

Karakteristik Daya Dan Efisiensi Sel Surya Menggunakan Reflektor Dan Pendinginan

Sugiyanto^{1*}, Sungkono², Mahmuddin³

^{1,2,3} Program Studi Magister Teknik Mesin, Pascasarjana Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo No.225, Sinrijala Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231

*Email: anto_bq@yahoo.co.id

Revisi 2 Mei 2026; Diterima 15 Mei 2026,; publikasi Online 30 Juni 2026

Abstrak, Kemampuan sel surya pada kondisi tertentu dapat menyebabkan terjadinya perubahan karakteristik unjuk kerja dari sel surya, pengaruh intensitas radiasi matahari dan suhu terhadap sel surya menunjukkan bahwa efisiensi konversi sel surya berkurang dengan meningkatnya suhu permukaan sel surya. Penelitian ini dilaksanakan selama 1 hari pada hari jumat 30 Mei 2025 mulai pukul 09.00-16.00 Wita, menggunakan akuisisi data dengan priode pengambilan data pengukuran setiap 1 jam, 1 buah sel surya kapasitas daya 100 Watt peak dengan tipe monocrystalline, 2 buah reflektor dengan sudut pemasangan ditetapkan 45° dari arah tegak lurus dan 1 unit media pendinginan fluida aliran air siklus terbuka dengan debit aliran air sebesar 6 Liter permenit (Lpm). Hasil penelitian diperoleh bahwa: (1) Nilai intensitas radiasi matahari harian tertinggi pada hari jumat tanggal 30 Mei 2025 pukul 12.00 Wita sebesar 1148 Watt/m² diperoleh karakteristik unjuk kerja sel surya model perlakuan, menggunakan reflektor sisi samping dan menggunakan pendinginan sisi bawah, arus keluaran 6,69 Ampere, tegangan keluaran 14,07 Volt, daya keluaran 94,13 Watt dan efisiensi 11,71%. (2) Nilai daya masukan tertinggi pada hari jumat tanggal 30 Mei 2025 pukul 12.00 Wita sebesar 804 Watt pada sel surya model perlakuan, menggunakan reflektor sisi samping dan menggunakan pendinginan sisi bawah, diperoleh laju perpindahan panas konveksi sebesar 774 Watt dan kalor yang diserap oleh air sebesar 622 Watt.

Kata kunci : Daya keluaran, Efisiensi, Pendinginan, ,Reflektor, Sel surya.

1. Pendahuluan

Kebijakan energi nasional dan *roadmap* sistem energi nasional Indonesia bertujuan untuk melakukan transisi dari energi konvensional ke energi terbarukan. Hal ini tertuang dalam peta jalan nasional yang berfokus pada pengelolaan energi yang berkeadilan, berkelanjutan, dan berwawasan lingkungan dengan memprioritaskan pengembangan energi terbarukan dan konservasi energi. Penggunaan energi terbarukan adalah langkah strategis yang dapat memberikan manfaat jangka panjang bagi bumi, perusahaan, masyarakat dan peneliti.

Dari uraian perspektif ini, perlu mempelajari secara mendalam aspek-aspek yang paling positif dari energi sel surya yang tidak mencemari lingkungan dan bersifat modular. Beberapa penelitian terdahulu menyatakan bahwa dengan mengubah cahaya matahari terutama intensitas radiasi matahari dengan sel surya (*solar cell*) dapat dibuat sumber energi listrik untuk kebutuhan konsumsi manusia selanjutnya, negara Indonesia yang terletak di daerah tropis memiliki potensi energi radiasi matahari yang merata dan dapat ditangkap di seluruh wilayah kepulauan Indonesia hampir sepanjang tahun. Energi radiasi matahari biasanya dinyatakan dalam satuan kWh/m² perhari. Berdasarkan data BMKG, tercatat penyinaran matahari dari berbagai lokasi Indonesia menghasilkan rata-rata sumber daya energi matahari sebesar 4,8 kWh/m² perhari.

Sejalan dengan peningkatan intensitas radiasi matahari maka arus sel surya juga bertambah secara proporsional, namun sebaliknya apabila suhu di sekitar sel surya meningkat maka besaran tegangan listrik akan menurun sehingga mengakibatkan penurunan daya. Semakin besar suhu permukaan sel surya maka tegangan yang dihasilkan akan semakin kecil dan arusnya cenderung tetap. Pengaruh intensitas radiasi matahari dan suhu terhadap sel surya menunjukkan bahwa efisiensi konversi sel surya berkurang dengan meningkatnya suhu permukaan sel surya tersebut, fenomena ini dikarenakan adanya pengurangan tegangan

dan *Fill Factor* terhadap peningkatan suhu sel surya. Kemampuan sel surya (*Standard Test Condition*) biasanya pada kondisi temperatur kamar atau ruang (25 °C). Pada penggunaannya, terutama di daerah yang beriklim tropis, temperatur permukaan sel surya dapat mencapai 45 °C dimana hal ini akan dapat menyebabkan terjadinya perubahan karakteristik unjuk kerja dari sel surya tersebut[1].

Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk optimalisasi efisiensi dari sel surya dengan pengaturan nilai intensitas radiasi matahari pada peralatan sel surya. Pada penelitian sebelumnya dilakukan optimalisasi penerimaan intensitas cahaya matahari pada permukaan sel surya menggunakan cermin, metode yang digunakan adalah dengan menambahkan reflektor cermin pada sel surya berkapasitas 20 Wp. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan unjuk kerja sel surya tanpa reflektor dengan sel surya yang ditambahkan reflektor [2]. Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk optimalisasi efisiensi dari sel surya dengan pengaturan pendinginan pada peralatan sel surya. pengaruh penggunaan pendinginan pasif untuk mengoptimalkan daya keluaran sel surya, metode yang digunakan adalah dengan menambahkan pendinginan pasif pada sel surya berkapasitas 50 Wp, pemodelan pendinginan pasif dilakukan dengan pemanfaatan *liquid* berupa air yang diisi pada *box* aluminium dan pemanfaatan media udara melalui *heat sink*, untuk membantu terjadinya perpindahan panas. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan unjuk kerja sel surya tanpa pendinginan pasif dengan sel surya yang ditambahkan pendinginan pasif [3].

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan perlu adanya penelitian lanjutan tentang analisis perpindahan panas dan karakteristik unjuk kerja sel surya yang dilengkapi reflektor dan pendinginan. Meningkatkan radiasi matahari dibuat melalui 2 buah reflektor cermin datar dan mengurangi peningkatan suhu dibuat melalui pendinginan paksa melalui fluida bertekanan. Menggabungkan peningkatan radiasi matahari dan pendinginan suhu pada sebuah sel surya 100 Wp dimaksudkan agar unjuk kerja sel surya dapat lebih optimal.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik unjuk kerja pada sel surya model perlakuan, yang menggunakan reflektor sisi samping dan menggunakan pendinginan sisi bawah, untuk menghitung laju perpindahan panas pada sel surya model perlakuan, yang menggunakan reflektor sisi samping dan menggunakan pendinginan sisi bawah.

Efisiensi sel surya dinyatakan dalam persamaan[4]:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

$$= \frac{V.I}{I_r.A} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

η = Efisiensi (%)

P_{out} = Daya keluaran sel surya (Watt)

P_{in} = Daya masukan sel surya (Watt)

V = Tegangan keluaran sel surya (Volt)

I = Arus keluaran sel surya (Ampere)

I_r = Intensitas radiasi matahari (W/m²)

A = Luas permukaan sel surya (m²)

Laju perpindahan panas konveksi dinyatakan dalam hukum pendinginan Newton :

$$q = h.A.(T_s - T_{oo}) \dots\dots\dots(3)$$

$$= h.A.(T_s - \frac{T_{in} + T_{out}}{2}) \dots\dots\dots(4)$$

dengan:

q = laju perpindahan panas konveksi (Joule/s atau Watt)

h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m².°C atau W/m².K)

A = luas permukaan perpindahan panas (m²)

T_s = suhu permukaan bawah sel surya model perlakuan (°C)

T_{oo} = suhu rata-rata fluida pendinginan (°C)

T_{in} = suhu air masuk sel surya model perlakuan (°C)

T_{out} = suhu air keluar sel surya model perlakuan (°C)

Kesetimbangan energi panas yang diserap oleh fluida pendinginan

$$q = m.C_p.(T_{out} - T_{in}) \dots \dots \dots (5)$$

dengan:

q = kalor yang diserap oleh fluida pendinginan (Joule/s atau Watt)

m = massa aliran air (kg/s)

C_p = kapasitas panas spesifik air (J/kg.K)

T_{out} = suhu air keluar sel surya model perlakuan ($^{\circ}\text{C}$)

T_{in} = suhu air masuk sel surya model perlakuan ($^{\circ}\text{C}$)

2. Metode

Melaksanakan kegiatan pengukuran dan monitoring akuisisi data untuk analisis perpindahan panas dan karakteristik unjuk kerja sel surya dengan kondisi sudut reflektor 45° dari arah tegak lurus dan debit aliran air pendinginan sebesar 6 Liter permenit (Lpm), waktu pelaksanaan hari jumat tanggal 30 Mei 2025 mulai pukul 09.00-16.00 Wita, dengan priode pengambilan data setiap 1 jam.



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Pengukuran Intensitas Radiasi Matahari, (b) Monitoring Akuisisi Data Suhu, Tegangan Keluaran dan Arus Keluaran Sel Surya.

3. Hasil dan Diskusi

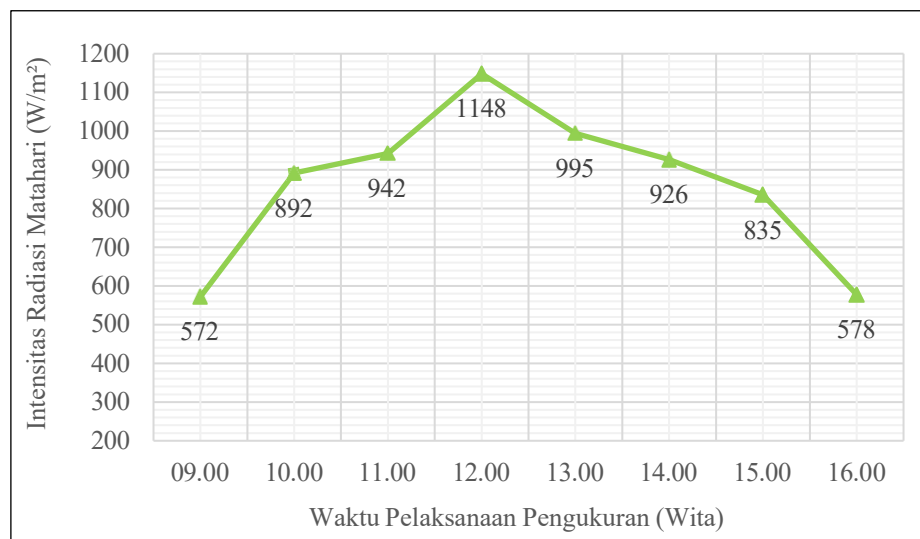
3.1 Karakteristik sel surya dengan penambahan reflektor dan pendinginan

Hasil pengukuran intensitas radiasi matahari harian pada sel surya 100 Wp selama 1 hari, Semakin cerah matahari, selama kondisi cuaca cerah dan matahari tidak tertutup awan maka terjadi peningkatan nilai besaran intensitas radiasi matahari di lingkungan sel surya[5]. Pengukuran intensitas radiasi matahari dalam kegiatan penelitian ini kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 2.

Dari data hasil penelitian dapat diketahui bahwa kecenderungan arus keluaran sel surya dipengaruhi oleh besarnya intensitas radiasi matahari yang diterima oleh sel surya. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa hubungan antara arus keluaran sel surya dengan intensitas radiasi matahari adalah berbanding lurus.

Dari data hasil penelitian dapat juga diketahui bahwa kecenderungan suhu sel surya dipengaruhi oleh besarnya intensitas radiasi matahari yang diterima oleh sel surya. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa semakin besar radiasi yang diterima sel surya maka suhu lingkungan dan suhu material sel surya cenderung akan meningkat, penggunaan reflektor juga memberikan penambahan radiasi hambur yang lebih besar, hal ini mengakibatkan suhu sel surya juga akan meningkat[6][7].

Dari data hasil penelitian dapat juga diketahui bahwa hubungan antara tegangan keluaran sel surya dengan suhu lingkungan adalah berbanding lurus. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan suhu di atas permukaan sel surya yang disebabkan oleh pengaruh aliran air sebagai media pendinginan pada bagian bawah permukaan sel surya[8][9][10][11][12][13].



Gambar 2. Grafik Pengukuran Intensitas Radiasi Matahari Harian Tanggal 30 Mei 2025

Tabel 1. Hasil Pengujian Sel Surya Menggunakan Reflektor 45° + Debit Aliran Air Pendinginan 6 Lpm

No	Besaran	Waktu Pelaksanaan Pengukuran (Wita)							
		9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
1	Radiasi Matahari (W/m²)	572	892	942	1148	995	926	835	578
2	Suhu Air Masuk (°C)	31,50	32,25	33,25	33,75	34,00	34,25	34,00	33,75
3	Suhu Air Keluar (°C)	32,25	33,25	34,50	35,25	35,50	35,50	35,25	34,50
4	Suhu Atas Sel Surya (°C)	36,25	39,00	40,25	42,00	42,00	41,50	40,00	38,50
5	Suhu Bawah Sel Surya (°C)	35,00	38,25	39,50	41,75	41,25	40,75	39,50	37,75
6	Suhu Lingkungan (°C)	33,00	34,75	35,00	36,25	37,00	36,00	34,50	34,25
7	Tegangan (V)	12,21	13,54	13,61	14,07	13,95	13,86	13,43	12,57
8	Arus (A)	3,54	5,72	5,92	6,69	5,93	5,53	5,05	3,56
9	Daya (W)	43,22	77,45	80,57	94,13	82,72	76,65	67,82	44,75
10	Efisiensi (%)	10,80	12,41	12,22	11,71	11,88	11,82	11,60	11,06

Peralatan sel surya model perlakuan yang menggunakan reflektor dengan sudut 45° memiliki pengaruh terhadap keluaran arus yang dihasilkan. Sel surya model perlakuan yang menggunakan reflektor dengan sudut 45° ketika posisi matahari pada pukul 09.00, 15.00 dan 16.00 Wita radiasi sorot (*beam/direct radiation*) tidak mengarah sepenuhnya ke permukaan sel surya karena terhalangi oleh adanya reflektor sehingga terdapat bayangan (*shading*) yang muncul di permukaan sel surya yang akan berdampak terhadap penurunan keluaran arus sel surya yang dihasilkan.

Sel surya yang menggunakan reflektor dengan sudut 45° ketika posisi matahari pada pukul 10.00, 11.00, 12.00, 13.00, 14.00 Wita radiasi sorot (*beam/direct radiation*) sudah mengarah sepenuhnya ke permukaan sel surya. Penggunaan reflektor juga akan menghasilkan penambahan radiasi hambur (*diffuse radiation*) yang lebih di permukaan sel surya, penambahan radiasi hambur yang pada permukaan sel surya akan berdampak terhadap kenaikan keluaran arus yang dihasilkan.

3.2 Laju perpindahan panas sel surya

Sebagai contoh perhitungan, digunakan data-data hasil penelitian yang diperoleh pada hari jumat 30 Mei 2025, pukul 12.00 Wita sebagai berikut :

- suhu permukaan bawah sel surya (T_s) : 41,75 °C
- suhu air masuk sel surya (T_{in}) : 33,75 °C
- suhu air keluar sel surya (T_{out}) : 35,25 °C
- debit aliran air (Q) : 6 Lpm

Selanjutnya melakukan tahapan perhitungan untuk mengetahui laju perpindahan panas konveksi sel surya dan jumlah perpindahan panas dengan asumsi perubahan suhu air pendinginan.

- Menghitung kecepatan aliran air pendinginan.

Berdasarkan persamaan:

$$V = \frac{Q}{A}$$

dengan:

V = kecepatan aliran air (m/s)

Q = debit aliran air = 6 liter/menit = 0,0001 m³/s

A = luas penampang aliran air = 0,63 m x 0,044 m = 0,028 m²

maka:

$$\begin{aligned} V &= \frac{0,0001 \text{ m}^3/\text{s}}{0,028 \text{ m}^2} \\ &= 0,0036 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- Suhu rata-rata pendinginan

$$\begin{aligned} T_{\infty} &= \frac{T_{in} + T_{out}}{2} \\ &= \frac{33,75 + 35,22}{2} \\ &= 34,50 \text{ °C} \end{aligned}$$

Berdasarkan *Table Properties of Water (Saturated Liquid)* untuk suhu fluida pendinginan 34,50 °C diperoleh nilai:

- kapasitas panas spesifik air (C_p) : 4,174 kJ/kg.°C
- massa jenis air (ρ) : 994,1 kg/m³
- viskositas dinamis air (μ) : 0,000731 kg/m.s
- konduktivitas termal air (k) : 0,626 W/m.°C
- bilangan Prandtl (Pr) : 4,88

- Menghitung bilangan Renoldys

Berdasarkan persamaan:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot Dh}{\mu}$$

dengan:

Re = bilangan Renoldys

ρ = massa jenis air = 994,1 kg/m³

v = kecepatan aliran air = 0,0036 m/s

Dh = panjang karakteristik aliran
= 4. (luas penampang)

$$= \frac{\text{keliling basah}}{4 (0,63 \times 0,044)}$$

$$= \frac{2 (0,63 + 0,044)}{4}$$

$$= 0,0823 \text{ m}$$

maka:

$$\begin{aligned} Re &= \frac{994,1 \times 0,0036 \times 0,0823}{0,000731} \\ &= 403 \text{ (aliran laminar, karena } Re < 2300) \end{aligned}$$

4. Menghitung nilai bilangan Nusselt.

Berdasarkan persamaan umum untuk aliran laminar pada plat datar:

$$Nu = C.Re^m.Pr^n$$

$$Nu = 0,664.Re^{1/2}.Pr^{1/3}$$

dengan:

Nu = bilangan Nusselt

C,m,n = konstanta yang tergantung jenis aliran dan geometri sistem

$$Re^{1/2} = 403^{0,5} = 20,074$$

$$Pr^{1/3} = 4,88^{0,33} = 1,687$$

maka:

$$Nu = 0,664 \times 20,074 \times 1,687 \\ = 22,5$$

5. Menghitung koefisien perpindahan panas konveksi.

Berdasarkan persamaan

$$h = \frac{Nu \cdot k}{Dh}$$

dengan:

h = koefisien perpindahan panas konveksi

Nu = bilangan Nusselt = 22,5

k = konduktivitas termal air = 0,626 W/m.K

Dh = Panjang karakteristik aliran = 0,0823 m

maka:

$$h = \frac{22,5 \times 0,626}{0,0823} \\ = 171,1 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

6. Menghitung laju perpindahan panas konveksi.

Berdasarkan persamaan perpindahan panas konveksi dinyatakan dalam hukum pendinginan Newton.

$$q = h.A.(T_s - T_\infty)$$

dengan:

q = laju perpindahan panas konveksi

h = koefisien perpindahan panas konveksi = 171,1 W/m².K

A = luas permukaan perpindahan panas = 0,99 x 0,63 = 0,6237 m²

T_s = suhu permukaan bawah sel surya = 41,75 °C

T_∞ = suhu rata-rata air fluida pendinginan sel surya = 34,50 °C

maka:

$$q = 171,1 \times 0,6237 \times (41,75 - 34,50) \\ = 774 \text{ Watt}$$

7. Menghitung jumlah perpindahan panas yang diserap oleh air.

Berdasarkan persamaan perpindahan panas dengan asumsi perubahan suhu air

$$q = m.C_p.(T_{out} - T_{in})$$

dengan:

q = energi panas yang diserap oleh air fluida pendinginan

m = massa aliran air = 994,1 kg/m³ x 0,0001 m³/s = 0,09941 kg/s

C_p = kapasitas panas spesifik air = 4174 J/kg.°C

T_{out} = suhu air keluar sel surya = 35,25 °C

T_{in} = suhu air masuk sel surya = 33,75 °C

maka:

$$q = 0,09941 \times 4174 \times (35,25 - 33,75) \\ = 622 \text{ Watt}$$

Hasil perhitungan untuk laju perpindahan panas konveksi sel surya dan jumlah perpindahan panas yang diserap oleh air fluida pendinginan pada waktu lainnya, selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Kondisi Suhu Sel Surya Menggunakan Reflektor 45° + Debit Aliran Air Pendinginan 6 Lpm

No	Waktu Wita	Ts °C	Tin °C	Tout °C	Too °C	Q air m ³ /s	V air m/s
1	09.00	35,00	31,50	32,25	31,88	0,0001	0,0036
2	10.00	38,25	32,25	33,25	32,75	0,0001	0,0036
3	11.00	39,50	33,25	34,50	33,88	0,0001	0,0036
4	12.00	41,75	33,75	35,25	34,50	0,0001	0,0036
5	13.00	41,25	34,00	35,50	34,75	0,0001	0,0036
6	14.00	40,75	34,25	35,50	34,88	0,0001	0,0036
7	15.00	39,50	34,00	35,25	34,63	0,0001	0,0036
8	16.00	37,75	33,75	34,50	34,13	0,0001	0,0036

Tabel 3. *Properties of Water* Suhu Rata-Rata Fluida Pendinginan

No	Waktu Wita	Too °C	Cp kJ/kg.°C	ρ kg/m ³	μ kg/m.s	k W/m.°C	Pr -
1	09.00	31,88	4,174	995,0	0,000771	0,622	5,16
2	10.00	32,75	4,174	994,7	0,000757	0,624	5,06
3	11.00	33,88	4,174	994,3	0,000740	0,625	4,94
4	12.00	34,50	4,174	994,1	0,000731	0,626	4,88
5	13.00	34,75	4,174	994,0	0,000727	0,626	4,85
6	14.00	34,88	4,174	993,8	0,000716	0,627	4,77
7	15.00	34,63	4,174	994,0	0,000727	0,626	4,85
8	16.00	34,13	4,174	994,3	0,000740	0,625	4,94

Tabel 4. Laju Perpindahan Panas dan Kalor Yang Diserap Oleh Air Pendinginan

No	Waktu Wita	Re -	Nu -	h W/m ² .K	q konveksi Watt	q air Watt
1	09.00	383,23	22,35	169,01	329	311
2	10.00	390,09	22,40	169,74	582	415
3	11.00	398,82	22,47	170,66	599	519
4	12.00	403,78	22,51	171,18	774	622
5	13.00	405,82	22,53	171,39	695	622
6	14.00	412,06	22,57	172,02	630	519
7	15.00	405,82	22,53	171,39	521	519
8	16.00	398,82	22,47	170,66	386	311

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengevaluasi bahwa nilai intensitas radiasi matahari harian tertinggi pada hari jumat tanggal 30 Mei 2025 pukul 12.00 Wita sebesar 1148 Watt/m² diperoleh karakteristik unjuk sel surya model perlakuan, menggunakan reflektor sudut 45° sisi samping dan menggunakan pendinginan sisi bawah dengan debit aliran air pendinginan 6 Liter permenit (Lpm), arus keluaran sebesar 6,69 Ampere, tegangan keluaran sebesar 14,07 Volt, daya keluaran sebesar 94,13 Watt dan efisiensi sebesar 11,71%.

Nilai daya masukan tertinggi pada hari jumat tanggal 30 Mei 2025 pukul 12.00 Wita sebesar 804 Watt pada sel surya model perlakuan, menggunakan reflektor sisi samping dan menggunakan pendinginan sisi bawah, diperoleh laju perpindahan panas konveksi sebesar 774 Watt dan kalor yang diserap oleh air sebesar 622 Watt.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia beserta dosen pembimbing yang telah memfasilitasi penulis dalam melaksanakan kegiatan penelitian di Laboratorium dan Pusat Riset Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia.

Daftar Pustaka

- [1] Pido, Rifaldo, Syukri Himran, dan Mahmuddin. 2018. "Analisis Pendinginan Sel Surya Terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi".
- [2] Kaban, Soni A., Muhamad Jafri dan Gusnawati. 2020. "Optimalisasi Penerimaan Intensitas Cahaya Matahari Pada Permukaan Panel Surya (*Solar Cell*) Menggunakan Cermin". *Jurnal Fisika (Fisika Sains dan Aplikasinya)* 5(2): 108. <https://doi.org/10.35508/fisa.v5i2.2243>
- [3] Siregar, Widodo Putra Halomoan., Moh. Fawaid dan Haris Abizar. 2022. "Pengaruh Penggunaan Reflektor Dan Pendingin Pasif Untuk Mengoptimalkan Daya Keluaran Pada Modul Surya". *Jurnal Sains dan Teknologi* 21(2): 52.
- [4] Pido, Rifaldo., Nurmala Shanti Dera dan Mohamad Rival. 2019. "Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur Permukaan *Solar Cell* Terhadap Daya Output". *Gorontalo Journal of Infrastructure & Science Engineering* 2(2): 24 <https://doi.org/10.32662/gojise.v2i2.683>
- [5] Maulana, Muhammad Ilham., Ahmad Syuhada dan Sadam Husin. 2018. "Studi Kelayakan Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Sabang". *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah* 6(1): 1.
- [6] Karnadi., Ayong Hiendro dan Rudi Kurnianto. 2017. "Peningkatan Daya Output Panel Surya Dengan Penambahan Reflektor Cermin Datar Dan Alluminium Foil". : 1.
- [7] Hanifah, Mutiara, Agoeng H. Rahardjo, Apip Pudir. 2024. "Pengaruh Penggunaan Reflektor Datar Dengan Variasi Sudut Terhadap Daya Keluaran Panel Surya".
- [8] Almanda, Deni., dan Doddy Bhaskara. 2018. "Studi Pemilihan Sistem Pendingin Pada Panel Surya Menggunakan *Water Cooler*, Air Mineral Dan Air Laut". *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmputeR)* 1(2): 43. <https://doi.org/10.24853/resistor.1.2.43-52>
- [9] Widianara, Ida Bagus Gede., dan Nyoman Sugiartha. 2019. "Pengaruh Penggunaan Pendingin Air Terhadap Output Panel Surya Pada Sistem Tertutup". *Matrix : Jurnal Manajemen Teknologi dan Informatika* 9(3): 110. <https://doi.org/10.31940/matrix.v9i3.1582>
- [10] Janna, Nurul Miftahhul., dan Djoko Adi Widodo. 2021. "Analisis Karakteristik Modul Panel Surya Dengan Sistem Pendingin Air". *Jurnal Fokus Elektroda : Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika dan Kendali* 6(1): 37. <https://doi.org/10.33772/jfe.v6i1.16200>
- [11] Muzakkir P, Shad., Syukri Himran dan Mahmuddin. 2021. "Karakteristik Unjuk Kerja Sel Surya Dengan Mendinginkan Permukaan Bagian Bawah". : 43.
- [12] Cahyono, Gunawan Rudi., Pathur Razi Ansyah dan Nuryasin Qadimil Awaly. 2021. "Pendinginan Panel Surya Menggunakan Kotak Pendingin Dan Sirip Pendingin". *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi* 13(1): 73. <https://doi.org/10.28989/angkasa.v13i1.947>
- [13] Achmad, Muhamad Iqbal, Afdal Syarif, Dedy Ashari Zuliadin. 2023. "Analisa Pengaruh Pendingin Panel Surya 50 WP Terhadap Daya Yang Dihasilkan". *Sultra Journal of Mechanical Engineering (SJME)* 2(1): 8-16. <https://doi.org/10.54297/sjme.v2i1.356>