

PENGARUH PENGGUNAAN CAIRAN PENDINGIN (DEBIT 75 L/h) TERHADAP EFISIENSI PANEL SURYA MONOCRYSTALLINE 20 WP

Intan Hardiatama¹, Adib Al Wafi², Dwi Djumhariyanto¹, Nasrul Ilminafik¹, Mahros Darsin¹, Imam Rudi Sugara¹

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember – Jl. Kalimantan 37 Jember

² Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas, Teknik Universitas Jember

email: intan.hardiatama@unej.ac.id

ABSTRACT

Indonesia still relies on the use of energy from non-renewable sources, especially oil and coal. However, the supply of energy from fossil sources is decreasing. The energy conversion process in solar panels causes an increase in temperature, especially in conditions of intense sunlight and hot weather. High temperatures can accelerate the degradation of materials in solar panels. Therefore, a cooling system needs to be developed to lower the temperature of the solar panels to produce electricity efficiently. This study aims to examine how the efficiency of solar panels can be affected by cooling fluids. The experimental method is used by setting the solar panels at an angle of 30°. Data is collected during sunny weather conditions with sunlight levels above 2000 lux. The solar panel used is a 20 WP monocrystalline type. The recorded data includes several parameters, namely current, voltage, light intensity, and solar panel temperature. The results indicated that solar panels with cooling had a lower surface temperature compared to solar panels without cooling. In addition, cooled solar panels have a higher efficiency than uncooled solar panels. Using a cooler with a certain discharge on the surface of a solar panel can increase efficiency significantly.

Keywords: Cooling system, Solar Energy, Solar Panel, Efficiency

PENDAHULUAN

Berdasarkan posisi Indonesia yang berada di garis khatulistiwa, pemanfaatan panel surya menawarkan prospek yang menjanjikan, karena akan mendapatkan sinar matahari selama satu tahun. Salah satu pertimbangan utama adalah potensi energi surya sebagai sumber energi bersih yang tidak mencemari lingkungan. Bumi menerima radiasi matahari sekitar 1360 W/m² pada tahun 2008, tetapi setelah melewati lapisan atmosfer, radiasi ini mencapai titik puncak sebesar 1000 W/m² (Cahyono et al., 2021). Saat ini, Indonesia bergantung pada energi dari sumber-sumber tak terbarukan, terutama batu bara dan minyak bumi. Namun, pasokan energi dari sumber-sumber tak terbarukan akan semakin berkurang seiring waktu, dan solusi terbaik untuk masalah ini adalah energi baru terbarukan (Azhar & Satriawan, 2018).

Oleh karena itu, untuk menghasilkan listrik, perlu dikembangkan penggunaan energi surya. Meskipun energi surya tidak konsisten, itu merupakan opsi ramah lingkungan (Simatupang et al., 2013). Panel surya menggabungkan berbagai sel surya untuk menghasilkan tegangan dan arus. Suhu sekitar dan intensitas radiasi matahari adalah dua komponen fisik yang menentukan besarnya arus dan tegangan hasil sel surya. Jumlah radiasi yang ditampung berdampak langsung pada besarnya arus dan tegangan hasil sel tersebut. Semakin tinggi intensitas radiasi matahari yang diterima, semakin besar tegangan dan arus listrik

yang dihasilkan (Haryanto et al., 2021). Panel surya monokristalin dan polikristalin berbeda dalam ukuran dan efisiensi. Namun, panel polycrystalline murah dan mampu menghasilkan listrik dalam kondisi cuaca awan. Kelebihan ini membuat jenis panel surya polycrystalline sangat diminati (Hakim, 2017).

Proses konversi energi dalam panel surya menyebabkan peningkatan suhu, terutama dalam kondisi sinar matahari intens dan cuaca panas. Suhu lingkungan yang tinggi dapat mempengaruhi kinerja panel surya dengan mengubah tegangan dan arus yang dihasilkan (Harahap, 2020). Efisiensi panel surya menjadi hal krusial karena dapat mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan dan kinerja keseluruhan dari sistem pembangkit listrik tenaga surya. Suhu permukaan panel surya memegang peranan vital dalam mempengaruhi efisiensi. Suhu dalam rentang optimal dapat meningkatkan efisiensi panel surya (Utami & Daud, 2020). Ketika suhu permukaan panel surya meningkat, efisiensi panel surya cenderung menurun, sehingga mengurangi produksi daya listrik yang dihasilkan (Usman, 2020).

Sistem pendingin merupakan sistem yang dirancang untuk mempertahankan atau mengurangi temperatur ke keadaan ideal dengan cara dengan mentransfer panas dari benda menggunakan fluida sebagai medianya (Almanda & Piliang, 2019). Perpindahan panas pada dasarnya adalah perpindahan energi dari satu tempat ke tempat lain dimana terjadi

perbedaan temperatur antara kedua bagian tersebut (Loegimin et al., 2020).

Proses pendinginan sel surya bertujuan untuk memastikan suplai daya ke modul surya tetap baik dan stabil pada suhu antara 25°C hingga 35°C, karena modul surya dapat menghasilkan daya paling besar pada suhu tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pendingin agar panel surya memiliki suhu yang rendah, sehingga menghasilkan listrik dengan tingkat efisiensi dan kinerja yang optimal. (Loegimin et al., 2020).

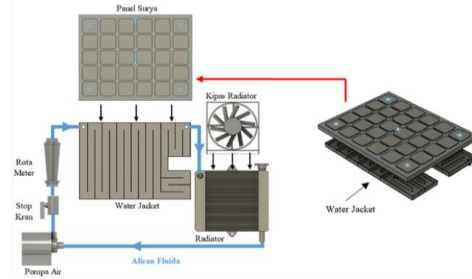
Studi (Pido et al., 2018) membahas efek pendinginan panel surya dengan aliran air yang dipompa 50, 67, 100 dan 150 ml/s terhadap *output* daya dan efisiensi. Efisiensi dan daya *output* panel surya dapat ditentukan menggunakan *avometer*. Bagian yang diuji adalah solar panel 50 WP dengan pendingin dan non pendingin. Hasil dari penelitian ini adalah semakin besar debit air semakin besar penurunan suhunya. (Marpaung et al., 2022) menguji kinerja panel surya 115 WP dengan mengalirkan air di atas permukaan panel surya. Menggunakan sistem kontrol Arduino untuk memantau sensor arus, tegangan dan suhu. (Subarkah et al., 2013) meneliti tentang pendinginan sel surya dengan pipa panas datar. Variasi aliran air pendingin 200, 250, 300, 350 dan 400 ml/min digunakan dalam penelitian ini. Hasil dari penelitian ini adalah aliran air yang besar mempercepat penurunan temperatur heat pipe yang melewati pelat tembaga di bawah permukaan solar cell sehingga menyebabkan temperatur permukaan solar cell turun lebih cepat.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan, maka akan dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan radiator dan pompa air dengan debit 75 L/h yang akan mensirkulasikan cairan pada permukaan panel surya, dengan tujuan lebih meningkatkan efisiensi panel surya.

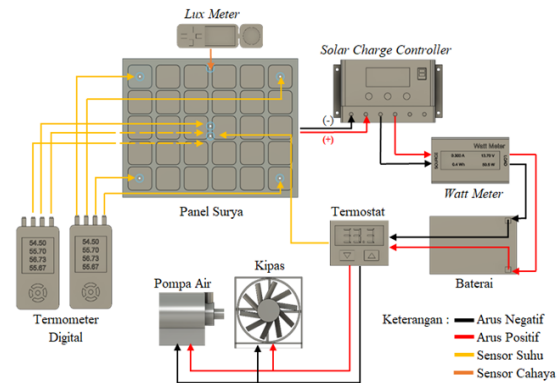
METODOLOGI

Metode eksperimental diaplikasikan dalam penelitian ini dengan mengatur panel surya pada sudut 30°. Data dikumpulkan saat kondisi cuaca cerah dengan tingkat sinar matahari di atas 2000 lux. Untuk menganalisis data, digunakan metode *ANOVA one way*. Panel surya yang digunakan yaitu tipe *monocrystalline* 20 WP.

Variabel bebas dalam penelitian ini panel surya berpendingin dengan debit 75 L/h dan tidak berpendingin, sedangkan variabel dependen adalah efisiensi modul surya dan suhu permukaan panel. Skema alat seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2 di bawah ini.



Gambar 1. Skema arah aliran fluida pendingin



Gambar 2. Skema alat ukur dan aliran kelistrikan

Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prosedur penelitian berupa serangkaian langkah sistematis yang digunakan pada sebuah penelitian dengan tujuan mencapai sasaran penelitian yang telah ditentukan sebelumnya. Tahapan-tahapan prosedur penelitian yang dimaksud meliputi:

- Untuk memulai persiapan alat pengujian, pertama-tama dibuat water jacket sebagai jalur pendingin untuk permukaan panel surya. *Water jacket* ini menggunakan aluminium U dengan ukuran 2,5x1,5 cm yang dipotong sesuai ukuran yang ditentukan dan dipasang secara sejajar menggunakan lem besi. Setelah itu, *water jacket* dipasang pada permukaan panel surya dengan presisi dan memasang komponen sistem radiator.
- Pemeriksaan kelengkapan alat, menyambungkan termostat digital ke arus DC baterai, menyambungkan kabel dari aki dan juga panel surya ke solar charge controller. Mengatur *stop kran* sesuai debit yang ditentukan. Dilakukannya tes sirkulasi untuk mendeteksi kebocoran pada jalur pendingin radiator.
- Pengambilan data
 - Menempelkan sensor termokopel pada permukaan panel, dan meletakkan *luxmeter* sejajar dengan panel surya.
 - Mengatur debit aliran fluida pendingin sebesar 75 L/h. Mengatur batas *set point*

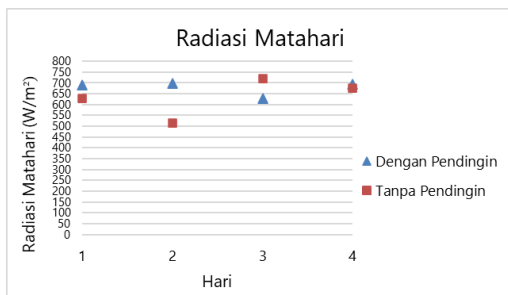
termostat digital dengan suhu atas 45°C dan bawah sebesar 40°C .

- Mencatat data yang ditampilkan oleh termometer digital, *luxmeter*, dan *watt meter* mulai pukul 08.00 WIB sampai 16.00 WIB tepatnya menggunakan rentang waktu 30 menit selama 4 (empat) hari per variabel.
- Pengumpulan data penelitian
- Pengolahan data penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang tercatat dari penelitian ini meliputi beberapa parameter, yaitu arus, tegangan, intensitas cahaya, dan suhu panel surya. Data-data tersebut kemudian diolah untuk menghitung nilai daya panel, efisiensi, serta perpindahan panas. Pengambilan data dilakukan selama rentang waktu 30 menit dimulai dari pukul 08.00 sampai 16.00 WIB. Adanya variasi tingkat radiasi matahari tergantung pada kondisi cuaca saat pengambilan data dilakukan.

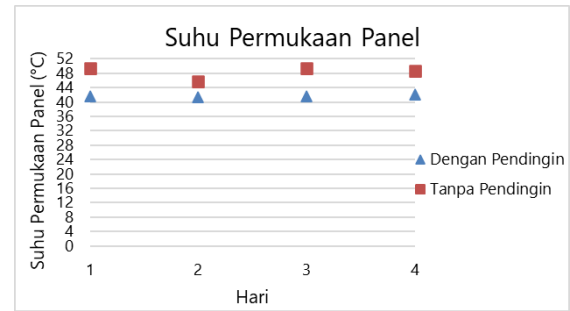
Data Radiasi Matahari



Gambar 3. Grafik radiasi matahari.

Pada Gambar 3 menunjukkan rata-rata nilai radiasi matahari yang terjadi pada saat pengambilan data. Nilai radiasi tertinggi terjadi pada panel surya tanpa pendingin hari ke-3 sebesar $719,22 \text{ W/m}^2$, sedangkan radiasi terendah terjadi pada panel surya tanpa pendingin hari ke-2 yakni sebesar $516,16 \text{ W/m}^2$. Tinggi rendahnya nilai radiasi salah satunya yaitu disebabkan oleh kondisi cuaca. Berdasarkan penelitian Jannah & Sudarti, (2021) yang menyatakan bahwa Kehadiran awan di atmosfer dapat menurunkan tingkat radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi karena radiasi matahari yang mengenai awan akan dipantulkan, dipancarkan, dan diserap oleh uap air yang ada di dalamnya. Sebagai hasilnya, keberadaan awan memiliki dampak pada kuantitas radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi.

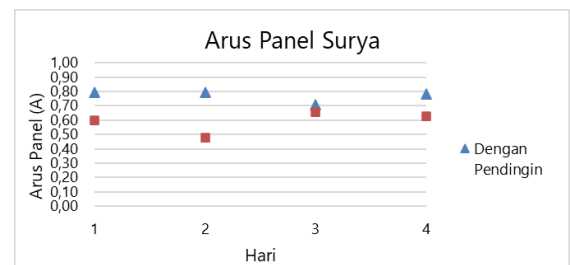
Data Suhu Permukaan Panel Surya



Gambar 4. Grafik suhu panel surya berpendingin dan tanpa pendingin

Pada Gambar 4 menunjukkan rata – rata suhu harian panel surya berpendingin serta tidak berpendingin. Pada panel surya tanpa pendingin hari ke-2 didapatkan suhu $45,77^{\circ}\text{C}$ yang mana lebih rendah jika dibandingkan dengan hari yang lain di variasi yang sama. Kondisi tersebut disebabkan nilai radiasi matahari (Gambar 3) pada hari tersebut cukup rendah. Rata-rata suhu pada permukaan panel surya tanpa pendingin adalah $48,30^{\circ}\text{C}$. Sedangkan, suhu permukaan rata – rata panel surya dengan pendingin yakni $41,60^{\circ}\text{C}$. Suhu permukaan panel surya dengan pendingin memiliki suhu permukaan rata-rata yang lebih rendah dibanding tanpa pendingin dengan selisih $6,71^{\circ}\text{C}$. Penelitian yang telah dilakukan oleh (Subarkah et al., 2013) terkait pendinginan panel surya dengan mengalirkan air pada bawah permukaan panel didapatkan pernyataan bahwa penurunan suhu pada pipa kalor yang melewati bawah permukaan sel surya mengakibatkan suhu permukaan sel surya akan menurun lebih cepat dibandingkan dengan panel tanpa sistem pendingin.

Data Arus Panel Surya

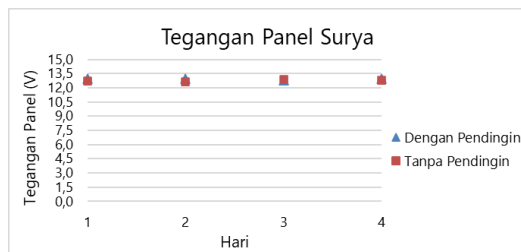


Gambar 5. Grafik arus panel surya berpendingin dan tanpa pendingin.

Pada Gambar 5 menunjukkan perbandingan rata rata arus harian panel surya dengan pendingin dan tanpa pendingin. Arus terendah terjadi pada panel surya tanpa pendingin hari ke-2 sebesar 0,48 A. Kondisi tersebut disebabkan pada hari tersebut memiliki nilai radiasi (Gambar 3) yang rendah.

Rata-rata arus panel berpendingin sebesar 0,78 A, sedangkan panel tanpa pendingin sebesar 0,60 A. Usman, (2020) menyimpulkan bahwa terdapat korelasi antara intensitas dari radiasi yang masuk ke panel dengan besarnya arus dan hasil tegangan. Dengan demikian, semakin tinggi radiasi yang diterima, maka arus dan tegangan hasil panel surya juga turut meningkat. Selisih arus panel berpendingin dan tanpa pendingin yakni sebesar 0,18 A. Panel surya berpendingin arusnya cenderung lebih besar ketimbang panel surya tidak berpendingin, karena suhu panel surya dengan berpendingin lebih rendah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Asrori & Yudiyanto, 2019), peningkatan suhu permukaan panel surya berhubungan dengan penurunan daya *output* dari panel surya tersebut.

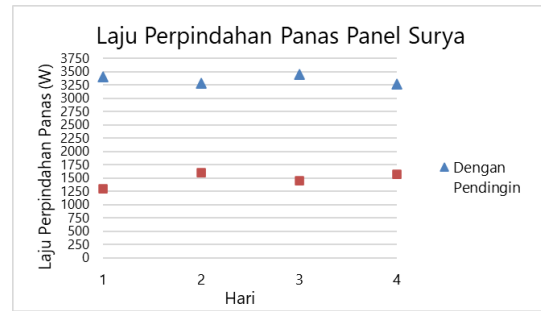
Data Tegangan Panel Surya



Gambar 6. Grafik tegangan panel surya berpendingin dan tanpa pendingin

Pada Gambar 6 menunjukkan perbandingan rata-rata tegangan harian panel surya dengan pendingin dan tanpa pendingin. Tegangan panel surya dengan pendingin sebesar 12,9 V, sedangkan tanpa pendingin sebesar 12,77 V. Grafik hasil menunjukkan bahwa panel surya yang berpendingin dan panel surya tanpa pendingin memiliki selisih tegangan 0,13 V. Faktor ini dapat dijelaskan oleh adanya *solar charge controller* yang berfungsi untuk menjaga tegangan dari panel surya agar tetap stabil, sehingga mencegah terjadinya tegangan berlebih pada baterai. Penelitian sebelumnya juga menyatakan bahwa pengisian baterai selalu dijaga agar tetap stabil setiap saat, sehingga menghindari pengisian yang berlebihan (Haryanto et al., 2021). Meskipun panel surya menghasilkan tegangan nominal sekitar 19,6 V, tegangan pengisian baterai akan selalu dijaga stabil sekitar 12,5 V. Tujuan dari stabilisasi ini adalah untuk mencegah kerusakan pada baterai akibat pengisian yang berlebihan dan untuk memperpanjang umur pakai baterai.

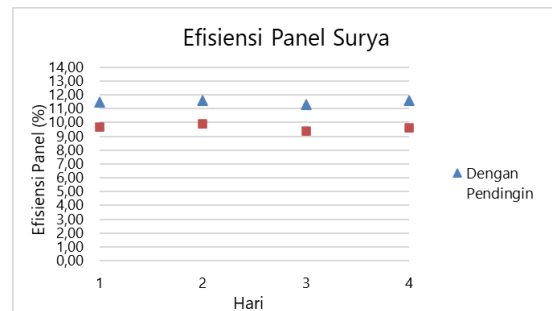
Perpindahan Panas Panel Surya



Gambar 7. Grafik laju perpindahan panas panel surya berpendingin dan tanpa pendingin

Pada Gambar 7 menunjukkan perbandingan rata-rata tegangan harian panel surya dengan pendingin dan tanpa pendingin. Berdasarkan grafik, maka dapat dilihat bahwa panel surya berpendingin memiliki laju perpindahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Rata-rata laju perpindahan panas panel berpendingin sebesar 3353,4 W dan panel tanpa pendingin sebesar 1485,3 W. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh adanya aliran fluida pendingin (*radiator coolant*), sehingga panas permukaan panel terbawa oleh aliran fluida pendingin dan menyebabkan suhu permukaan panel turun lebih cepat.

Efisiensi Panel Surya



Gambar 8. Grafik efisiensi panel surya berpendingin dan tanpa pendingin.

Pada Gambar 8 menunjukkan perbandingan rata-rata efisiensi harian panel surya dengan pendingin dan tanpa pendingin. Untuk mendapatkan nilai efisiensi yaitu sebagai berikut:

Persamaan:

$$\eta = \frac{P_m}{(ExAc)} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

η = Efisiensi (%)

P_m = Daya maksimum keluaran (W)

E = Radiasi matahari (W/m^2)

Ac = Luas permukaan panel surya (m^2)

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat bahwa panel surya berpendingin memiliki tingkat efisiensi lebih tinggi apabila dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Rata-rata efisiensi panel berpendingin sebesar 11,49 %, sedangkan panel tanpa pendingin sebesar 9,65%. Berdasarkan data tersebut didapatkan bahwa panel surya berpendingin memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan panel tanpa pendingin. Penyebab dari fenomena tersebut adalah karena panel surya yang dilengkapi dengan sistem aliran pendingin dapat menjaga suhu permukaan panel tetap rendah, sehingga menghindari terjadinya overheating dan memastikan kinerja arus dan tegangan tetap optimal. Temuan ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penerapan sistem pendingin pada sel surya dapat mengurangi peningkatan suhu permukaan sel surya, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan arus dan tegangan (Pido et al., 2018).

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

Panel surya dengan pendingin memiliki suhu permukaan yang lebih rendah yakni sebesar $41,60^{\circ}C$, dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin sebesar $48,30^{\circ}C$, sehingga arus yang dikeluarkan lebih tinggi. Selisih arus panel surya berpendingin dan tanpa pendingin sebesar 0,18 A. Penggunaan pendingin dengan debit 75 L/h pada permukaan panel surya dapat menaikkan efisiensi sebesar 1,84%. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu menggunakan jenis cairan lain sebagai variasi atau pembanding.

DAFTAR PUSTAKA

- Almanda, D., & Piliang, B. P. (2019). Perbandingan Sistem Pendingin pada Konsentrasi Water Coolant, Air Mineral, dan Air Laut menggunakan Panel Surya Fleksibel Monocrystalline 20 Wp. *Resistor (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 2(2).
- Asrori, & Yudiyanto, E. (2019). Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono Dan Polikristal. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(2), 68–73. [Http://Jurnal.Untirta.Ac.Id/Index.Php/Jwl](http://Jurnal.Untirta.Ac.Id/Index.Php/Jwl).
- Azhar, M., & Satriawan, D. (2018). Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional. *Online Administrative Law & Governance Journal*, 1(4).
- Cahyono, G. R., Ansyah, P., Riadi, J., & Awaly, N. Q. (2021). Pengaruh Pendinginan menggunakan Sirip Terhadap Performa Panel Surya. *Elemen : Jurnal Teknik Mesin*, 8(1). <https://doi.org/10.34128/Je.V8i1.139>.
- Hakim, M. F. (2017). Perancangan Rooftop off Grid Solar Panel pada Rumah Tinggal sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik. *Jurnal Dinamika Dotcom*, 8(1).
- Harahap, P. (2020). Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya terhadap Daya yang Dihasilkan dari Berbagai Jenis Sel Surya. *Rele (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 22.
- Haryanto, T., Charles, H., & Pranoto, D. H. (2021). Perancangan Energi Terbarukan Solar Panel untuk Essential Load dengan Sistem Switch. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 41.
- Jannah, A. N., & Sudarti. (2021). Hubungan Perubahan Cuaca Dengan Indeks Kecerahan Matahari, Suhu Lingkungan dan Kelembaban Udara di Desa Karanganyar. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Terapannya*, 4, 27.
- Loegimin, M. S., Sumantri, B., Nugroho, M. A. B., Hasnira, & Windarko, N. A. (2020). Sistem Pendinginan Air untuk Panel Surya dengan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Integrasi*, 12(1), 21–30.
- Marpaung, R. R., Mulyaningsih, N. N., & Sapundani, R. (2022). Tingkat Akurasi Aplikasi Smart Lux Meter sebagai Solusi Percobaan Mandiri pada Pembelajaran Jarak Jauh. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 11(1), 1–5. <https://doi.org/10.24114/Jpf.V11i1.25777>
- Palupi, R., & Prasetya, A. E. (2022). Pengaruh Implementasi Content Management System terhadap Kecepatan Kinerja Menggunakan One Way Anova. *Jurnal Ilmiah Informatika*, 10(1). [Http://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/jif](http://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/jif)
- Pido, R., Himran, S., & Mahmuddin. (2018). Analisa Pengaruh Pendinginan Sel Surya terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi. *Jurnal Teknologi*, 19(1).
- Subarkah, R., Nufus, T. H., Kurniawan, R., Erfiansyah, R., & Adriansyah, T. (2013). Penggunaan Pipa Kalor Pipih sebagai Pendingin Sel Surya. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin Xii*, 23–24.
- Usman, Mukhamad. K. (2020). Analisis Intensitas Cahaya terhadap Energi Listrik yang Dihasilkan Panel Surya. *Jurnal Polektro: Jurnal Power Elektronik*, 9(2). <http://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/powerelektro>
- Utami, S., & Daud, A. (2020). Pengaruh Temperatur Panel Surya terhadap Efisiensi Panel Surya Sistem Monitoring menggunakan Internet Of Things (Iot). *Jurnal Energi*, 10(1).