

Analisis Efisiensi Panel Surya Menggunakan Reflektor Dan Sistem Pendingin Berbasis Mikrokontroler

Ardisto M. Fallo^a, Muhamad Jafri^{b*}, Dominggus G. H Adoe^c

^{a,b,c}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto, Penfui – Kupang, NTT, Tlp 85011

*muhamad_jafri@staf.undana.ac.id

Abstract

The addition of reflectors to solar panels to redirect solar radiation onto the panel surface can lead to increased surface temperatures. Excessive temperature rise significantly impacts the power output. The implementation of a microcontroller-based cooling system can optimize the temperature on the solar panel surface. The research employs an experimental method on four test media, namely solar panels with reflectors at angles of 45° and 60°, with the addition of a microcontroller-based cooling system, solar panels without reflectors with a cooling system, and solar panels without reflectors or cooling system (as the control). The aim of this study is to determine the efficiency of solar panels using reflectors and a microcontroller-based cooling system. The test results indicate that the intensity of light and temperature also affect the generated power. The microcontroller-based cooling system applied to the solar panel maximizes the power output and efficiency. The solar panel using a 60° reflector with cooling produces a power output of 14.10 Watt with an efficiency of 15.9%, while the solar panel using a 45° reflector produces a power output of 14.07 Watt with an efficiency of 15.4%. The solar panel without a reflector but with a cooling system produces a power output of 13.31 Watt with an efficiency of 14.4%, which is higher than the solar panel without a reflector or cooling system, which only produces a power output of 11.264 Watt with an efficiency of 12.1%.

Keywords: cooling system; microcontroller; mirror reflektor; solar panel; temperature

Abstrak

Penambahan reflektor pada panel surya untuk mengarahkan radiasi sinar matahari pada permukaan panel. Pergerakan matahari dari arah timur ke barat, menyebabkan arah radiasi datang pada permukaan panel selalu berubah. Maka reflektor yang dipasang pada sisi panel harus dapat digerakkan mengikuti arah radiasi matahari. Namun hal ini dapat meningkatkan temperatur pada permukaan panel. Meningkatnya temperatur yang berlebihan, sangat berpengaruh daya keluaran. Penerapan sistem pendingin berbasis mikrokontroler dapat mengoptimalkan temperatur pada permukaan panel surya. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen terhadap 4 buah media uji yaitu panel surya menggunakan reflektor dengan sudut reflektor 45° dan 60° dengan penambahan sistem pendingin berbasis mikrokontroler, panel surya tanpa reflektor menggunakan sistem pendingin serta panel surya tanpa reflektor tanpa sistem pendingin (sebagai control). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi panel surya menggunakan reflektor dan sistem pendingin berbasis mikrokontroler. Hasil pengujian menunjukkan bahwa besarnya intensitas cahaya dan temperatur juga mempengaruhi daya yang dihasilkan. Sistem pendingin berbasis mikrokontroler yang diberikan pada panel surya dapat memaksimalkan daya keluaran dan nilai efisiensi yang dihasilkan, panel surya yang menggunakan reflektor dengan dengan sudut 60° yang diberikan pendingin dapat menghasilkan daya 14.10 Watt dengan efisiensi sebesar 15.9 %, panel surya yang menggunakan reflektor dengan sudut 45° menghasilkan daya 14.07 Watt serta efisiensi sebesar 15,4%, panel surya tanpa reflektor yang menggunakan sistem pendingin menghasilkan daya 13.31 Watt dengan efisiensi sebesar 14,4% lebih besar dibandingkan dengan panel surya tanpa reflektor tanpa sistem pendingin yang hanya menghasilkan daya keluaran 11.264 Watt dengan efisiensi sebesar 12.1 %.

Kata kunci: mikrokontroler; panel surya; reflektor cermin; sistem pendingin; temperatur

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi energi matahari yang besar, karena posisi Indonesia berada digaris khatulistiwa yang berpotensi untuk menjadikan panel surya sebagai energi masa depan[1]. Panel surya adalah alat yang digunakan mengubah sinar matahari menjadi energi listrik secara langsung. Alat ini dapat menghasilkan

energi listrik dengan mengubah photon menjadi energi listrik atau di sebut juga dengan efek *photovoltaic*. Performa panel surya sangat ditentukan oleh banyaknya radiasi sinar matahari yang diterima oleh panel surya, sehingga mengarahkan radiasi matahari dengan penambahan reflektor pada sisi panel surya dapat meningkatkan daya keluaran dari panel surya tersebut. Karena semakin banyak sinar matahari diberikan oleh cermin pada panel surya dan diteruskan ke panel, akan meningkatkan daya output yang dihasilkan panel surya[3]. Namun penambahan reflektor dapat meningkatkan radiasi yang berlebihan pada permukaan panel surya yang memiliki dampak meningkatnya temperatur pada panel surya tersebut. Penerapan sistem sistem pendingin berbasis mikrokontroler dapat mengoptimalkan temperatur pada permukaan panel surya[4].

Temperatur yang berlebihan dapat memberikan gangguan pada elektron yang berada di semikonduktor sehingga efek fotovoltaiik tidak terjadi secara optimal maka ditambahkan pendingin pada panel surya agar dapat mengoptimalkan efisiensi pada panel surya[5]. Media pendingin merupakan komponen pelepas panas yang memiliki sifat mudah menyerap panas serta mudah melepaskan panas, media pendingin yang sering digunakan adalah media pendingin berupa air serta udara[5]. Sistem pendingin ini menggunakan metode penyemprotan air secara langsung pada permukaan panel surya, yang bekerja apabila panel surya dalam keadaan panas tertentu maka alat tersebut dapat bekerja secara otomatis. Sistem pendingin tersebut dapat bekerja apabila temperatur pada permukaan panel surya telah mencapai dari 40⁰ C dengan durasi mengalirnya air selama jangkauan suhu tersebut belum konstan.

Sistem pendingin menggunakan beberapa komponen yaitu: Arduino uno dan sensor dht11 yang diaplikasikan sebagai pengendali water pump dc secara otomatis. Sensor dht11 ini berfungsi untuk membaca temperatur pada permukaan panel surya kemudian diproses oleh Arduino, selanjutnya memberi sinyal kepada water pump DC untuk mengalirkan air ke permukaan panel surya. Sistem pendingin ini terdiri dari panel surya polycrystalline, baterai aki 18ah, inverter, solar charger controller, mikrokontroler, sensor suhu, sensor arus, sensor tegangan, dan pompa, Sistem pendinginan panel surya ini dapat bekerja apabila temperatur pada permukaan panel surya mencapai 40⁰ C [6]. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, terdapat kesimpulan yang saat ini menjadi dasar informasi terkait dalam penelitian ini, dalam penjelasan literasi tersebut, dikemukakan bahwa kenaikan dan penurunan temperatur pada permukaan sel surya mempengaruhi daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya, kenaikan dan penurunan temperatur dapat mempengaruhi elektron yang berada di semikonduktor sehingga efek fotovoltaiik tidak terjadi secara optimal [7],

2. Material dan metode penelitian

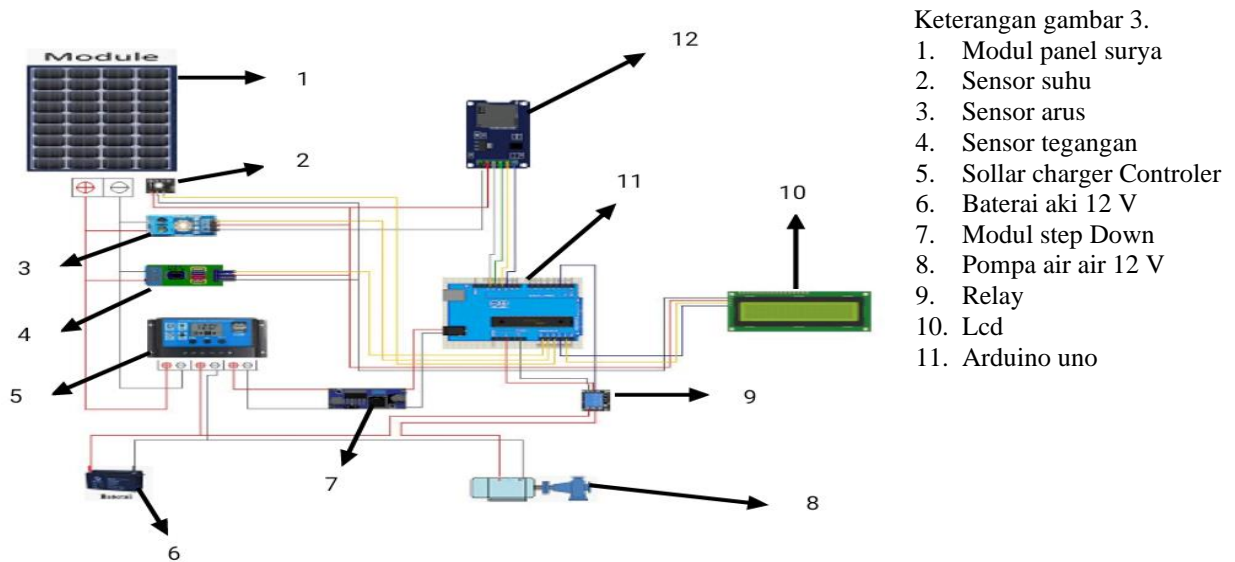
Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah 4 buah panel surya, 2 buah panel dilengkapi reflector, 2 buah berikutnya tanpa reflector, pompa air dc 12 volt, solar charger controller, baterai 18Ah, Arduino Uno. Panel surya yang digunakan adalah panel surya polikrystaline dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 1. Spesifikasi panel surya jenis polikristaline

| | |
|------------------------------------|-------------------------|
| Model Type | BCT 10 -12 |
| Max. Power (P_{max}) | 10 W |
| Max. Power Voltage (V_{mp}) | 17.2 V |
| Max. Power Current (I_{mp}) | 0.58 A |
| Open Circuit Voltage (V_{oc}) | 21.6 V |
| Short Circuit Current (I_{sc}) | 0.68 A |
| Nominal Operating Cell Temp (NOCT) | 45 ⁰ C |
| Max. System Voltage | 1000 V DC |
| Cell Technology | Poly-Si |
| Weight | 0.99 Kg |
| Weight | 354 mm x 251 mm x 18 mm |

Skema instalasi pegujian panel surya dengan sistem pendingin

Dengan penambahan sistem pendingin yang bertujuan untuk mengurangi panas pada permukaan panel surya serta meningkatkan efisiensi energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Sistem pendingin ini dilengkapi dengan sistem kontrol arduino untuk memonitoring sensor temperatur, arus dan tegangan, sistem pendingin ini dapat bekerja apabila temperatur pada panel surya diatas 40⁰C, dan akan berhenti bekerja jika temperatur pada permukaan panel surya sudah berada pada titik konstan dibawah 40⁰C.



Keterangan gambar 3.
 1. Modul panel surya
 2. Sensor suhu
 3. Sensor arus
 4. Sensor tegangan
 5. Solar charger Controller
 6. Baterai aki 12 V
 7. Modul step Down
 8. Pompa air air 12 V
 9. Relay
 10. Lcd
 11. Arduino uno

Gambar 1. Skema instalasi sistem pendingin pada panel surya

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perlakuan pada panel (panel surya yang menggunakan reflektor dengan variasi sudut reflektor 45° , panel surya yang menggunakan reflektor dengan variasi sudut reflektor 60° , panel surya tanpa reflektor menggunakan sistem pendingin, panel surya tanpa reflektor tanpa sistem pendingin). Variabel terikat (dependent variable) adalah arus (I), dan tegangan (V), dan temperature (T). Sedangkan variabel Terkontrol adalah sistem pendingin mikrokontroler akan bekerja apabila suhu pada panel mencapai 40°C .



Gambar 2. Panel surya menggunakan reflektor dengan sudut reflektor 45° , reflektor dengan sudut reflektor 60°

Prosedur Penelitian:

- Menempatkan 4 buah media ujian pada ruang terbuka yang dapat mengakses radiasi matahari
- Menempakkan sensor-sensor alat ukur temperature, tegangan, kuat arus, sensor penggerak reflector pada masing-masing media uji.
- Data-data pengujian diambil secara real time menggunakan data loger mulai dari dari pukul 09.00 sampai dengan 15.00. Secara bersamaan untuk ke 4 buah media uji.



Gambar 3. (a) Proses instalasi sistem pendingin pada panel surya dan (b) Proses pengambilan data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Pengujian:

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorim Teknik Mesin Universitas Nusa Cendana Kupang selama 3 hari yang dimulai pada tanggal 17-19 Oktober 2022. Setiap hari data diambil dari pukul 09:00 pagi-15:00 sore wita secara realtime. Data yang diambil adalah, arus, tegangan, intensitas cahaya, dan temperatur pada 4 buah alat uji. Data-data hasil pengujian ditabulasi dalam tabel berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian tegangan, arus, intensitas cahaya, dan temperatur pada panel surya menggunakan reflektor dengan sudut 60^0 menggunakan sistem pendingin.

| Waktu | Tegangan V (Volt) | Amper I (Arus) | Intensitas Cahaya W/m ² | Temperatur Modul | | Tempratur Lingkungan T _a (°C) |
|---------------|----------------------|-------------------|--|----------------------|----------------------|--|
| | | | | T _{m1} (°C) | T _{m2} (°C) | |
| 09.00 | 6.3 | 1.08 | 759.2 | 38 | 38 | 29 |
| 09.21 - 09.27 | 6.6 | 1.46 | 830.1 | 45 | 37 | 29 |
| 09.37 - 09.45 | 6.7 | 1.67 | 848.2 | 46 | 35 | 29 |
| 10.21 - 10.26 | 6.8 | 1.72 | 943.5 | 44 | 36 | 29 |
| 10.37 - 10.42 | 6.8 | 1.93 | 1031.3 | 43 | 37 | 29 |
| 11.59 - 11.05 | 6.9 | 1.81 | 929.2 | 45 | 36 | 30 |
| 11.22 - 11.25 | 7.0 | 2.01 | 1030.2 | 46 | 37 | 30 |
| 11.38 - 11.44 | 7.0 | 2.0 | 1114.3 | 47 | 38 | 30 |
| 11.59 - 12.05 | 7.0 | 1.97 | 1100.2 | 44 | 35 | 29 |
| 12.14 - 12.19 | 6.9 | 1.92 | 1205.2 | 45 | 37 | 30 |
| 12.31 - 12.33 | 6.8 | 1.83 | 1230.1 | 43 | 36 | 30 |
| 12.44 - 12.50 | 7.0 | 1.87 | 1111.2 | 43 | 37 | 30 |
| 12.59 - 13.03 | 7.0 | 1.73 | 1140.2 | 45 | 37 | 31 |
| 13.16 - 13.22 | 7.0 | 1.83 | 1200.4 | 46 | 36 | 32 |
| 13.28 - 13.32 | 6.9 | 1.64 | 990.1 | 44 | 36 | 31 |
| 13.45 - 13.48 | 6.8 | 1.32 | 991.2 | 43 | 36 | 30 |
| 14.05 - 14.09 | 6.7 | 1.42 | 942.2 | 44 | 35 | 29 |
| 14.24 - 14.27 | 6.5 | 1.59 | 834.4 | 43 | 35 | 29 |
| 14.43 - 14.47 | 6.2 | 1.59 | 850.1 | 43 | 36 | 29 |
| 15.10 - 15.13 | 6.1 | 1.54 | 808.3 | 42 | 36 | 29 |

Tabel 3. Hasil pengujian tegangan, arus, intensitas cahaya, dan temperatur pada panel surya menggunakan reflektor dengan sudut 45⁰ dan menggunakan sistem pendingin.

| Waktu | Tegangan V (Volt) | Amper I (Arus) | Intensitas Cahaya W/m ² | Temperatur Modul | | Tempratur Lingkungan T _a (°C) |
|----------------|----------------------|-------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|---|
| | | | | T _{m1} (°C) | T _{m2} (°C) | |
| 09.00 | 6.4 | 1.14 | 759.2 | 38 | 38 | 29 |
| 09.21 - 09.27 | 6.6 | 1.56 | 812.1 | 45 | 37 | 29 |
| 09.37 - 09.45 | 6.7 | 1.75 | 843.2 | 46 | 35 | 29 |
| 10.21 - 10.26 | 6.7 | 1.67 | 939.5 | 44 | 36 | 29 |
| 10.37 - 10.42 | 6.8 | 1.83 | 1021.3 | 43 | 37 | 29 |
| 11.59 - 11.05 | 6.9 | 1.93 | 949.2 | 45 | 36 | 30 |
| 11.22 - 11.25 | 7.0 | 2.00 | 994.5 | 46 | 37 | 30 |
| 11.38 - 11.44 | 7.0 | 1,95 | 1128.6 | 47 | 38 | 30 |
| 11.59 - 12.05 | 7.0 | 2,01 | 1103.2 | 44 | 35 | 29 |
| 12.14 - 12.19 | 6.9 | 1.86 | 1200.2 | 45 | 37 | 30 |
| 12.31 - 12.33 | 7.0 | 1.80 | 1174.1 | 43 | 36 | 30 |
| 12.44 - 12.50 | 7.1 | 1.92 | 1001.2 | 43 | 37 | 30 |
| 12.59 - 13. 03 | 7.0 | 1.90 | 1097.3 | 45 | 37 | 31 |
| 13.16 - 13.22 | 7.1 | 1.92 | 1190.4 | 46 | 36 | 32 |
| 13 .28 - 13.32 | 6.7 | 1.61 | 1042.6 | 44 | 36 | 31 |
| 13.45 - 13.48 | 6.7 | 1.28 | 990.7 | 43 | 36 | 30 |
| 14.05 - 14.09 | 6.6 | 1.61 | 922.4 | 44 | 35 | 29 |
| 14.24 - 14.27 | 6.6 | 1.53 | 852.1 | 43 | 35 | 29 |
| 14.43 - 14.47 | 6.5 | 1.59 | 850.1 | 43 | 36 | 29 |
| 15.10 - 15.13 | 6.5 | 1.54 | 814.3 | 42 | 36 | 29 |

Tabel 4. Hasil pengujian tegangan, arus, intensitas cahaya, dan temperatur pada panel surya tanpa reflektor menggunakan sistem pendingin.

| Waktu | Tegangan V (Volt) | Amper I (Arus) | Intensitas Cahaya W/m ² | Temperatur Modul | | Tempratur Lingkungan T _a (°C) |
|----------------|----------------------|-------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|---|
| | | | | T _{m1} (°C) | T _{m2} (°C) | |
| 09.00 | 6.8 | 1.02 | 759.2 | 37 | 37 | 29 |
| 09.21 - 09.27 | 6.8 | 1.34 | 824.1 | 45 | 37 | 29 |
| 09.37 - 09.45 | 6.9 | 1.45 | 868.2 | 46 | 35 | 29 |
| 10.21 - 10.26 | 6.8 | 1.67 | 950.5 | 44 | 36 | 29 |
| 10.37 - 10.42 | 6.8 | 1.83 | 1041.3 | 43 | 37 | 29 |
| 11.59 - 11.05 | 6.9 | 1.93 | 939.2 | 45 | 36 | 30 |
| 11.22 - 11.25 | 6.9 | 1.98 | 1044.5 | 46 | 37 | 30 |
| 11.38 - 11.44 | 6.9 | 1.93 | 1137.6 | 47 | 38 | 30 |
| 11.59 - 12.05 | 6.9 | 1.90 | 1113.2 | 44 | 35 | 29 |
| 12.14 - 12.19 | 6.8 | 1.80 | 1210.2 | 45 | 37 | 30 |
| 12.31 - 12.33 | 6.7 | 1.80 | 1194.1 | 43 | 36 | 30 |
| 12.44 - 12.50 | 6.6 | 1.84 | 1132.3 | 43 | 37 | 30 |
| 12.59 - 13. 03 | 6.7 | 1.72 | 1149.3 | 45 | 37 | 31 |
| 13.16 - 13.22 | 6.6 | 1.82 | 1195.4 | 46 | 36 | 32 |
| 13 .28 - 13.32 | 6.5 | 1.61 | 1024.6 | 44 | 36 | 31 |
| 13.45 - 13.48 | 6.4 | 1.28 | 999.7 | 43 | 36 | 30 |
| 14.05 - 14.09 | 6.8 | 1.61 | 947.4 | 44 | 35 | 29 |
| 14.24 - 14.27 | 6.8 | 1.53 | 972.1 | 43 | 35 | 29 |
| 14.43 - 14.47 | 6.9 | 1.53 | 854.1 | 43 | 36 | 29 |
| 15.10 - 15.13 | 6.8 | 1.43 | 802.9 | 42 | 36 | 29 |

Tabel 5. Hasil pengujian tegangan, arus, intensitas cahaya, dan temperatur pada panel surya tanpa reflektor dan tanpa sistem pendingin.

| Waktu | Tegangan V (Volt) | Amper I (Arus) | Intensitas Cahaya W/m ² | Temperatur Modul T _m (°C) | Temperatur sekitar T _a (°C) |
|-------|-------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 09.00 | 6.3 | 0.98 | 759.2 | 39.2 | 29 |
| 09.27 | 6.4 | 1.34 | 824.1 | 40.3 | 29 |
| 09.45 | 6.4 | 1.45 | 868.2 | 46.2 | 29 |
| 10.26 | 6.5 | 1.67 | 950.5 | 47.1 | 29 |
| 10.42 | 6.5 | 1.56 | 1041.3 | 48.1 | 29 |
| 10.05 | 6.4 | 1.34 | 939.2 | 49.1 | 30 |
| 11.25 | 6.4 | 1.76 | 1044.5 | 49 | 30 |
| 11.44 | 6.5 | 1.67 | 1137.6 | 52 | 30 |
| 12.05 | 6.4 | 1.63 | 1113.2 | 53 | 29 |
| 12.19 | 6.4 | 1.47 | 1210.2 | 53 | 30 |
| 12.33 | 6.3 | 1.54 | 1194.1 | 54 | 30 |
| 12.50 | 6.3 | 1.57 | 1132.3 | 54 | 30 |
| 13.03 | 6.4 | 1.37 | 1149.3 | 53 | 31 |
| 13.22 | 6.4 | 1.67 | 1195.4 | 54 | 32 |
| 13.32 | 6.4 | 1.63 | 1024.6 | 54 | 31 |
| 13.48 | 6.3 | 1.36 | 999.7 | 54 | 30 |
| 14.09 | 6.3 | 1.38 | 947.4 | 52 | 29 |
| 14.27 | 6.4 | 1.25 | 972.1 | 50 | 29 |
| 14.45 | 6.3 | 1.26 | 854.1 | 48 | 29 |
| 15.13 | 6.2 | 1.11 | 802.9 | 47 | 29 |

Analisis Data

Data-data hasil pengujian yang terdapat pada table 2- tabel 5 dipakai untuk analisis daya keluaran dan efisiensi panel surya. Persamaan yang digunakan untuk analisis daya dan efisiensi pada panel surya adalah sebagai berikut; Daya Keluaran, P (Watt)

$$P = V \times I$$

Efisiensi (η)

$$\eta = \frac{I_{MP} \times V_{MP}}{(\text{intensitas cahaya})(\text{Luas Panel})} \times 100\%$$

Untuk contoh analisis daya dan efisiensi diambil data pada panel surya yang menggunakan reflektor cermin dengan sudut 45^o dan penambahan sistem pendingin pada pukul 12:01.

$$P = 7.0 \times 1.91 = 13.7 \text{ Watt}$$

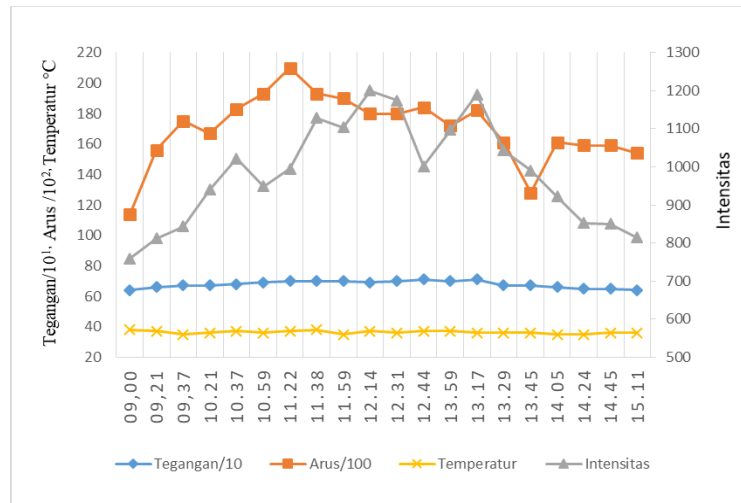
$$\eta = \frac{7.0 \times 1.91}{12000.4 \times 0.0885} \times 100 = \frac{13.7}{106.235} \times 100 = 12,5\%$$

Hasil analisis data untuk 4 buah media uji ditabulasi yang selanjutnya dibuat grafik hubungannya untuk dilakukan pembahasan.

Tabel 6. Daya dan efisiensi panel surya menggunakan reflektor sudut 45^o dengan penambahan sistem pendingin.

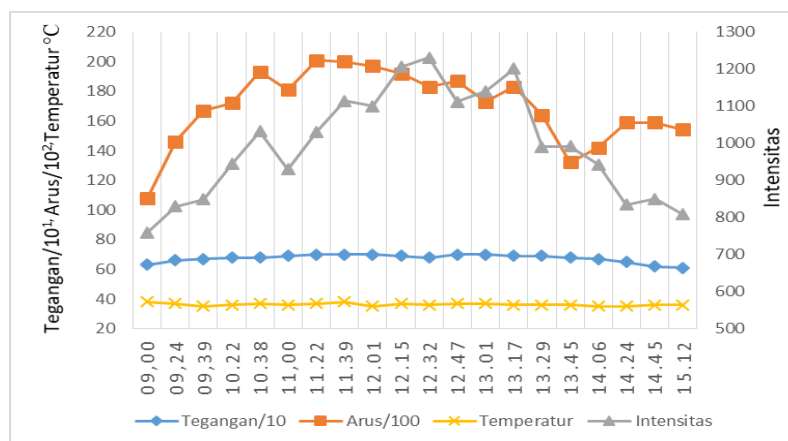
| Waktu | Tegangan V (Volt) | Arus I (Amper) | Intensitas Cahaya W/m ² | Luas permukaan (A) | Daya (W) | Efisiensi η (%) |
|---------------|-------------------|----------------|------------------------------------|--------------------|----------|-----------------|
| 09.00 | 6.3 | 1.08 | 759.2 | 0,0885 | 6.804 | 10,1 |
| 09.22 - 09.24 | 6.6 | 1.46 | 830.1 | 0,0885 | 9.636 | 13,1 |
| 09.37 - 09.39 | 6.7 | 1.67 | 848.2 | 0,0885 | 11.189 | 14,9 |
| 10.20 - 10.22 | 6.8 | 1.72 | 943.5 | 0,0885 | 11.696 | 14 |
| 10.36 - 10.38 | 6.8 | 1.93 | 1031.3 | 0,0885 | 13.124 | 14,3 |
| 10.58 - 11.00 | 6.9 | 1.81 | 929.2 | 0,0885 | 12.489 | 15,1 |
| 11.20 - 11.22 | 7.0 | 1.97 | 1030.2 | 0,0885 | 14.07 | 15,4 |
| 11.38- 11.39 | 7.0 | 2.0 | 1114.3 | 0,0885 | 14 | 14,1 |
| 11.59 - 12.01 | 7.0 | 2.1 | 1100.2 | 0,0885 | 13.79 | 14,1 |
| 12.13 - 12.15 | 6.9 | 1.92 | 1205.2 | 0,0885 | 13.248 | 12,4 |
| 12.30 - 12.32 | 6.8 | 1.83 | 1230.1 | 0,0885 | 12.444 | 11,4 |
| 12.45 - 12.47 | 7.0 | 1.87 | 1111.2 | 0,0885 | 13.09 | 13,3 |
| 12.58 - 13.01 | 7.0 | 1.73 | 1140.2 | 0,0885 | 12.11 | 12 |

| | | | | | | |
|---------------|-----|------|--------|--------|--------|------|
| 13.15 - 13.17 | 7.0 | 1.83 | 1200.4 | 0,0885 | 12.81 | 12 |
| 13.28 - 13.29 | 6.9 | 1.64 | 990.1 | 0,0885 | 11.316 | 12,9 |
| 13.44 - 13.45 | 6.8 | 1.32 | 991.2 | 0,0885 | 8.976 | 10,2 |
| 14.05 - 14.06 | 6.7 | 1.42 | 942.2 | 0,0885 | 9.514 | 11,4 |
| 14.23 - 14.24 | 6.5 | 159 | 834.4 | 0,0885 | 1033.5 | 13,9 |
| 14.43 - 14.45 | 6.2 | 159 | 850.1 | 0,0885 | 985.8 | 13,1 |
| 15.11- 15.12 | 6.1 | 154 | 808.3 | 0,0885 | 939.4 | 13,1 |



Gambar 4. Grafik hubungan antar waktu, arus, tegangan, temperatur, dan intensitas cahaya pada panel surya yang menggunakan reflektor 60° dengan penambahan pendingin

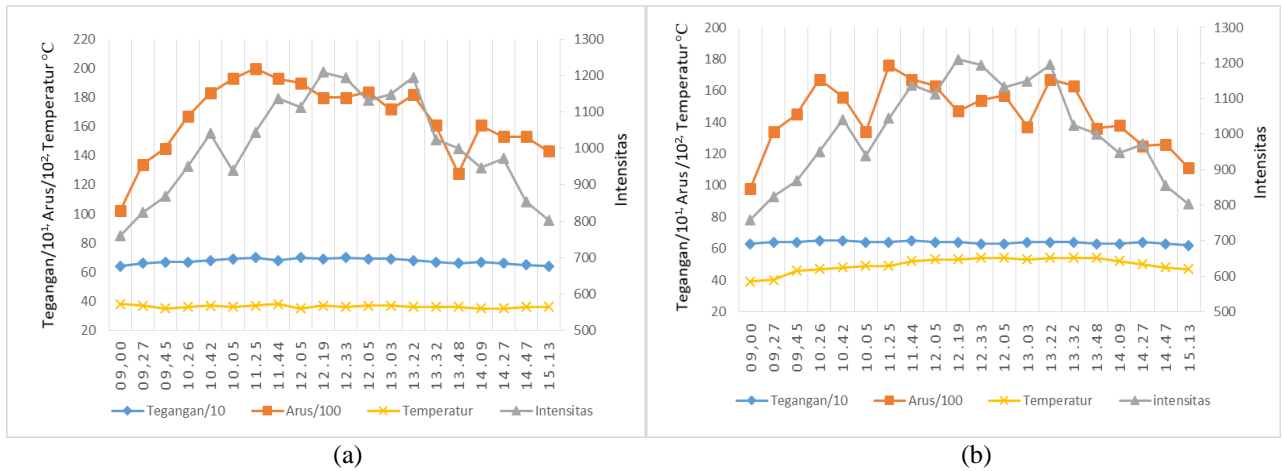
menunjukkan bahwa panel surya yang menggunakan reflektor 60° dengan penambahan sistem pendingin dapat meningkatkan nilai efisiensi pada panel surya dapat dilihat pada pukul 09.00 sebelum diberikan pendingin dengan tempertur panel 38°C Intensitas cahaya sebesar 759,2 W/m² menghasilkan tegangan sebesar 6,4 volt dan arus sebesar 1,14 amper, kemudian pada pukul 9.22 hingga 13.16 wita maka sistem pendingin tersebut bekerja secara otomatis sesuai dengan pembacaan sensor temperatur yang diberikan pada modul panel surya, maka nilai arus dan tegangan juga meningkat dari 6,3 volt hingga 7,0 volt serta arus juga meningkat dari 1,14 ampera hingga 1,83 ampera setelah diberikan pendingin namun terjadi penurunan nilai output yang dihasilkan panel surya pada pukul 02.00 hingga 15.00 karena kurangnya intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya akibat terjadinya mendung pada waktu tersebut.



Gambar 5. Grafik hubungan antar waktu, arus, tegangan, temperatur, dan intensitas cahaya pada panel surya yang menggunakan reflektor 45° dengan penambahan pendingin

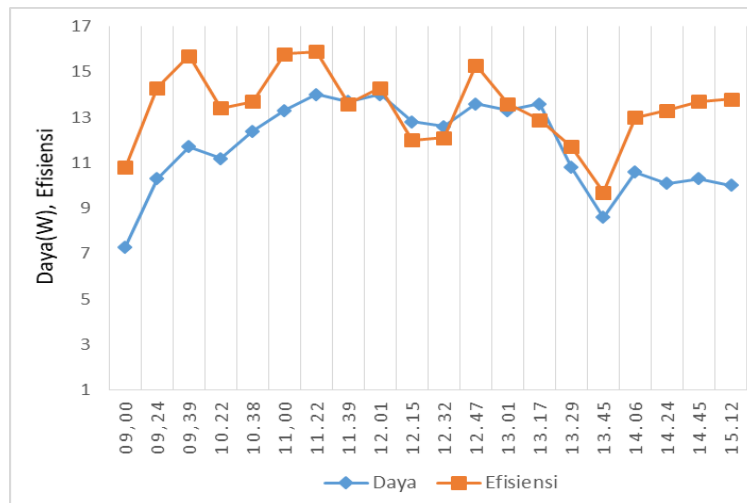
Grafik pada gambar 5 menunjukkan bahwa pada pukul 09.00 sebelum diberikan perlakuan atau pendingin pada panel surya yang menggunakan reflektor 45° dengan penambahan sistem pendingin dapat menghasilkan tegangan 6,3 volt dan arus 1,07 amper kemudian pada pukul 09.24 hingga 15.12 sistem pendingin tersebut mulai bekerja secara otomatis sesuai dengan pembacaan sensor Dht11 apabila suhu atau temperature pada body panel surya melebihi 40°C.

Setelah diberikan perlakuan atau pendingin sesuai dengan pembacaan sensor suhu Dht11 tegangan yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan reflektor 45⁰ dengan penambahan sistem pendingin meningkat hingga 7,1 volt serta arus juga meningkat dari 1,07 ampere hingga 2,01 namun pada pukul 13.45 wita sampai 15.12 output yang dihasilkan panel surya mengalami penurunan akibat beberapa factor yaitu kurangnya intensitas cahaya matahari terhalangnya karena terjadinya mendung.



Gambar 6. Grafik hubungan antar waktu, arus, tegangan, temperatur, dan intensitas cahaya pada (a) panel surya yang tanpa reflector dengan penambahan pendingin, (b) surya tanpa reflector dan tanpa sistem pendingin

Grafik pada gambar 6 menunjukkan bahwa perbandingan temperatur pada panel surya tanpa reflektor yang menggunakan sistem pendingin dan tanpa sistem pendingin sangat berpengaruh pada nilai keluaran arus dan tegangan. Pada panel surya yang tidak menggunakan reflektor tetapi diberikan pendingin pada pukul 11.25 dapat menghasilkan arus dan tegangan lebih besar dibandingkan panel surya yang tidak menggunakan reflektor serta tidak diberikan pendingin pada waktu yang sama dengan intensitas Cahaya sebesar 1044,5 W/m² dengan temperatur modul panel surya yang berbeda yakni panel surya tanpa reflektor yang diberikan pendingin menghasilkan tegangan sebesar 6,9 volt dan arus 1,98 ampere dengan temperatur 35⁰C kemudian panel surya tanpa reflektor tanpa pendingin pada waktu yang sama hanya dapat menghasilkan tangaangan sebesar 6,4 volt dan arus 1.41 ampere dengan temperatur pada modul panel surya sebesar 50⁰C.



Gambar 7. Grafik contoh perhitungan daya dan efisiensi pada panel surya yang menggunakan reflektor dengan sudut 45⁰ menggunakan pendingin

Grafik pada gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai Keluaran arus dan tegangan pada panel surya menggunakan reflektor dengan sudut 45⁰ yang ditambahkan sistem pendingin, menunjukkan bahwa efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya pada pukul 09.00 wita sebelum diberikan pendingin dapat menghasilkan daya sebesar 6.804 W dan efisiensi sebesar 10.1 % kemudian pada pukul 09.22 - 15. 15 wita sistem pendingin mulai bekerja sehingga daya dan efisiensi yang dihasilkan juga mengalami peningkatan yakni pada pukul 09.22 sampai 11.22 daya yang dihasilkan sebelum diberikan pendingin sebesar 6.804 meningkat hingga 14.111 W dengan efisiensi 10.1 % meningkat menjadi 14.1 %. kemudian pada pukul 13.45 wita hingga 15.13 wita daya dan efisiensi yang dihasilkan panel tersebut juga mengalami

penurunan akibat beberapa faktor yakni kurangnya intensitas cahaya serta terhalangannya sinar matahari oleh awan karena terjadi mendung pada waktu tersebut.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis daya keluaran dan efisiensi dari 4 buah alat uji yang menggunakan reflektor dengan penambahan sistem pendingin, tanpa reflektor menggunakan pendingin, serta tanpa reflektor yang tidak menggunakan sistem pendingin dapat disimpulkan bahwa panel surya yang menggunakan reflektor dengan sudut 45^0 dan 60^0 serta panel surya tanpa reflektor yang diberikan sistem pendingin berbasis mikrokontroler cenderung dapat menghasilkan daya keluaran dan efisiensi lebih besar dibandingkan dengan panel surya tanpa reflektor yang tidak diberikan sistem pendingin berbasis mikrokontroler karena temperatur juga dapat mempengaruhi nilai keluaran yang dihasilkan pada panel surya.

Daftar Pustaka

- [1] P. K. Tiyas dan M. Widyartono, "Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya," *J. Tek. Elektro*, vol. 09, hal. 871–876, 2020.
- [2] R. Hasrul, "Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif," *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 5, no. 9, hal. 79–87, 2021.
- [3] H. Rusmaryadi, Sukarmansyah, T. P. O. Sianipar, dan H. Setiadi, "Pengaruh Cermin Reflektor Terhadap Daya dan Kenaikkan Temperatur Sel Surya," *J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, hal. 85–94, 2018, [Daring]. Tersedia pada: www.univ-tridianti.ac.id/ejournal/.
- [4] S. A. Kaban, M. Jafri, dan G. Gusnawati, "Optimalisasi Penerimaan Intensitas Cahaya Matahari Pada Permukaan Panel Surya (Solar Cell) Menggunakan Cermin," *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.*, vol. 5, no. 2, hal. 108–117, 2020, doi: 10.35508/fisa.v5i2.2243.
- [5] D. Suryana dan M. M. Ali, "Pengaruh Temperatur/Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya)," *J. Teknol. Proses dan Inov. Ind.*, vol. 2, no. 1, hal. 49–52, 2016, doi: 10.36048/jtpii.v1i2.1791.
- [6] O. Sanjaya, E. P. Laksana, Sujono, dan S. Broto, "Sistem Pendinginan Panel Surya Dengan Metode Penyemprotan Air dan Pengontrolan Suhu Air," *J. Nas. Tek. Elektro*, 2021.
- [7] S. Utami dan A. Daud, "Pengaruh Temperatur Panel Surya Terhadap Efisiensi Panel Surya Sistem Monitoring menggunakan Internet of Things (IoT)," *J. Tek. Energi*, vol. 11, no. 1, hal. 7–10, 2021, doi: 10.35313/energi.v11i1.2437.
- [8] B. H. Purwoto, Jatmiko, M. A. Fadilah, dan I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, hal. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emit.v18i01.6251.
- [9] R. A. Nugroho, M. Facta, dan Yuningtyastuti, "Memaksimalkan Daya Keluaran Sel Surya dengan Menggunakan Cermin Pemantul Sinar Matahari (Reflektor)," *Transient*, vol. 3, no. 3, hal. 408–414, 2014.
- [10] D. Suhartono dan A. Goeritno, "Prototipe Sistem Berbasis Mikrokontroler Untuk Pengkondisian Suhu pada Analogi Panel dengan Analogi Sistem Air Conditioning," *J. EECCIS*, vol. Vol. 13, no. No. 1, hal. 22–30, 2019.