



Analisa Efisiensi Daya Solarcell dengan Integrasi Sistem Pendingin

Muhammad Suryo Abid, Wahyu Setyo Pambudi*, Titiek Suheta, Trisna Wati, Misbahul Munir

Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia

Email: ¹suryo.abid70@gmail.com, ^{2,*}wahyusp@itats.ac.id, ³hita@itats.ac.id, ⁴trisanaw@itats.ac.id,

⁵munir@itats.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Histori Artikel:

Submitted : Feb 20, 2024

Accepted : Mar 26, 2024

Published : Mar 26, 2024

KORESPONDENSI

Email: wahyusp@itats.ac.id

A B S T R A K

Salah satu kelebihan solar cell adalah dapat menghasilkan energi listrik tanpa menimbulkan kebisingan serta polusi udara. Kekurangan dari solar cell, adalah pancaran iradiasi matahari secara terus-menerus dapat menaikkan suhu, yang dapat berakibat menurunnya efisiensi solar cell. Solusi yang bisa digunakan untuk mengurangi efek tersebut adalah dengan memberikan sistem pendingin pada solar cell. Metode pendinginan solar cell dapat diklasifikasikan menjadi metode aktif dan metode pasif. Metode aktif pada pendinginan solar cell membutuhkan konsumsi daya sehingga dalam aplikasinya memerlukan analisa dan kajian tentang efisiensinya. Pada penelitian ini telah dilakukan analisa efisiensi daya sistem pendinginan yang menggunakan pompa air, peltier dan fan. Berdasarkan hasil pengukuran daya yang dihasilkan oleh solar cell berpendingin menghasilkan efisiensi daya sebesar 8,64% dibandingkan solar cell tanpa pendingin. Sedangkan rata-rata efisiensi daya selama 6 kali pengambilan data sebesar 7,82%.

Kata Kunci: Solar Cell; Efisiensi; Pendingin

A B S T R A C T

One of the advantages of solar cells is their ability to generate electricity without creating noise or air pollution. However, they have the disadvantage of increasing temperature due to continuous exposure to solar radiation, thereby decreasing solar cell efficiency. A solution to mitigate this effect is a cooling system for solar cells. Cooling methods for solar cells consist of active and passive methods. Active cooling methods for solar cells require power consumption, necessitating analysis and evaluation of their efficiency in practical applications. This research analyzed the power efficiency of a cooling system using a water pump, peltier, and fan. The power measurements generated by the cooled solar cell produced a power efficiency of 8.64%, compared to a solar cell without cooling. Meanwhile, the average power efficiency over six data collections was 7.82%.

Keywords: Solar Cell; Efficiency; Cooler

1. PENDAHULUAN

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi yang memiliki potensi yang besar. Energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik yang ramah lingkungan, sehingga apabila energi ini dapat dikelola dengan baik, diharapkan kebutuhan masyarakat akan energi dapat terpenuhi. Mengingat potensi tenaga surya sebagai sumber energi ramah lingkungan dan tidak menimbulkan polusi. Teknologi photovoltaic (PV) mampu mengonversi energi surya menjadi energi listrik. Konversi iradiasi matahari menjadi energi listrik merupakan cara yang sangat efektif dalam memanfaatkan energi matahari. Kelebihan solar cell ialah dapat menghasilkan energi listrik, dan tidak menimbulkan kebisingan polusi udara, usia pakai yang lama dan pemeliharaan yang rendah. Solar cell memiliki efisiensi puncaknya antara 9-12% dalam mengubah iradiasi menjadi energi listrik dan sisanya terpantulkan atau diubah menjadi energi panas. peristiwa ini menyebabkan naiknya suhu kinerja solar cell dan mengakibatkan menurunnya efisiensi konversi energi listrik[1][2][3][4][5][6].

Energi listrik yang berasal dari energi surya dapat dikelola dengan menggunakan sistem solar cell. Beberapa faktor mempengaruhi efisiensi solar cell, salah satunya adalah suhu pada modul Solar Cell. meningkatnya suhu dapat mempengaruhi daya keluaran yang dihasilkan dari solar cell yaitu sebesar 1°C (dari 25°C) akan menghasilkan penurunan sekitar 0,5% dari total daya yang dihasilkan. Suhu lingkungan yang tinggi mempengaruhi kinerja solar cell, pengaruh panas pada solar cell berdasarkan sifat listrik dari silikon monokristalin dan polikristalin. Suhu pada lingkungan berada pada rata – rata 33°C. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut merupakan efisiensi pada Solar Cell menurun yang disebabkan oleh kenaikan suhu lingkungan. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah mekanisme pendinginan pada sistem Solar Cell untuk meningkatkan efisiensi Solar Cell[7][8][9][10][11].

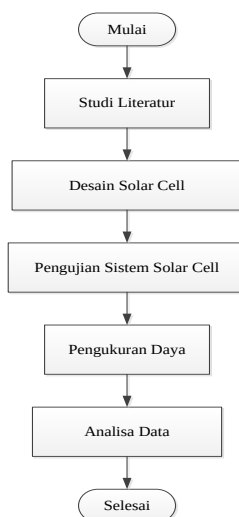
Beraneka macam mekanisme pendinginan pada sistem Solar Cell yang telah dilakukan. Penelitian ini mengenai sistem pendinginan Solar Cell dengan metode, pendinginan Solar Cell dapat diklasifikasikan menjadi metode aktif dan metode pasif. Beberapa media yang dapat digunakan sebagai pendingin yakni udara dan air. Alat yang digunakan berupa pompa DC yang menyemprotkan air ke Solar Cell. Pendinginan pasif dengan udara memberikan efisiensi yang sangat rendah jika dibandingkan pendinginan dengan air. Efek pendinginan yang sangat signifikan terjadi saat pendinginan aktif menggunakan air. Penerapan pendinginan aktif dengan menggunakan air juga mengkonsumsi daya yang diterima oleh Solar Cell. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar daya yang digunakan oleh sistem pendinginan aktif perlu dilakukan analisa dan pengamatan. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini difokuskan untuk melakukan analisa efisiensi daya pada sistem pendingin aktif pada Solar Cell dengan menggunakan peltier dan fan[12][13][14][15][16][17].

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, yang saat ini menjadi dasar informasi terkait solar cell. Dalam metode penyemprotan air dan suhu air pada solar cell. Apabila suhu telah mencapai 40°C , maka pompa yang terdapat pada wadah penampung air memiliki fungsi guna untuk mengalirkan air ke permukaan Solar Cell. Hal tersebut mengakibatkan suhu pada Solar Cell dapat dikendalikan sesuai dengan nilai yang diinginkan yaitu sebesar kurang dari 40°C . Sistem kontrol pada suhu air dengan peltier dan fan memiliki fungsi sebagai pengontrol suhu air pada wadah penampung air agar suhu tetap berada pada nilai maksimal yaitu 39°C . Sistem pendinginan Solar Cell pada penelitian yang dilakukan oleh peneliti dapat meningkatkan daya output Solar Cell sebesar 30,19%. Dan pada penelitian lainnya menganalisa dampak temperature pada output solar cell. Dimana penelitian ini menggunakan pendingin udara dengan tujuan untuk mengurangi kehilangan suhu dan daya pada solar cell. Sistem pendingin yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan peltier yang telah dikombinasikan dengan metode pendingin udara dan air. Peletakan peltier pada pendingin udara dilapisi menggunakan heatsink di bawah solar cell. Dengan ini maka, peneliti mendapatkan hasil bahwa system pendingin yang digunakan oleh peneliti dapat mengurangi kehilangan suhu pada bagian bawah susu solar cell sebesar 14,5%. Akan tetapi permukaan solar cell tidak menunjukkan kurangnya kehilangan suhu, di sisi lain peneliti mendapatkan hasil bahwa dengan menggunakan metode tersebut dapat mengurangi rugi daya sebesar 4% dibandingkan dengan solar cell tanpa pendingin. Pada penelitian yang telah dilakukan maka hasil menunjukkan bahwa system pendingin dengan memanfaatkan peltier sebagai medianya dapat dijadikan solusi untuk mengurangi rugi-rugi temperature dan daya pada solar cell[18] [19][20].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dibuat untuk menyederhanakan dan menggambarkan rangkaian proses atau prosedur apa saja yang akan dilakukan pada penelitian sehingga dapat dengan mudah dipahami berdasarkan urutan – urutan yang ada di dalam penelitian. Gambar 1 berikut ini merupakan tahapan penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta pengolahan bahan peneliti.

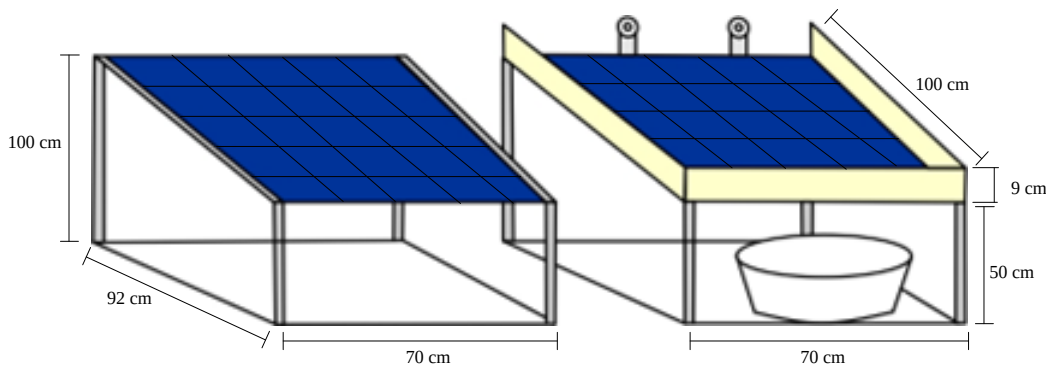
2.3 Desain Solar Cell

Perancangan penelitian ini, dirancang sebuah sistem pendinginan Solar Cell menggunakan metode penyemprotan air. Sistem ini dirancang dengan metode mengalirkan air pada permukaan Solar Cell dan air yang dialirkan pada permukaan Solar Cell akan ditampung kembali pada bak penampungan. Suhu pada bak penampungan dikontrol agar tidak melebihi setpoint yang ditentukan dengan pendingin berupa peltier dan fan.

Perancangan Solar Cell ini dibuat menggunakan siku berlubang yang disesuaikan dengan ukuran Solar Cell. Pompa DC yang berfungsi sebagai media untuk mengalirkan air dari bak penampungan ke bagian atas Solar Cell dipasang pada bagian bawah Solar Cell. Rancangan penampang Solar Cell dapat dilihat pada Tabel 1. Desain Solar Cell dengan Sistem Pendingin dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Material Sitem Mekanik

NO	Material	Kuantitas
1	Siku Berlubang	18 Meter
2	Baut 8mm + Ring plat + Mur 8	1 pack
3	Selang PU hitam 6x4	3 meter
4	Nozzle Orange + Nepel	4 pcs
5	Kaca Acrylic 3mm ukuran 100cm x 4cm	3 pcs
6	Shilent Clear	1 pcs
8	Bak penampung air 5L	1 pcs

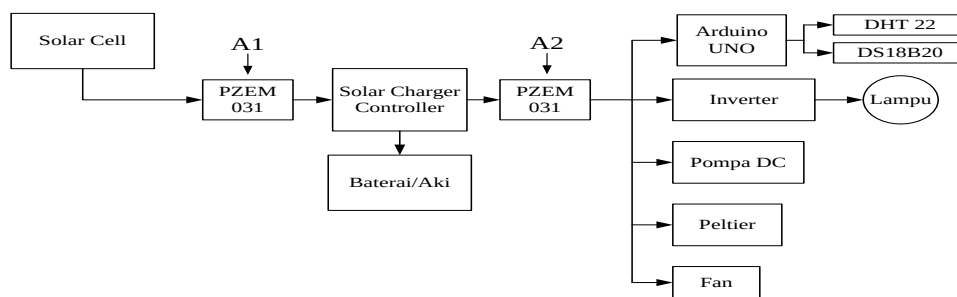


Gambar 2. Desain Solar Cell dengan Pendingin dan Tanpa Pendingin

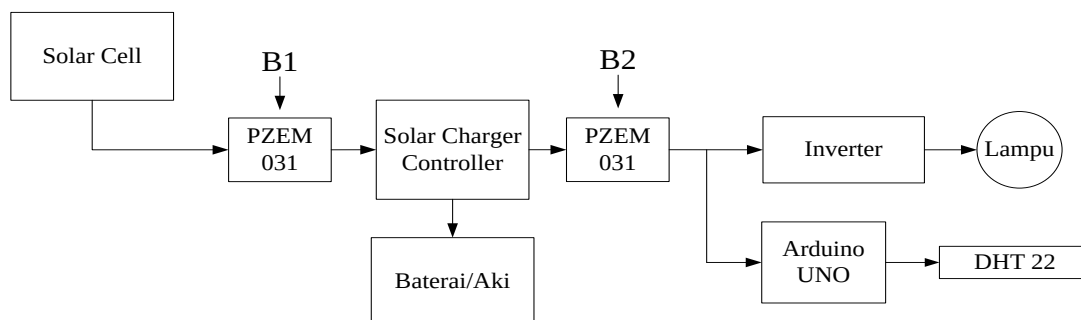
2.3.1 Diagram Blok Sistem

Metode yang digunakan untuk mendinginkan solar cell pada penelitian ini yaitu dengan menyemprotkan air pada solar cell dan perltier sebagai komponen pengontrol suhu air. Komponen yang digunakan pada solar cell berpendingin dan tanpa pendingin yaitu meliputi dua buah solar cell 120 Wp, Solar Charger Controller, dua buah PZM-031, Arduino, dua buah sensor DHT, sensor DS18B20, Real Time Clock, pompa DC, peltier, dan fan. Adapun skema rancangan sistem solar cell berpendingin ditunjukkan pada Gambar 3, sedangkan solar cell tanpa pendingin ditunjukkan pada Gambar 4, dan untuk menentukan titik pengambilan data suhu solar cell dapat dilihat pada Gambar 5. Selain itu untuk menghitung efisiensi daya pada solar cell berpendingin dan tanpa pendingin pada penelitian ini menggunakan Persamaan 1.

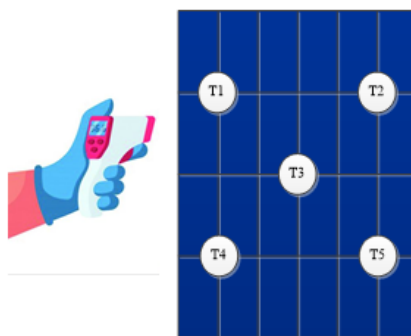
$$\eta = \frac{V \times I \times FF}{I_r \times A} \times 100 \% \quad (1)$$



Gambar 3. Diagram Blok Sistem Solar Cell Berpendingin



Gambar 4. Diagram Blok Sistem Solar Cell Tanpa Pendingin



Gambar 5. Penentuan Titik Pengecekan Suhu Solar Cell

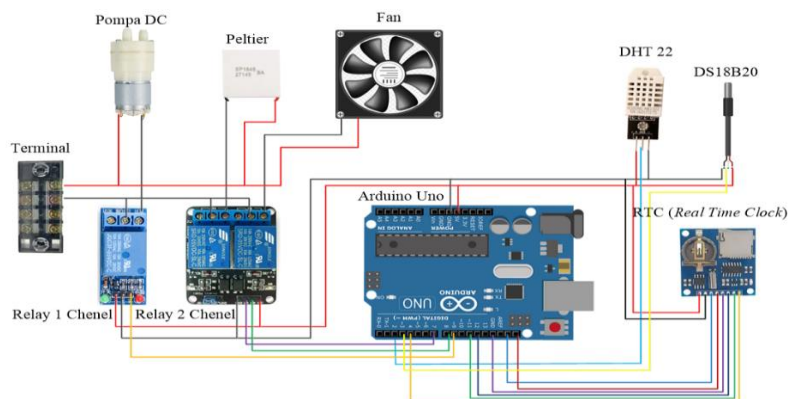
2.3.2 Prinsip Kerja Sistem

Prinsip kerja Solar cell pada penelitian ini menggunakan beberapa sensor yaitu Sensor DHT22 yang mana merupakan sensor suhu yang digunakan untuk memonitoring suhu pada permukaan Solar Cell. Hasil pembacaan suhu dari sensor DHT22 diproses melalui Arduino UNO yang berfungsi sebagai pengendali pompa DC otomatis. Sistem pendinginan dengan penyemprotan air akan aktif mengalirkan air pada permukaan Solar Cell apabila suhu Solar Cell telah mencapai set point yang ditentukan dan air yang menyentuh Solar Cell akan kembali ke dalam bak penampung.

Sedangkan sensor DS18B20 merupakan komponen yang digunakan pengendali peltier dan fan secara otomatis sebagai pengontrolan suhu air pada bak penampung. Suhu pada air di bak penampung di kontrol agar tidak mencapai lebih dari set point. Apabila suhu air di bak penampung lebih dari set point maka peltier dan fan akan bekerja sesuai set point suhu yang ditentukan. Namun demikian, apabila set poin suhu tersebut belum terpenuhi maka peltier dan fan menjadi tidak bekerja. PZM-013 berfungsi sebagai monitoring tegangan, arus, dan daya yang di terima oleh solar cell. Selain untuk memonitoring hal tersebut, PZM-013 juga digunakan untuk memonitoring besaran beban.

2.3.3 Rancangan Sistem Kontrol

Rancangan sistem kontrol Solar Cell, dari perancangan tersebut dapat diketahui bahwa terdiri dari beberapa jenis komponen yang digunakan seperti Gambar 6. Adapun pengambilan data dilakukan secara manual yaitu meliputi tegangan, arus, daya, dan suhu.



Gambar 6. Desain Perancangan Sistem Kontrol Solar Cell

2.4 Pengujian Sistem Solar Cell

Pengujian sistem Solar Cell menggunakan pendingin dan tanpa pendingin dilakukan selama enam hari, penelitian ini dilakukan pada tanggal 13, 15, 19, 20, 22, dan 27 Juli 2023 dengan jam pengambilan data pada pukul 10:00, hingga pukul 15:00 WIB. Sebelum melakukan pengambilan data, peneliti melakukan pengujian setiap komponen yang ada dengan cara menyalakannya secara manual. Setelah dipastikan setiap komponen dapat bekerja sebagaimana mestinya maka peneliti akan melakukan pengambilan data sesuai jam yang telah ditentukan.

2.5 Pengukuran Daya

Pengukuran sistem berpendingin dan tanpa pendingin pada Solar Cell tersebut peneliti melakukan dengan mem-foto atau mencatat nilai daya, dimana nilai daya output dan beban termonitoring menggunakan PZM-031 yaitu berupa Tegangan, Arus, dan Daya. Dari pengambilan data tersebut dilakukan setiap 5 menit sekali dalam kurun waktu selama 5 jam pada pukul 10:00 - 15:00.

2.6 Analisa

Analisa efisiensi daya sistem pendingin dan tanpa pendingin pada solar cell dilakukan untuk mengetahui mana yang lebih efisien dari sistem tersebut. Untuk mendapatkan nilai daya efisiensi maka dibutuhkan nilai tegangan dan arus dari pengukuran daya output solar cell dan beban. Dimana beban yang digunakan ialah meliputi pompa air, peltier

dan fan. Untuk Data suhu permukaan solar cell diambil menggunakan Thermogan yaitu terlihat pada Gambar 5 kemudian dianalisis dalam bentuk tabel dan grafik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan Solar Cell

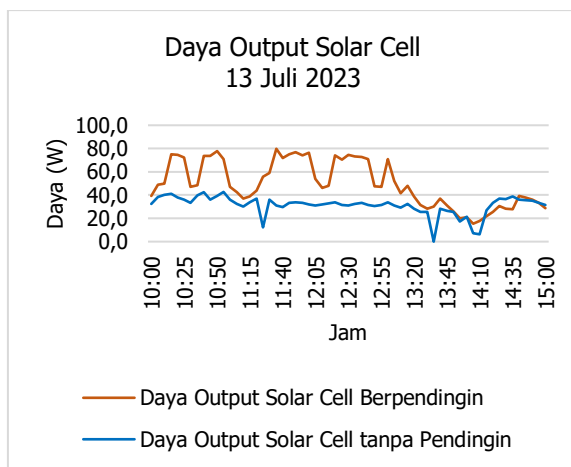
Proses perancangan alat yaitu meletakkan solar call pada kerangka yang telah terpasang oleh nozzle spray, dimana solar call di hubungkan pada PZEM-031. Setelah komponen tersebut terhubung maka PZEM-031 akan dihubungkan ke SCC dimana alat tersebut memiliki 3 port, Port pertama dihubungkan pada PZEM-031, port kedua dihubungkan pada Baterai, dan port ketiga dihubungkan pada PZEM-031 lainnya. Beban yang peneliti gunakan meliputi pompa DC, fan, peltier, inverter, dan lampu.



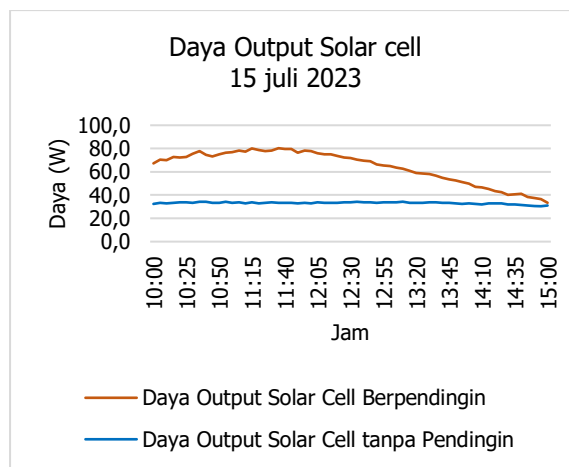
Gambar 7. Hasil Perancangan Solar Cell Berpendingin (Kanan) dan Solar Cell Tanpa Pendingin (Kiri)

3.2 Hasil Pengukuran Daya Output Solar Cell

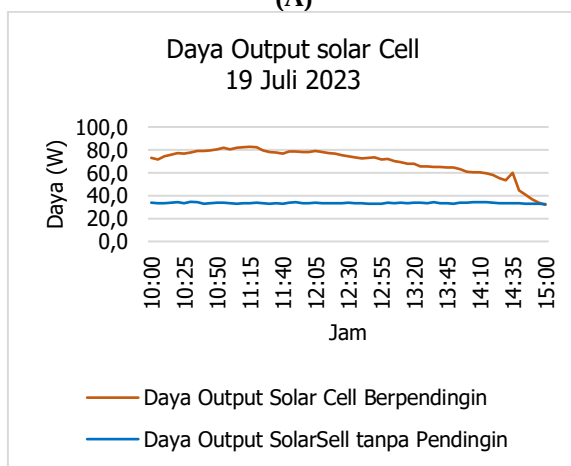
Pengukuran daya output pada solar cell guna untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh solar cell berpendingin dan tanpa pendingin. Dari hasil pengambilan data pada gambar 3 dan 4, dimana titik pengambilan data terletak pada PZM-031 A1 dan B1. Berdasarkan hasil pengambilan data, dapat dianalisa apakah penggunaan pendingin pada solar cell ini lebih efektif dibandingkan dengan solar cell tanpa pendingin. Hasil pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 8. Sebagai berikut :



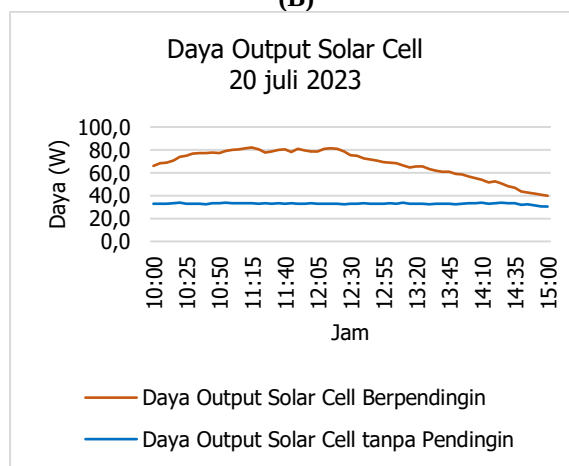
(A)



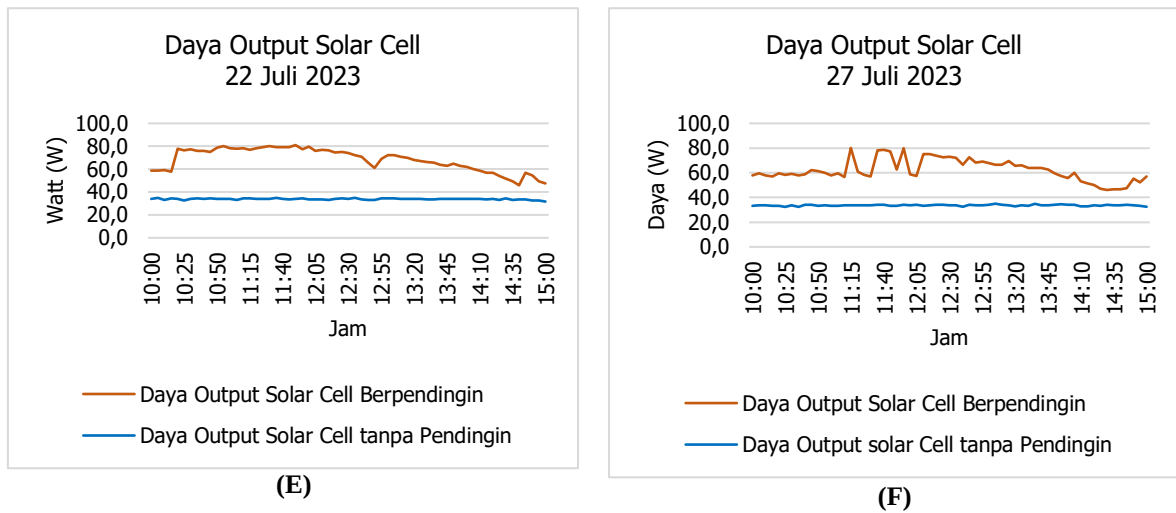
(B)



(C)



(D)

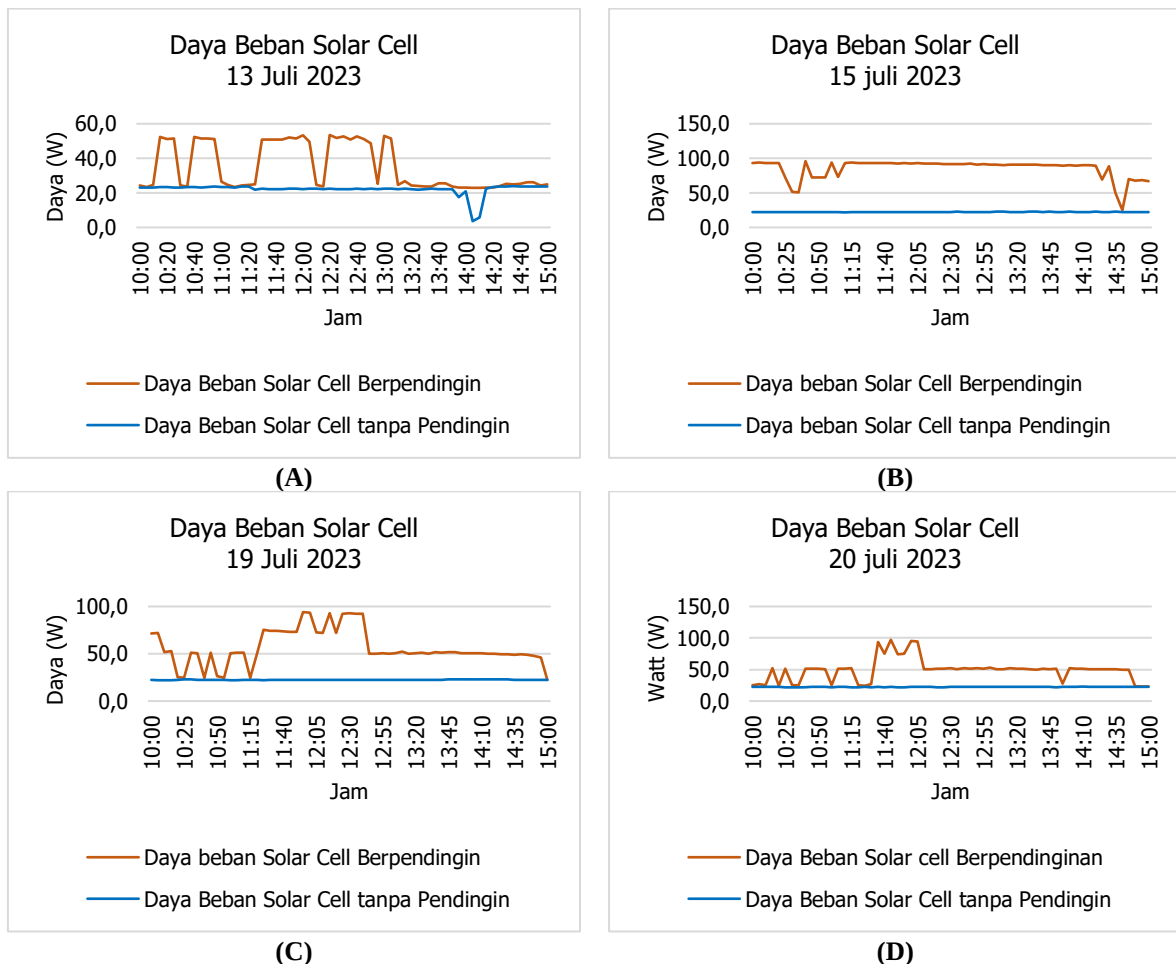


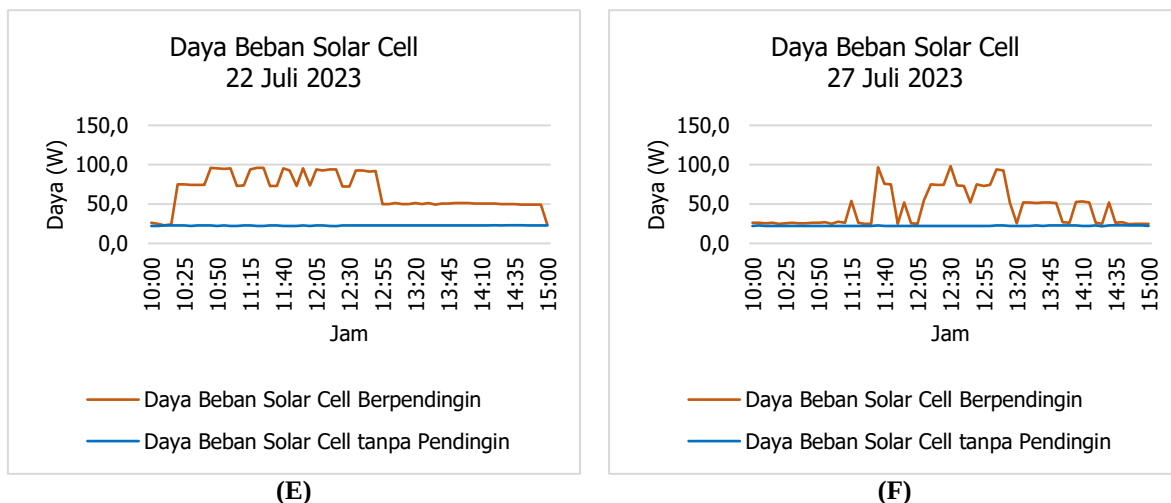
Gambar 8. Grafik Daya Output Solar Cell

Hasil pengujian solar cell berpendingin dan tanpa pendingin dilakukan selama 6 hari. Pengukuran daya output pada solar cell dilakukan dengan monitoring pada PZM-031. Dari hasil Gambar 8.A pengukuran daya Solar Cell berpendingin cenderung tidak stabil, hal tersebut disebabkan cuaca mendung berawan. Pada Gambar 8.B grafik solar cell berpendingin cenderung lebih tinggi daripada solar cell tanpa pendingin, hal tersebut disebabkan cuaca lebih panas. Dilihat dari Gambar 8.C, D, dan E grafik menunjukkan bahwa solar cell berpendingin menghasilkan daya yang relative stabil dibandingkan solar cell tanpa pendingin. Hal tersebut dikarenakan cuaca pada hari tersebut baik. Sedangkan pada Gambar 8 F menunjukkan respon grafik yang sedikit tidak stabil hal tersebut dikarenakan adanya kenaikan suhu yang signifikan.

3.3 Hasil Pengukuran Daya Beban Solar Cell

Pengukuran daya beban pada solar cell guna untuk mengetahui konsumsi daya yang dibutuhkan oleh solar cell berpendingin dan tanpa pendingin. Berdasarkan hasil pengambilan data pada sesuai blok pada Gambar 3 dan 4, dimana titik pengambilan data terletak pada PZM-031 A2 dan B2, maka didapatkan hasil seperti Gambar 9. berikut ini :



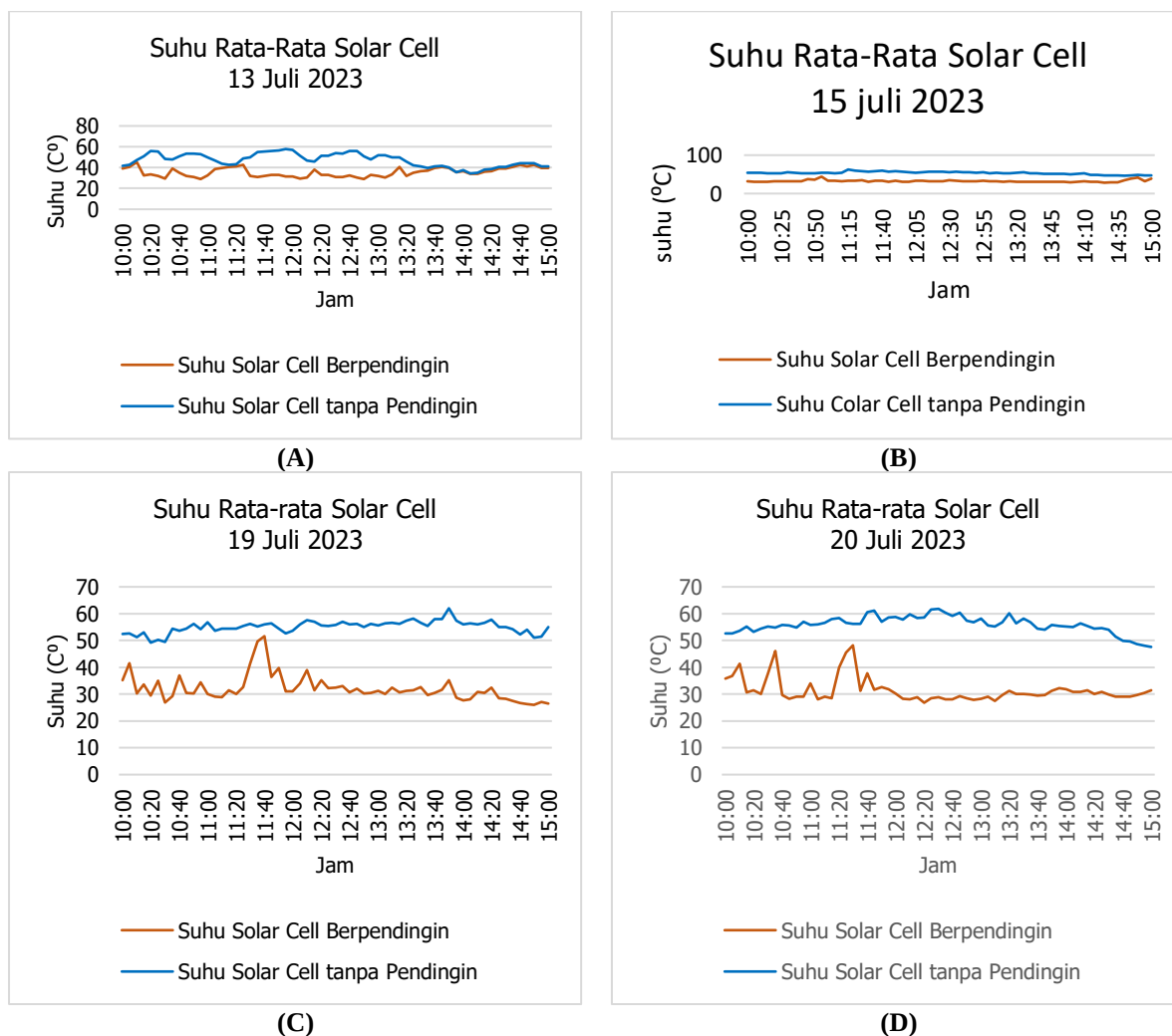


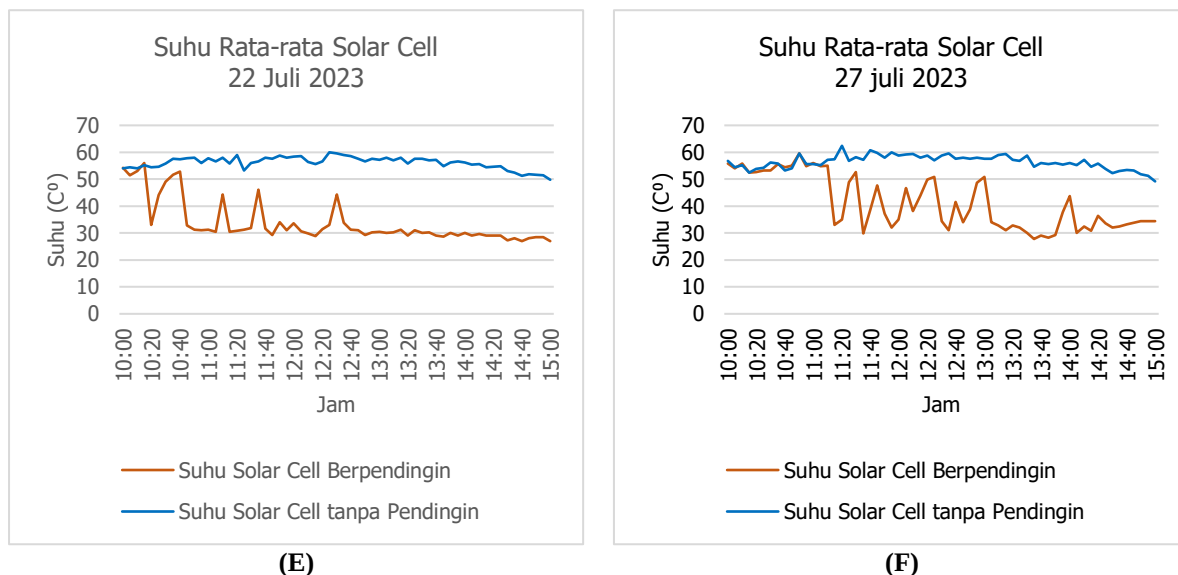
Gambar 9. Grafik Daya Beban Solar Cell

Setelah melakukan pengambilan data selama 6 hari, peneliti memperoleh data seperti Gambar 9 dimana pada Gambar 9 B,C,D, dan E menunjukkan grafik solar cell berpendingin mengalami mayoritas kenaikan, hal tersebut dikarenakan pada saat pengambilan data suhunya cerah dan panas sehingga mengakibatkan sistem pendingin yang ada secara terus menerus menyala. Jika, pada Gambar 9 A, dan F grafik mengalami sedikit kenaikan dan cenderung stabil seajar dengan solar cell tanpa pendingin, hal tersebut dikarenakan sistem pendingin pada solar cell tidak sering menyala.

3.4 Hasil Pengukuran Suhu rata rata Solar Cell

Pengukuran suhu pada solar cell dilakukan untuk mengetahui suhu permukaan solar cell, dan peneliti dapat membandingkan apakah dengan adanya sistem pendingin pada solar cell dapat menstabilkan suhu yang terpapar pada permukaan solar cell. Adapun pengambilan data dilakukan pada 5 titik, dimana titik yang diambil ditentukan sesuai Gambar 5, sehingga menghasilkan data seperti Gambar 10 berikut ini:





Gambar 10. Grafik Perbandingan Suhu Solar Cell

Pengambilan data suhu pada solar cell selama 5 jam dengan hasil pada Gambar 10, Dimana pada Gambar 10 A, E, dan F menunjukkan grafik yang tidak stabil pada solar cell berpendingin, hal tersebut dikarenakan adanya sistem kontrol pendingin pada solar cell mengalami perubahan yang sangat signifikan sehingga grafik mengalami lonjakan. Sedangkan pada gambar B,C, dan D grafik menunjukkan lebih stabil, dikarenakan proses pendinginan pada solar cell berjalan secara continue.

3.5 Hasil Perbandingan Energi Solar Cell

Pengolahan data perbandingan energi dilakukan dengan tujuan agar peneliti mengetahui apakah energi yang dihasilkan oleh solar cell berpendingin lebih efisien dibandingkan dengan solar cell tanpa pendingin.

Tabel 2. Perbandingan Output Energi Solar Cell

Tanggal	Energi Solar Cell Berpendingin (Wh)			Energi Solar Cell Tanpa Pendingin (Wh)		
	Output Solar Cell	Beban Solar Cell		Output Solar Cell	Beban Solar Cell	
13 Juli 2023	242	175	Selisih Output Solar Cell terhadap Beban	159	110	Selisih Output Solar Cell terhadap Beban
15 Juli 2023	319	425		165	111	
19 Juli 2023	345	286		168	111	
20 Juli 2023	340	247		164	112	
22 Juli 2023	347	334		168	113	
27 Juli 2023	316	229		168	112	
Total	1909	1696	213	992	669	323

Tabel 2 diatas menunjukkan hasil pengukuran energi solar cell yang dilakukan selama 6 hari. Mendapatkan nilai rata-rata, untuk solar cell berpendingin sebesar 213 Wh, sedangkan solar cell tanpa pendingin sebesar 323 Wh.

3.6 Efisiensi Daya Solar Cell Berpendingin dan Tanpa Pendingin

Analisa efisiensi daya dilakukan untuk mengetahui apakah sistem pendingin yang diterapkan pada solar cell memiliki tingkat efisien dalam menghasilkan daya dibandingkan dengan solar cell tanpa pendingin. Hasil perhitungan efisiensi daya solar cell seperti yang ditunjukkan pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Efisiensi Daya Solar Cell Berpendingin dan Tanpa Pendingin

Tanggal	Solar Cell	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi (%)	Suhu (°C)	Iradiasi (W/m ²)
		Rata-rata	Rata-rata			Rata-rata	
13 Juli 2023	Berpendingin	14,86	3,27	49,6	8,648	35	583,8
	Tanpa Pendingin	17,79	1,79	31,7	5,667	47	
15 Juli 2023	Berpendingin	12,66	5,06	64,2	7,920	32	840,3
	Tanpa Pendingin	19,64	1,79	33,1	4,089	53	
19 Juli 2023	Berpendingin	13,17	5,24	69,6	8,023	32	893,7
	Tanpa Pendingin	19,38	1,73	33,6	3,897	55	
20 Juli 2023	Berpendingin	13,58	5,01	68,0	8,062	31	876,8
	Tanpa Pendingin	19,16	1,72	33,0	3,905	55	
22 Juli 2023	Berpendingin	13,40	5,19	68,4	7,832	33	922,6

Tanggal	Solar Cell	Tegangan (V) Rata-rata	Arus (A) Rata-rata	Daya (W)	Efisiensi (%)	Suhu (°C) Rata-rata	Iradiasi (W/m2) Rata-rata
27 Juli 2023	Tanpa Pendingin	19,25	1,76	33,8	3,815	56	904,5
	Berpendingin	14,80	4,28	62,1	7,276	41	
	Tanpa Pendingin	19,23	1,75	33,6	3,865	56	

Tabel 4. Efisiensi Daya Solar Cell Berpendingin dan Tanpa Pendingin

Efisiensi Daya	Rata-rata
Solar Cell Berpendingin	7,823
Solar Cell Tanpa Pendingin	4,206

Setelah melakukan perhitungan maka dapat diketahui bahwa solar cell menggunakan sistem pendingin lebih efisien dibandingkan dengan solar cell tanpa pendingin, dimana pada Tabel 4. menghasilkan nilai rata-rata solar cell berpendingin sebesar 7,82% sedangkan solar cell tanpa pendingin sebesar 4,20%, perhitungan efisiensi ini menggunakan Persamaan 1.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan pengambilan data, peneliti dapat menyimpulkan bahwa efisiensi daya solar cell berpendingin menghasilkan nilai sebesar 8,648% sedangkan solar cell tanpa pendingin sebesar 5,667%. Dari data tersebut menunjukkan bahwa solar cell berpendingin lebih efisien. Akan tetapi Berdasarkan hasil pengukuran energi yang dihasilkan oleh solar cell berpendingin sebesar 213 Wh sedangkan solar cell tanpa pendingin sebesar 323 Wh, sehingga selisih energinya sebesar 110 Wh. Hal tersebut disebabkan oleh lonjakan beban pada tanggal 15 juli 2023 tidak sebanding dengan daya yang dihasilkan oleh solar cell.

REFERENCES

- [1] M. Fachrurrozy, A. N. Aziz, and H. Hartono, "Otomatisasi Tracking Panel Surya Berbasis Arduino Unodalam Penggunaan Energi Alternatif," *J. Teras Fis.*, vol. 2, no. 1, p. 22, 2019, [Online]. Available: <http://jos.unsoed.ac.id/index.php/tf/article/view/1369>
- [2] U. M. F. Azaki, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 2000 Watt Menggunakan Panel Surya Polikristalin Dengan Efisiensi 18%," *J. Technol. Urgency Break. ...*, vol. 1, no. 1, pp. 19–28, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.umm.ac.id/index.php/turbine/article/view/24618%0Ahttps://ejournal.umm.ac.id/index.php/turbine/article/download/24618/11963>
- [3] G. R. Cahyono, P. R. Ansyah, J. Riadi, and N. Q. Awaly, "Pengaruh pendinginan menggunakan sirip terhadap performa panel surya 1,2,4)," vol. 8, no. 1, pp. 51–56, 2021.
- [4] T. Mizan *et al.*, "Identifikasi Pengaruh Penggunaan Heatsink Terhadap Keluaran Modul Surya," vol. 08, no. 02, pp. 200–208, 2022.
- [5] R. Katuuk, J. Makal, J. F. Doringin, A. Ramschie, J. T. Elektro, and P. N. Manado, "Pemodelan Sistem Untuk Kerja Kipas Pada Proses Pengaturan Temperatur Panel Surya dengan Konsep PID Guna Optimalisasi Proses Pembangkitan," vol. 1, no. 2, 2022.
- [6] R. Pido, "Analisa Pengaruh Kenaikan Temperatur Permukaan Solar Cell Terhadap Daya Output," *Gorontalo J. Infrastruct. Sci. Eng.*, vol. 2, no. 2, p. 24, 2019, doi: 10.32662/gojise.v2i2.683.
- [7] D. Dahliya, S. Samsurizal, and N. Pasra, "Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin," *Sutet*, vol. 11, no. 2, pp. 71–80, 2021, doi: 10.33322/sutet.v11i2.1551.
- [8] E. Saputra, D. Purwanto, S. R. Rahim, and A. I. Bakhtiar, "Peningkatan Performa Panel Surya Dengan Sistem Pendingin Untuk Mereduksi Panas Permukaan," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 23, no. 1, pp. 28–35, 2022, doi: 10.23917/mesin.v23i1.16390.
- [9] M. Munthaha, G. R. Cahyono, and P. R. Ansyah, "Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Laju Perpindahan Panas Pada Pendinginan Panel Surya," *Poros Tek.*, vol. 12, no. 1, pp. 29–34, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.poliban.ac.id/index.php/porosteknik/article/view/941>
- [10] D. Almanda and D. Bhaskara, "Studi Pemilihan Sistem Pendingin pada Panel Surya Menggunakan Water Cooler, Air Mineral dan Air Laut," *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOmputeR)*, vol. 1, no. 2, p. 43, 2018, doi: 10.24853/resistor.1.2.43-52.
- [11] D. Almanda and B. P. Piliang, "Perbandingan Sistem Pendingin pada Konsentrasi Water Coolant, Air Mineral, dan Air Laut Menggunakan Panel Surya Fleksibel Monocrystalline 20 Wp," *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOmputeR)*, vol. 2, no. 2, p. 73, 2019, doi: 10.24853/resistor.2.2.73-82.
- [12] R. Harahap and S. Suherman, "Procedia ACTIVE VERSUS PASSIVE COOLING SYSTEMS IN," no. January, 2021.
- [13] K. Ramadani, "Pengaruh Lama Waktu Penyemprotan Sistem Pendingin Water Spray Terhadap Kinerja Panel Surya," 2022, [Online]. Available: <https://repository.uir.ac.id/11028/%0Ahttps://repository.uir.ac.id/11028/1/163310214.pdf>
- [14] W. Miraj Setiavi, S. Prasetya, and A. Sukandi, "Efek Sistem Pendingin Air pada Panel Surya 10 Wp dengan Metode Aliran Air Diatas Permukaan," *Pros. Semin. Nas. Tek. Mesin*, pp. 435–443, 2021, [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id>
- [15] Afriandi, I. Yusuf, and A. Hiendro, "Implementasi Water Cooling System Untuk Menurunkan Temperature Losses Pada Panel Surya," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 1, no. 2, pp. 3–5, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/21994%0Ahttp://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/21994/17633>
- [16] R. Amzamsyah, Kosjoko, and M. L. Umar, "J-Proteksion : Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin," *J-Proteksion*, vol. 4, no. 13, pp. 1–6, 2020, doi: 10.32528/jp.v8i1.674.

- [17] R. Pido, S. Himran, and Mahmuddin, "Analisa Pengaruh Pendinginan Sel Surya Terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi," *J. Tek. Mesin Teknol.*, vol. 19, no. 1, pp. 31–38, 2018, [Online]. Available: <https://ojs.unm.ac.id/teknologi/article/view/7858/4578>
- [18] M. I. Achmad, A. Syarif, D. Ashari, and Z. Zuliadin, "Analisa pengaruh pendingin panel surya 50 WP terhadap daya yang dihasilkan," *Sultra J. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 8–16, 2023, doi: 10.54297/sjme.v2i1.356.
- [19] E. P. LAKSANA, O. SANJAYA, S. SUJONO, S. BROTO, and N. FATH, "Sistem Pendinginan Panel Surya dengan Metode Penyemprotan Air dan Pengontrolan Suhu Air menggunakan Peltier," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 10, no. 3, p. 652, 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i3.652.
- [20] V. A. Kusuma, H. Aprillia, S. S. Suprpto, M. N. Ramadhani, A. A. Firdaus, and D. F. U. Putra, "Analysis of the effect of a microcontroller-based solar panel cooling system on temperature and power output," *Int. J. Appl. Power Eng.*, vol. 12, no. 2, pp. 119–125, 2023, doi: 10.11591/ijape.v12.i2.pp119-125.