



THE EFFECT OF LIGHT RADIATION ON SOLAR PANELS AND LITHIUM-ION BATTERIES (INDOOR AND OUTDOOR EXPERIMENTAL STUDY)

Mhd. Raqhil Halim Vizar¹, Taufan Arif Adlie^{2*}, Muhammad Amin³

^{1,2,3} Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Samudra, Langsa 24416, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 13 Juni 2025
Direvisi dari 17 Juni 2025
Diterima 27 Juni 2025
Dipublikasi 30 Juni 2025

Keyword's:

Solar panels,
Lithium-ion batteries,
Light intensity,
Sunlight,
Light.

DOI: 10.55377/jurutera.v12i02.12099

ABSTRAK

Penelitian ini memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan listrik melalui panel surya dengan metode studi eksperimental, dalam kondisi diluar ruangan (sinar matahari) maupun dalam ruangan (lampu). Eksperimen menggunakan dua lampu pijar 500-watt (12000 Lux) menghasilkan daya maksimal 5,25-watt pada suhu 35°C dengan intensitas 94,8 W/m², sementara sinar matahari menghasilkan daya hingga 13,93-watt pada suhu 55 °C dengan intensitas 206,6 W/m² menggunakan panel polycrystalline 20 Wp. Temperatur memengaruhi kinerja panel; daya meningkat hingga suhu optimal, lalu menurun karena efek termal. Suhu rendah meningkatkan efisiensi, suhu tinggi menurunkannya. Baterai Lithium-Ion 21,6 Ah (12 V) menyimpan energi 259,2 Wh, dan dengan metode *slow charging* membutuhkan sekitar 2 jam untuk mencapai batas 20% pengosongan. Pengujian dalam ruangan dengan cahaya lampu memberi alternatif lebih stabil. Peningkatan intensitas cahaya menaikkan daya hingga titik tertentu sebelum menurun akibat suhu.

ABSTRACT

This research utilizes solar energy to generate electricity through solar panels with experimental study methods in outdoor (sunlight) and indoor (lights) conditions. Experiments using two 500-watt (12000 Lux) incandescent lamps produced a maximum power of 5.25 watts at 35°C with an intensity of 94.8 W/m², while sunlight produced up to 13.93 watts of power at 55°C with an intensity of 206.6 W/m² using a 20 Wp polycrystalline panel. The power increases to the optimum temperature, then decreases due to thermal effects. Low temperature improves efficiency; high temperature lowers it. A 21.6 Ah (12 V) lithium-ion battery stores 259.2 Wh of energy, and with the slow charging method, it takes about 2 hours to reach the 20% discharge limit. Indoor testing with light lamps provides a more stable alternative. The increase in light intensity increases power to a certain point before decreasing due to temperature.

1. Pendahuluan

Matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan energi manusia. Energi ini dapat dimanfaatkan baik melalui radiasi panas maupun cahaya yang mencapai permukaan bumi[1]. Kemajuan teknologi panel surya sebagai penghasil energi listrik terus mengalami perkembangan pesat dan telah banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi di sektor rumah tangga, perkantoran, maupun industri. Panel surya menjadi pilihan yang menarik karena bersifat ramah lingkungan dan memanfaatkan sumber daya alam yang melimpah, terutama di wilayah tropis seperti Indonesia[2]. Sebagai negara beriklim tropis, Indonesia memiliki potensi energi surya yang tinggi dengan rata-rata intensitas penyinaran harian mencapai 4,5 hingga 4,8 kWh/m². Namun demikian, kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima, karena faktor ini secara langsung memengaruhi output listrik yang dihasilkan oleh sel surya.[3].

Pemanfaatan energi matahari digunakan untuk menghasilkan listrik melalui proses konversi oleh sel surya. Salah satu aplikasinya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), yang bekerja dengan mengubah cahaya matahari menjadi arus listrik searah (DC) menggunakan sel surya sebagai komponen utama. Sel-sel ini dirangkai dalam konfigurasi seri atau paralel membentuk panel surya sesuai dengan kebutuhan arus, tegangan, dan daya. Efisiensi konversi panel surya berkisar antara 6% hingga 20%, tergantung pada jenis material semikonduktor serta dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti sudut kemiringan, kebersihan permukaan panel, intensitas radiasi, suhu lingkungan, dan faktor cuaca. Biasanya, kinerja panel dinyatakan dalam kondisi standar dengan intensitas 1000 W/m² dan suhu sel 25°C. Baterai menjadi komponen vital dalam sistem ini karena berfungsi menyimpan energi listrik yang telah dihasilkan untuk digunakan saat diperlukan[4][5].

Energi terbarukan memiliki peran strategis dalam pemenuhan kebutuhan energi karena ketersediaannya yang melimpah. Ketergantungan pada bahan bakar fosil dalam jangka panjang tidak hanya menyebabkan penurunan cadangan minyak, gas, dan batu bara, tetapi juga berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan. Namun, salah satu tantangan utama dalam pemanfaatan energi surya adalah fluktuasi daya keluaran panel surya yang sangat bergantung pada variasi intensitas cahaya matahari yang diterima[6]. Prinsip kerja pada sistem Panel Surya didasarkan pada pemanfaatan konsep cahaya sebagai partikel. Diketahui bahwa cahaya, baik yang tampak maupun yang tidak tampak oleh mata manusia, memiliki dualitas sifat, yakni berperilaku sebagai gelombang sekaligus sebagai partikel yang dikenal dengan istilah foton. Pemahaman ini pertama kali diperkenalkan oleh Albert Einstein pada tahun 1905.[9].

Eksperimen luar ruangan dilakukan di lingkungan alami yang tidak terkendali, di mana intensitas energi matahari sangat dipengaruhi oleh kondisi atmosfer dan pencahayaan[10]. Oleh karena itu, Untuk mempercepat pengembangan sistem panas matahari dan panel surya secara efisien, diperlukan pengujian dalam ruangan dengan kondisi yang dapat dikontrol dan dipantau[11]. Penggunaan sumber cahaya buatan, seperti lampu neon, pijar, atau LED putih, menggantikan sinar matahari dan memberikan fleksibilitas dalam mengatur parameter eksperimen. Faktor pencahayaan dalam ruangan menjadi kunci utama dalam menentukan keluaran daya panel surya[12].

Pengoperasian panel surya sering menghadapi hambatan akibat kondisi alam yang tidak stabil. Perubahan intensitas radiasi matahari, keberadaan awan, serta tingginya curah hujan dapat menurunkan efisiensi sel surya. Selain itu, suhu lingkungan juga berperan dalam memengaruhi temperatur sel surya, di mana peningkatan suhu dapat menurunkan kapasitas produksi listrik sehingga menyebabkan perubahan output energi panel surya[13].

Berbeda pada penelitian terdahulu. Penelitian ini, melakukan pengujian eksperimen perbandingan penerimaan cahaya dari matahari (outdoor) dan eksperimen tambahan menggunakan cahaya dari bola lampu (indoor), guna untuk mengantisipasi masalah lingkungan yang tidak stabil demi memenuhi kebutuhan sumber utama yang diperlukan oleh panel surya, pada saat darurat atau terjadi gangguan yang menghambat kinerja panel surya. Cara yang efektif untuk mengatasi masalah ini, yaitu dengan cara meniru radiasi matahari untuk memberikan pencahayaan pada sel surya menggunakan lampu, yang mana seperti kita ketahui lampu dapat menghasilkan cahaya dan radiasi seperti halnya matahari.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu Tempat Dan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra.

2.2. Alat Dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Multimeter yang digunakan untuk mengukur tegangan dan arus listrik yang dihasilkan panel surya dan baterai.
- Dioda 6A yang berfungsi untuk melindungi rangkaian dari kerusakan akibat tegangan/arus balik yang berlebihan.
- Termokopel yang berfungsi sebagai alat mengukur suhu permukaan panel surya.
- Solar Charge Controller 12A yang digunakan untuk melakukan otomatisasi pengisian baterai.
- Lux meter sebagai pengukur intensitas radiasi cahaya matahari dan lampu.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Panel surya 20 Wp *poly crystalline*
- Baterai *Lithium-Ion*
- Lampu Pijar

2.3. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan yaitu dimulai dengan mendesain alatnya, penentuan bahan, perkakas dan alat ukur yang diperlukan. Sedangkan prosedur pengujian dan pengambilan data untuk penelitian ini dibagi menjadi dua tahap:

- Prosedur penelitian cahaya matahari terhadap panel surya
- Prosedur penelitian cahaya lampu terhadap panel surya

2.3.1. Pengukuran Daya Input Terhadap Intensitas Cahaya Matahari (Outdoor) dan Lampu (Indoor)

Pengujiannya pengujiannya dengan cara meletakkan panel surya dibawah sinar cahaya matahari dan cahaya lampu lalu mengukurnya dengan lux meter. Kemudian, menghitung daya yang diterima (daya input), di mana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area panel surya (0,16 m²) dengan persamaan:

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

Dimana: P_{in} adalah daya input akibat irradiasi cahaya lampu (Watt); I_r adalah intensitas radiasi cahaya lampu (Watt/m²); dan A adalah luas area permukaan *photovoltaic module* (m²)

2.3.2. Pengukuran Daya Output Terhadap Intensitas Cahaya Matahari (Outdoor) dan Lampu (Indoor)

Pengukuran daya keluaran (output) pada panel surya terlebih dahulu menghitung Fill Faktor (FF). Dimana faktor pengisi merupakan nilai rasio tegangan dan arus pada keadaan daya maksimum dan Tegangan open circuit (Voc) dan Arus Short Circuit (Isc).

Adapun untuk menghitung Fill Faktor menggunakan persamaan:

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

Dimana: V_{mp} adalah Maximum Power Voltage (Volt); I_{mp} adalah Maximum Power Current (Ampere); V_{oc} adalah Tegangan rangkaian terbuka pada solar sel (Volt); I_{sc} adalah Arus hubung singkat pada panel surya (Ampere)

Sedangkan untuk menghitung daya keluaran (*output*) menggunakan persamaan:

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

Dimana: P_{out} adalah daya yang dihasilkan panel surya (Watt); I_{sc} adalah arus hubungan singkat pada panel surya (Ampere); V_{oc} adalah tegangan rangkaian terbuka pada solar cell (Volt); FF adalah Fill Faktor

2.3.3. Pengukuran Efisiensi Terhadap Intensitas Cahaya Matahari (Outdoor) dan Lampu (Indoor)

Efisiensi yang terjadi pada sel surya adalah merupakan perbandingan daya yang dapat dihasilkan oleh sel surya dengan energi input yang diperoleh dari irradiasi matahari. Efisiensi yang digunakan adalah efisiensi sesaat pada pengambilan data.

Untuk menghitung efisiensi panel surya dapat menggunakan persamaan:

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

Dimana: P_{out} adalah daya yang dihasilkan panel surya (Watt); P_{in} adalah daya akibat irradiasi matahari (Watt); η adalah Efisiensi (%).

2.3.4. Pengukuran Pengisian Baterai

Perlakuan untuk menghitung berapa lama waktu pengisian daya dari panel surya ke baterai yaitu dengan metode lambat (*slow charging*) dengan membutuhkan arus pengisian minimal 10% dari kapasitas arus baterai 20 A dan kapasitas baterai 21,6 Ah (21600 mAh). Saat melakukan pengisian dan minimal pengisian pada saat baterai menurun jadi 20% atau biasa disebut *depth of discharge* (batas persen pengosongan kapasitas baterai). Persamaan untuk perhitungan berapa lama baterai terisi dengan metode lambat, lama pengisian (jam):

$$20\% \times \frac{Ah}{10\% Ah}$$

Dimana: A_h adalah kapasitas baterai; 10% adalah minimal arus yang dibutuhkan pengisian; 20% adalah minimal arus saat baterai menurun.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh intensitas radiasi cahaya matahari dan lampu terhadap daya yang dihasilkan oleh panel surya, pengaruh temperatur terhadap panel surya dan besarnya tegangan dan arus yang

dihasilkan oleh panel surya disetiap perubahan temperatur baik pada lampu maupun matahari. Berikut ini merupakan hasil pengukuran dan perhitungan daya input dan output yang telah di lakukan:

3.1. Pengujian Dan Pengukuran Tegangan dan Arus Pada Panel Surya 20 Wp *Polycrystalline* Terhadap Intensitas Cahaya Matahari dan Cahaya Lampu

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tegangan dan arus pada panel surya 20 wp *polycrystalline* dengan luas 0,16 m² dan Pengambilan data menggunakan cahaya matahari dilakukan selama 1 hari mulai dari pukul 08.00–18.00 setiap 1 jam sekali sampai suhu mencapai 50-55 °C, sedangkan penelitian menggunakan cahaya lampu di lakukan pada malam hari agar tidak bercampur dengan cahaya dari luar dan pengujian di lakukan pada pukul 20.00 sampai suhu mencapai 50-55 °C. Untuk hasil perhitungan nilai tegangan dan arus dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1 Hasil Uji Tegangan dan Arus Panel Surya 20 Wp Terhadap Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas Cahaya (W/m ²)	Temperatur (°C)	Arus (A)	Tegangan (V)
Cahaya Matahari (206,6 W/m ²)	35	0,26	18,51
	45	0,43	18,27
	50	1,01	17,54
	55	1,10	17,21

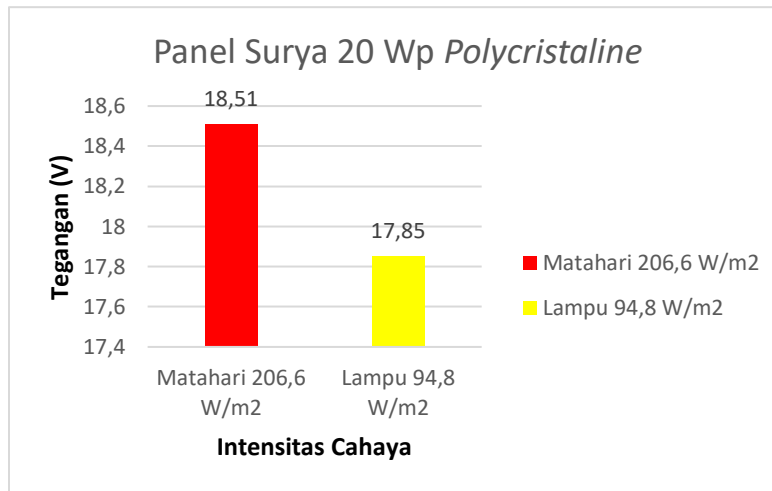
Tabel 2 Hasil Uji Tegangan dan Arus Panel Surya 20 Wp Terhadap Intensitas Cahaya Lampu

Intensitas Cahaya (W/m ²)	Temperatur (°C)	Arus (A)	Tegangan (V)
Cahaya Lampu (94,8 W/m ²)	35	0,40	17,85
	45	0,40	17,55
	50	0,40	16,60
	55	0,40	16,45

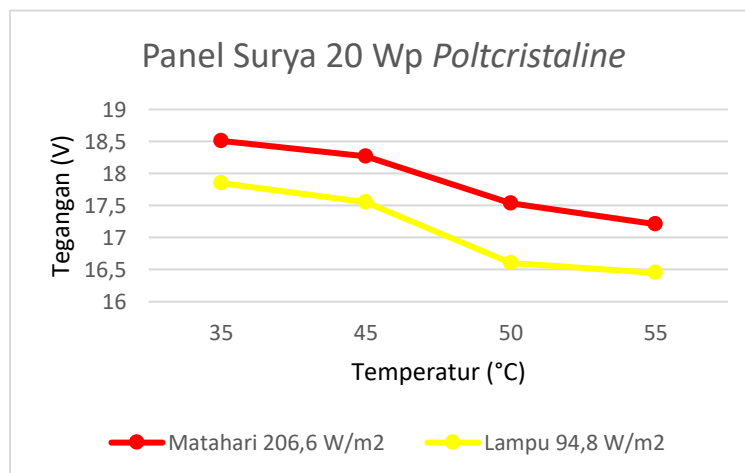
3.2. Perbandingan Intensitas Dan Temperatur Terhadap Tegangan Pada Panel Surya

Intensitas cahaya dan temperatur berpengaruh signifikan terhadap tegangan panel surya 20 wp jenis *polycrystalline*. Pada intensitas cahaya matahari 206,6 W/m², tegangan tertinggi mencapai 18,51V, dengan kecenderungan menurun hingga temperatur 55°C. Begitu juga pada intensitas cahaya lampu 94,8 W/m², tegangan tertinggi yang dihasilkan lebih kecil, yaitu 17,85V, dan terus menurun seiring kenaikan temperatur. Intensitas cahaya yang lebih tinggi menghasilkan tegangan lebih besar karena lebih banyak energi diterima panel. Sementara itu, kenaikan intensitas dan temperatur permukaan panel surya mengakibatkan kecenderungan penurunan terhadap tegangan dan efisiensi konversi energi, dengan dampak berbeda tergantung pada intensitas cahaya yang digunakan.

Untuk hasil perbandingan intensitas dan temperatur terhadap tegangan dan arus pada panel surya 20 wp, dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



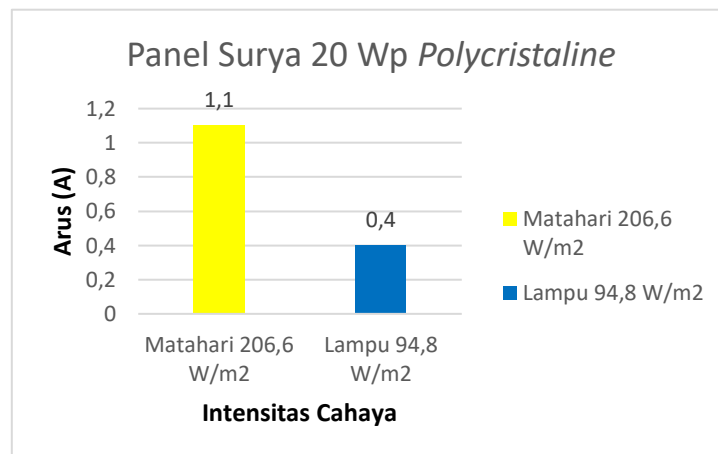
Gambar 1 Grafik Intensitas Cahaya Terhadap Tegangan Pada Panel Surya



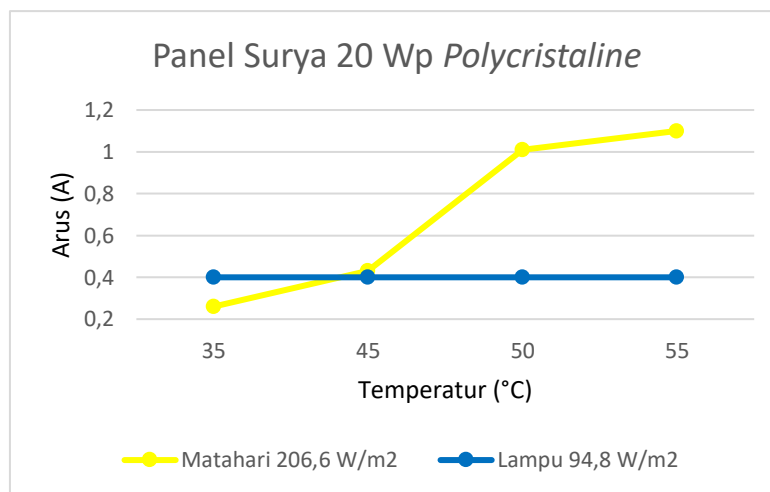
Gambar 2 Grafik Temperatur Terhadap Tegangan Pada Panel Surya

3.3. Perbandingan Intensitas Dan Temperatur Terhadap Arus Pada Panel Surya

Hubungan antara intensitas cahaya dan temperatur memengaruhi arus yang dihasilkan panel surya 20 Wp jenis polycrystalline. Pada intensitas cahaya matahari 206,6 W/m², arus mencapai 1,10 A dan cenderung meningkat seiring kenaikan temperatur hingga 55°C. Sebaliknya, pada intensitas cahaya lampu 94,8 W/m², arus yang dihasilkan lebih kecil, yaitu 0,40A, dan relatif stabil meskipun temperatur meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya tinggi meningkatkan energi yang diterima panel surya, sedangkan temperatur lebih memengaruhi arus pada intensitas cahaya tinggi. Pada intensitas rendah, temperatur tidak memberikan dampak signifikan. Perbedaan arus pada intensitas cahaya tinggi dan perbedaan temperatur dipengaruhi oleh kemampuan panel menyerap energi yang bergantung pada faktor seperti temperatur, angin, dan cuaca, karena radiasi cahaya yang diterima berbeda. Hasil perbandingan intensitas dan temperatur terhadap arus pada panel surya 20 wp, dapat dilihat pada gambar grafik berikut.



Gambar 3 Grafik Intensitas Cahaya Terhadap Arus Pada Panel Surya



Gambar 4 Grafik Temperatur Terhadap Arus Pada Panel Surya

3.4. Pengujian dan pengukuran Daya *Output* Pada Panel Surya 20 Wp *Polycrystalline* Terhadap Intensitas Cahaya Matahari dan Cahaya Lampu

Pengujian ini bertujuan mengetahui daya output panel surya yang dialirkan ke baterai melalui solar charge, dengan mempertimbangkan pengaruh radiasi cahaya dan perubahan temperatur akibat intensitas cahaya matahari dan lampu. Daya input panel surya (luas 0,16 m²) dihitung berdasarkan intensitas cahaya, sebesar 33,05 watt pada 206,6 W/m² (matahari) dan 15,16-watt pada 94,8 W/m² (lampu) dan dapat dilihat pada tabel 3.3 dan 3.4.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Uji Daya *Output* Panel Surya 20 wp Terhadap Intensitas Cahaya Matahari

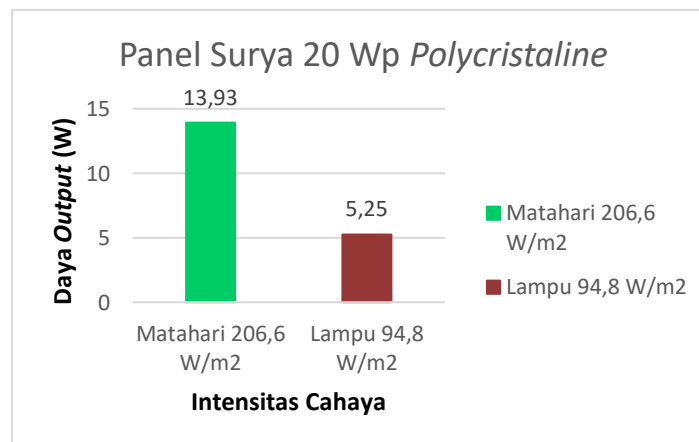
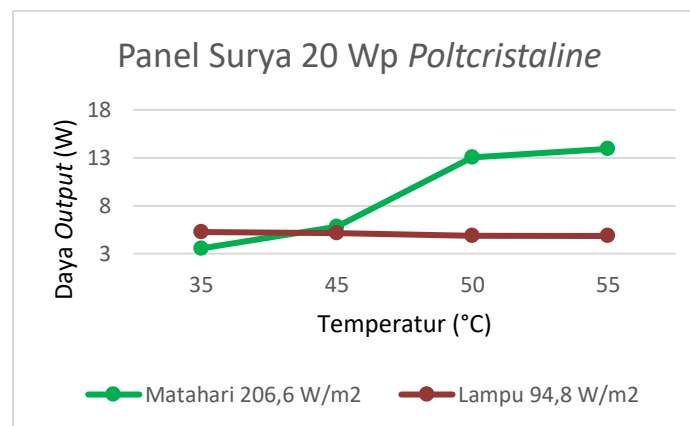
Intensitas Cahaya (W/m ²)	Temperatur (°C)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya Output (W)	Efisiensi (%)
Cahaya Matahari (206,6 W/m ²)	35	0,26	18,51	3,54	10,71
	45	0,43	18,27	5,78	17,48
	50	1,01	17,54	13,03	39,42
	55	1,10	17,21	13,93	42,14

Tabel 4 Hasil Pengukuran Uji Daya *Output* Panel Surya 20 wp Terhadap Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas Cahaya (W/m ²)	Temperatur (°C)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya Output (W)	Efisiensi (%)
Cahaya Lampu (94,8 W/m ²)	35	0,40	17,85	5,25	34,63
	45	0,40	17,55	5,16	34,03
	50	0,40	16,60	4,88	32,18
	55	0,40	16,45	4,84	31,92

3.5. Pengaruh Intensitas Cahaya dan Temperature Terhadap Daya Output Panel Surya 20 Wp Polycrystalline

Intensitas cahaya dan temperatur sangat berpengaruh terhadap daya *output* panel surya 20 wp jenis polycrystalline. Cahaya matahari dengan intensitas 206,6 W/m² menghasilkan daya *output* tertinggi sekitar 13,93W pada temperatur 55°C, sementara lampu dengan intensitas 94,8 W/m² menghasilkan daya *output* tertinggi sebesar 5,25W pada temperatur 35°C. Pada cahaya matahari, daya output meningkat seiring kenaikan temperatur dari 35°C hingga 55°C. Sebaliknya, daya output lampu tetap stabil dan sedikit mengalami penurunan pada saat temperatur meningkat, kemungkinan karena intensitas cahayanya tidak cukup tinggi. Jadi, intensitas cahaya memiliki pengaruh besar terhadap daya panel surya, di mana intensitas yang lebih tinggi menghasilkan daya lebih besar. Temperatur juga memengaruhi daya output, khususnya pada cahaya matahari, dengan temperatur optimal diperlukan untuk mencapai daya maksimum sebelum penurunan akibat efek termal. Hasil pengaruh intensitas dan temperatur terhadap daya output, dapat dilihat pada gambar grafik berikut.

**Gambar 5** Pengaruh Intensitas Terhadap Daya Output Panel Surya 20 Wp**Gambar 6** Pengaruh Temperatur Terhadap Daya Output Panel Surya 20 Wp

3.6. Perhitungan Kapasitas Baterai *Lithium Ion*

Pada penelitian ini menggunakan 1 buah baterai yang berkapasitas 21600 mAh, dan merubah nya terlebih dahulu dari *Miliampere-Hour* (mAh) ke *Ampere-Hour* (Ah) dan hasilnya menjadi 21,6 Ah, ini dikarenakan kapasitas baterai diukur dalam ampere-jam. Untuk mengetahui berapa banyak energi yang dapat disimpa, perlu merubah lagi Ah menjadi Wh (*Watt-Hour*), berikut hasil perhitungan kapasitas baterai yang dapat dilihat pada persamaan dan tabel 3.5 berikut.

$$\begin{aligned} P_{\text{Baterai}} &= V \times I \\ &= 12 \times 21,6 \\ &= 259,2 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Tabel 5 Kapassitas Baterai *Lithium-Ion*

Parameter Baterai	Baterai <i>Lithium-Ion</i>
	1 buah
I (Kuat arus per jam atau Ah)	21,6 Ah
V (Tegangan baterai atau V)	12 V
E (Energi kapasitas baterai)	259,2 Wh

Baterai *Lithium-Ion* dengan kapasitas 21,6 Ah dan tegangan 12 V memiliki total energi 259,2 Wh. Ini menunjukkan bahwa baterai cukup untuk mendukung sistem atau perangkat yang memerlukan sumber daya stabil dengan kapasitas besar, seperti robot pengantar makanan dalam penelitian ini.

4. Kesimpulan

Berdasarkan uji eksperimen indoor dan outdoor pada panel surya dengan intensitas cahaya matahari dan lampu, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu Intensitas cahaya berperan penting dalam kinerja panel surya, di mana sinar matahari berintensitas 206,6 W/m² menghasilkan daya tertinggi 13,93-watt pada suhu 55°C, lebih tinggi dibandingkan cahaya lampu 94,8 W/m² yang hanya menghasilkan 5,25-watt pada suhu 35°C dan menurun pada 55°C. Hal ini menunjukkan bahwa sinar matahari lebih efisien dibandingkan cahaya lampu. Temperatur juga berpengaruh terhadap tegangan dan arus panel surya, dengan peningkatan temperatur hingga 55°C pada sinar matahari, sementara cahaya lampu mengalami penurunan efisiensi akibat efek termal. Efisiensi panel lebih tinggi pada suhu rendah dan menurun pada suhu tinggi. Baterai *Lithium-Ion* 21,6 Ah dengan tegangan 12 V dapat menyimpan energi 259,2 Wh untuk perangkat berdaya besar. Dengan metode slow charging dan arus pengisian minimal 10% dari kapasitas baterai, waktu pengisian penuh sekitar 2 jam hingga mencapai batas pengosongan 20%.

DAFTAR PUSTAKA

1. S. Yuliananda, G. Sarya, F. Teknik, and F. Teknik, "Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya," vol. 01, no. 02, pp. 193–202, 2015.
2. S. Nahela, I. F Faridyan, N. A. Rachman, A. Risdiyano, B. Susanto, "Analisa Unjuk Kerja Grid Tied Inverter Terhadap Pengaruh Radiasi Matahari dan Temperatur PV pada," vol. 11, no. 2, pp. 60–65, 2019.
3. A. Makkulau and S. Kevin, "Karakteristik Temperatur Pada Permukaan Sel Surya Polycrystalline Terhadap Efektifitas Daya Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya," vol. 10, no. 2, pp. 69–78, 2020.
4. P. Harahap, "Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya," pp. 73–80, 2020.
5. A. Karafila, "Pengaruh Suhu dan Radiasi Matahari terhadap Daya Panel Fotovoltaik," pp. 48–58, 2016.
6. P. P. T. D. Priatam, "Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP," *RELEJurnal Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 48–54, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/7825>
7. J. Adeeb *et al.*, "Jurnal Teknik Ekologi Pengaruh Suhu terhadap Kinerja Sel Surya yang Berbeda Teknologi," vol. 20, pp. 249–254, 2019.

8. D. Suryana and M. M. Ali, “Pengaruh Temperatur / Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus : Baristand Industri Surabaya),” vol. 2, no. 1, pp. 5–8, 2016.
9. I. T. Padang, “Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Tegangan Dan Arus Yang Dihasilkan Panel Surya,” vol. 10, no. 2, 2021.
10. M. Taw, X. Tonnellier, and C. Sansom, “Light source selection for a solar simulator for thermal applications : A review,” vol. 90, no. November 2016, pp. 802–813, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.03.059.
11. E. Yandri, S. Pascasarjana, E. Terbarukan, U. D. Persada, and P. Kelapa, “d h a i j t d h a i j t,” 2018, doi: 10.1093/ijlct/cty018.
12. S. Kim, M. Jahandar, J. H. Jeong, and D. C. Lim, “Recent Progress in Solar Cell Technology for Low-Light Indoor Applica- tions,” pp. 3–17, 2019, doi: 10.2174/1570180816666190112141857.
13. K. H. Khwee, “Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya (Studi Kasus : Pontianak),” vol. 5, no. 2, pp. 23–26, 2013.
14. S. Widyawati Putri, G. Marausna, and E. Eko Prasetyo, “Analisis Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Panel Surya,” *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 8, no. 1, pp. 29–37, 2022, doi: 10.56521/teknika.v8i1.442.
15. H. S. Tira, A. Natsir, and M. S. Anwar, “Studi Eksperimental pada Emulator Surya Berdasarkan Intensitas Matahari Terhadap Unjuk Kerja Sel Surya 10 Wp Tipe Polycrystalline,” *Rotasi*, vol. 19, no. 4, p. 237, 2017, doi: 10.14710/rotasi.19.4.237-242.
16. P. Studi *et al.*, “Analisa pengaruh Intesitas Sinar Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Sel Surya Jenis Monokristal,” vol. 1, no. 2, pp. 99–106, 2020.
17. H. S. Tira, A. Natsir, and M. R Iqbal, “Pengaruh Sudut Surya Terhadap Daya Keluaran Sel Surya 10 Wp Tipe Polycrystalline,” vol. 7, no. 2, Juni 2016.
18. H. Romadhon, “Pemanfaatan Intensitas Radiasi Cahaya Lampu dengan Reflektor Panel Surya sebagai Energi Harvesting,” vol. 3, no. 2, pp. 45–56.
19. R. K. Demak and R. Hatib, “KOMPARASI ENERGI SURYA DENGAN LAMPU HALOGEN TERHADAP,” vol. 7, no. 1, pp. 625–633, 2016.
20. A. Simulasi, P. Variasi, and M. Martawati, “INTENSITAS CAHAYA TERHADAP DAYA DARI PANEL SURYA,” pp. 125–136.
21. B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, “Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emitor.v18i01.6251.
22. P. P. A. Santoso, F. Nopriyandy, I. F. B. Ningsih, L. D. Anjiu, and I. Kurniawan, “Pengaruh Bentuk Rangkaian Panel Surya Terhadap Kuat Arus, Tegangan dan Daya,” *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 6, no. 1, p. 26, 2022, doi: 10.30588/jeemm.v6i1.996.
23. D. W. Ramadhan, Y. I. Nakhoda, and N. P. Agustini, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Portable Tenaga Surya dan Angin Dengan Sistem Hybrid Untuk Tempat Pengungsian Bencana Alam,” vol. 1, no. 2, 2020.
24. S. Widiastuti and A. M. Fabanyo, “Penyerapan energi matahari pada solar cell dengan menggunakan sistem tracking,” no. tahun, 1980.
25. B. B. Murti, T. Sarwono, E. Apriaskar, and F. Fahmizal, “Desain Robot Holonomic berbasis Roda Mecanum dengan Arm Manipulator,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 16, no. 3, pp. 216–225, 2020, doi: 10.17529/jre.v16i3.17365.
26. M. Y. Hendrayanto, I. Bagus, A. Swamardika, P. A. Mertasana, and G. C. Station, “Rancang Bangun Sistem Smart Charging Menggunakan Panel Surya pada Robot 6WD Berbasis Mikrokontroler Atmega 2560,” vol. 17, no. 1, pp. 42–50, 2018.
27. N. Evalina, A. Azis, F. Irsan, and Arfis, “Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Robot,” *Proceding Semin. Nas. Kewirausahaan*, vol. 2, no. 1, pp. 368–374, 2021.
28. A. Hendrawan, “Daya Listrik dan Intensitas Penerangan Lampu Pijar Merk "X",” vol. 3, no. 1, pp. 1–5, 2018.