

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID DENGAN TENAGA SURYA DAN TENAGA MIKROHIDRO

Erik Agustian Yulanda¹, Joko Tri Susilo², Agi Tama³, Sunardi⁴,
Dony Agus Prakoso⁵, Ahmad Yanuar⁶

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pamulang
^{1,2,3,4,5,6}Jalan Raya Puspiptek, Buaran, Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹dosen02636@unpam.ac.id
²dosen02636@unpam.ac.id
³dosen02635@unpam.ac.id
⁴dosen00856@unpam.ac.id
⁵donyagusprakoso17@gmail.com
⁶ahmadyanuar060199@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 24-05-2024
revisi : 31-05-2024
diterima : 04-06-2024
dipublish : 30-06-2024

ABSTRAK

Salah satu upaya menghadirkan energi listrik di daerah terpencil adalah dengan memanfaatkan potensi alam yaitu radiasi matahari dan aliran air, sehingga perancangan pembangkit listrik hybrid berbasis tenaga surya dan mikrohidro menjadi tepat untuk dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pembangkit listrik hybrid yang optimal dengan memanfaatkan masing-masing sumber energi. Metode perancangan meliputi analisis potensi radiasi matahari dan aliran air sungai, pemilihan komponen utama dan desain sistem. Hasil pengukuran dalam rentang tujuh hari menunjukkan rata-rata intensitas cahaya 5106 lux dan rata-rata kecepatan aliran air sebesar 9,49 m/s. Berdasarkan hasil pengujian sistem menunjukkan daya PLTS sebesar 110,27 Watt dan daya PLTMH 170,09 Watt, sehingga total energi sebesar 280,36 Watt (0,280 kW). Disimpulkan bahwa penerapan pembangkit listrik hybrid dengan tenaga surya dan tenaga mikrohidro di daerah terpencil memiliki potensi besar.

Kata Kunci: Pembangkit listrik hybrid; tenaga surya, tenaga mikrohidro; energi terbarukan

ABSTRACT

Efforts to provide electrical energy in remote areas are by utilizing available natural potential such as solar radiation and water flow rates, so that designing a hybrid power plant based on solar power and micro hydro becomes appropriate. This research aims to design an optimal hybrid power generation system by utilizing each energy source. The design method includes analysis of potential solar radiation and river water flow, selection of main components and system design. The measurement results over a period of seven days show an average light intensity of 5106 lux and an average water discharge of 9,49 m/s. Based on system test results, the PLTS power is 110.27 Watts and the PLTMH power is 170.09 Watts, so the total energy is 280.36 Watts (0.280 kW). In conclusion, the application of hybrid power plants with solar power and micro hydro power in remote areas has great potential.

Keywords: Hybrid power plant; solar power; micro hydro power; renewable energy

PENDAHULUAN

Listrik sebagai energi yang sangat dibutuhkan bagi peralatan listrik dalam kehidupan sehari-hari, baik untuk penerangan (lampu), energi gerak (motor), pemanas dan pendingin, industri, transportasi dan lain-lain. Energi listrik dapat dihasilkan dari berbagai sumber energi alam, seperti batu bara, minyak bumi, matahari, air, nuklir, panas bumi, uap dan lainnya (Ridlo Rosyid, 2020). Indonesia sebagian besar energi listriknya dihasilkan dari bahan bakar fosil, namun bahan bakar fosil kapasitasnya terbatas, sehingga penggunaannya memerlukan perhitungan yang cermat agar tidak cepat habis (Setyono et al., 2021).

Salah satu upaya untuk mendukung ketahanan energi nasional adalah dengan cara mengembangkan energi terbarukan misalnya energi angin, matahari, geothermal, gelombang air laut dan sebagainya (Adzikri, 2017). Pemanfaatan energi baru terbarukan tidak mencemari lingkungan, tidak berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim,

karena energi yang didapatkan berasal dari proses alam yang berkelanjutan, seperti sinar matahari, air, biofuel, dan geothermal tanpa perlu membakar bahan bakar fosil seperti batu bara, gas alam, dan minyak bumi (Kumar et al., 2019).

Matahari menyinari Indonesia sepanjang tahun, matahari menyediakan energi yang bisa dimanfaatkan sebagai energi baru terbarukan dan energi yang dihasilkan matahari ketersediaannya tidak akan habis. Salah satu alat yang dapat memanfaatkan energi matahari adalah Panel surya. Panel surya dapat merubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik, Pembangkitan listrik yang dihasilkan oleh panel surya berupa arus searah atau DC (*Direct Current*) dan dapat disimpan ke baterai atau aki. Untuk penggunaan alat rumah tangga, diperlukan inverter yang mengubah arus searah atau DC menjadi arus bolak-balik atau AC (*Alternating Current*), karena peralatan rumah tangga menggunakan sumber arus bolak-balik atau AC (Dwisari et al., 2023).

Tidak hanya potensi radiasi matahari yang dapat dimanfaatkan di Indonesia,

Indonesia juga memiliki potensi besar dalam pemanfaatan energi air karena Indonesia memiliki banyaknya sungai dan aliran air, potensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) menjadi sangat menjanjikan. PLTMH memanfaatkan aliran air untuk menggerakkan turbin yang kemudian menghasilkan listrik (Palintin et al., 2020).

Pengembangan pembangkit listrik hybrid dengan tenaga surya dan tenaga mikrohidro menjadi salah satu solusi efektif untuk bisa saling menutupi keterbatasan dari masing-masing sumber energi jika digunakan secara terpisah. Perancangan sistem pembangkit listrik hybrid bertujuan untuk mengoptimalkan dari kedua sumber energi, dimana tenaga surya dapat beroperasi pada siang hari, sedangkan tenaga mikrohidro dapat beroperasi sepanjang waktu selama ada aliran air yang cukup, analisis sistem meliputi potensi radiasi matahari dan aliran air sungai, pemilihan komponen utama serta desain sistem.

TEORI

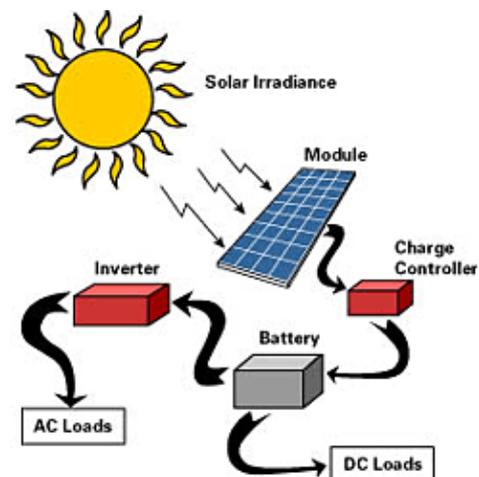
Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) merupakan sistem yang menggabungkan beberapa sumber energi untuk memasok energi listrik ke beban. Salah satu contoh sumber energi yang dikombinasikan adalah sumber energi matahari dan energi air, dimana kedua sumber energi listrik akan bekerja secara bergantian. Pemanfaatan PLTH adalah meningkatkan produksi listrik untuk tercapainya sebuah efisiensi dalam berbagai hal dan tentunya diharapkan tidak akan menimbulkan polusi dampak lingkungan yang berbahaya bagi

pengguna maupun masyarakat sekitar lingkungan (Tamtama et al., 2021).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi cahaya matahari untuk dikonversi menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS adalah listrik DC, listrik DC yang dihasilkan dapat digunakan secara langsung oleh beban DC, atau disimpan terlebih dahulu dalam baterai yang diatur oleh *Solar Charge Controller* (SCC). Untuk dapat digunakan oleh beban AC diperlukan *inverter* untuk mengkonversi listrik DC menjadi AC (Subandi & Suyanto, 2020).

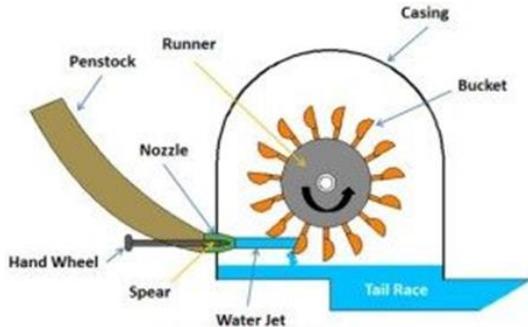


Gambar 1. Sistem PLTS

Turbin

Turbin adalah penggerak dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), turbin dapat menggerakkan poros generator dalam sumbu vertikal ataupun horizontal. Turbin air dapat dibedakan menjadi 2 tipe, yaitu: yaitu tipe impuls dan reaksi, tipe impuls memanfaatkan tumbukkan air untuk memutar rotor generator, sedangkan turbin reaksi memanfaatkan tekanan atau momentum

air yang mendorong ujung baling-baling turbin yang kemudian menggerakkan rotor (Wardianto et al., 2021).



Gambar 2. Turbin Pelton

Generator DC

Penggunaan generator perlu memperhitungkan debit air yang tersedia, dengan debit air yang kecil maka akan lebih efisien jika menggunakan generator DC dibandingkan dengan generator AC (Dwi Putra et al., 2022).

Tabel 1. Tabel Spesifikasi Generator DC

Model	R9-550E
Voltage(V)	180-240V
Amp(A)	< 3
P/N	SN15
Speed	300- 1500RPM
Power(W)	550
Frequency	50-60Hz

Pengukuran Debit dengan Cara Apung (float area Method)

Dengan menggunakan metode apung maka kecepatan aliran air dapat dihitung dengan mengukur kecepatan pelampung, luas penampang lebar saluran dan kedalaman saluran dan koefisien pelampung (Febriani et al., 2023).

$$Q = A \cdot k \cdot V_p \quad (1)$$

Dimana :

Q = debit (m³/det)

V_p = kecepatan pelampung (m³/det)

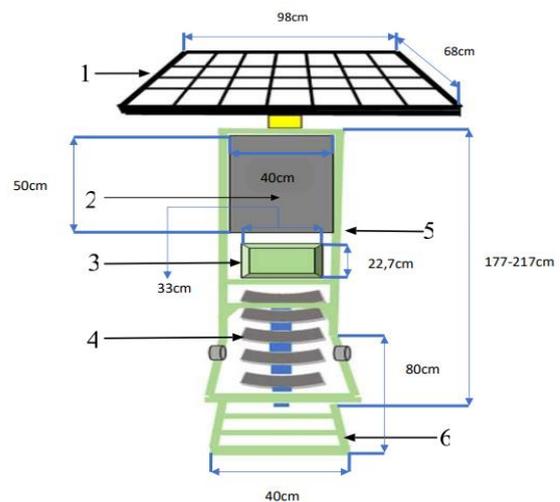
A = luas penampang basah sungai (m²)

K = koefisien pelampung

METODOLOGI

Perancangan Alat

Tahap pertama yang dilakukan untuk perancangan Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya dan Mikrohidro adalah dengan pembuatan kerangka yang dapat digunakan secara portabel agar mudah untuk berpindah mencari sumber energi yang optimal.



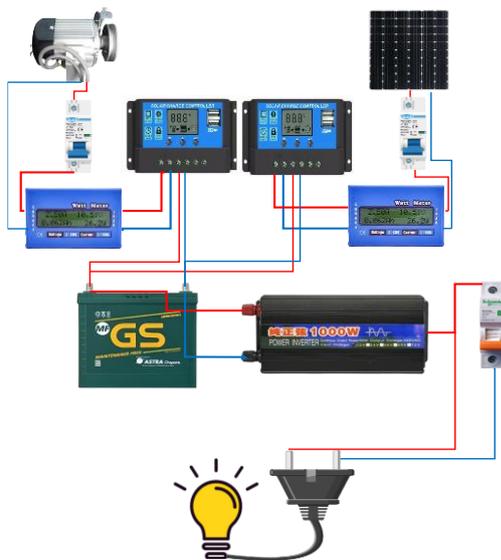
Gambar 3. Desain kerangka pembangkit

Gambar 3. menunjukkan desain pembangkit listrik hybrid, Panel surya ditunjukkan oleh nomor 1 berada pada bagian atas dengan ukuran panjang 98 cm x lebar 68 cm, panel surya yang dirancang dapat diputar empat arah untuk mendapatkan radiasi matahari yang optimal. Bagian yang ditunjukkan oleh nomor 2 adalah box panel dengan ukuran 50 cm x 40 cm x 20 cm, box panel digunakan untuk menempatkan komponen pendukung yaitu: SCC, MCB, Watt meter dan Inverter.

Posisi baterai/accu ditunjukkan oleh nomor 3, baterai yang digunakan berukuran panjang 33 cm x Lebar 12,5 cm dengan kapasitas 45Ah/12V, nomor 4 adalah turbin yang terbuat dari velg motor ukuran 17 inci dengan 18 baling-baling turbin yang terbuat dari 1/2 pipa PVC dengan ukuran 4 inci.

Kerangka bagian vertikal ditunjukkan oleh nomor 5 dapat diatur untuk menyesuaikan ketinggian air mulai dari 177 cm hingga ketinggian maksimal 217 cm, serta nomor 6 menunjukkan kerangka bawah dengan ukuran panjang 40 x lebar 80 cm.

Skema Rangkaian Keseluruhan Sistem



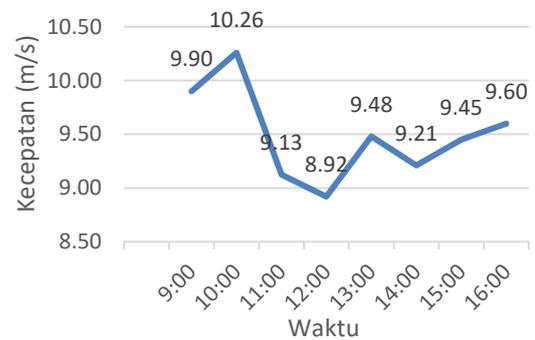
Gambar 4. Skema sistem tenaga hybrid PLTS dan PLTMH

Gambar 4. menunjukkan skema pengkabelan pembangkit listrik hybrid, dimana panel surya dihubungkan ke MCB dan Watt meter DC untuk mengukur daya yang dihasilkan oleh panel surya, kemudian daya yang dihasilkan disimpan kedalam baterai yang dikendalikan oleh Solar Charge Controller (SCC), skema generator DC dirancang sama dengan

skema panel surya, yaitu dihubungkan ke MCB, Watt meter DC, SCC dan Baterai, agar daya yang disimpan pada baterai dapat digunakan oleh beban listrik AC maka baterai dihubungkan ke inverter kemudian menuju MCB dan beban listrik AC.

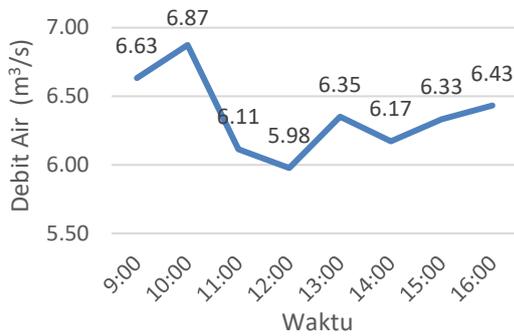
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Potensi Energi Air



Gambar 5. Hasil pengukuran kecepatan air

Gambar 5. menunjukkan grafik data hasil pengukuran kecepatan air rata-rata tiap jam selama tujuh hari. Setiap hari dilakukan pengamatan mulai pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB, dengan interval pencatatan adalah satu jam. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pengukuran laju air irigasi diperoleh rata rata 9,49 m/s. dalam pengamatan laju aliran air sebagaimana terlihat pada grafik bahwa laju aliran tertinggi terjadi pada pukul 10.00 WIB yaitu sebesar 10,26 m/s. Laju aliran air terendah diperoleh pada pukul 12.00 WIB yaitu sebesar 8,92 m/s.



Gambar 6. Hasil pengukuran debit air

Gambar 6. menunjukkan grafik debit aliran air yang diamati selama tujuh hari dengan perhitungan menggunakan rumus debit air, debit air dihitung berdasarkan data yang sudah didapatkan pada luas penampang basah $0,67 \text{ m}^2$ dikalikan dengan laju kecepatan air m/det. Debit air tertinggi dihasilkan pada pukul 10.00 WIB yaitu sebesar $6,87 \text{ m}^3/\text{s}$, dan debit air terendah terjadi pada pukul 12.00 WIB sebesar $5,98 \text{ m}^3/\text{s}$, dan nilai debit rata-rata adalah $6,36 \text{ m}^3/\text{s}$.

Analisis rotasi turbin dan daya yang dihasilkan perlu dilakukan untuk melihat kesesuaian dengan spesifikasi turbin, dengan diameter turbin 17 inci (0.43 m) dan kecepatan aliran air tertinggi $10,26 \text{ m}^2/\text{s}$, maka rotasi turbin dapat diperkirakan dengan perhitungan berikut:

$$N = \frac{60 v}{D \pi} = \frac{60 \times 10.26}{0.43 \times \frac{22}{7}} = 455.52 \text{ RPM}$$

Daya dihitung secara proporsional berdasarkan spesifikasi turbin DC:

$$\text{Daya} = \frac{\text{RPM}_{\text{turbin}} - 300}{1500 - 300} \times 550$$

$$\text{Daya} = \frac{455.52 - 300}{1200} \times 550 = 71.28 \text{ W}$$

Pada kondisi saat aliran air terendah yaitu $8,92 \text{ m}^2/\text{s}$, rotasi turbin dan daya dapat diperkirakan dengan perhitungan berikut:

$$N = \frac{60 v}{D \pi} = \frac{60 \times 8.92}{0.43 \times \frac{22}{7}} = 396.05 \text{ RPM}$$

$$\text{Daya} = \frac{\text{RPM}_{\text{turbin}} - 300}{1500 - 300} \times 550$$

$$\text{Daya} = \frac{396.05 - 300}{1200} \times 550 = 44.01 \text{ W}$$

Dapat disimpulkan bahwa potensi aliran air cukup untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan daya listrik, selanjutnya perlu dilakukan perhitungan aliran air minimal dan maksimal.

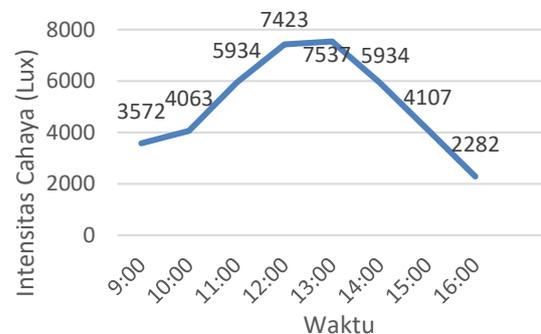
Rotasi minimal agar menghasilkan daya yaitu 300 RPM, maka kecepatan aliran air yang dibutuhkan yaitu:

$$v_{\min} = \frac{ND\pi}{60} = \frac{300 \times 0.43 \times \frac{22}{7}}{60} = 6.76 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Rotasi turbin berlebih dapat mengakibatkan beberapa dampak misalnya penurunan efisiensi, panas berlebih, *overloading*, hingga kerusakan mekanis turbin. Maka penting untuk memperkirakan kecepatan aliran air maksimal yang diperbolehkan.

$$v_{\max} = \frac{ND\pi}{60} = \frac{1500 \times 0.43 \times \frac{22}{7}}{60} = 33.79 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Analisis Potensi Radiasi Matahari



Gambar 7. Hasil pengukuran intensitas Cahaya

Gambar 7. menunjukkan intensitas cahaya surya tertinggi pada saat pengamatan terjadi pada pukul 13.00 WIB yaitu sebesar 7537 Lux. Intensitas cahaya surya pada jam berikutnya mengalami penurunan hingga akhir waktu pengamatan yaitu sebesar 2282 Lux. Dan nilai rata-rata intensitas cahaya selama pengamatan dalam tujuh hari adalah 5106 Lux.

Penelitian menggunakan Panel Surya dengan kapasitas 120 Watt-peak, dengan luas penampang sel surya yaitu 0,66 m², dan efisiensi sel surya adalah 0,21%, maka dengan data intensitas cahaya matahari yang sudah diamati selama tujuh hari dengan nilai rata-rata 5106 Lux = 40,337 W/m². maka diperkirakan besaran daya yang akan dihasilkan Panel Surya tersebut adalah 0,66 m² x 0,21% x 40,337 w/m² = 5,59 Watt.

Pengujian Alat



Gambar 8. Proses uji coba alat

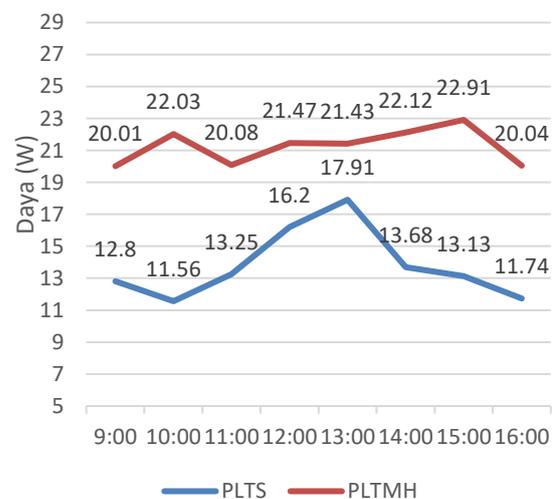
Uji coba dilakukan dalam waktu satu hari selama 8 jam, data-data yang dihasilkan digunakan sebagai pembandingan dengan perhitungan manual daya yang dapat dihasilkan.

Tabel 2. Hasil Uji Coba PLTS

Waktu	PLTS			
	Intensitas Cahaya (Lux)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (Watt)
09:00	3870	0,97	13,20	12,80
10:00	2978	0,88	13,14	11,56
11:00	4492	0,97	13,67	13,25
12:00	6980	1,15	14,09	16,20
13:00	7689	1,33	13,47	17,91
14:00	5432	1,02	13,42	13,68
15:00	4421	0,97	13,54	13,13
16:00	3490	0,90	13,05	11,74

Tabel 3. Hasil Uji Coba PLMH

Waktu	PLTS			
	Debit Air (m ³ /s)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (Watt)
09:00	1,22	1,45	13,80	20,01
10:00	1,46	1,62	13,60	22,03
11:00	1,19	1,44	13,95	20,08
12:00	1,25	1,57	13,68	21,47
13:00	1,25	1,57	13,65	21,43
14:00	1,3	1,61	13,74	22,12
15:00	1,38	1,69	13,56	22,91
16:00	1,21	1,44	13,92	20,04



Gambar 9. Daya yang dihasilkan

Gambar 9. Menunjukkan bahwa Potensi energi aliran air terlihat lebih besar dalam menghasilkan daya, dikarenakan saat penelitian sudah memasuki musim penghujan sehingga nilai potensi energi cahaya matahari lebih rendah dibanding potensi energi aliran air, daya yang dihasilkan panel surya terdapat penurunan pada pukul 10.00 dikarenakan cuaca

berawan, dan pada pukul 14.00 hingga pukul 16.00 cuaca kembali berawan.

Daya yang dihasilkan oleh PLTS adalah sebesar 110,27 Watt, dan Daya yang dihasilkan oleh PLTMH adalah 170,09 Watt. Dengan asumsi bahwa jam operasional rata-rata dari kedua pembangkit adalah delapan jam. Maka dapat energi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Energi PLTS} &= \text{Daya PLTS} \times \text{waktu} \\ &= 110,27 \text{ Watt} \times 8 \text{ jam} \\ &= 882,16 \text{ Watt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Energi PLTMH} &= \text{Daya PLTMH} \times \text{waktu} \\ &= 170,09 \text{ Watt} \times 8 \text{ jam} \\ &= 1.360,72 \text{ Watt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total} &= \text{Energi PLTS} + \text{Energi PLTMH} \\ &= 882,16 \text{ Watt} + 1.360,72 \text{ Watt} \\ &= 2.242,88 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung daya gabungan dengan perumusan Energi gabungan:

$$\begin{aligned}\text{Daya gabungan} &= \frac{\text{Energi Gabungan}}{\text{Jam Operasional}} = \frac{2.242,88}{8 \text{ Jam}} \\ &= 280,36 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Maka dalam satu hari dengan waktu pengujian selama delapan jam didapatkan nilai besaran daya dari gabungan pembangkit *hybrid* sebesar 280,36 Watt atau 0,280 kW.

KESIMPULAN

Analisis potensi alam pada lokasi pengujian dalam rentang tujuh hari yaitu menunjukkan rata-rata intensitas cahaya 5106 lux dan rata-rata kecepatan aliran air sebesar 9,49 m/s. Hasil pengujian sistem menunjukkan daya PLTS sebesar 110,27 Watt dan daya PLTMH 170,09 Watt, sehingga total energi sebesar 280,36 Watt (0,280 kW). Disimpulkan bahwa penerapan pembangkit listrik hybrid dengan tenaga surya dan tenaga

mikrohidro di daerah terpencil memiliki potensi besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adzikri, F. (2017). Strategi Pengembangan Energi Terbarukan Di Indonesia. *JURNAL ONLINE MAHASISWA (JOM) BIDANG TEKNIK ELEKTRO*, 1(1).
- Dwi Putra, A., Syaifullah, A., Saputra, Z., & Manufaktur Negeri Bangka Belitung, P. (2022). UJI PERFORMA GENERATOR MIKROHIDRO DC ELEKTRIK DALAM PEMANFAATAN EFISIENSI ENERGI PADA HIDROPONIK SISTEM NUTRIENT FILM TECHNIQUE. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 2(01), 45–51. <https://doi.org/10.15575/2966>
- Dwisari, V., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). PEMANFAATAN ENERGI MATAHARI: MASA DEPAN ENERGI TERBARUKAN. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 376–384. <https://doi.org/10.37478/OPTIKA.V7I2.3322>
- Febriani, R. A., Budiman, J., Setiawan, H., Sani, A. F., Manufaktur, T. R., & Manufaktur Bandung, P. (2023). INSTALASI DAN ANALISIS PARAMETER KECEPATAN PUTAR TURBIN ARCHIMEDES DI DESA SUKAMANDI. *Kumawula: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(3), 692–699. <https://doi.org/10.24198/KUMAWULA.V6I3.44852>
- Kumar, L., Hasanuzzaman, M., & Rahim, N. A. (2019). Global advancement of solar thermal energy technologies for industrial process heat and its future prospects: A review. *Energy Conversion and Management*, 195, 885–908. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMA.2019.05.081>
- Palintin, D., Patandianan, E. A., Bawan, E.

- K., & Palintin, A. D. (2020). Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Kabupaten Pegunungan Arfak. *Igya Ser Hanjop: Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 2(1), 11–24.
<https://doi.org/10.47039/ISH.2.2020.11-24>
- Ridlo Rosyid, A. H. (2020). Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energi Terbarukan untuk Ketahanan Energi di Indonesia: Sebuah Ulasan. *ANDASIH Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1).
<https://doi.org/10.57084/ANDASIH.V1I1.374>
- Setyono, A. E., Fajar, B., & Kiono, T. (2021). Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 154–162.
<https://doi.org/10.14710/JEBT.2021.11157>
- Subandi, S., & Suyanto, M. (2020). Pemasangan Solar Cell Untuk Setrika Listrik Pada Usaha Sonic Laundry Condong Catur. *ERA ABDIMAS*, 4(2), 8–17.
<https://stmikelrahma.ejournal.id/ABDIMAS/article/view/63>
- Tamtama, Y., Wahyuono, S., & Andriawan, A. H. (2021). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Gelombang Air Laut Dengan Tenaga Angin untuk Suplay Listrik di Daerah Pantai. *El Sains: Jurnal Elektro*, 2(2).
<https://doi.org/10.30996/ELSAINS.V2I2.4773>
- Wardianto, D., Anwar, I., & Afdal. (2021). Torque and Power Testing of the Pelton Turbine. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(1), 19–25.
<https://doi.org/10.21063/JTM.2021.V11.11.19-25>