

PERBANDINGAN PENINGKATAN EFISIENSI PV DENGAN PENDINGIN HEATSINK DAN TANPA PENDINGIN

Yunan Helmi¹, Jamal A. Rachman²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
^{1,2}Jln. Puspiptek Raya No. 46 Buaran, Setu, Tangerang Selatan, Banten, 15310, Indonesia

¹yunan18@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 15 Mar 2022
revisi : 20 Apr 2022
diterima : 03 Mei 2023
dipublish : 20 Mei 2023

ABSTRAK

Panel surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik dengan prinsip photovoltaic. Penelitian ini membahas tentang pengaruh pendinginan panel surya dengan menggunakan heatsink dan fan pada bagian bawah panel terhadap daya keluaran dan efisiensi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbandingan efisiensi pv dengan menggunakan pendingin heatsink dan tanpa pendingin. Metode penelitian meliputi pengujian pengaruh heatsink terhadap efisiensi dan daya keluaran panel surya. Pada penelitian ini akan diambil data temperatur, tegangan dan arus pada panel surya yang menggunakan heatsink dan tanpa menggunakan heatsink. Kemudian hasil tersebut akan dihitung dalam bentuk energi selama pengukuran yang kemudian dibandingkan keduanya. Hasil data menunjukkan bahwa untuk panel surya dengan pendingin heatsink dapat menghasilkan daya sebesar 14.67 Watt dengan efisiensi sekitar 20%. Tegangan pada open circuit voltage (Voc) = 20,77 Volt dan arus pada short circuit current (Isc) = 0.88 Ampere. Sedangkan panel surya tanpa pendingin hanya menghasilkan daya sebesar 13,1 Watt dengan efisiensi sekitar 18% , Voc = 19,87 Volt dan Isc = 0.87 Ampere. Dan dapat disimpulkan bahwa panel surya dengan menggunakan pendingin heatsink lebih efektif sekitar 2% dibandingkan tanpa pendingin.

Kata Kunci : Efisiensi, Panel surya, Pendingin, Heatsink

ABSTRACT

Solar panels are semiconductor elements that can convert solar energy into electrical energy with the photovoltaic principle. This study discusses the effect of cooling solar panels using heatsinks and fans at the bottom of the panels on power output and efficiency. The purpose of this study is to compare the efficiency of PV using heatsink cooling and without cooling. The research method includes testing the effect of the heatsink on the efficiency and output power of solar panels. In this study, temperature, voltage and current data will be collected on solar panels using

heatsinks and without using heatsinks. Then these results will be calculated in the form of energy during the measurement which is then compared between the two. The results of the data show that solar panels with heatsink cooling can produce 14.67 Watts of power with an efficiency of around 20%. The voltage at the open circuit voltage (V_{oc}) = 20.77 Volts and the current at the short circuit current (I_{sc}) = 0.88 Amperes. Meanwhile, uncooled solar panels only produce 13.1 Watts of power with an efficiency of around 18%, V_{oc} = 19.87 Volts and I_{sc} = 0.87 Amperes. And it can be concluded that solar panels using heatsink cooling are about 2% more effective than without cooling.

Key words: Efficiency, Solar panel, Cooler, Heatsink

PENDAHULUAN

Intensitas radiasi cahaya matahari yang diterima panel surya sebanding dengan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya, sedangkan apabila suhu lingkungan semakin tinggi dengan intensitas radiasi cahaya matahari yang tetap, maka tegangan panel surya akan berkurang dan arus listrik yang dihasilkan akan bertambah. Perubahan temperatur panel surya ini diakibatkan oleh kondisi awan dan kecepatan angin di lingkungan sekitar daerah penempatan panel surya.

Oleh karena itu, ketergantungan antara konversi efisiensi dan temperatur panel surya merupakan domain studi yang penting bagi para peneliti. Hasil karya ilmiah dan produsen mengkonfirmasi bahwa terjadi penurunan efisiensi pada saat temperatur panel surya meningkat. Hasil penelitian mengklaim bahwa daya maksimum yang dihasilkan bervariasi hampir linier dengan temperatur operasi. Nilai arus yang dihasilkan oleh panel surya memiliki kenaikan signifikan ketika temperatur lebih besar, tetapi tegangan menjadi berkurang, menyebabkan penurunan daya maksimum yang dihasilkan (Catalin George Popovici, dkk, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan efisiensi pv dengan menggunakan pendingin heatsink dan tanpa pendingin. Penurunan rata-rata efisiensi panel surya adalah sekitar 0,45%, untuk kenaikan setiap 1° dari 25°C. Daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya didefinisikan untuk suhu rata-rata 25°C dan intensitas radiasi matahari 1000W/m² (Catalin George Popovici, dkk, 2015). Dalam kondisi ini, panel surya menghasilkan daya maksimum, yang diukur dalam Watt-peak (Wp). Nilai ini relevan bagi produsen, tetapi dalam kondisi operasi nyata, kekuatan panel surya bergantung pada perubahan suhu dan tingkat radiasi matahari. Dalam hal ini sistem pendingin dapat mengurangi tingkat temperatur dan meningkatkan efisiensi tegangan pada panel surya.

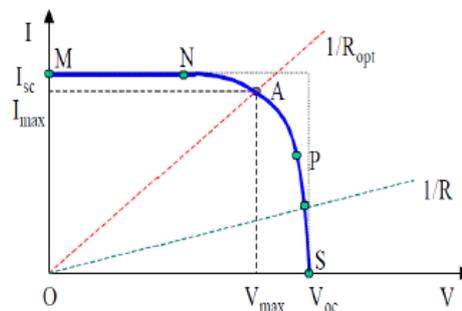
Metode penelitian meliputi pengujian pengaruh heatsink terhadap efisiensi dan daya keluaran panel surya. Pada penelitian ini akan diambil data temperatur, tegangan dan arus pada panel surya yang menggunakan heatsink dan tanpa menggunakan heatsink.

Kemudian hasil tersebut akan dihitung dalam bentuk energi selama pengukuran yang kemudian dibandingkan keduanya.

TEORI

Karakteristik Panel Surya

Panel Surya adalah sebuah alat non-linier, maka untuk memahami karakteristiknya digunakan sebuah grafik. Sehingga sifat elektrik dari panel surya dalam menghasilkan energi listrik dapat diamati dari karakteristik panel surya tersebut, yaitu berdasarkan tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya pada kondisi cahaya dan beban yang berbeda-beda (N. Adityan, 2015).



Gambar 1. Karakteristik Panel Surya

Pada Gambar 1 menunjukkan ketika panel surya dihubungkan dengan beban (R). Beban akan memberi hambatan sebagai garis linier dengan garis $I/V = 1/R$. Hal tersebut menunjukkan daya yang didapat bergantung pada nilai resistansi. Jika R kecil maka sel beroperasi pada daerah kurva M dan N, dimana panel surya beroperasi sebagai sumber arus yang konstan atau *short circuit current* (I_{sc}). Pada sisi lain jika R besar, panel surya beroperasi pada daerah P dan S, dimana panel surya tersebut beroperasi sebagai sumber tegangan yang konstan atau *open circuit voltage* (V_{oc}). Jika dihubungkan dengan hambatan optimal (R_{opt}) berarti panel surya menghasilkan daya maksimal dengan tegangan maksimum (V_{max}) dan arus maksimum (I_{max}) (N. Adityan, 2015).

Arus Hubungan Singkat (I_{sc})

I_{sc} adalah arus yang mengalir pada saat tegangan sama dengan nol. I_{sc} bergantung linear terhadap irradiance, temperatur dan dipengaruhi beberapa hal lain, yaitu luas area sel, spektrum cahaya dan parameter optik lain. Seperti yang terlihat pada Gambar 1 pada titik M warna hijau (D. R. Yenda, 2017).

Tegangan Terbuka (V_{oc})

V_{oc} adalah tegangan maksimum dari panel surya dan ini terjadi pada saat arus sel sama dengan nol, seperti yang terlihat pada Gambar 1 pada titik S hijau. Seperti halnya I_{sc} , V_{oc} juga berpengaruh terhadap nilai irradiance dan temperatur (D. R. Yenda, 2017).

Daya Maksimum (Pmax)

Perkalian antara tegangan dan arus yang menghasilkan daya tertinggi diantara perkalian $V - I$ lainnya pada irradiance yang sama, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Tegangan titik daya maksimum atau V_{max} biasanya kurang dari open circuit voltage (V_{oc}) dan I_{max} lebih rendah dibandingkan dengan short circuit current (I_{sc}) (D. R. Yenda, 2017).

Pengaruh *Irradiance* Terhadap Panel Surya

Radiasi matahari yang diterima bumi terdistribusi pada beberapa jarak panjang gelombang, mulai dari 300 nm sampai dengan 4 mikron. Sebagian radiasi mengalami refleksi di atmosfer (diffuse radiation) dan sisanya dapat sampai ke permukaan bumi (*direct radiation*). Kedua radiasi ini dipakai untuk mengukur besaran radiasi yang diterima panel surya. Besaran-besarnya penting untuk mengukur tersebut adalah (W. Diputra, 2008):

- Spectral irradiance* – daya yang diterima oleh satu unit area dalam bentuk differensial panjang gelombang $d\lambda$, satuan: $W/m^2 \mu m$.
- Irradiance* – Integral dari spectral irradiance untuk keseluruhan panjang gelombang, satuan: W/m^2 .
- Radiasi – Integral waktu dari irradiance untuk jangka waktu tertentu oleh sebab itu, satuannya adalah sama dengan satuan energi, yaitu J/m^2 – hari, J/m^2 – bulan atau J/m^2 – tahun.

Di antara ketiga besaran tersebut, yang digunakan dalam analisa adalah *Irradiance* (W/m^2). Keluaran daya berbanding lurus dengan irradiance. I_{sc} lebih terpengaruh oleh irradiance dari pada V_{oc} . Hal ini sesuai dengan penjelasan cahaya sebagai paket-paket foton. Pada saat irradiance tinggi, yaitu pada saat foton banyak, arus yang dihasilkan juga besar. Demikian pula sebaiknya, sehingga arus berbanding lurus terhadap jumlah foton (W. Diputra, 2008).

Pengaruh Temperatur Terhadap Panel Surya

Irradiance bukan satu-satunya parameter eksternal yang memiliki pengaruh penting terhadap kurva daya panel surya, ada juga pengaruh temperatur. Komponen semikonduktor seperti dioda sensitif terhadap perubahan temperatur, begitu pula dengan panel surya. Perubahan temperatur berpengaruh besar terhadap V_{oc} , hal ini berlawanan dengan pengaruh *irradiance*. Kenaikan *irradiance* berbanding lurus dengan kenaikan temperatur (W. Diputra, 2008).

Perpindahan Kalor Untuk Menurunkan Temperatur

Kalor adalah suatu energi yang mudah diterima dan mudah dilepaskan, sehingga dapat mengubah temperatur menjadi naik atau turun. Kalor juga dapat berpindah dari satu zat ke zat lainnya melalui perantara. Kalor dapat didefinisikan sebagai proses transfer energi dari suatu zat ke zat lainnya dengan diikuti oleh perubahan temperatur. Kalor berpindah dari benda bertemperatur tinggi ke benda yang bertemperatur lebih rendah. Ada

tiga cara untuk kalor dapat berpindah dari satu benda ke benda lainnya, yaitu dengan cara konduksi, konveksi dan radiasi (S. M. Luqman Buchori, 2019)

- a. Konduksi
- b. Konduksi adalah proses perpindahan panas yang mengalir dari tempat yang bertemperatur tinggi ke tempat yang temperaturnya lebih rendah, dengan media penghantar panas yang tetap.
- c. Konveksi
- d. Konveksi adalah proses panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir disekitarnya, panas berpindah dengan menggunakan media penghantar berupa fluida (cairan/gas).
- e. Radiasi
- f. Radiasi adalah proses perpindahan panas yang terjadi karena pancaran gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media perantara.

Efisiensi Panel Surya

Perbandingan performa antara satu panel surya dengan panel surya lainnya umumnya dilihat dari efisiensinya. Banyaknya energi matahari dalam bentuk foton yang diserap panel surya menentukan efisiensinya. Daya yang masuk dalam panel surya adalah irradiance yang diterima oleh permukaan sel surya (D. R. Yenda, 2017).

Sesuai dengan persamaan :

$$P_{in} = I_r \cdot A \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

P_{in} = Daya input akibat radiasi matahari
(Watt)

I_r = Intensitas radiasi matahari (Watt/m²)

A = Luas permukaan *photovoltaic*
module (m²)

Sedangkan untuk besarnya daya keluaran pada panel surya (P_{out}) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), arus hubung singkat (I_{sc}), dan *Fill Factor* (FF) yang dihasilkan oleh sel surya yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (D. R. Yenda, 2017):

$$P_{out} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \dots\dots\dots(2)$$

Dengan:

P_{out} = Daya yang dihasilkan oleh panel
surya (Watt)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada
panel surya (Volt)

Isc = Arus hubungan singkat pada panel surya (Ampere)
FF = *Fill Factor*

FF adalah Fill Factor, yaitu parameter yang menyatakan seberapa jauh $I_{sc} \cdot V_{oc}$ dari daya maksimal $V_m \cdot I_m$ yang dihasilkan sel surya (D. R. Yenda, 2017).

$$FF = (I_m \times V_m) / (I_{sc} \times V_{oc}) \dots\dots\dots(3)$$

Efisiensi panel surya didefinisikan sebagai perbandingan daya keluaran dengan daya yang masuk yang diperoleh dari radiasi matahari. Berikut merupakan rumus efisiensi :

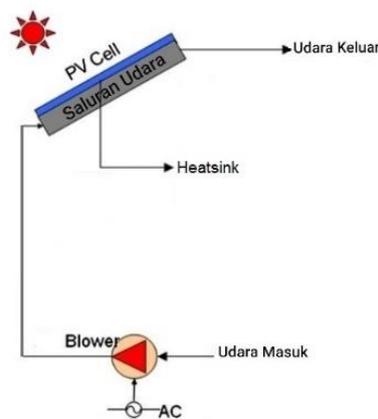
$$\mu = P_{out} / P_{in} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

METODOLOGI

Metode penelitian meliputi pengujian pengaruh heatsink terhadap efisiensi dan daya keluaran panel surya. Pada penelitian ini akan diambil data temperatur, tegangan dan arus pada panel surya yang menggunakan heatsink dan tanpa menggunakan heatsink. Kemudian hasil tersebut akan dihitung dalam bentuk energi selama pengukuran yang kemudian dibandingkan keduanya.

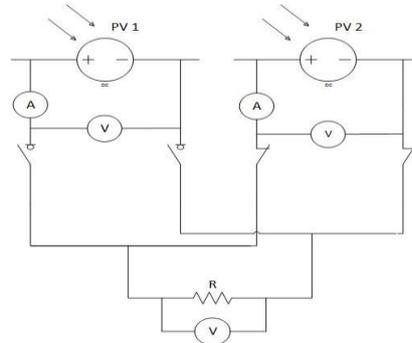
Rancangan Panel Surya

Gambar 2 dibawah ini adalah gambar diagram alir panel surya dengan sistem pendingin yang menggunakan heatsink dan udara yang dihasilkan oleh fan.



Gambar 2. Rangkaian Panel Surya Dengan Sistem Pendingin

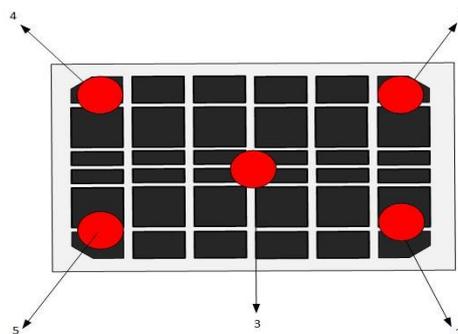
Rangkaian Pengambilan Data



Gambar 3. Rangkaian Pengambilan Data Panel Surya

Pengambilan data panel surya dengan sistem pendingin heatsink dan tanpa pendingin dilakukan menggunakan relay yang terhubung ke resistor sebagai bebannya. Output kedua panel surya dihubungkan kekontak NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*) relay seperti yang terlihat pada Gambar 4. Pada saat panel surya terhubung ke kontak NO, output panel surya tidak terhubung ke beban, maka nilai data yang dapat diambil yaitu tegangan V_{oc} dan arus I_{sc} , sedangkan pada saat panel surya terhubung kekontak NC, output panel surya terhubung ke beban, maka nilai data yang diambil yaitu tegangan V_m dan arus I_m .

Pengambilan Data Temperatur



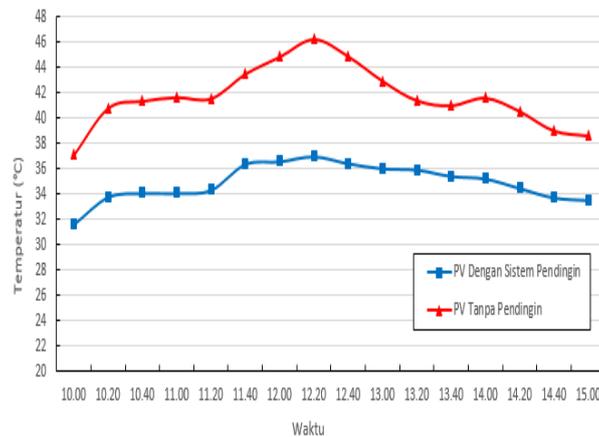
Gambar 4. Ilustrasi Pengambilan Data Temperatur Panel Surya

Pada Gambar 4 pengambilan data temperatur panel surya diambil dengan menggunakan thermometer infrared ke beberapa titik lalu dijumlahkan yang kemudian hasilnya dibagi untuk mendapatkan nilai rata-rata temperaturnya. Hal ini dilakukan bertujuan untuk mendapatkan hasil data temperatur yang akurat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

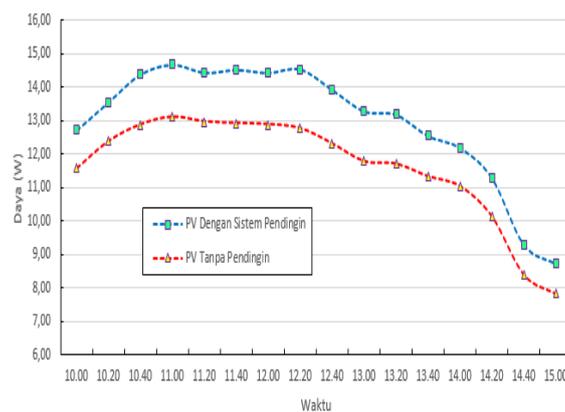
Dari data hasil empat hari penelitian tersebut didapatkan hasil rata-rata penurunan temperatur dan peningkatan daya serta efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya dengan sistem pendingin. Berikut adalah tabel rata-rata data hasil 4 hari penelitian:

Perbandingan temperatur kedua panel surya dalam 4 hari penelitian dapat dilihat pada Grafik 1.



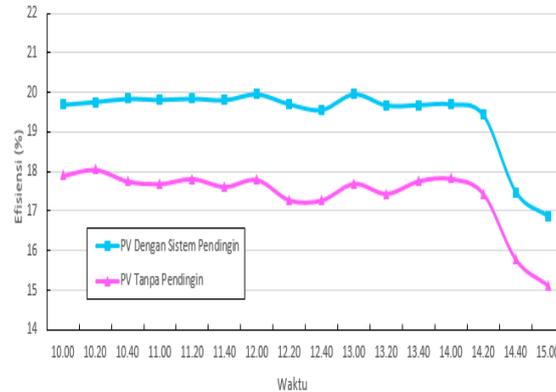
Gambar 5. Hasil Perbandingan Rata-rata Temperatur PV

Dari Grafik 1 dapat disimpulkan bahwa sistem pendingin heatsink yang digunakan berhasil menurunkan temperatur pada panel surya tersebut. Temperatur yang dihasilkan oleh panel surya dengan sistem pendingin jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Hal itu dapat dilihat dari temperatur tertinggi yang dihasilkan kedua panel surya. Selama 4 hari penelitian temperatur tertinggi dari panel surya dengan sistem pendingin hanya mencapai 37°C, sedangkan panel surya tanpa pendingin mencapai 44,9°C.



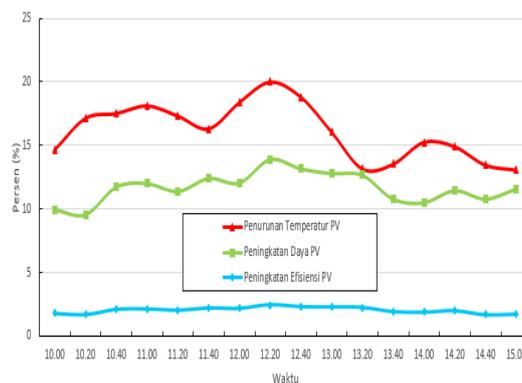
Gambar 6. Hasil Perbandingan Rata-rata Daya PV

Daya keluaran yang dihasilkan panel surya dengan sistem pendingin lebih besar jika dibandingkan dengan daya yang dihasilkan panel surya tanpa pendingin. Hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan temperatur kedua panel surya. Dari Grafik 2 dapat dilihat daya tertinggi kedua panel surya terjadi pada pukul 11.00. Disaat panel surya tanpa pendingin hanya menghasilkan daya keluaran 13.1 watt, panel surya dengan sistem pendingin mampu menghasilkan daya sebesar 14,7 watt.



Gambar 7. Hasil Perbandingan Rata-rata Efisiensi PV

Dengan menurunnya temperatur dan naiknya daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya dengan sistem pendingin, maka efisiensi panel surya tersebut juga meningkat. Jika dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin, terjadi peningkatan efisiensi sebesar 2%. Bahkan pada pukul 12.20 – 12.40 terjadi peningkatan efisiensi sebesar 3%. Hal itu dikarenakan rata-rata pada waktu tersebut matahari bersinar cukup cerah yang mengakibatkan meningkatnya perbedaan temperatur kedua panel surya. Meningkatnya temperatur panel surya tanpa sistem pendingin menyebabkan daya dan efisiensi yang dihasilkannya menurun. Sedangkan pada saat yang sama temperatur panel surya dengan sistem pendingin tidak terlalu meningkat drastis, sehingga daya dan efisiensi yang dihasilkan pun jauh lebih stabil.



Gambar 8. Efisiensi PV, Temperatur dan Daya Terhadap Waktu

Grafik diatas dapat mempresentasikan hasil dari penelitian panel surya dengan sistem pendingin heatsink. Penurunan temperatur mencapai 20% pada pukul 12.20 yang mana hal itu merupakan penurunan temperatur tertinggi pada penelitian ini, sehingga terjadi peningkatan daya yang dihasilkan pada waktu tersebut. Peningkatan daya yang dihasilkan yaitu mencapai 14% dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Dimana dalam waktu tersebut merupakan salah satu hasil peningkatan daya yang tertinggi pada penelitian

ini. Namun pada pukul 13.20 penurunan temperatur hanya mencapai 13%, dimana nilai tersebut merupakan salah satu nilai penurunan terendah pada penelitian ini. Hal tersebut dikarenakan pada jam-jam tersebut terjadi inkonsistensi sinar matahari, yang diakibatkan oleh banyaknya awan yang bergerak menghalangi matahari tersebut. Sehingga peningkatan temperatur panel surya tidak terlalu signifikan. Tetapi pada waktu tersebut peningkatan daya yang dihasilkan tetap tinggi yaitu sekitar 13%. Sedangkan peningkatan efisiensi panel surya dengan sistem pendingin lebih stabil. Rata-rata peningkatan efisiensinya yaitu sekitar 2% jika dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin.

KESIMPULAN

1. Dari hasil 4 hari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa telah terjadi penurunan temperatur rata-rata sebesar 16% pada panel surya dengan sistem pendingin heatsink.
2. Dengan menurunnya temperatur pada panel surya tersebut maka daya keluaran yang dihasilkannya pun akan meningkat. Dan dengan meningkatnya daya keluaran yang dihasilkan panel surya maka efisiensi panel surya juga akan meningkat. Rata-rata hasil peningkatan efisiensi panel surya dengan sistem pendingin pada penelitian ini yaitu sebesar 2% dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin.

DAFTAR PUSTAKA

- S. V. H. T. D. M. N.-C. Catalin George Popovici. 2015. "Efficiency Improvement Of Photovoltaic Panel by Using Air Cooled Heatsink,". ScienceDirect, no. 85, pp. 425-432.
- B. Yuwono. 2005. *Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C51*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- N. Adityan. 2015. *Karakterisasi Panel Surya Model SR-156P-100 Berdasarkan Intensitas Cahaya Matahari*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- D. R. Yenda. 2017. *Investigasi Titik Daya Maksimum Photovoltaic Dengan Peningkatan Daya Guna Cahaya Matahari Secara Bertahap Menggunakan Reflektor*. Padang: Universitas Andalas.
- W. Diputra. 2008. *Simulator Algoritma Pendeteksi Kerusakan Modul Surya Pada Rangkaian Modul Surya*. Depok: Universitas Indonesia.
- S. M. Luqman Buchori. 2019. *Perpindahan Panas (Heat Transfer)*. Semarang: www.tekim.undip.ac.id.
- A. Yulianto. 2018. *Rancang Bangun Solar Traking System Dengan Merefleksikan Sinar Matahari Melalui Cermin*. Pamulang: Universitas Pamulang.
- H. Isyanto. 2017. "Pendingin Untuk Peningkatan Daya Keluaran Panel Surya," . jurnal.umj.ac.id.
- E. A. M. N. O. B. W. Adhi Warsito. 2013. "Dipo PV Cooler, Penggunaan Sistem Pendingin Temperatur Heatsink Fan Pada Panel Sel Surya (Photovoltaic) Sebagai Peningkatan Kerja energi Listrik Baru Terbarukan,". Transient, vol. II, no. 3, p. 503.