

PEMANFAATAN PANEL SURYA FOTOVOLTAIK UNTUK ENERGI BERKELANJUTAN DI DAERAH TERPENCIL

Dewi Puspita Sari⁽¹⁾, Wadirin⁽¹⁾, Edi Setiyo⁽¹⁾, Dendy Adanta⁽²⁾, Marwani^(2*)
dan Anthony Costa⁽³⁾

⁽¹⁾ Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya

⁽²⁾ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

⁽³⁾ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

^(*)E-mail *Corresponding Author* : marwani@ft.unsri.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengeksplorasi pemanfaatan panel surya photovoltaic sebagai sumber energi listrik dalam memenuhi kebutuhan di daerah sulit dijangkau. Dengan menggunakan metode eksperimen, data diambil selama pengamatan dari tanggal 13 hingga 18 September 2024, mencakup pengukuran tegangan, arus, dan intensitas radiasi matahari. Hasil menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi panel mencapai 25,12%, sementara terendah mencapai 19,25%, dengan pengaruh signifikan dari intensitas cahaya matahari dan suhu panel. Selain itu, koefisien perpindahan kalor konveksi tertinggi tercatat pada Panel 1 sebesar 96,64 W/m²K, menunjukkan hubungan langsung dengan kondisi thermal. Penelitian ini menegaskan pentingnya desain sistem dan pengelolaan faktor lingkungan untuk meningkatkan efisiensi panel. Hasil ini membuka peluang untuk pengembangan teknologi pendinginan dan konversi energi yang lebih efisien di masa depan.

Kata Kunci: Panel surya, efisiensi energi, photovoltaic, energi terbarukan

Abstract

This study explores the utilization of photovoltaic solar panels as a source of electrical energy to meet the needs in hard-to-reach areas. Using experimental methods, data were collected during observations from September 13 to September 18, 2024, encompassing measurements of voltage, current, and solar radiation intensity. The results indicate that the highest panel efficiency reached 25.12%, while the lowest was 19.25%, significantly influenced by sunlight intensity and panel temperature. Additionally, the highest convective heat transfer coefficient was recorded for Panel 1 at 96.64 W/m²K, showing a direct relationship with thermal conditions. This research emphasizes the importance of system design and the management of environmental factors to enhance panel efficiency. These findings open opportunities for the development of cooling technologies and more efficient energy conversion in the future.

Keywords: Solar panel, energy efficiency, photovoltaics, renewable energy

1 PENDAHULUAN

Permintaan akan energi listrik, baik di Indonesia maupun secara global, mengalami peningkatan yang pesat akibat pertumbuhan jumlah penduduk, kemajuan ekonomi, dan tingginya pola konsumsi energi. Saat ini, berkurangnya cadangan bahan bakar fosil menjadi salah satu faktor penghambat dalam peningkatan produksi energi listrik [1]. Sebagai solusi untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil, pemanfaatan energi matahari muncul sebagai alternatif yang menjanjikan. Dengan pengelolaan yang tepat, potensi energi matahari dapat memberikan kontribusi besar dalam memenuhi kebutuhan energi [2].

Sel photovoltaic berfungsi sebagai perangkat untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik [3]. Proses konversi yang terjadi meliputi perubahan

energi cahaya menjadi energi listrik, yang melibatkan efek fotolistrik pada bahan silikon dalam sistem photovoltaic. Efek ini memungkinkan silikon menghasilkan listrik ketika terpapar cahaya [4]. Di dalam solar cell, terdapat sambungan (junction) yang terdiri dari dua lapisan tipis bahan semikonduktor, yakni semikonduktor jenis "P" (positif) dan "N" (negatif) [4].

Prinsip kerja sel surya mengandalkan teori foton, di mana cahaya, baik tampak maupun tidak, memiliki dua sifat utama: sebagai gelombang dan sebagai partikel yang disebut foton [5].

Di era teknologi digital saat ini, penerangan jalan merupakan faktor utama mobilitas yang tinggi menjadikan perangkat ini sebagai kebutuhan utama masyarakat, terutama di kota-kota besar [6]. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, khususnya di

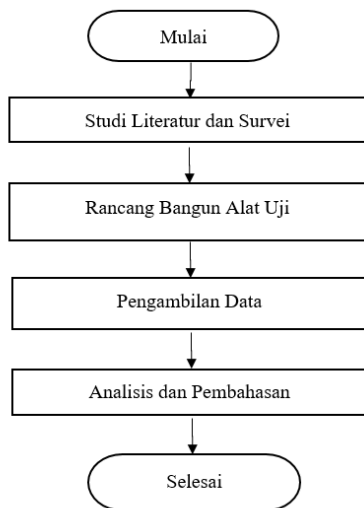
daerah terpencil atau wilayah yang tidak terjangkau pasokan listrik, tenaga surya menawarkan solusi yang efektif. Letak Indonesia yang strategis di garis khatulistiwa mendukung pemanfaatan energi matahari untuk lampu perangan jalan, mengingat intensitas sinar matahari yang cukup tinggi sepanjang tahun. Sel surya merupakan komponen utama dalam charger lampu tenaga surya [7].

Ketika jaringan listrik negara mengalami gangguan, tentunya hal tersebut dapat menjadi masalah. Sebagai solusinya, PLTS portable yang memanfaatkan “sel surya” atau “panel surya” dirancang untuk membantu mengatasi situasi ini [8][9].

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menganalisis potensi pemanfaatan energi surya dalam menyediakan listrik untuk pengisian daya perangkat komunikasi, serta mengembangkan sistem pengisian daya yang efisien dan berkelanjutan sebagai solusi untuk masalah penyediaan energi di daerah yang sulit dijangkau.

2 METODOLOGI

Metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yang melibatkan perancangan dan pembuatan perangkat pengujian. Proses penelitian tersebut diilustrasikan dalam diagram alir seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini diawali dengan tahap persiapan yang meliputi pemahaman dan analisis karakteristik serta faktor-faktor yang memengaruhi kinerja panel surya. Selain itu, langkah ini juga mencakup pengumpulan data dari buku dan jurnal yang relevan dengan objek penelitian serta merancang alat uji.

Alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain: panel surya photovoltaic model SLR 051

tipe polycrystalline, saklar, solar power meter model SPM-1116SD, clamp meter kew fork model 2300R, multimeter digital, modul charger handphone TP4056, modul DC-DC Step Up Converter, baterai Lithium-ion 18650, serta thermometer digital tipe K dengan 4 channel.



Gambar 2. Skema Charger PLTS

Berdasarkan skema charger handphone yang telah dijelaskan, terdapat tiga panel surya jenis polycrystalline masing-masing dengan kapasitas 1W dan tegangan maksimum 6V yang disusun secara paralel. Konfigurasi ini bertujuan untuk menghasilkan tegangan listrik yang stabil dan arus listrik yang lebih tinggi. Modul charger TP4056 membutuhkan input antara 4,5V hingga 5V, dengan output 5V, agar dapat berfungsi dan mengisi baterai Lithium-ion 18650. Baterai Lithium-ion 18650 memiliki tegangan input sebesar 3,7V. Jika tegangan yang masuk kurang dari 3,7V, arus listrik dari baterai akan mengalir kembali ke modul charger TP4056. Saklar digunakan untuk mengatur arus listrik dari baterai Lithium-ion 18650 menuju Modul DC-DC Step Up Converter.



Gambar 3. Skema Alat Uji

Pemanfaatan Panel Surya Fotovoltaik untuk Energi Berkelanjutan di Daerah Terpencil

Pengujian terhadap panel surya photovoltaic dilaksanakan untuk menentukan daya keluaran dan efisiensi panel tersebut. Pengambilan data dilakukan selama dua belas jam di area terbuka dengan paparan sinar matahari langsung. Data yang diukur mencakup arus listrik pada panel menggunakan clamp meter, yang dicatat setiap 20 menit. Sementara itu, intensitas radiasi matahari diukur setiap 1 menit menggunakan solar power meter, dan tegangan listrik diukur dengan multimeter digital yang juga dicatat setiap 20 menit. Suhu permukaan panel surya photovoltaic diukur menggunakan termokopel yang terhubung ke termometer digital yang diletakkan di permukaan ketiga panel surya tersebut.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran yang dilakukan sesuai dengan prosedur dan ketentuan menunjukkan data mengenai tegangan listrik, arus listrik, temperatur permukaan panel, serta intensitas cahaya matahari. Panel surya photovoltaic yang digunakan adalah jenis polycrystalline dengan spesifikasi 1 W dan 6V Peak.

Pengujian dengan sinar matahari dilaksanakan sebanyak lima kali antara tanggal 13 hingga 18 September 2024. Setiap sesi pengambilan data dimulai dari pukul 06.00 hingga 18.00, dengan pencatatan intensitas cahaya matahari setiap 1 menit, sementara pengukuran tegangan listrik, arus listrik, temperatur panel, dan temperatur ruangan dicatat setiap 20 menit. Berikut adalah hasil pengukuran karakteristik panel surya photovoltaic yang dilakukan pada tanggal 15 September 2024.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran

Tegangan (V)	Arus (I)	I_m (W/m ²)
4.71	0.09	134.28
5.6	0.12	197.59
5.72	0.14	392.9
5.78	0.12	282.01
5.69	0.11	198.44
3.34	0.06	32.77

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran yang sesuai dengan standar ASHRAE 93-77 dan digunakan sebagai panduan untuk menghitung efisiensi panel surya photovoltaic. Data yang dimanfaatkan adalah intensitas radiasi matahari yang memenuhi kriteria, yaitu minimal 650 W/m² selama 15 menit pengukuran.

Table1 menyajikan data hasil pengukuran yang mencakup nilai tegangan (V), arus listrik (I), dan intensitas matahari (I_m dalam W/m²) yang diperoleh dari panel surya. Tabel 1 adalah hasil pengukuran yang sesuai dengan standar ASHRAE 93-77 dan digunakan sebagai panduan untuk menghitung efisiensi panel surya photovoltaic.

Pengukuran pertama menunjukkan tegangan sebesar 4.71 V dengan arus 0.09 A, menghasilkan intensitas matahari sebesar 134.28 W/m². Pada pengukuran berikutnya, tegangan meningkat menjadi 5.6 V dan arus meningkat menjadi 0.12 A, sehingga intensitas matahari tercatat pada 197.59 W/m².

Selanjutnya, pada pengukuran ketiga, nilai tegangan mencapai 5.72 V dengan arus 0.14 A, yang menunjukkan intensitas tinggi pada 392.9 W/m². Pada pengukuran keempat, meskipun tegangan sedikit meningkat menjadi 5.78 V, arus turun menjadi 0.12 A dan intensitas matahari tercatat sebesar 282.01 W/m².

Pada pengukuran selanjutnya, tegangan menurun menjadi 5.69 V dengan arus 0.11 A, yang menghasilkan intensitas matahari sebesar 198.44 W/m². Pengukuran terakhir menunjukkan nilai terendah, di mana tegangan hanya 3.34 V dan arus 0.06 A, dengan intensitas matahari yang sangat rendah pada 32.77 W/m².

Dari Tabel 1, data ini menunjukkan variasi tegangan dan arus yang mempengaruhi intensitas matahari yang diterima, memberikan gambaran penting mengenai kinerja sistem panel surya dalam kondisi yang berbeda.

3.2 Perhitungan Data Penelitian

Karakteristik yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem panel surya photovoltaic adalah dengan memperhatikan efisiensinya.

Tabel 2. Hasil perhitungan efisiensi panel

Waktu	V	I	I_m	η
11.08-11.22	6.19	0.2	809.53	23.17
11.56-12.10	6.18	0.2	902.81	20.74
12.13-12.27	6.4	0.2	933.87	20.77
12.36-12.50	6.17	0.2	836.03	22.36
13.14-13.28	6.2	0.2	926.71	20.27
13.33-13.47	6.26	0.2	985.66	19.25
13.59-14.13	6.3	0.2	955.63	19.98
14.29-14.43	6.17	0.2	743.39	15.15

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan efisiensi panel surya photovoltaic berdasarkan pengukuran yang dilakukan dalam rentang waktu tertentu. Pengukuran dilakukan pada beberapa waktu yang

berbeda, mencatat tegangan (V), arus (I), intensitas matahari (I_m), dan efisiensi (η) dari panel surya.

Pada waktu 11.08 hingga 11.22, panel surya menghasilkan tegangan 6.19 V dan arus 0.2 A, dengan nilai efisiensi mencapai 23.17% dan intensitas matahari tercatat sebesar 809.53 W/m². Selanjutnya, pada rentang waktu 11.56 hingga 12.10, nilai tegangan sedikit menurun menjadi 6.18 V, dengan efisiensi yang juga menurun menjadi 20.74% meskipun intensitas matahari meningkat menjadi 902.81 W/m².

Pada periode 12.13 hingga 12.27, tegangan meningkat menjadi 6.4 V dan efisiensi panel tetap relatif rendah pada 20.77%, dengan intensitas matahari sebesar 933.87 W/m². Meskipun demikian, pada pengukuran dari 12.36 hingga 12.50, efisiensi panel menunjukkan perbaikan dengan efisiensi 22.36% pada tegangan 6.17 V dan intensitas 836.03 W/m².

Namun, saat mengukur pada rentang waktu 13.14 hingga 13.28, efisiensi kembali menurun menjadi 20.27% dengan tegangan 6.2 V dan intensitas 926.71 W/m². Efisiensi terendah terjadi pada periode 13.33 hingga 13.47, di mana meskipun tegangan meningkat menjadi 6.26 V, nilai efisiensi hanya mencapai 19.25% dengan intensitas matahari 985.66 W/m².

Pengukuran berikutnya pada 13.59 hingga 14.13 menunjukkan tegangan 6.3 V dengan efisiensi sedikit meningkat menjadi 19.98% dan intensitas matahari 955.63 W/m². Terakhir, pada waktu 14.29 hingga 14.43, panel menghasilkan tegangan 6.17 V, tetapi efisiensi turun menjadi 15.15% dengan intensitas yang lebih rendah pada 743.39 W/m².

Dari Tabel 2, memberikan gambaran bahwa efisiensi panel surya bervariasi tergantung pada kombinasi tegangan, arus, dan intensitas cahaya matahari yang diterima selama pengukuran.

Tabel 3. Hasil pengolahan data panel 1

Waktu (Tanggal)	Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi (W/m ² K)	Laju Perpindahan Kalor Konveksi (Watt)
13-Sep-2024	7,14	0,51
14-Sep-2024	54,86	0,69
15-Sep-2024	96,64	1,79
16-Sep-2024	43,25	1,16
17-Sep-2024	37,13	0,69
18-Sep-2024	10,03	0,015

Tabel 3 menyajikan hasil pengolahan data untuk Panel 1, yang mencakup koefisien perpindahan kalor konveksi (dalam W/m²K) dan laju perpindahan kalor konveksi (dalam Watt) pada beberapa tanggal.

Pada tanggal 13 September 2024, koefisien perpindahan kalor konveksi tercatat sebesar 7,14 W/m²K, dengan laju perpindahan kalor konveksi sebesar 0,51 Watt. Keesokan harinya, pada 14 September 2022, terjadi peningkatan signifikan di mana koefisiennya melonjak menjadi 54,86 W/m²K, dan laju perpindahan kalor konveksi meningkat menjadi 0,69 Watt.

Tanggal 15 September 2024 mencatat nilai tertinggi dengan koefisien perpindahan kalor konveksi mencapai 96,64 W/m²K, berbanding lurus dengan laju perpindahan kalor konveksi yang meningkat menjadi 1,79 Watt. Namun, pada 16 September 2024, nilai koefisien menurun menjadi 43,25 W/m²K, dan laju perpindahan kalor konveksi juga berkurang menjadi 1,16 Watt.

Selanjutnya, pada tanggal 17 September 2024, koefisien perpindahan kalor konveksi tercatat sebesar 37,13 W/m²K, dengan laju perpindahan kalor konveksi yang kembali turun menjadi 0,69 Watt. Akhirnya, pada 18 September 2022, koefisien perpindahan kalor konveksi menurun drastis menjadi 10,03 W/m²K, dengan laju perpindahan kalor konveksi yang sangat rendah hanya 0,015 Watt.

Dari Tabel 3, menunjukkan fluktuasi yang signifikan dalam koefisien dan laju perpindahan kalor konveksi pada panel selama periode pengukuran, yang dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan dan kondisi operasional pada masing-masing hari.

Tabel 4. Hasil pengolahan data panel 2

Waktu (Tanggal)	Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi (W/m ² K)	Laju Perpindahan Kalor Konveksi (W)
13-Sep-2022	21,9	0,5
14-Sep-2022	17,10	0,63
15-Sep-2022	45,41	1,79
16-Sep-2022	28,9	1,17
17-Sep-2022	21,72	0,68
18-Sep-2022	14,15	0,02

Tabel 4 menyajikan hasil pengolahan data untuk Panel 2, yang mencakup koefisien perpindahan kalor konveksi (dalam W/m²K) dan laju perpindahan kalor konveksi (dalam Watt) pada beberapa tanggal.

Pada tanggal 13 September 2024, koefisien perpindahan kalor konveksi tercatat sebesar 21,9 W/m²K, yang menghasilkan laju perpindahan kalor konveksi sebesar 0,5 Watt. Hari berikutnya, pada 14 September 2022, terjadi penurunan pada koefisien menjadi 17,10 W/m²K, sementara laju perpindahan kalor konveksi meningkat sedikit menjadi 0,63 Watt.

Tanggal 15 September 2024 mencatat peningkatan yang signifikan dengan koefisien perpindahan kalor

Pemanfaatan Panel Surya Fotovoltaik untuk Energi Berkelanjutan di Daerah Terpencil

konveksi mencapai 45,41 W/m²K, dan laju perpindahan kalor konveksi melesat menjadi 1,79 Watt. Namun, keesokan harinya, pada 16 September 2024, koefisien menurun kembali menjadi 28,9 W/m²K, disertai dengan laju perpindahan kalor konveksi yang juga turun menjadi 1,17 Watt.

Pada tanggal 17 September 2024, koefisien perpindahan kalor konveksi tercatat 21,72 W/m²K, dengan laju perpindahan kalor konveksi menurun menjadi 0,68 Watt. Terakhir, pada 18 September 2022, koefisien perpindahan kalor konveksi mengalami penurunan yang cukup signifikan hingga mencapai 14,15 W/m²K, sementara laju perpindahan kalor konveksi terendah tercatat hanya 0,02 Watt.

Dari Tabel 4, menunjukkan fluktuasi yang bervariasi dalam koefisien dan laju perpindahan kalor konveksi pada Panel 2 selama periode pengukuran, yang kemungkinan dipengaruhi oleh perubahan kondisi lingkungan dan faktor-faktor lain yang memengaruhi kinerja panel.

3.3 Pembahasan

3.3.1 Efisiensi

Efisiensi tertinggi tercatat pada tanggal 15 September 2024 antara pukul 14:29 hingga 14:43 sebesar 25,12%, sementara nilai terendah terjadi pada pukul 13:33 hingga 13:47 di hari yang sama, dengan efisiensi sebesar 19,25%. Efisiensi panel surya dipengaruhi oleh intensitas matahari yang diterima. Meskipun intensitas yang tinggi dapat menyebabkan suhu panel surya meningkat, hal ini justru berdampak negatif pada efisiensi. Oleh karena itu, penting untuk mendinginkan panel photovoltaic agar intensitas matahari yang tinggi dapat digunakan untuk mencapai efisiensi yang optimal, baik melalui metode pendinginan pasif maupun aktif.

3.3.2 Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi

Pada panel 1, nilai tertinggi koefisien perpindahan kalor konveksi terjadi pada tanggal 15 September 2024 sebesar 96,64 W/m²K, sedangkan pada Panel 2. Koefisien perpindahan kalor konveksi yang tinggi biasanya terjadi dengan intensitas cahaya matahari yang tinggi, tetapi nilai tegangan, arus listrik, serta delta temperatur (selisih antara temperatur permukaan panel dan temperatur ruangan) dalam kondisi rendah. Sebaliknya, koefisien perpindahan kalor konveksi terendah pada Panel 1 tercatat 7,24 W/m²K pada tanggal 13 September 2024, sementara pada Panel 2 nilai terendah tercatat 14,15 W/m²K pada tanggal 18 September 2024. Koefisien yang rendah ini terjadi ketika intensitas sinar matahari maupun nilai tegangan dan arus listrik berada dalam kondisi rendah, sedangkan delta temperatur menunjukkan nilai tinggi.

3.3.3 Laju Perpindahan Kalor Konveksi

Laju perpindahan kalor pada permukaan Panel 1, dan 2 mencapai nilai tertinggi pada tanggal 15 September 2024, yaitu sekitar 1,79 W. Tingginya laju perpindahan kalor konveksi biasanya dipengaruhi oleh koefisien perpindahan panas konveksi yang tinggi dan delta temperatur yang besar. Sebaliknya, laju perpindahan kalor terendah pada Panel 1 tercatat 0,015 W pada tanggal 18 September 2024, dan Panel 2 juga menunjukkan nilai terendah yang serupa pada tanggal yang sama, dengan laju perpindahan 0,02 W dan 0,015 W masing-masing. Nilai laju perpindahan panas konveksi yang rendah terjadi ketika koefisien perpindahan panas konveksi dan delta temperatur berada pada tingkat rendah.

3.3.4 Tegangan Dan Arus Listrik

Tegangan dan arus listrik tertinggi yang tercatat adalah 5,72 V dan 0,14 A. Nilai tinggi ini terjadi pada saat cuaca cerah dengan intensitas matahari yang maksimal. Sebaliknya, nilai terendah tercatat pada 3,34 V dan arus 0,06 A, yang terjadi pada saat cuaca mendung atau hujan dengan intensitas matahari yang minim. Berdasarkan hasil penelitian, nilai tegangan untuk input modul charger sudah memenuhi syarat, karena pengukuran menunjukkan tegangan di atas 5 V, yang berada dalam rentang yang dibutuhkan untuk modul charger, yaitu antara 0,3 V hingga 8 V DC.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan panel surya photovoltaic sebagai sumber energi listrik menunjukkan potensi yang signifikan dalam memenuhi kebutuhan energi, terutama di daerah yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik. Dari hasil pengukuran, terlihat bahwa efisiensi panel surya bervariasi tergantung pada beberapa faktor, di antaranya adalah intensitas cahaya matahari, suhu panel, serta kondisi lingkungan sekitarnya. Efisiensi tertinggi tercatat sebesar 25,12% pada tanggal 15 September 2024, sedangkan efisiensi terendah mencapai 19,25% pada waktu yang sama, menunjukkan bahwa mendinginkan panel dapat membantu meningkatkan efisiensi.

Koefisien perpindahan kalor konveksi juga menunjukkan fluktuasi yang signifikan, dengan nilai tertinggi pada Panel 1 mencapai 96,64 W/m²K. Nilai-nilai ini sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima serta kondisi thermal dari panel. Laju perpindahan kalor konveksi terbesar tercatat sebesar 1,79 W pada tanggal yang sama, memperlihatkan hubungan antara koefisien perpindahan kalor, delta temperatur, dan nilai konveksi.

Dalam hal tegangan dan arus listrik, hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua parameter ini maksimal

pada kondisi cuaca cerah, dengan tegangan mencapai 5,72 V dan arus 0,14 A. Sebaliknya, ketika cuaca mendung, tegangan dan arus listrik turun signifikan, menyebabkan kinerja sistem menjadi kurang optimal.

Dengan demikian, penelitian ini menegaskan pentingnya pengelolaan yang baik terhadap faktor-faktor eksternal dan desain sistem untuk mengoptimalkan efisiensi serta kinerja panel surya photovoltaic dalam menghasilkan energi listrik yang dapat diandalkan. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengembangan teknologi pendinginan dan peningkatan efisiensi konversi energi dari panel surya, sehingga potensi sumber energi terbarukan ini dapat lebih maksimal dimanfaatkan untuk masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Publikasi artikel ini dibiayai oleh Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2024. SP DIPA-023.17.2.677515/2024, tanggal 24 November 2023, Sesuai dengan SK Rektor Nomor: 0010/UN9/SK.LP2M.PM/2024 tanggal 10 Juli 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] KESDM, “Rencana Umum Energi Nasional,” Jakarta, 2017.
- [2] F. Rajaei, M. A. V. Rad, A. Kasaeian, O. Mahian, and W. M. Yan, “Experimental analysis of a photovoltaic/thermoelectric generator using cobalt oxide nanofluid and phase change material heat sink,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 212, 2020, doi: 10.1016/j.enconman.2020.112780.
- [3] H. Satria, S. Syafii, R. Salam, M. Mungkin, and W. Yandi, “Design visual studio based GUI applications on - grid connected rooftop photovoltaic measurement,” *TELKOMNIKA Telecommun. Comput. Electron. Control*, vol. 20, no. 4, pp. 914–921, 2022, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v20i4.23302.
- [4] S. Hidayat, “Pengisi Baterai Portable dengan Menggunakan Sel Surya,” *J. Energi dan Kelistrikan*, vol. 7, no. 2, pp. 137–143, 2015.
- [5] M. B. Hayat, D. Ali, K. C. Monyake, L. Alagha, and N. Ahmed, “Solar energy—A look into power generation, challenges, and a solar-powered future,” *Int. J. Energy Res.*, vol. 43, no. 3, pp. 1049–1067, 2019, doi: 10.1002/er.4252.
- [6] S. Zhang and Y. He, “Analysis on the development and policy of solar PV power in China,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 21, pp. 393–401, 2013.
- [7] A. K. Katiyar and C. K. Pandey, “A review of solar radiation models—Part I,” *J. Renew. Energy*, vol. 2013, 2013.
- [8] W. F. Octavian, R. Hidayat, and L. Nurpulaela, “Perancangan Umbrella Energy Sebagai Charger Handphone Pada Cafe,” *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 13, no. 2, p. 82, 2020, doi: 10.24843/jem.2020.v13.i02.p07.
- [9] R. Senthil, G. Vijayan, G. Phadtare, and B. Gupta, “Performance enhancements of solar dryers using integrated thermal energy storage: a review,” *Recent Adv. Mech. Eng.*, pp. 355–362, 2021.