

# IMPLEMENTASI SISTEM HYBRID PLTS-PLN PADA *POWER STATION MOBILE* UNTUK MOBILITAS ENERGI MANDIRI

Antoni Simanjuntak<sup>1</sup>, Jonny Latuny<sup>2</sup>, Jandri Louhenapessy, Isak Aponno<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: [antoni.simanjuntak.s15@gmail.com](mailto:antoni.simanjuntak.s15@gmail.com)

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: [jonnylatuny@gmail.com](mailto:jonnylatuny@gmail.com)

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

[jandrileonora@yahoo.co.id](mailto:jandrileonora@yahoo.co.id)

<sup>4</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: [isakaponno@gmail.com](mailto:isakaponno@gmail.com)

**Abstrak.** Kebutuhan akan sumber energi yang andal dan fleksibel semakin penting, terutama di daerah terpencil dan situasi darurat yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik konvensional. Salah satu solusi yang dikembangkan adalah sistem pembangkit listrik hybrid yang menggabungkan sumber energi terbarukan berbasis energi surya dan konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa sistem hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan PLN dalam pengisian serta pengosongan baterai pada sistem *power station mobile* sebagai solusi mobilitas energi mandiri. Pengujian dilakukan dengan dua metode pengisian yaitu menggunakan modul surya dan listrik PLN, serta dua skenario pengosongan dengan menggunakan beban pompa air dan lampu LED. Hasil menunjukkan bahwa pengisian dengan modul surya selama 7 jam 15 menit mampu meningkatkan tegangan baterai dari 11,9 V hingga 12,52 V dengan energi maksimal 1.252 Wh, menunjukkan efisiensi tinggi saat radiasi matahari optimal. Sementara itu, pengisian menggunakan listrik PLN selama 11 jam 30 menit menunjukkan kestabilan tinggi, dengan tegangan meningkat hingga 12,97 V dan energi mencapai 1.297 Wh. Pengosongan baterai menggunakan pompa air berlangsung selama 2,5 jam dengan penurunan tegangan hingga 10,77 V dan arus mencapai 22,8 A, sedangkan pengosongan dengan lampu LED selama 4 jam 45 menit menunjukkan penurunan tegangan hingga 10,91 V dengan arus stabil sekitar 13 A. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem hybrid mampu menyediakan dan menyimpan energi secara efisien serta menunjang kebutuhan daya beban secara konsisten. Sistem ini potensial untuk diimplementasikan di daerah terpencil dan kondisi darurat yang memerlukan sumber energi mandiri.

Kata kunci: *Power station mobile*, sistem hybrid, energi surya, listrik PLN, kemandirian energi.

*Abstract. The need for reliable and flexible energy sources is becoming increasingly critical, especially in remote areas and emergency situations that are difficult to access by conventional power grids. One solution being developed is a hybrid power generation system that combines renewable solar energy with conventional sources. This study aims to analyze the performance of a hybrid system integrating a Solar Power Plant (PLTS) and the national grid (PLN) in charging and discharging batteries within a mobile power station system as a solution for independent energy mobility. The testing involved two charging methods—solar modules and PLN electricity—as well as two discharging scenarios using a water pump and LED lights as loads. The results show that solar module charging for 7 hours and 15 minutes increased the battery voltage from 11.9 V to 12.52 V, delivering a maximum energy output of 1,252 Wh, indicating high efficiency under optimal sunlight conditions. Meanwhile, charging with PLN electricity over 11 hours and 30 minutes demonstrated high stability, increasing the voltage to 12.97 V and reaching an energy*

*output of 1,297 Wh. Battery discharge using the water pump lasted 2.5 hours, with voltage dropping to 10.77 V and current reaching 22.8 A. Discharge using LED lights over 4 hours and 45 minutes resulted in a voltage drop to 10.91 V with a stable current of around 13 A. These findings indicate that the hybrid system can efficiently provide and store energy while consistently supporting load power demands. The system has strong potential for implementation in remote areas and emergency conditions that require independent energy sources.*

*Keywords: Power station mobile, hybrid system, solar energy, PLN electricity, energy independence*

## 1. PENDAHULUAN

Ketersediaan energi listrik merupakan faktor krusial dalam mendukung aktivitas manusia di berbagai sektor, [1]. Meskipun tingkat elektrifikasi di Indonesia terus meningkat, pasokan listrik masih belum mampu memenuhi kebutuhan masyarakat secara merata [2]. Hal ini menjadi tantangan, terutama di daerah terpencil, pulau-pulau kecil, dan wilayah terdampak bencana. Keterbatasan infrastruktur jaringan listrik dan kondisi geografis yang sulit dijangkau menyebabkan sebagian masyarakat masih belum memperoleh akses listrik yang stabil dan berkelanjutan [3]. Situasi ini mendorong perlunya pengembangan sistem penyediaan energi alternatif yang mampu menjawab kebutuhan listrik secara fleksibel dan mandiri.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu solusi energi terbarukan yang semakin banyak dikembangkan karena bersifat ramah lingkungan dan memanfaatkan sumber daya yang melimpah di Indonesia [4]. Energi surya sebagai sumber energi terbarukan memiliki keunggulan dalam hal keberlanjutan dan efisiensi biaya operasional jangka panjang, namun bergantung pada kondisi cuaca dan waktu [5]. Untuk mengatasi keterbatasan ini, integrasi antara PLTS dan sumber energi konvensional seperti listrik dari PLN menjadi pendekatan yang efektif. Sistem kombinasi ini dikenal sebagai sistem hybrid, di mana dua sumber energi bekerja secara saling melengkapi untuk menjamin kontinuitas suplai daya listrik [6].

Dalam konteks mobilitas dan fleksibilitas penggunaan, pengembangan *Power Station Mobile* menjadi sangat relevan. *Power Station Mobile* merupakan sistem kelistrikan portabel yang dirancang untuk dapat digunakan di berbagai lokasi tanpa bergantung pada jaringan listrik tetap. Dengan mengintegrasikan sistem hybrid PLTS-PLN, *Power Station Mobile* tidak hanya mampu menyediakan energi listrik yang stabil, tetapi juga mendukung prinsip kemandirian dan keberlanjutan energi,

terutama pada kondisi darurat, kegiatan lapangan, atau daerah tanpa infrastruktur listrik.

Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem hybrid PLTS-PLN pada *Power Station Mobile* dan mengevaluasi kinerjanya dalam mendukung mobilitas energi mandiri. Fokus utama meliputi proses pengisian dan pengosongan baterai sebagai penyimpan energi, serta analisis parameter teknis seperti arus, tegangan, dan efisiensi sistem selama pengoperasian. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan lebih lanjut terhadap teknologi sistem kelistrikan portabel yang ramah lingkungan, efisien, dan dapat diterapkan secara luas di berbagai kondisi geografis di Indonesia.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1. Komponen Utama *Power Station Mobile*

#### 2.1.1. Modul Surya

Modul surya merupakan kumpulan sel surya yang disusun secara seri atau paralel. Modul surya berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik DC.

Daya masuk ( $P_{in}$ ) pada modul surya adalah energi matahari yang diterima oleh permukaan modul dalam bentuk intensitas cahaya matahari sebelum dikonversi menjadi listrik oleh sel surya dan dihitung menggunakan persamaan (1) [7].

$$P_{in} = I_r \times A \quad (1)$$

Keterangan:

$P_{in}$  : Daya masuk modul surya (W)

$I_r$  : Intensitas radiasi matahari ( $W/m^2$ )

$A$  : Luas permukaan modul surya ( $m^2$ )

Daya keluaran ( $P_{out}$ ) pada modul surya merupakan besaran nilai dari hasil perkalian antara tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) dengan arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) dan *fill factor* (FF) yang dihasilkan oleh modul surya dan dihitung menggunakan persamaan (2) [8].

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (2)$$

Penelitian ini menggunakan 1 buah modul surya jenis *monocrystalline* dengan daya 100 Wp (Gambar 1). Adapun data modul surya yang digunakan dalam penelitian adalah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data modul surya

| Spesifikasi                          | Nilai                                                           |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Model                                | SM100-18P                                                       |
| Peak Power (Pmax)                    | 100 Wp                                                          |
| Cell Efficiency                      | 16.93 %                                                         |
| Max Power volt (V <sub>mp</sub> )    | 17.8 V                                                          |
| Max Power Current (I <sub>sc</sub> ) | 6.05 A                                                          |
| Power Tolerance                      | ± 3 %                                                           |
| Max System Voltage                   | 1000V                                                           |
| Series Fuse Rating (A)               | 12                                                              |
| Number of By Pass Diode              | 2                                                               |
| Operating Temperature                | -4°C to +85°C                                                   |
| Maximum System Voltage               | 1000V DC                                                        |
| ITC Irradiance                       | 1000W/M <sup>2</sup>                                            |
| Module Temperature                   | 25°C                                                            |
| Standard Test Condition              | Temperature 25°C<br>AM = 1,5<br>Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> |



Gambar 1. Modul surya 100 Wp *monocrystalline*

### 2.1.2. Baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya, sehingga memungkinkan listrik tetap dapat digunakan pada malam hari. Energi listrik yang tersimpan dalam baterai dapat dihitung dengan persamaan [9]. Waktu pengisian baterai dengan PLTS dihitung dengan persamaan (4), waktu pengisian baterai dengan listrik PLN dihitung dengan persamaan (5), dan waktu pengosongan baterai dihitung dengan persamaan (6).

$$Wh = Ah \times V \quad (3)$$

Keterangan:

Wh : Energi baterai

Ah : Kapasitas baterai

V : Tegangan nominal baterai

$$t_{\text{pengisian baterai dari plts}} = \frac{Ah \times V}{W_p \times \eta} \quad (4)$$

Keterangan:

W<sub>p</sub> : Daya modul surya

η : Efisiensi sistem

$$t_{\text{pengisian baterai dari PLN}} = \frac{Ah}{I_{\text{out charger}} \times \eta} \quad (5)$$

Keterangan:

I<sub>out charger</sub>: Arus keluaran charger

η : Efisiensi pengisian baterai

$$t_{\text{pengosongan baterai}} = \frac{Ah \times V \times \eta}{P_{\text{beban listrik}}} \quad (6)$$

Keterangan:

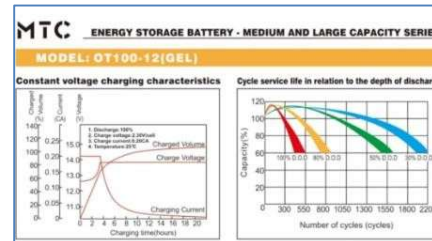
η : Efisiensi inverter

P<sub>beban listrik</sub> : Daya beban listrik.

Baterai yang digunakan dalam penelitian ini adalah baterai *Lead-Acid* merk MTC 12 volt 100 Ah sejumlah 1 buah (Gambar 2). Karakteristik pengisian dan umur siklus baterai disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Baterai merk MTC 12 V 100 Ah



Gambar 3. Karakteristik pengisian dan umur siklus baterai MTC OT100-12(GEL)

### 2.1.3. Solar Charge Controller

*Solar charge controller* (SCC) adalah alat elektronik yang berfungsi untuk mengatur dan mengontrol arus listrik yang masuk dari modul surya ke baterai dalam sistem PLTS [10]. Penentuan kapasitas SCC adalah berdasarkan arus maksimum yang dihasilkan oleh modul surya.

$$I_{SCC} > I_{mpp} \quad (7)$$



Gambar 4. Solar charge controller jenis MPPT

Tabel 2. Data solar charge controller

| Spesifikasi     | Keterangan                                      |
|-----------------|-------------------------------------------------|
| Tipe            | MPPT (Maximum Power Point Tracking)             |
| Kapasitas Arus  | 40A                                             |
| Jenis Sistem    | Off-Grid Solar Charge Controller                |
| Input           | Panel Surya (PV)                                |
| Output          | Baterai dan Beban (Load)                        |
| Tegangan Sistem | 12V / 24V (otomatis)                            |
| Layar LCD       | Ya, untuk pemantauan dan pengaturan             |
| Port Koneksi    | Solar, Battery, Load (masing-masing 2 terminal) |

#### 2.1.4. Inverter

Inverter adalah perangkat elektronika yang memiliki fungsi utama untuk mengubah arus listrik searah (*Direct Current/DC*) menjadi arus bolak-balik (*Alternating Current/AC*) [11].

Penelitian ini menggunakan inverter daya 5000 watt, tegangan *input* 12 V DC dan tegangan *output* 220 V AC dengan bentuk gelombang sinus murni atau *Pure Sine Wave* (Gambar 5).

Tabel 3. Data inverter

| Spesifikasi                       | Keterangan            |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Tipe                              | Power Inverter        |
| Wave Form                         | Pure Sine Wave        |
| Daya Puncak (Peak Power)          | 5000 W                |
| Rekomendasi Maksimum Daya Puncak  | 3500 W                |
| Daya Nominal                      | 2500 W                |
| Rekomendasi Maksimum Daya Nominal | 1750 W                |
| Tegangan Input                    | 12 V DC               |
| Tegangan Output                   | 220 V AC              |
| Frekuensi Output                  | 50/60 Hz              |
| Dimensi                           | 290 mm x 180 mm x 140 |



Gambar 5. Inverter

#### 2.1.5. Charger Baterai

*Charger* yang digunakan pada *power station mobile* ini adalah *smart battery charger* yang dilengkapi dengan sistem kontrol otomatis untuk keamanan dan efisiensi pengisian (Gambar 6).



Gambar 6. Smart battery charger

Tabel 4. Data Smart battery charger

| Spesifikasi          | Keterangan                                             |
|----------------------|--------------------------------------------------------|
| Tegangan Input       | 220V AC                                                |
| Tegangan Output      | 12V DC                                                 |
| Arus Output Maksimum | 20 Ampere                                              |
| Tipe Baterai         | Lead Acid                                              |
| Tipe Charger         | Smart Charger (otomatis berhenti saat penuh)           |
| Perlindungan         | Overcharge, overheat, short circuit                    |
| Fitur Tambahan       | Indikator LED/LCD, cooling fan, pengatur arus/tegangan |

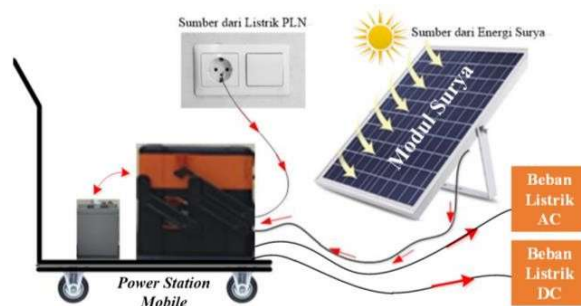
## 2.2. Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental yang berlokasi di *rooftop* gedung Fakultas Teknik Universitas Pattimura. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen rekayasa (*engineering experiment*) dan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji sistem hybrid PLTS–PLN berbasis *power station mobile* sebagai solusi mobilitas energi mandiri.

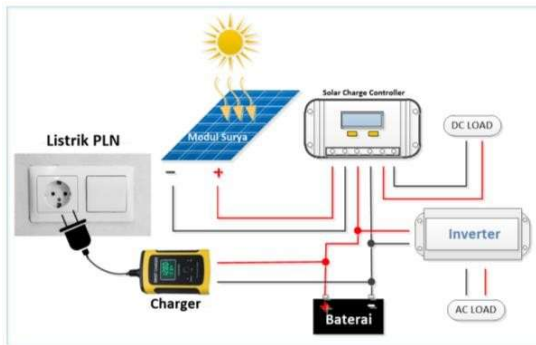
## 2.3 Tahapan Penelitian

1. Studi Pendahuluan  
Kajian literatur terkait teknologi PLTS–PLN hybrid, sistem penyimpanan energi, dan sistem kelistrikan portabel.
2. Perancangan Sistem  
Merancang konfigurasi sistem hybrid berdasarkan kebutuhan daya dan kondisi operasional.
3. Pembuatan *Prototype*  
Perakitan sistem hybrid PLTS–PLN dalam bentuk portabel (*power station mobile*).
4. Pengujian  
Melakukan pengujian langsung terhadap sistem *power station mobile*.
5. Analisis Data  
Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif untuk menilai performa sistem.

## 2.4 Prototype Penelitian



Gambar 7. Power station mobile

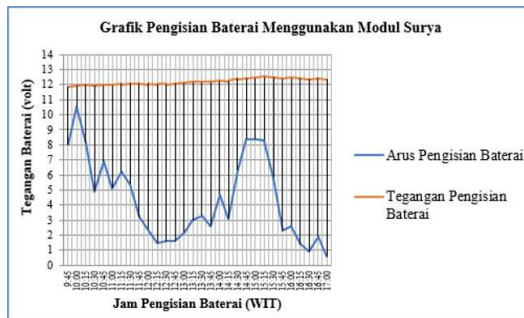


Gambar 8. Skema sistem *power station mobile*

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengisian Baterai Menggunakan Modul Surya

Gambar 9 merupakan grafik pengisian baterai menggunakan modul surya. Pengisian berlangsung selama 7 jam 15 menit yaitu mulai dari jam 09:15 WIT sampai dengan jam 17:00 WIT.



Gambar 9. Grafik pengisian baterai menggunakan modul surya

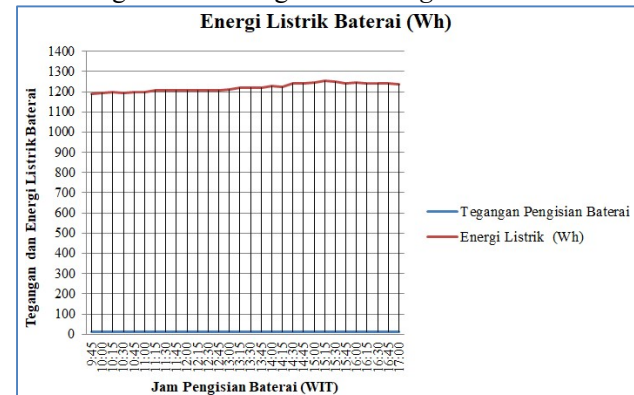
Arus pengisian tertinggi terjadi sekitar pukul 10:00 WIT (10,5 A), lalu menurun secara bertahap hingga pukul 12:45 WIT. Arus pengisian mulai meningkat kembali pada pukul 14:30 WIT hingga 15:15 WIT, dengan puncak kedua di angka 8,4 A dan pukul 15:15 WIT, arus mulai menurun secara konsisten hingga pukul 17:00 WIT.

Tegangan pengisian berkisar antara 11,9 V hingga 12,52 V. Tegangan awal pada pukul 9:45 adalah 11,9 V, lalu secara bertahap meningkat hingga mencapai puncaknya pada pukul 15:15 WIT (12,52 V). Setelah mencapai puncak, tegangan mulai sedikit menurun dan stabil di sekitar 12,4 V hingga akhir pengisian pukul 17:00 WIT.

Pada umumnya, ketika arus meningkat, tegangan juga cenderung ikut naik. Namun, setelah mencapai puncaknya, arus cenderung

menurun sementara tegangan masih relatif stabil atau sedikit menurun. Ini dapat menunjukkan bahwa baterai sedang mendekati kondisi penuh di mana arus pengisian berkurang namun tegangan tetap tinggi.

Dari pukul 9:45 WIT hingga sekitar 15:15 WIT, pengisian berlangsung dengan arus yang cukup besar, menandakan fase pengisian awal atau fase *bulk*. Setelah pukul 15:15 WIT, ketika arus mulai turun namun tegangan tetap tinggi, hal ini mengindikasikan bahwa baterai telah memasuki fase akhir atau fase *float*, di mana baterai sudah hampir penuh dan arus pengisian berkurang untuk mencegah *overcharge*.



Gambar 10. Grafik energi baterai dari pengisian menggunakan modul surya

Gambar 10 merupakan grafik energi yang tersimpan dalam baterai selama pengisian menggunakan modul surya. Dari nilai tegangan pengisian setiap waktu dikalikan dengan kapasitas baterai sebesar 100 Ah, maka diperoleh besar energi listrik yang tersimpan dalam baterai.

Dari grafik yang ditampilkan, tegangan awal pada pukul 9:45 WIT adalah 11,9 V dan meningkat secara bertahap hingga mencapai puncaknya pada pukul 15:15 dengan tegangan 12,52 V. Setelah pukul 15:15 WIT, tegangan cenderung mengalami fluktuasi, tetapi tetap berada di atas 12,3 V hingga pukul 17:00 WIT. Energi listrik awal pada pukul 9:45 WIT adalah 1.190 Wh dan terus meningkat seiring waktu hingga mencapai puncaknya pada pukul 15:15 WIT dengan nilai 1.252 Wh. Setelah pukul 15:15 WIT, energi listrik mengalami sedikit penurunan, namun masih relatif stabil di sekitar 1.240 Wh hingga 1.245 Wh menjelang akhir pengisian.

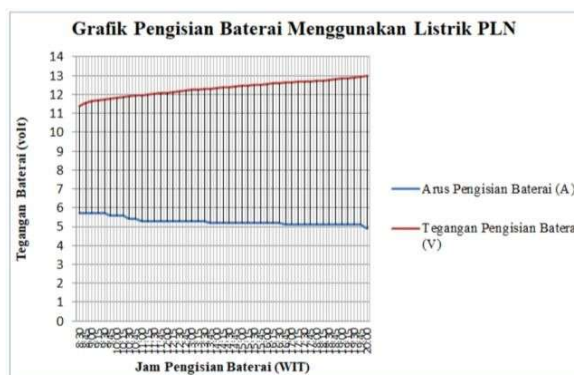
Korelasi antara tegangan dan energi listrik, terlihat adanya hubungan positif antara peningkatan tegangan dengan peningkatan energi listrik. Pada periode antara pukul 13:00 WIT

hingga 15:15 WIT, terlihat peningkatan yang signifikan baik dalam tegangan maupun energi listrik, menunjukkan efisiensi pengisian baterai yang optimal.

Pengisian pada pukul 9:45 WIT – 12:15 WIT menunjukkan kenaikan energi listrik yang relatif lebih stabil dan bertahap. Puncak efisiensi terjadi pada pukul 14:30 WIT – 15:15 WIT, di mana tegangan dan energi mencapai nilai tertinggi. Setelah pukul 15:15 WIT, meskipun tegangan masih tinggi, energi listrik menunjukkan kecenderungan menurun atau stabil, yang bisa menunjukkan bahwa baterai mulai mendekati kapasitas penuh.

### 3.2 Pengisian Baterai Menggunakan Listrik PLN

Gambar 11 merupakan grafik pengisian baterai menggunakan listrik PLN. Pengisian berlangsung selama 11 jam 30 menit yaitu mulai dari jam 09:15 WIT sampai dengan jam 17:00 WIT. Grafik tersebut menunjukkan bahwa arus pengisian relatif stabil pada kisaran 5,7 A dari pukul 8:30 WIT hingga sekitar pukul 10:15. Setelah pukul 10:15 WIT, arus mulai sedikit menurun ke sekitar 5,3–5,2 A dan bertahan di level tersebut hingga pukul 20:00 WIT. Penurunan arus menjadi 4,9 A terlihat pada pukul 20:00 WIT, menunjukkan kemungkinan akhir pengisian atau perubahan kondisi.



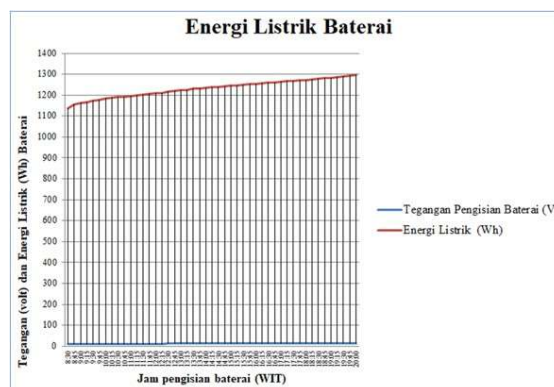
Gambar 11. Grafik pengisian baterai menggunakan listrik PLN

Tegangan pengisian mulai dari 11,39 V pada pukul 8:30 dan secara bertahap meningkat sepanjang hari. Peningkatan tegangan cenderung konsisten, mencapai 12,97 V pada pukul 20:00 WIT, menunjukkan proses pengisian yang efisien dengan peningkatan bertahap hingga baterai hampir terisi penuh.

Meskipun arus pengisian stabil atau sedikit menurun, tegangan pengisian terus meningkat.

Ini menunjukkan bahwa baterai secara bertahap mendekati kapasitas penuh, sehingga tegangan meningkat untuk mempertahankan pengisian. Arus yang konstan mendukung proses pengisian yang stabil, sedangkan peningkatan tegangan menandakan bahwa resistansi internal baterai meningkat seiring pengisian.

Gambar 12 merupakan grafik energi yang tersimpan dalam baterai selama pengisian menggunakan listrik PLN. Dari nilai tegangan pengisian setiap waktu dikalikan dengan kapasitas baterai sebesar 100 Ah, maka diperoleh besar energi listrik yang tersimpan dalam baterai.



Gambar 12. Grafik energi baterai dari pengisian menggunakan listrik PLN

Tegangan baterai menunjukkan kenaikan yang konsisten dari 11,39 V pada pukul 8:30 WIT hingga mencapai 12,97 V pada pukul 20:00 WIT. Kenaikan tegangan cukup stabil, dengan perubahan kecil antara setiap interval waktu, menunjukkan bahwa pengisian berlangsung dengan efisien dan stabil. Tidak ada fluktuasi besar dalam tegangan yang menunjukkan gangguan atau ketidakseimbangan yang signifikan selama pengisian, yang menandakan bahwa baterai sedang menerima daya secara lancar.

Energi listrik yang tersimpan dalam baterai meningkat secara bertahap dari 1.139 Wh pada pukul 8:30 WIT hingga mencapai 1.297 Wh pada pukul 20:00 WIT. Rata-rata peningkatan energi listrik setiap 15 menit berkisar antara 0,017 Wh hingga 0,03 Wh, yang mencerminkan tingkat pengisian yang cukup stabil. Data ini menunjukkan bahwa pengisian berlangsung secara stabil sepanjang waktu, dengan sedikit perubahan dalam laju pengisian, yang menandakan fase pengisian yang terkontrol dengan baik. Peningkatan energi yang hampir linier, tanpa penurunan signifikan, menunjukkan

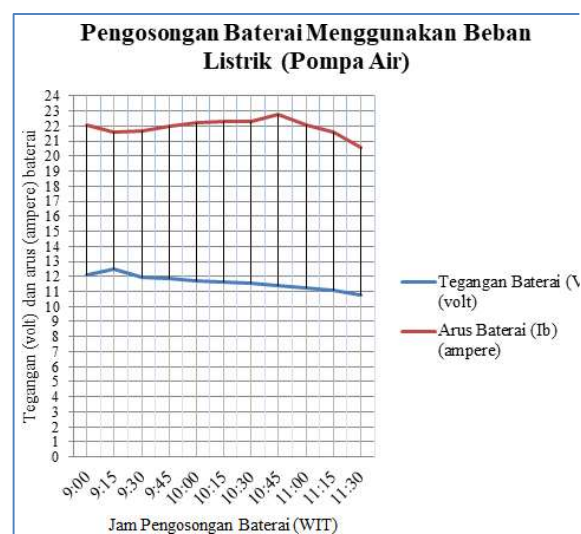
bahwa sistem pengisian bekerja dengan efisiensi tinggi, mendekati pengisian penuh pada akhir periode. Dengan energi yang tersimpan mencapai 1.297 Wh pada pukul 20:00 WIT, pengisian dapat dianggap berhasil dan berakhir dengan baik, sesuai dengan kapasitas baterai yang digunakan.

Secara keseluruhan, pengisian baterai ini menunjukkan kinerja yang sangat stabil dan efisien. Peningkatan tegangan dan energi yang konsisten mengindikasikan bahwa baterai sedang mengisi dengan baik tanpa adanya gangguan besar, dan mencapai kapasitas penuh secara bertahap hingga akhir periode pengisian pada pukul 20:00 WIT.

### 3.3 Pengosongan Baterai Menggunakan Beban Listrik (Pompa Air)

Gambar 13 merupakan grafik pengosongan baterai menggunakan beban listrik pompa air daya 125 watt. Pengosongan berlangsung selama 2,5 jam yaitu mulai dari jam 09:00 WIT sampai dengan jam 11:30 WIT. Dari grafik yang disajikan, terdapat informasi mengenai pengosongan baterai yang mencakup waktu, arus, dan tegangan pengosongan. Selama proses pengosongan, arus beban listrik yaitu pompa air konstan sebesar 1 ampere, sedangkan tegangan suplai dari inverter tertinggi 225 volt dan terendah 212 volt.

Tegangan baterai secara umum mengalami penurunan dari 12,12 volt pada pukul 9:00 WIT menjadi 10,77 volt pada pukul 11:30 WIT. Penurunan ini menunjukkan bahwa baterai perlahan-lahan kehabisan daya seiring waktu.



Gambar 13. Grafik pengosongan baterai menggunakan beban listrik (pompa air)

Arus baterai awalnya sebesar 22,1 ampere pada pukul 9:00 WIT, dan nilai arus ini berfluktuasi selama periode pengosongan. Arus tertinggi tercatat pada pukul 10:45 WIT sebesar 22,8 ampere, sementara arus terendah adalah 20,6 ampere pada pukul 11:30 WIT.

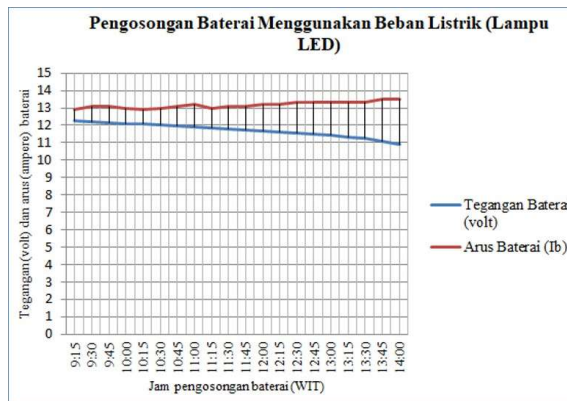
Tren penurunan tegangan dan stabilitas relatif arus menunjukkan bahwa baterai sedang digunakan dalam kondisi pengosongan beban konstan. Penurunan tegangan yang signifikan mendekati akhir periode bisa mengindikasikan bahwa baterai mendekati level pengosongan penuh.

### 3.4 Pengosongan Baterai Menggunakan Beban Listrik (Lampu LED)

Gambar 14 merupakan grafik pengosongan baterai menggunakan beban listrik lampu LED 125 watt. Pengosongan berlangsung selama 4 jam 45 menit yaitu mulai dari jam 09:15 WIT sampai dengan jam 14:00 WIT. Dari grafik yang disajikan, terdapat informasi mengenai pengisian baterai yang mencakup waktu, arus, dan tegangan pengosongan. Selama proses pengosongan, arus beban listrik yaitu lampu LED konstan sebesar 0,6 ampere, sedangkan tegangan suplai dari inverter tertinggi 225 volt dan terendah 221 volt.

Grafik pada gambar 14, merupakan grafik perubahan tegangan dan arus baterai selama periode pengosongan terjadi. Tegangan baterai secara konsisten menurun dari 12,25 volt pada pukul 9:15 WIT hingga 10,91 volt pada pukul 14:00 WIT. Penurunan bertahap ini menunjukkan proses pengosongan yang stabil seiring berjalannya waktu. Arus baterai relatif stabil di kisaran 12,9 hingga 13,5 ampere selama periode pengosongan. Terdapat sedikit peningkatan arus pada akhir periode pengosongan, yaitu sebesar 13,5 ampere pada pukul 13:45 WIT dan 14:00 WIT, dibandingkan dengan awal periode.

Penurunan tegangan yang konsisten dengan arus yang relatif stabil mengindikasikan bahwa baterai dipakai untuk mendukung beban dengan kebutuhan arus yang hampir konstan. Penurunan tegangan yang mencapai 10,91 volt pada pukul 14:00 WIT menunjukkan bahwa baterai mendekati batas pengosongan kritisnya. Perubahan arus yang cukup stabil mengindikasikan bahwa sistem menggunakan daya secara konsisten, tanpa fluktuasi beban yang signifikan.



Gambar 14. Grafik pengosongan baterai menggunakan beban listrik (lampu LED)

Secara keseluruhan, data ini menunjukkan pengosongan baterai dengan arus yang stabil dan tegangan yang menurun secara bertahap. Hal ini menggambarkan penggunaan energi yang berkelanjutan selama periode pengosongan. Baterai mendekati level pengosongan penuh

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem hybrid PLTS-PLN pada *power station mobile* menunjukkan kinerja yang memadai dalam mendukung pengisian dan pengosongan energi baterai. Sistem ini cocok digunakan pada *power station mobile* untuk keperluan energi mandiri di wilayah terpencil atau situasi darurat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Simanjuntak dan J. Louhenapessy, "Penggunaan DC-AC Converter Sebagai Alternatif Pengganti Genset Untuk Mensuplai Beban Listrik Saat Terjadi Pemadaman Listrik," *Seminar Nasional "Archipelago Engineering" (ALE)*, 2018.
- [2] Sansuadi, "Evaluasi Ketimpangan Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan Di Indonesia Dampak dan Upaya Pemerataan Akses Energi," *JIRK (Jurnal of Innovation Research and Knowledge)*, vol. 4, hlm. 8209–8224, Apr 2025.
- [3] S. Kasus dkk., "Kajian Teknis dan Analisis Ekonomis PLTS Off-grid Solar System sebagai Sumber Energi Alternatif," 2015.
- [4] J. E. Elektro, H. B. Nurjaman, dan T. Purnama, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga," Nov 2022. [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.uny.ac.id/index.php/jee>
- [5] S. Purnomo, Y. Z. Arief, A. Jaenul, dan S. Wilyanti, "Analisis Pengaruh Cuaca Terhadap Efisiensi Panel Surya Grid Tie Menggunakan Konfigurasi Micro Inverter dan String Inverter Terhadap Energi Yang Dihasilkan," *Jurnal Media Elektro*, hlm. 100–110, Okt 2023, doi: 10.35508/jme.v12i2.12648.
- [6] Hendrayana, "Simulasi Sistem Hibrid Pembangkit Energi Surya, Angin, dan Generator Untuk Mengoptimalkan Pemanfaatan Daya Energi Terbarukan," *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 1, No.1, hlm. 26–43, Feb 2017.
- [7] Dahliyah, Samsurizal, dan N. Pasra, "Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu dan Kecepatan Angin," *JURNAL ILMIAH SUTET*, vol. 11, hlm. 71–80, Des 2021.
- [8] A. Simanjuntak, W. M. E. Wattimena, dan I. Aponno, "Analisis Pengaruh Variasi Laju Aliran Volumetrik Air Pendingin Terhadap Efisiensi Modul Surya," *Seminar Nasional "ARCHIPELAGO ENGINEERING" 2023*, hlm. 92, 2023.
- [9] M. Khumaidi Usman, "Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya," *Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik*, vol. 9, no. 2, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <http://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/powerielektro>
- [10] Akmal, A. Simanjuntak, J. Louhenapessy, dan I. Aponno, "Uji Eksperimental Modul Surya 130 Wp Untuk Suplai Listrik Lemari Pendingin Vaksin Di Daerah Terpencil," Mei 2022.
- [11] R. B. P. Simanjuntak, M. Safii, F. Anggraini, S. Sumarno, dan I. Gunawan, "Rancang Bangun Inverter Mengubah Arus Listrik DC ke AC Berbasis Arduino Uno," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 2, hlm. 295–299, Agu 2021, doi: 10.47065/josyc.v2i4.838.