

Unjukkerja Panel Surya Tipe Terapung untuk Pembangkit Listrik

Yusuf Dewantoro Herlambang^{1*}, Budhi Prasetyo¹, Wahyono¹, Nanang Apriandi¹, Marliyati², Bayu Sutanto¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang

²Jurusan Akuntansi, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. h. Soedarto SH Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia

*E-mail: masyusufdh@polines.ac.id

Diajukan: 21-10-2023; Diterima: 17-12-2023; Diterbitkan: 22-12-2023

Abstrak

Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) membutuhkan lahan/daratan yang memiliki nilai ekonomis, padahal Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki potensi energi surya dan negara kepulauan dengan luas sebesar 2/3 berupa perairan dan danau di daratan yang bisa dimanfaatkan untuk pembangkit energi surya. Pemanfaatan PLTS terapung tidak memerlukan lahan/daratan, dapat mengurangi evaporasi, serta sebagai media pendingin modul PV untuk meningkatkan efisiensi. Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem PLTS pada kolam budidaya dengan memanfaatkan sumber energi surya. Penelitian dimulai dengan mengukur potensi energi matahari selanjutnya perancangan dan pemilihan komponen yang memiliki kapasitas sesuai. Setelah melakukan beberapa pengamatan di daerah tersebut, PLTS yang cocok digunakan untuk menghidupkan aerator adalah PLTS off grid. PLTS 200 Wp mampu untuk menghidupkan aerator 120 W selama 12 jam pada siang hari dan aerator 100 W selama 8 jam pada malam hari. Pada kondisi pengosongan baterai, tegangan output panel rata-rata sebesar 12,89 V dan arus rata-rata sebesar 6,2 A dan pada kondisi pengisian baterai, tegangan output panel rata-rata sebesar 12,39 V dan arus rata-rata sebesar 6,6 A. Efisiensi sistem tertinggi pada kondisi pengosongan baterai sebesar 99%. Hal ini dikarenakan pada sore hari radiasi matahari rendah sehingga arus yang dihasilkan panel surya rendah dan mendapatkan supply dari baterai.

Kata kunci: aerator; daya; efisiensi; PLTS terapung; radiasi surya

Abstract

The implementation of Solar Power Plant requires land that has economic value, even though Indonesia is a tropical country that has solar energy potential and an archipelagic country with 2/3 of its land area consisting of waters and lakes on land that can be used to generate solar energy. The use of floating PV does not require land, can reduce evaporation, and as a cooling medium for PV modules to increase efficiency. The purpose of this research is to design an aerator Floating PV system in aquaculture ponds by utilising alternative solar energy sources. The research began by measuring how much solar energy potential in the area. The next step is the design and selection of components that have the appropriate capacity. After making some observations in the area, the suitable solar power plant to power the aerator is an off grid solar power plant. This solar power is capable of powering a 120 W aerator for 12 hours during the day and a 100 W aerator for 8 hours at night. In battery discharge conditions, the average panel output voltage is 12.89 V and the average current is 6.2 A and in battery charging conditions, the average panel output voltage is 12.39 V and the average current is 6.6 A. The highest system efficiency in battery discharge conditions is 99%. This is because in the afternoon the solar radiation is low so that the current generated by the solar panel is low and gets supply from the battery.

Keywords: aerator; efficiency; power; solar panel; solar radiation

1. Pendahuluan

Energi terbarukan merupakan sumber energi alternatif yang tersedia melimpah di alam. Energi ini tidak akan pernah habis walaupun terus menerus digunakan. Energi terbarukan dapat dimanfaatkan secara terus menerus dan tidak akan habis [1-3]. Beberapa sumber energi terbarukan dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga dan industri. Banyak sekali sumber energi yang digunakan sehari-hari berasal dari sumber energi terbarukan, seperti energi air, energi angin, dan energi panas matahari. Energi ini dapat di konversi menjadi bentuk energi lainnya. Salah satu pemanfaatan yang paling banyak digunakan adalah energi panas matahari [4]. Energi panas matahari dimanfaatkan dengan cara mengubah pantulan cahaya menjadi energi listrik, dengan menggunakan sel surya. Posisi Indonesia sebagai negara beriklim tropis yang mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun dan kekayaan alam pasir silika merupakan anugerah yang harus dioptimalkan. Potensi

pengembangan energi surya sangat besar, tercatat Indonesia memiliki potensi energi surya sebesar 207.898 MW per-hari [5-6]. Indonesia adalah negara yang beriklim tropis yang memperoleh sinar matahari sepanjang tahun. Indonesia terletak pada koordinat 6°LU - 11°08' LS dan 95°BT - 141°45' BT, dimana berdasarkan koordinat tersebut, Indonesia berada tepat pada garis khatulistiwa. Letak tersebut sangatlah menguntungkan karena dengan begitu Indonesia memiliki sumber energi surya yang berlimpah.

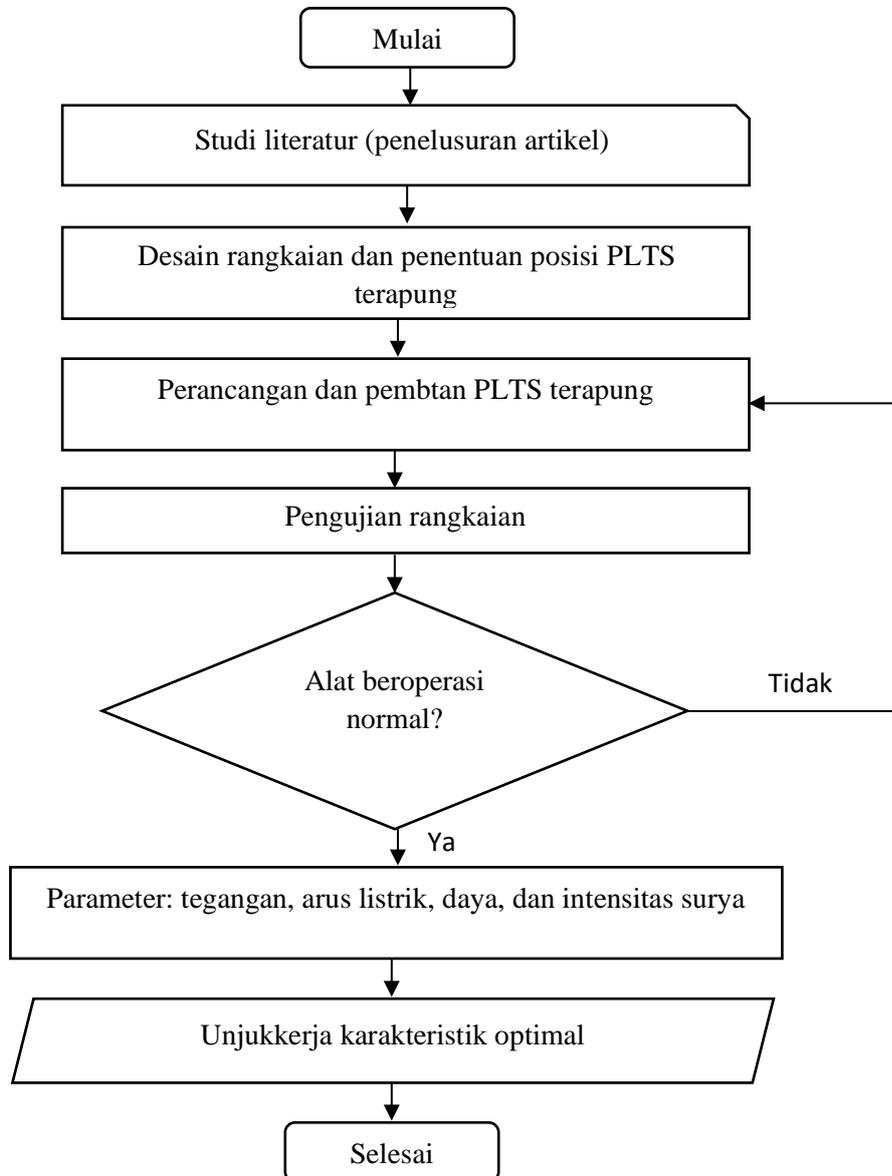
Energi surya yang memasuki atmosfer memiliki kerapatan daya rata-rata sebesar 1,2 kW/m², namun hanya sebesar 560 W/m² yang diserap bumi [7-9]. Berdasarkan angka di atas, maka energi surya yang dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas ±2 juta km² adalah sebesar 5.108 MW. Terkait dengan sumber energi, sumber energi listrik di Indonesia sangat banyak diantaranya yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang bersumber dari air, Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) yang berasal dari gas alam, Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) yang bersumber dari angin, Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) yang bersumber dari sampah dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang bersumber dari matahari. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi inovasi baru dan solusi bagi permasalahan kebutuhan listrik Indonesia [10]. Energi radiasi matahari diubah menjadi energi listrik dengan mempergunakan pembangkit listrik tenaga surya atau disebut juga teknologi photovoltaic yang terbuat dari bahan semi konduktor, yang disebut solar cell. Pembangunan PLTS bisa dalam skala kecil dan bisa juga dalam skala besar. Pembangunan ini disesuaikan dengan kebutuhan. Pembangunan PLTS dalam skala kecil biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik perumahan atau sering disebut solar home system (SHS), pompa air, televisi komunikasi, dan lain-lain. Sedangkan pembangunan PLTS dalam skala besar bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik 1 desa. Namun, semakin besar daya yang dihasilkan maka semakin besar pula kebutuhan lahan untuk pembangkit listrik [11-12]. Sistem PLTS terapung bisa menjadi salah satu solusi untuk mengatasi kebutuhan lahan. Salah satu tempat yang efektif untuk pembangunan PLTS terapung ini adalah tambak. Tambak dalam perikanan adalah kolam buatan, biasanya di daerah pantai yang diisi air dan dimanfaatkan sebagai sarana budidaya perairan. Hewan yang dibudidayakan adalah hewan air, terutama ikan, udang, serta kerang. Penyebutan "tambak" ini biasanya dihubungkan dengan air payau atau air laut. Hal tersebut merupakan suatu keuntungan PLTS Apung bagi negara Indonesia untuk diaplikasikan dalam skala besar karena sebagian besar wilayahnya adalah perairan karena dapat menghemat lahan daratan dan tidak mengurangi lahan pemukiman. Berdasarkan standar SNI 8395 tahun 2017 yaitu beberapa sel surya yang digabungkan menjadi sebuah perangkat yang berfungsi mengubah energi matahari menjadi energi listrik dan modul surya adalah komponen utama pada sistem PLTS [13-14]. Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan modul surya pada saat adanya cahaya matahari dan mengeluarkan energi listrik saat modul surya tidak dapat menghasilkan energi listrik. Pada kondisi normal baterai digunakan hanya saat malam hari atau ketika tidak ada cahaya matahari. Namun, apabila pada siang hari modul surya tidak mampu memenuhi kebutuhan beban maka baterai akan membantu memenuhi kebutuhan beban. Sifat baterai adalah menyimpan dan mengeluarkan energi pada proses reaksi kimia. Solar Charge Controller (SCC) adalah salah satu komponen dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya. Fungsi utama dari solar charge controller adalah untuk menjaga banyaknya muatan yang berasal dari modul surya yang mengalir ke baterai untuk menghindari baterai overcharge [15-16].

Berdasarkan permasalahan diatas pemanfaatan perairan atau danau yang menggantikan lahan/daratan untuk PLTS terapung akan menjadi solusi yang tepat seiring dengan program pemerintah untuk mengurangi emisi gas buang dari pembangkit listrik konvensional/fosil yang mencemari lingkungan. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem PLTS terapung pada budidaya ikan dengan memanfaatkan sumber energi surya. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan PLTS Terapung menggunakan energi surya sebagai sumber energi yang digunakan dalam sistem aerasi kolam ikan. PLTS Terapung memiliki efisiensi pendinginan dan perpindahan panas yang baik karena berada di media air. Hal

tersebut sangat baik untuk penggunaan photovoltaic pada area-area yang memiliki iradiasi matahari yang tinggi. Selain itu, pembangunan PLTS Terapung juga dapat memanfaatkan area perairan, sehingga akan memaksimalkan pemanfaatan lahan.

2. Material dan metodologi

Metode yang dilakukan peneliti dalam tahap pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terapung disajikan dalam diagram alir/flowchart pada Gambar 1 meliputi studi literatur, tahap persiapan, penentuan komponen dan spesifikasi alat, tahap pembuatan, tahap pelaksanaan pengujian, tahap pengolahan dan analisis data.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pengujian PLTS menggunakan variabel tegangan dan arus dengan variasi beban aerator masing-masing sebesar 120 W, 100 W, dan 20 W setiap 30 menit. Pengujian siang hari dimulai pukul 10.00 WIB - 16.30 WIB. Hal ini dilakukan karena pada pukul 10.00 WIB intensitas radiasi matahari dalam keadaan optimum. Sedangkan intensitas radiasi terus turun mulai pukul 15.30 WIB. Hal ini membuat pengujian dilakukan hanya sampai pukul 16.30 WIB. Peralatan yang digunakan pada

proses pengujian sistem pembangkit tenaga surya antara lain : Wmeter, aplikasi solari meter, dan stopwatch. Parameter-parameter yang diukur dalam pengujian meliputi waktu pengambilan data radiasi matahari (W/m^2), tegangan (V) dan arus (A) dari panel surya, tegangan dan arus dari baterai, tegangan dan arus dari beban. Kemudian, data yang diperoleh diolah untuk menghitung daya input dan daya output (W) dan efisiensi PLTS.

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut [17-18].

1. Perhitungan daya output panel surya

$$P_{out} = V \times I \tag{1}$$

2. Perhitungan daya input panel surya.

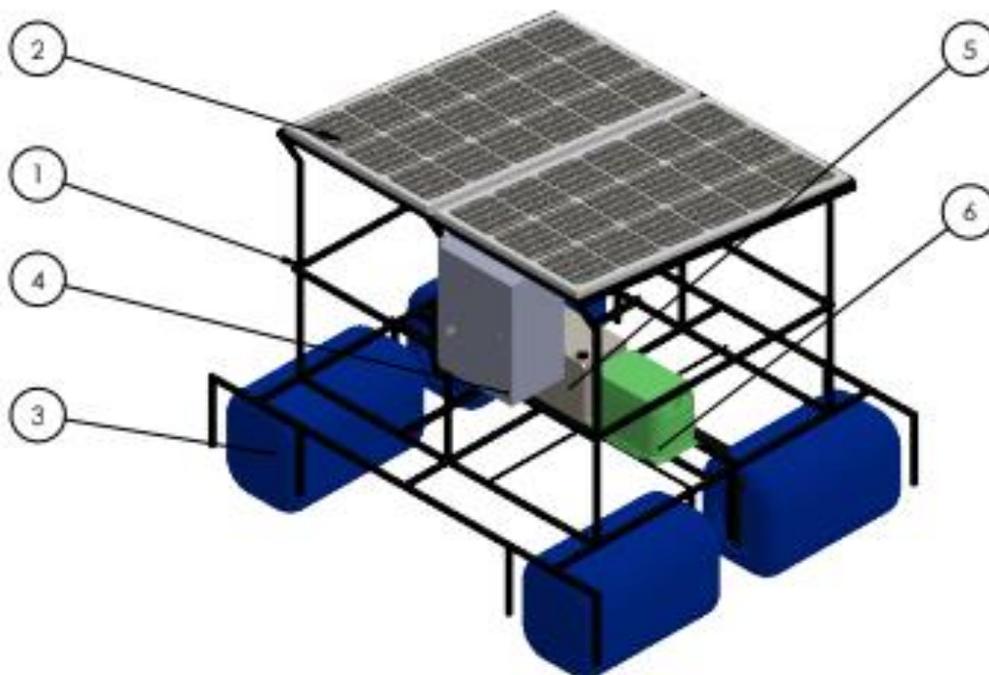
$$P_{in} = G_u \times A \tag{2}$$

3. Perhitungan efisiensi panel surya

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \tag{3}$$

dimana, P_{out} adalah daya keluaran modul (W), V adalah tegangan kerja modul (V), I adalah arus kerja modul (A), P_{in} adalah daya input panel surya (W), G_u adalah intensitas matahari yang mengenai panel (W/m^2), A adalah luas permukaan modul fotovoltaik, η adalah efisiensi panel surya (%), P_{out} adalah daya output panel surya (W), dan P_{in} adalah daya input panel surya (W).

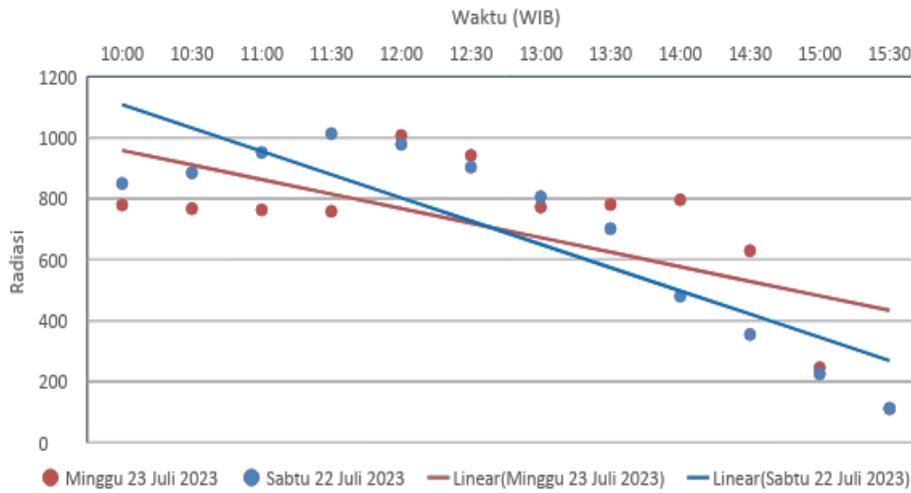
Berikut merupakan prototipe PLTS terapung sebagai penggerak aerator untuk pembudidaya ikan.



Gambar 2. Prototipe PLTS Terapung terdiri dari: 1) Rangka penyangga; 2) Panel surya; 3) Jerigen/pelampung; 4) Panel box; 5) Baterai/penyimpan energi; 6) Aerator 100 W dan 20 W

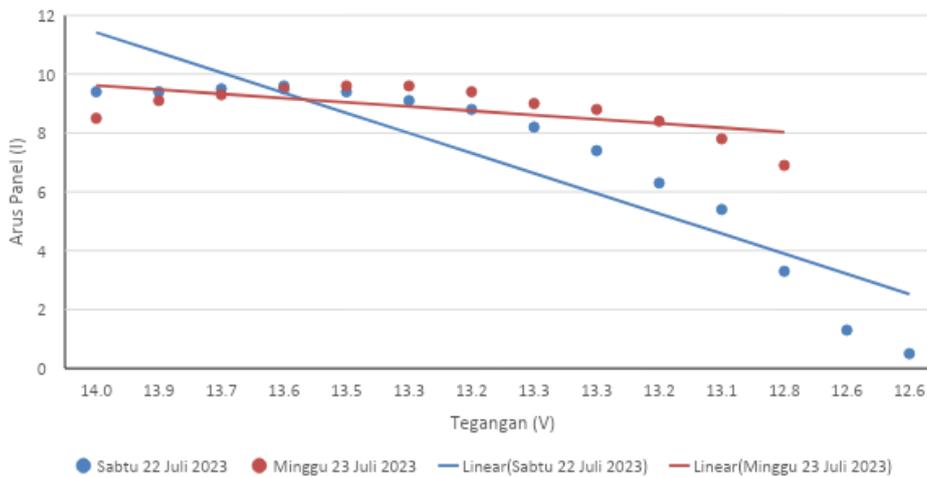
3. Hasil dan pembahasan

Dari pengujian ini diperoleh beberapa karakteristik sebagai berikut:



Gambar 3. Karakteristik hubungan antara radiasi matahari dan waktu

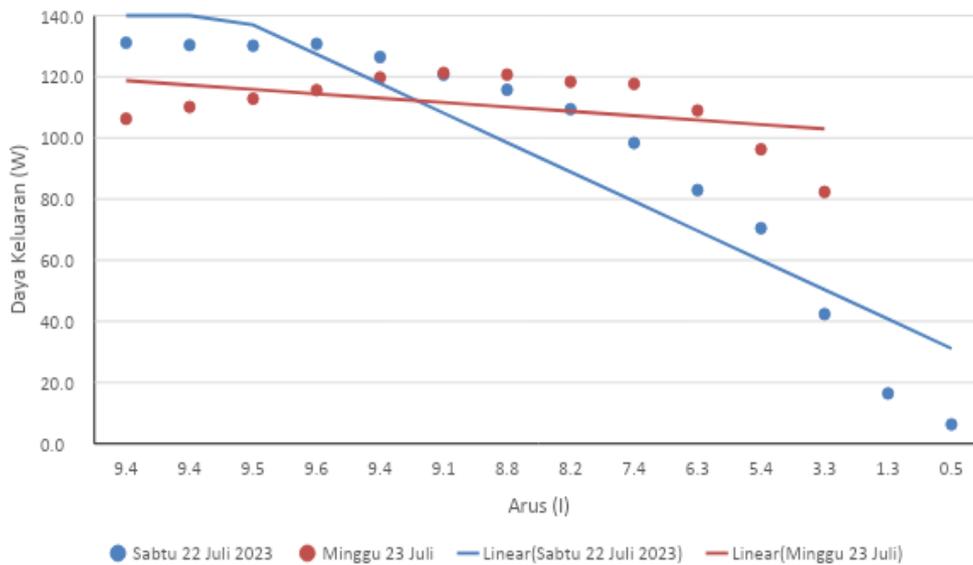
Dikarenakan keterbatasan waktu dalam pengujian radiasi matahari dan sesuai potensi rata-rata intensitas surya di lokasi pengujian, maka ada keterbatasan data yang digunakan untuk pengujian alat. Nilai radiasi matahari tertinggi dicapai pada pukul 11.00 – 13.00 WIB. Nilai radiasi Sabtu Sedangkan nilai radiasi matahari tertinggi yang dicapai pada pengujian hari Minggu sebesar 896,4 W pada pukul 12.00 WIB seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 4. Karakteristik tegangan dan arus panel surya

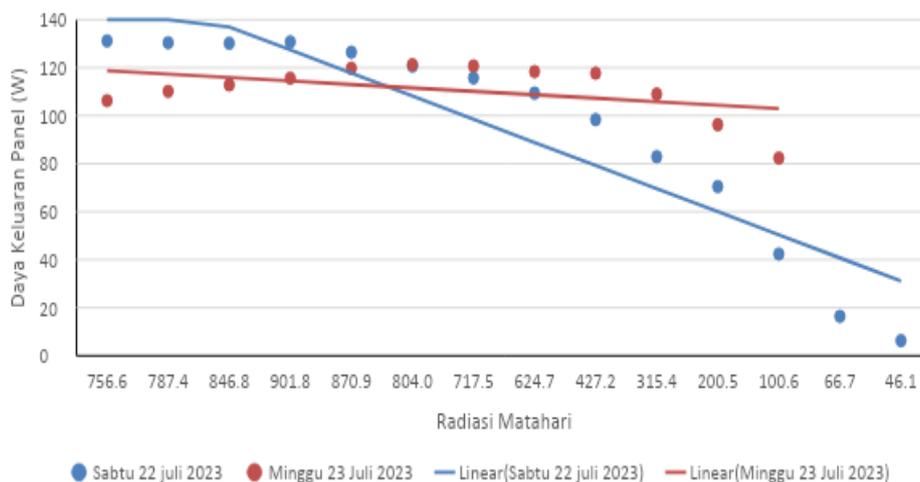
Tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya pada Gambar 4. Terlihat karakteristik tegangan dan arus panel surya tidak terlihat adanya kesinambungan, hal ini dikarenakan kedua parameter ini juga berhubungan dengan radiasi matahari yang mengenai panel surya. Misalnya pada saat cuaca cerah, radiasi yang mengenai panel semakin besar sehingga arus dan tegangannya juga semakin besar. Gambar grafik tegangan dan arus panel surya yang dihasilkan tidak sama dengan gambar 2.4 karena pada pengujian ini tidak dilakukan pengujian dengan pemaparan radiasi matahari yang sama terus

menerus mengingat pengujian yang dilakukan. Pada pengujian hari sabtu tanggal 22 Juli 2023, nilai tegangan maksimum yang diperoleh sebesar 13,95V dan arus maksimum yang diperoleh sebesar 9,5A. Sedangkan pengujian pada hari minggu tanggal 23 Juli 2023, nilai tegangan maksimum yang diperoleh sebesar 13,37V dan arus maksimum yang diperoleh sebesar 9,5A.



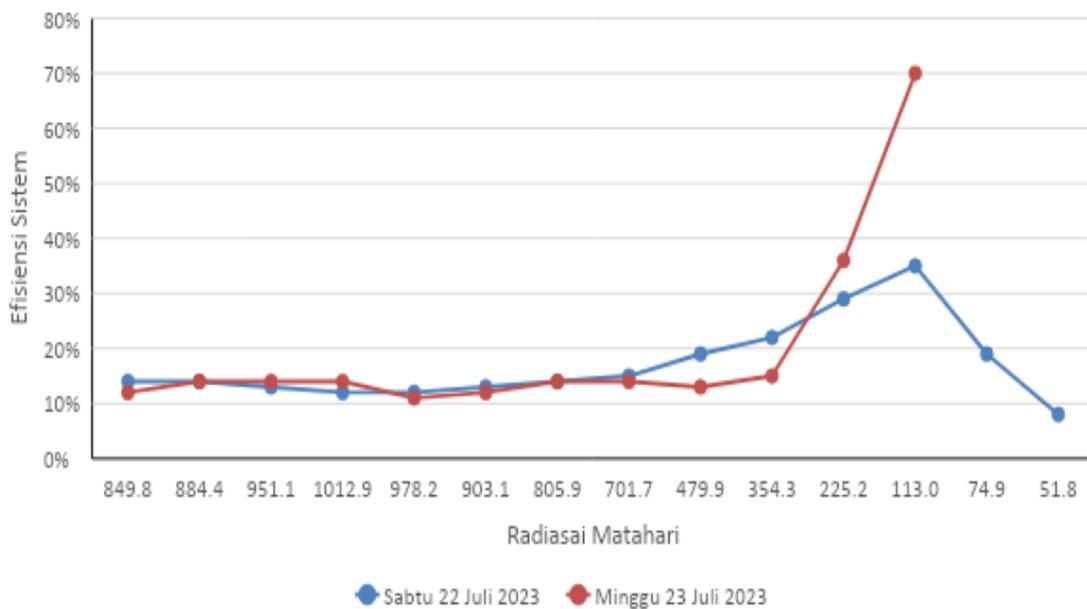
Gambar 5. Karakteristik daya keluaran dan arus panel surya

Karakteristik hubungan antara arus dan daya keluaran panel surya ditunjukkan pada Gambar 5, daya keluaran panel surya tinggi saat arus keluaran panel surya juga tinggi. Hal ini terjadi karena daya keluaran panel surya merupakan hasil dari perkalian arus dan tegangan keluaran panel surya, sehingga daya keluaran panel surya juga akan rendah saat arus keluaran panel surya rendah. Daya keluaran akan semakin menurun seiring dengan peningkatan arus listrik atau beban yang dihasilkan. Pengujian pada hari sabtu tanggal 22 Juli 2023 menghasilkan daya tertinggi sebesar 131,13 W saat arus keluaran panel sebesar 9,4 A. Sedangkan pada pengujian hari minggu 23 Juli 2023, nilai daya tertinggi yang diperoleh sebesar 121,248 W saat arus keluaran panel sebesar 9,6 A.



Gambar 6. Karakteristik radiasi matahari dan daya keluaran panel surya

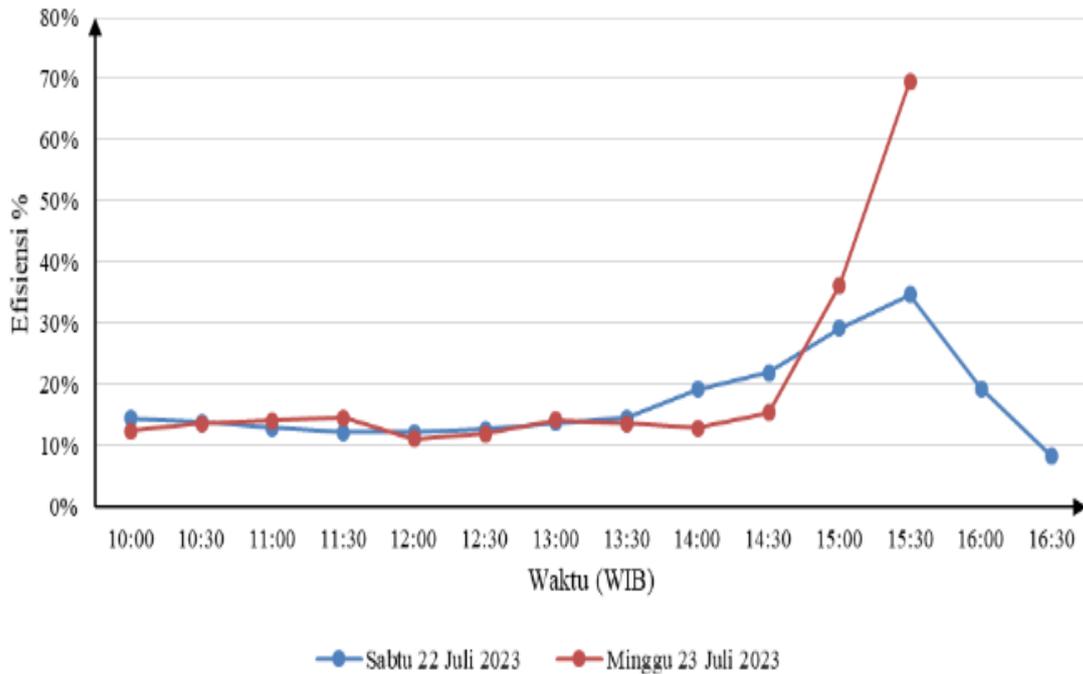
Radiasi matahari tidak terlalu tinggi yang diterima oleh panel surya, sehingga daya keluaran yang dihasilkan panel surya juga akan cenderung rendah atau kecil. Kemudian nilai daya keluaran panel surya semakin meningkat seiring dengan radiasi matahari yang mengenai panel semakin besar, pada saat ini terjadi konversi energi dari matahari menjadi energi listrik pada Gambar 6. Akan tetapi pada radiasi surya yang diterima modul surya sebesar 500 W/m^2 atau lebih, peningkatan daya keluaran panel surya yang terjadi tidak terlalu signifikan, dikarenakan pada saat bersamaan terjadi fenomena mendung yang mana radiasi matahari terhalangi oleh awan dan menutupi sebagian permukaan dari modul surya. Hal ini juga terjadi karena kapasitas modul surya yang kecil dan keterbatasan spesifikasi panel surya yang digunakan sehingga tidak semua radiasi matahari yang mengenai modul surya dapat dikonversi menjadi energi listrik. Pada pengujian hari sabtu tanggal 22 Juli 2023, daya keluaran panel surya tertinggi yang diperoleh adalah 131,13 W saat radiasi matahari yang mengenai panel sebesar $756,58 \text{ W/m}^2$. Sedangkan pada pengujian hari minggu tanggal 23 Juli 2023, nilai daya keluaran panel surya tertinggi diperoleh sebesar 121,248 W saat radiasi matahari yang mengenai panel surya sebesar $838,1 \text{ W/m}^2$.



Gambar 7. Grafik Radiasi dan Efisiensi Sistem

Nilai efisiensinya tinggi pada saat radiasi matahari berkisar 110 W/m^2 karena daya radiasi yang mengenai panel surya banyak dikonversikan menjadi energi listrik. Kemudian, nilai efisiensinya semakin menurun seiring dengan kenaikan nilai radiasi matahari yang mengenai panel surya karena radiasi matahari yang mengenai panel surya semakin banyak tetapi yang dikonversi menjadi listrik hanya sedikit ditunjukkan pada Gambar 7. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan spesifikasi panel surya. Pengujian pada hari sabtu tanggal 22 Juli 2023 diperoleh efisiensi tertinggi sebesar 35% saat radiasi matahari yang mengenai panel surya sebesar $113,02 \text{ W/m}^2$ Sedangkan pada hari minggu tanggal 23 Juli 2023, nilai efisiensi tertinggi diperoleh sebesar 70% saat radiasi matahari yang mengenai panel surya sebesar $110,7 \text{ W/m}^2$.

Besar nilai efisiensi pada pengujian hari Sabtu dan pengujian pengosongan baterai pada hari Minggu. Nilai Efisiensi tertinggi pada pengujian hari Sabtu adalah 19% pada pukul 14.00 WIB, nilai efisiensi terendah 8% pada pukul 16.30 WIB. Nilai efisiensi tertinggi pengujian pengisian baterai pada hari Minggu tertinggi adalah 70% pada pukul 15.30 WIB, nilai efisiensi terendah 11% pada pukul 12.00 WIB.



Gambar 8. Karakteristik efisiensi terhadap waktu

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengambilan data serta analisa yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut. Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan, menghasilkan alat uji PLTS terapung sesuai perhitungan dengan kemiringan panel surya sebesar 12° . Berdasarkan pengujian alat yang telah dilakukan, pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terapung untuk Aerator dengan kapasitas 200 Wp mampu untuk menghidupkan aerator 120 W selama 12 jam pada siang hari dan aerator 100 W selama 8 jam pada malam hari. Pengujian PLTS terapung pada kondisi pengosongan baterai, menghasilkan tegangan output panel rata-rata sebesar 12,89 V dan arus rata-rata sebesar 6,2 A dengan lama pengambilan data selama 6 jam. Sedangkan pada kondisi pengisian baterai, menghasilkan tegangan output panel rata-rata sebesar 12,39 V dan arus rata-rata sebesar 6,6 A. Hasil penelitian diperoleh efisiensi sistem tertinggi pada kondisi pengisian baterai terjadi pada tanggal 23 Juli 2023 sebesar 19%.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada P3M Politeknik Negeri Semarang yang telah mendanai Penelitian ini melalui skim Penelitian Terapan Pratama tahun 2023.

Daftar pustaka

- [1] Alham, N. R., Rumawan, F. H., Muslimin, M., Utomo, R. M., Maulana, A., Aplikasi photovoltaic cell (pv) terhadap variasi beban elektrik sebagai energi alternatif. Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA). 2021; 5(2). <https://doi.org/10.36277/jteuniba.v5i2.92>.
- [2] Arifin, Z., Tamamy, A. J., Islahu, N., Perancangan mesin pompa air tenaga surya untuk mengurangi konsumsi listrik skala rumahan. Jurnal Nasional Teknik Elektro, 2020; 9 (2). <https://doi.org/10.25077/jnte.v9n2.758.2020>

- [3] Behera, D. D., Das, S. S., Mishra, S. P., Mohanty, R. C., Mohanty, A. M., Nayak, B. B., Simulation of solar operated grass cutting machine using PVSYST software. *Materials Today: Proceedings*; 2022. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.175>
- [4] Gönül, Ö., Duman, A. C., Barutçu, B., & Güler, Ö., Techno-economic analysis of PV systems with manually adjustable tilt mechanisms. *Engineering Science and Technology an International Journal*. 2022; 35. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2022.101116>
- [5] Govindasamy, D., & Kumar, A., Experimental analysis of solar panel efficiency improvement with composite phase change materials. *Renewable Energy*. 2023; 212. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.05.028>
- [6] Herlambang, Y. D., Hendrawati, D., Agustin, A. D., Kusuma, K. A., Wahyuningsih, S., Wigiantoro, W., Model turbin angin savonius untuk meningkatkan kinerja PLTB. *Eksergi*. 2020; 16 (1). <https://doi.org/10.32497/eksergi.v16i1.2203>
- [7] Herlambang, Y. D., Prasetyo, B., Supriyo, S., Wahyono, W., Mulud, T. H., Model turbin angin airfoil naca 4418 terhadap variasi bukaan sudut sudu pada kecepatan angin berbeda. *Jurnal Integrasi*. 2019; 11 (2). <https://doi.org/10.30871/ji.v11i2.1659>
- [8] Herlambang, Y. D., Supriyo, S., Prasetyo, B., Improved Savonius double blade performance using modified blade shaped with variations of the wind flow ratios on the blade inlet and outlet side. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019; 1108 (1). <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1108/1/012041>
- [9] Herlambang, Y. D., Surendra, M. D., Safarudin, Y. M., Pembuatan turbin double spherical sebagai upaya memperbaiki kinerja turbin spherical. *Eksergi*. 2019; 14 (3). <https://doi.org/10.32497/eksergi.v14i3.1368>
- [10] Herlambang, Y. D., & Wahyono, W., Rancang Bangun turbin angin poros horizontal 9 sudu flat dengan variasi rasio lebar sudu top dan bottom untuk meningkatkan kinerja PLTB. *Eksergi*. 2019; 15 (2). <https://doi.org/10.32497/eksergi.v15i2.1508>
- [11] Husnayain, F., Analisis rancang bangun PLTS ON-Grid hibrid baterai dengan PVSYST pada kantin teknik FTUI. *Electrices*. 2020; 2 (1). <https://doi.org/10.32722/ees.v2i1.2846>
- [12] Kristiawan, H., Kumara, I. N. S., Giriantari, I. A. D., Potensi pembangkit listrik tenaga surya atap gedung sekolah di kota Denpasar. *Jurnal Spektrum*. 2019; 6 (4), 66. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2019.v06.i04.p10>
- [13] Oliveira-Pinto, S., & Stokkermans, J., Assessment of the potential of different floating solar technologies – Overview and analysis of different case studies. *Energy Conversion and Management*. 2020. 211. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112747>
- [14] Qin, J., & Hu, E., The impact of solar radiation on the annual net solar to power efficiency of a solar aided power generation plant with twelve possible “configuration-operation” combinations. *Energy Procedia*. 2017. 105. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.294>
- [15] Shyam, B., & Kanakasabapathy, P., Feasibility of floating solar PV integrated pumped storage system for a grid-connected microgrid under static time of day tariff environment: A case study from India. *Renewable Energy*. 2022; 192. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.04.031>
- [16] Sugiono, F. A. F., Larasati, P. D., Karuniawan, E. A., Pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap potensi

pemanfaatan plts rooftop di bengkel teknik mesin, Politeknik Negeri Semarang. Jurnal Rekayasa Energi. 2022; 1 (1).
<https://doi.org/10.31884/jre.v1i1.5>

- [17] Sutanto, B., Herlambang, Y. D., Bono, B., Alfauzi, A. S., Munawwaroh, D. A., Optimalisasi arah sudut tilt dan sudut azimuth dari alat pemanen energi radiasi matahari di Semarang, Jawa Tengah. Eksergi. 2021; 17 (2).
<https://doi.org/10.32497/eksergi.v17i2.2545>
- [18] Yusuf Dewantoro Herlambang, S., Model turbin savonius 1-tingkat sebagai penggerak mula pompa air. EKSERGI Jurnal Teknik Energi. 2013 Agustus; 9.