

Analisa Perbandingan Kinerja Panel Surya Jenis Monocrystalline dan Thin Film

A.A. Nugroho 1, H. Isyanto 2, W. Ibrahim 3

1) 2) 3) Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta

Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta, Indonesia

Email: 1) 2015420003@ftumj.ac.id, 2) haris.isyanto@ftumj.ac.id

ABSTRAK

Komponen panel surya memiliki 3 jenis yaitu polycrystalline, monocrystalline, dan thin film. Jenis-jenis panel surya dapat menyerap radiasi matahari dengan baik untuk menghasilkan energi listrik. Pemasalahan utama dari solar cell yakni jenis bahan yang dipakai sehingga dapat mempengaruhi kinerja yang dihasilkan oleh panel surya. Kinerja yang dihasilkan dapat mempengaruhi perbedaan suhu permukaan, sehingga hasil produksi listrik yang dihasilkan akan menurun terhadap suhu yang tinggi. Pada penelitian ini memakai panel surya thin film, monocrystalline. Buat melakukan perbandingan kinerja antara kedua panel surya tersebut. Kinerja panel surya yang dibandingkan meliputi efisiensi, suhu permukaan panel surya terhadap intensitas matahari. Dari hasil penelitian perbandingan kinerja panel surya monocrystalline dan thin film diperoleh hasil terbaik pada parameter efisiensi thin film sebesar 15,38%, dibandingkan dengan monocrystalline sebesar 14,25%. Selanjutnya diperoleh hasil terbaik parameter daya output thin film sebesar 85,97 watt, dibandingkan dengan monocrystalline sebesar 69,47 watt, serta diperoleh hasil terbaik pada nilai suhu permukaan thin film sebesar 48,1 (°C), dibandingkan monocrystalline sebesar 56,3 (°C), Dari hasil penelitian ini panel surya jenis thin film mendapatkan hasil yang terbaik dimana mampu meredam suhu dan menyerap daya listrik dibandingkan dengan panel surya monocrystalline, dikarenakan factor yang mempengaruhi kinerja panel surya terutama suhu permukaan yang lebih tinggi.

Kata Kunci: Perbandingan kinerja, Panel surya monocrystalline, thin film, efisiensi

ABSTRACT

Solar panel components have 3 types, namely polycrystalline, monocrystalline, and thin film. These types of solar panels can absorb solar radiation well to produce electrical energy. The main problem of solar cells is the type of material used so that it can affect the performance produced by solar panels. The resulting performance can affect the difference in surface temperature, so that the resulting electricity production will decrease against high temperatures. In this study using thin film and monocrystalline solar panels. to do a performance comparison between the two solar panels. The performance of solar panels compared includes efficiency, surface temperature of solar panels against solar intensity. From the results of the comparative study of monocrystalline and thin film solar panel performance, the best results were obtained on the thin film efficiency parameter of 15.38%, compared to monocrystalline by 14.25%. Furthermore, the best results were obtained for thin film output power parameters of 85.97 watts, compared to monocrystalline of 69.47 watts, and the best results were obtained at thin film surface temperature values of 48.1 (oC), compared to monocrystalline of 56.3 (oC), From the results of this study thin film type solar panels get the best results which are able to reduce temperature and absorb electrical power compared to monocrystalline solar panels, Due to factors that affect the performance of solar panels, especially higher surface temperatures.

Keywords: Performance comparison, monocrstalline solar panel, thin film, efficiency

1 PENDAHULUAN

Energi surya merupakan sumber energi yang tidak terbatas serta tidak akan mengalami kehabisan sumber energinya. Dalam hal ini energi surya dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif dengan mengubah menjadi energi listrik dengan menggunakan komponen panel surya. Fungsi utama komponen panel surya yaitu menkonversi suatu

energi cahaya matahari menjadi energi listrik [1], [2].

Negara Indonesia memiliki tingkat rata-rata radiasi matahari relative tinggi sebesar 4.8 kWh/m². Dimana potensi tersebut dapat menghasilkan listrik sebesar 207.9 GWp. Hal tersebut dapat menjadi modal utama untuk merancang pembangkit listrik tenaga surya [3].

Komponen panel surya memiliki 3 jenis yaitu polycrystalline, *monocrystalline*, dan *thin film* [4]–[6]. Jenis-jenis panel surya dapat menyerap radiasi matahari dengan baik untuk menghasilkan energi listrik. Penelitian sebelumnya melakukan uji kinerja panel surya *polycrystalline* hasil yang didapatkan kinerja efisiensi yang didapatkan sebesar 12,8% dengan pengujian menggunakan sudut kemiringan 90° [7], selanjutnya penelitian perancangan *prototype* pemilah sampah organik serta anorganik memakai *solar panel* 100 wp menjadi asal tenaga listrik terbarukan. Nilai efisiensi kinerja panel surya *monocrystalline* sebesar 13,96% [1].

Dalam penelitian ini menggunakan panel surya *thin film* dan *monocrystalline* [4] untuk melakukan perbandingan kinerja antara kedua panel surya tersebut. Kinerja panel surya yang dibandingkan meliputi efisiensi, suhu permukaan panel surya terhadap intensitas matahari [2], [3].

Pemasalahan utama dari *solar cell* [4], [8]–[11] yakni jenis bahan yang dipakai sehingga dapat mempengaruhi kinerja yang dihasilkan oleh panel surya [12]–[14]. Kinerja yang dihasilkan dapat mempengaruhi perbedaan suhu permukaan, sehingga hasil produksi listrik yang dihasilkan akan menurun terhadap suhu yang tinggi [9], [13], [14]. Besarnya daya keluaran yang dihasilkan relatif tidak konstan karena dipengaruhi oleh besarnya intensitas matahari [14] serta suhu lingkungan di sekitarnya [15].

Peningkatan temperatur ini bisa berpengaruh di daya keluaran yang didapatkan panel sel matahari. Setiap kenaikan temperatur panel surya 1 °C (25 °C). Akan menyebabkan berkurangnya kurang lebih sekitar 0,5% total tenaga yang dihasilkan. Suhu atau temperatur udara yang tinggi dapat mempengaruhi kinerja panel surya [2], [3].

Penelitian ini mengusulkan perbandingan kinerja panel surya *monocrystalline* dan *thin film* yang meliputi tegangan (V), Arus (A), daya (W), intensitas cahaya matahari (W/m^2), dan suhu permukaan panel surya (°C). Dari hasil penelitian yang diharapkan kinerja efisiensi panel surya *thin film* mencapai >14%.

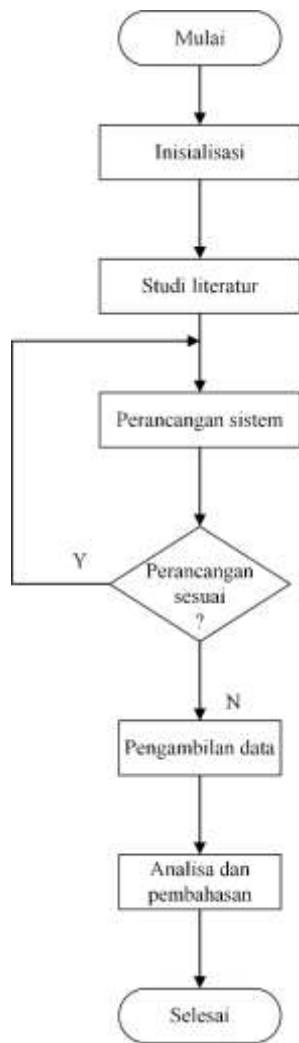
2 METODOLOGI

Tahapan mencari literatur berupa panel surya jenis *monocrystalline*, *thin film*, Maximum Power Point Tracking (MPPT) sistem, baterai, komponen pendukung, dan metode untuk pengujian yang akan dilakukan. Pada penelitian ini melakukan perbandingan pengujian kinerja panel surya jenis *monocrystalline* dan *thin film*. Sehingga hasil yang diharapkan berupa perbandingan parameter kinerja tegangan, arus, daya keluaran, efisiensi, dan suhu

permukaan jenis panel surya tersebut. Selanjutnya Tahapan selanjutnya merangkai sistem panel surya dimana rangkaian tersebut berupa rangkaian panel surya jenis *monocrystalline*, dan *thin film*, MPPT, baterai, serta komponen pendukung untuk pengukuran. Setelah dilakukan perancangan maka dilakukan pengujian apakah rangkaian tersebut dapat bekerja dengan baik.

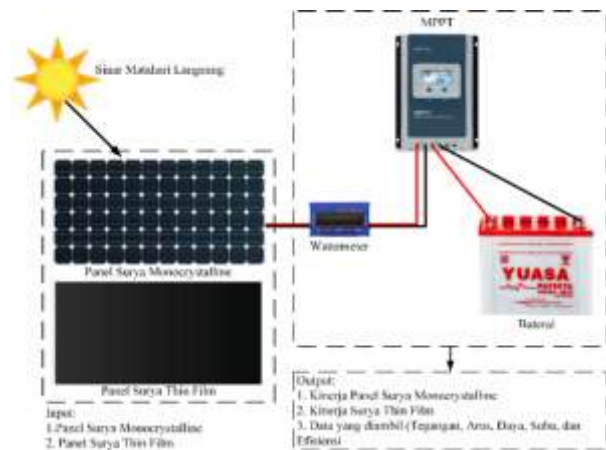
Setelah rancangan panel surya dapat berfungsi dengan baik maka dilakukan pengujian pengukuran yang meliputi tegangan, arus, daya keluaran, suhu permukaan, dan efisiensi panel surya jenis *monocrystalline*, *thin film*. Hasil yang didapatkan yakni perbandingan kinerja data yang didapatkan untuk dilakukan perbandingan kinerja yang lebih baik dari kedua jenis panel surya tersebut.

Setelah melakukan pengambilan data, maka tahapan selanjutnya menganalisa data yang didapat dengan metode yang digunakan. Dimana data yang didapat menganalisa kinerja panel surya jenis *monocrystalline* dan *thin film*. Berikut gambar flowchart perancangan sistem dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Perancangan Sistem

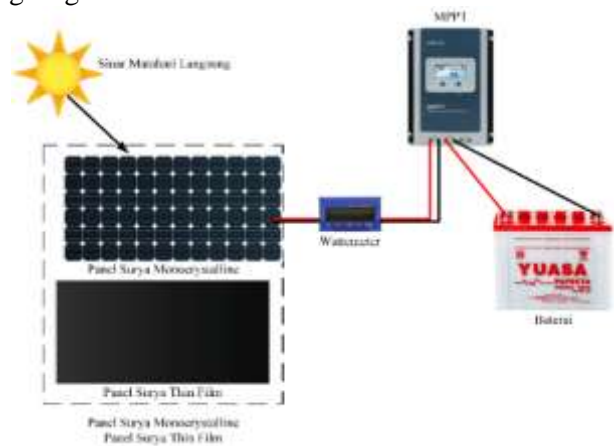
Blok diagram yang dilakukan melakukan perbandingan kinerja panel surya jenis monocrystalline, dan thin film. Kemudian dilakukan pemrosesan melalui maximum power point tracking (MPPT) untuk mengambil maksimum daya dari panel surya, dan dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan pada beban pada baterai. Data keluaran yang didapatkan meliputi kinerja panel surya jenis monocrystalline, dan thin film seperti tegangan, arus, daya, suhu, dan efisiensi sehingga untuk menganalisa perbandingan kinerja yang lebih baik.



Gambar 2. Blok Diagram Perbandingan Kinerja Panel Surya

Rangkaian Penguji

Rangkaian pengujian ini sangat mempengaruhi data yang akan diperoleh pada penelitian, sehingga hasil yang didapatkan untuk membandingkan kinerja panel surya jenis monocrystalline dan thin film. Dalam penelitian ini pengujian panel surya monocrystalline dengan daya 100 Wp. Pengujian yang dilakukan untuk mengamati data yang didapatkan meliputi tegangan, arus, daya, suhu permukaan, dan efisiensi. Selanjutnya pengamatan yang dilakukan menggunakan penyinaran matahari langsung.



Gambar 3. Rangkaian Pengujian Kinerja Panel Surya

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat panel surya jenis *monocrystalline* dan *thin film* untuk mengukur kinerja yang meliputi tegangan (V), arus (A), daya (Watt), suhu permukaan panel surya (°C), efisiensi panel surya (%). Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan penyinaran matahari langsung. Hasil yang didapatkan pada pengujian ini buat mengetahui ciri serta hasil yang didapatkan oleh *panel surya* jenis *monocrystalline* dan *thin film*. Pengujian dilakukan

dengan mengukur nilai tegangan (V), arus (A), dan daya (Watt) menggunakan alat ukur wattmeter digital, selanjutnya untuk mengukur intensitas Cahaya matahari diukur menggunakan *solar* meter, untuk mengukur nilai suhu permukaan menggunakan temperatur *infrared*.

- Perbandingan Kinerja Daya Panel Surya Jenis *Monocrystalline* dan *Thin Film*

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan kinerja suhu permukaan pada panel surya jenis *monocrystalline* dan *thin film*. Data yang diambil pada pukul 09.00-16.00 WIB di Gedung A Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta. Pengujian dilakukan dengan berbarengan untuk mengambil data suhu permukaan panel surya menggunakan alat ukur thermometer digital. Hasil yang didapatkan untuk mengamati data suhu permukaan panel surya sehingga dapat membandingkan antara panel surya jenis *monocrystalline* dan *thin film*. Berikut gambar dan tabel pengujian dapat dilihat pada gambar 4. Dan tabel 1.



Gambar 4. Pengujian perbandingan kinerja panel surya dengan sinar matahari langsung

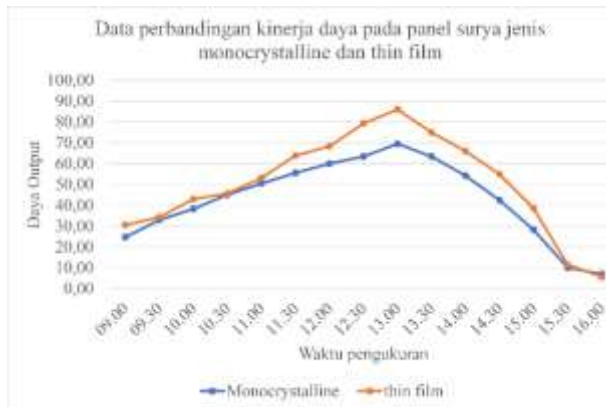
Tabel 1 Data Perbandingan Daya Kinerja Panel Surya Jenis *Monocrystalline* dan *Thin Film*

Waktu	Intensitas Cahaya (W/m ²)	Panel Surya Jenis <i>Monocrystalline</i>			Panel Surya Jenis <i>Thin Film</i>		
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
09.00	449	17,24	1,43	24,65	25,87	1,18	30,53
09.30	530	17,89	1,84	32,92	26,16	1,31	34,27
10.00	579	18,67	2,05	38,27	29,65	1,45	42,99
10.30	612	19,25	2,34	45,05	30,21	1,51	45,62
11.00	632	19,58	2,58	50,52	32,55	1,63	53,06
11.30	649	19,97	2,78	55,52	34,52	1,85	63,86
12.00	680	20,13	2,98	59,99	35,21	1,94	68,31
12.30	690	20,45	3,1	63,40	36,87	2,15	79,27
13.00	710	21,05	3,3	69,47	38,21	2,25	85,97
13.30	684	20,65	3,07	63,40	34,23	2,19	74,96
14.00	635	20,29	2,67	54,17	32,15	2,05	65,91
14.30	580	20,02	2,12	42,44	30,32	1,81	54,88
15.00	520	19,76	1,43	28,26	28,14	1,37	38,55
15.30	489	13,2	0,76	10,03	13,45	0,85	11,43
16.00	445	12,87	0,54	6,95	13,38	0,42	5,62
Rata - Rata	592,27	18,73	2,20	43,00	29,39	1,60	50,35

Table 1. didapatkan bahwa daya yang dihasilkan pada panel surya jenis *monocrystalline* sebesar 69,47 watt, sedangkan panel surya jenis *thin film* sebesar

85,97 watt data daya tersebut yang diambil merupakan daya puncak pada pukul 13.00 WIB. Sedangkan rata-rata daya yang didapatkan pada panel surya *monocrystalline* sebesar 43 watt, sedangkan pada panel surya *thin film* sebesar 50,35

watt. Dalam hal ini mengalami perbedaan dikarenakan bahan yang dipakai panel surya serta suhu lingkungan dapat mempengaruhi kinerja tersebut. penyerapan energi pada panel surya jenis *thin film* sangat lebih baik dibandingkan dengan *monocrystalline* dikarenakan bahan panel surya *thin film* dapat menyerap energi lebih baik walaupun dalam keadaan pada suhu tinggi. Berikut hasil grafik pengujian kinerja daya antara panel surya jenis *monocrystalline* dan *thin film* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik perbandingan kinerja daya panel surya jenis monocrystalline dan thin film

- Perbandingan Kinerja Suhu Jenis Panel Surya *Monocrystalline* dan *Thin Film*

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan kinerja suhu permukaan pada panel surya jenis *monocrystalline* dan *thin film*. Data yang diambil pada pukul 09.00-16.00 WIB di Gedung A Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta. Pengujian dilakukan dengan berbarengan untuk mengambil data suhu permukaan panel surya menggunakan alat ukur thermometer digital. Hasil yang didapatkan untuk mengamati data suhu permukaan panel surya sehingga dapat membandingkan antara panel surya jenis *monocrystalline* dan *thin film*.

Tabel 2 Data Perbandingan Kinerja Suhu Panel Surya Jenis *Monocrystalline* dan *Thin Film*

Panel Surya			
Waktu	Intensitas Cahaya (W/m ²)	<i>Monocrystalline</i>	<i>Thin Film</i>
		Suhu PV (°C)	Suhu PV (°C)
09.00	449	40,4	37,4
09.30	530	42,5	38,9
10.00	579	45,2	39,8

10.30	612	48,6	40,7
11.00	632	50,2	42,8
11.30	649	51,7	44,5
12.00	680	53,7	45,9
12.30	690	54,1	46,1
13.00	710	56,3	48,1
13.30	684	52,4	49,5
14.00	635	49,0	46,9
14.30	580	47,1	44,1
15.00	520	45,1	45,1
15.30	489	44,0	43,1
16.00	445	41,3	40,5
Rata - Rata	592,27	48,11	44,00

Table 4.4. didapatkan bahwa suhu yang dihasilkan pada panel surya jenis *monocrystalline* sebesar 56,3 (°C), sedangkan panel surya jenis *thin film* sebesar 48,1 (°C) data suhu permukaan panel surya tersebut yang diambil merupakan parameter data yang meliputi tegangan, arus, daya, efisiensi puncak pada pukul 13.00 WIB. Sedangkan rata-rata suhu yang didapatkan pada panel surya *monocrystalline* sebesar 48,11 (°C), sedangkan pada panel surya *thin film* sebesar 44 (°C). panel surya yang mempunyai kinerja paling bagus dikarenakan suhu pada permukaan relative rendah, sehingga kinerja yang didapatkan dapat menyerap energi listrik semakin bagus. Dalam hal ini panel surya jenis *thin film* memiliki nilai suhu permukaan rendah dibandingkan panel surya jenis *monocrystalline*. Berikut hasil grafik perbandingan kinerja suhu panel surya dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik perbandingan kinerja suhu permukaan panel surya jenis monocrystalline dan thin film dengan pencahayaan sinar matahari langsung

- Perbandingan Kinerja *Efisiensi* Panel Surya Jenis *Monocrystalline* dan *Thin Film*

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan kinerja efisiensi pada panel surya jenis *monocrystalline* dan *thin film*. Data yang diambil

pada pukul 09.00-16.00 WIB di Gedung A Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta. Pengujian dilakukan untuk menghitung nilai efisiensi panel surya. Hasil yang didapatkan untuk mengamati data perbedaan efisiensi panel surya sehingga dapat membandingkan antara panel surya jenis *monocrystalline* dan *thin film*.

Tabel 3 Data Perbandingan Kinerja Efisiensi Panel Surya Jenis *Monocrystalline* dan *Thin Film*

Panel Surya			
Waktu	Intensitas Cahaya (W/m ²)	<i>Monocrystalline</i>	<i>Thin Film</i>
		Efisiensi (%)	Efisiensi (%)
09.00	449	8,00%	8,64%
09.30	530	9,05%	8,21%
10.00	579	9,63%	9,43%
10.30	612	10,72%	9,47%
11.00	632	11,64%	10,66%
11.30	649	12,46%	12,50%
12.00	680	12,85%	12,76%
12.30	690	13,39%	14,59%
13.00	710	14,25%	15,38%
13.30	684	13,50%	13,92%
14.00	635	12,43%	13,18%
14.30	580	10,66%	12,02%
15.00	520	7,92%	9,42%
15.30	489	2,99%	2,97%
16.00	445	2,28%	1,60%
Rata - Rata	592,27	10,12%	10,32%

Table 3. didapatkan bahwa efisiensi yang dihasilkan pada panel surya jenis *monocrystalline* sebesar 14,25%, sedangkan panel surya jenis *thin film* sebesar 15,38% data efisiensi panel surya tersebut yang diambil merupakan parameter data yang meliputi tegangan, arus, daya, efisiensi puncak pada pukul 13.00 WIB. Sedangkan rata-rata efisiensi yang didapatkan pada panel surya *monocrystalline* sebesar 10,12% sedangkan pada panel surya *thin film* sebesar 10,32%. Kinerja efisiensi yang terbaik apabila penyerapan energi listrik yang didapatkan lebih besar yang meliputi tegangan (V), arus (A), daya (watt), intensitas cahaya matahari (W/m²). Sedangkan pada suhu permukaan panel surya relative rendah sehingga menghasilkan kinerja yang terbaik seperti efisiensi pada panel surya jenis *thin film* didapatkan nilai sebesar 15,38% dibandingkan dengan panel surya *monocrystalline* sebesar 14,25%.



Gambar 7. Grafik perbandingan kinerja suhu permukaan panel surya jenis *monocrystalline* dan *thin film* dengan pencahayaan sinar matahari langsung

4 KESIMPULAN

Pada pengujian kinerja antara panel surya jenis *monocrystalline* dan *thin film* didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

Nilai daya output yang dihasilkan pada panel surya jenis *monocrystalline* sebesar 69,47 watt, sedangkan panel surya jenis *thin film* sebesar 85,97 watt data daya tersebut yang diambil merupakan daya puncak pada pukul 13.00 WIB. *Thin film* mendapatkan hasil daya output terbaik dikarenakan panel surya tersebut mampu menyerap energi listrik lebih baik walaupun dalam keadaan suhu tinggi.

Nilai suhu yang dihasilkan pada panel surya jenis *monocrystalline* sebesar 56,3 (°C), sedangkan panel surya jenis *thin film* sebesar 48,1 (°C) data suhu permukaan panel surya tersebut yang diambil merupakan parameter data yang meliputi tegangan, arus, daya, efisiensi puncak pada pukul 13.00 WIB. Panel surya *thin film* mendapatkan hasil terbaik sehingga mampu meredam suhu dengan bahan yang digunakan sehingga suhu permukaan yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan panel surya *monocrystalline*.

Efisiensi yang dihasilkan pada panel surya jenis *monocrystalline* sebesar 14,25%, sedangkan panel surya jenis *thin film* sebesar 15,38% data efisiensi panel surya tersebut yang diambil merupakan parameter data yang meliputi tegangan, arus, daya, efisiensi puncak pada pukul 13.00 WIB. Efisiensi *thin film* mendapatkan yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan *monocrystalline* sehingga suhu yang didapatkan relative lebih rendah sehingga output kinerja yang dihasilkan yang didapatkan relative besar.

Kinerja panel surya mendapatkan hasil terbaik adalah panel surya jenis *thin film* dengan menghasilkan daya sebesar 85,97 watt, suhu

permukaan yang relative rendah sebesar 48,1 (°C), dan efisiensi yang sangat tinggi sebesar 15,38%.

Panel surya dapat menurunkan kinerja apabila penyerapan energi listrik yang meliputi tegangan, arus, dan daya relative rendah, dikarenakan disebabkan oleh suhu permukaan yang relative tinggi sehingga efisiensi yang dihasilkan lebih rendah, sedangkan apabila suhu permukaan relative rendah maka penyerapan energi listrik yang dihasilkan semakin tinggi dan efisiensi yang dihasilkan lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Almanda, H. Isyanto, and R. Samsinar, "Perancangan Prototype Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Menggunakan Solar Panel 100 Wp Sebagai Sumber Energi Listrik Terbaru," *Semin. Nas. Sains Dan Teknol.*, pp. 1–9, 2018.
- [2] B. Budiyanto and H. Setiawan, "Analisa Perbandingan Kinerja Panel Surya Vertikal Dengan Panel Surya Fleksibel Pada Jenis Monocrystalline," *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 4, no. 1, p. 77, 2021, doi: 10.24853/resistor.4.1.77-86.
- [3] D. Almanda and D. Bhaskara, "Studi Pemilihan Sistem Pendingin pada Panel Surya Menggunakan Water Cooler, Air Mineral dan Air Laut," *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOmputeR)*, vol. 1, no. 2, p. 43, 2018, doi: 10.24853/resistor.1.2.43-52.
- [4] Sariman, A. S, K. M, and B. I, "Analisa Efisiensi Pengaruh Parameter Cahaya Matahari Pada Fotovoltaik 100Wp Jenis Polikristal , Monokristal Dan Amorphous," *Tek. Elektro, Univ. Sriwijaya, Palembang*, no. Esdm 2015, pp. 23–24, 2019.
- [5] M. Nakamura, K. Yamaguchi, Y. Kimoto, Y. Yasaki, T. Kato, and H. Sugimoto, "Cd-Free Cu(In,Ga)(Se,S)₂ Thin-Film Solar Cell With Record Efficiency of 23.35%," *IEEE J. Photovoltaics*, vol. 9, no. 6, pp. 1863–1867, 2019, doi: 10.1109/JPHOTOV.2019.2937218.
- [6] M. Y. Puriza, W. Yandi, and A. Asmar, "Perbandingan Efisiensi Konversi Energi Panel Surya Tipe Polycrystalline dengan Panel Surya Monocrystalline Berbasis Arduino di Kota Pangkalpinang," *J. Ecotipe (Electronic, Control. Telecommun. Information, Power Eng., vol. 8, no. 1, pp. 47–52, 2021, doi: 10.33019/jurnalecotipe.v8i1.2034.*
- [7] D. Ady Pratama and I. Herlamba Siregar, "Uji Kinerja Panel Surya Tipe Polycrystalline 100Wp," *Jptm*, vol. 6, no. 3, pp. 79–85, 2018.
- [8] J. Sardi, A. B. Pulungan, R. Risfendra, and H. Habibullah, "Teknologi Panel Surya Sebagai Pembangkit Listrik Untuk Sistem Penerangan Pada Kapal Nelayan," *J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. UNSIQ*, vol. 7, no. 1, pp. 21–26, 2020, doi: 10.32699/ppkm.v7i1.794.
- [9] A. D. Pratomo, I. B. Sulistiawati, and A. U. Krismanto, "REFLEKTOR DALAM RANCANG BANGUN PANEL SURYA MONOCRYSTALLINE 100WP".
- [10] W. Yandi, "Prototipe Data Logging Monitoring System Untuk Konversi Energi Panel Surya Polycrystalline 100 Wp Berbasis Arduino Uno," *J. Ecotipe (Electronic, Control. Telecommun. Information, Power Eng., vol. 7, no. 1, pp. 55–60, 2020, doi: 10.33019/ecotipe.v7i1.1486.*
- [11] A. Mavlonov *et al.*, "A review of Sb₂Se₃ photovoltaic absorber materials and thin-film solar cells," *Sol. Energy*, vol. 201, pp. 227–246, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.03.009>.
- [12] P. Harahap, "Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 73–80, 2020, doi: 10.30596/rele.v2i2.4420.
- [13] R. Hasrul, "Sistem Pendinginan Aktif Versus Pasif Di Meningkatkan Output Panel Surya," *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 5, no. 2, pp. 79–87, 2021, [Online]. Available: <https://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETI/index>
- [14] P. P. T. D. Priatam, "Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP," *RELEJurnal Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 48–54, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/7825>
- [15] A. Sofijan *et al.*, "Passive cooling pada Photovoltaic Polycrystalline 100 WP menggunakan pelat aluminium berlubang untuk meningkatkan efisiensi PV," p. 2022, 2022.

