

Perencanaan Sistem Kelistrikan Pada Alat Penjernih Air Tipe Portable Berbasis Panel Surya

Aswad Gifari¹, Ahmadil Amin², Heri Irawan³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari
Banjarmasin

Jl. Adhyaksa No.2 Kayutangi Banjarmasin, Kalimantan Selatan

Email: aswadgifari@gmail.com

Abstract

The clean water crisis in remote and post-disaster areas remains a pressing issue, particularly due to the limited supply of conventional electrical energy. This situation demands the development of innovative solutions in the form of simple, efficient, and sustainable portable technology. This study aims to design and test a solar panel-based water purification system without an inverter, which can operate independently by utilizing abundant renewable energy sources in Indonesia. The research method was implemented through prototype design, system assembly, and direct testing using a quantitative experimental approach. The parameters observed included solar radiation intensity, voltage, current, solar panel input-output power, panel efficiency, pump input-output power, water flow, and pump efficiency. The measurement data were analyzed descriptively to assess the overall system performance. The results showed a significant correlation between radiation intensity and system performance. The highest radiation intensity value was 152.66 W/m² at 1:00 PM, with a panel input power of 149.67 W and an output power of 53.78 W. The highest panel efficiency reached 35.93%, while the pump efficiency ranged from 20.1 to 28.1%, with a maximum discharge of 0.000308 m³/s.

Keywords: Solar Energy, Water Purifier, Solar Panels, and System Efficiency.

1. Pendahuluan

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan listrik dalam masyarakat modern, tantangan terkait ketersediaan sumber energi menjadi semakin kompleks. Ketergantungan pada bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam menimbulkan berbagai permasalahan, mulai dari pencemaran lingkungan hingga ancaman terhadap keberlanjutan pasokan energi. Mengingat sifat bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui, diperlukan upaya serius dalam pengembangan dan pemanfaatan sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan serta berkelanjutan. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar di Indonesia adalah energi surya, yang tersedia secara berlimpah sepanjang tahun di sebagian besar wilayah [1].

Energi surya dapat dioptimalkan secara langsung melalui teknologi panel surya, yang berfungsi dengan mengkonversi radiasi sinar matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik. Teknologi ini menawarkan sejumlah keunggulan, antara lain efisiensi pemanfaatan energi, fleksibilitas dalam implementasi, serta dampak lingkungan yang cenderung minimal [2]. Salah satu aplikasi praktis dari teknologi ini ialah dalam sistem pemompaan air untuk keperluan domestik maupun sistem penyaringan air sederhana. Pendayagunaan sistem tersebut sangat penting, khususnya di daerah-daerah terpencil yang belum terhubung dengan jaringan listrik nasional, sehingga diperlukan sistem energi mandiri berbasis sumber terbarukan seperti microgrid [3], [4].

Kebutuhan akan teknologi penyediaan air bersih yang bersifat mandiri, efisien, serta mampu dioperasikan tanpa ketergantungan pada jaringan listrik konvensional menjadi sangat penting. Alat penjernih air portabel yang memanfaatkan energi surya dapat berperan sebagai solusi yang efektif bagi komunitas yang tinggal di wilayah rawan krisis air bersih maupun setelah terjadi bencana. Pengembangan sistem kelistrikan yang mendukung operasional pompa air berbasis panel surya, disertai dengan perencanaan energi yang efisien, merupakan langkah krusial dalam memastikan ketersediaan air bersih secara berkelanjutan [5], [6].

Namun demikian, mayoritas sistem pompa air berbasis tenaga surya yang telah dikembangkan masih mengandalkan inverter untuk mengkonversi arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Penggunaan inverter ini secara teknis

meningkatkan kompleksitas, biaya, serta potensi kehilangan daya yang terjadi selama proses konversi. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang lebih sederhana dan efisien, berupa sistem kelistrikan yang mampu menghubungkan secara langsung panel surya, baterai, dan pompa air berbasis arus searah (DC) tanpa memerlukan proses konversi tambahan [7].

Penelitian ini mengkaji perancangan sistem kelistrikan pada alat penjernih air portabel yang sepenuhnya mengandalkan energi surya tanpa penggunaan inverter. Sistem tersebut dirancang agar dapat beroperasi secara optimal dengan mempertimbangkan intensitas radiasi matahari sebagai sumber energi utama, kapasitas penyimpanan baterai, serta karakteristik beban pompa air DC yang digunakan. Implementasi sistem ini diharapkan memberikan solusi praktis, efisien secara biaya, dan ramah lingkungan, khususnya bagi masyarakat di daerah terpencil yang memerlukan akses air bersih secara mandiri dan berkelanjutan [8].

2. Material dan metodologi

Penelitian ini menggunakan seperangkat alat penjernih air tipe portable yang dirancang untuk beroperasi dengan sumber energi panel surya. Material dan peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi panel surya monokristalin berkapasitas 200 Wp sebagai sumber energi listrik. Solar Charge Controller (SCC) digunakan untuk mengatur proses pengisian baterai dan menjaga kestabilan sistem penyimpanan energi, yang dipengaruhi oleh karakteristik internal baterai dan resistansi rangkaian, yang umumnya dikontrol menggunakan sistem berbasis mikrokontroler [9]. Pompa air DC 12 V digunakan sebagai beban utama sistem, yang umum diaplikasikan pada sistem pemompaan berbasis energi surya karena efisiensinya yang cukup baik dan kemudahan integrasi dengan sumber DC [10].

Sistem filtrasi air terdiri atas pipa PVC berdiameter 8 inci yang diisi dengan media penyaring berupa pasir silika, zeolit, karbon aktif, dan pasir mangan yang umum digunakan dalam proses penyaringan air untuk meningkatkan kualitas air rumah tangga [11], [12], [13]. Rangka alat dibuat menggunakan besi hollow dan plat stainless steel untuk menunjang kekuatan serta mobilitas alat.

Peralatan ukur yang digunakan dalam pengambilan data meliputi solar power meter untuk mengukur intensitas radiasi matahari, multimeter digital dan watt meter DC untuk mengukur tegangan, arus, serta daya listrik, serta flow meter digital dan stopwatch untuk mengukur debit aliran air hasil filtrasi.

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al-Banjari, Kalimantan Selatan. Pengujian sistem dilakukan pada bulan Juli hingga Agustus 2025 dengan pengambilan data dilakukan pada kondisi cuaca cerah dari pukul 09.00 hingga 16.00 WITA untuk memperoleh variasi intensitas radiasi matahari.

2.2. Metodologi Penelitian

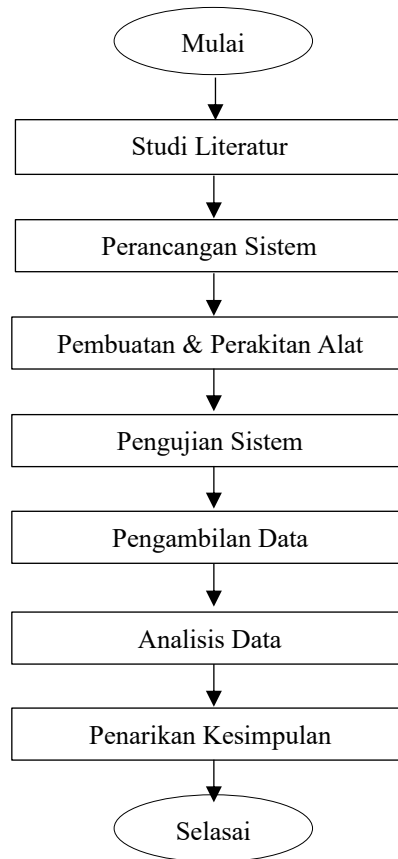
Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen kuantitatif dengan pendekatan perancangan dan pengujian langsung prototipe. Penelitian diawali dengan studi literatur untuk menentukan konsep sistem, diikuti dengan perancangan alat menggunakan perangkat lunak CAD. Setelah itu dilakukan proses pembuatan dan perakitan sistem kelistrikan serta sistem filtrasi air.

Pengujian dilakukan dengan menempatkan panel surya di bawah sinar matahari langsung. Intensitas radiasi matahari diukur secara periodik, kemudian dicatat nilai tegangan dan arus keluaran panel surya untuk menentukan daya input dan daya output panel. Energi listrik yang tersimpan pada baterai digunakan untuk mengoperasikan pompa DC yang mengalirkan air melalui media filtrasi. Debit air yang dihasilkan diukur untuk mengetahui kinerja sistem pemompaan.

Parameter yang dianalisis meliputi intensitas radiasi matahari, daya input dan output panel surya, efisiensi panel surya, daya input dan output pompa, debit air, serta efisiensi pompa. Data hasil pengukuran dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi performa sistem kelistrikan dan sistem penjernihan air secara keseluruhan.

2.3. Diagram Alir Penelitian

Secara umum, tahapan penelitian dapat dijelaskan melalui diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan modifikasi dari sistem pompa air tenaga surya konvensional, di mana sistem dirancang tanpa menggunakan inverter. Panel surya, baterai, dan pompa DC dihubungkan secara langsung untuk mengurangi kehilangan daya akibat konversi energi, sehingga sistem menjadi lebih sederhana, efisien, dan sesuai untuk aplikasi portabel di daerah terpencil atau kondisi darurat.

3. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan Luas Permukaan Panel Surya

Panjang panel surya diketahui 1,29 m dan lebar Panel Surya = 0,76 m sehingga diperoleh luas penampang dari panel surya yaitu 0,9804 m². Gambar 2 menunjukan panel surya yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 2. Alat Penjernih Air Tenaga Surya

Daya Input Panel Surya

menghitung daya input (W) yang dihasilkan oleh panel surya, digunakan pendekatan dengan mengalikan intensitas radiasi matahari terhadap luas permukaan panel yang menerima radiasi [14]. Tabel 1 menunjukkan data hasil pengujian daya panel surya.

Tabel 1. Hasil Pengujian I_r (W/m^2) dan P_{in} (W)

Jam	A (m^2)	Lux	$l=Lux$	I_r (W/m^2)	P_{in} (W)
09:00	0,9804	9887	0,0079	78,107	76,576
10:00	0,9804	11232	0,0079	88,733	86,994
11:00	0,9804	15326	0,0079	121,08	118,70
12:00	0,9804	16235	0,0079	128,26	125,74
13:00	0,9804	19324	0,0079	152,66	149,67
14:00	0,9804	18645	0,0079	147,30	144,41
15:00	0,9804	15489	0,0079	122,36	119,96
16:00	0,9804	9013	0,0079	71,203	69,807

Daya Output Panel Surya (W)

Untuk menghitung daya output yang dihasilkan oleh panel surya yaitu dengan mengalikan Tegangan dan Arus [15]. Tabel 2 menunjukkan hasil dari output panel surya tiap jamnya.

Tabel 2. Perhitungan Daya Output Panel Surya (W)

Jam	A (m^2)	I_r (W/m^2)	Panel Surya		P_{out} (W)
			V (V)	I (A)	
09:00	0,9804	78,107	18,4	1,08	19,87
10:00	0,9804	88,733	18,7	1,27	23,75
11:00	0,9804	121,08	19,0	1,83	34,77
12:00	0,9804	128,26	19,5	2,12	41,34
13:00	0,9804	152,66	19,7	2,73	53,78
14:00	0,9804	147,30	19,2	2,14	41,09
15:00	0,9804	122,36	18,9	1,57	29,67
16:00	0,9804	70,666	17,5	0,97	16,98

Efisiensi Panel Surya (%)

Efisiensi dari panel surya diperoleh dengan membandingkan daya dihasilkan dan daya masukan dari panel surya [16].

Tabel 3 menunjukkan hasil efisiensi dari panel surya setiap jamnya.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Efisiensi Panel Surya (%)

Jam	A (m ²)	I _r (W/m ²)	P _{out} (W)	P _{in} (W)	□ Panel (%)
09:00	0,9804	78,107	19,87	76,576	25,95
10:00	0,9804	88,733	23,75	86,994	27,30
11:00	0,9804	121,08	34,77	118,70	29,29
12:00	0,9804	128,26	41,34	125,74	32,88
13:00	0,9804	152,66	53,78	149,67	35,93
14:00	0,9804	147,30	41,09	144,41	28,45
15:00	0,9804	122,36	29,67	119,96	24,73
16:00	0,9804	71,023	16,98	69,807	24,32

Debit Air Yang Dihasilkan Pompa

Data debit yang dihasilkan oleh pompa dari jam 09.00 sampai 16.00 ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Debit Air (m³/s)

Jam	Volume Air (L)	Waktu (s)	Debit Air (m ³ /s)
09:00	11,88	60	0,000198
10:00	12,04	60	0,000201
11:00	15,68	60	0,000261
12:00	16,23	60	0,000271
13:00	18,45	60	0,000308
14:00	15,96	60	0,000266
15:00	14,86	60	0,000248
16:00	11,56	60	0,000193

Daya Input dan Output Pompa

Data daya input pompa dari jam 09.00 sampai 16.00 ditunjukkan pada tabel 5 sedangkan daya output dari pompa diperoleh 4,85 W.

Tabel 5. Data Pengujian Daya Input Pompa

Jam	I _r (W/m ²)	Input Pompa		P _{in} pompa (W)
		V (V)	I (A)	
09:00	78,107	12,9	1,36	17,544
10:00	88,733	13,1	1,41	18,471
11:00	121,08	13,3	1,49	19,817
12:00	128,26	13,8	1,64	22,632
13:00	152,66	13,9	1,74	24,186
14:00	147,30	13,4	1,58	21,172
15:00	122,36	13,1	1,48	19,388
16:00	70,666	12,8	1,35	17,280

Effisiensi Pompa

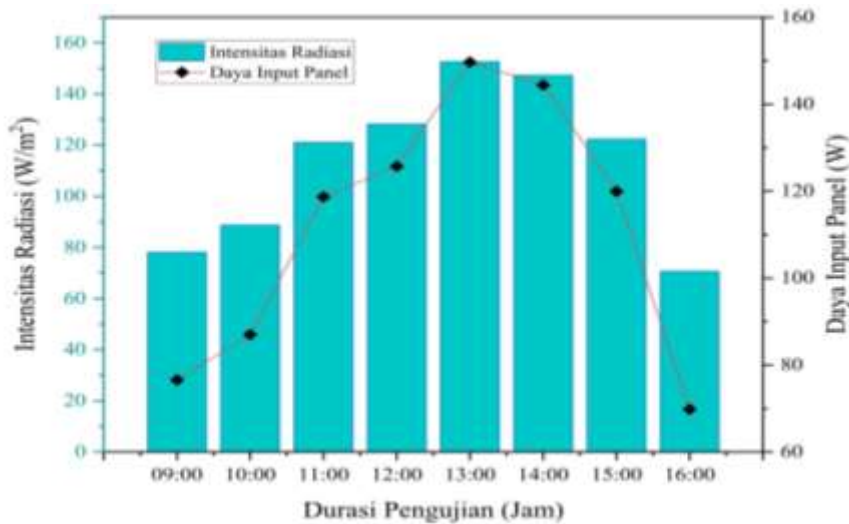
Efisiensi yang dihasilkan pompa setiap jamnya ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Efisiensi Pompa

Jam	I_r (W/m ²)	P_{in} pompa (W)	P_{out} pompa (W)	η_{pompa} (%)
09:00	78,107	17,54	4,85	27,6
10:00	88,733	18,47	4,85	26,3
11:00	121,08	19,82	4,85	24,5
12:00	128,26	22,63	4,85	21,4
13:00	152,66	24,19	4,85	20,1
14:00	147,30	21,17	4,85	22,9
15:00	122,36	19,39	4,85	25,0
16:00	70,666	17,28	4,85	28,1

Pembahasan

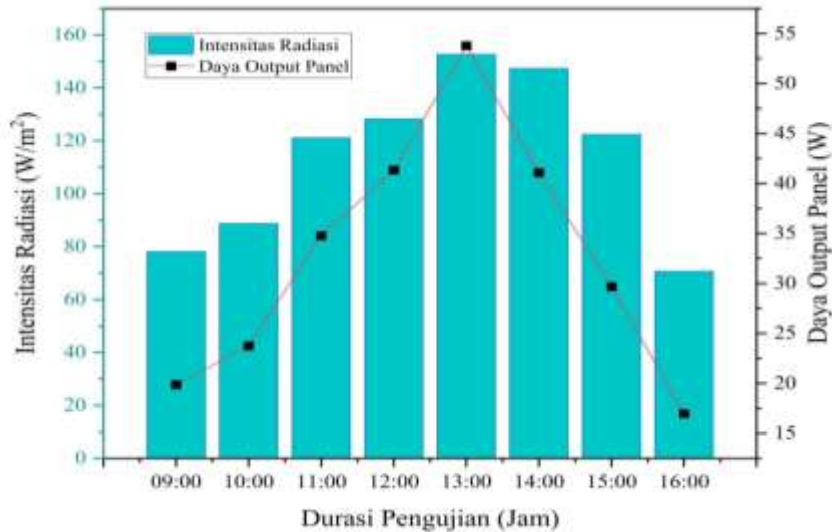
Salah satu parameter kinerja dari alat penjernih air berbasis panel surya adalah intensitas radiasi, daya input panel surya, daya output panel surya, serta efisiensi panel surya [17]. Hasil pengujian secara eksperimen untuk melihat karakteristik alat penjernih air seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 3. Hubungan I_r (W/m²) dan Daya Input Panel Surya (W)

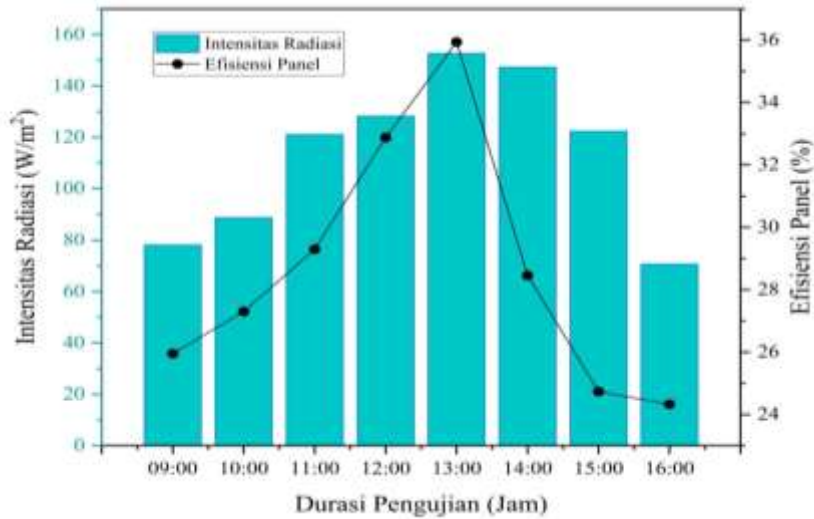
Berdasarkan gambar 3 yang disajikan, terlihat bahwa intensitas radiasi matahari dan daya input panel surya menunjukkan pola yang sejalan dan konsisten sepanjang periode pengukuran. Pada pukul 09.00, intensitas radiasi berada pada nilai terendah sekitar 78,107 W/m² dengan daya input panel sekitar 76,576 W. Seiring berjalannya waktu menuju siang hari, kedua variabel tersebut mengalami peningkatan yang signifikan. Puncak intensitas radiasi tercapai pada pukul 13.00 dengan nilai intensitas sebesar 152,66 W/m², sedangkan nilai daya input panel didapatkan sebesar 149,67 W. Kondisi ini sesuai dengan posisi matahari yang berada pada titik tertinggi, sehingga menghasilkan penyinaran maksimum pada permukaan panel surya. Setelah pukul 13.00, intensitas radiasi dan daya input panel mulai menurun secara bertahap. Pada pukul 15.00, nilai intensitas radiasi yang didapatkan sebesar 122,36 W/m² dan daya

input panel sebesar 119,96 W. Terjadi penurunan nilai intensitas radiasi yang sangat tajam pada pukul 16.00, di mana intensitas radiasi turun hingga sebesar 71,203 W/m² dan daya input panel sebesar 69,807 W. Hal ini mengindikasikan bahwa hubungan antara intensitas radiasi dan daya input panel bersifat linier, yaitu semakin besar radiasi matahari yang diterima, semakin besar pula daya input yang dihasilkan oleh panel surya. Secara keseluruhan, grafik ini menegaskan keterkaitan erat antara variabel intensitas radiasi matahari dengan daya input panel surya.



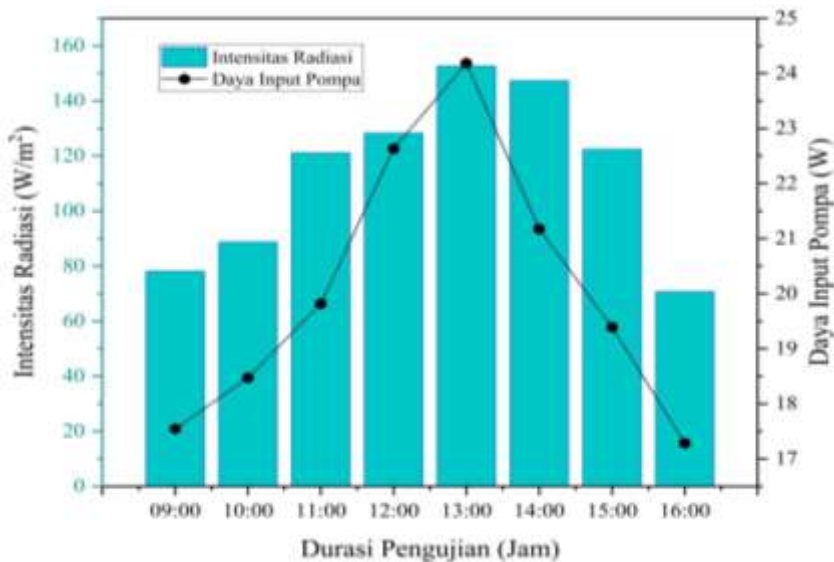
Gambar 4. Hubungan I_r (W/m²) dan Daya Output Panel Surya (W)

Gambar 4 di atas memperlihatkan hubungan antara intensitas radiasi matahari dengan daya output panel surya selama proses pengujian dari pukul 09.00 hingga 16.00. Kedua parameter menunjukkan pola yang sama, di mana peningkatan nilai intensitas radiasi diikuti oleh peningkatan daya output panel, sedangkan penurunan intensitas radiasi juga diiringi oleh penurunan daya output. Intensitas radiasi matahari berpengaruh langsung terhadap daya output panel surya, di mana peningkatan radiasi akan meningkatkan energi yang dihasilkan [18]. Pada pukul 09.00, intensitas radiasi tercatat sekitar 78,107 W/m² dengan daya output panel sebesar 19,87 W, yang masih relatif rendah akibat posisi matahari yang belum optimal. Seiring berjalannya waktu, keduanya meningkat secara signifikan hingga mencapai puncak pada pukul 13.00, di mana nilai intensitas radiasi didapatkan sebesar 152,66 W/m² dan daya output panel sebesar 19,87 W. Setelah pukul 13.00, grafik menunjukkan penurunan pada nilai intensitas radiasi maupun daya output panel. Pada pukul 14.00, nilai daya output panel mulai menurun sebesar 41,09 W meskipun intensitas radiasi masih relatif tinggi, sebesar 147,30 W/m². Penurunan yang lebih signifikan terjadi menjelang sore hari, yaitu pada pukul 15.00 hingga 16.00, di mana intensitas radiasi menurun sebesar 122,36 W/m² hingga 71,23 W/m², sementara nilai daya output panel sebesar 29,67 W hingga 16,98 W. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun intensitas radiasi masih tersedia dalam jumlah tertentu, efisiensi panel cenderung menurun pada sore hari akibat faktor sudut datang cahaya matahari yang kurang optimal serta kemungkinan peningkatan suhu panel yang berdampak negatif pada kinerjanya.



Gambar 5. Hubungan I_r (W/m²) dan Efisiensi Panel (%)

Gambar 5 yang disajikan memperlihatkan hubungan antara intensitas radiasi matahari dengan efisiensi panel surya selama pengujian dari pukul 09.00 hingga 16.00. Nilai efisiensi panel menunjukkan korelasi dengan nilai intensitas radias. Pada pukul 09.00, intensitas radiasi masih relatif rendah, sekitar 78,107 W/m², dengan nilai efisiensi panel sebesar 25,95%. Seiring dengan peningkatan intensitas radiasi, efisiensi panel juga meningkat secara bertahap hingga mencapai nilai maksimum pada pukul 13.00, yaitu sekitar 35,93% dengan nilai intensitas radiasi sebesar 152,66 W/m². Hal ini menunjukkan bahwa panel surya beroperasi pada performa optimal. Setelah melewati titik puncak nilai efisiensi mengalami penurunan meskipun intensitas radiasi masih cukup tinggi. Pada pukul 14.00, intensitas radiasi tercatat sekitar 144,41 W/m², namun nilai efisiensi panel menurun menjadi 28,45%. penurunan ini semakin terlihat pada pukul 15.00 hingga 16.00, di mana nilai efisiensi yang didapatkan sebesar 24,73% dan 24,32%.



Gambar 6. Hubungan I_r (W/m²) dan Daya Input Pompa (W)

Gambar 6 memperlihatkan hubungan antara intensitas radiasi matahari (W/m²) dan daya input pompa (W) sepanjang durasi pengujian. Pada awal pengamatan pukul 09.00, nilai intensitas radiasi didapatkan sebesar 78,107 W/m², sementara daya input pompa berada di angka 17,54 W. Seiring berjalannya waktu menuju siang hari, kedua parameter ini mengalami kenaikan yang signifikan. Puncak intensitas radiasi tercapai sekitar pukul 13.00 dengan nilai mencapai 147,30 W/m², dan daya input pompa yang didapatkan sebesar 24,19 W. Setelah pukul 13.00, intensitas

radiasi dan daya input pompa sama-sama menunjukkan penurunan hingga akhir pengujian pada pukul 16.00. Kondisi ini menegaskan bahwa daya input pompa sangat bergantung pada besar intensitas radiasi yang diterima; peningkatan energi radiasi matahari secara langsung mendorong suplai listrik dari panel surya ke pompa.

4. Kesimpulan

Sistem kelistrikan berbasis panel surya telah berhasil dirancang dan diimplementasikan guna mendukung operasional alat penjernih air portabel. Rangkaian tersebut meliputi panel surya berkapasitas 200 Wp, solar charge controller, baterai dengan tegangan 12 V, serta pompa air DC. Sistem ini dapat beroperasi secara mandiri tanpa memerlukan inverter, sehingga menghasilkan desain yang lebih sederhana dan efisien dalam konsumsi energi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa intensitas radiasi matahari memiliki pengaruh langsung terhadap daya input dan daya output panel surya. Puncak radiasi tercatat sebesar 152,66 W/m² pada pukul 13.00, dengan daya input mencapai 149,67 W dan daya output sebesar 53,78 W. Efisiensi panel surya tertinggi dicapai sebesar 35,93% pada kondisi radiasi maksimum, sedangkan pada pagi dan sore hari efisiensi relatif menurun akibat sudut datang cahaya dan pengaruh suhu panel. Kinerja pompa air tenaga surya dipengaruhi oleh variasi intensitas radiasi matahari. Daya input pompa berkisar antara 17,28 sampai dengan 24,19 W, sedangkan daya output pompa didapatkan 4,85 W. nilai efisiensi pompa berada pada kisaran 20,1 sampai dengan 28,1%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pompa bekerja sesuai dengan fluktuasi energi surya yang tersedia dan mampu menghasilkan debit air rata-rata 0,0002–0,0003 m³/s.

Daftar Pustaka

- [1] S. Supriyatna, "Pemetaan potensi energi surya berbasis Global Solar Atlas di Fakultas Teknik Universitas Mataram," *DIELEKTRIKA*, vol. 11, no. 2, pp. 146–153, 2024, doi: 10.29303/dielektrika.v11i2.385.
- [2] F. Liu *et al.*, "Emerging inorganic compound thin film photovoltaic materials: Progress, challenges and strategies," *Materials Today*, vol. 41, pp. 120–142, 2020, doi: 10.1016/j.mattod.2020.09.002.
- [3] D. P. Kothari, A. Pathak, and U. Pandey, "Sources of a microgrid for residential systems and rural electrification," in *Residential Microgrids and Rural Electrifications*, S. Padmanaban *et al.*, Eds. Academic Press, 2022, pp. 45–67, doi: 10.1016/B978-0-323-90177-2.00003-7.
- [4] F. Afif and A. Martin, "Tinjauan potensi dan kebijakan energi surya di Indonesia," *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, vol. 6, no. 1, pp. 43–52, 2022, doi: 10.30588/jeemm.v6i1.997.
- [5] I. Sriwijayasih *et al.*, "Desain sistem penjernihan air berbasis tenaga surya untuk pengolahan air bersih," vol. 9, no. 1, 2025.
- [6] G. Setiaji and N. I. Said, "Perancangan pengolahan air minum tenaga surya kapasitas 50 m³/hari (dengan menggunakan proses biofiltrasi dan ultrafiltrasi)," *Jurnal Air Indonesia*, vol. 9, no. 1, 2018, doi: 10.29122/jai.v9i1.2472.
- [7] S. Sariman *et al.*, "Desain prototipe filter air bersih berbasis tenaga surya," *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, vol. 23, no. 2, 2023, doi: 10.35965/eco.v23i2.2877.
- [8] R. I. Yaqin *et al.*, "Rancang bangun alat penjernih air portable untuk persediaan air di Kota Dumai," *Jurnal Teknologi*, vol. 12, no. 2, 2020.
- [9] W. Latifah, M. Nuzuluddin, and I. K. D. Patwari, "Rancang bangun kontrol charger station dengan panel surya berbasis mikrokontroler," *Jurnal PRINTER*, vol. 2, no. 1, pp. 1–14, 2024, doi: 10.29408/jprinter.v2i1.23750.

- [10] M. D. Ariansyah and S. Sariman, “Analisa performa pompa air DC 12V 42 watt terhadap variasi kedalaman pipa menggunakan baterai dengan sumber energi dari matahari,” *Jurnal Syntax Admiration*, vol. 2, no. 6, pp. 1083–1102, 2021, doi: 10.46799/jsa.v2i6.251.
- [11] A. Agrawal, N. Sharma, and P. Sharma, “Designing an economical slow sand filter for households to improve water quality parameters,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 43, pp. 1582–1586, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.09.450.
- [12] R. A. Laksana, M. R. Vegetama, and P. I. Kumalasari, “Rancang bangun filtrasi air skala rumah tangga dengan analisa efisiensi alat,” vol. 6, 2022.
- [13] M. Ma’ruf *et al.*, “Studi simulasi filtrasi pada formasi tiga jenis ukuran membran berbeda dengan variasi kecepatan dan tekanan,” *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 8–15, 2021, doi: 10.34128/je.v8i1.161.
- [14] J. Jean *et al.*, “Pathways for solar photovoltaics,” *Energy & Environmental Science*, vol. 8, no. 4, pp. 1200–1219, 2015, doi: 10.1039/C4EE04073B.
- [15] R. N. Ahmad, H. Suryatmojo, and D. C. Riawan, “Rancang bangun pengisi daya untuk baterai lithium-polymer dengan mempertimbangkan kompensasi resistansi,” *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 25, no. 2, pp. 48–57, 2023, doi: 10.14710/transmisi.25.2.48-57.
- [16] K. Mostakim and M. Hasanuzzaman, “Solar photovoltaic thermal systems,” in *Technologies for Solar Thermal Energy*, M. Hasanuzzaman, Ed. Academic Press, 2022, pp. 123–150, doi: 10.1016/B978-0-12-823959-9.00005-2.
- [17] A. F. Suni *et al.*, “Unjuk kerja PLTS untuk operasional sistem penjernih air di Rawa Pening,” *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, vol. 4, no. 1, 2022, doi: 10.30595/jrre.v4i1.14003.
- [18] D. M. Tobnaghi and D. Naderi, “The effect of solar radiation and temperature on solar cells performance,” 2015.