

Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Menggunakan Solar Panel Sistem Off Grid pada Rumah Tinggal dengan Kapasitas Beban Terpasang 900 VA

Mega Lazuardi Umar^{1*}, Taura Apricandigo¹, Nuraini Lusi¹, Asmar Finali¹, Agung Fauzi Hanafi¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi
Jalan Raya Jember No.KM13, Kawang, Labanasem, Kec. Kabat, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur 68461
E-mail: megalazuardiumar@poliwangi.ac.id

Naskah Masuk: 01 Agustus 2024; Diterima: 01 November 2024; Terbit: 31 Maret 2025

ABSTRAK

Abstrak – Panel surya adalah alat pada sistem Pembangkit Listrik tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik. Beberapa peraturan pemerintah telah diterbitkan untuk membantu mendorong dan meningkatkan penggunaan panel surya pada bangunan/gedung dikarenakan panel surya memiliki keunggulan yaitu bebas emisi/polusi dan mendukung *green energy*. Untuk mendukung kebijakan pemerintah tersebut diperlukan penelitian yang komprehensif tentang penggunaan sistem PLTS jika diaplikasikan dalam rumah tangga. Mengingat penelitian tentang penggunaan sistem PLTS dalam rumah tangga saat ini masih terbatas, sehingga diperlukan analisis yang komprehensif mulai dari tahap perencanaan hingga analisis biaya yang diperlukan dalam membangun sistem PLTS untuk rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung konsumsi energi pada rumah dengan daya 900VA, menghitung kebutuhan komponen PLTS, menghitung energi luaran PLTS, dan Perhitungan analisis ekonomi. Berdasarkan hasil survey terhadap kebutuhan konsumsi energi pada rumah daya 900VA, perhitungan energi luaran dari sistem PLTS adalah 1629.60 kWh/tahun dan menggunakan analisis RoI, titik impas akan dicapai dalam rentang waktu 13.79 tahun. Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat dijadikan pertimbangan atau referensi untuk pelaku rumah tangga dalam membangun sistem PLTS.

Kata kunci: Panel Surya, Tekno-ekonomi analisis, Rumah tangga, Bangunan terintegrasi panel surya

ABSTRACT

Abstract – Photovoltaic in Solar Green Energy (PLTS) system have a function to convert solar radiation into electrical energy. Several government regulations have been issued to help encourage and increase the integrate solar panels in buildings because solar panels have the advantage of being free of emissions/pollution and supporting green energy. To support this government policy, comprehensive research of PLTS when applied in households. Considering that research on the use of PLTS systems in households is still limited, a comprehensive analysis is needed starting from the planning stage to analyzing the costs required to build a PLTS system for households. This research aims to calculate energy consumption in a house with 900VA power, calculate the need for PLTS components, calculate the output energy of PLTS, and calculate economic analysis. It is hoped that the results of this research can be used as a consideration or reference for household actors in building a PLTS system. Based on the results of the survey on energy consumption needs in a 900VA power house, the calculation of the output energy from the PLTS system is 1629.60 kWh/year and using RoI analysis, the break-even point will be achieved within a time span of 13.79 years. It is hoped that the results of this study can be used as a consideration or reference for household actors in building a PLTS system.

Keywords: Photovoltaic, Techno-economi analysis, household, Building Integrated Solar Photovoltaic

Copyright © 2025 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

1. PENDAHULUAN

Terbitnya Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 [1] tentang percepatan pengembangan energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik bertujuan untuk meningkatkan penggunaan Energi Baru dan Terbarukan (EBT), salah satu energi yang diatur adalah percepatan pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) baik untuk skala besar maupun skala kecil. Menurut Peraturan Menteri ESDM Nomor 2 Tahun 2024 [2] pelanggan PLTS Atap yang melakukan pembangunan dan pemasangan sistem PLTS atap dengan total kapasitas kurang dari 500 kW yang terhubung dalam satu sistem instalasi tenaga

listrik, tidak wajib memiliki izin usaha penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan sendiri. Fasilitas dan kemudahan yang diberikan oleh pemerintah tersebut perlu disosialisasikan dan dimanfaatkan lebih lanjut agar sistem PLTS dapat dimanfaatkan oleh pelanggan rumah tangga. Apalagi kondisi geografis Indonesia yang dilewati garis khatulistiwa adalah peluang karena energi dari Matahari sangat berlimpah dan dapat ditemui di sepanjang tahun dan tidak terlalu terkendala oleh cuaca sebagaimana dengan negara 4 musim.

Beberapa penelitian tentang perancangan sistem PLTS telah diterbitkan, salah satunya oleh Zulni [3] yang melakukan perencanaan PLTS dengan sistem On-Grid Daya 900 VA Menggunakan aplikasi Homer di perumahan. Namun salah satu kekurangan sistem On-Grid pada umumnya adalah tidak menggunakan komponen baterai, sehingga energi langsung disalurkan ke jaringan, tidak disimpan untuk penggunaan di malam hari atau saat cuaca buruk [4].

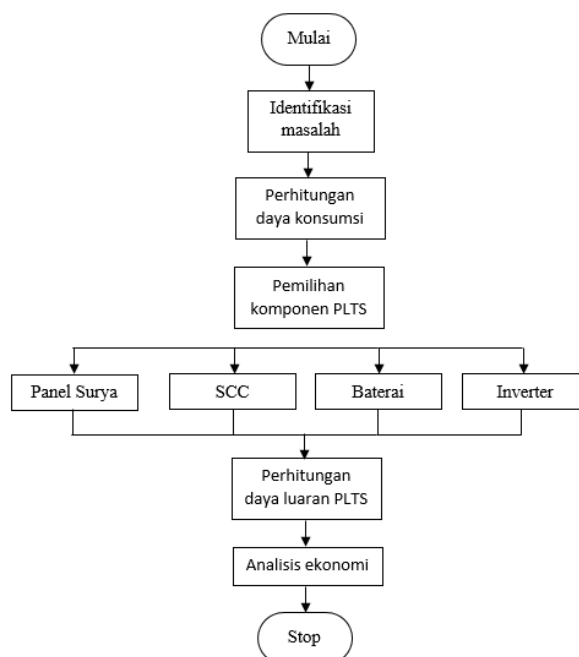
Sepdian [5], melakukan analisis implementasi PLTS sebagai energi cadangan pada pelanggan listrik 900W, didapatkan hasil bahwa sistem PLTS dengan daya 100 Wp mampu menghemat 6,53-15,1% biaya tagihan listrik dari PLN. Namun hasil penelitian Sepdian belum mempertimbangkan kebutuhan biaya investasi untuk membangun sistem PLTS.

Simamora [6] melakukan perencanaan PV dengan kapasitas 2000 W, hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa dibutuhkan 20 lembar panel surya Monocrystalline dengan masing-masing panel memiliki daya maksimum sebesar 200 Wp. Sepdian [7] juga melakukan perhitungan tekno-analisis yang diperlukan pada gedung perkantoran, analisis dilakukan menggunakan software retscreen untuk mengetahui kebutuhan biaya dan jangka waktu *Return of Investment* (ROI) berkaitan dengan pembangunan PLTS pada gedung Politeknik Jambi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu ROI yang dibutuhkan oleh sistem PLTS selama 7 tahun. Beberapa analisis mengenai analisis ataupun perancangan PLTS oleh penelitian lain juga ditemukan pada pada Gedung Parkir Motor [8], Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro [9] GOR Jatidiri Semarang [10], Rumah kost [11], Bandara [12] dan bangunan gedung lainnya [13-14].

Namun, beberapa penelitian di atas masih terbatas pada studi kasus yang spesifik seperti gedung, perkantoran, bandara, dll. Penelitian mengenai penggunaan PLTS yang komprehensif untuk rumah tangga masih terbatas. Untuk mengatasi hal itu, penelitian ini membahas analisis yang komprehensif mulai dari tahap perencanaan hingga analisis biaya yang diperlukan dalam membangun sistem PLTS untuk rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Menghitung konsumsi energi pada rumah dengan daya 900W; (2) Kebutuhan Komponen PLTS; (3) Menghitung energi luaran PLTS, dan; (4) Perhitungan analisis ekonomi. Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat dijadikan pertimbangan atau referensi untuk pelaku rumah tangga dalam membangun sistem PLTS.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart penelitian

Tahap pertama yaitu mengetahui semua kebutuhan perangkat elektronik dan waktu penggunaannya melalui survey. Jumlah rumah yang dilakukan survey adalah 5-unit rumah dengan daya PLN 900VA. Adapun lokasi survey dilakukan di salah satu kompleks perumahan X di Kabupaten Banyuwangi. Perhitungan daya konsumsi didapatkan sebagaimana persamaan 1 [15]:

$$P_{con} = P_{unit} t \quad (1)$$

dimana:

P_{con} adalah daya konsumsi (Wh/day)

P_{unit} adalah kebutuhan daya setiap komponen yang terpasang, dan t adalah waktu unit menyala (h/day)

Tahap kedua yaitu menghitung kebutuhan komponen PLTS diantaranya adalah:

(1) Panel Surya.

Adapun untuk menghitung efisiensi panel surya dapat dilakukan dengan cara sebagaimana berikut [16, 17]:

$$\eta = \frac{P}{GA} \quad (2)$$

dimana:

η = Efisiensi (%)

P = Daya (W)

G = Solar Irradiance (W/m²)

A = Luas area panel surya (m²)

Untuk menentukan jumlah panel surya yang dibutuhkan dapat dilakukan dengan cara:

$$n_{panel} = \frac{P_{consumtion}}{P_{max} t} \quad (3)$$

dimana:

n_{panel} = jumlah panel surya (dibulatkan ke atas)

$P_{consumtion}$ = konsumsi daya rumah (Wh/day)

P_{max} = Daya maksimal panel surya (W)

t = estimasi waktu penyinaran matahari dalam 1 hari (jam/hari).

(2) Solar charge controller (SCC)

SCC memiliki fungsi utama sebagai pengontrol *charging* baterai dengan mengontrol arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya yang akan digunakan sebagai sumber daya tenaga listrik. Dalam memilih SCC perlu disesuaikan kapasitas arus yang sesuai dengan sistem PLTS. dalam sistem ini, SCC dengan tipe MPPT dipilih karena efisiensinya yang tinggi (18).

(3) Baterai

Menghitung total kebutuhan daya baterai dapat dicari sebagaimana persamaan berikut:

$$P_{bat} = \frac{P_{consumtion}}{DoD} \quad (4)$$

Dimana DoD (%) adalah ukuran seberapa jauh suatu baterai dapat di discharge atau digunakan. Perhitungan pada persamaan 5 digunakan untuk menghitung jumlah kebutuhan baterai:

$$n_{bat} = \frac{P_{bat}}{P_{unit bat}} \quad (5)$$

diketahui:

n = jumlah baterai (dibulatkan ke atas)

P_{bat} = total kebutuhan daya baterai (Wh)

$P_{unit bat} = V \times Ah$, dimana V adalah tegangan baterai, dan Ah adalah kapasitas baterai yang akan dipilih

(4) Inverter

Inverteer berfungsi untuk merubah arus DC menjadi AC. Adapun pemilihan inverter harus lebih tinggi dari daya 900VA yang terpasang.

(5) Komponen lainnya

Perangkat seperti kabel, mounting, MCB dimasukkan dalam komponen lainnya.

Tahap ketiga yaitu menghitung energi luaran dari panel surya. menghitung energi luaran dari panel surya didapatkan dengan persamaan sebagai berikut [19]:

$$E = A n H P R \quad (6)$$

Dimana:

E = energi yang dihasilkan (kWh)

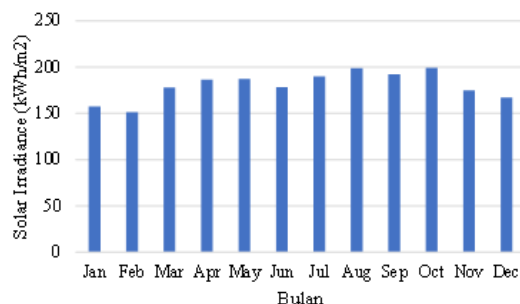
A = luas area sistem panel surya (m^2)

n = efisiensi panel surya (%)

H = solar irradiation (kWh/m^2)

PR = performance ratio dari panel surya (%)

Data solar radiation bulanan untuk lokasi yang sama dengan perumahan X didapatkan dari database meteoronrm 8.1 referensi [20] dengan cara memasukkan coordinate lokasi yang sama dengan perumahan X. *Inclination angle* dimasukkan dengan nilai 15° . Nilai *solar irradiance* bulanan didapatkan sebagaimana ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 2. Solar irradiance [20]

Tahap terakhir yaitu perhitungan analisa *Return on Investment (ROI)*. Analisis ini dapat digunakan untuk menghitung berapa lama atau jangka waktu investasi panel surya untuk kembali ke titik impas, dan juga nilai keuntungan dari panel surya [7]:

$$ROI = \frac{Net\ Return\ (Rp)}{Cost\ of\ Investment\ (Rp)} \quad (7)$$

Dimana net return didapat dari nilai energi yang dikeluarkan oleh PLTS dikalikan dengan harga listrik dari PLN sesuai dengan daya 900VA saat ini sebesar 1.352 per kWh. Adapun nilai cost investement adalah biaya investasi yang dibutuhkan ditambahkan biaya maintenance diasumsikan sebesar 10% dari nilai cost of investement pertahunnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konsumsi Energi pada Rumah dengan Daya 900W

Hasil survey yang dilakukan pada tanggal 14-16 September 2023, didapatkan perhitungan daya konsumsi pada rumah dengan menggunakan persamaan 1 sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsumsi energi rumah 900VA

Perangkat	Daya Unit (Watt)	Waktu menyala (h/day)	Daya Konsumsi (Wh/day)
Lampu	90	8	720
Televisi	40	2	80
Kipas Angin	40	2	80
Setrika	350	1	350
Mesin Cuci	270	1	270
Rice Cooker	400	1	400
Kulkas	85	24	2,040
Pompa Air	250	1	250
Lainnya	50	1	50
Total			4,240

Sehingga konsumsi daya dalam satu hari sebesar 4240 Wh/day, atau 4.24 kWh/day, jika menggunakan perhitungan sederhana didapatkan konsumsi daya dalam satu bulan adalah sebesar $4.24 \times 30 \text{ hari} =$

127.2 kWh/month, dan konsumsi daya dalam satu tahun adalah sebesar $4,2 \times 365 = 1547.60$ kWh/year.

3.2. Kebutuhan Komponen PLTS

a. Panel Surya

Panel surya yang digunakan ditetapkan bertipe monocrystalline 120Wp dengan merk GH Solar 120Wp dengan dimensi 100x68cm. Jika diasumsikan bahwa setiap hari matahari bersinar selama 4 jam, maka dengan menggunakan persamaan 3, didapatkan bahwa jumlah panel yang dibutuhkan adalah 9-unit yang dikoneksikan secara seri. Adapun total daya keseluruhan sistem PLTS adalah 1080 Wp, dan membutuhkan area sebesar 6,12m²

b. SCC

Mengikuti spesifikasi 9 unit solar panel yang dirangkai dengan seri, dipilih sistem 24V, sehingga arus SCC harus lebih tinggi dari 45A. Di pilih SCC dengan tipe MPPT dengan spesifikasi 60A.

c. Baterai

Menggunakan persamaan 4, jika DOD diasumsikan adalah 40%, Sistem yang digunakan adalah 24V, dengan asumsi kapasitas baterai adalah 100Ah, maka dibutuhkan 8,75 baterai, Adapun untuk memudahkan instalasi, 10 baterai 12V dirangkai dengan sistem 2 seri 5 paralel. sehingga sistem pada baterai pak akan sama dengan sistem SCC yaitu 24V.

d. Inverter

Sistem daya yang digunakan rumah tangga sebesar 900VA, sehingga tipe inverter yang dipilih adalah tipe 1000W.

3.3. Perhitungan Energi Luaran PLTS

Perhitungan efisiensi dilakukan dengan eksperimental langsung panel surya dengan merk GH Solar 120Wp, dan dilakukan uji sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 3, rentang waktu pengambilan data dilakukan selama 1 jam sekali antara pukul 09:00-15:00, didapatkan bahwa nilai efisiensi rata-rata panel surya adalah 17,01%.



Gambar 3. Uji coba efisiensi panel surya

Adapun nilai Performance Ratio (PR) diasumsikan sebesar 0.75%. Maka dengan menggunakan persamaan 6 didapatkan estimasi daya luaran sebagaimana yang ditampilkan pada Tabel 2:

Tabel 2. Konsumsi Energi rumah 900VA

Bulan	Solar Irradiance (W/m ²)	Daya (kWh)
Januari	126,25	126,25
Februari	112,90	112,90
Maret	129,84	129,84
April	138,27	138,27
Mei	136,87	136,87
Juni	130,23	130,23
Juli	141,08	141,08
Agustus	151,23	151,23
September	148,58	148,58
Oktober	152,17	152,17
Nopember	133,67	133,67
Desember	128,51	128,51
Total		1629,60

didapatkan bahwa daya dari sistem PLTS bervariasi tergantung dari nilai Irradiance yang diterima di bulan tersebut. Estimasi daya yang dihasilkan dalam 1 tahun sebesar 1629,60 kWh/year.

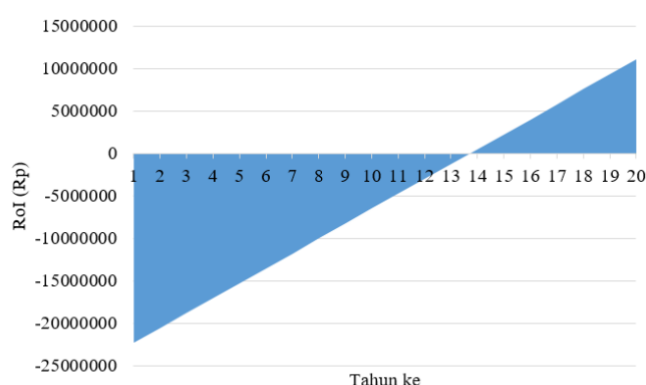
4.4. Perhitungan Analisis Ekonomi

Dengan asumsi harga TDL untuk pelanggan 900VA sebesar 1.352 per kWh, maka estimasi pendapatan yang didapatkan dari sistem PLTS adalah sebesar Rp 2.203.624/year. Adapun perhitungan biaya investasi sebagaimana yang ditampilkan pada Tabel 3. Adapun harga dari sistem PLTS mengacu pada harga pada marketplace pada saat jurnal ini ditulis. Adapun biaya investasi pada saat pertama kali PLTS dibangun adalah sebesar Rp 22.330.000. Biaya investasi paling mahal adalah baterai yang menghabiskan lebih dari 50% biaya investasi. perlu dijadikan catatan bahwa baterai memiliki harga yang mahal dibandingkan komponen yang lainnya, sehingga pemilihan tipe/jenis baterai, serta jumlah baterai harus dipertimbangkan lebih mendalam.

Tabel 3. Estimasi Harga Investasi PLTS

No.	Komponen	Harga (Rp)
1.	9 unit solar panel GH Solar 120Wp	5.400.000
2.	1 unit SCC MPPT 60A	1.400.000
3.	10 unit Baterai VRLA 12V100Ah	13.000.000
4.	Inverter 1000W	500.000
5.	Lain-Lain (Mounting, Kabel, MCB, dll)	2.030.000
Total Investasi		22.330.000

Dengan menggunakan persamaan 7, Analisa RoI dilakukan. Jika diasumsikan bahwa biaya Operation and Maintenance (O&M) pertahun adalah 2% dari nilai investasi, asumsi garansi panel surya adalah 20tahun, Maka grafik RoI investasi selama 20 tahun ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Return of interest sistem PLTS sistem Off-Grid dengan daya 900VA

Dengan menggunakan Analisa RoI, sistem PLTS akan mencapai titik Break Even Point (BEP) atau titik impas pada saat 13,79 tahun. diakhir tahun ke 20, keuntungan yang didapat adalah sebesar Rp 11.053.456.

4. KESIMPULAN

Penelitian tentang studi kelayakan perencanaan PLTS pada rumah tinggal 900VA dengan sistem Off-Grid telah dilakukan, Adapun didapatkan kesimpulan bahwa kebutuhan energi rumah tangga 900VA sebesar 4,24 kWh/day, untuk itu dibutuhkan 9-unit panel surya 120Wp dengan rangkaian seri, 1 unit SCC tipe MPPT dengan arus 60A, 10-unit baterai 12V 100Ah, dan 1 unit inverter 1000W. Energi luaran dari sistem PLTS adalah 1629.60 kWh/tahun. Menggunakan analisis RoI, titik impas akan dicapai dalam rentang waktu 13.79 tahun. Dengan mempertimbangkan masa garansi 20 tahun, keuntungan yang didapat setelah 20 tahun adalah sebesar Rp11,053,456. Hal ini membuktikan bahwa PLTS layak untuk diaplikasikan pada rumah tinggal 900VA, akan tetapi perlu dipertimbangkan mengenai titik impas yang mencapai 13.79 tahun. Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat dijadikan pertimbangan atau referensi untuk pelaku rumah tangga dalam membangun sistem PLTS.

REFERENSI

- [1] "Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik," dapat diakses di: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/225308/perpres-no-112-tahun-2022>, diakses pada: 29 Juli 2024.
- [2] "Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2024 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 26 Tahun 2021 tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terapung," dapat diakses di: <https://jdih.esdm.go.id/storage/document/Permen%20ESDM%20Nomor%202%20Tahun%202024.pdf>, diakses pada: 29 Juli 2024.
- [3] M. Z. Zulni, Sepannur. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Ongrid Daya 900 VA Menggunakan Homer Dayamikro Aplikasi Rumah Tangga". *IJEERE*, vol. 3, no. 1, pp. 29-35, 2023.
- [4] L. Halim. "Analisis Teknis dan Biaya Investasi Pemasangan PLTS On Grid dan Off Grid di Indonesia", *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)* Vol. 5 No. 2. 2023.
- [5] S. Sepdian, M. Isnen, "Analisis Implementasi Panel Surya Pada Pelanggan Listrik 900W", *CYCLOTRON*, Vol. 4 No. 2, 2021.
- [6] C. Simamora, F. Manurung, J. Napitupulu, J. Sinaga, J. Jumari, "Studi Perencanaan Pembangkit Tenaga Listrik Tenaga Surya (Plts) Skala Kecil Rumah Tangga", *Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 12, No. 2. pp. 95 – 104, 2023.
- [7] S. Sepdian, "Analisis Tekno-Ekonomi Pengembangan Photovoltaic Pada Gedung Politeknik Jambi" *J. Elektron. List. dan Teknol. Inf. Terap.*, Vol. 2, No. 1, pp. 26–29, 2020
- [8] J. Siswanto, E. Rahayu, "Analisa Rancangan Penerangan Parkir Dengan Menggunakan Energi Tenaga Surya", *Jurnal Inovator*, Vol.7, No.1, pp. 47–52, 2024.
- [9] W. Nugroho, A. Nugroho, W. Winardi, "Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro", *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, Vol. 9, No. 2, pp. 181-188, 2020
- [10] E. Setyani, B. Winardi, Karnoto, "Analisis Potensi dan Unjuk Kerja Perencanaan PLTS On Grid System di GOR Jatidiri Semarang Menggunakan Software PVSyst 6.43" *Universitas Diponegoro*. 2019.
- [11] Y. Perdana, I. Wardiah, E. Yohanes, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya OnGrid 5500-Watt di Rumah Kost Akademik". *Politeknik Negeri Banjarmasin*. 2018.
- [12] I. W. Sukadana, A. Anto, I. M. Asna, "Proyeksi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dalam Mendukung Program Ecogreen Airport". *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, Vol 8 No. 2. 2022.
- [13] A. Nugroho, B. Winardi, S. Sudjadi, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Hybrid Di Gedung Ict Universitas Diponegoro Menggunakan Software Pvsyst 7.0", *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, Vol. 10, No. 2, pp. 377-383, 2021.
- [14] P.R. Utami, Widyastuti, M. Wijayanti, "Analisa Perhitungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Taman Markisa Di Wilayah Rt 01/ Rw 08 Kelurahan Mampang, Pancoran Mas, Kota Depok", *JAMMU*, Vol. 1, No. 2, pp. 42–49, 2022.
- [15] H. B. Nurjaman, T. Purnama, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga". *JEE. Jurnal Edukasi Elektro*. Volume 06, No. 02, pp 136 – 142, 2022.
- [16] M. L. Umar, R. E. P Utomo, I. G. N. P. A. S. P. Yudha, A. A. Trihatmojo, R. I. Yaqin, A. F. Hanafi, "Simulasi dan Validasi Panel Surya dengan Kolektor Pemanas Udara: Studi Pengaruh Jarak Lapisan Tedlar dan Insulation Panel", *J-Proteksion*, Vol. 7 No. 2 pp. 60-63, 2023.
- [17] M. L. Umar, R. I. Yaqin, "Studi Numerik Dengan Model Empat Parameter Untuk Memprediksi Daya Luaran Dari Panel Surya". *Infotekmesin* Vol 11 No. 2, pp. 125-129, 2019.
- [18] N. F. Wahidin, E. Yadie, M. A. Putra, "Analisis Perbandingan Charging SCC Jenis PWM Dan MPPT Pada Automatic Handwasher with Workstation Bertenaga Surya Politeknik Negeri Samarinda", *PoliGrid* Vol. 03 No. 01, 2022
- [19] "How to Calculate Solar Panel Output," Sunbase Data, tersedia di: <https://www.sunbasedata.com/blog/how-to-calculate-solar-panel-output>, diakses pada: 29 Juli 2024.
- [20] PVSyst, "PVSyst Software for Photovoltaic System Analysis," tersedia di: <https://www.pvsyst.com/>, diakses pada: 29 Juli 2024.