

## **Analisa Performa Kinerja PLTS Off Grid yang Dirangkai Secara Seri Paralel untuk Penerangan Ruangan**

**Erna Wati<sup>1</sup>, Budi Pramono Jati<sup>2</sup>, Dedi Nugroho<sup>3</sup>**

1,2,3 Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

\*e-mail: [budipramono@unissula.ac.id](mailto:budipramono@unissula.ac.id)

### **ABSTRAK**

Analisa performa Kinerja PLTS Off Grid yang dirangkai secara seri paralel untuk penerangan ruangan. Penelitian ini dimulai dengan perancangan PLTS dihubung paralel dan Seri-paralel (Campuran). Pada penelitian ini dibagi menjadi dua hasil yaitu penyusunan panel surya yang baterainya dalam kondisi penuh dan dalam kondisi baterai kosong. Penelitian ini menggunakan 4 buah panel surya, baterai, *Maximum Power Point Tracking (MPPT)* dan beban berupa lampu. Pengambilan data ini dilakukan selama 8 jam, dari jam 08:00-16:00 WIB, pengukurannya dilakukan selama 30 menit sekali. Pada penelitian ini daya yang dihasilkan dari penyusunan paralel adalah 32,68 Watt, sedangkan pada penyusunan seri-paralel mendapatkan nilai 33,06 Watt. Kombinasi penyusunan panel surya yang ideal dapat disusun secara seri paralel (campuran), tegangan yang lebih besar pada penyusunan panel surya bertujuan untuk mengurangi drop tegangan dan rugi-rugi daya, jika menggunakan penyusunan paralel maka harus menggunakan kabel dengan ukuran besar karena penyusunan paralel mempunyai nilai arus yang besar, oleh karena itu penyaluran dayanya semakin rendah, daya hilang disepanjang saluran.

**Kata Kunci:** *PLTS Off Grid, Seri-paralel, baterai, MPPT.*

## ***Performance Analysis Of Series-Paralel Connected Off-Grid Solar Photovoltaic Systems For Indoor Illumination***

### **ABSTRACT**

*Performance analysis of Off Grid PLTS performance which is arranged in parallel series for room lighting. This research begins with the design of PLTS connected in parallel and series-parallel (mixed). This research is divided into two results, namely the preparation of solar panels whose batteries are in full condition and in empty battery condition. This study used 4 solar panels, batteries, Maximum Power Point Tracking (MPPT) and loads in the form of lamps. Data collection was carried out for 8 hours, from 08:00 to 16:00 WIB, measurements were carried out every 30 minutes. In this study the power generated from the parallel arrangement is 32.68 Watt, while in the series-parallel arrangement the value is 33.06 Watt. The ideal combination of solar panel arrangements can be arranged in series-parallel (mixed), a larger voltage in the arrangement of solar panels aims to reduce the voltage drop and power losses, if using a parallel arrangement, you must use a cable with a large size because the parallel arrangement has a value large current, therefore the power distribution is lower, the power is lost along the line..*

**Keywords:** *Off-Grid Solar Power System, Series-Parallel, Battery, Maximum Power Point Tracking (MPPT)*

Correspondence author : Budi Pramono Jati, Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung, Indonesia. E-mail: [budipramono@unissula.ac.id](mailto:budipramono@unissula.ac.id)

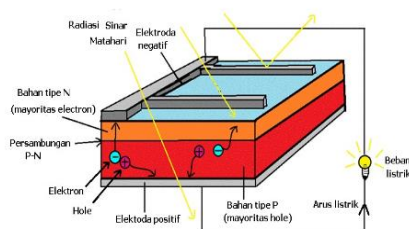
## PENDAHULUAN

Listrik tenaga matahari dibangkitkan oleh komponen yang disebut solar cell yang besarnya sekitar 10-15 cm persegi. Komponen ini mengkonversikan energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik, solar cell merupakan komponen vital yang umumnya terbuat dari bahan semi konduktor. Pada sebuah ruangan memerlukan penerangan tanpa menggunakan listrik PLN, penerangan pada ruangan tersebut bisa menggunakan panel surya, penerangan yang dapat menyala dari jam 08.00-17.00, Untuk mengetahui model mana yang cocok untuk menghasilkan kinerja yang lebih baik, dalam penelitian ini digunakan dua model yang hasilnya dapat ditentukan kemudian masing-masing model dibandingkan.

Penelitian ini akan membahas perbandingan dari daya yang dihasilkan oleh PLTS dengan masing masing penyusunan, pada penelitian sebelumnya yang berjudul : Karakteristik Photovoltaic Terhubung Seri dan Paralel Penelitian ini membahas karakteristik photovoltaic (PV) berdasarkan perubahan intensitas radiasi matahari dan suhu di Kota Medan.[1] Penelitian lain tentang penggunaan PLTS untuk kebutuhan rumah, dengan judul : Perancangan PLTS untuk Rumah tinggal dengan kapasitas daya terpasang 450 VA[2]. PLTS Off grid juga banyak digunakan, contohnya pada penelitian yang berjudul : Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Offgrid Untuk Rumah Tinggal Di Kota Banjarbaru[3]

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui daya yang dihasilkan panel surya ketika susunannya berbeda, pada penelitian ini penyusunan panel surya ada 2 metode yaitu penyusunan secara paralel dan penyusunan secara seri-paralel(campuran), pengukuran ini dilakukan dalam keadaan baterai penuh dan dalam keadaan baterai kosong, dimana dari hal tersebut kita dapat mengetahui berapa persen batrai bisa dikatakan lemah, dapat diketahui dengan mengukur tegangan baterai menggunakan multimeter. Pada penelitian sebelumnya, membahas perbedaan dengan simulasi menggunakan MATLAB,oleh karena itu pada penelitian ini bermaksud untuk membahas secara langsung daya yang dihasilkan oleh masing-masing penyusunan panel surya dengan perancangan secara langsung, dengan tujuan untuk mengetahui penyusunan mana yang paling sesuai untuk digunakan.

Teknologi yang memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan listrik. PV bekerja dengan cara mengubah energi cahaya matahari langsung menjadi energi listrik melalui proses *Photovoltaic*. Proses *Photovoltaic* ini terjadi pada bahan semikonduktor yang terdapat di dalam panel surya. Dibawah pengaruh medan listrik internal, pasangan – pasangan ini akan terpisah. Electron – electron akan bergerak menuju elektroda negative sementara hole akan bergerak ke elektroda positif. Jika kedua kutub elektroda dihubungkan ke beban maka akan mengalir arus listrik. Ini merupakan prinsip kerja sel surya.



**Gambar 1.** Gambar Prinsip Kerja sel surya

### **PLTS Off Grid**

PLTS *Off Grid* adalah sistem pembangkit listrik bertenaga surya yang dapat menghasilkan energi listrik menggunakan rangkaian modul *photovoltaic*. Sistem ini berkerja secara terpusat karena hanya terpasang hanya pada suatu wilayah, yang prioritasnya untuk memberikan suplai pada masyarakat yang jarak tempat tinggalnya saling berdekatan. Oleh Karena itu dinamakan off grid karena berada pada luar jaringan listrik PLN , sehingga harus dirancang secara tepat agar dapat menghasilkan daya yang cukup.[4]

Jenis-jenis panel surya:

#### 1. Monocrystalin

Jenis ini terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris tipis-tipis. Dengan teknologi seperti ini, akan dihasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan berkinerja tinggi. Sehingga menjadi sel surya yang paling efisien dibandingkan jenis sel surya lainnya, sekitar 15% - 20%. Mahalnya harga kristal silikon murni dan teknologi yang digunakan, menyebabkan mahalnya harga jenis sel surya ini dibandingkan jenis sel surya yang lain di pasaran. Sel-sel surya monocrystalline juga dikenal sebagai sel-sel kristal tunggal. Monocrystalline sangat mudah diidentifikasi karena berwarna hitam pekat. Sel monocrystalline terbuat dari bentuk silikon yang sangat murni, membuatnya menjadi bahan paling efisien untuk konversi sinar matahari menjadi energi.

#### 2. Polycrystalline

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur atau dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak semurni pada sel surya monocrystalline, karenanya sel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lain dan efisiensinya lebih rendah, sekitar 13% - 16%. Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuknya yang persegi, jika disusun membentuk panel surya, akan rapat dan tidak akan ada ruangan kosong yang sia-sia seperti susunan pada panel surya monocrystalline di atas. Proses pembuatannya lebih mudah dibanding monocrystalline, karenanya harganya lebih murah. Jenis ini paling banyak dipakai saat ini.

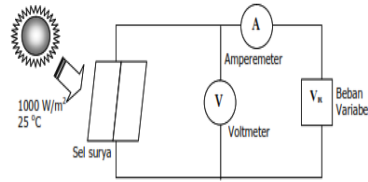
#### 3. Thin Film

Thin film PV atau thin solar cell adalah teknologi pembuatan panel surya dengan menggunakan lapisan tipis bahan semikonduktor seperti silikon, cadmium telluride atau perovskite. Teknologi ini berbeda dengan sel surya konvensional yang menggunakan bahan semikonduktor yang lebih tebal.

### **Karakteristik Sel Surya**

Untuk memperoleh karakteristik tegangan arus sel surya maka sel surya yang akan dites harus dihubungkan dengan beban listrik yang dapat divariasikan. Selain itu alat-alat ukur tegangan harus dipasang sebagaimana mestinya. Pengujian sel surya harus dipasang sebagaimana mestinya, pengujian sel surya ini harus dalam suatu keadaan standar yaitu kuat penyinaran cahaya  $1000\text{W}\cdot\text{m}^2$  pada suhu  $25^\circ\text{C}$ [5]





**Gambar 2.** Rangkaian pengtesan Sel Surya

**Komponen PLTS**

1. Modul Panel Surya

Panel surya adalah kumpulan sel surya yang disusun untuk menyerap sinar matahari secara efisien, sel surya itu sendiri yang berfungsi untuk menyerap sinar matahari, sel surya terdiri dari berbagai komponen photovoltaic, atau komponen yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik, secara umum sel surya terdiri dari lapisan silikon semi konduktor, metal, non reflektif dan strip konduktor metal.

Untuk menghitung kebutuhan panel surya yang akan digunakan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Kebutuhan Pv} = \frac{\text{Daya jam (watt Hours)}}{Wp \text{ Panel} \times \text{Jam}} \dots\dots\dots(1)$$

Untuk menentukan nilai daya, yang perlu diketahui terlebih dahulu adalah daya yang diterima oleh panel surya. Hal ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang diberikan.

$$P_{in} = E \times A \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

$P_{in}$  = Daya input akibat iradiance matahari (Watt)

$E$  = intensitas radiasi matahari ( $\text{Watt/m}^2$ )

$A$  = Luas permukaan Pv ( $\text{m}^2$ )

untuk mendapatkan nilai daya panel surya ( $P_{out}$ ) didapatkan dengan persamaan sebagai berikut

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

$P_{out}$  = Daya maksimum pada Pv

$V_{oc}$  = Tegangan rangkaian terbuka pada Pv

$I_{sc}$  = Arus hubung singkat pada Pv

$FF$  = Fil faktor

Disamping itu untuk menghitung Efisiensi panel surya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut



$$\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Efisiensi ini diukur dalam prosentasi dan mencerminkan efisiensi saat pengambilan data yang dilakukan

$$\eta = \frac{P_{output}}{I_r \times A} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

[6]

2. Baterai

Pada penelitian ini menggunakan Battery LifePo4, Battery LifePo4 ini hanya boleh digunakan pada discharge hingga 100% dari kapasitasnya, namun disarankan untuk digunakan 80% dari kapasitasnya.

DoD baterai LifePo4 berkisar antara 80% hingga 100%, DoD adalah batas kedalaman pengosongan baterai, hal ini menjadi parameter penting dalam pemeliharaan baterai karena dapat mempengaruhi masa pakai baterai.



**Gambar 1.** Baterai Lifepo4

Baterai yang digunakan sesuai dengan kebutuhan beban, kebutuhan *battery* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Kebutuhan Baterai} = \frac{\text{Daya jam (Watt Hours)}}{V_{Battery} \times Ah_{Battery}} = \frac{\text{Daya jam (watt Hours)}}{\text{Daya Battery}} \dots\dots\dots(6)$$

3. MPPT (*Maximum Power Point Tracking*)

Teknologi MPPT digunakan dalam pengontrol pengisian baterai surya atau inverter untuk memastikan panel surya beroperasi pada tingkat MPP, sehingga memaksimalkan produksi energi. Pengontrol MPPT terus memantau dan menyesuaikan parameter operasi panel surya untuk mempertahankan kinerja terbaik, Banyak sekali faktor yang mempengaruhi panel surya misalnya temperatur yang mempengaruhi nilai tegangan, intensitas cahaya yang mempengaruhi titik kerja arus yang dihasilkan dan lainnya. Maka dari itu sistem MPPT memungkinkan kondisi yang variabel itu dapat dilacak daya maximumnya pada waktu dan saat tertentu.

Efisiensi MPPT dapat diketahui dengan :



$$\text{Efisiensi MPPT} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

Sistem MPPT berkerja dengan cara memaksa panel surya untuk berkerja pada titik daya maximumnya , sehingga daya nyang mengalir pada beban adalah daya maksimalnya, pada dasarnya digunakan DC-DC converter dalam sebuah sistem MPPT untuk menggeser daya oprasi dari panel surya menjadi titik daya maksimalnya[7]

#### 4. Lampu DC

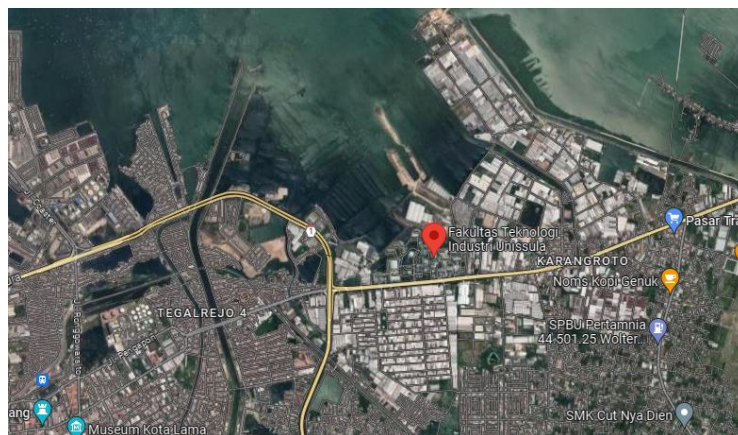
Lampu DC adalah lampu pijar yang menghasilkan cahaya dengan cara memanaskan kawat logam filamen sampai ke suhu tinggi sehingga menghasilkan sinar. Filamen panas dilindungi dari udahara oleh bola kaca yang di isi dengan gas lembamatau divakumkan.

Efisiensi lampu atau dengan kata lain disebut dengan efikasi luminus, adalah nilai yang menunjukkan besar efisiensi pengalihan energi listrik ke cahaya dan dinyatakan dalam satuan lumen per Watt. Kurang lebih 90% daya yang digunakan oleh lampu pijar dilepaskan sebagai radiasi panas dan hanya 10% yang dipancarkan dalam radiasi cahaya kasat mata.

### METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, dimulai dengan perancangan PLTS yang dihubung secara seri maupun paralel yang nantinya digunakan sebagai pembanding hasil keluarannya, untuk digunakan sebagai penerangan ruangan, Sedangkan untuk mempermudah dalam menganalisa hal tersebut maka diperlukan gambaran suatu penelitian yang digunakan sebagai acuan dasar

Penelitian dilaksanakan di Halaman belakang Fakultas Teknologi Industri, dengan menggunakan peralatan yang ada pada Laboratorium Tenaga, penelitian dilaksanakan pada tanggal 12 Juli - 5 Agustus 2023.



**Gambar 2.** Titik lokasi penelitian



### Komponen Penelitian

Adapun komponen penelitiannya sebagai berikut:

- a. Modul panel surya



**Gambar 4.** Panel surya Monocrystalin

Penelitian ini menggunakan 4 panel surya, yang akan disusun masing-masing masing sesuai rangkaian yang telah ditentukan.

**Tabel 1.** Spesifikasi Panel Surya

Karakteristik panel surya	
P max	50 W
Voc	21,41V
Isc	3,56 A
Vmp	17,6 V
Imp	2,85 A
Max System Voltage	1000 V
Dimension	835mm x 540mm x 28mm
Irradiance	1000W/m <sup>2</sup>

- b. MPPT



**Gambar 5.** MPPPT

### Spesifikasi MPPT

- Merek : MakeSkyBlue  
Arus Maksimal : 40A  
Aplikasi :- Pengendalia pengisian daya  
- Pengendalian Sistem Tenaga Surya  
- Pengendali Tenaga  
- Pemrosesan data tenaga surya

Tegangan Baterai: 12 V  
Tegangan input : 160V (12V-48V)  
Suhu Penyimpanan : -40°C sampai +75°C

c. Baterai



Gambar 6. Baterai Lifepo4

d. Beban (Lampu)

Lampu yang di gunakan dalam penelitian iniberjumlah 6 buah dengan daya masing-masing 5 Watt, menggunakan lampu jenis DC menyesuaikan dengan hasil dari output panel surya.



Gambar 7. Lampu DC

Spesifikasi Lampu DC

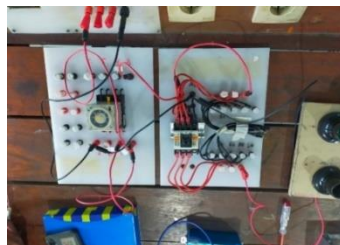
Tegangan = 12V

Daya = 5W

Lumen = 425 Lm

e. Relay Control

Relay control ini terdiri dari Timer Relay dan Kontaktor, relay yang berfungsi untuk mengatur berapa lama pengoprasian panel surya dalam menyerap energi matahari



Gambar 8. Relay Control



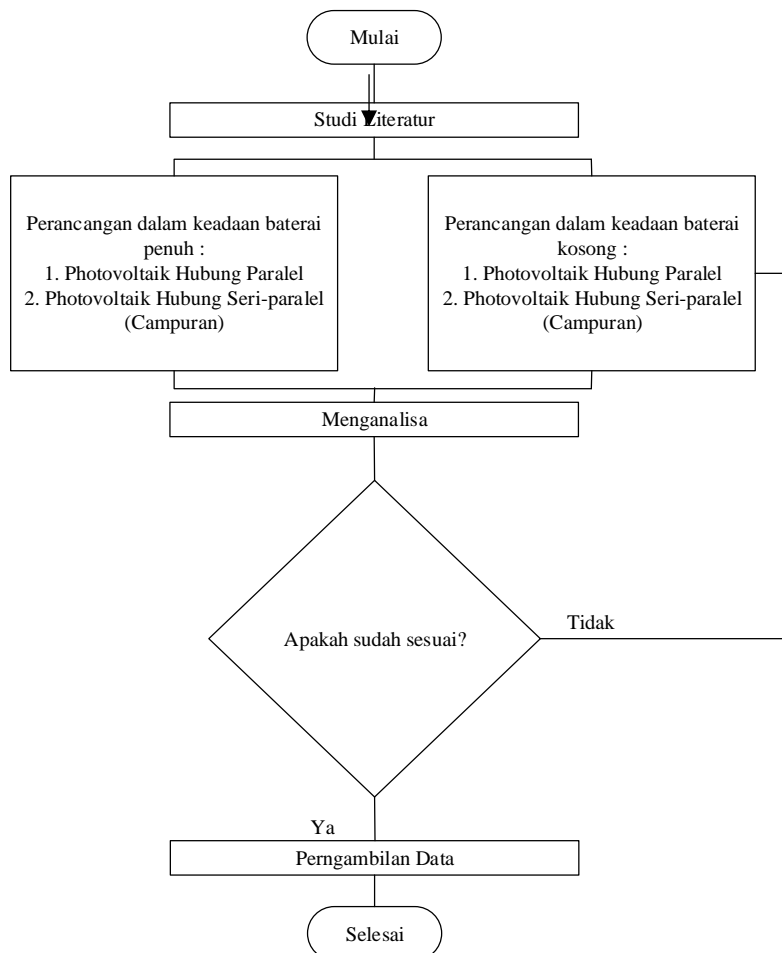
f. Infrared Thermometer

Monitoring suhu panel surya sangat penting, karena suhu yang terlalu tinggi pada panel surya dapat mempengaruhi kinerja dan efisiensi panel surya.



Gambar 3. Infrared Thermometer

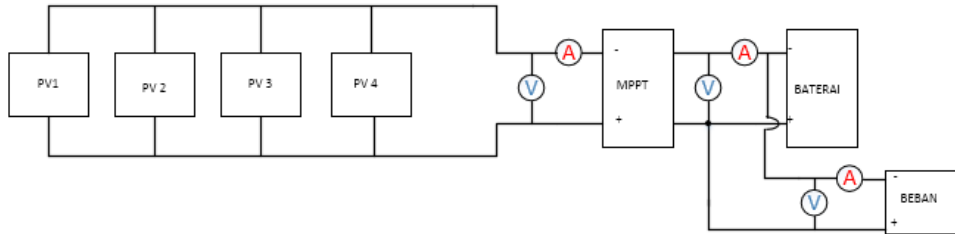
Diagram alur penelitian meruakan gambaran alur yang dilakukan untuk memperoleh data penelitian, adapun diagram alur penelitian sebagai berikut:



Gambar 10. Diagram alur penelitian

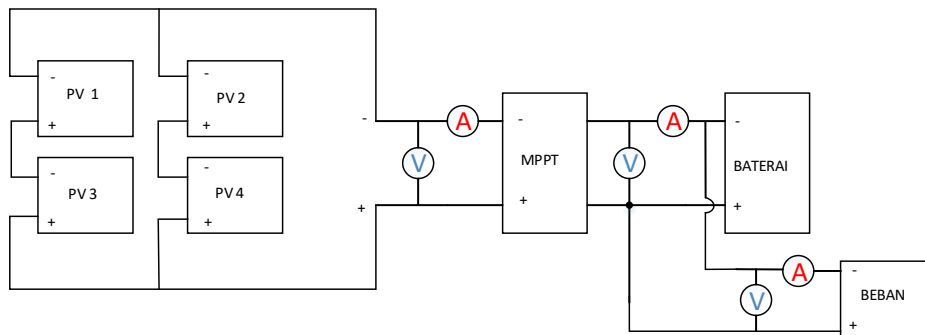
**Perancangan Simulasi**

**a. Perancangan Panel Surya Secara Paralel**



**Gambar 4.** Rangkaian panel surya yang dihubung paralel

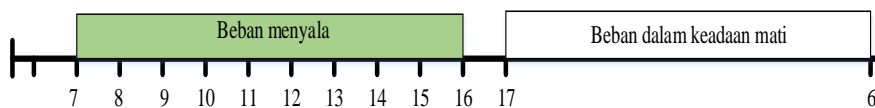
**b. Perancangan Simulasi Panel Surya Seri-Paralel**



**Gambar 5.** Rangkaian panel surya yang dihubung paralel

**Teknik Analisa Data**

Data yang akan diambil pada saat beban mulai dinyalakan, beban dinyalakan mulai jam 08.00-16.00 Wib. Pada saat beban sudah mulai dinyalakan maka pengambilan data mulai dilakukan, seperti arus, tegangan, daya, pada photovoltaik, Baterai, dan beban, serta pengambilan intensitas cahaya matahari dan suhu, pengambilan data itu dilakukan selama 30 menit sekali.



**Gambar 6.** Beban saat menyala dan beban saat mati

- a. Menganalisa Panel Surya
- b. Menganalisa Baterai
- c. Menganalisa Beban (Lampu)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari metode penelitian yang sudah dibahas sebelumnya, pada bab ini peneliti akan membahas hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan terkait dengan hasil perbandingan penyusunan masing-masing panel surya.

Panel surya mengubah energi matahari menjadi energi listrik, tapi tidak semua energi matahari yang jatuh pada permukaan panel akan diubah menjadi energi listrik, karena efisiensi konversi panel surya bermacam-macam tergantung pada jenis panel surya yang digunakan, kondisi cuaca, suhu, dan kualitas panel itu sendiri, beberapa hal ini dapat mengakibatkan sebagian energi matahari hilang dalam bentuk panas atau tidak terkonversi menjadi listrik.

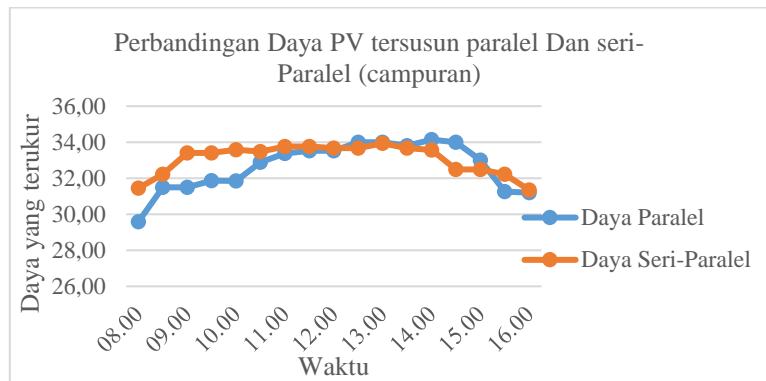
Pada penelitian ini dapat dibandingkan berapa daya yang dihasilkan oleh panel surya, karena pengukuran ini dilakukan selama 8 jam, dan data yang diambil selama 30 menit sekali, maka untuk hasil daya diambil rata-rata selama 8 jam, berikut adalah tabel dari perbandingan masing-masing penyusunan.

**a. Panel Surya dalam keadaan Baterai penuh**

**Table 2.** Hasil perbandingan daya dari masing-masing penyusunan dalam keadaan baterai penuh

No	Panel Surya dalam kondisi baterai penuh						
	Jam	Seri-Paralel			Paralel		
		V	I	W	V	I	W
1	08.00	37,0	0,85	31,45	17,4	1,70	29,58
2	08.30	36,2	0,89	32,22	17,5	1,80	31,50
3	09.00	36,7	0,91	33,40	17,5	1,80	31,50
4	09.30	36,7	0,91	33,40	17,7	1,80	31,86
5	10.00	36,5	0,92	33,58	17,4	1,83	31,84
6	10.30	36,0	0,93	33,48	17,4	1,89	32,89
7	11.00	36,7	0,92	33,76	17,2	1,94	33,37
8	11.30	36,3	0,93	33,76	17,1	1,96	33,52
9	12.00	36,2	0,93	33,67	17,1	1,96	33,52
10	12.30	36,2	0,93	33,67	17	2,00	34,00
11	13.00	36,1	0,94	33,93	17	2,00	34,00
12	13.30	36,2	0,93	33,67	16,9	2,00	33,80
13	14.00	36,1	0,93	33,57	16,9	2,02	34,14
14	14.30	35,7	0,91	32,49	17	2,00	34,00
15	15.00	35,7	0,91	32,49	16,5	2,00	33,00
16	15.30	35,8	0,90	32,22	15,1	2,07	31,26
17	16.00	33,7	0,93	31,34	15,6	2,00	31,20
	Jumlah	613,8	15,57	562,085	288,3	32,77	554,96





**Gambar 15.** Grafik perbandingan perbandingan daya pada pengusunan photovoltaik secara paralel dan seri-paralel.

Gambar grafik 4.21 menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan masing masing pengukuran cukup berbeda, dapat di bandingkan antara keduanya, dari hasil rata-rata pengukuran penyusunan secara Seri-paralel (campuran) daya yang dihasilkan lebih besar daripada penyusunan secara paralel, jadi perancangan panel surya secara campuran dapat mendapatkan daya yang lebih besar, dan juga dapat menyuplay beban leboih banyak.

Hasil dari pengukuran untuk penyusunan secara paralel didapatkan daya rata-rata pengukuran selama 8 jam sebesar 32,6 Watt sedangkan pada saat penyusunan secara seri-partalel (campuran) mendapatkan daya sebesar 33,06 watt. Dari penyusunan empat buah panel surya didapatkan daya masing-masing, dimana beban yang terpasang disesuaikan dengan daya yang dihasilkan oleh panel surya tersebut.

**b. Panel surya dalam kondisi Baterai Kosong**

Jika susuai dengan SoC (State of Charge) mengacu pada prosentase kapasitas baterai,memberikan informasi seberapa penuh kondisi baterai yang sudah digunakan,hal tersebut dapat ditunjukkan pada tabel berikut:

**Table 3.** State of Charge

No	12V LifePo	LifePo(LFP)
1	100%	14.4
2	100%	13.6
3	99%	13.4
4	90%	13.3
5	70%	13.2
6	40%	13.1
7	30%	13.0
8	20%	12.9
9	17%	12.8
10	14%	12.5
11	9%	12.0
12	0%	10.0



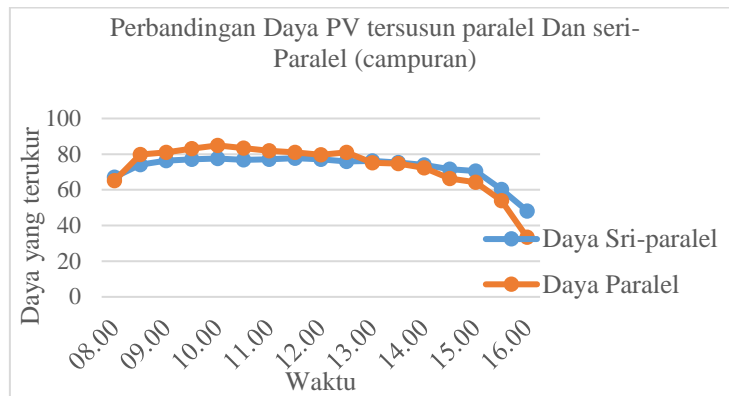
Pada saat pengukuran, hasil tegangan yang didapatkan adalah 12.9 V, jika mengacu pada tabel 3. baterai dalam keadaan lemah, kapasitas baterai hanya tersisa 20%, oleh sebab itu pengukuran ini dilakukan dalam keadaan baterai kosong



**Gambar 16.** Pengukuran tegangan baterai saat kondisi baterai lemah

**Table 4** Hasil perbandingan daya dari masing masing penyusunan dalam keadaan bateri penuh.

No	Jam	Panel Surya dalam kondisi Baterai kosong					
		Seri-Paralel			Paralel		
		V	I	W	V	I	W
1	08.00	30,1	2,23	67,123	15,3	4,26	65,18
2	08.30	32,2	2,30	74,06	14,8	5,39	79,77
3	09.00	34,4	2,22	76,368	14,8	5,47	80,96
4	09.30	34,4	2,24	77,056	14,9	5,58	83,14
5	10.00	34,6	2,24	77,504	15,0	5,66	84,90
6	10.30	34,6	2,22	76,812	15,0	5,56	83,40
7	11.00	34,4	2,24	77,056	15,0	5,46	81,90
8	11.30	34,4	2,26	77,744	15,1	5,36	80,94
9	12.00	34,4	2,24	77,056	15,1	5,27	79,58
10	12.30	33,9	2,24	75,936	15,0	5,40	81,00
11	13.00	33,9	2,25	76,275	15,0	5,01	75,15
12	13.30	33,9	2,22	75,258	15,0	4,98	74,70
13	14.00	33,5	2,21	74,035	15,0	4,82	72,30
14	14.30	33,0	2,17	71,61	15,4	4,32	66,31
15	15.00	31,8	2,22	70,596	14,9	4,31	64,22
16	15.30	30,1	2,00	60,2	14,8	3,64	53,87
17	16.00	30,1	1,60	48,16	14,7	2,27	33,37
	Jumlah	563,7	37,10	1232,849	254,75	82,76	1240,68
	Rata-Rata	33,2	2,18	72,52053	14,98529	4,868235	72,98



**Gambar 17.** Grafik perbandingan perbandingan daya pada pengusunan photovoltaik secara paralel dan seri-paralel. Kondisi baterai kosong

Saat kondisi pengisian baterai arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya dialirkan melalui MPPT yang bertugas untuk mengatur aliran arus ke baterai, regulator pengisian memastikan bahwa baterai diisi dengan aman dan mencegah overcharging yang dapat merusak baterai

## KESIMPULAN

Pada penelitian ini daya yang dihasilkan dari penyusunan paralel adalah 32,68 Watt, sedangkan pada penyusunan seri-paralel mendapatkan nilai 33,06 Watt, walaupun selisihnya tidak jauh berbeda namun tetap penyusunan seri paralel akan menghasilkan daya yang lebih besar. Didapatkannya pengukuran demikian tergantung kondisi lingkungan setempat, hasil daya akan lebih maksimal jika panel surya mendapatkan iradiasi yang sesuai dengan spesifikasi namplate. Kombinasi penyusunan panel surya yang ideal dapat disusun secara seri paralel (campuran), tegangan yang lebih besar pada penyusunan panel surya bertujuan untuk mengurangi drop tegangan dan rugi-rugi daya, jika menggunakan penyusunan paralel maka harus menggunakan kabel dengan ukuran yang besar karena penyusunan paralel mempunyai nilai arus yang besar, oleh karena itu penyaluran dayanya semakin rendah, daya hilang disepanjang saluran. Format

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Yana, "Studi Karakteristik Photovoltaic Terhubung Seri dan Paralel Oleh," 2023.
- [2] A. Mathematics, "PERANCANGAN PLTS UNTUK RUMAH TINGGAL DENGAN KAPASITAS DAYA TERPASANG 450V," vol. 9, no. 1, pp. 1–23, 2016.
- [3] R. Rahman, "Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Offgrid Untuk Rumah Tinggal Di Kota Banjarbaru," *J. EEICT (Electric, Electron. Instrumentation, Control. Telecommun.*, vol. 4, no. 1, 2021, doi: 10.31602/eeict.v4i1.4540.
- [4] S. Tera, "Keuntungan dan Kekurangan Sistem PLTS Off Grid," 12 juni 2023, 2023. <https://www.sunterra.id/mengenal-lebih-dekat-sistem-plts-off-grid/> (accessed Aug. 06, 2023).
- [5] S. Thermal and S. Pv, "Desain Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rumah Tangga".
- [6] R. Hasrul, "Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif," vol. 5, no. 2, pp.

- 79–87, 2021.
- [7] F. H. Hasan, “Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Text Mining pada Media Sosial Twitter,” *Skripsi*, pp. 1–99, 2017.

