

Analisis Pengaruh Suhu Terhadap Daya Output pada Panel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline 50 Wp

Nur Atikah¹, Budi Pramono Jati², dan Dedi Nugroho³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung
Jl. Kaligawe KM 4 Semarang, Semarang 50112
e-mail: nuratikaah83@gmail.com

Abstrak— Ada 2 jenis panel surya yaitu jenis *monocrystalline* dan jenis *polycrystalline*. Permasalahan dalam panel surya adalah perbedaan pengaruh suhu terhadap efisiensi dan karakteristik dalam konversi energi daya output pada panel surya *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Untuk mengetahui perbedaannya maka dilakukan pengukuran produksi energi pada PV *monocrystalline* 50W dan *polycrystalline* 50W masing-masing dengan cara didinginkan dan tidak didinginkan dengan air, untuk mempertahankan suhu menjadi normal. Paper ini membahas tentang pengaruh suhu terhadap daya output pada panel surya *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Tujuannya adalah dengan menurunkan suhu pada panel surya akan menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi. Metode yang digunakan dengan metode air pendingin dan tanpa air pendingin. Parameter yang digunakan dengan metode adalah suhu permukaan panel, sudut terhadap posisi matahari, tegangan, arus dan daya output pada panel, pengambilan data dilakukan dari jam 07.00-17.00 WIB, dengan waktu pengukuran diambil 4 kali setiap 30 menit. Hasil dari penelitian ini adalah pada puncak tertinggi output daya panel di jam 12.00 WIB, dengan hasil tertinggi pada panel surya *monocrystalline*. Bahwa ketika panel surya dengan air pendingin didapat hasil lebih efisien dan didapat hasil pada panel surya *monocrystalline* lebih bagus dibandingkan *polycrystalline*. Dari hasil penelitian didapat hasil yang terbaik adalah pada saat panel surya *monocrystalline* dengan air pendingin pada jam 12.00 WIB dengan suhu 26 °C, arus 1,69A, tegangan 18,8V, dan daya 31,772W. Hasil yang kedua panel surya *monocrystalline* tanpa air pendingin pada jam 12.00 WIB dengan suhu 50 °C, arus 1,67A, tegangan 16,9V, dan daya 28,223 W. Hasil yang ketiga panel surya *polycrystalline* dengan air pendingin pada jam 11.30 WIB dengan suhu 30 °C, arus 1,56A, tegangan 16,5V, dan daya 25,74 W. Hasil yang empat panel surya *polycrystalline* tanpa air pendingin pada jam 12.00 WIB dengan suhu 52 °C, arus 1,62A, tegangan 15,4V, dan daya 24,948W

Kata kunci: *Monocrystalline, polycrystalline, Tegangan, Arus, Suhu, Daya*

Abstract— There are 2 types of solar panels, namely *monocrystalline* type and *polycrystalline* type. The problem in solar panels is the difference in the effect of temperature on efficiency and characteristics in the conversion of output power energy in *monocrystalline* and *polycrystalline* solar panels. To find out the difference, energy production measurements were measured in 50W *monocrystalline* PV and 50W *polycrystalline* respectively by cooling and not cooling with water, to maintain normal temperatures. This paper discusses the effect of temperature on the output power of *monocrystalline* and *polycrystalline* solar panels. The goal is that lowering the temperature on solar panels will result in higher efficiency. The method used is with the cooling water method and without cooling water. The parameters used by the method are panel surface temperature, angle to sun position, voltage, current and output power on the panel, data collection is carried out from 07.00-17.00 WIB, with measurement time taken 4 times every 30 minutes. The results of this study are at the highest peak panel power output at 12.00 WIB, with the highest results on *monocrystalline* solar panels. That when solar panels with cooling water are obtained more efficient results and obtained results on *monocrystalline* solar panels are better than *polycrystalline*. From the results of the study, the best results were obtained when *monocrystalline* solar panels with cooling water at 12.00 WIB with a temperature of 26 °C, current 1.69A, voltage 18.8V, and power 31.772W. The second result is a *monocrystalline* solar panel without cooling water at 12.00 WIB with a temperature of 50 °C, a current of 1.67A, a voltage of 16.9V, and a power of 28.223 W. The third result is a *polycrystalline* solar panel with cooling water at 11.30 WIB with a temperature of 30 °C, a current of 1.56A, a voltage of 16.5V, and a power of 25.74 W. The result was four *polycrystalline* solar panels without cooling water at 12.00 WIB with a temperature of 52 °C, a current of 1.62A, a voltage of 15.4V, and a power of 24.948W

Keywords: *Monocrystalline, polycrystalline, Voltage, Current, Temperature, Power*

I. PENDAHULUAN

Pada kebutuhan dengan sumber energi listrik yang semakin banyak dibutuhkan untuk mendukung sebagai

kinerja dari manusia dalam kondisi saat ini semuanya dengan menggunakan sumber tenaga listrik. Di Indonesia melewati garis katulistiwa dengan pancaran matahari yang cukup panjang disetiap tahunnya serta dapat menerima

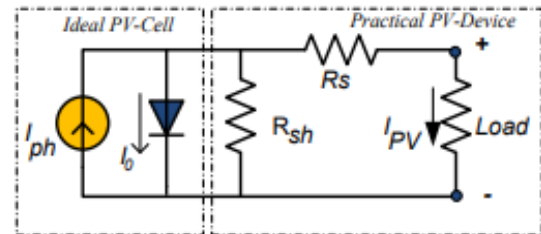
matahari yang cukup banyak dibandingkan dengan negara yang lain, dengan potensi yang cukup besar sebagai pengembangan sumber energi pembangkit listrik tenaga surya sehingga dapat menggantikan bahan bakar fosil. *Photovoltaic cell* ini dengan menyerap sinar matahari oleh sel-sel semikonduktor yang selanjutnya diubah menjadi bentuk energi listrik.[1]

Penggunaan energi matahari ini memiliki kelemahan yang dihasilkan pada sel surya akan berpengaruh oleh intensitas cahaya matahari dan suhu yang diserap oleh panel surya. Panel surya yang digunakan pada umumnya menggunakan bahan silikon kristal yaitu *monocrystalline* dan *polycrystalline*, pada kedua panel surya memiliki perbedaan pada struktur fisik, efisiensi dan juga harga. Panel surya *monocrystalline* terbuat dari kristal silikon tunggal dengan warna yang ditampilkan hitam sedikit gelap dengan pola bergaris yang terpotong, efisiensi dari panel *monocrystalline* 14-17%. Pada panel surya *polycrystalline*, panel surya ini terbuat dari potongan silikon yang dilebur secara bersama, dengan warna tampilannya biru dan memiliki sudut yang tidak rapi, panel *polycrystalline* memiliki efisiensi yang lebih rendah dibanding *monocrystalline* 12-15%.[2] Pada panel surya suhu dapat mempengaruhi dari tingkat sel surya yang menghasilkan listrik, dengan adanya peningkatan dari suhu yang terpapar cahaya sinar matahari sehingga dari peningkatan suhu akan menjadikan penurunan pada efisiensi dari panel suryanya.[3] Karena semakin panas pada suhu panel surya maka akan menghasilkan efisiensi yang rendah. Dalam penelitian ini membahas tentang analisis pengaruh suhu terhadap daya output pada panel surya *monocrystalline* dan *polycrystalline* 50 wp. Karena untuk mengetahui suhu yang baik dalam produksi panel surya, sehingga dapat membantu menyesuaikan ukuran panel surya yang cocok untuk digunakan. Diharapkan pada pengujian dapat diperoleh hasil yang maksimal sehingga dapat mengetahui efisiensi dari panel surya.

II. STUDI PUSTAKA

Umunya yang sering dijumpai dipasaran jenis modul surya panel yaitu jenis silikon kristal yang terbuat dari bahan silikon dan thin film yang terbuat dari bahan kimia. *Crystalline Silikon* adalah material yang terbuat dari bahan semikonduktor yang bersifat untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik, yang terbuat dari bahan silikon kristal tunggal untuk menangkap cahaya matahari dan mengubah menjadi energi listrik dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Pada modul surya jenis *thin film* yang terbuat dari bahan- bahan kimia. Modul surya *thin film* ini lebih fleksibel jika digunakan dari pada modul silikon kristal sehingga dapat diterapkan diberbagai permukaan. Pada proses produksinya yang lebih sederhana dan memerlukan bahan dengan jumlah yang sedikit dibandingkan dari modul silikon kristal.[4] Sel surya yang merupakan elemen aktif yang terbuat dari bahan semikonduktor dengan memanfaatkan prinsip dari efek photovoltaic sehingga dapat merubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Proses dari cahaya matahari tersebut yang menyebabkan elektron memecah sehingga elektron ini akan bergerak, pergerakan inilah yang menghasilkan energi listrik. [6]

Panel surya terdapat silikon jenis P dan jenis N, keduanya memiliki perbedaan pada permukaan silikon jenis P ini dirancang sangat tipis gunanya apabila cahaya matahari yang diserap dapat langsung dengan cepat menembus sehingga dapat mencapai junction [5]. Dalam silikon jenis P diberi lapisan yang berbentuk seperti cincin yang digunakan sebagai terminal dari output positifnya. Pada jenis silikon N yang terletak dibawah bagian P dengan dilapisi nikel juga yang digunakan untuk sebagai terminal output negatifnya. Fotovoltaik dengan mengkonversi cahaya matahari yang menjadi listrik dapat dilihat rangkaian ekuivalen PV seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian dioda sebagai model sel PV

Dari pemodelan matematis PV pada gambar 1, I_{ph} adalah arus foto sel surya, R_{sh} dan R_s adalah resistensi seri sel dan shunt interistik sel surya. Dalam persamaan semikonduktor dan fotovoltaik yang menjadikan karakteristik I-V pada sel surya dan fotovoltaik. Dan pada fotovoltaik juga dipengaruhi oleh suhu seperti ditunjukkan pada persamaan (1).

$$I = I_L - I_0 [\exp (V+R_s I / V_t) - 1] - V+R_s / R_{sh} \quad (1)$$

Dimana I_L adalah arus yang dibangkitkan (A), I₀ adalah arus saturasi dioda p-n (A), R_s, resistor seri pada PV (W), R_{sh} resistor paralel (W) dan a parameter dioda, V_t tegangan terminal (V), seperti ditunjukkan pada persamaan (2).

$$V_t = N_s * K_t / a \quad (2)$$

Dimana T merupakan temperature (K), R_p adalah resistor paralel, q muatan elektron. Pada panel surya komponen yang utama adalah modul photovoltaic yang disusun secara seri maupun secara paralel dari beberapa sel surya. Pada panel surya pengaruh intensitas cahaya atau pengaruh iradiasi matahari sangat berpengaruh pada produksi dari kinerja panel surya. Pada kondisi iradiasi matahari yang menurun maka arus yang dihasilkan oleh panel surya akan menurun secara proporsional, karena iradiasi bekerja terhadap karakteristik tegangan (V) dan arus (I).[7] Namun pada fluktuasi tegangan ketika rangkaian terbuka akan sangat kecil yang dihasilkan. Faktanya, pada efisiensi konversi panel surya tidak dipengaruhi oleh fluktuasi dari radiasi matahari selama dalam standar pengoperasian panel surya. Temperatur merupakan kondisi yang menunjukkan drajat pada panas suatu benda, Ketika temperatur dari modul surya meningkat, arus yang diproduksi dari modul surya pada kenyataannya tetap tidak mengalami perubahan, sebaliknya tegangan mengalami penurunan dan bersamaan dengan itu performa dari panel surya juga mengalami penurunan dalam produksi energi listrik.[8]

Penelitian ini tidak lepas dari referensi yang digunakan sebagai pembandingan dari penelitian sebelumnya, adapun beberapa penelitian sebelumnya yang memiliki judul atau topik yang sama sebagai berikut.

Penelitian yang berjudul pengaruh intensitas cahaya matahari dan suhu terhadap daya yang dikeluarkan oleh modul sel surya monocrystalline dan polycrystalline yang disusun oleh Partaonan Harahap, Indra Bustami, Rimbawati, Benny Oktraldi yang bertujuan untuk mengetahui berapa keluaran dari intensitas cahaya matahari dan suhu pada kinerja panel surya. Pada jurnal ini, di dapat hasil penelitian ini adalah berdasarkan penelitian yang dilakukan semakin besar intensitas cahaya matahari maka pada kinerja panel surya dan tegangan semakin meningkat [9].

Penelitian yang berjudul pengaruh suhu terhadap photovoltaik efisiensi panel surya yang disusun oleh M. Senthil Kumar, K.R. Balasubramanian, L. Maheswari yang bertujuan mengetahui keluaran daya dan efisiensi akibat kenaikan suhu dilakukan dengan metode eksperimen.. Pada jurnal ini didapat hasil penelitian pada panel surya efisiensi panel surya fotovoltaik adalah rasio keluaran daya terhadap energi yang diserap oleh panel surya PV, Selama radiasi matahari, arus DC dihasilkan. Parameter panel PV berubah karena perubahan radiasi matahari dan suhu. Kinerja sel surya khususnya tegangan rangkaian terbuka terutama bergantung pada suhu. Penurunan tegangan rangkaian terbuka dari 19,7 V menjadi 19 V dan arus hubung singkat menurun dari 1,725 A menjadi 1,348 A berdasarkan waktu. 754 W/m², daya menurun dari 27,53 W menjadi 20,69 W dan efisiensi listrik menurun dari 12,51% menjadi 11,19% berdasarkan waktu [10].

Penelitian yang berjudul analisis pengaruh intensitas matahari, suhu permukaan & sudut pengarah terhadap kinerja panel surya yang disusun oleh Suwanti dan Wahyono yang bertujuan untuk mengetahui daya listrik maksimum yang mampu dihasilkan. Pada jurnal ini didapat hasil penelitian bahwa pada intensitas akan menghasilkan arus yang semakin besar dan tegangan tetap apabila intensitas matahari semakin besar, jika pada suhu permukaan semakin besar maka didapat tegangan akan semakin kecil dan arus tetap, dan daya yang dihasilkan semakin besar, semakin mendekati tegak lurus terhadap datangnya cahaya matahari maka tegangan dan arusnya akan semakin besar dan pada sudut pengarah mendekati cahaya matahari maka akan semakin besar dayannya [11].

Penelitian yang berjudul pengaruh cahaya dan suhunya pada fotovoltaik surya panel yang disusun oleh Xin Hou, Daoyuan Wen, Fangqin Li, Chuang Ma, yang bertujuan untuk memberikan gambaran tentang kapasitas terpasang fotovoltaik, pengaruh cahaya dan suhu pada sel fotovoltaik, dan pentingnya energi surya sebagai energi bersih dan ramah lingkungan. sumber energi terbarukan. Hal ini juga menyoroti perlunya penelitian berkelanjutan mengenai teknologi pembangkit listrik tenaga surya untuk mengatasi keterbatasan sumber energi konvensional. Pada jurnal ini didapat hasil penelitian membahas pengaruh cahaya dan suhu pada panel fotovoltaik surya [12].

III. METODE

Pemodelan Fotovoltaik

Fotovoltaik yang dirancang langsung terhubung dengan beban, dengan menggunakan modul surya dengan jenis tipe *monocrystalline* dan *polycrystalline* yang dirangkai secara terpisah, dimana beban yang digunakan menggunakan lampu. Dengan membandingkan dua jenis modul surya dengan menggunakan air pendingin dan tana menggunakan air pendingin. Dimana pada keluaran dari modul surya ini akan menghasilkan daya output dan suhu untuk mengetahui perbandingan pada kedua sel surya tersebut. Persamaan daya output sel surya seperti ditunjukkan pada persamaan (3)

$$P = I \times V \quad (3)$$

Dimana V adalah tegangan pada terminal sel surya. I adalah arus induksi matahari yang mengalir pada sel surya.

Pemodelan dengan Air Pendingin

Air Pendingin di gunakan sebagai pendingin pada permukaan panel. Karena umunya pada jenis panel *monocrystalline* dan *polycrystalline* memiliki perbedaan disetiap karakteristiknya. Penggunaan air pendingin ini untuk mengetahui perbandingan suhu yang ada pada permukaan panel. Yang menyebabkan keluaran output yang dihasilkan berbeda. Dengan menggunakan air pendingin pada panel nantinya akan menghasilkan keluaran yang berbeda dan suhu pada permukaan panel yang berbeda.

Pemodelan Tanpa Air Pendingin

Tanpa Air Pendingin dengan panel surya yang langsung terpapar sinar matahari, untuk mengetahui keluaran pada panel surya dan suhu pada permukaan panel. Karena umunya pada jenis panel *monocrystalline* dan *polycrystalline* memiliki perbedaan disetiap karakteristiknya. Dengan pemodelan tanpa air pendingin ini nantinya sebagai perbandingan.

Alat- Alat Penelitian

Berikut alat dan bahan yang digunakan untuk pengukuran dalam pengambilan data pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Modul Panel Surya

Modul panel surya adalah perangkat yang terbuat dari semikonduktor yang di desain sedemikian rupa dengan memanfaatkan efek *photovoltaic* yang dapat merubah langsung energi cahaya matahari yang diserap menjadi energi listrik.

2. Volt Ampere Digital

Alat volt ampere digital adalah suatu perangkat yang berfungsi untuk mengukur tegangan (volt), arus (ampere), yang dihasilkan dari output panel surya, yang menunjukkan seberapa banyak energi yang diperoleh pada panel surya.

3. Infrared Thermometer

Infrared Thermometer merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengukur dan memantau perubahan dari temperature pada permukaan panel surya.

4. Kabel Penghubung

Kabel penghubung salah satu alat yang berperan penting dalam menghubungkan berbagai komponen pada panel surya.

5. Lampu dc

Lampu dc pada panel surya digunakan sebagai beban.

6. Light Meter

Light meter adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur seberapa kuat intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya.

7. Dudukan panel surya

Dudukan panel surya adalah suatu alat yang digunakan sebagai tempat dudukan dari panel surya.

8. Batang penunjuk bayangan

Batang penunjuk bayangan digunakan untuk menentukan arah matahari dengan bayangan yang di dapat, menggunakan batang penunjuk bayangan di letakan pada permukaan datar pada panel surya.

A. Pengujian Data



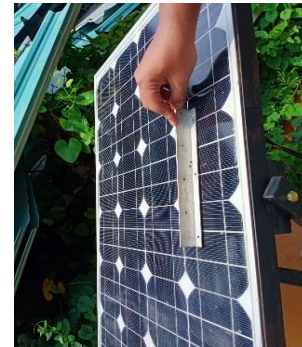
Gambar 2. Rangkaian pengujian data

1. Menganalisis panel surya. Penelitian dengan menggunakan 2 panel surya jenis *monocrystalline* dan *polycrystalline*, dengan spesifikasi yang dirangkai secara terpisah langsung dihubungkan ke beban untuk mengeluarkan hasil arus, tegangan, suhu.[1]
2. Analisis panel surya pada saat terpapar panas (tidak di sertai saluran air pendingin). Penelitian pada saat panel surya tidak menggunakan air pendingin langsung dihubungkan ke beban, diatur dengan sudut yang menyesuaikan arah pada posisi matahari yang dapat menghasilkan output yang maksimal, dengan output yang dihasilkan arus, tegangan dan suhu.
3. Analisis panel surya saat dialiri air pendingin. Dengan memposisikan sudut yang menyesuaikan dari arah matahari, selanjutnya dengan dialiri air pendingin pada panel surya, dan diukur pada suhu yang ada pada permukaan panel, sehingga dapat menghasilkan keluaran arus, tegangan, dan suhu.

B. Pengujian Posisi Arah Matahari

Pengujian posisi arah matahari yang dilakukan pada panel surya untuk menghasilkan kinerja dari panel surya

sehingga dapat memaksimalkan.[4] Penting dalam pengujian arah matahari karena pada posisi matahari yang berubah-ubah dengan seiring bertambahnya waktu. Memasang batang atau besi (tracker) di permukaan panel yang menatar pada panel surya dan pada panel surya dapat secara tegak lurus menghadap posisi matahari.



Gambar 3. Pengujian posisi arah matahari

C. Pengukuran Sudut

Pengukuran pada sudut panel surya dilakukan dengan memperhatikan ketinggian dan arah horizontal dengan sudut vertikal di letakan pada permukaan panel surya secara horizontal. Dapat dipastikan bahwa panel surya langsung menghadap ke matahari secara optimal.



Gambar 4. Pengukuran sudut

D. Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu pada panel surya dengan menggunakan alat thermogun, mengarahkan thermogun langsung pada permukaan pane surya pengukuran diambil dari beberapa titik sebagai gambaran pada suhu panel surya.



Gambar 5. Pengukuran suhu

E. Proses Penurunan Suhu Yang Dilengkapi Dengan Saluran Air Pendingin

Pada panel surya yang dilengkapi dengan saluran air pendingin dengan tujuan untuk menghasilkan suhu yang didapat pada permukaan panel surya dapat menurun, pada saat proses penelitian dengan permukaan panel surya yang

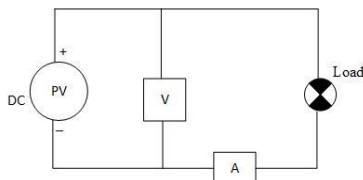
dialiri air sebagai pendingin yang nantinya output yang dihasilkan lebih baik dan optimal, sehingga pada suhu yang dihasilkan dapat menurun yang dapat mempengaruhi efisiensi dari panel dan juga pada output arus dan tegangan.



Gambar 6. Proses penurunan suhu yang dilengkapi dengan saluran air pendingin

F. Rangkaian Penyusunan Penelitian

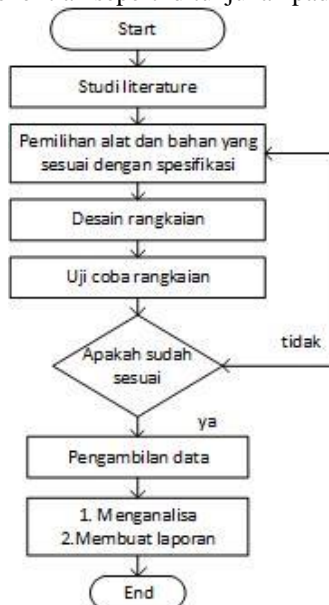
Pada penelitian ini dengan menggunakan rangkaian tertutup yang dihubungkan pada panel surya dengan beban lampu yang melalui volt ampere meter digital untuk mencari output arus(A), tegangan(V), daya (W) pada panel surya[3]. Rangkaian tertutup merupakan suatu rangkaian yang beroperasi secara mandiri yang dimana tidak terhubung langsung pada jaringan listrik, pada volt ampere meter digunakan untuk mengukur hasil dari keluaran pada arus dan tegangan pada rangkaian seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



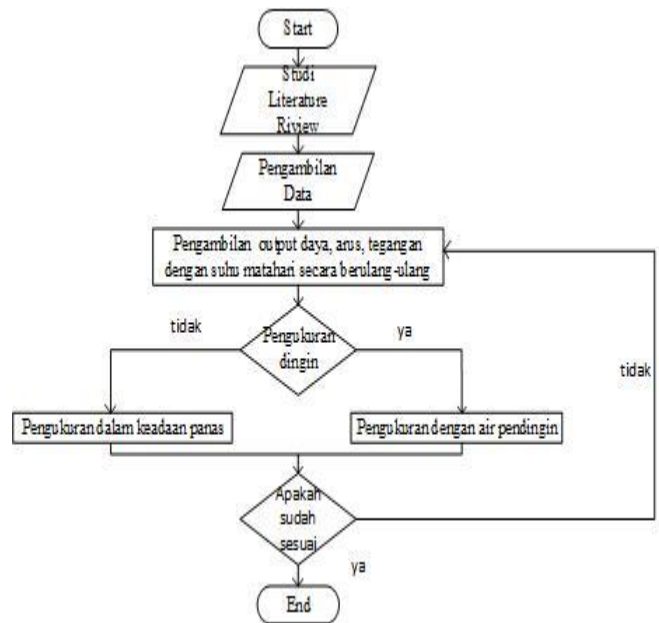
Gambar 7. Blok diagram pengujian solar panel

G. Diagram Alur Penelitian

Flowchart metodologi penelitian/ yang digunakan dalam penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 8, flowchart alur penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 8. Flowchart metodologi penelitian



Gambar 9. Flowchart alur penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai, hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan pada pengaruh suhu terhadap output daya panel surya *monocrystalline* dan *polycrystalline* 50 WP dengan air pendingin dan tanpa air pendingin.

Hasil pengujian nilai tegangan, arus, daya, intensitas cahaya, dan suhu yang dihasilkan pada panel surya jenis *monocrystalline* dengan air pendingin 50 WP dari pukul 07.00-17.00 WIB, ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran arus, tegangan, suhu dan daya pada panel surya *monocrystalline* dengan air pendingin.

Monocrystalline Dengan Air Pendingin							
No	Jam	Sudut	Arus	Tegangan	Daya	Intensitas Cahaya	Suhu
1	07.00	29	1,58	16,9	26,702	29548,25	30°
2	07.30	34	1,61	17,4	28,014	43193,25	31°
3	08.00	41	1,63	17,9	29,177	59917	31°
4	08.30	47	1,61	17,6	28,336	75187,5	30°
5	09.00	58	1,65	18,1	29,865	85970,5	29°
6	09.30	63	1,67	18,4	30,728	95777,25	28°
7	10.00	68	1,67	18,5	30,895	103983,75	28°
8	10.30	79	1,69	18,6	31,434	113743	28°
9	11.00	86	1,69	18,6	31,434	121029	28°
10	11.30	89	1,69	18,6	31,434	120007,25	28°
11	12.00	98	1,69	18,8	31,772	118008,75	26°
12	12.30	103	1,69	18,6	31,434	113986	28°
13	13.00	112	1,67	18,5	30,895	107000,5	28°
14	13.30	116	1,66	18,3	30,378	95113,75	30°
15	14.00	127	1,65	18,4	30,36	95218,25	30°
16	14.30	131	1,65	18,1	29,865	83757	30°
17	15.00	136	1,61	17,6	28,336	78005,25	32°

18	15.30	152	1,58	17,1	27,018	24140,7 5	33°
19	16.00	162	1,56	16,7	26,052	19088,7 5	34°
20	16.30	166	1,21	10	12,1	5462,75	35°
21	17.00	171	0,82	4,5	3,69	3866,75	37°

Berdasarkan table 1 diatas panel surya *monocrystalline* dengan air pendingin mengalami kenaikan pada output daya, puncak tertinggi pada jam 12.00 WIB dengan suhu 26 °C, arus 1,69A, tegangan 18,8V, dan daya 31,772W. Karena dapat dilihat pada suhu ketika suhu di permukaan panel rendah maka output daya akan meningkat, semakin rendah suhu maka akan semakin baik efisiensi pada panel.

Dengan perhitungan yang sesuai dengan iradiasi pada suatu tempat atau lokasi maka, diambil sempel perhitungan:
 $P = I \times V$

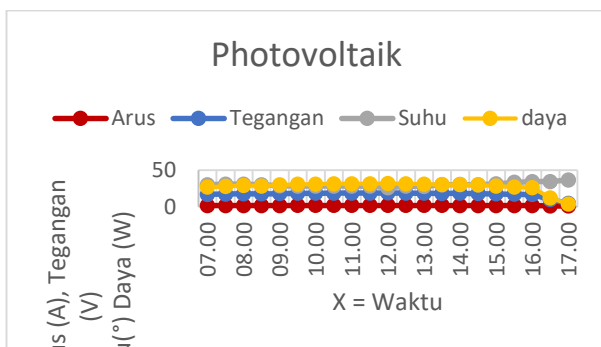
Dimana:

$$I = 1,58 \text{ A}$$

$$V = 16,9 \text{ V}$$

$$P = I \times V = 1,58 \text{ A} \times 16,9 \text{ V} = 26,70 \text{ Watt}$$

Jadi daya yang dihasilkan pada panel surya *monocrystalline* yang dilengkapi dengan air pendingin didapat pada daya yang sesuai dengan spesifikasi adalah 50,16 watt, dan daya yang dihasilkan setelah dalam pengujian menggunakan air pendingin dengan rata-rata 27,69 watt. Pada table dapat dilihat pukul 16.30-17.00 wib mengalami penurunan yang disebabkan karena iradiasi atau factor cuaca dan suhu yang ada pada permukaan panel, ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik pengukuran arus, tegangan, suhu dan daya pada panel surya *monocrystalline* dalam kondisi air pendingin.

Pengujian ini menghasilkan nilai tegangan, arus, daya, intensitas cahaya, dan suhu yang dihasilkan pada panel surya jenis *polycrystalline* dengan air pendingin 50 WP dari pukul 07.00-17.00 WIB, ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran arus, tegangan, suhu dan daya pada panel surya *polycrystalline* dengan air pendingin.

Polycrystalline Dengan Air Pendingin							
No	Jam	Sudut	Arus	Tegangan	Daya	Intensitas Cahaya	Suhu
1	07.00	18	1,48	15,2	22,496	29988,5	35°
2	07.30	40	1,5	15,6	23,4	43323,75	36°
3	08.00	45	1,51	15,6	23,556	59412,75	36°
4	08.30	50	1,51	15,6	23,556	74628	36°
5	09.00	57	1,54	15,6	24,024	73360,25	32°
6	09.30	64	1,54	15,6	24,024	96127,75	30°

7	10.00	71	1,58	16,3	25,754	107094,7 5	31°
8	10.30	74	1,56	16,1	25,116	113501,5	32°
9	11.00	84	1,56	16,3	25,428	110204	29°
10	11.30	89	1,56	16,5	25,74	110089,2 5	30°
11	12.00	107	1,54	16,6	25,564	117315	30°
12	12.30	109	1,54	16,6	25,564	113697,2 5	30°
13	13.00	110	1,54	16,2	24,948	107003	31°
14	13.30	120	1,54	15,9	24,486	95882,25	32°
15	14.00	126	1,53	15,8	24,174	95718,75	34°
16	14.30	133	1,54	15,9	24,486	84000	36°
17	15.00	141	1,53	15,4	23,562	80309,25	37°
18	15.30	146	1,51	15,2	22,952	24494,5	36°
19	16.00	150	1,38	13,5	18,63	19309,5	39°
20	16.30	160	0,95	6,2	5,89	5483,25	41°
21	17.00	163	0,83	2,4	1,992	3924,5	42°

Berdasarkan table diatas panel surya *polycrystalline* dengan air pendingin mengalami kenaikan pada output daya, puncak tertinggi pada 11.30 WIB dengan suhu 30 °C, arus 1,56A, tegangan 16,5V, dan daya 25,74 W. Karena dapat dilihat pada suhu ketika suhu di permukaan panel rendah maka output daya akan meningkat.

Dengan perhitungan yang sesuai dengan cahaya matahari pada suatu tempat atau lokasi maka:

$$P = I \times V$$

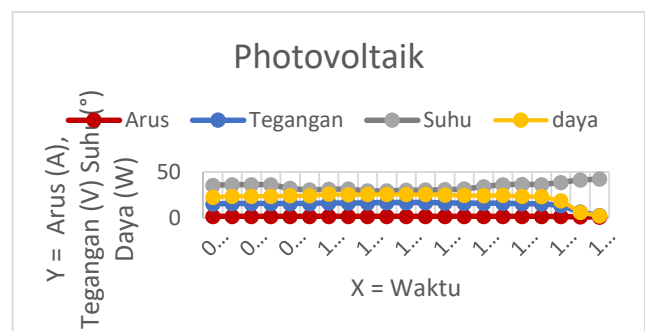
Dimana:

$$I = 1,48 \text{ A}$$

$$V = 15,2 \text{ V}$$

$$P = I \times V = 1,48 \text{ A} \times 15,2 \text{ V} = 22,49 \text{ Watt}$$

Jadi daya yang dihasilkan pada output panel surya dari hasil penelitian dapat dirata-rata sebesar 22,49 Watt, ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik pengukuran arus, tegangan, suhu dan daya pada panel surya *polycrystalline* dengan air pendingin.

Pengujian ini menghasilkan nilai tegangan, arus, daya, intensitas cahaya, dan suhu yang dihasilkan pada panel surya jenis *monocrystalline* tanpa air pendingin 50 WP dari pukul 07.00-17.00 WIB, berikut data ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran arus, tegangan, suhu dan daya pada panel surya monokristaline dalam kondisi tanpa air pendingin.

Monocrystalline Tanpa Air Pendingin							
N o	Jam	Sudu t	Aru s	Teganga n	Daya	Intensita s Cahaya	Suh u
1	07.00	29	1,54	15,8	24,332	29808	62°
2	07.30	34	1,6	16,2	25,92	43222,25	59°
3	08.00	41	1,61	16,4	26,404	59514,75	57°
4	08.30	47	1,62	16,6	26,892	75958	55°
5	09.00	58	1,63	16,5	26,895	74401	55°
6	09.30	63	1,65	16,7	27,555	98047,25	54°
7	10.00	68	1,65	16,7	27,555	104423,75	53°
8	10.30	79	1,65	16,8	27,725	113993,75	51°
9	11.00	86	1,65	16,7	27,555	113278	53°
10	11.30	89	1,67	16,9	28,223	118039,5	50°
11	12.00	98	1,67	16,9	28,223	117287,75	50°
12	12.30	103	1,65	16,8	27,72	113760	51°
13	13.00	112	1,65	16,7	27,555	106037	53°
14	13.30	116	1,65	16,7	27,555	96024	53°
15	14.00	127	1,65	16,7	27,555	95783	53°
16	14.30	131	1,62	16,6	26,892	83996,5	64°
17	15.00	136	1,63	16,5	26,895	80260	64°
18	15.30	152	1,51	15,5	23,405	24125	66°
19	16.00	162	1,51	15,5	23,405	19130	66°
20	16.30	166	1,11	8,1	8,991	5472	77°
21	17.00	171	0,62	2,5	1,55	3872	75°

Berdasarkan table diatas panel surya *monocrystalline* tanpa air pendingin yang menghasilkan pada output daya puncak tertinggi pada jam 12.00 WIB dengan suhu 50 °C, arus 1,67A, tegangan 16,9V, dan daya 28,223 W.

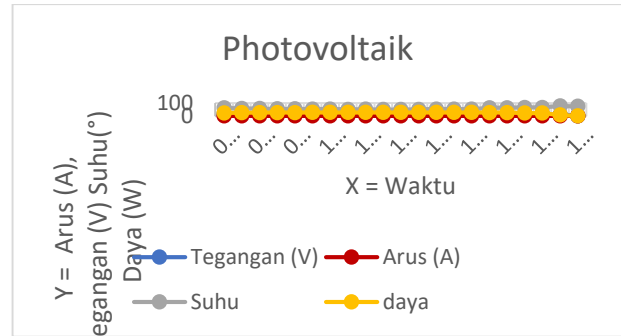
Dengan perhitungan yang sesuai dengan cahaya matahari pada suatu tempat atau lokasi maka, diambil sempel perhitungan:

$$P = I \times V$$

Diketahui:
I = 1,54 A
V = 15,8 V

$$P = I \times V = 1,54 \text{ A} \times 15,8 \text{ V} = 24,3 \text{ Watt}$$

Jadi daya yang dihasilkan pada output panel surya dari hasil penelitian dapat dirata-rata sebesar 24,75 Watt, dengan panel surya yang seharusnya mencapai daya yang maksimum sebesar 50 Watt, namun pada saat diberi suatu beban daya yang terserap menghasilkan output yang berbeda, selain itu juga dipengaruhi oleh faktor cahaya matahari dan suhu, ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik pengaruh arus, tegangan, suhu dan daya pada panel surya monocrystalline terhadap waktu dan tanpa air pendingin.

Pengujian ini menghasilkan nilai tegangan, arus, daya, intensitas cahaya, dan suhu yang dihasilkan pada panel surya jenis *polycrystalline* tanpa air pendingin 50 WP dari pukul 07.00-17.00 WIB, berikut data ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran arus, tegangan, suhu dan daya pada panel surya polycrystalline tanpa air pendingin.

Polycrystalline Tanpa Air Pendingin							
N o	Jam	Sudu t	Aru s	Teganga n	Daya	Intensita s Cahaya	Suh u
1	07.00	35	1,42	13,3	18,886	29833,75	64°
2	07.30	32	1,45	13,4	19,43	43227,75	63°
3	08.00	43	1,48	13,7	20,276	59225,75	61°
4	08.30	50	1,53	14,6	22,338	74992,25	57°
5	09.00	58	1,51	14,4	21,744	82847,5	58°
6	09.30	64	1,54	14,7	22,638	95994,25	56°
7	10.00	73	1,56	14,8	23,088	104991,25	56°
8	10.30	75	1,6	15,3	24,48	114622,75	53°
9	11.00	87	1,57	14,9	23,393	111043,5	55°
10	11.30	89	1,6	15,3	24,48	114131	53°
11	12.00	98	1,62	15,4	24,948	117344,75	52°
12	12.30	108	1,6	15,3	24,48	114961,75	53°
13	13.00	110	1,58	15	23,7	107155,5	55°
14	13.30	119	1,54	14,7	22,638	96092,5	57°
15	14.00	126	1,54	14,7	22,638	95966,25	56°
16	14.30	135	1,52	14,5	22,04	83894,25	57°
17	15.00	142	1,51	14,4	21,744	81260	58°
18	15.30	144	1,48	13,7	20,276	24323,25	61°
19	16.00	150	1,38	12,3	16,974	19223,25	66°
20	16.30	160	0,74	5,4	3,996	5465	70°
21	17.00	163	0,68	0,8	0,544	3914	73°

Berdasarkan table diatas panel surya *polycrystalline* tanpa air pendingin yang menghasilkan pada output daya puncak tertinggi pada jam 12.00 WIB dengan suhu 52 °C, arus 1,62A, tegangan 15,4V, dan daya 24,948W.

Dengan perhitungan yang sesuai dengan cahaya matahari pada suatu tempat atau lokasi maka, diambil sampel perhitungan:

$$P = I \times V$$

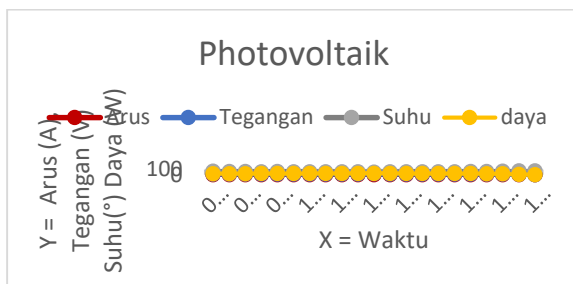
Dimana:

$$I = 1,42 \text{ A}$$

$$V = 13,3 \text{ V}$$

$$P = I \times V = 1,42 \text{ A} \times 13,3 \text{ V} = 18,8 \text{ Watt}$$

Jadi daya yang dihasilkan pada output panel surya dari hasil penelitian dapat dirata-rata sebesar 20,28 Watt, dengan panel surya yang seharusnya mencapai daya yang maksimum sebesar 50 Watt, namun pada saat diberi suatu beban daya yang terserap menghasilkan output yang berbeda, selain itu juga dipengaruhi oleh faktor cahaya matahari dan suhu. Karena pada daya yang diserap akan dipengaruhi oleh cahaya matahari dan suhu yang mengakibatkan hasil output daya yang diserap berbeda, ditunjukkan pada pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik pengaruh arus, tegangan, suhu dan daya pada panel surya polycrystalline terhadap waktu pada kondisi tanpa air pendingin.

V. KESIMPULAN

Menurunkan suhu pada panel surya mampu menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi. Hasil yang terbaik adalah pada saat panel surya *monocrystalline* dengan air pendingin pada jam 12.00 WIB dengan suhu 26 °C, arus 1,69A, tegangan 18,8V, dan daya 31,772W. Hasil yang kedua panel surya *monocrystalline* tanpa air pendingin pada jam 12.00 WIB dengan suhu 50 °C, arus 1,67A, tegangan 16,9V, dan daya 28,223 W. Hasil yang ketiga panel surya polycrystalline dengan air pendingin pada jam 11.30 WIB dengan suhu 30 °C, arus 1,56A, tegangan 16,5V, dan daya

25,74 W. Hasil yang empat panel surya *polycrystalline* tanpa air pendingin pada jam 12.00 WIB dengan suhu 52 °C, arus 1,62A, tegangan 15,4V, dan daya 24,948W.

REFERENSI

- [1] R. T. Jurnal, "Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai Plts," *Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 2, pp. 120–125, 2018, doi: 10.33322/energi.v9i2.48.
- [2] U. dan Hidayat, "Bab li Landasan Teori," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 8–24, 2019.
- [3] Imania, "Bab 2 dasar teori 2.1," *Repos. IT Telkom Porwokerto*, vol. d, pp. 5–17, 2019, [Online]. Available: [http://repository.itelkom-pwt.ac.id/6282/2/BAB II.pdf](http://repository.itelkom-pwt.ac.id/6282/2/BAB%20II.pdf).
- [4] S. Tri, I. Isdawimah, and I. Kamil, "Implementasi Penggunaan Super Kapasitor Pada Sistem PLTS Off-grid Sebagai Penstabil Baterai," *Electrices*, vol. 4, no. 1, pp. 7–11, 2022, doi: 10.32722/ees.v4i1.4420. 2019, doi: 10.1051/e3sconf/201911801047.
- [5] F. Husnayain, "Analisis rancang bangun PLTS ON-Grid hibrid baterai dengan PVSYST pada kantin teknik FTUI," *Electrices*, vol. 2, no. 1, pp. 21–29, 2020, doi: 10.32722/ees.v2i1.2846.
- [6] P. Widjanarko, Wahyu Nugroho and A. Dani dan Nila Alia, "STUDI IMPLEMENTASI SMALL PLTS OFF GRID BERBASIS BATERAI LiFePO4 PADA RUMAH TINGGAL DAYA TENAGA SURYA 200 W STUDY OF SMALL PLTS OFF GRID IMPLEMENTATION BASED ON LIFePO4 BATTERY AT 200 SOLAR SURYA POWER HOUSE," *J. Ilm. Teknol. FST Undana*, vol. 13, no. 2, pp. 10–14, 2019.
- [7] R. Sianipar, "Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Jetri J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 11, pp. 61–78, 2017, doi: 10.25105/jetri.v11i2.1445.
- [8] B. R. Julian, Muliadi, and Syukri, "Analisis Pengaruh Radiasi Matahari Dan Temperatur Terhadap Daya Keluaran Fotovoltaik Menggunakan SPSS," *Aceh J. Electr. Eng. Tachnology*, vol. III, no. 1, 2023.
- [9] P. Harahap, I. Bustami, and B. Oktrialdi, "Jurnal Mesil (Mesin, Elektro, Sipil.) Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Dan Suhu Terhadap Daya Yang Dikeluarkan Oleh Modul Sel Surya Monocrystalline Dan Polycrystalline," vol. 3, no. 3, pp. 1–5, 2022.
- [10] M. Senthil Kumar, K. R. Balasubramanian, and L. Maheswari, "Effect of temperature on solar photovoltaic panel efficiency," *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 8, no. 6, pp. 2593–2595, 2019, doi: 10.35940/ijeat.F8745.088619.
- [11] - Suwarti and - Wahyono, "Analisis Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah Terhadap Kinerja Panel Surya," *Eksergi*, vol. 14, no. 2, pp. 46–52, 2019, doi: 10.32497/eksergi.v14i2.1325.
- [12] X. Hou *et al.*, "Influence of light and its temperature on solar photovoltaic panels," *E3S Web Conf.*, vol. 118, pp. 10–12, 2019, doi: 10.1051/e3sconf/201911801047.