

Analisa Perbandingan Efisiensi Konversi Energi Antara PV (*Photovoltaic*) *Monocrystalline* 50 WP dan *Polycrystalline* 50 WP pada Berbagai Intensitas Cahaya

Muhammad Yusuf Maulana¹, Budi Pramono Jati², dan Ida Widihastuti³
^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung
Jl. Kaligawe KM 4 Semarang, Semarang 50112
e-mail: batiksae123@gmail.com

Abstrak— Ada 2 jenis photovoltaic (PV) atau panel surya, yaitu jenis *monocrystalline* dan jenis *polycrystalline*. *Monocrystalline* berbahan dasar silikon murni sedangkan *polycrystalline* berbahan dasar silikon campuran. Permasalahan dalam panel surya adalah perbedaan efisiensi dan karakteristik dalam konversi energi pada intensitas cahaya. Untuk mengetahui perbedaan efisiensi dan karakteristik tersebut maka dilakukan pengukuran produksi energi pada PV *monocrystalline* 50W dan *polycrystalline* 50W. Paper ini membahas tentang analisa perbandingan efisiensi konversi energi dari kedua jenis panel surya tersebut. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *true experimental research* atau pengukuran secara langsung. Pengukuran dilakukan dengan cara memberi beban lampu dan mengukur produksi energi PV *monocrystalline* 50W dan *polycrystalline* 50W secara bersamaan dari pukul 07.00 WIB sampai dengan pukul 17.00 WIB. Tujuannya adalah untuk mendapatkan data waktu, sudut matahari, intensitas cahaya yang dikonversi menjadi irradiansi, tegangan, arus, dan daya produksi konversi energi terhadap pengaruh perubahan intensitas cahaya. Hasil dari penelitian ini adalah pada panel surya jenis *polycrystalline* saat nilai intensitas cahaya tertinggi sebesar 119260 lux tercatat pada pukul 12.00 WIB dengan nilai irradiansi terhitung 989,86 w/m² menghasilkan nilai output tertinggi yaitu tegangan sebesar 15,3 V dan arusnya sebesar 1,51 A. Pada panel surya jenis *monocrystalline*, ketika pada pukul 12.00 WIB tercatat nilai intensitas cahaya tertinggi sebesar 119269 lux dengan nilai irradiansi terhitung 989,93w/m² menghasilkan nilai output tertinggi yaitu tegangan sebesar 17.2 V dan arusnya sebesar 1.62 A. Hasil perhitungan efisiensi berdasarkan data yang didapatkan adalah panel surya jenis *monocrystalline* mempunyai efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan *polycrystalline*, panel surya jenis *monocrystalline* menghasilkan efisiensi sebesar 8,2 % sedangkan panel surya jenis *polycrystalline* menghasilkan efisiensi sebesar 7,9 %.

Kata kunci: *intensitas cahaya, Efisiensi, Monocrystalline, Polycrystalline*

Abstract— There are two types of photovoltaic (PV) or solar panels, namely *monocrystalline* and *polycrystalline*. *Monocrystalline* is made of pure silicon, while *polycrystalline* is made of mixed silicon. The issue with solar panels lies in the differences in efficiency and characteristics in energy conversion under varying light intensities. To determine these differences, energy production measurements were conducted on both 50W *monocrystalline* and *polycrystalline* PV panels. This paper discusses the comparative analysis of energy conversion efficiency between these two types of solar panels. The research method employed is *true experimental research* or *direct measurement*. Measurements were taken by applying a load to the lamps and measuring the energy production of both 50W *monocrystalline* and *polycrystalline* PV panels simultaneously from 07:00 AM to 05:00 PM. The aim is to obtain data on time, sunlight angle, light intensity converted into irradiance, voltage, current, and energy conversion production against the influence of changing light intensity. The results of this study show that in *polycrystalline* solar panels, at the highest light intensity value of 119260 lux recorded at 12:00 PM, with an irradiance value of 989.86 W/m², the highest output values were voltage at 15.3 V and current at 1.51 A. In *monocrystalline* solar panels, at 12:00 PM, the highest light intensity value recorded was 119269 lux with an irradiance value of 989.93 W/m², producing the highest output values of voltage at 17.2 V and current at 1.62 A. The efficiency calculation based on the obtained data reveals that *monocrystalline* solar panels have a higher efficiency compared to *polycrystalline* panels. *Monocrystalline* solar panels achieve an efficiency of 8.2%, while *polycrystalline* solar panels achieve an efficiency of 7.9%.

Keywords: *Light intensity, Efficiency, Monocrystalline, Polycrystalline,*

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) tahun 2015 - 2050 yang merupakan panduan pembangunan energi nasional di Indonesia, ditetapkan PLTU sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang telah dan akan dikembangkan. Dalam RUEN, dinyatakan bahwa pada tahun 2025 Indonesia menargetkan kapasitas pembangkit listrik tenaga surya nasional sebesar 6,5 GW [1]. Jumlah penduduk yang meningkat di Indonesia menyebabkan meningkatnya kebutuhan energi terutama energi listrik, karena dalam kehidupan manusia untuk saat ini energi listrik telah menjadi salah satu kebutuhan primer [2]. Sumber daya energi yang berasal dari hewan dan tumbuhan yang mati jutaan tahun lalu yang terbatas masih menjadi salah satu perhatian di banyak negara. Peningkatan gas emisi yang kurang ramah lingkungan juga merupakan salah satu akibat dari penggunaan sumber daya tersebut. Terdapat beberapa sumber energi yang dapat diperbarui dan tidak akan pernah habis salah satunya adalah energi matahari atau energi surya. Indonesia adalah negara yang sangat diuntungkan dalam pemanfaatan energi surya karena Indonesia terletak di garis khatulistiwa yang diperkirakan terdapat intensitas penyinaran matahari di seluruh Indonesia rata-rata 4,8 kWh/m² per hari. Energi matahari yang menyebar ke seluruh Indonesia ini memiliki potensi penggunaan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) yang baik [3].

Energi matahari tidak bisa langsung dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan listrik, namun diperlukan sebuah teknologi. Di Indonesia sudah terdapat teknologi yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang disebut dengan photovoltaic atau biasa dikenal dengan sel surya atau panel surya. Pada dasarnya pemanfaatan energi matahari menjadi energi listrik adalah mengubah atau mengkonversi energi matahari yang diserap oleh panel surya menjadi energi listrik [4]. Namun daya keluaran yang dihasilkan sel surya tergantung dari besarnya intensitas sinar matahari artinya semakin besar intensitas cahaya matahari yang ditangkap panel surya maka semakin besar daya listrik yang dihasilkan [5].

Dalam penggunaan panel surya, terdapat beberapa jenis panel surya yang umum digunakan di Indonesia yaitu panel surya jenis *monocrystalline* dan panel surya jenis *polycrystalline*. Daya keluaran yang dihasilkan juga tidak selalu sama di setiap waktunya karena terdapat beberapa aspek yang mempengaruhi yaitu intensitas cahaya matahari, jenis panel surya yang digunakan, angin, dan suhu kerja panel surya [6]. Panel surya jenis *monocrystalline* cenderung memiliki harga yang lebih mahal dipasaran dibandingkan dengan panel surya jenis *polycrystalline*, karena dari segi konstruksi panel surya jenis *monocrystalline* menggunakan kristal tunggal yang terdiri dari sel surya tunggal. Struktur inilah yang menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi. Dibanding dengan panel surya *polycrystalline* yang terbuat dari beberapa kristal yang terbentuk bersama dalam satu modul. Ini membuatnya lebih murah, tetapi juga sedikit kurang efisien dibandingkan *monocrystalline* [7].

Oleh karena itu untuk mengetahui bagaimana perbandingan efisiensi konversi energi dari energi matahari menjadi energi listrik antara jenis panel surya *monocrystalline* dan jenis panel surya *polycrystalline* dengan berbagai intensitas paparan sinar matahari yang dapat menghasilkan nilai output daya, tegangan dan arus. Maka dalam penelitian ini saya akan membahas tentang analisis perbandingan efisiensi konversi energi antara panel surya jenis *monocrystalline* dan *polycrystalline* dalam berbagai

intensitas cahaya. Diharapkan dalam beberapa pengujian nantinya didapatkan hasil yang maksimal dan dapat menjadi sumber energi alternatif yang efektif dan efisien.

II. STUDI PUSTAKA

Panel surya memiliki peran penting dalam instalasi pembangkit listrik tenaga surya, panel surya terbuat dari bahan semikonduktor. Untuk menentukan jumlah panel surya yang diperlukan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dapat dituliskan seperti persamaan (1) [6].

$$\eta_{\text{panel}} = \frac{P_{wp}}{P_{mpp}} \tag{1}$$

dimana :

- P_{wp} = Daya keluaran (Watt Peak)
- P_{mpp} = Daya maksimum (Watt Peak)

Untuk menghitung daya masukan panel surya, Anda dapat menggunakan rumus yang dapat dituliskan seperti persamaan (2) [9].

$$P_{in} = \text{Irad} \times A \tag{2}$$

dimana :

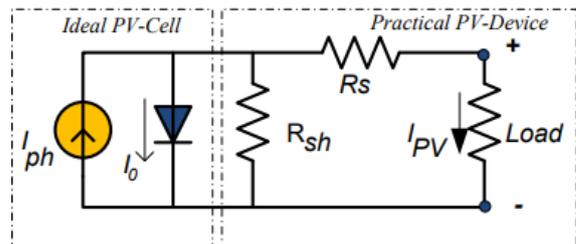
- P_{in} = Daya masuk (W)
- Irad = Irradiasi matahari (W/m²)
- A = Luas Penampang (m²)

Untuk menentukan daya output dari panel surya dapat dituliskan seperti persamaan (3).

$$P_{out} = V_{pv} \times I_{pv} \tag{3}$$

dimana :

- P_{out} = Daya yang keluar pada panel surya (W)
 - V_{pv} = Tegangan panel surya (V)
 - I_{pv} = arus keluar panel surya (A)
- Rangkaian ekuivalen



Gambar 1. Rangkaian ekuivalen PV

Sebuah sel panel surya dapat direpresentasikan sebagai sumber arus yang berada secara paralel dengan sebuah dioda. Pada dasarnya, setiap sel surya berfungsi sebagai dioda p-n. Saat sinar matahari mencapai sel surya, energi yang diterimanya langsung diubah menjadi energi listrik tanpa ada komponen mekanis. Cahaya yang dipancarkan diserap dalam bahan semikonduktor, memanfaatkan energi cahaya ini untuk menghasilkan eksitasi elektron dari tingkat energi rendah ke tingkat energi kosong yang lebih tinggi. Oleh karena itu, ketika sel surya disinari, pasangan elektron-hole yang berlebihan dihasilkan di seluruh sel, menyebabkan terbentuknya koneksi listrik di junction p-n dan aliran arus. I_{ph} mewakili arus foto dari sel, sedangkan R_{sh} dan R_s adalah resistansi shunt intrinsik dan resistansi seri dari modul PV, masing-masing. I_{ph} dari modul PV bergantung secara linier pada intensitas cahaya matahari dan juga dipengaruhi oleh suhu, dapat dituliskan seperti persamaan (4)

$$I_{ph} = [I_{SCr} + K_i (T_k - T_{ref})] \quad (4)$$

dimana :

- I_{ph} = arus (A)
- K_i = koefisien
- T_k = suhu aktual (K)
- λ = irradiansi (w/m^2)
- I_{SCr} = arus hubung singkat modul

Penelitian ini tidak lepas dari beberapa referensi dan digunakan sebagai pembanding dari penelitian sebelumnya, berikut beberapa referensi penelitian sebelumnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Penelitian yang dilakukan oleh Asrori dan Eko Yudiyanto berjudul Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Monokristal dan Polikristal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dalam penelitian ini, performa panel surya monokristal lebih baik dibandingkan dengan panel polikristal [3].

Penelitian yang dilakukan oleh Dita Amalia, Hamid Abdillah, Tri Winahyu Hariyadi berjudul Analisis Perbandingan Daya Keluaran Panel Surya Monokristalin 50 Wp yang Terhubung Secara Seri dan Paralel pada Instalasi Sistem Energi Surya *Off-Grid*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tegangan dan arus yang dihasilkan oleh rangkaian panel surya yang terhubung secara seri adalah 35,77 V dan 3,18 A, masing-masing. Sementara itu, tegangan dan arus yang dihasilkan oleh rangkaian panel surya yang terhubung secara paralel adalah 17,69 V dan 6,38 A, masing-masing. Daya yang dihasilkan oleh rangkaian seri adalah 113,75 Watt, dan daya yang dihasilkan oleh rangkaian paralel adalah 112,86 Watt. Besar hambatan dalam rangkaian seri adalah 11,25 Ω , sedangkan dalam rangkaian paralel adalah 2,77 Ω . Mengingat kelebihan dan efisiensinya, untuk instalasi sistem energi surya *off-grid*, lebih baik menghubungkan panel-panel secara paralel. Konfigurasi ini memungkinkan pemeriksaan dan pemeliharaan yang lebih mudah jika terjadi kerusakan, karena komponen yang rusak dapat diidentifikasi dengan mudah sementara panel lain tetap berfungsi dengan baik, memastikan aliran listrik yang terus-menerus [4].

Penelitian yang berjudul Analisa Efisiensi Pengaruh Parameter Cahaya Matahari Pada Fotovoltaik 100 wp Jenis Polikristal, Monokristal, dan Amorphus di Laboratorium Riset Teknologi Energi UNSRI Indralaya dilakukan oleh Sariman, S. Agusina, M. Khorri, dan I. Bayusari. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa panel surya jenis monokristalin memiliki tegangan dan arus keluaran yang dominan lebih tinggi dibandingkan dengan panel surya jenis polikristalin dan amorf. Panel surya jenis monokristalin menunjukkan efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan panel surya jenis polikristalin dan amorphus [6].

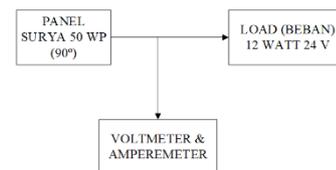
Penelitian yang berjudul Analisis Peninjauan Daya Listrik Tenaga Surya Jenis Polikristal Dengan Monokristal Terhadap Output Inverter Pure Sinus Wave disusun oleh Mujahir Baho. Hasil dari penelitian ini adalah nilai output tegangan arus dan daya pada panel surya jenis monokristal lebih tinggi dibanding dengan output daya tegangan arus dan daya pada panel surya jenis polikristal [8].

III. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *true experimental research* dimana data yang didapat pada penelitian ini adalah data yang diukur secara langsung diluar ruangan atau dilakukan pada tempat terbuka untuk melakukan pengumpulan data secara langsung dilapangan. Sebelum melakukan penelitian, peneliti terlebih dulu melakukan kegiatan observasi dan studi literatur. Dimana observasi yang dilakukan adalah mensurvei lokasi yang akan dijadikan tempat penelitian dan mendata kebutuhan peralatan dan bahan yang akan digunakan. Sedangkan studi literature yang dilakukan adalah mengumpulkan beberapa referensi dari artikel, publikasi ilmiah, dan buku yang berasal dari berbagai sumber yang berkaitan dengan penelitian. Melalui studi literatur ini, kita dapat mengidentifikasi parameter-parameter yang dapat dijadikan sebagai acuan atau referensi dalam proses penelitian [11].

A. Pengujian Output Pada Panel Surya

Pada penelitian ini membutuhkan dua panel surya yaitu panel surya jenis monokristal 50 WP dan panel surya jenis polykristal 50 WP. Beban yang digunakan berupa lampu dc dengan tegangan 12 V dan daya 25 W. Pada pengujian ini kedua panel di posisikan dengan sudut yang berubah – ubah sesuai dengan arah matahari dengan rentang sudut (0° - 180°). Pengujian ini menghasilkan nilai tegangan, arus pada alat voltamperemeter dan multimeter, diantara keduanya didapatkan hasil yang hampir sama atau mendekati seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengujian kalibrasi alat

Setelah pengukuran tegangan dan arus pada amperemeter dan voltmeter memiliki nilai yang sama dengan pengukuran multimeter, data tegangan dan arus yang terbaca pada amperemeter dan voltmeter bisa digunakan. Pengambilan data arus dan tegangan ini dilakukan selama 1 hari dimana setiap harinya dilakukan pengambilan data dengan interval waktu setiap 30 menit yang dimulai pada pukul 07.00 – 17.00 WIB dimana pada setiap pengukuran dilakukan 4 kali pengukuran dengan cuaca yang cerah. Data yang diukur adalah sudut, arus, tegangan, intensitas cahaya dari masing masing dari kedua jenis panel surya tersebut yang kemudian menghitung dan membandingkan nilai efisiensi dari masing – masing jenis panel surya tersebut. Persamaan yang digunakan untuk menentukan efisiensi panel surya dapat dituliskan seperti persamaan (5) dan persamaan (6) [12].

$$\eta_{\text{panel surya}} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\eta_{\text{panel surya}} = \frac{V_{\text{pv}} \times I_{\text{pv}}}{I_{\text{rad}} \times A} \times 100\% \quad (6)$$

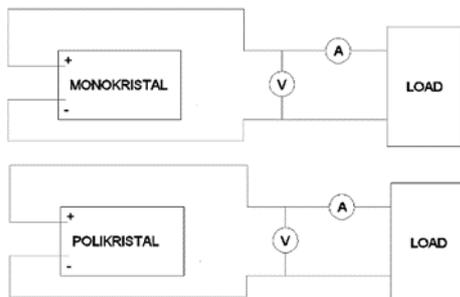
Keterangan :

- η = Efisiensi
- P_{out} = Daya output (W)
- V_{pv} = Tegangan panel surya (V)
- I_{pv} = arus keluar panel surya (A)
- P_{in} = Daya input (W)
- Irad = Irradiasi matahari (W/m²)
- A = Luas Penampang panel surya (m²)

Untuk parameter irradiasi didapatkan dari hasil konversi dari pengukuran intensitas cahaya. Standar pengukuran radiasi matahari menggunakan watt per meter persegi (W/m²). Pengukuran radiasi matahari terbatas dengan kemampuannya untuk mengukur nilai radiasi rendah. Pengukuran cahaya matahari mengukur nilai fluks cahaya per satuan luas (luminasi) menggunakan satuan lumen per meter atau lux. Faktor konversi yang efektif antara W/m² dan lux akan memungkinkan penggunaan pengukur cahaya untuk mengevaluasi kinerja photovoltaik dalam kondisi irradiasi matahari yang rendah. Literatur yang ditinjau sama dengan berisi nilai setara luminous efficacy yang berkisar antara 21 hingga 131 lux per W/m², 120 lux sama dengan 1 W/m², jadi 1 lux dalam pengukuran intensitas cahaya sma dengan 0,0083 W/m². Faktor konversi meliputi data standar dan kekuatan kalibrasi peralatan [10].

B. Rangkaian Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan rangkaian tertutup (close loop) yang dijadikan sebagai load atau beban yang menghubungkan panel surya dengan beban melalui volt ampere meter. Rangkaian closed loop atau rangkaian tertutup adalah suatu sistem di mana sinyal atau arus kembali ke sumber awal setelah melalui berbagai elemen dalam rangkaian. Dalam pengertian lain, Rangkaian tertutup merupakan suatu rangkaian listrik yang terdiri dari sumber tegangan dan beban yang dihubungkan dengan suatu penghantar, sehingga menghasilkan arus listrik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 [13].



Gambar 3. Rangkaian penelitian

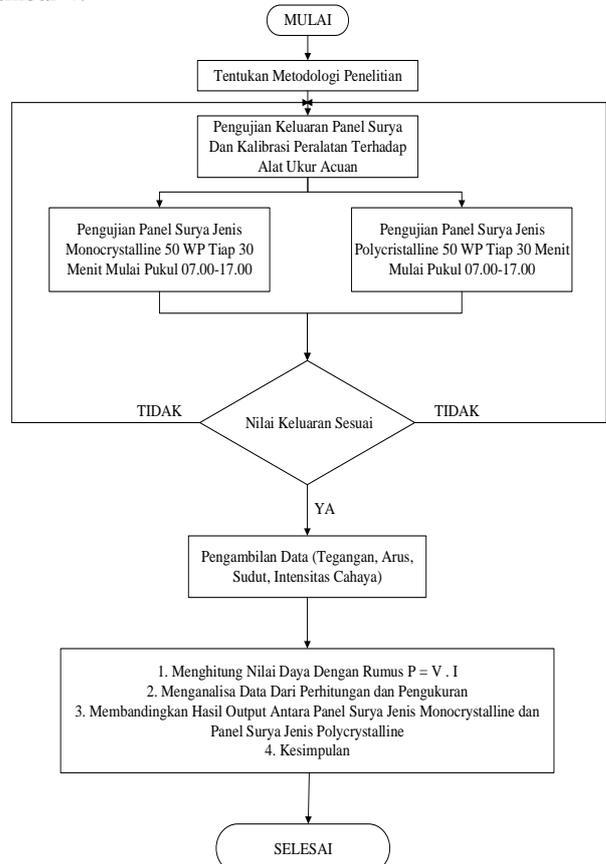
Sebelum melakukan pengujian output pada kedua jenis panel surya tersebut, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi antara alat ukur voltampere meter dengan multimeter agar voltampere yang akan digunakan menghasilkan data yang sesuai seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data kalibrasi

No	Monocrystalline				polycrystalline			
	Voltampere meter		multimeter		Voltampere meter		Multimeter	
	V	I	V	I	V	I	V	I
1	17,4	1,72	17,39	1,70	16	1,61	15,9	1,6
	V	A	V	A	V	A	V	A

Pada Tabel 1. dapat diketahui bahwa hasil pengukuran pada voltampere meter telah sesuai atau mendekati dengan hasil pengukuran multimeter. Dengan demikian nilai yang dihasilkan pada voltampere meter sudah menunjukkan bahwa alat ukur telah sesuai untuk dilakukan pengukuran.

Selanjutnya dibawah ini merupakan flowchart yang digunakan dalam penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, akan dibahas hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan terkait dengan perbandingan nilai efisiensi antara panel surya jenis monokristal 50 WP dan panel surya jenis polikristal 50 WP pada berbagai intensitas cahaya.

A. Hasil Pengukuran Data Panel Surya Monocrystalline 50 WP

Dalam pengujian ini nilai tegangan, arus, daya, intensitas cahaya, dan irradiasi yang dihasilkan pada panel surya jenis monocrystalline 50 WP selama durasi waktu mulai dari pukul 07.00 WIB sampai dengan pukul 17.00 WIB, data pengukurannya seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil pengujian panel surya jenis monocrystalline 50 wp

No	Jam	sudut (°)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Intensitas Cahaya (Lux)	Irradiasi (W/m ²)
1	07.00	20	14.5	1.4	20.3	32134	266.71
2	07.30	34	15	1.5	22.5	40775	338.43
3	08.00	35	15.3	1.56	23.87	50020	415.17
4	08.30	40	15.8	1.57	24.81	75431	626.08
5	09.00	42	15.9	1.58	25.12	84222	699.04
6	09.30	57	16	1.59	25.44	93903	779.39

7	10.00	61	16.2	1.59	25.76	104641	868.52	5	09.00	42	1.47	13.6	19.99	84219	699.02
8	10.30	68	16.4	1.6	26.24	109793	911.28	6	09.30	57	1.48	13.9	20.57	93893	779.31
9	11.00	73	17.1	1.61	27.53	118505	983.59	7	10.00	61	1.48	14.1	20.87	104632	868.45
10	11.30	82	17.1	1.61	27.53	118487	983.44	8	10.30	68	1.49	14.5	21.61	109789	911.25
11	12.00	93	17.2	1.62	27.86	119269	989.93	9	11.00	73	1.5	15	22.50	118498	983.53
12	12.30	95	16.9	1.61	27.21	118064	979.93	10	11.30	82	1.5	15	22.50	118481	983.39
13	13.00	100	16.7	1.61	26.89	114816	952.97	11	12.00	93	1.51	15.3	23.10	119260	989.86
14	13.30	105	16.2	1.59	25.76	105230	873.41	12	12.30	95	1.5	14.9	22.35	118060	979.90
15	14.00	120	16.1	1.59	25.60	100366	833.04	13	13.00	100	1.49	14.7	21.90	114820	953.01
16	14.30	132	16	1.58	25.28	87342	724.94	14	13.30	105	1.48	14.2	21.02	105237	873.47
17	15.00	135	15.8	1.57	24.81	71258	591.44	15	14.00	120	1.48	14	20.72	100383	833.18
18	15.30	143	15.5	1.56	24.18	56128	465.86	16	14.30	132	1.48	13.9	20.57	87336	724.89
19	16.00	154	14	1.42	19.88	27623	229.27	17	15.00	135	1.48	13.5	19.98	71260	591.46
20	16.30	157	13.5	1.34	18.09	18571	154.14	18	15.30	143	1.45	12.5	18.13	56125	465.84
21	17.00	159	13	1.27	16.51	14029	116.44	19	16.00	154	1.24	10.4	12.90	27630	229.33
Rata - rata			15.72	1.54	24.34	79077	656.34	20	16.30	157	1	9.4	9.40	18572	154.15
								21	17.00	159	0.9	8.8	7.92	14048	116.60
								Rata - rata			1.42	13.28	18.86	78915	655.00

Berdasarkan Tabel 2. dapat dijelaskan bahwa ketika pukul 12.00 WIB tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya merupakan tegangan puncak atau tegangan tertinggi. Pada saat tersebut, arus dan tegangan yang dihasilkan pada photovoltaic *monocrystalline* 50 wp mencapai 1,62 A dan 17,2 V. Hal ini dapat dijelaskan dengan nyata bahwa tepat pada pukul 12.00 WIB merupakan waktu di mana matahari berada pada posisi tertinggi atau titik puncaknya, sehingga nilai tegangan dan arus yang dihasilkan lebih maksimal, sedangkan pada pengukuran pukul 15.30 terlihat bahwa hasil pengukuran arus dan tegangan mulai menurun karena kondisi yang mulai sore menyebabkan penyinaran intensitas pada panel surya berkurang sehingga nilai output yang dihasilkan panel surya juga mulai berkurang. Sedangkan untuk nilai daya yang dihasilkan merupakan hasil dari perkalian antara nilai arus dan nilai tegangan. Pada pengujian intensitas cahaya, nilai intensitas cahaya yang dihasilkan pada pukul 07.00 cenderung rendah karena pada kondisi tersebut masih terlalu pagi sehingga nilai intensitas cahaya yang dihasilkan kurang maksimal, hal ini berbanding terbalik ketika pengujian dilakukan pada pukul 12.00 WIB, nilai intensitas cahaya yang dihasilkan lebih maksimal dibanding dengan pengujian sebelum dan sesudahnya, karena pada waktu tersebut merupakan waktu dimana matahari sedang dalam posisi puncak. Hal ini juga berpengaruh pada nilai tegangan yang dihasilkan.

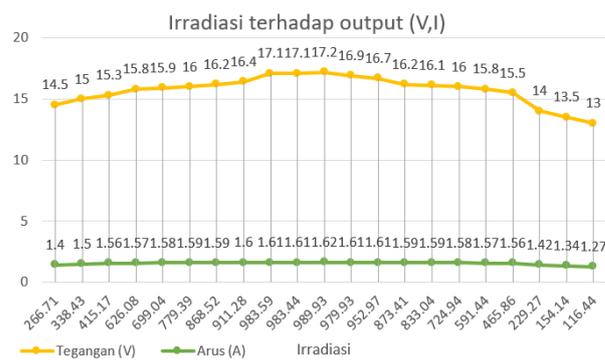
B. Hasil Pengukuran Data Panel Surya Polycrystalline 50 WP

Dalam pengujian ini nilai tegangan, arus, daya, intensitas cahaya, dan irradiansi yang dihasilkan pada panel surya jenis polikristal 50 WP selama durasi waktu mulai dari pukul 07.00 WIB sampai dengan pukul 17.00 WIB. Berikut adalah hasil data yang dihasilkan seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

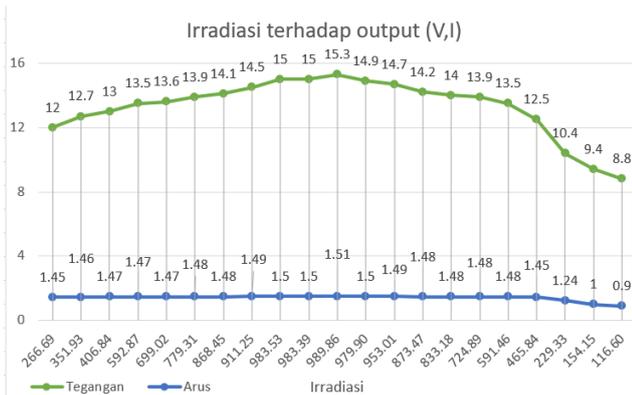
Tabel 3. Data hasil pengujian panel surya jenis polycrystalline 50 wp

No	Jam	sudut (°)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Intensitas Cahaya (Lux)	Irradiansi (W/m ²)
1	07.00	20	1.45	12	17.4	32131	266.69
2	07.30	34	1.46	12.7	18.54	42401	351.93
3	08.00	35	1.47	13	19.11	49017	406.84
4	08.30	40	1.47	13.5	19.85	71430	592.87

Sama seperti halnya pada penjelasan sebelumnya, jika mengacu pada Tabel 3. dapat dijelaskan bahwa ketika pukul 12.00 WIB tegangan yang dihasilkan oleh panel surya merupakan tegangan puncak atau tegangan tertinggi. Pada saat tersebut, hasil arus dan tegangan yang dihasilkan pada Photovoltaic *polycrystalline* 50 wp terdapat selisih dengan hasil arus dan tegangan yang dihasilkan pada photovoltaic *monocrystalline* 50 wp yaitu mencapai 1,51 A dan 15,3 V. Hal ini dapat dijelaskan bahwa panel surya jenis monokristal memiliki bahan dasar silikon murni yang artinya panel surya jenis monokristal memiliki tingkat konduktivitas yang lebih baik yang memungkinkan aliran listrik yang lebih efisien setelah energi matahari diubah menjadi energi listrik selain itu silikon tunggal juga memiliki struktur kristal yang lebih teratur, hal ini yang memungkinkan elektron bergerak lebih efisien dan meningkatkan kemampuan dalam menyerap energi matahari sehingga mampu menghasilkan daya yang lebih tinggi dibanding dengan jenis panel surya lainnya. sedangkan panel surya jenis polikristal berbahan dasar silikon campuran yang artinya hasil konversi energi listrik dari panel surya jenis monokristal lebih bagus dibanding dengan panel surya polikristal 50 wp, hal itu yang menjadi penyebab panel surya jenis monokristal menghasilkan nilai output tegangan dan arus yang lebih besar dibanding dengan panel surya jenis polikristal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Grafik irradiansi terhadap output monocrystalline 50 WP



Gambar 6. Grafik irradiasi terhadap output pada polycrystalline 50 WP

Pada Gambar 5 dan Gambar 6 dapat dilihat bahwa pada saat nilai irradiasi tertinggi yaitu sebesar 989,93 w/m², Nilai output tegangan dan arusnya juga maksimal yaitu sebesar 17,2 V dan 1,62 A. Sedangkan pada saat nilai irradiasi terendah yaitu sebesar 116,44 w/m², nilai output tegangan dan arusnya juga menghasilkan nilai yang terendah yaitu sebesar 13 V dan 1,27 A. Hal itu juga terjadi pada panel surya jenis polikristal atau pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa pada saat nilai irradiasi tertinggi yaitu sebesar 989,86 w/m², nilai output tegangan dan arusnya menghasilkan nilai tertinggi yaitu sebesar 15,3 V dan 1,51. Sedangkan pada saat nilai irradiasi terendah yaitu sebesar 116,60 w/m², nilai output tegangan dan arusnya juga menghasilkan nilai yang terendah yaitu sebesar 8,8 V dan 0,9 A.

Hal ini dapat dijelaskan bahwa ketika semakin tinggi nilai irradiasi yang diterima oleh kedua panel surya tersebut maka akan semakin tinggi pula nilai output tegangan dan arusnya. Begitu juga sebaliknya, ketika semakin rendah nilai irradiasi yang diterima oleh kedua panel surya tersebut, semakin rendah pula nilai output tegangan dan arus yang dihasilkan.

C. Hasil Perhitungan Efisiensi Pada Panel Surya Monocrystalline 50 WP

Efisiensi panel surya jenis monokristal 50 wp berdasarkan hasil data percobaan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

Diketahui :

- V_{pv} = 15,7 V
- I_{pv} = 1,54 A
- Irradiasi = 656,34 w/m²
- Luas penampang pv (A) = 0,4509 m²

Dari data diatas, nilai efisiensi yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

$$\eta_{\text{panel surya}} = \frac{V_{pv} \times I_{pv}}{I_{rad} \times A} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{panel surya}} = \frac{15,7 \times 1,54}{656,34 \times 0,4509} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{panel surya}} = 8,2 \%$$

D. Hasil Perhitungan Efisiensi Pada Panel Surya Polycrystalline 50 WP

Efisiensi panel surya jenis polikristal 50 wp berdasarkan hasil data percobaan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

Diketahui :

- V_{pv} = 13,28 V
- I_{pv} = 1,42 A
- Irradiasi = 655 w/m²
- Luas penampang pv (A) = 0,3604 m²

Dari data diatas, nilai efisiensi yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

$$\eta_{\text{panel surya}} = \frac{V_{pv} \times I_{pv}}{I_{rad} \times A} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{panel surya}} = \frac{13,28 \times 1,42}{655 \times 0,3604} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{panel surya}} = 7,9 \%$$

Dari penelitian yang telah dilakukan, pada panel surya jenis *monocrystalline* 50 wp intensitas cahaya tertinggi didapat pada jam 12.00 WIB yaitu 119.269 lux menghasilkan output tegangan 17,2 V, arus 1,62 A, dan daya 27,86 W. Pada panel surya jenis *polycrystalline* 50 wp intensitas cahaya tertinggi didapat pada jam 12.00 WIB yaitu 119.260 lux menghasilkan output tegangan 15,3 V, arus 1,51 A, dan daya 27,86 W. Kemudian perhitungan efisiensi, dapat dilihat bahwa kedua jenis panel surya yang diuji secara bersamaan pada kondisi cuaca yang terik, nilai efisiensi panel surya jenis monokristal 50 wp lebih besar yaitu sebesar 8,2%. Sedangkan panel surya jenis polikristal 50 wp memiliki efisiensi yang lebih kecil yaitu sebesar 7,9 %. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada kondisi yang keadaannya sering terpapar matahari atau terik cocok menggunakan panel surya jenis monokristal. Selain daripada itu berdasarkan teori diatas dijelaskan bahwa bahan dasar pada panel surya jenis *monocrystalline* merupakan bahan dasar silikon murni atau silikon tunggal yang dapat menyerap dan mengkonversi energi listrik lebih maksimal dibandingkan dengan panel surya jenis *polycrystalline* yang memiliki bahan dasar silikon campuran.

V. KESIMPULAN

Semakin tinggi nilai intensitas cahaya atau irradiasi yang diterima oleh panel surya maka akan semakin besar pula nilai output yang dihasilkan. Panel surya jenis monokristal menghasilkan nilai output yang lebih tinggi dibanding dengan panel surya jenis polykristal. Berdasarkan perhitungan dari data penelitian, nilai efisiensi panel surya jenis monokristal lebih besar sebesar 8,2 % dibanding nilai efisiensi panel surya jenis polikristal. dimana pada sebesar 7,9 %. Yang artinya pada kondisi cuaca yang terik atau lebih banyak terpapar matahari panel surya jenis monokristal lebih efisien walaupun selisihnya tidak terlalu jauh.

REFERENSI

- [1] I. M. A. Sastradiangga, I. A. D. Giriantari, and I. W. Sukerayasa, "Solar PV Plant as a Replacement for Power Supply of Irrigation Water Pump," *Int. J. Eng. Emerg. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 137-143, 2020.
- [2] L. A. Gunawan, A. I. Agung, M. Widartono, and S. I. Haryudo, "Rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya portable," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 65-71, 2021.
- [3] A. Asrori and E. Yudiyanto, "Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono dan Polikristal," *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 1, no. 1, p. 68, 2019, doi: 10.36055/fwl.v1i1.7134.
- [4] D. Amalia, H. Abdillah, and T. W. Hariyadi, "5187-Article Text-12825-1-10-20220531," vol. 8, no. 1, pp. 12-21, 2022.
- [5] M. Benganem *et al.*, "Evaluation of the Performance of Polycrystalline and Monocrystalline PV Technologies in a Hot and Arid Region: An Experimental Analysis," *Sustainability*,

- vol. 15, no. 20, p. 14831, 2023, [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/20/14831>
- [6] 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.
- [7] O. Ayadi, R. Shadid, A. Bani-Abdullah, M. Alrbai, M. Abu-Mualla, and N. A. Balah, "Experimental comparison between Monocrystalline, Polycrystalline, and Thin-film solar systems under sunny climatic conditions," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 218–230, 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2022.06.121.
- [8] M. Baho, "Analisis Peninjauan Daya Listrik Tenaga Surya Jenis Polikristal Dengan Monokristal Terhadap Output Inverter Pure Sinus Wave," *J. Ilm. Mahasiswa Teknik [JIMT]*, vol. 2, no. 1, pp. 41–49, 2022, [Online]. Available: <http://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimt/article/view/1063>
- [9] D. Darwin, A. Panjaitan, and S. Suwarno, "Analisa pengaruh Intesitas Sinar Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Sel Surya Jenis Monokristal," *J. MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 1, no. 2, pp. 99–106, 2020, doi: 10.53695/jm.v1i2.105.
- [10] P. R. Michael, D. E. Johnston, and W. Moreno, "A conversion guide: Solar irradiance and lux illuminance," *J. Meas. Eng.*, vol. 8, no. 4, pp. 153–166, 2020, doi: 10.21595/jme.2020.21667.
- [11] M. Dwi *et al.*, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Kolam Budidaya di Daerah Sentono Menggunakan Software PVsyst," *JUPITER (Jurnal Pendidik. Tek. Elektro)*, vol. 06, no. September, pp. 18–30, 2021.
- [12] - Suwarti, "Analisis Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah Terhadap Kinerja Panel Surya," *Eksergi*, vol. 14, no. 3, p. 78, 2019, doi: 10.32497/eksergi.v14i3.1373.
- [13] E. M. Jannah, *Elsa Munawarotul Penggunaan Metode Tabel Dalam Menyelesaikan Soal Rangkaian Listrik Tertutup Dua Loop Pada Siswa Sma*. 2022. [Online]. Available: <http://repository.unej.ac.id/xmlui/handle/123456789/106701>