

## ANALISIS KINERJA PANEL SURYAAKIBAT PENDINGINAN AKTIF

Natalio S. F. Syatauw<sup>1)</sup>, Antoni Simanjuntak<sup>2)</sup>, N. Titahelu<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email: [seansyatauw25@gmail.com](mailto:seansyatauw25@gmail.com)

<sup>2)</sup>Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email: [antonisimanjuntak4@gmail.com](mailto:antonisimanjuntak4@gmail.com)

<sup>3)</sup>Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email: [titahelun@gmail.com](mailto:titahelun@gmail.com)

**Abstrak.** Energi surya dapat menghasilkan dua jenis energi yaitu energi cahaya dan energi panas. Kedua energi tersebut dapat dimanfaatkan dalam berbagai aktivitas manusia, salah satunya untuk menghasilkan energi listrik. Kajian awal menyimpulkan bahwa kenaikan temperatur permukaan sebesar 1°C akan menurunkan daya keluaran dan efisiensi panel surya sebesar 0,5%. Peningkatan efisiensi panel surya dapat dilakukan dengan menurunkan atau mempertahankan temperatur panel surya pada kondisi mendekati 25°C dengan sistem pendinginan aktif maupun pasif. Maka itu pada penelitian ini akan melihat kinerja panel surya akibat adanya pendinginan aktif dengan tujuan untuk menganalisis pengaruh perbandingan *watercoolant* dan air murni sebagai pendingin aktif pada panel surya 130 Wp untuk memperoleh nilai efisiensi panel surya yang optimum. Sudut kemiringan panel surya adalah 10° serta Kecepatan aliran fluida konstan 100 L/Jam. Perbandingan campuran antara *watercoolant* dan air murni adalah sebagai berikut; 0:1 (air murni saja), 1:20, 1:40, 1:60, 1:80, 1:100. Pada perbandingan air murni, efisiensi meningkat sebesar 16,27%. Perbandingan 1:20, efisiensi meningkat sebesar 16,96%. Perbandingan 1:40, efisiensi meningkat sebesar 17,69%. Perbandingan 1:60, efisiensi meningkat sebesar 17,93%. Perbandingan 1:80, efisiensi meningkat sebesar 22,99%. Perbandingan 1:100, efisiensi meningkat sebesar 16,14%. Dari hasil pengolahan data dan pembahasan, dapat diperoleh bahwa peningkatan efisiensi yang optimal terdapat pada perbandingan 1:80.

**Kata kunci:** Panel surya 130 Wp, temperatur, daya keluaran, cairan pendingin.

### 1. PENDAHULUAN

Energi surya menghasilkan dua jenis energi yaitu energi cahaya dan energi panas. Kedua energi tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas manusia, diantaranya untuk energi listrik (Thedeby, 2014). Teknologi panel surya merupakan salah satu teknologi ramah lingkungan yang banyak digunakan di seluruh dunia (Homadi et al., 2020). Panel surya terdiri dari array sel surya yang dapat mengubah radiasi matahari langsung menjadi energi listrik. Pengembangan teknologi panel surya secara terus menerus dilakukan untuk peningkatan efisiensi dan harga yang semakin terjangkau menyebabkan penggunaannya semakin meningkat (Ahmad et al., 2021). Meskipun teknologi panel surya saat ini digunakan sangat luas, namun masih memiliki beberapa kelemahan seperti penurunan efisiensi akibat peningkatan temperatur (Skoplaki et al., 2009). Ketika panel surya dipasang di lapangan dan terpapar radiasi matahari, maka temperatur panel surya menjadi lebih dari 25°C. Kenaikan temperatur permukaan sebesar 1°C akan menurunkan efisiensi panel surya sekitar 0,5% (Benghanem, 2016) akibat energi panas. Selain untuk meningkatkan efisiensi, penggunaan pendingin panel surya juga penting untuk meningkatkan masa pakai yaitu memperlambat laju

degradasi. Menurut Royo et al (2016), masa pakai panel surya dapat ditingkatkan dari biasanya 25–30 tahun hingga sekitar 48 tahun ketika teknik pendinginan khusus diterapkan.

Sejumlah peneliti terdahulu telah mengadopsi teknik yang berbeda dalam pendinginan panel surya, termasuk metode aktif dan pasif. Hernandez et al (2013) menggunakan aliran udara paksa untuk meningkatkan kinerja keluaran panel surya. Menurut penelitian mereka, temperatur panel surya berkurang sebesar 15 °C yang mengarah pada peningkatan energi listrik sebesar 15%. Chavan dan Devaprakasam (2020) menggunakan *phase change material* (PCM) yaitu *white petroleum jelly* untuk meningkatkan kinerja panel surya. Hasil mereka menunjukkan bahwa panel PVT-PCM memiliki penurunan temperatur sebesar 8,10%. Sistem PVT-PCM berbasis air juga mencatat daya meningkat sebesar 4,06%. Nada et al (2018) pengalaman mempelajari secara mental efek bahan nano yang dicampur dengan PCM pada karakteristik termal panel surya. Para penulis menunjukkan bahwa integrasi panel surya dengan PCM dan partikel nano dapat meningkatkan efisiensi sistem sebesar 13,2%. Krauter (2004) menyarankan dalam studinya bahwa, aliran air pendingin pada permukaan panel surya menurunkan temperature dan meningkatkan efisiensi sekitar 10%.

Dari berbagai literatur yang diuraikan di atas, jelas bahwa sejumlah penelitian telah dilakukan yang semuanya bertujuan untuk meminimalkan temperatur panel surya menggunakan metode yang berbeda. Penelitian ini juga dilakukan untuk menyempurnakan literatur di atas lebih lanjut dengan mengadopsi strategi yang mendinginkan bagian atas permukaan panel surya. Perbedaannya, Penelitian ini menggunakan perbandingan campuran *watercoolant* dan air murni sebagai pendingin dengan cara menyebarkannya pada permukaan panel surya. Penelitian ini juga unik karena hanya membutuhkan selang plastik dan pipa *polyvinyl chloride* (PVC) diameter ¼” untuk menyebarkan air di permukaan, ini sangat menghemat biaya tidak seperti penelitian serupa lainnya yang menggunakan banyak pipa dipasang di bagian belakang panel surya.

## 2. TAHAPAN PENELITIAN DAN METODE

### A Konsep dan persamaan

Hasil penelitian terdahulu dapat dijadikan sebagai salah satu referensi untuk bahan perbandingan dan menghindari plagiarisme. Maka dalam tinjauan pustaka ini peneliti mencantumkan beberapa hasil – hasil penelitian terdahulu terkait dengan berbagai model pendinginan panel surya untuk peningkatan kinerja panel surya.

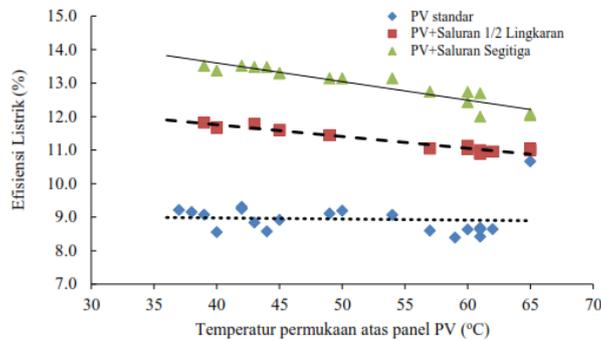
Penelitian yang pertama adalah Isyanto, H et al., 2017 yang melakukan penelitian tentang pendingin untuk peningkatan daya keluaran panel surya dengan pendinginan pasif menggunakan cairan logam, pada suhu 40 °C tegangan keluaran 22 volt, setelah dilakukan pendinginan suhu turun ke 20 °C tegangan meningkat menjadi menjadi 24 volt.

Penelitian yang kedua adalah Afriandi et al., 2017 melakukan penelitian implementasi *water cooling system* untuk menurunkan *temperature losses* pada panel surya dengan cara mengalirkan air di atas permukaan panel surya setiap 5 menit sekali dengan durasi mengalir selama 20 detik dan mengalami peningkatan daya keluaran 3 % - 4 %.



Gambar 1. Panel Surya Dengan *Water Cooling*

Penelitian yang ketiga oleh Thaib, R et al., 2016 yaitu studi pengaruh bentuk saluran udara pendingin pada unjuk kerja panel *photovoltaic* menggunakan pendinginan aktif dengan mengalirkan udara melalui saluran udara berbentuk segi tiga dan lingkaran. Panel surya dengan pendinginan udara menggunakan saluran setengah lingkaran efisiensi listrik berkisar pada 11 – 12,2 %, sedangkan menggunakan saluran segitiga efisiensi listrik berkisar pada 12 – 13,8%.



Gambar 2. Hubungan efisiensi listrik dengan temperatur panel surya

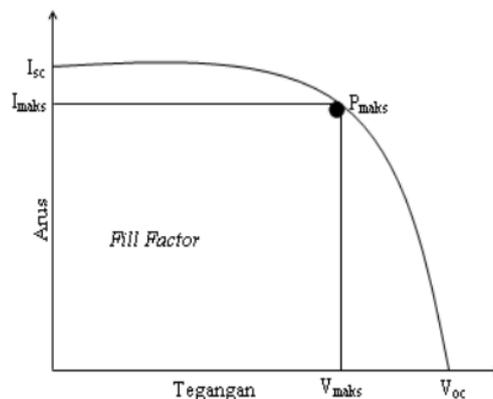
Nampak dari penelitian terdahulu terkait sistem pendinginan panel surya belum ada penelitian terkait perbandingan campuran *water coolant* dan air murni sebagai pendingin panel surya jenis *monocrystalline* daya 130 Wp.

### Parameter Pada Panel Surya

Parameter pada panel surya terdiri dari kurva I-V, *Fill Factor* (FF), *Maximum Power Point* (Pm), *Open Circuit Voltage* (Voc), *Short Circuit Current* (Isc), dan Efisiensi.( $\eta$ ).

### Kurva I-V

Pada gambar 3 merupakan titik maksimum (*maximum power point*, MPP) dari panel surya.



Gambar 3. Kurva I – V

### Fill Factor (FF)

Nilai *Fill Factor* (FF) biasanya berkisar antara 0,25 hingga 0,89. Semakin besar nilai *Fill Factor* suatu panel surya, maka kinerja panel surya tersebut semakin baik dan efisiensi semakin tinggi. *Fill Factor* (FF) dapat dihitung dengan persamaan berikut (Simanjuntak, 2022):

$$FF = \frac{I_m \times V_m}{I_{sc} \times V_{oc}}$$

## Daya

Daya adalah besaran yang diturunkan dari nilai tegangan dan arus listrik, sehingga nilai tegangan dan arus listrik merupakan bagian - bagian dari kelistrikan yang dimiliki modul surya (Sukhat me, 2008).

$$P = V. I$$

## Daya Maksimum

Daya maksimum ( $P_m$ ) merupakan titik operasi yang menunjukkan daya maksimum hasil pertemuan  $I_{mpp}$  dan  $V_m$  yang dihasilkan oleh panel surya. Adapun nilai  $P$  dapat dihitung dengan persamaan berikut (Andi, 2017):

$$P_m = V_m \times I_m \quad (2.2)$$

## Daya Masuk

Daya masuk ( $P_{in}$ ) merupakan perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area modul surya (Sukhatme, 2008).

$$P_{in} = E \times A$$

## Daya Keluaran

Daya keluaran ( $P_{out}$ ) pada modul surya merupakan besaran nilai dari hasil perkalian antara tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) dengan arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) dan faktor pengisi (FF) yang dihasilkan oleh modul surya (Simanjuntak, 2022):

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

## Efisiensi

Efisiensi ( $\eta$ ) panel surya adalah perbandingan daya maksimum ( $P_m$ ) panel surya dengan daya intensitas matahari. Nilai persentase efisiensi panel surya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Simanjuntak, 2022):

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

## Nilai Rata - Rata

Nilai rata – rata merupakan salah satu ukuran untuk memberikan gambaran yang lebih jelas dan singkat tentang sekumpulan data dari suatu persoalan. Nilai rata – rata dari sekumpulan data didefinisikan sebagai perbandingan jumlah seluruh nilai dengan banyak nilai data.

Misalkan terdapat sekumpulan  $n$  data tunggal yaitu  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , maka untuk menghitung nilai rata – rata data tersebut sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n}$$

## B. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut:

### Tahap I.

Mula – mula mempersiapkan kedudukan panel surya tanpa pendingin dan yang tanpa pendingin, kemudian memosisikannya pada kemiringan 10 derajat, memasang panel surya pada kedudukannya serta memasang connector MC4 yang ada pada panel surya ke kabel PV yang terhubung pada beban

**Tahap II.**

Setelah itu mempersiapkan pompa DC yang sudah disambung ke baterai dan cairan pendingin yang disediakan, dan juga ke *flowmeter* yang nantinya akan dialiri pendingin dan keluar melalui pipa PVC yang sudah dilubangi serta membasahi permukaan panel surya seperti pada gambar 4

**Tahap III.**

Selanjutnya menyiapkan tang ampere DC, *voltmeter*, *irradiance meter*, *thermogun*, beban (*dummyload*), serta membuat campuran *watercoolant* dengan air, 1:20, 1:40, 1:60, 1:80, 1:100.

**Tahap IV.**

Langkah awal yang akan dilakukan adalah mengukur data intensitas cahaya matahari menggunakan *irradiance meter* (9), data arus *short circuit* ( $I_{sc}$ ) menggunakan tang ampere (14), data tegangan *open circuit* ( $V_{oc}$ ) menggunakan *voltmeter* (14) serta data temperatur panel surya menggunakan *thermogun* sebelum menggunakan cairan pendingin (10),

**Tahap V.**

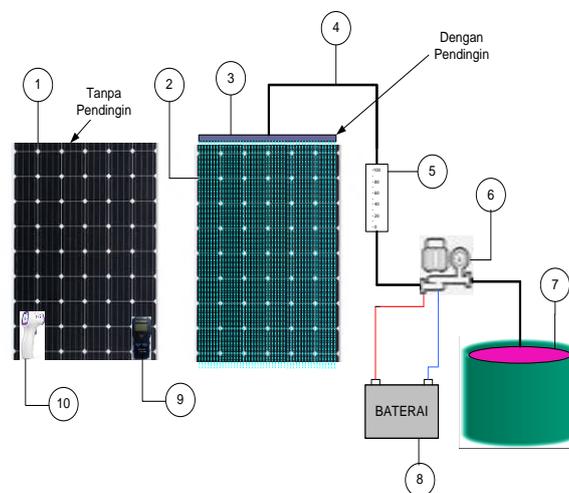
Kemudian mengaktifkan pompa DC (6) menggunakan baterai (8) sehingga cairan pendingin (7) yang telah disiapkan pada penampung (16) di pompa dan mengalir melalui *flowmeter* (5) dan kemudian diteruskan oleh selang penyalur cairan pendingin (4) ke pipa PVC pembagi cairan pendingin (3) untuk mengalirkan cairan pendingin pada panel surya (2).

**Tahap VI.**

Ketika panel surya dialiri cairan pendingin selama 2 menit, pengukuran radiasi, arus, tegangan dan temperatur kembali dilakukan sehingga diperoleh data baru dengan menggunakan cairan pendingin

**Tahap VII.**

Untuk pengukuran dan pengambilan data tersebut, pastikan *connector MC4* pada panel surya terhubung pada *connector MC4* yang telah disambung dengan kabel PV. Sehingga nantinya pengambilan data  $I_{sc}$  dan  $V_{oc}$  dapat diukur. Pengukuran ini dilakukan secara serentak pada kedua panel dan berulang dimulai dari air murni, campuran *water coolant* dengan air 1:20, 1:40, 1:60, 1:80, 1:100 selama satu hari.



Gambar 4. Konfigurasi Peralatan Penelitian

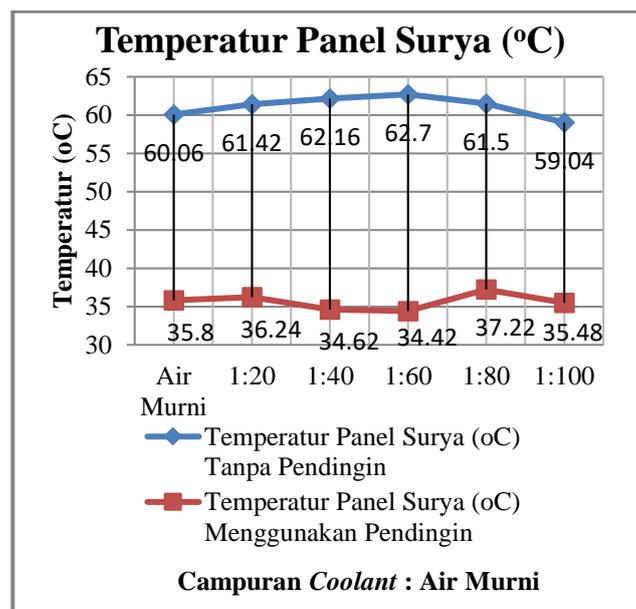
Keterangan gambar:

1. Panel surya tanpa pendingin
2. Panel surya dengan pendingin
3. Pipa PVC pembagi cairan pendingin
4. Selang penyalur cairan pendingin
5. Flowmeter
6. Pompa DC
7. Cairan pendingin
8. Baterai
9. Irradiance meter
10. Thermogun

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Temperatur Panel Surya

Data temperatur panel surya pada tabel 4.12 merupakan data hasil pengukuran terhadap 2 (dua) buah panel surya masing – masing kapasitas 130 Wp jenis *monocrystalline*. Adapun pengukuran dilakukan secara serentak dalam dua kondisi yaitu 1 (satu) buah panel surya tanpa menggunakan pendingin dan 1 (satu) panel surya lagi dengan menggunakan pendingin. Data hasil pengukuran temperatur panel surya tanpa dan dengan menggunakan pendingin ditampilkan dalam bentuk grafik yang terdapat pada gambar 5.



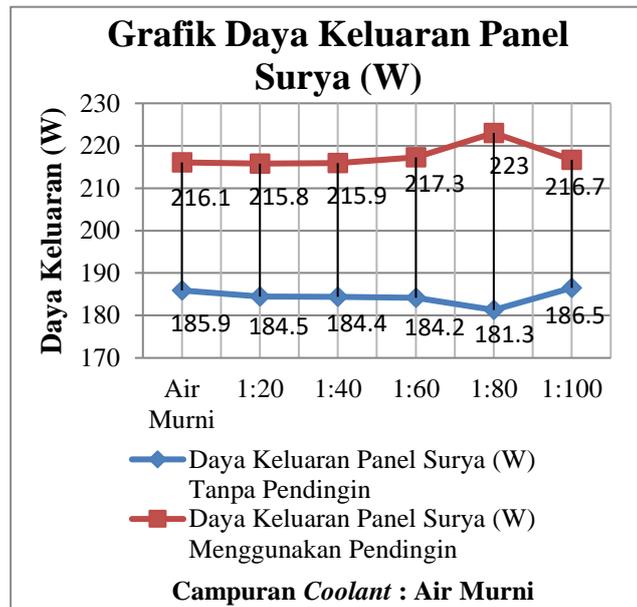
Gambar 5. Grafik Temperatur Panel Surya (°C)

Grafik pada gambar 5 di atas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan temperatur panel surya tanpa dan dengan menggunakan pendingin, dimana temperatur panel surya dengan menggunakan pendingin lebih rendah dibanding temperatur panel surya tanpa menggunakan pendingin. Adapun penurunan temperatur panel surya dengan menggunakan pendingin adalah rata – rata sebesar 41,7 %.

#### B. Daya Keluaran Panel Surya

Data daya keluaran panel surya pada tabel 4.10 merupakan data hasil perhitungan dari data pengukuran 2 (dua) buah panel surya masing – masing kapasitas 130 Wp jenis *monocrystalline*. Adapun pengukuran dilakukan secara serentak dalam dua kondisi yaitu 1 (satu) buah panel surya tanpa menggunakan pendingin dan 1 (satu) panel surya lagi dengan

menggunakan pendingin. Data hasil perhitungan daya keluaran panel surya tanpa dan dengan menggunakan pendingin ditampilkan dalam bentuk grafik yang terdapat pada gambar 6.

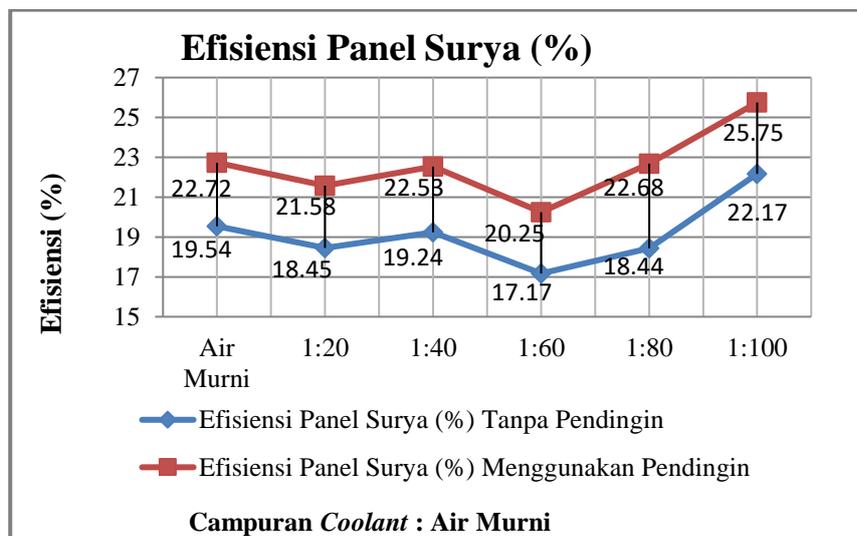


Gambar 6. Grafik Daya Keluaran Panel Surya (W)

Grafik pada gambar 6 di atas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan besaran daya keluaran panel surya tanpa dan dengan menggunakan pendingin, dimana daya keluaran dengan menggunakan pendingin lebih besar dari daya keluaran tanpa menggunakan pendingin. Adapun peningkatan daya keluaran panel surya setelah menggunakan pendingin adalah rata – rata sebesar 17,88 %.

### C. Efisiensi Panel Surya

Data efisiensi panel surya pada tabel 4.12 merupakan data efisiensi hasil perhitungan terhadap 2 (dua) panel surya masing – masing kapasitas 130 Wp jenis *monocrystalline* yaitu 1 (satu) panel surya tanpa pendingin dan 1 (satu) panel surya lagi menggunakan pendingin. Data hasil perhitungan efisiensi panel surya tanpa dan dengan menggunakan pendingin ditampilkan dalam bentuk grafik yang terdapat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Efisiensi Panel Surya (%)

Grafik pada gambar 7 di atas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan efisiensi panel surya tanpa dan dengan menggunakan pendingin, dimana efisiensi panel surya dengan menggunakan pendingin lebih tinggi dibanding efisiensi panel surya tanpa menggunakan pendingin. Adapun peningkatan efisiensi panel surya dengan menggunakan pendingin adalah rata – rata sebesar 17,82 %.

#### 4. KESIMPULAN

1. Dengan menggunakan variasi campuran *watercoolant* dan air murni, diperoleh hasil:
  - Perbandingan air murni, efisiensi meningkat sebesar 16,27%.
  - Perbandingan 1:20, efisiensi meningkat sebesar 16,96%.
  - Perbandingan 1:40, efisiensi meningkat sebesar 17,69%.
  - Perbandingan 1:60, efisiensi meningkat sebesar 17,93%.
  - Perbandingan 1:80, efisiensi meningkat sebesar 22,99%.
  - Perbandingan 1:100, efisiensi meningkat sebesar 16,14%.
2. Dari hasil pengolahan data dan pembahasan, dapat diperoleh bahwa peningkatan efisiensi yang optimal adalah perbandingan 1:80.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad F.F., Ghenai C., Hamid A.K., Rejeb O., Bettayeb M. 24 (2021). *Performance enhancement and infra-red (IR) thermography of solar photovoltaic panel using back cooling from the waste air of building centralized air conditioning system*. Case Stud. Therm. Eng., p. 100840
- [2] Akmal., Simanjuntak A., Louhenapessy J., Aponno I. (2022). Uji Eksperimental Modul Surya 130 Wp Untuk Suplai Listrik Lemari Pendingin Vaksin Di Daerah Terpencil, Jurnal ISOMETRI Volume 0 No 0 pp 16 -21
- [3] Afriandi., Ismail Yusuf., Ayong Hiendro. 2017. Implementasi *Water Cooling System* Untuk Menurunkan *Temperature Losses* Pada Panel Surya, Jurnal S1 Teknik Elektro UNTAN.
- [4] Benghanem, M., Al-Mashraqi., KO Daffallah. 2016. *Performance of solar cells using thermoelectric module in hot sites*, *Renew. Energy*, vol 89, pp. 51-59.
- [5] Chavan S.V., Devaprakasam D. (2020). *Improving the performance of solar photovoltaic thermal system using phase change material*. Mater. Today: Proc.
- [6] Cholis C., ID Sara., Y Away. 2016. Perancangan Alat Pencatat Data Kurva Karakteristik Arus dan Tegangan (I-V) Modul Surya, Jurnal Circuit, Vol. 2, No. 1.
- [7] Diantari R.A., Erlina., Widyastuti C. 2017. Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai Plts, Jurnal Energi & Kelistrikan VOL. 9 NO. 2, pp 120-125
- [8] Fesharaki V. Javari., Deghani M., Fesharaki J. Javari. 2011. *Effect of Temperature on Photovoltaic Cell Efficiency*. *Proceedings of the First International Conference on Emerging Trends in Energy Conservation*, Taheran, 20-21 November 2011, 20-21.
- [9] Gultom T. T., J. Mudira Indure 2015. Pemanfaatan *Photovoltaic* Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Jurnal Dunia Ilmu, Vol-1 No. 3.
- [10] Handini, W., 2008. Performa Sel Surya Tersensitisasi Zat Pewarna (DSSC) Berbasis ZnO Dengan Variasi Tingkat Pengisian Dan Besar Kristalit TiO<sub>2</sub>.
- [11] Isyanto H., Budiyanto Budiyanto., Fadliandi Fadliandi., Prian Gagani Chamdareno. 2017. Pendingin Untuk Peningkatan Daya Keluaran Panel Surya, Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [12] Homahi A., Hall T., Whitman L. 179 (2020). *Study a novel hybrid system for cooling solar panels and generate power*. Appl. Therm. Eng., p. 115503
- [13] Joewono A., Sitepu R., Angka P.R. (2019). Rancang Bangun Sistem Lampu Penerangan Jalan Umum Terintegrasi Dengan *Battery Lithium* 34. Jurnal Elektro, Vol.12, No.1, pp.33-44

- [14] Julisman A., Sara I.D., Siregar R.H. (2017). Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola.KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro. Vol.2 No.1. pp 35-42
- [15] Kelimangun A. M., 2021, Analisis Komparas Hubungan Seri dan Paralel Dua Panel Surya 130 Wp Pada *Solar Home System*, Jurusan Teknik Mesin, Unpatti.
- [16] Krauter S. 82 (2004). *Increased electrical yield via water flow over the front of photovoltaic panels*.Sol. Energy Mater. Sol. Cell., pp. 131-137
- [17] Mustofa., 2016. Komparasi Modul Surya *Monocrystalline, Polycrystalline Dan Paralel Poly-Monocrystalline Pada Photovoltaic Thermal*, Jurnal MEKTRIK Vol. 3 No. 2.
- [18] Mazón-Hernández R., García-Cascales J.R., Vera-García F., Káiser A.S., Zamora B. (2013). *Improving the electrical parameters of a photovoltaic panel by means of an induced or forced air stream*. Int. J. Photoenergy, pp. 1-10
- [19] Nada S.A., El-Nagar D.H., Hussein H.M.S. 166 (2018). *Improving the thermal regulation and efficiency enhancement of PCM-Integrated PV modules using nano particles*. Energy Convers. Manag., pp. 735-743
- [20] Royo P., Ferreira V.J., López-Sabirón A.M., Ferreira G. 101 (2016). *Hybrid diagnosis to characterise the energy and environmental enhancement of photovoltaic modules using smart materials*. Sol.Energy, , pp. 174-189
- [21] Simanjuntak A., Louhenapessy J. (2018). Penggunaan *DC-AC Converter* Sebagai Alternatif Pengganti Genset Untuk Mensuplai Beban Listrik Saat Terjadi Pemadaman Listrik, Seminar Nasional “Archipelago Engineering” (ALE) Ambon, 26 April 2018
- [22] Skoplaki E., Palyvos J. A. 83 (2009). *On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: a review of efficiency/power correlations*. Sol. Energy, , pp.