

Pengaruh Panel Surya Bentuk Flat dan Flexy Terhadap Daya Pengisian Baterai Sepeda Listrik

Asrori Asrori^{1*}, Faizul Ahmad Jatmiko², Mohammad Noor Hidayat³, Dony Perdana⁴

^{1,2}Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

³Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

⁴Teknik Mesin, Universitas Maarif Hasyim Latif, Indonesia

Email: asrori@polinema.ac.id*

Received 1Maret 2023 | Revised 15 Maret 2023 | Accepted 25 Maret 2023

ABSTRAK

Perkembangan dunia global dan isu emisi nol (zero emission) telah menjadi blue print energi dari semua negara. Salah satunya adalah terobosan teknologi transportasi yang ramah lingkungan. Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi kendaraan listrik telah berkembang pesat. Selain dari desain dan performansi, konsep hybrid panel surya dengan kendaraan listrik juga banyak dilakukan oleh banyak peneliti. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performansi pengisian baterai pada sepeda listrik yang dihasilkan oleh dua bentuk panel surya yang berbeda (flat dan flexy). Metode penelitian true experimental dilakukan dengan monitoring data dari sensor tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan panel surya. Sedangkan radiasi matahari diukur dengan solar power meter. Daya listrik yang dihasilkan panel surya digunakan untuk pengisian baterai sepeda listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada radiasi matahari maksimum terjadi pada jam 13.00 WIB sebesar 1008 W/m². Panel surya bentuk flat menghasilkan daya listrik sebesar 58,94 Wh Sedangkan bentuk flexy sebesar 44,87 Wh. Sehingga panel surya bentuk flat lebih efisien dibandingkan dengan flexy untuk pengisian baterai pada sepeda listrik.

Kata kunci: panel surya flat, panel surya flexy, daya pengisian, baterai, sepeda listrik

ABSTRACT

The development of the global world and the issue of zero emissions has become an energy blueprint for all countries. One of them is the breakthrough of environmentally friendly transportation technology. In recent years, electric vehicle technology has developed rapidly. Apart from design and performance, the concept of hybrid solar panels with electric vehicles is also being carried out by many researchers. Therefore, this study aims to analyze the charging performance of electric bicycle batteries produced by two different forms of solar panels (flat PV and flexy PV). The true experimental research method was carried out by monitoring data from sensors of voltage, current, and electric power generated by solar panels. While solar radiation is measured with a solar power meter. The electricity generated by the solar panels is used to charge the electric bicycle battery. The results showed that the maximum solar irradiation occurred at 01.00 pm at 1008 W/m². Flat platform solar panels produce electricity of 58.94 Wh while flexible form 44.87 Wh. Therefore, flat solar panels are more efficient than flexy for charging batteries on electric bicycles.

Keywords: solar panel, flat PV, flexy PV, charging power, battery, electric bicycle

1. PENDAHULUAN

Perkembangan kendaraan listrik dalam lima tahun terakhir ini mengalami peningkatan yang sangat pesat. Menurut Lienert & Chan [1] menunjukkan bahwa dari 29 produsen mobil global ternama berencana berinvestasi hampir US\$ 300 dalam 10 tahun kedepan untuk pengembangan mobil listrik, dengan 45% dari investasi itu diproyeksikan akan terjadi di China. Sementara itu dalam laporan Global EV Outlook 2022 [2], penjualan kendaraan listrik naik dua kali lipat pada 2021 dari tahun sebelumnya menjadi rekor baru 6,6 juta. Pada tahun 2021, hampir 10% dari penjualan mobil global adalah kendaraan listrik atau empat kali lipat pangsa pasar pada tahun 2019. Hal ini membuat jumlah total mobil listrik di jalan raya dunia menjadi sekitar 16,5 juta, tiga kali lipat dari jumlah pada tahun 2018. Sehingga diprediksi dalam tahun berikutnya, untuk penjualan global mobil listrik akan terus mengalami peningkatan secara signifikan.

Kendaraan listrik merupakan salah satu konsep alat transportasi modern yang ramah lingkungan [3-6]. Kendaraan listrik ini tidak mengeluarkan emisi gas buang sebagaimana yang terjadi pada kendaraan konvensional yang menggunakan Bahan Bakar Minyak (BBM). Sejak tahun 2008 terjadi kebangkitan dalam produksi kendaraan listrik, hal ini akibat adanya inovasi teknologi baterai dan komitmen negara-negara di dunia untuk mengurangi emisi gas rumah kaca yang menyebabkan global warming [7-9]. Salah satu tipe kendaraan listrik yang sekarang berkembang pesat adalah sepeda listrik (Electric Bicycle). Sepeda listrik merupakan alat transportasi yang cocok untuk mendukung konsep smart city yang ramah lingkungan, mudah digunakan dan memiliki dimensi yang kecil dibandingkan dengan kendaraan lainnya [10-11]. Dalam operasionalnya, sepeda listrik ini menggunakan baterai/accu sebagai sumber energi untuk menggerakkan motor listrik. Sumber energi listrik yang digunakan untuk mengisi ulang baterai pada umumnya berasal dari sambungan listrik rumah (PLN) [12].

Sementara itu sebagai negara dengan letak geografis di sekitar garis katulistiwa, Indonesia mendapat paparan sinar matahari yang cukup optimal [13]. Sepanjang pagi sampai sore hampir di seluruh wilayah Indonesia mampu mendapat paparan sinar matahari [14]. Energi sinar matahari yang dipancarkan dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya. Saat ini perkembangan teknologi dalam pembuatan panel surya yang lebih baik dari segi material, bentuk (model), ukuran, dan tingkat efisiensi adalah hal yang menjanjikan [15-16]. Panel surya (photovoltaic) akan meningkat performansinya dalam kondisi cuaca cerah dan durasi penyinaran matahari yang lama atau Lama Penyinaran Matahari (LPM). Energi listrik dari panel surya tersebut dapat disimpan dalam baterai, sehingga dapat digunakan untuk berbagai aplikasi [17]. Pemanfaatan energi surya sangat bergantung pada sinar matahari dan beberapa faktor lainnya, maka diperlukan perencanaan yang baik berkaitan dengan desain dan penerapan teknologinya [18].

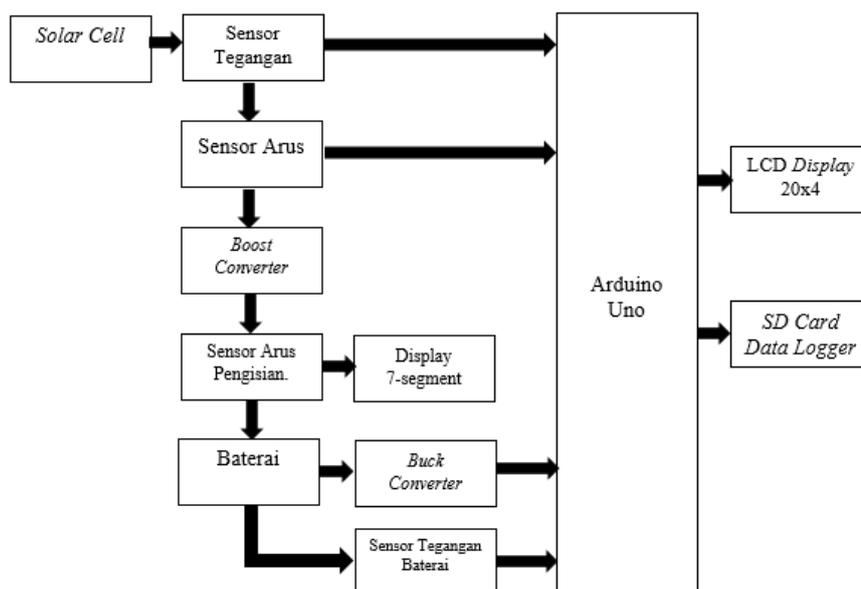
Beberapa penelitian dalam rangka untuk mengkombinasikan sumber energi surya dengan kendaraan listrik, telah banyak dilakukan. Sistem kerja sepeda listrik sistem solar hybrid ini adalah pemanfaatan energi matahari dengan pemasangan panel surya pada sepeda listrik. Panel surya akan menghasilkan energi listrik yang dapat disimpan pada baterai, sehingga dapat digunakan untuk menggerakkan sepeda listrik [19-22]. Firman dkk [23] memodifikasi sepeda listrik pabrikan dengan sebuah panel surya 50 Wp (Watt Peak) dan membandingkan kecepatan sepeda listrik sebelum dan sesudah menggunakan panel surya pada jalan datar dan menanjak. Hasilnya kecepatan sepeda listrik tanpa panel surya rata-rata 14,5 km/jam pada jalan datar dan 10,9 km/jam pada kondisi jalan menanjak. Sedangkan sepeda listrik yang menggunakan panel surya dapat mencapai 17,7 km/ jam pada jalan datar dan 13,7 km/jam pada jalan menanjak. Sedangkan Nainggolan dkk [24] melakukan perancangan sepeda listrik tenaga surya dengan menggunakan motor listrik 36 VDC/250 W, Panel surya 40 Wp dan baterai berkapasitas 324 Wh. Hasil

perancangannya menunjukkan bahwa untuk menggerakkan sepeda listrik dengan kecepatan 5,556 m/s dengan asumsi massa pengendara 70 kg diperlukan daya motor sebesar 160,278 W dan jika menggunakan panel surya 40 Wp dan kapasitas baterai sebesar 468 Ah, maka sepeda dapat menempuh jarak 11,23 km. Selanjutnya, pengembangan dan perakitan untuk kendaraan listrik tenaga surya juga dilakukan oleh Prasetyo dkk [25]. Mereka mengembangkan alat control charging panel surya menggunakan arduino nano untuk sepeda listrik niaga. Hasil pengujian, daya rata rata pengisian baterai menggunakan panel surya 100 Wp yang diuji adalah 39,03 W dengan waktu 160 menit, rata-rata efisiensi 85,82% dan hasil tegangan aki dari 11 VDC menjadi 12,5 VDC. Sedangkan daya rata rata pengisian aki menggunakan panel surya 300 Wp yang diuji adalah 57,43 W dengan waktu 50 menit, rata-rata efisiensi 88,48% dan tegangan aki dari 11,0 VDC menjadi 12,2 VDC.

Penelitian ini bertujuan menganalisa pengaruh penggunaan bentuk flexible dan flat panel surya terhadap pengisian daya baterai pada solar e-bicycle hybrid. Data output tegangan dan arus dari kedua bentuk panel surya tersebut diharapkan dapat memberikan rekomendasi tipe panel surya yang mempunyai efisiensi tinggi.

2. METODOLOGI

Panel surya (photovoltaic) menangkap radiasi dari energi sinar matahari, selanjutnya radiasi tersebut dikonversi menjadi daya listrik. Radiasi matahari diukur menggunakan alat Solar Power Meter SM-206. Daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya disalurkan menuju boost converter untuk menaikkan tegangan dari panel surya, sehingga sesuai dengan tegangan pengisian baterai sepeda listrik. Arus keluaran boost converter yang menuju baterai akan dibaca oleh sensor arus pengisian. Output tegangan dan arus panel surya diukur menggunakan sensor tegangan dan sensor arus. Sensor tersebut akan mengirimkan data ke arduino sehingga dapat ditampilkan pada LCD dan secara bersamaan data akan tersimpan pada SD Card. Daya listrik yang didapat dan tersimpan pada baterai dapat gunakan untuk menggerakkan motor Brushless Direct Current (BLDC). Skema experimental set-up dari sistem pengisian baterai sepeda listrik ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Skema experimental set-up

Variabel dalam penelitian true experimental ini terdiri dari: 1) variabel bebas berupa bentuk panel (flat dan flexy) dan waktu lokal (t). 2) variabel terikat yaitu radiasi matahari (I_r) tegangan (V), dan arus (I) dari panel surya. Sehingga dari tegangan dan arus ini dapat diketahui daya dan energi yang dihasilkan oleh panel surya. Pengambilan data dimulai dari pukul 06:00 – 17:00 WIB. Panel surya ditempatkan dibawah paparan sinar matahari dan digunakan langsung untuk pengisian baterai sepeda listrik.

Perlengkapan komponen utama dan instrumen ukur yang digunakan dalam sepeda listrik bertenaga surya ini ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi teknis perlengkapan penelitian

No.	Peralatan	Spesifikasi
1	Sepeda listrik	BLDC 250 W
2	Baterai	3 x @12V/12Ah ; VRLA
3	Panel Surya tipe flat	Monocrystalline; 100 Wp; 17,8 V; 5,62 A; 8 kg
4	Panel Surya tipe flexy	Monocrystalline; 100 Wp; 16 V; 6,25 A; 1,9 kg
5	Minimum System	Boost converter ; Buck converter; Sensor arus ACS712; Sensor tegangan; mikrokontroler Arduino Uno; Module RTC DS3231; LCD 20×4; SD Card data logger
6	Solar Power Meter	SM-206; W/m ² or Btu; ± 0.1 W/m ²

Desain panel surya pada sepeda listrik terdiri dari desain mekanik dan elektronik. Desain mekanik berupa rangka untuk pemasangan perangkat panel surya pada sepeda listrik. Sedangkan, desain elektronik berupa rangkaian elektronik untuk sistem kinerja perangkat panel surya yang digunakan untuk sistem pengisian baterai sepeda listrik. Pengujian daya pengisian baterai pada prototipe sepeda listrik tenaga surya dengan menggunakan dua bentuk panel surya yang berbeda ditunjukkan dalam Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Sepeda listrik dengan panel surya bentuk *Flat*

Gambar 3 menunjukkan foto rakitan panel surya tipe flat yang terpasang pada sepeda listrik. Panel surya berkapasitas 100 Wp (Wattpeak) ini mempunyai dimensi 1030 x 670 x 30 mm. Rangka panel dirakit dari proses pemotongan besi, besi akan dilas sesuai dengan desain yang sudah direncanakan. Rangka dibuat dari bahan besi pipa dengan diameter 18 mm dan ketebalan 1,3 mm dan dilakukan pengelasan untuk penyambungan pada beberapa bagian dan kemudian dilakukan finishing dengan pengecatan.



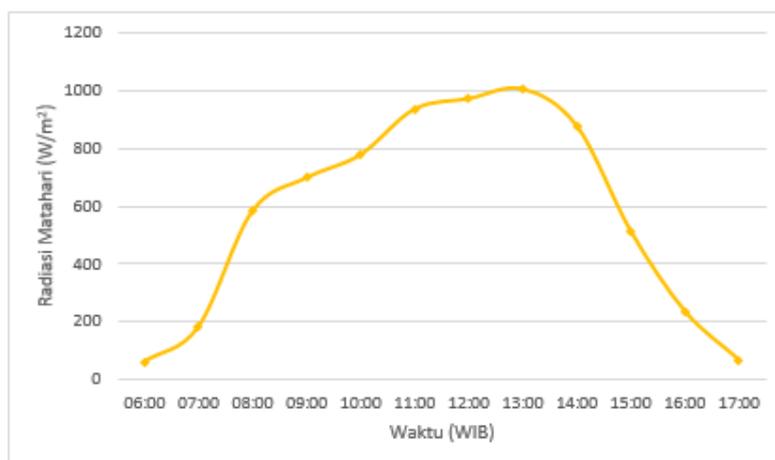
Gambar 4. Sepeda listrik dengan panel surya bentuk *Flexy*

Gambar 4 merupakan panel surya berbentuk flexy dengan ukuran 1050 x 540 x 18 mm. Spesifikasi material rangka yang digunakan sama dengan tipe flat. Namun demikian secara desain dan bobot dari rangka tipe flexy lebih ringan dan praktis. Panel surya flexy ini selanjutnya dipasang pada kerangka penopang atau frame yang berbentuk melengkung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Grafik radiasi matahari terhadap waktu lokal

Hasil pengukuran radiasi matahari mulai pukul 06.00 – 17.00 WIB, di tampilkan dalam Gambar 5.

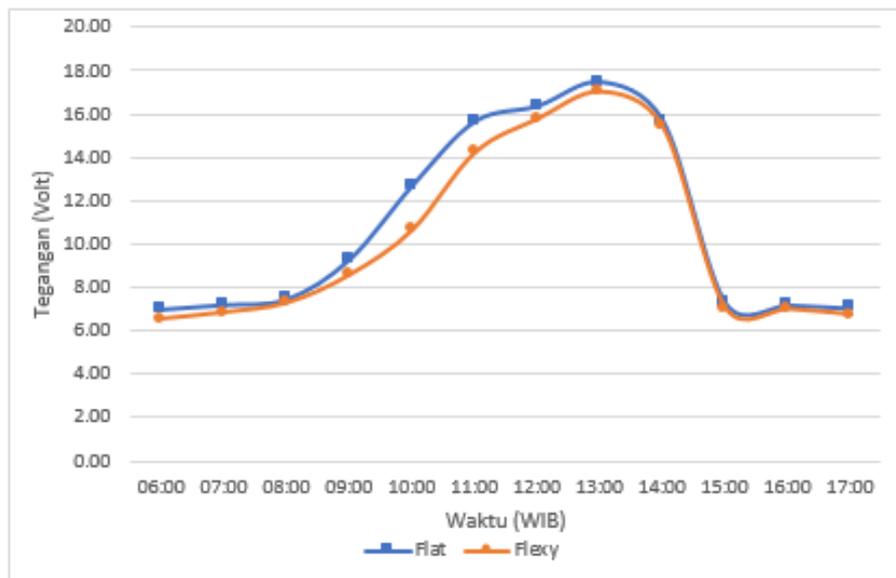


Gambar 5. Grafik Hubungan Radiasi Matahari Terhadap Waktu

Grafik pengaruh radiasi matahari terhadap waktu, tampak seperti dalam Gambar 5. Pada pukul 06.00-13.00 WIB tingkat radiasi matahari cenderung mengalami kenaikan dikarenakan pada saat rentang waktu tersebut matahari terus bertambah terik. Sementara itu, pada pukul 13.00 WIB panel surya mampu mendapatkan paparan sinar matahari optimal dan ini merupakan puncak radiasi tertinggi, dengan tingkat radiasi mencapai nilai 1008 W/m^2 . Dengan kondisi matahari sudah sangat terik, dominan tidak tertutup awan, dan posisi matahari cenderung tepat berada diatas permukaan panel surya, sehingga radiasi matahari yang didapat maksimal. Radiasi matahari terendah pada pukul 06.00 WIB dengan tingkat radiasi hanya mencapai nilai 59 W/m^2 . Kemudian, Pada pukul 13.00-17.00 WIB tingkat radiasi matahari cenderung menurun. Tingkat radiasi matahari yang semula bernilai 1008 W/m^2 pada pukul 13.00 WIB, menjadi terus menurun sampai bernilai 65 W/m^2 pada pukul 17.00 WIB. Hal ini dikarenakan matahari condong dan terus bergerak ke Barat untuk menuju tenggelam.

3.2 Grafik Tegangan Panel Surya Terhadap Waktu

Grafik perbandingan tegangan output antara panel surya flat dan panel surya flexy dari rentang waktu 06.00 – 17.00 WIB, tampak pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan Waktu Terhadap Tegangan Keluaran Panel Surya

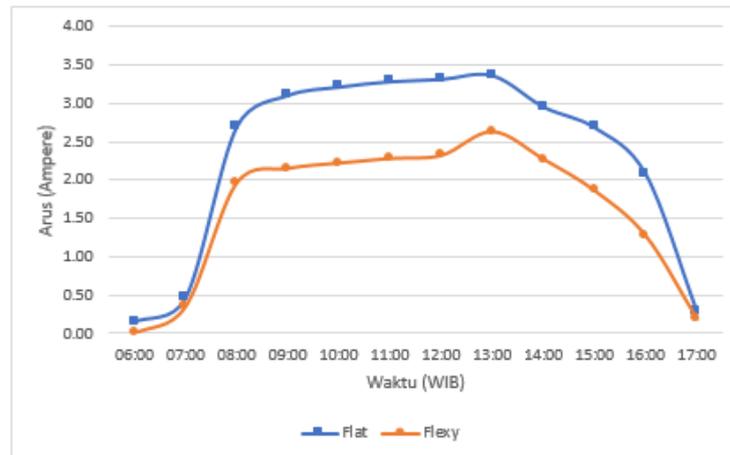
Gambar 6 merupakan grafik perbandingan antara penggunaan panel surya flat dan panel surya flexy dari rentang waktu terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan panel surya. Pada pukul 06.00-08.00 WIB tingkat tegangan yang dihasilkan masih kecil dikarenakan pada waktu tersebut tingkat radiasi matahari masih sangat rendah. Dari penerapan panel surya yang digunakan, bentuk panel flat dan flexy mampu menghasilkan tegangan keluaran yang berbeda. Grafik pada Gambar 6 menunjukkan pada panel flat mampu menghasilkan nilai tegangan lebih besar dari pada panel flexy, untuk setiap jamnya. Pada pukul 08.00-11.00 WIB tegangan yang dihasilkan panel surya naik secara drastis bersamaan meningkatnya tingkat radiasi matahari dan terus mengalami kenaikan pada pukul 11.00-13.00 WIB.

Sedangkan puncak tegangan dari luaran panel surya terjadi pada pukul 13.00 WIB. Posisi sinar matahari yang tegak terhadap permukaan panel akan menyebabkan semakin optimal penangkapan radiasi matahari sehingga tegangan yang dihasilkan juga semakin besar [26]. Nilai tegangan maksimum terjadi pada pukul 13.00 WIB, untuk panel surya flat dan flexy masing masing adalah 17,49 V dan 17,06 V.

Hasil pengujian menunjukkan panel surya flat cenderung mampu menghasilkan tegangan keluaran yang lebih besar dari pada panel flexy.

3.3. Grafik Arus Luaran Panel Surya Terhadap Waktu

Gambar 7 terlihat grafik perbandingan arus luaran panel surya flat dan panel surya flexy selama rentang waktu jam 06.00 – 17.00 WIB. Pada gambar 7 tampak adanya pola yang sama dengan gambar 5 yaitu tergantung dari besar/kecilnya jumlah intensitas radiasi matahari yang ditangkap panel surya.

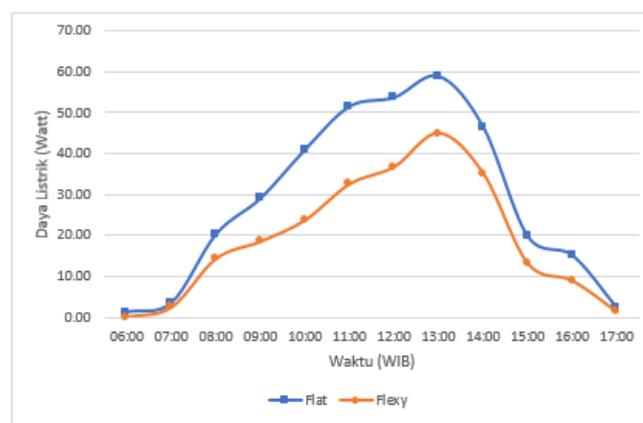


Gambar 7. Grafik Hubungan Arus Keluaran Panel Surya Terhadap Waktu

Kenaikan arus mulai tampak pada pukul 07.00-08.00 WIB. Arus keluaran panel surya naik secara drastis dikarenakan matahari yang bertambah terik dan terus mengalami kenaikan secara linier pada pukul 08.00-13.00 WIB. Apabila dibandingkan dengan pola output tegangan, arus ini lebih dominan dan nampak jelas pola kenaikannya. Sebagaimana yang telah dibahas sebelumnya, tingkat radiasi optimum juga akan menyebabkan kenaikan arus yang optimum. Pada saat pukul 13.00 WIB menunjukkan puncak grafik tertinggi arus yang dihasilkan panel surya, dimana arus panel flat dan flexy masing-masing adalah 3,37 A dan 2,63 A. Sama halnya dengan pola tegangan, panel flat cenderung mampu menghasilkan arus keluaran yang lebih besar dari pada panel flexy.

3.4. Grafik Daya Panel Surya Terhadap Waktu

Daya output panel surya merupakan hasil kali dari arus dan tegangan, sehingga dari hasil pengukuran diperoleh grafik daya panel, sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar 8.

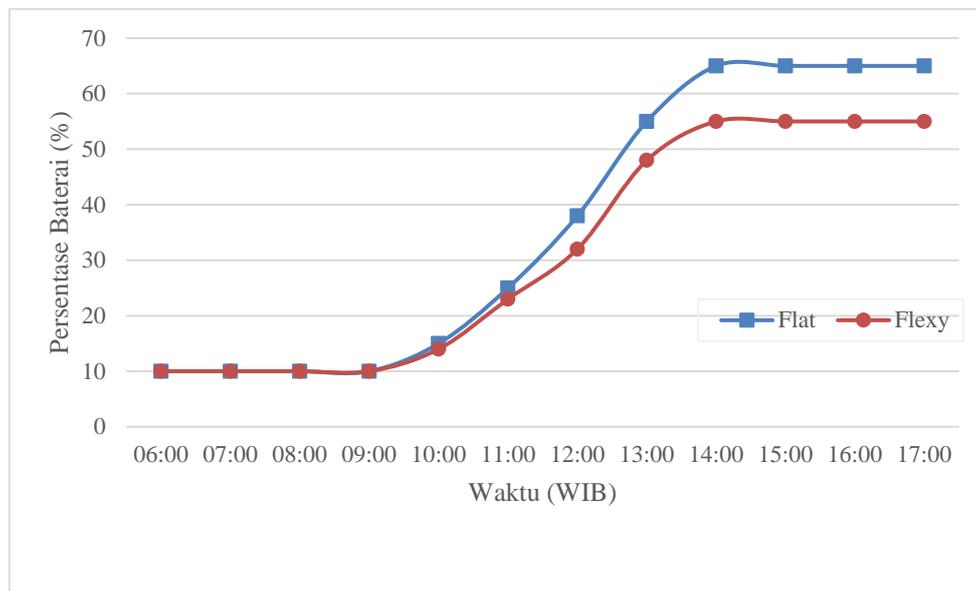


Gambar 8. Grafik Hubungan Daya Keluaran Panel Surya terhadap Waktu

Pada pukul 13.00 WIB menunjukkan puncak grafik tertinggi daya pengisian yang dihasilkan panel surya, yaitu mencapai 58,94 Watt untuk panel flat dan 44,87 Watt untuk panel flexy. Panel flat cenderung mampu menghasilkan daya pengisian yang lebih besar dari pada panel flexy.

3.5 Perbandingan Prosentase Daya Pengisian Baterai

Gambar 9 menunjukkan perbandingan antara penggunaan panel surya flat dan panel surya flexy terhadap persentase baterai dalam rentang waktu pengujian. Daya listrik yang dihasilkan panel surya, menyebabkan terjadinya pengisian energi listrik yang menuju dan disimpan pada baterai sepeda listrik. Seiring dengan adanya pengisian baterai, persentase baterai juga mengalami penambahan terus menerus. Adapun posisi awal kapasitas baterai atau kondisi State of Charge (SOC) Baterai adalah terukur 10 %.



Gambar 9. Grafik Hubungan Prosentasi Pengisian Baterai Terhadap Waktu

Kenaikakan secara signifikan tampak pada rentang waktu 10.00-14.00 WIB. Selama rentang waktu setiap jam. Persentase baterai dari panel surya flat bertambah sebesar 5%, 10%, 13%, 17%, dan 10%. Sedangkan untuk panel flexy, persentase baterai bertambah sebesar 4%, 9%, 9%, 16%, dan 7%. Selanjutnya pada pukul 14.00 WIB merupakan puncak persentase baterai yang diperoleh dari panel surya flat dan flexy masing-masing menunjukkan nilai sebesar 65% dan 55%. Sehingga dengan demikian persentase pengisian baterai menggunakan panel surya flat cenderung lebih besar dibandingkan flexy. Sedangkan antara jam 06.00 – 09.00 hampir tidak terjadi proses charging. Hal ini dikarenakan tingkat radiasi matahari yang masih rendah menyebabkan nilai tegangan keluaran panel pada saat itu kurang dari 9 V. Kondisi tegangan tersebut menyebabkan boost converter (step up) tidak dapat bekerja untuk menaikkan tegangan pengisian baterai sebesar sebesar 38 V.

Karakteristik panel surya flat cenderung menghasilkan daya pengisian lebih besar dari pada yang bentuk flexy. Ada beberapa faktor yang menyebabkan, diantaranya: 1) Luasan permukaan penangkapan panel surya tipe flat lebih luas. Dimana luas permukaan flat = $0,69 \text{ m}^2$ dan panel flexy = $0,56 \text{ m}^2$. Luas permukaan panel surya secara langsung bertambahnya komposisi elektron dalam PV dalam menerima paparan sinar atau radiasi matahari sehingga akan mempengaruhi besar daya luaran panel surya [27]. Faktor kedua, 2) Bentuk permukaan penangkapan panel, dimana panel flat berbentuk datar sedangkan panel flexy cenderung melengkung atau cembung. Bentuk dari permukaan panel ini dapat

mempengaruhi radiasi yang jatuh pada permukaan suatu material yang dapat menyebabkan refleksi. Permukaan material cenderung memiliki reflektivitas (ρ). Refleksi sinar akan berpengaruh dalam proses penyerapan radiasi matahari. Permukaan lengkung mempunyai kecenderungan nilai reflektivitas yang besar dibandingkan permukaan datar [28]. Namun demikian dari segi ergonomi dan bobot dari panel surya, tipe flexyble solar PV (Photovoltaic) dapat menjadi keunggulan tersendiri dibandingkan dengan tipe konvensional yang datar (flat).

4. KESIMPULAN

Pada panel surya bentuk flat mampu menghasilkan daya lebih besar bila dibandingkan dengan panel surya bentuk flexy. Ketika radiasi matahari pada nilai tertinggi yaitu sebesar 1008 W/m^2 pada pukul 13.00 WIB, panel surya dengan bentuk flat mampu menghasilkan daya sebesar 58,91 Watt. Sedangkan panel surya bentuk flexy hanya mampu menghasilkan daya sebesar 44,87 Watt. Jadi, panel surya bentuk flat lebih efisien digunakan dari pada panel surya bentuk flexy untuk daya pengisian baterai sepeda listrik.

Untuk memperbesar daya yang terserap pada penerapan panel surya untuk pengisian baterai sepeda listrik, dapat dilakukan pemasangan panel surya sebagai atap sepeda listrik dan mengatur posisi panel surya terhadap arah datangnya sinar matahari. Panel surya akan menghasilkan daya pengisian yang optimal pada pukul 10.00-14.00 WIB. Selain itu, mengatur bentuk dan memperbesar luas permukaan panel surya dalam menerima paparan sinar matahari dapat memperbesar daya yang terserap, namun hal ini merupakan faktor desain yang dapat diubah dari proses pembuatan atau manufakturnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

TERIMAKASIH DISAMPAIKAN KEPADA LAB. SURYA DAN *RENEWABLE ENERGY* JURUSAN TEKNIK MESIN, POLINEMA ATAS FASILITAS PENELITIAN YANG DIBERIKAN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lienert, P & Chan, C 2019, 'A Reuters analysis of 29 global automakers', retrieved from <https://www.reuters.com/graphics/AUTOS-INVESTMENT-ELECTRIC/010081ZB3HD/index.html>
- [2] Global EV Outlook 2022, <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>. Diakses 5 Januari 2023
- [3] Ghosh, A. (2021). Electric Vehicles-Solution toward Zero Emission from the Transport Sector. World Electric Vehicle Journal , 12 (3), 1-4. <https://doi.org/10.3390/wevj12040262>
- [4] Grigore, N. A., & Kifor, C. V. (2021). Are electric vehicles eco-friendly products? A review from life cycle and sustainability perspective. MATEC Web of Conferences. 343, pp. 1-8. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202134307002>
- [5] Zhao, G., & Baker, J. (2022). Effects on environmental impacts of introducing electric vehicle batteries as storage - A case study of the United Kingdom. Energy Strategy Reviews , 40 (2022), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100819>
- [6] Ur Rehman, H., Diriken, J., Hasan, A., Verbeke, S., & Reda, F. (2021). Energy and Emission Implications of Electric Vehicles Integration with Nearly and Net Zero Energy Buildings. energies , 14 (6990), 1-30. <https://doi.org/10.3390/en14216990>

- [7] Sudjoko, C., Sasongko, N. A., Utami, I., & Maghfuri, A. (2021). Utilization of electric vehicles as an energy alternative to reduce carbon emissions. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 926, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/926/1/012094>
- [8] Yang, Z., Huang, H., & Lin, F. (2022). Sustainable Electric Vehicle Batteries for a Sustainable World: Perspectives on Battery Cathodes, Environment, Supply Chain, Manufacturing, Life Cycle, and Policy. *Advanced Energy Materials*, 12 (2200383), 1-12. <https://doi.org/10.1002/aenm.202200383>
- [9] Prajapati, M. L., Gundaliya, P. J., & Sheth, A. (2020). Case study: Solar electric vehicles in India. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 937, pp. 1-6. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/937/1/012033>
- [10] Behrendt, F. (2019). Cycling the Smart and Sustainable City: Analyzing EC Policy Documents on Internet of Things, Mobility and Transport, and Smart Cities. *Sustainability* 11 (763), 1-30. <https://doi.org/10.3390/su11030763>
- [11] Frizziero, L., Freddi, M., Bucchi, G., Coltelli, L., & Leon-Cardenas, C. (2022). Electric Bike Product Conception and Styling According to Design Trends. *Designs*, 6 (42), 1-17. <https://doi.org/10.3390/designs6030042>
- [12] Parastiwi, A., Putri, R. I., Adhisuwignjo, S., & Rifa'i, M. (2018). *Photovoltaic Terapan: Teknologi dan Implementasi*. Malang: Polinema Press.
- [13] Fery, H., Indartono, Y. S., & Suwono, A. (2017). Peningkatan Efisiensi Elektrik Modul Surya Menggunakan Bahan Berubah Fasa dan Maximum Power Point Tracking (MPPT). *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 1 (2), 154-165. <https://doi.org/10.26760/jrh.v1i2.1636>
- [14] Asrori, A., Mashudi, I., & Suyanta, S. (2019). Pengujian Rasio Kinerja Instalasi Panel Surya Tipe Silikon–Kristal pada Kondisi Cuaca Kota Malang. *Jurnal Energi Dan Teknologi Manufaktur (JETM)* , 2 (2), 11-18. <https://doi.org/10.33795/jetm.v2i02.41>
- [15] Jamal, F. A., Jamaludin, J., Raisin, S. N., Sahrim, M., Ismail, I., Balakrishnan, S. R., et al. (2021). A Study on the Self-Sustaining Solar Module by Utilizing Solar Cell from Non-Degradable Waste. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 5 (1), 27-38. <https://doi.org/10.26760/jrh.v5i1.27-38>
- [16] Baisrum, B., Setiadi, B., Jadmiko, S. W., Sudrajat, S., Wijayakusuma, V. A., & Raihan, F. Z. (2020). Solar Tracker Elektro-Pneumatik Berbasis Kendali Fuzzy. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan* , 4 (3), 179-190. <https://doi.org/10.26760/jrh.v4i3.179-190>
- [17] Gumono, G., Susilo, S. H., Setiawan, A., & Asrori, A. (2021). The Assembly and Installation of Solar Powered Public Street Lights (PJU) at Panti Asuhan Putri Aisyiah Dau Malang. *International Journal of Community Engagement Payungi*, 1 (2), 52-58. <https://doi.org/10.58879/ijcep.v1i2.13>
- [18] Asrori, A., Ramdhani, A. F., Nugroho, P. W., & Heryanto, I. (2022). Kajian Kelayakan Solar Rooftop On-Grid untuk Kebutuhan Listrik Bengkel Mesin di Polinema. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 10 (4), 830-845. <http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v10i4.830>
- [19] Salazar, E. A., Arroyave, J. F., & Gómez, F. (2017). Design and Construction of a Solar Hybrid Car (Electric Motor and Human Propulsion). *Journal of Energy and Power Engineering*, 11 (2017), 44-47. <https://doi.org/10.17265/1934-8975/2017.01.006>
- [20] Prasad, R. M., & Krishnamoorthy, A. (2018). Design, construction, testing and performance of split power solar source using mirror photovoltaic glass for electric vehicles. *Energy*, 145 (2018), 374-387. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.12.131>

- [21] Asrori, A., Rohman, F., Faizal, E., & Karis, M. (2020). The Design and Performance Investigation of Solar E-Bike using Flexible Solar Panel by Different Battery Charging Controller. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development* , 10 (3), 14431–14442. http://www.tjprc.org/view_paper.php?id=14285
- [22] Asrori, A., Harahap, M. Z., & Harijono, A. (2022). Perbandingan Performansi Panel Surya Tipe Amorphous dan Polycrystalline terhadap Daya Pengisian Baterai Lithium-Ion pada Electric Scooter. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, 7 (4), 1091-1103. <http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v7i4.1056>
- [23] Firman, M, Hasbi, M & Latif, H. (2016). Rancang Bangun Sepeda Listrik dengan Tenaga Surya sebagai Kendaraan Alternatif dan Ramah Lingkungan untuk Masyarakat. *Al Ulum Sains dan Teknologi*, 1(2), 102-107. <http://dx.doi.org/10.31602/ajst.v1i2.444>
- [24] Nainggolan, B, Inaswara, F, Pratiwi, G & Ramadhan, H. (2017). Rancang Bangun Sepeda Listrik Menggunakan Panel Surya sebagai Pengisi Baterai. *Jurnal Poli-Teknologi*, 15(3), 263-272 <http://dx.doi.org/10.32722/pt.v15i3.861>
- [25] Prasetyo, KA, Yuniarti, N & Prianto, E. (2018). Pengembangan Alat Control Charging Panel Surya Menggunakan Aduino Nano untuk Sepeda Listrik Niaga. *Jurnal Edukasi Elektro*, 2(1), 50-58. <https://doi.org/10.21831/jee.v2i1.19947>
- [26] Bahari, S., Laka, A., & Rosmiati, R. (2017). Pengaruh Perubahan Arah Sudut Sel Surya Penggunaan Energi Matahari Intensitas Cahaya Terhadap Tegangan. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi* (pp. 1-8). Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/1983/1627>
- [27] Gupta, S. K., Jindal, R., & Garg, A. (2015). Microscopic Investigations into the Effect of Surface Treatment of Cathode and Electron Transport Layer on the Performance of Inverted Organic Solar Cells. *ACS Appl Mater Interfaces*, 7 (30), 16418-27. <https://doi.org/10.1021/acsami.5b03583>
- [28] Obeidat, M. S., Melhim, B. R., & Qasim, T. (2022). The effect of changing the shape factor on the efficiency of the flexible solar modules. *Renewable Energy Focus* , 41 (June 2022), 118-132. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2022.02.009>