

Prediksi Energi Pada Panel Surya Offgrid 400 Wp Menggunakan Software Pvsyst

Energy Prediction on 400 Wp Off-grid Solar Panels Using the Pvsyst Software

Dezetty Monika¹, Muchlishah², Nuha Nadhiroh³, Indra Z⁴, Wisnu Hendri Mulyadi⁵, Mutiar⁶

^{1,2,4,5}Teknik Listrik, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, Indonesia

³Teknik Otomasi Listrik Industri, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, Indonesia

⁶Teknik Listrik, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia

dezetty.monika@elektro.pnj.ac.id

ABSTRAK

Kinerja pada sistem panel surya dipengaruhi oleh letak geografis dan jenis dari modul panel surya yang digunakan. Sistem panel surya akan mengubah radiasi sinar matahari menjadi listrik. Penyinaran matahari pada daerah Jawa Barat 65,51% dan potensi energi matahari di Indonesia mencapai 4,8 kWh/m² per hari. Penelitian ini bertujuan memprediksi energi yang dibutuhkan untuk mensuplai beban pompa air DC 100 Watt pada kebun hidroponik. Rancangan disimulasikan dengan software PVsyst dengan empat panel surya *polycrystalline* dengan kapasitas masing-masing 100 Wp yang disusun secara paralel. Selain itu juga dilakukan analisis perspektif plotting untuk mengetahui pengaruh pergerakan matahari dan orientasi plotting untuk besar produksi energi listrik yang dihasilkan. Dari hasil simulasi yang didapatkan energi yang dibutuhkan beban sebesar 884,76 kWh/tahun. Sedangkan energi dari PLTS yang disuplai ke beban sebesar 504 kWh/tahun. Sehingga ada *missing energy* sebesar 380,76 kWh/tahun. Oleh karena itu, direkomendasikan kombinasi suplai daya dengan sumber lain. Selain itu, sistem PLTS dapat dikategorikan cukup baik dengan nilai rasio SF yang didapatkan sebesar 0,57 dan nilai rata-rata rasio performa sebesar 0,653 dengan nilai diatas 0,7 pada bulan Februari, November dan Desember.

Kata Kunci: PVsyst Software, Lost Diagram, Solar photovoltaic system, performance ratio

ABSTRACT

The performance of a solar panel system is influenced by its geographical location and the type of solar panel modules used. The solar panel system will convert sunlight radiation into electricity. Solar irradiation in the West Java area is 65.51% and the potential for solar energy in Indonesia reaches 4.8 kWh/m² per day. This research aims to predict the energy needed to supply the load of a 100 Watt DC water pump in a hydroponic garden. The design was simulated with PVsyst software with four polycrystalline solar panels with a capacity of 100 Wp each arranged in parallel. In addition, the plotting perspective is also analyzed to determine the effect of solar movement and plotting orientation for the amount of electrical energy production generated. From the simulation results obtained, the energy needed by the load is 884.76 kWh/year. While the energy from the PLTS supplied to the load is 504 kWh /year. So there is a missing energy of 380.76 kWh / year. Therefore, a combination of power supply with other sources is recommended. In addition, the PLTS system can be categorized as quite good with the SF ratio value obtained of 0.57 and the average value of the performance ratio of 0.653 with values above 0.7 in February, November and December.

Keywords : PVsyst Software, Lost Diagram, Solar photovoltaic System, Performance Ratio

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem pembangkit listrik yang energinya bersumber dari radiasi matahari, melalui konversi sel fotovoltaik [1]. Sistem fotovoltaik mengubah radiasi sinar matahari menjadi listrik [2]. Letak geografis Indonesia yang berada pada garis khatulistiwa merupakan potensi yang sangat menjanjikan dalam pengembangan PLTS di Indonesia [3]. PLTS dapat diaplikasikan melalui dengan konfigurasi sistem terpusat ataupun tersebar, aplikasi tersebut salah satunya bersifat *Off-Grid*, yaitu sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan distribusi yang telah disuplai pembangkit listrik lainnya misalnya jaringan PLN [4].

Berdasarkan data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), penyinaran matahari pada daerah Jawa Barat 65,51% [5] dan potensi energi matahari di Indonesia mencapai 4,8 kWh/m² per hari. Jika dibandingkan dengan luasan lahan di Indonesia, potensi energi matahari ini setara dengan 112.000 GWp [6], [7]. Penyinaran matahari ini salah satunya dipengaruhi oleh ketebalan awan yang juga akan mempengaruhi penyinaran matahari. Saat ketebalan awan semakin besar, maka cahaya matahari yang mengenai permukaan Bumi semakin kecil dan mengakibatkan semakin kecil pula energi radiasi matahari yang dapat dimanfaatkan untuk panel surya [8]. Pada lokasi ini memiliki potensi radiasi matahari yang cukup baik saat modul menghadap ke arah utara sehingga modul dapat bekerja secara maksimal.

Prediksi penggunaan PLTS sebagai energi listrik utama memang perlu dikaji lebih mendalam. Hal ini supaya energi matahari dapat lebih efektif digunakan untuk melanjutkan tahap selanjutnya yaitu rancang bangun PLTS. Tentunya pemilihan modul surya juga mempengaruhi efisiensi panel surya [9]. Untuk menghasilkan daya listrik, modul surya tipe monocrystalline memiliki efisiensi panel yang tinggi sekitar 15% tetapi tidak dapat berfungsi dengan baik ditempat yang kurang cahaya matahari [10], [11]. Sedangkan polycrystalline memerlukan luas permukaan yang lebih luas, tetapi tetap menghasilkan energi listrik saat cuaca mendung [12]. Maka tujuan penelitian ini untuk mengetahui potensi energi yang didapatkan dari tipe modul surya polycrystalline dengan beban pompa air 100W jika penyinaran matahari sebesar 65,51% sesuai dengan daerah tempat penelitian.

Pada penelitian ini menggunakan software PVsyst untuk memprediksi energi yang akan digunakan selama satu tahun dari bulan Januari sampai Desember. Energi yang diprediksi pada *time zone* UTC +7, garis lintang -6,43°S dan garis bujur 106,78°E dengan ketinggian 92 m dari permukaan laut. Penelitian ini juga akan membahas kinerja sistem PLTS Off Grid dengan modul surya dengan kemiringan 15° dan sudut azimuth 0° yang terdiri dari empat sel surya yang menggunakan material sel photovoltaic polycrystalline dengan kapasitas masing-masing 100 Wp yang disusun secara paralel. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui energi yang dihasilkan panel surya agar dapat mensuplai beban pompa air DC yang digunakan selama 24 jam. Urgensi penelitian ini sebagai acuan sebelum dilakukannya pembangunan PLTS dengan beban tersebut secara real pada kelompok tani Orchid Green Park (OGP) khususnya untuk bercocok tanam menggunakan teknik hidroponik. Kelompok tani OGP terletak di Pasir Putih, Sawangan, Depok. Kelompok tani OGP Farm telah memproduksi berbagai jenis sayuran yang segar, bersih dan tanpa pestisida. Hasil panen hidroponik juga sudah dipasarkan melalui media internet yaitu melalui Instagram sejak tahun 2021 hingga sekarang.

2. METODE PENELITIAN

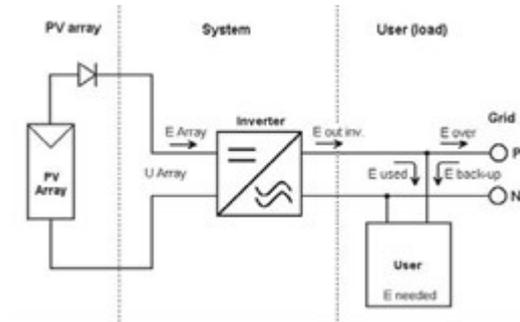
A. Software PVsyst

PVSyst merupakan paket software yang digunakan untuk proses pembelajaran, pengukuran, dan analisis data dari sistem PLTS secara lengkap. PVSyst dikembangkan oleh Universitas Genewa yang terbagi ke dalam sistem terinterkoneksi jaringan (*grid-connected*), sistem berdiri sendiri (*stand-alone*), sistem pompa (*pumping*), dan jaringan arus searah untuk transportasi publik (*DC-grid*) [13].

Prediksi energi pada PLTS dengan menggunakan software PVsyst bergantung dengan banyak faktor, meliputi: lokasi geografis, modul panel surya, kemiringan panel, dan beban harian yang akan digunakan [14]. Pada simulasi juga akan ditampilkan besaran daya listrik yang diproduksi, besar daya listrik yang dialirkan ke beban pada lokasi, serta rugi-rugi sistem [15].

Prediksi Energi Pada Panel Surya Offgrid 400 Wp ...

Pada software PVsyst, ada tiga pilihan sistem yaitu sistem on-grid, off-grid, dan hibrid. Untuk penelitian ini rancangan yang dipilih adalah sistem off-grid karena untuk sumber listrik akan menggunakan energi listrik dari PLN sebagai cadangan. Skema sistem off-grid pada panel surya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema sistem off-grid [1]

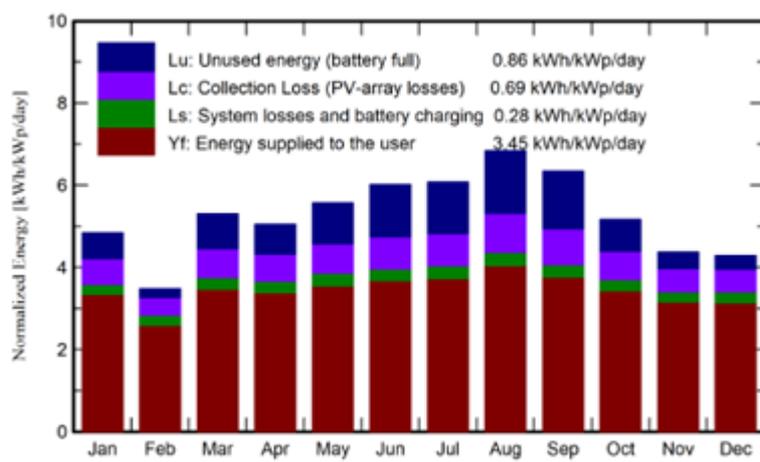
Untuk ketinggian panel surya berada pada 92 m diatas permukaan laut. Kemiringan panel surya juga diatur dalam sudut kemiringan 15° , agar kemiringan panel surya mengarah ke arah sinar matahari dan panel surya terhindar dari bayangan. Untuk sudut Azimut berada pada sudut 0° . Untuk tipe panel surya yang digunakan ada empat buah tipe polycrystalline dengan kapasitas masing-masing 100 Wp yang disusun secara parallel. Beban yang digunakan berupa pompa air 100W yang akan dihidupkan selama 24 jam.

B. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada kelompok OGP yang terletak di Sawangan, Depok dengan garis lintang $-6,42^\circ\text{S}$ dan garis bujur $106,78^\circ\text{E}$.

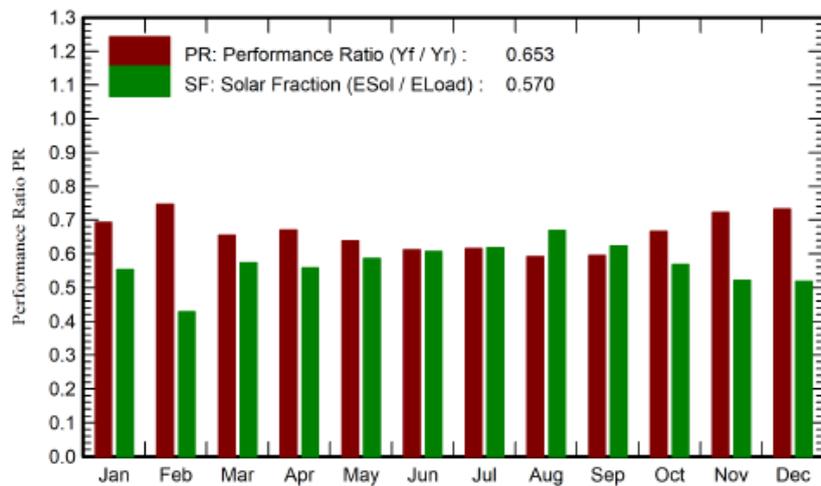
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil produksi listrik menggunakan software PVsyst dalam satuan kWh/kWp/hari dalam periode satu tahun di setiap bulannya dapat dilihat pada Gambar 2. Akses warna merah (Yf) pada grafik menunjukkan energi listrik yang disuplai ke beban, akses warna hijau (Ls) merupakan losses pada sistem konversi energi dari energi cahaya menjadi energi listrik, sedangkan akses warna ungu (Lc) menunjukkan losses pada modul PV dan akses warna biru (Lu) menunjukkan energy tidak digunakan dalam kondisi baterai penuh. Pada grafik di atas menunjukkan bahwa sistem PLTS mencapai Yf tertinggi pada bulan Agustus dan terendah pada bulan Februari, juga mendapatkan hasil simulasi dengan nilai rata-rata Yf sebesar 3,45 kWh/kWp/hari, Ls sebesar 0,28 kWh/kWp/hari, Lc sebesar 0,69 kWh/kWp/hari dan Lu sebesar 0,86 kWh/kWp/hari.



Gambar 2 Produksi energi listrik pada kebun OGP dengan garis lintang $-6,42^\circ\text{S}$ dan garis bujur $106,78^\circ\text{E}$.

Prediksi Energi Pada Panel Surya Offgrid 400 Wp ...



Gambar 3. Rasio performa (PR)

Gambar 3 merupakan rasio performa dan Solar Fraction PLTS dalam periode satu tahun di setiap bulannya. Performance Ratio (PR) berbanding terbalik dengan losses yang ada, semakin besar losses pada sistem maka performa juga akan menurun dan sebaliknya. Performa Rasio digunakan untuk analisis kinerja sistem PV surya [16]. Untuk rata-rata rasio performa sebesar 0,653 dan rasio performa bernilai diatas 0,7 pada bulan Februari, November dan Desember. Hal ini menunjukkan sistem PLTS memiliki nilai yang dapat dikategorikan cukup baik. Solar Fraction (SF) merupakan kemungkinan hilangnya energi yang dihasilkan modul panel surya terhadap energi yang dibutuhkan beban [17]. Beban pada penelitian ini menggunakan pompa air dengan daya 100W dan digunakan selama 24 jam. Rasio SF yang didapatkan sebesar 0,57. Rasio SF biasanya dinyatakan dalam persentase antara 0 sampai 1 dan semakin besar persentase berarti semakin terpenuhi energi tahunan beban yang disuplai oleh panel surya.

Tabel 1. Hasil simulasi software PVsyst

Bulan	GlobHor kWh/m ²	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh
Januari	163,5	7,63	33,59	41,56	75,14
Februari	101,8	2,29	38,81	29,07	67,87
Maret	166,2	10,48	32,08	43,07	75,14
April	145,6	8,70	32,12	40,60	72,72
Mei	157,1	12,25	31,08	44,06	75,14
Juni	160,1	15,19	28,58	44,14	72,72
Juli	168,6	15,43	28,77	46,37	75,14
Agustus	196,4	18,84	24,91	50,23	75,14
September	187,4	16,66	27,40	45,32	72,72
Oktober	165,7	9,55	32,44	42,70	75,14
November	141,0	4,82	34,80	37,92	72,72
Desember	145,6	4,04	36,18	38,96	75,14
Total	1898,9	125,89	380,76	504,00	884,76

Prediksi Energi Pada Panel Surya Offgrid 400 Wp ...

Pada Tabel 1, terdapat empat pengukuran yaitu mengukur GlobHor dalam satuan kWh/mm² merupakan hasil iradiasi secara global, mengukur EUnused dengan satuan kWh untuk mengetahui energi yang terbuang pada saat baterai terisi penuh, mengukur E_Miss dengan satuan kWh yaitu mengukur energi yang hilang, mengukur E_User dengan satuan kWh untuk mengetahui berapa besar energi yang disuplai ke beban dan mengukur E_Load dengan satuan kWh untuk total beban yang dibutuhkan oleh beban.

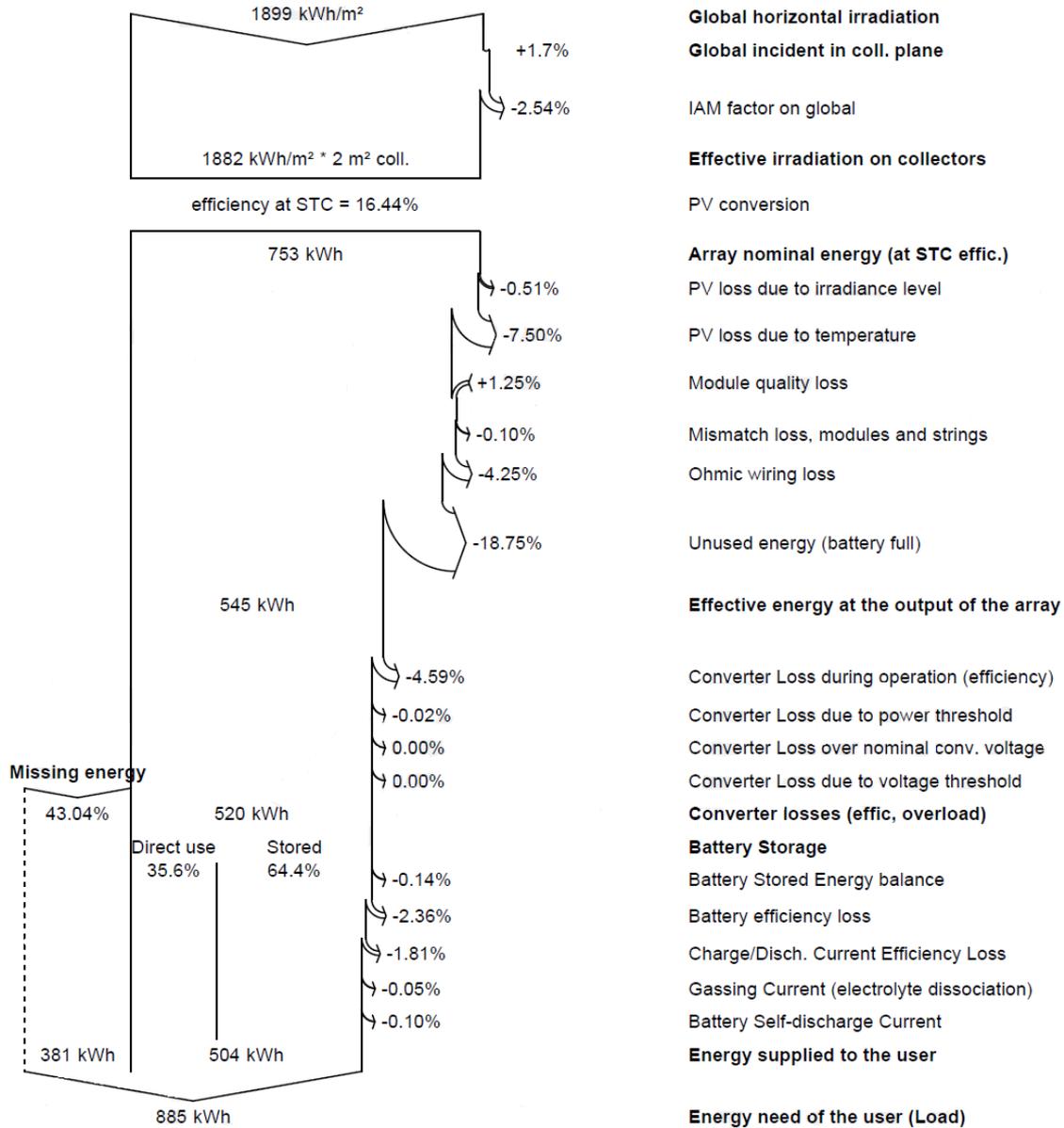
Pada pengukuran hasil iradiasi secara global selama 1 tahun, nilai iradiasi yang paling besar terdapat pada bulan Agustus dengan nilai 196,4 kWh/m². Hal ini dapat disebabkan banyak faktor antara lainnya perubahan iklim yang dipengaruhi oleh aktivitas matahari yang bervariasi dan menyebabkan perubahan medan magnet bumi.

Pada pengisian baterai juga tercatat energi yang terbuang pada saat baterai penuh. Jumlah yang terbesar pada bulan Agustus 18,84 kWh dan yang terkecil pada bulan Februari sebesar 2,29 kWh. Sedangkan kebutuhan energi total beban sebesar 75,14 kWh pada bulan Januari, Maret, Mei, Juni, Agustus, Oktober dan Desember. Hal ini disebabkan karena jumlah hari pada bulan-bulan tersebut lebih banyak dari bulan-bulan lainnya yaitu sebanyak 31 hari. Sedangkan bulan yang jumlah harinya paling sedikit terdapat pada bulan Februari dengan energi total yang dibutuhkan sebesar 67,87 kWh.

Untuk energi yang disuplai ke beban terbesar pada bulan Agustus sebanyak 50,23 kWh dan paling sedikit pada bulan Februari sebanyak 29,07 kWh. Sedangkan untuk energi yang hilang, pada bulan Februari sampai mencapai 38,81 kWh dan 24,91 kWh pada bulan Agustus. Terjadinya energi hilang dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain panel surya yang hanya menghasilkan energi lebih efektif selama 5 jam dari rentang waktu 10.00 – 15.00 [6], tingkat temperatur lingkungan yang mempengaruhi kinerja panel surya, posisi dan lokasi panel surya, material dari panel surya itu sendiri dan intensitas penyinaran matahari

Pada Gambar 4, Iradiasi global dalam satu tahun sebesar 1899 kWh/m² dan ada penambahan 1,7% untuk kemiringan 15° pada panel surya. Kemudian karena ada pengurangan dari efek Incidence Angle Modifier (IAM), iradiasi global berkurang sekitar 2,54%. IAM merupakan performa yang dihasilkan panel surya berdasarkan perubahan sudut sinar matahari yang menyentuh permukaan panel surya [18]. IAM dapat dipengaruhi oleh sudut kemiringan panel surya dan faktor kondisi cuaca [19]. Setelah pengurangan beberapa faktor tersebut efek iradiasi yang dihasilkan 1882 kWh/m² per 2 m².

Prediksi Energi Pada Panel Surya Offgrid 400 Wp ...



Gambar 4. Diagram kerugian sistem

Pada kondisi Standard Testing Conditions (STC), hasil energi listrik yang didapat sebesar 753 kWh dengan efisiensi efektif panel sebesar 16,44%. Pada tahap ini banyak hal yang membuat berkurangnya energi panel surya. Antara lainnya adalah kualitas panel surya, tingginya temperatur, level iradiasi, energi yang terbuang karena kondisi baterai penuh, energi efektif dari keluaran panel surya, dan battery storage. Semua kondisi tersebut membuat energi yang dihasilkan panel surya berkurang sebesar 40,18%. Total energi yang dibutuhkan untuk mensuplai energi listrik ke beban sebesar 885 kWh, tetapi ada missing energy sebesar 43,04% atau setara dengan 381 kWh. Dan energi yang disuplai ke beban cuman sebesar 504 kWh, sekitar 35,6% digunakan secara langsung dan penyimpanan pada baterai sebesar 64,4%.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan software PVsyst, energi yang dibutuhkan beban pompa air DC yang hidup selama 24 jam sebesar 884,76 kWh/tahun. Tetapi energi yang disuplai ke beban sebesar 504 kWh/tahun. Sehingga ada missing energy sebesar 380,76 kWh/tahun. Selain itu, sistem PLTS dapat

dikategorikan cukup baik dengan nilai rasio SF yang didapatkan sebesar 0,57 dan nilai rata-rata rasio performa sebesar 0,653 dengan nilai diatas 0,7 pada bulan Februari, November dan Desember.

Maka penggunaan 4 unit panel surya tipe polycrystalline dengan kapasitas masing-masing 100 Wp yang disusun secara parallel dengan kapasitas baterai 100Ah hanya dapat mensuplai beban pompa air DC selama 12 jam. Sistem PLTS yang dikembangkan dapat dikombinasikan dengan supply daya lainnya, seperti PLN atau sumber energi terbarukan lainnya untuk menjamin kehandalan beban.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Satish, S. Santhosh, and A. Yadav, "Simulation of a Dubai based 200 KW power plant using PVsyst software," *2020 7th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks, SPIN 2020*, pp. 824–827, 2020, doi: 10.1109/SPIN48934.2020.9071135.
- [2] "Solar Cell System – PT. INTI." <https://www.inti.co.id/?p=1803> (accessed Nov. 13, 2022).
- [3] Z. Islamy and A. Sudrajad, "Studi Perencanaan Atap Panel Surya di Hotel The Royale Krakatau Cilegon," *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, vol. 7, no. 2, pp. 137–140, 2014.
- [4] Bayuaji Kencana *et al.*, *Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*, no. November. 2018.
- [5] "Badan Pusat Statistik." <https://www.bps.go.id/statictable/2017/02/09/1962/tekanan-udara-dan-penyinaran-matahari-di-stasiun-pengamatan-bmkg-2011-2015.html> (accessed Nov. 13, 2022).
- [6] R. Hasrul, "Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif," *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, vol. 5, no. 9, pp. 79–87, 2021.
- [7] Isdawimah, Nuha Nadhiroh, Muchlishah, Dezetty Monika, Arum Kusuma Wardhany, and Ajeng Bening Kusumaningtyas, "PEMANFAATAN REFLEKTOR UNTUK PENINGKATAN DAYA LUARAN PANEL SURYA," *POLITEKNOLOGI*, vol. 21, no. 3, pp. 97–106, Sep. 2022, Accessed: May 26, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.pnj.ac.id/index.php/politeknologi/article/view/4723/2648>
- [8] L. Kanugrahan and E. Sujarwanto, "Komparasi Potensi Bahan Panel Surya Berdasarkan Iklim Kota Tasikmalaya," *Diffraction: N: Journal for Physics Education and Applied Physics*, vol. 3, no. 2, pp. 62–67, 2022, doi: 10.37058/diffraction.v3i2.5379.
- [9] Isdawimah, N. Nadhiroh, and A. Damar Aji, "Optimization of Stand Alone Solar Home System with Battery," *Proceedings - 2021 4th International Conference on Computer and Informatics Engineering: IT-Based Digital Industrial Innovation for the Welfare of Society, IC2IE 2021*, pp. 500–504, 2021, doi: 10.1109/IC2IE53219.2021.9649406.
- [10] L. Jiang, S. Cui, P. Sun, Y. Wang, and C. Yang, "Comparison of Monocrystalline and Polycrystalline Solar Modules," *Proceedings of 2020 IEEE 5th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference, ITOEC 2020*, pp. 341–344, 2020, doi: 10.1109/ITOEC49072.2020.9141722.
- [11] M. Rif'an, S. HP, M. Shidiq, R. Yuwono, H. Suyono, and F. S., "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya," *Jurnal EECCIS*, vol. 6, no. 1, pp. 44–48, 2012.
- [12] A. Dyah Afriyani, S. Prasetya, and R. Filzi, "Analisis Pengaruh Posisi Panel Surya terhadap Daya yang dihasilkan di PT Lentera Bumi Nusantara," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, pp. 176–183, 2019, [Online]. Available: <http://semnas.mesin.pnj.ac.id>
- [13] I. K. Suantika, W. Rinas, and I. M. Suartika, "Studi Analisis Pengaruh Perubahan Posisi Terhadap Efisiensi Panel Surya LPJU By Pass Ngurah Rai," *E-Journal SPEKTRUM*, vol. 5, no. 1, p. 151, 2018, doi: 10.24843/spektrum.2018.v05.i01.p22.
- [14] R. Tallab and A. Malek, "Predict System Efficiency of 1 MWc Photovoltaic Power Plant Interconnected to the Distribution Network using PVSYST Software," in *2015 3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*, 2015, pp. 1–4.
- [15] J. Windarta, S. Handoko, K. N. Irfani, S. M. Masfuha, and C. H. Itsnareno, "Analisis Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-grid Menggunakan Software PVSyst untuk Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) Coffeeshop Remote Area," *Teknik*, vol. 42, no. 3, pp. 290–298, 2021, doi: 10.14710/teknik.v42i3.40242.
- [16] K. C. Rout and P. S. Kulkarni, "Design and Performance evaluation of Proposed 2 kW Solar PV Rooftop on Grid System in Odisha using PVsyst," *2020 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science, SCEECS 2020*, pp. 1–6, 2020, doi: 10.1109/SCEECS48394.2020.124.

Prediksi Energi Pada Panel Surya Offgrid 400 Wp ...

- [17] I. Elijah George, I. EdifonAbasi-Obot, and E. Dan, "Performance evaluation of a standalone photovoltaic solar power system under different fixed optimal tilt angles," *International Multilingual Journal of Science and Technology (IMJST)*, vol. 5, no. 6, pp. 3115–3121, 2020.
- [18] "Solar Tracking | Passive Solar Tracking Incident Angle Independent Thermal Collectors." <http://www.solarpanelsplus.com/solar-tracking/> (accessed Nov. 13, 2022).
- [19] S. Hess and V. I. Hanby, "Collector simulation model with dynamic incidence angle modifier for anisotropic diffuse irradiance," *Energy Procedia*, vol. 48, no. 0, pp. 87–96, 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.02.011.