

Analisa Perbandingan Kinerja Panel Surya Vertikal dengan Panel Surya Fleksibel pada Jenis *Monocrystalline*

Budiyanto¹, Hery Setiawan²

^{1,2)} Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta
e-mail : yan.budiyanto@yahoo.com¹, herysetiawan95@gmail.com²

ABSTRAK

Besarnya daya keluaran yang dihasilkan relatif tidak konstan karena dipengaruhi oleh besarnya intensitas matahari serta suhu lingkungan di sekitarnya. Efisiensi lebih tinggi dibanding dengan panel surya vertikal, yaitu 20,8774%, sedangkan panel surya vertikal menghasilkan efisiensi sebesar 19,2844%. Dalam penggunaan simulasi pencahayaan lampu panel surya vertikal menghasilkan efisiensi yang cukup tinggi dan lebih tinggi dibanding panel surya fleksibel, yaitu 20,4818% sedangkan panel surya fleksibel menghasilkan efisiensi sebesar 16,4044%. Pada panel surya fleksibel dengan bentuk cembung 25° menghasilkan efisiensi sebesar 15,3200. Pada bentuk cekung 25° menghasilkan efisiensi 15,6265%..

ABSTRACT

The main problem with solar cells is the different types of solar cells that cause differences in the performance of the solar cell. The amount of output power generated is relatively not constant because it is influenced by the intensity of the sun and the temperature of the surrounding environment. To solve this problem, this final project is designed to compare the vertical and flexible types of monocrystalline solar panels. In the test results with solar lighting, flexible solar panels produce higher efficiency compared to vertical solar panels, namely 20.8774%, while vertical solar panels resulting in an efficiency of 19.2844%. In the use of simulated lighting, vertical solar panel lights produce high and higher efficiency than flexible solar panels, namely 20.4818%, while flexible solar panels produce an efficiency of 16.4044%. In a flexible solar panel with a 25 ° convex shape, the efficiency is 15.3200. At 25 ° concave form the efficiency is 15.6265%..

Kata Kunci : Panel Surya, Panel Surya Vertikal, Panel Surya Fleksibel, Efisien

1 PENDAHULUAN

Listrik sangat penting bagi kehidupan orang banyak [1]. Penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui sudah mulai mengkhawatirkan [2]. Berkurangnya ketersediaan energi fosil menyebabkan dunia mulai beralih ke penggunaan energi alternatif [3]. Mengurangi ketebalan wafer silikon kristal telah menjadi tujuan jangka panjang dalam industri tenaga surya [4]. Panel Surya adalah alat konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik [5]. Fotovoltaik seluler (PV) adalah sebuah teknologi yang dapat memenuhi kebutuhan ini dengan memanfaatkan ruang fleksibel yang muncul teknologi fotovoltaik [6]. Fotovoltaik fleksibel film tipis membuka jalan menuju listrik berbiaya rendah [7]. Sel surya polimer dapat diolah dari solusi atau dispersi yang menawarkan sangat penting potensi teknologi untuk fabrikasi berbiaya rendah ke area yang luas dan substrat fleksibel [8]. Matahari adalah sebuah bola panas dari gas yang dipanaskan oleh reaksi fusi nuklir [9]. Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa yang mempunyai tingkat radiasi harian matahari rata - rata yang relatif tinggi yaitu 4,5

kWh/m²/hari. Hal tersebut dapat digunakan sebagai modal utama pembangkitan listrik dengan menggunakan *solar cell*. Daya yang dihasilkan oleh *solar cell* berbanding lurus dengan besarnya intensitas matahari yang diterima panel surya. Semakin besar intensitas matahari yang diterima oleh panel maka semakin besar daya yang dapat dihasilkan oleh *solar cell* tersebut [10]. Besarnya intensitas matahari yang diterima oleh panel surya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti letak astronomi lokasi pemasangan panel, gerak semu harian dan tahunan matahari serta cuaca. Permasalahan utama dari *solar cell* adalah perbedaan jenis solar cell yang mengakibatkan perbedaan kinerja pada *solar cell* tersebut. Besarnya daya keluaran yang dihasilkan relatif tidak konstan karena dipengaruhi oleh besarnya intensitas matahari serta suhu lingkungan di sekitarnya. Pada kondisi standarnya sistem *solar cell* yang mempunyai efisiensi sebesar 10% - 30% dapat menghasilkan daya sebesar 100 – 300 Watt pada saat intensitas matahari yang diterima sebesar 1.000 W/m² dan pada suhu sebesar 30°C. Dengan adanya perbedaan jenis solar cell ini yang melandasi untuk merancang

dan meneliti penelitian ini. Dari latar belakang diatas maka didapat rumuskan masalah bagaimana membuat perancangan dan perancangan sistem yang dapat digunakan untuk melakukan perbandingan diantara panel surya fleksibel dan panel surya vertikal. Dalam penelitian ini terfokus pada permasalahan yang terjadi, maka ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada :

1. Jenis panel surya yang digunakan merupakan panel surya fleksibel dan vertikal jenis *monocrystalline*.
2. Daya panel surya yang digunakan sebesar 10 Wp untuk untuk panel surya fleksibel dan panel surya vertikal.
3. Penggunaan Aki atau baterai sebagai media penyimpanan energi listrik.
4. Pengontrollan *output* dari solar panel surya ke battery dan *output* dari panel surya ke beban menggunakan *Solar Charge Controller*.
5. Penyinaran cahaya menggunakan panas matahari dengan cara penyinaran langsung.
6. Penelitian ini difokuskan pada efisiensi *solar cell*, arus (A), tegangan (V), intensitas cahaya (W/m^2), Daya (P), pada saat penyinaran langsung.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

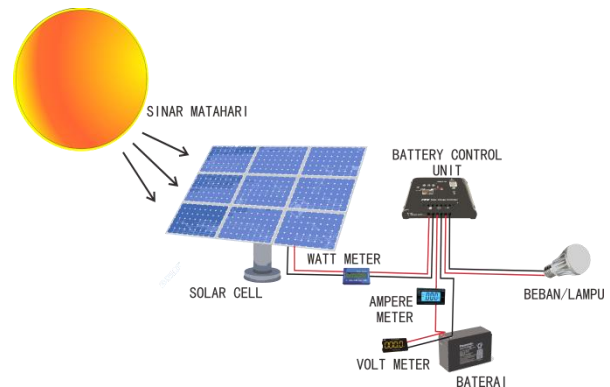
1. Dapat membandingkan kinerja panel surya fleksibel dengan panel surya vertikal pada jenis *monocrystalline*.
2. Dapat diketahui hasil perngukuran dari hasil perbandingan pada panel surya fleksibel dan panel surya vertikal jenis *monocrystalline*.
3. Dapat mengetahui karakteristik panel surya fleksibel dan panel surya vertikal pada jenis *monocrystalline*.

Istilah *photovoltaic* diturunkan dengan menggabungkan kata Yunani untuk cahaya, foto, dengan volta, dinamai Alessandro Volta. Sel surya adalah suatu alat yang mngubah energi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Sel surya terbuat dari batu polucristal silium yang dihancurkan menjadi sebuk silium dan kemudain dipadatkan menjadi bentuk batang dan setelah itu dipotong menjadi lembaran setebal 0.3 mm. Sel surya dalam keadaan tanpa penyinaran memiliki prinsip kerja seperti dioda. Setelah sel surya mendapat sinar matahari sampai dengan ke permukaan N-S, maka energi akan diserap. Energi ini yang biasa disebut *photon*. Kemudain, energi tersebut akan bertabrakan denngan silikon bermuatan negatif dan positif, akibat dari tumbukan ini akan menimbulkan energi panas pada sel surya.

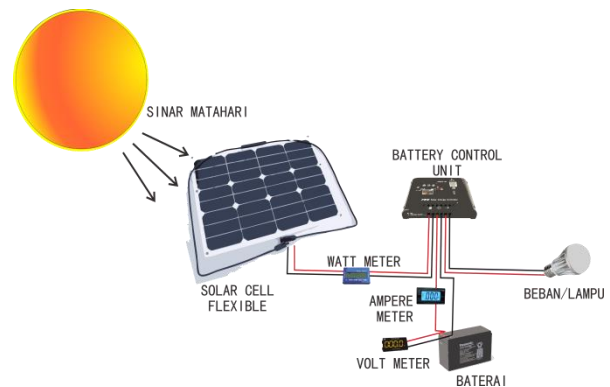
2 METODOLOGI

Pada penelitian ini merencanakan dan merancang rangkaian penelitian yang dapat

digunakan untuk membandingkan panel surya vertikal dan fleksibel. Dalam penelitian ini terdapat beberapa rangkaian pengujian untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

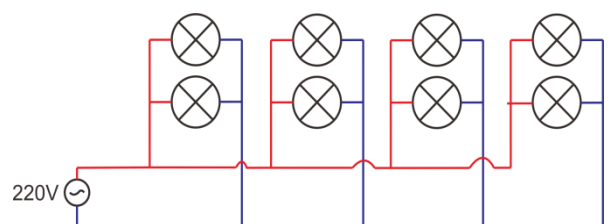


Gambar 1 Rangkaian pengujian panel surya vertikal dengan pencahayaan matahari.

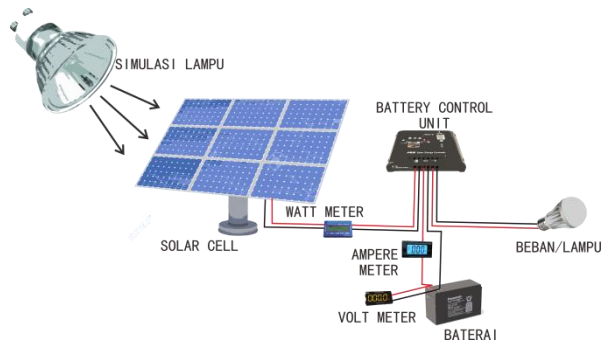


Gambar 2 Rangkaian pengujian panel surya fleksibel dengan pencahayaan matahari.

Tidak hanya dengan matahari, penelitian ini juga menggunakan simulasi pencahayaan lampu dengan menggunakan lampu halogen 8 x 50W/220V.

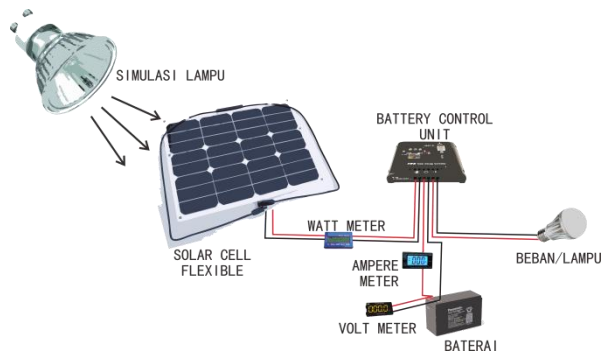


Gambar 3 Rangkaian simulasi pencahayaan lampu.

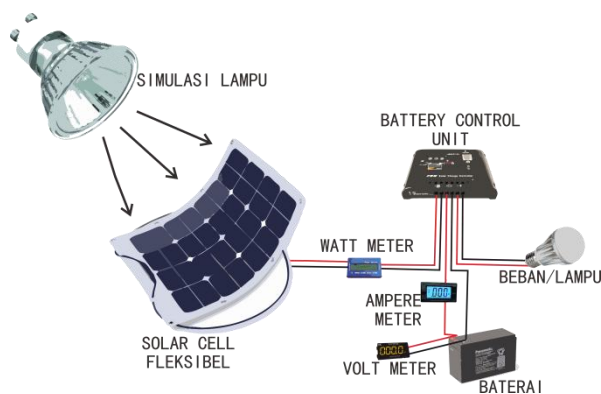


Gambar 4 Rangkaian pengujian panel surya vertikal dengan simulasi pencahayaan lampu.

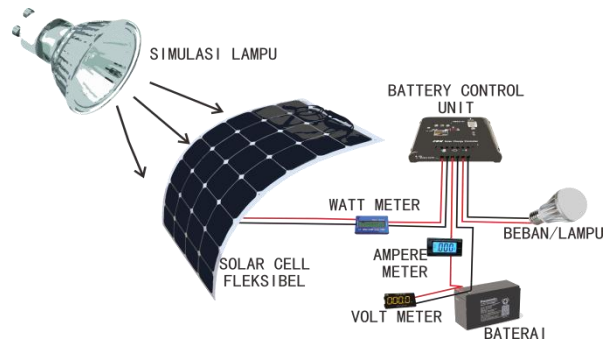
Pengujian panel surya fleksibel dengan simulasi pencahayaan lampu dilakukan dengan menggunakan tiga sudut/benakuk. Diantaranya, bentuk 0°, cekung 25°, dan cembung 25°.



Gambar 5 Rangkaian pengujian panel surya fleksibel dengan simulasi pencahayaan lampu.



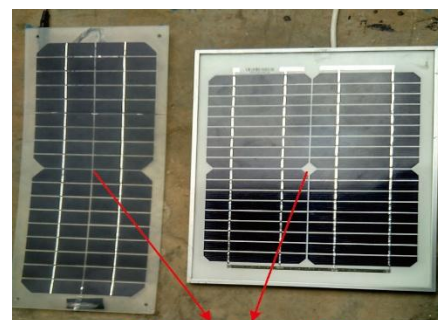
Gambar 6 Rangkaian pengujian panel surya fleksibel cekung 25° dengan simulasi penyinaran lampu.



Gambar 7 Rangkaian pengujian panel surya fleksibel cembung 25° dengan simulasi penyinaran lampu.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dirancang untuk dapat membandingkan kinerja panel surya vertikal dengan panel surya fleksibel jenis *monocrystalline*. Pada penelitian dengan menggunakan pencahayaan matahari dilakukan pada waktu dan tempat yang bersamaan.



Titik Pengukuran Suhu

Gambar 8 Gambar pengujian panel surya dengan pencahayaan matahari.

Tabel 1 Hasil pengujian panel surya vertikal dengan pencahayaan matahari.

Waktu	Tegangan Panel (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu Panel (°C)
09.00.00	17,90	0,39	6,98	36,0
09.30.00	18,95	0,44	8,34	37,3
10.00.00	19,41	0,45	8,73	39,5
10.30.00	19,80	0,44	8,71	49,0
11.00.00	20,21	0,47	9,50	45,0
11.30.00	19,81	0,50	9,91	52,3
12.00.00	16,90	0,21	3,55	41,7
12.30.00	18,05	0,19	3,43	47,8
13.00.00	17,20	0,45	7,74	38,2
13.30.00	20,00	0,48	9,60	52,2
14.00.00	19,80	0,45	8,91	50,0
14.30.00	18,15	0,44	7,99	49,7
15.00.00	18,41	0,44	8,10	48,9

15.30.00	18,49	0,44	8,14	47,0
16.00.00	19,01	0,41	7,79	45,3
Rata-Rata	18,46	0,40	7,39	40,7

Dari tabel diatas di dapatkan efisiensi dengan perhitungan berikut :

$$\eta = \frac{P_{max} \text{ (maximum power point)}}{E \text{ (incident radiation flix)} \times A_c \text{ (area of colecto)}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{9,91 \text{ W}}{587 \frac{W}{m^2} \times (0,25 \times 0,35)} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{51,3625}{9,91} \times 100\%$$

$$\eta = 19,2844 \%$$

Untuk melakukan perbandingan berikut hasil pengujian panel surya fleksibel dengan pencahayaan matahari.

Tabel 2 Hasil pengujian panel surya fleksibel dengan pencahayaan matahari.

Waktu	Tegangan Panel (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu Panel (°C)
09.00.00	18,90	0,41	7,75	39,1
09.30.00	18,19	0,55	10,00	56,3
10.00.00	19,75	0,44	8,69	50,0
10.30.00	20,10	0,45	9,05	51,9
11.00.00	20,22	0,49	9,91	49,5
11.30.00	19,77	0,53	10,48	55,5
12.00.00	12,90	0,50	6,45	41,5
12.30.00	17,85	0,50	8,93	36,8
13.00.00	15,70	0,45	7,07	38,4
13.30.00	20,19	0,45	9,09	50,5
14.00.00	20,11	0,46	9,25	50,7
14.30.00	19,78	0,35	6,92	49,3
15.00.00	20,31	0,18	3,66	46,9
15.30.00	18,85	0,33	6,22	48,0
16.00.00	18,97	0,41	7,78	47,1
Rata-Rata	18,94	0,41	7,76	43,1

Dari hasil tabel pengujian panle surya fleksibel dengan pencahayaan matahari dapat dihitung efisiensi panel surya fleksibel dengan pencahayaan matahari sebagai berikut :

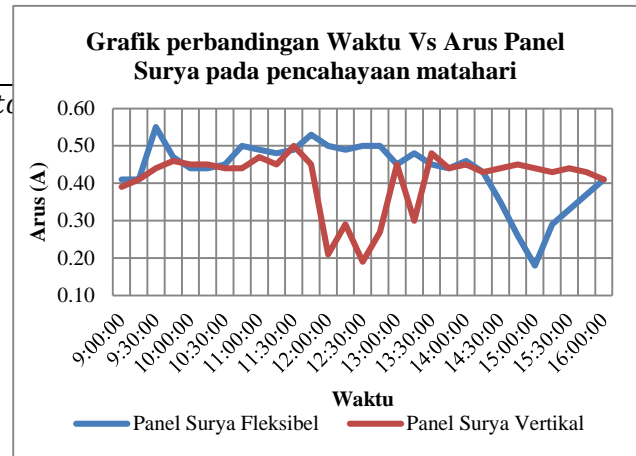
$$\eta = \frac{P_{max} \text{ (maximum power point)}}{E \text{ (incident radiation flix)} \times A_c \text{ (area of colector)}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{10,48}{587 \frac{W}{m^2} \times (0,19 \times 0,45)} \times 100\%$$

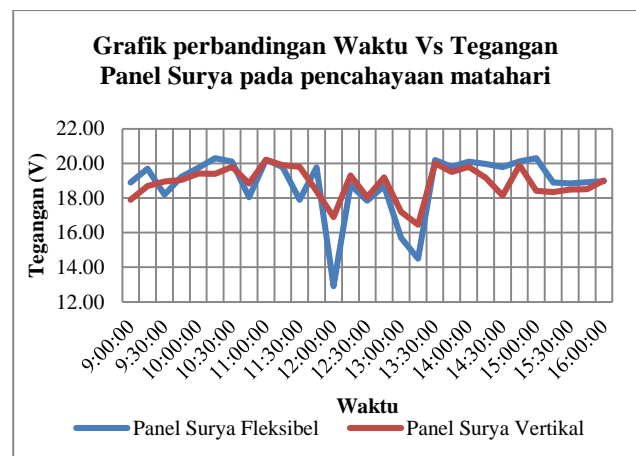
$$\eta = \frac{10,48}{50,1885} \times 100\%$$

$$\eta = 20,8774 \%$$

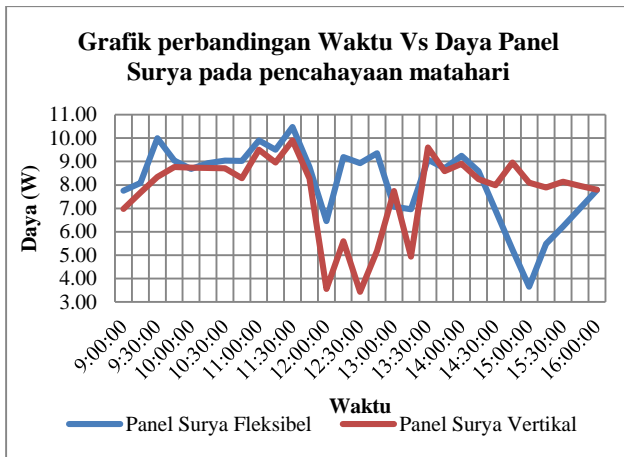
Agar memudahkan untuk melihat perbedaan dari hasil pengujian antara panel surya vertikal dengan panel surya fleksibel pada penyinaran matahari maka perbedaan itu digambarkan dalam bentuk grafik seperti pada dibawah ini.



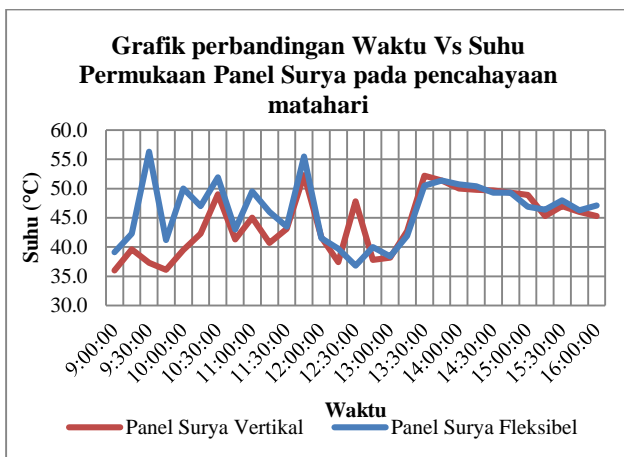
Gambar 9 Grafik perbedaan waktu vs arus panel surya vertikal dengan fleksibel pada pecahayaann matahari.



Gambar 10 Grafik perbedaan waktu vs tegangan panel surya vertikal dengan fleksibel pada pencahayaan matahari.



Gambar 11 Grafik perbedaan waktu vs daya panel surya vertikal dengan fleksibel pada pencahayaan matahari.

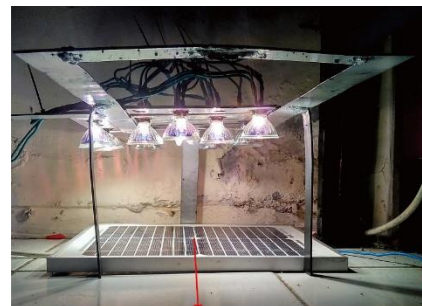


Gambar 12 Grafik perbedaan waktu vs suhu permukaan panel surya vertikal dengan fleksibel pada pencahayaan matahari.

Pengujian dengan simulasi pencahayaan lampu bertujuan untuk melihat kinerja panel surya pada kondisi dimana panas dan cahaya yang diterima oleh –panel surya konstan dengan waktu yang cukup lama. Pengujian dilakukan selama 8 jam dan dianalisa dengan jeda waktu setiap 15 menit. Berdasarkan hasil pengukuran terhadap sumber pencahayaan, didapati bahwa intensitas cahaya yang didapat sebesar 760 W/m²



Gambar 13 Hasil pengukuran intensitas pencahayaan pada simulasi lampu.



Titik Pengukuran Suhu Panel Surya

Gambar 14 Pengujian panel surya vertikal dengan simulasi pencahayaan lampu.

Tabel 3 Hasil pengujian panel surya vertikal dengan simulasi pencahayaan lampu.

Waktu (Menit)	Tegangan Panel (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu Panel (°C)
0	20,03	0,68	13,62	31,3
30	17,35	0,54	9,37	54,1
60	17,09	0,50	8,55	60,3
90	16,99	0,49	8,33	62,3
120	16,87	0,48	8,10	64,1
150	16,79	0,49	8,23	67,3
180	16,57	0,48	7,95	68,7
210	16,41	0,47	7,71	69,3
240	16,93	0,45	7,62	70,2
270	16,60	0,38	6,31	70,7
300	16,41	0,25	4,10	70,7
330	16,16	0,22	3,56	70,5
360	16,55	0,21	3,48	71,2
390	16,45	0,19	3,13	71,6
420	16,36	0,19	3,11	72
450	16,60	0,18	2,99	72,2
480	16,82	0,18	3,03	72,1
Rata-Rata	18,43	0,43	8,32	51,7

Berdasarkan tabel hasil pengujian diatas yang terdapat daya *output*, tegangan, arus dan intensitas

cahaya maka dapat dihitung efisiensi panel surya vertikal.

$$\eta = \frac{P_{max} \text{ (maximum power point)}}{E \text{ (incident radiation flix)} \times A_c \text{ (area of colector)}}$$

$$\eta = \frac{13,62W}{760 \frac{W}{m^2} \times (0,25 \times 0,35)} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{13,62}{66,5} \times 100\%$$

$$\eta = 20,4818 \%$$

Untuk melakukan perbandingan berikut hasil pengujian panel surya fleksibel dengan simulasi pencahayaan lampu.



Titik Pengukuran Suhu

Gambar 15 Pengujian panel surya fleksibel bentuk 0° dengan simulasi pencahayaan lampu.

Tabel 4 Hasil pengujian panel surya fleksibel bentuk 0° dengan simulasi pencahayaan lampu

Waktu (Menit)	Tegangan Panel (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu Panel (°C)
0	19,74	0,54	10,66	27,3
30	18,96	0,50	9,48	47,1
60	18,43	0,50	9,22	51,5
90	18,55	0,48	8,90	52,9
120	18,05	0,47	8,48	53,7
150	18,16	0,45	8,17	54,9
180	17,81	0,42	7,48	56,3
210	18,06	0,35	6,32	56,3
240	18,01	0,30	5,40	57,8
270	18,11	0,28	5,07	57,5
300	17,99	0,28	5,04	59,3
330	17,95	0,26	4,67	60,2
360	17,90	0,28	5,01	59,8
390	17,35	0,28	4,86	57,8
420	17,88	0,29	5,19	57,7
450	17,55	0,28	4,91	61,0

480	17,66	0,29	5,12	60,5
Rata - Rata	18,70	0,42	7,89	43,9

Berdasarkan tabel hasil pengujian diatas yang terdapat daya output, tegangan, arus dan intensitas cahaya maka dapat dihitung efisiensi panel surya fleksibel.

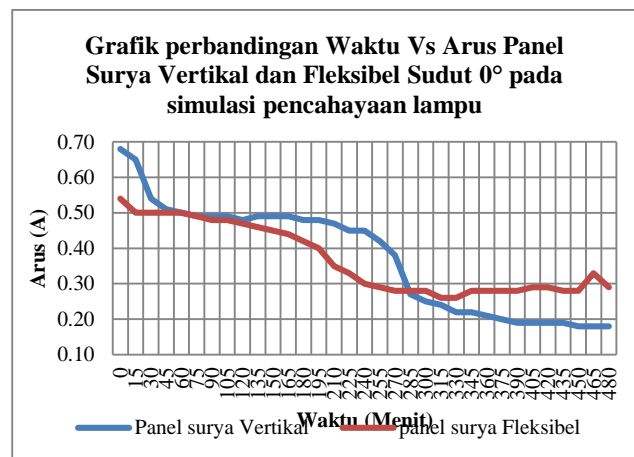
$$\eta = \frac{P_{max} \text{ (maximum power point)}}{E \text{ (incident radiation flix)} \times A_c \text{ (area of colector)}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{10,66 W}{760 \frac{W}{m^2} \times (0,19 \times 0,45)} \times 100\%$$

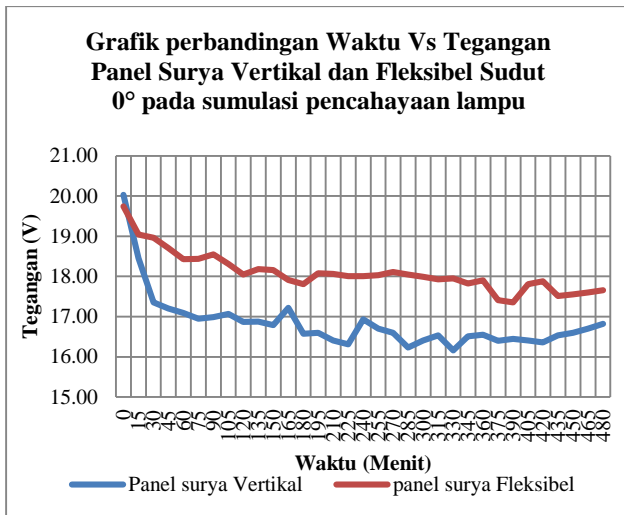
$$\eta = \frac{10,66}{64,98} \times 100\%$$

$$\eta = 16,4044 \%$$

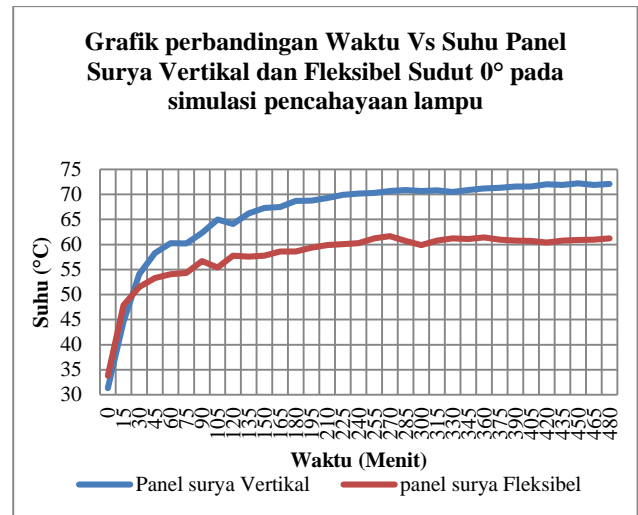
Dibawah ini terdapat grafik yang membedakan keluaran panel surya vertikal dan panel surya fleksibel pada simulasi pencahayaan lampu.



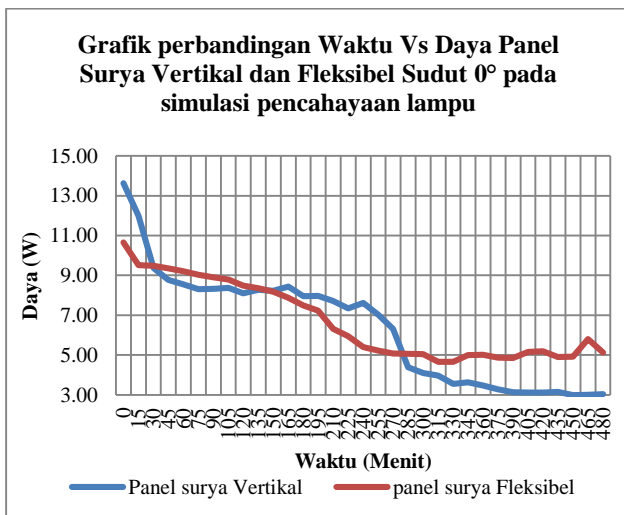
Gambar 16 Grafik perbedaan waktu vs Arus panel surya vertikal dengan fleksibel bentuk datar 0° pada simulasi pencahayaan lampu.



Gambar 17 Grafik perbedaan waktu vs Tegangan panel surya vertikal dengan fleksibel bentuk datar 0° pada simulasi pencahayaan lampu.

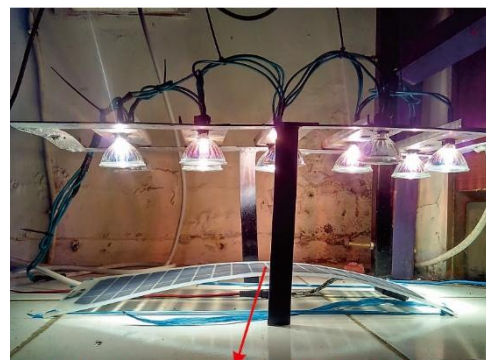


Gambar 19 Grafik perbedaan waktu vs suhu panel surya vertikal dengan fleksibel bentuk datar 0° pada simulasi pencahayaan lampu.



Gambar 18 Grafik perbedaan waktu vs Daya panel surya vertikal dengan fleksibel bentuk datar 0° pada simulasi pencahayaan lampu.

Pengujian panel surya fleksibel dengan keadaan cembung 25° dilakukan dengan simulasi pencahayaan lampu.



Titik Pengukuran Suhu Panel Surya

Gambar 20 Pengujian panel surya fleksibel bentuk cembung 25° dengan simulasi pencahayaan lampu.

Tabel 5 Pengujian panel surya fleksibel cembung 25° dengan simulasi pencahayaan lampu.

Waktu (Menit)	Tegangan Panel (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu Panel (°C)
0	19,91	0,50	9,96	33,8
30	18,80	0,50	9,40	51,5
60	17,75	0,50	8,88	54,1
90	17,96	0,49	8,80	56,7
120	17,39	0,48	8,35	57,8
150	17,20	0,30	5,16	57,8
180	17,10	0,25	4,28	58,6

210	17,40	0,24	4,18	59,9
240	17,37	0,23	4,00	60,3
270	17,25	0,23	3,97	61,7
300	17,41	0,22	3,83	59,9
330	17,24	0,22	3,79	61,2
360	17,21	0,24	4,13	61,4
390	17,18	0,24	4,12	60,8
420	17,29	0,24	4,15	60,4
450	17,48	0,24	4,20	60,9
480	17,45	0,24	4,19	61,2
Rata-Rata	18,68	0,37	7,07	47,5

30	18,05	0,46	8,30	52,4
60	17,44	0,28	4,88	54,4
90	17,89	0,27	4,83	56,2
120	17,83	0,26	4,64	56,4
150	17,78	0,26	4,62	58,4
180	17,68	0,26	4,60	58,9
210	17,71	0,26	4,60	59,7
240	17,50	0,28	4,90	60,1
270	17,55	0,28	4,91	60,1
300	17,49	0,28	4,90	60,6
330	17,70	0,27	4,78	59,9
360	17,67	0,28	4,95	60,7
390	17,35	0,26	4,51	60,7
420	17,61	0,26	4,58	60,9
450	17,40	0,27	4,70	61,3
480	17,48	0,27	4,72	61,7
Rata-Rata	18,70	0,39	7,44	46,9

Dari hasil pengujian panel surya fleksibel dengan keadaan cembung 25° dapat dihitung efisiensi kinerjanya dengan perhitungan berikut :

$$\eta = \frac{P_{max} \text{ (maximum power point)}}{E \text{ (incident radiation flix)} \times A_c \text{ (area of colector)}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{9,96 \text{ W}}{760 \frac{W}{m^2} \times (0,19 \times 0,45)} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{9,96}{64,98} \times 100\%$$

$\eta = 15,3200 \%$

Pengujian panel surya fleksibel dengan keadaan cekung 25° dilakukan dengan simulasi pencahayaan lampu



Titik Pengukuran Suhu Panel

Gambar 21 Pengujian panel surya fleksibel bentuk cekung 25° dengan simulasi pencahayaan lampu

Tabel 6 Hasil pengujian panel surya fleksibel cekung 25° dengan simulasi pencahayaan lampu.

Waktu (Menit)	Tegangan Panel (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu Panel (°C)
0	19,91	0,51	10,15	32,1

Dari hasil pengujian panel surya fleksibel dengan keadaan cekung 25° dapat dihitung efisiensi kinerjanya dengan perhitungan berikut :

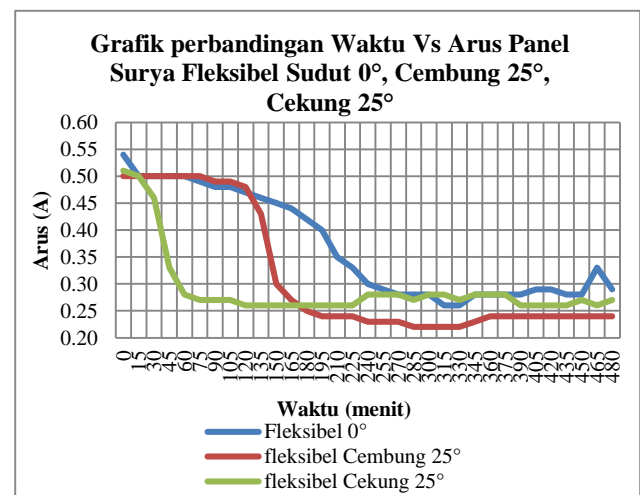
$$\eta = \frac{P_{max} \text{ (maximum power point)}}{E \text{ (incident radiation flix)} \times A_c \text{ (area of colector)}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{10,15W}{760 \frac{W}{m^2} \times (0,19 \times 0,45)} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{10,15}{64,98} \times 100\%$$

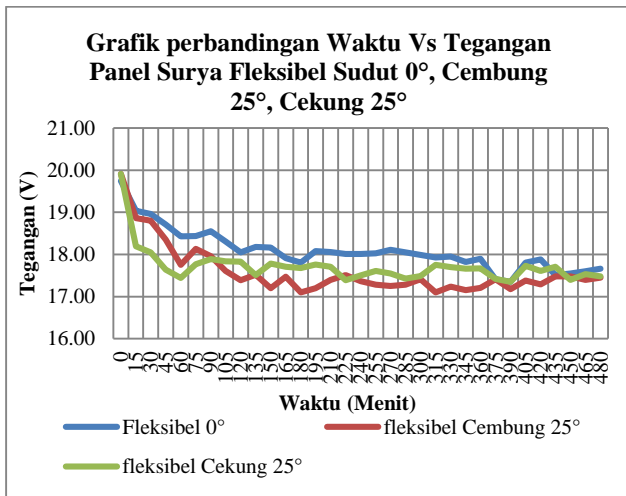
$\eta = 15,6265 \%$

Dibawah ini terdapat grafik yang membedakan keluaran panel surya vertikal dan panel surya fleksibel pada simulasi pencahayaan lampu.

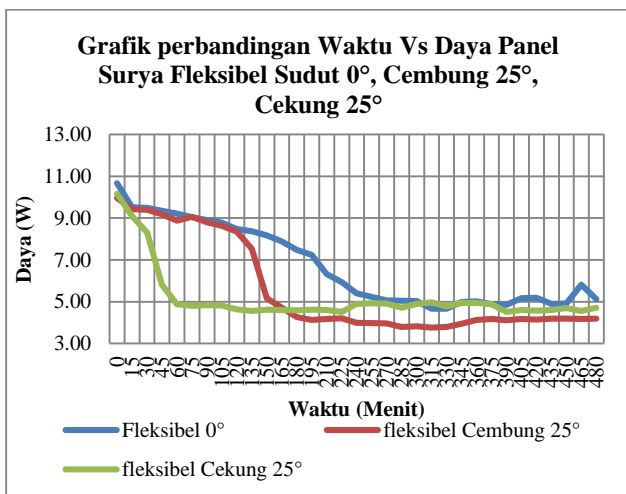


Gambar 22 Grafik perbedaan waktu vs arus panel surya fleksibel bentuk datar 0°, cembung 25°

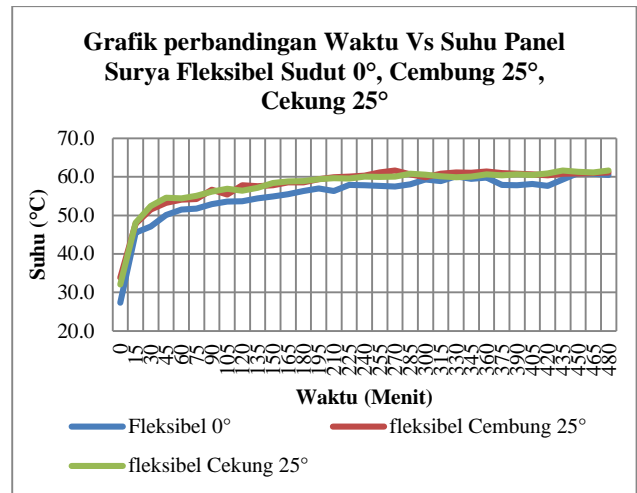
dan cekung 25° pada simulasi pencahayaan lampu



Gambar 23 Grafik perbedaan waktu vs tegangan panel surya fleksibel bentuk datar 0°, cembung 25°, dan cekung 25° pada simulasi pencahayaan lampu



Gambar 24 Grafik perbedaan waktu vs daya panel surya fleksibel bentuk datar 0°, cembung 25°, dan cekung 25° pada simulasi pencahayaan lampu.



Gambar 25 Grafik perbedaan waktu vs suhu panel surya fleksibel bentuk datar 0°, cembung 25°, dan cekung 25° pada simulasi pencahayaan lampu.

4 KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa pada saat pencahayaan matahari panel surya monocrystalline jenis fleksibel menghasilkan output yang lebih tinggi dibandingkan dengan panel surya vertikal. Output tersebut meliputi rata-rata tegangan, arus, daya dan efisiensi. Dari hasil pengujian dan analisa dengan simulasi pencahayaan lampu panel surya monocrystalline jenis fleksibel menghasilkan rata – rata tegangan lebih tinggi dibanding panel surya vertikal. Tetapi, pada arus, daya, dan efisiensi panel surya vertikal menghasilkan output yang lebih baik dibanding dengan panel surya fleksibel. Dari hasil pengujian dan analisa dengan simulasi pencahayaan lampu panel surya fleksibel dengan bentuk 0°, cembung 25°, cekung 25° menghasilkan output yang berbeda – beda diantara bentuk tersebut. Panel surya fleksibel bentuk 0° menghasilkan *output* tegangan, arus, daya, dan efisiensi yang lebih baik diantara bentuk lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Damas Setyo, “Rancang Bangun Sistem Penangkapan Energi Maksimum Pada Solar Cell,” Universitas Indonesia, 2009.
- [2] F. Z. Ardhi, “Rancang Bangun Charge Controller Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” Universitas Indonesia, 2011.
- [3] W. Diputra, “Simulator algoritma pendeteksi kerusakan modul surya pada rangkaian modul surya,” 2008.

- [4] J. L. Cruz-Campa *et al.*, "Ultrathin flexible crystalline silicon: Microsystems-enabled photovoltaics," *IEEE journal of Photovoltaics*, vol. 1, no. 1, pp. 3–8, 2011.
- [5] A. Julisman, I. D. Sara, and R. H. Siregar, "Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Stadion Bola," *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [6] K. Trautz *et al.*, "High efficiency flexible solar panels," in *2013 IEEE 39th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*, 2013, pp. 0115–0119.
- [7] M. Pagliaro, R. Ciriminna, and G. Palmisano, "Flexible solar cells," *ChemSusChem: Chemistry & Sustainability Energy & Materials*, vol. 1, no. 11, pp. 880–891, 2008.
- [8] K.-H. Tsai *et al.*, "High efficiency of flexible polymer solar cell based on poly (3-hexylthiophene)/fullerene," in *2009 34th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*, 2009, pp. 001678–001680.
- [9] S. R. Wenham, *Applied photovoltaics*. Routledge, 2011.
- [10] D. L. Pangestuningtyas, H. Hermawan, and K. Karnoto, "Analisis pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap radiasi matahari yang diterima oleh panel surya tipe larik tetap," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 2, no. 4, pp. 930–937, 2014.