%, pada hari ketiga. Pengujian dilakukan dengan variasi beban 415 W dan 290 W, proses pengosongan ini berlangsung dari kapasitas 25,5 V turun menjadi 22,0 yang digunakan selama 5 jam dengan internal waktu setiap 10 menit, untuk mengetahui perubahan tegangan, arus, dan energi yang dilakukan. Hasil perhitungan energi menunjukkan bahwa , baterai $LiFePO_4$ diperoleh jumlah daya input sebesar 3.956,74 Watt dan jumlah daya output sebesar 3.742,43 Watt. diperoleh nilai efisiensi pengisian baterai $LiFePO_4$ sebesar 94%.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa baterai $LiFePO_4$ 200 Ah memiliki kinerja yang cukup baik sebagai sistem penyimpanan energi pada PLTS 24 V skala kecil. Kombinasi baterai $LiFePO_4$ dan inverter *hybrid* mampu menyuplai beban hingga 415 W secara stabil dengan kualitas tegangan yang terjaga. Meskipun efisiensi pengisian belum mencapai nilai optimal, sistem ini tetap layak digunakan dan memiliki potensi untuk ditingkatkan melalui pengujian pada kondisi cuaca yang lebih mendukung dan pengelolaan energi yang lebih optimal.

Hasil perhitungan daya masukan dan daya keluaran baterai $LiFePO_4$ selama proses pengisian dan pengosongan pada setiap interval waktu pengamatan disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Perhitungan Pengisian dan Pengosongan Baterai $LiFePO_4$**

| No | Jam | Daya (Watt) | |
|---|---|---|---|
| | | Vin.Iin | Vout.Iout |
| 1 | 10:00 | 274,56 | 329,15 |
| 2 | 10:15 | 343,3 | 327,47 |
| 3 | 10:30 | 339,66 | 331,35 |
| 4 | 10:45 | 336,42 | 322,08 |
| 5 | 11:00 | 325 | 328,68 |
| 6 | 11:15 | 313,5 | 308,55 |
| 7 | 11:30 | 296,7 | 283,8 |
| 8 | 11:45 | 297,62 | 270,4 |
| 9 | 12:00 | 293,85 | 265,63 |
| 10 | 12:15 | 293,04 | 259,7 |
| 11 | 12:30 | 305,55 | 250,98 |
| 12 | 12:45 | 314,18 | 235,84 |
| 13 | 13:00 | 323,36 | 227,8 |
| Total | | 3.956,74 | 3.742,43 |

Selanjutnya untuk menghitung efesinsi dari pengecasan Baterai $LiFePO_4$ dengan menggunakan persamaan (10)

$$\eta = \frac{3.742,43}{3.956,74} x100\%$$

$$\eta = 94\%$$

## III. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pegujian dan analisa yang telah dilakukan terhadap Baterai $LiFePO_4$ pada Pembangkit Listrik Tenga Surya (PLTS), maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Kinerja baterai $LiFePO_4$ 200 Ah pada proses pengisian dan pengosongan menunjukkan karakteristik

yang baik dan stabil. Pada proses pengisian, tegangan baterai berada pada kisaran 22,7–26,8 V dengan arus pengisian sebesar 14,5–8,5 A, serta terjadi peningkatan *State of Charge* (SOC) dari 14% menjadi 96%. Sementara itu, pada proses pengosongan menggunakan beban 350 W, tegangan baterai mengalami penurunan dari 26,6 V menjadi 23,2 V dengan arus yang meningkat dari 13,8 A menjadi 18,9 A selama 4 jam pengujian. Perubahan tegangan dan arus tersebut menunjukkan bahwa baterai mampu menyuplai beban secara stabil selama proses pengosongan.

2. Efisiensi baterai $LiFePO_4$ 200 Ah berdasarkan hasil pengujian diperoleh sebesar 94%. Nilai tersebut diperoleh dari perbandingan energi keluaran sebesar 3.742,43 Wh terhadap energi masukan sebesar 3.956,74 Wh selama proses pengujian. Hasil ini menunjukkan bahwa baterai mampu menyimpan dan menyalurkan sebagian besar energi yang diterima, sehingga baterai $LiFePO_4$ 200 Ah memiliki kinerja yang cukup baik dan layak digunakan sebagai media penyimpanan energi pada sistem PLTS 24 V.

## DAFTAR PUSTAKA

Agarwal, S., Sharma, V., Maurya, A. K., Sen, P., & Mishra, A. (2023). A Review of Solar Cells and Their Applications. AIJR Proceedings, 230-240. https://doi.org/10.21467/proceedings.161.26

Akhyar, F., Hasibuan, A., Setiawan, A., Ula, M., & Nurdin, N. (2024). Optimized Design of Solar and Wind Hybrid Power Plants. International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS), 1–6. https://doi.org/10.1109/icecos63900.2024.10791237

Anwar, F. A., Yunianto, M., & Purnomo, F. A. (2023). Implementasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat (Off-Grid) untuk Sumber Energi Mandiri Budidaya Perikanan. Semar: Jurnal Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Seni Bagi Masyarakat, 12(2), 187–191. https://doi.org/10.20961/semar.v12i2.76048

Apripriharta, A. (2024). Design and Build PLTS On-Grid as Household-Scale Electricity Support. Jurnal Kajian Teknik Elektro, 9(2), 73–82. https://doi.org/10.52447/jkte.v9i2.6957

Guntreddi, V., Suresh, P. O., Manoj, V., Babu, D. R., Swathi, A., & Muhamad, M. M. (2024). A Perspective on the Evolution of Solar Cell and Solar Panel Materials. E3S Web of Conferences, 564, 05008–05008. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202456405008

Khairunnisa, K. (2023). Characteristics of LiFePo4 and Li-Ion Batteries during the Process of Charging and Discharging for Recommendation Solar Power Energy Storage. Jurnal Edukasi Elektro, 7(1), 53–62. https://doi.org/10.21831/jee.v7i1.61654

Kravets, S. (2023). Technological Progress In Solar Panels: Achievements And Innovations. Tehnìka, Energetika, Transport APK, 12(3), 131-139. https://doi.org/10.37128/2520-6168-2023-3-15

Liestyowati, D., Rachman, I., & Firmansyah, E. (2022). Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berkapasitas 100 WP dengan Inverter 1000 Watt. INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi, 1(5), 623–634. https://doi.org/10.55123/insologi.v1i5.1027

Liu, H., Zhang, X., & Wang, C. (2022). Cycle Life Prediction Model For Lithium-Ion Batteries. Energy Storage Materials, 45, 421–430. https://doi.org/10.1016/j.ensm.2021.11.018

Ma'rifah, E. H. A. N., Farisi, S. A., Aliwarga, H., Supriyanto, A., Purwanto, A., & Suci, W. G. (2024). An Efficient Hybrid Energy Smart System Using Lithium Ion Batteries Integrated with Battery Management System. Applied Mechanics and Materials, 918, 121-128. https://doi.org/10.4028/p-uXCM1L

Mansir, I. B., & Okonkwo, P. C. (2025). Component Degradation in Lithium-Ion Batteries and Their Sustainability: A Concise Overview. Sustainability, 17(1000), 1–23. https://doi.org/10.3390/su17031000

Napitupulu, J., Sholeha, D., & Munthe, I. (2023). Solar Panel Module Output Energy Analiysis Using Flat Mirror. International Journal of Advanced Research (IJAR), 11 (01), 1726-1731.

https://doi.org/10.21474/IJAR01/16198

Popa, N.-S., Popa, C., & Mocanu, V. (2023). State Of The Art In Battery Technology: Innovations And Advancements. Journal of Marine Technology and Environment, 80-85. https://doi.org/10.53464/jmte.02.2023.13

Ramdan, S. D., Widani, E. R., Pranita, E., & Dewantoro, F. (2025). Analysis of 110 VDC Battery Capacity Test at Unit 3 PLTU Tarahan. International Conference on Artificial Intelligence's Future Implementations (ICAIFI), Yogyakarta, Indonesia, 2025, 205–210. https://doi.org/10.1109/icaifi66942.2025.11326426

Sulistiyono, A., Rifai, H., & Sudiar, N. Y. (2025). Literature Review: Solar Energy for Alternative Renewable Energy and Potential Application in Indonesia. Journal of Renewable Energy, Electrical, and Computer Engineering, 5(1), 59–66. https://doi.org/10.29103/jreece.v5i1.16143

Supriyono, T., Ramandani, M., Soemantri, H., & Murtalim. (2022). Uji Performansi Solar Panel Kapasitas 100 Wp. 2(2), 35–48. https://doi.org/10.36805/jtmmx.v2i2.2172

Syahputra, R., Safitri, N., Yassir, Y., Hasannuddin, T., & Taufik, T. (2024). Analysis of Battery Technologies for Use as Battery Management Systems in a Simple Solar Power Plant. Journal of Innovation and Technology, 2024(24). https://doi.org/10.61453/joit.v2024no24