SNESTIK

Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika

https://ejurnal.itats.ac.id/snestik dan https://snestik.itats.ac.id

Informasi Pelaksanaan :
SNESTIK IV - Surabaya, 27 April 2024
Ruang Seminar Gedung A, Kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Informasi Artikel:
DOI : 10.31284/p.snestik.2024.5866

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043
Email : snestik@itats.ac.id

Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Rumah Tinggal Kabupaten Temanggung menggunakan PVSyst

Aliefa Indira, Asepta Surya Wardhana, Jaka Dwi, Klementina Laiyan

Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas,
Jl. Gajah Mada No. 38 Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah
*E-mail : aseptasw@esdm.go.id

ABSTRACT

This research assesses the feasibility of solar power plants (PLTS) in the Temanggung area as a sustainable energy solution. Explores the use of photovoltaic technology to convert solar energy into electricity, discussing PLTS systems, their components, and PLTS roof planning methodology. PLTS includes three main types: On Grid System, Off Grid System, and Hybrid System, with the main components including solar cells, inverters, solar modules, solar charge controllers, and batteries. This study also addresses the effects of shadows in plant design, as they can reduce system performance. Simulation results of the PV system show a performance ratio of 67.3%, indicating significant production losses. However, the solar fraction reached 96.7%, which shows considerable energy sufficiency. Strategies to mitigate production losses, such as reducing the number of modules, are also discussed, despite the potential to compromise energy adequacy. Factors such as dust, construction, and shadows contribute to the loss of power output in solar modules. This research offers practical guidance for homeowners and policymakers to make solar PV an environmentally friendly and sustainable energy source.

Keywords: *PLTS; Photovoltaic; Pvsyst; On-Grid System; Off-Grid System*

ABSTRAK

Penelitian ini menilai kelayakan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di wilayah Temanggung sebagai solusi energi berkelanjutan. Mengeksplorasi pemanfaatan teknologi fotovoltaik untuk mengubah energi matahari menjadi listrik, membahas sistem PLTS, komponen-komponennya, dan metodologi perencanaan PLTS atap. PLTS mencakup tiga tipe utama: On Grid System, Off Grid System, dan Hybrid System, dengan komponen utama meliputi sel surya, inverter, modul surya, solar charge controller, dan baterai. Studi ini juga membahas efek bayangan dalam desain pabrik, karena dapat mengurangi kinerja sistem. Hasil simulasi dari PVsyst menunjukkan rasio kinerja sebesar 67,3%, menunjukkan kerugian produksi yang signifikan. Namun demikian, fraksi solar mencapai 96,7%, yang menunjukkan kecukupan energi yang cukup besar. Strategi untuk mitigasi kerugian produksi, seperti mengurangi jumlah modul, juga dibahas, meskipun berpotensi membahayakan kecukupan energi. Faktor-faktor seperti debu, konstruksi, dan bayangan berkontribusi terhadap hilangnya keluaran daya pada modul surya. Penelitian ini menawarkan panduan praktis bagi pemilik rumah dan pembuat kebijakan untuk menjadikan PV surya sebagai sumber energi ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata kunci: PLTS; Fotovoltaik; Pvsyst; Sistem On-Grid; Sistem Off-Grid

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia mengalami peningkatan terutama di daerah Jawa-Bali. Energi merupakan hal penting dalam proses pembangunan karena dapat menjadi penyokong kegiatan ekonomi masyarakat yang nantinya berdampak pada kesejahteraan bagi masyarakat. Namun, dalam pemanfaatan energi perlu diperhatikan beberapa faktor, salah satu diantaranya merupakan keberlanjutan hidup manusia. Ditunjukkannya pemanfaatan energi listrik masih menjadi dominan hingga saat ini. Energi listrik merupakan sumber kebutuhan dasar manusia untuk mendorong aktivitas rutin. Namun, lebih dari 50% kebutuhan energi saat ini ditopang oleh pasokan energi fosil seperti batubara, gas, dan minyak bumi. Penggunaan energi tersebut ternyata memiliki dampak negatif terhadap lingkungan sekitar. Dampak yang ditimbulkan pun sangat signifikan karena mengakibatkan emisi gas rumah kaca, polusi udara, juga dampak lingkungan seperti turunnya kualitas air dan udara sehingga mengancam keberlangsungan keanekaragaman hayati serta kesehatan manusia [1].

Disisi lain, jika terus dilanjutkan pemanfaatan energi fosil dapat mengakibatkan krisis energi. Dengan itu, hampir seluruh negara di dunia telah menyadari pentingnya pemanfaatan energi terbarukan yang berasal dari sumber daya yang cukup potensial sebagai pengganti energi tidak terbarukan. Inovasi ini sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan sumberdaya alternatif masyarakat di masa depan. Terlebih pertumbuhan penduduk Indonesia hampir setiap tahunnya mengalami peningkatan hingga 278.752.361 jiwa per April 2022 berdasarkan data terbaru PBB (Perserikatan Bangsa-Bangsa) [2]. Hal ini menandakan perlunya pergerakan energi terbarukan karena terjadi lonjakan konsumsi energi yang mencapai 1.109 kWh/kapita. Selain itu, penggunaan energi fosil juga membahayakan bagi masyarakat sekitar terutama setelah terjadinya ledakan pada reaktor nuklir di Fukushima, Jepang yang masih dalam tahap konstruksi [3].

Salah satu sumber energi terbarukan yang potensial di Indonesia adalah energi surya. Energi surya dianggap sebagai sumber energi yang ramah lingkungan dan terbarukan. Penelitian lain menyoroti bahwa energi surya memiliki potensi yang besar di Indonesia karena sudah banyak masyarakat yang memanfaatkan energi surya. dalam kehidupan sehari-hari mereka. Sekretaris Jenderal Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DEN) pada tahun 2019 menyatakan bahwa energi surya merupakan energi baru yang primer dan utama [2].

Secara geografis, Indonesia terletak tepat di garis khatulistiwa sehingga memberikan potensi besar dalam pemanfaatan energi surya. Hal ini didasarkan pada teori bahwa garis lintang, kondisi atmosfer, dan posisi matahari relatif terhadap garis khatulistiwa mempengaruhi besarnya

radiasi. Rata-rata tingkat radiasi matahari di Indonesia berkisar 4,80 kWh/m^2, wilayah paling barat mempunyai tingkat radiasi sekitar 4,5 kWh/m2 dan wilayah timur sekitar 5,1 kWh/m^2 [4]. Hal ini menunjukkan bahwa radiasi matahari tahunan di Indonesia secara umum stabil. Oleh karena itu, pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi terbarukan merupakan alternatif yang mudah diterapkan. Selain itu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) juga menggunakan peralatan listrik yang lebih terjangkau sehingga dapat membantu mengurangi tingkat polusi di dalam negeri[5].

Dalam Peraturan Presiden Nomor 79 Tahun 2014 mengenai Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) menetapkan target penggunaan bauran energi terbarukan nasional mencapai 23% pada tahun 2025. Terdapat juga regulasi lain seperti Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) nomor 49 Tahun 2018, yang diubah oleh Peraturan Menteri ESDM Nomor 13 Tahun 2019, serta Peraturan Menteri ESDM Nomor 16 Tahun 2019 tentang penggunaan sistem pembangkit listrik tenaga surya atap oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) Persero. Tujuan dari regulasi ini adalah untuk mendorong berbagai sektor pengguna energi listrik, termasuk rumah tangga, industri, pemerintah, bisnis, dan sosial, untuk berkontribusi dalam mencapai kemandirian dan ketahanan energi khususnya melalui penggunaan energi surya[6].

Surat Edaran Menteri ESDM No. 363/22/MEM.L/2019 memberikan himbauan untuk menginstal pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap pada berbagai jenis bangunan, termasuk perkantoran, rumah dinas, gudang, tempat parkir, dan fasilitas umum lainnya. Penelitian telah dilakukan terkait perancangan PLTS di berbagai lokasi, seperti pada bangunan kampus Universitas Surabaya dan Kantor Dinas Pekerjaan Umum Daerah Istimewa Yogyakarta. Hasil penelitian menunjukkan potensi penggunaan energi surya yang signifikan dalam menyuplai kebutuhan energi[4]. Lokus di ambil di Kabupaten Temanggung dimana mempunyai potensi pengembangan perekonomian tepat guna sehingga menjadi potensi yang sangat baik [7], [8]. Beberapa potensi pemanfaatan di Temanggung juga sudah dilakukan namun masih sebatas potensi [9]. Penelitian menggunakan software Pvsyst dengan kondisi Stand Alone/Off Grid PV System pada daerah Bagan Deli dapat memberikan gambaran penggunaan 4 panel surya dengan daya 150 Wp sehingga mudah untuk diterapkan [10].

Melalui referensi pada Surat Edaran Menteri ESDM No. 363/22/MEM.L/2019 dan hasil penelitian yang telah dilakukan, PLTS dianggap sebagai solusi yang efektif dalam transisi menuju penggunaan energi terbarukan. Energi matahari dianggap sebagai sumber daya yang mudah diakses dan banyak dimanfaatkan oleh masyarakat. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan perancangan PLTS off grid dengan fokus pada analisis shading untuk memaksimalkan potensi radiasi matahari. Lokasi yang dipilih untuk analisis PLTS off grid adalah daerah tinggal di Kabupaten Temanggung.

TINJAUAN PUSTAKA

Panel Surya

Teknologi PV terdiri dari “fotovoltaik”/ “panel surya” yang Mengubah sinar matahari (yaitu radiasi matahari) secara langsung menjadi energi listrik yang berguna, yang digunakan dalam pemanasan, pendinginan, dan penerangan bangunan. Prinsip kerja teknologi ini biasanya didasarkan pada keberadaan bahan penyerap cahaya di dalam struktur perangkat, misalnya bahan semikonduktor, yang menyerap foton dalam cahaya dan menghasilkan elektron bebas berdasarkan efek PV. Berdasarkan efek ini, sel PV memperoleh energi dari sinar matahari ketika sinar matahari mengenainya, dan melepaskannya elektron[11].

Sistem PV surya atap merupakan pilihan pembangkit listrik terdistribusi, yang membantu memenuhi kebutuhan energi gedung, atau menyediakan listrik dalam jaringan distribusi yang ada. Konsep sistem PV atap secara keseluruhan telah terbukti berhasil, dan bekerja dengan sangat baik dalam menambah bauran energi terbarukan. Seringkali ini bukan hanya salah satu pilihan yang paling ramah lingkungan, tetapi juga pilihan yang paling cerdas

secara finansial. Namun, juga ditunjukkan bahwa semuanya bergantung pada lokasi; jumlah radiasi yang ada, seperti apa bauran energi saat ini di tempat tersebut.

Komponen Panel Surya

Adapun komponen yang digunakan sebagai berikut[6] :

1. Sel Surya

Sel surya, juga dikenal sebagai sel fotovoltaik, secara langsung mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Mereka terbuat dari bahan semikonduktor, seperti silikon, yang diproses untuk menghasilkan arus searah (DC). Secara umum, ada tiga jenis panel surya: Silikon Monokristal, Polikristalin, dan Sel Surya Film Tipis (TFSC). Panel monokristalin memiliki efisiensi tinggi, panel polikristalin kurang efisien karena kotoran dalam kristal silikon, dan panel TFSC ringan, fleksibel, dengan ketebalan yang bervariasi dari nanometer hingga mikrometer.

2. Baterai

Baterai yang paling umum digunakan dalam aplikasi tenaga surya adalah baterai asam timbal bebas perawatan, yang dikenal sebagai baterai rekombinan atau VRLA (asam timbal yang diatur katup). Baterai ini memiliki dua fungsi utama dalam sistem fotovoltaik: pertama, untuk menyuplai daya listrik ketika susunan panel surya tidak menghasilkan daya, dan kedua, untuk menyimpan kelebihan daya yang dihasilkan oleh panel ketika melebihi kebutuhan[12].

3. Solar Charge Controller

Charge Controller atau Solar Charge Controller adalah perangkat elektronik yang mengatur arus DC yang mengisi dan mengalir dari baterai ke beban. Solar Charge Controller menggunakan teknologi PWM untuk mengatur proses pengisian dan pengeluaran baterai ke beban. Modul surya 12 Volt umumnya menghasilkan tegangan keluaran 16-21 Volt, sementara baterai biasanya diisi pada tegangan 14-14,7 Volt.

4. Inverter

Inverter merupakan alat untuk mengkonversi tegangan arus searah (DC) ke tegangan AC

Perencanaan PLTS Atap

Tahap perencanaan meliputi analisis lokasi strategis untuk pemasangan sistem PV atap, yang meliputi evaluasi bayangan, orientasi atap yang optimal, dan perhitungan area yang tersedia. Perencanaan ini juga mencakup analisis mendalam tentang sistem kelistrikan, terutama dalam menganalisis beban listrik yang terkait. Langkah pertama dalam desain sistem PV adalah menentukan jenis modul surya dan inverter yang paling sesuai untuk digunakan. Selanjutnya, perhitungan yang cermat dilakukan pada kapasitas maksimum yang dapat diakomodasi oleh sistem PV atap [13].

Aspek pertama yang sangat dipertimbangkan dalam desain adalah evaluasi kebutuhan daya listrik sebelum menentukan jumlah dan jenis modul surya yang dibutuhkan. Perhitungan jumlah modul surya sebagai berikut:

Jumlah Modul = Kapasitas Sistem PV / Kapasitas Modul……..(1)

Menghitung konfigurasi seri-paralel adalah langkah penting dalam perencanaan, karena diperlukan untuk menentukan tegangan dan arus DC yang optimal dari panel surya ke inverter[14].

Rangkaian Minimum = Tegangan Minimum Inverter / Tegangan Terbuka Modul……(2)
Seri Maksimum = Tegangan Maksimum Inverter / Tegangan Daya Maksimum Modul……(3)
Paralel Maksimum = Arus Input Maksimum Inverter/Arus Maksimum Modul…….(4)

Langkah selanjutnya adalah menghitung total area yang dibutuhkan untuk pemasangan modul. Persamaan matematis yang digunakan untuk menghitung daya keluaran modul adalah sebagai berikut:

Daya Keluaran = Daya Maksimum - (Daya Maksimum × Rugi)……(5)

Total Daya Keluaran = Daya Keluaran Modul (Watt) × Jumlah Modul…….(6)

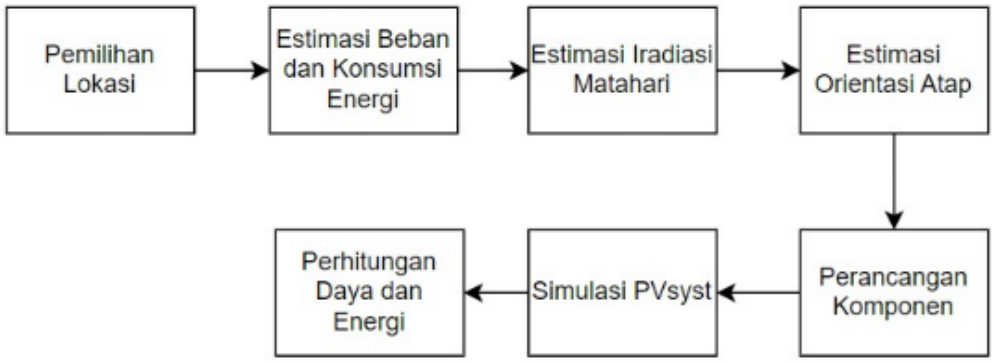
Setelah mempertimbangkan kebutuhan modul surya, langkah selanjutnya adalah menghitung kebutuhan pengontrol pengisian daya baterai yang diperlukan, sebelum akhirnya mempertimbangkan kebutuhan inverter. Kemudian, pada perhitungan Peak Sun Hour (PSH),dengan menggunakan rumus berikut:

Energi Keluaran (kWh) = Daya Keluaran (kW) × Jam Puncak Matahari (Jam)…….(7)

Hasil Energi/Tahun = Daya Keluaran × 365 hari……(8)

METODE

Metode kualitatif digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan gambar 1, yang dimulai dari perencanaan sampai dengan analisis perhitungan daya dan energi. Dalam penelitian ini menggunakan beberapa aplikasi seperti PVsyst sebagai analisa potensi dari PLTS [15].

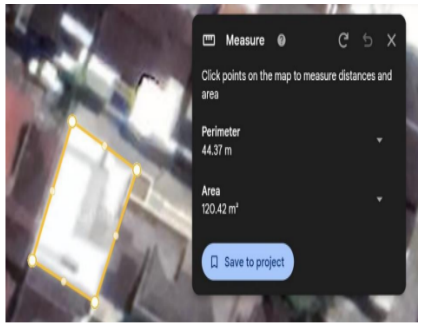


Gambar 1. Metodologi Penelitian

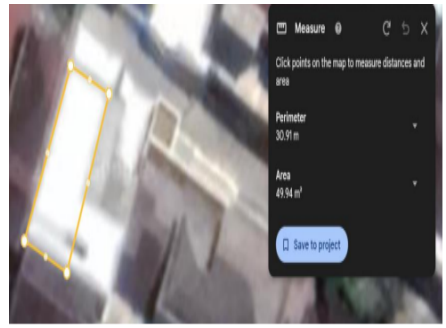
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi

Tahap pertama dalam pelaksanaan penelitian yaitu dilakukan observasi untuk mengetahui letak gedung secara geografis, kondisi gedung, dan juga mengumpulkan data terkait. Hal ini dilakukan agar dalam pemasangan panel surya sesuai dengan perencanaan. Adapun lokasi yang dipilih yaitu rumah yang terletak di daerah tinggal Kabupaten Temanggung. Dengan perencanaan pemasangan sesuai dengan gambar 2b yaitu luas atap 120,32 m^2 dan keliling sebesar 44,37 m. Pemasangan panel surya akan dipasang seluas 49,94 m^2.



(a)



(b)

Gambar 2. a) Letak Geografis Gedung, b) Lokasi Pemasangan Panel Surya.

Profil Beban dan Konsumsi Energi

Data beban yang digunakan pada penelitian ini menggunakan hasil pengukuran yang didapatkan pada lokasi yang ditetapkan sebagaimana tertampil pada tabel 1.

Tabel 1. Profil Beban dan Penggunaan Energi

Nama Barang	Jumlah (N)	Daya (W)	Pemakaian (H)	Watt Jam ($N \times W \times H$)	Daya Terpasang
Lampu	14	20	12	3360	280
Lemari Es	2	130	24	6240	260
Televisi	1	60	6	360	60
Pompa	2	200	3	1200	400
Rice Cooker	1	300	3	900	300
Air Fryer	1	800	1	800	800
Oven	1	400	2	800	400
Lain-Lain	10	22	24	5280	220
Total Pemakaian				18940	2720

Analisa Atap

Sebagaimana tertampil pada gambar 1b direncanakan akan dipasang PLTS *off grid* dengan 1 sisi persegi panjang. Dalam gambar tersebut tidak terdapat potensi terkena bayangan pada siang hari sehingga *losess* dapat diasumsikan berasal dari susunan komponen yang digunakan sebesar 18,64% [16], [17]. Namun, saat sore hari terdapat bayangan jatuh ke panel surya mengikuti arah matahari. Hal tersebut mengakibatkan modul surya yang dipasang mengalami *losses* sebesar 10%. Diperlukan analisa sudut kemiringan modul agar didapatkan penyerapan maksimal sehingga didapat 16,35°. Komponen modul yang digunakan yaitu merek polycrystalline luminous dengan daya output maksimal 200 Wp. *Battery* dengan spesifikasi 12V-200AH, daya efektif sebesar 80% dan kapasitas 65%.

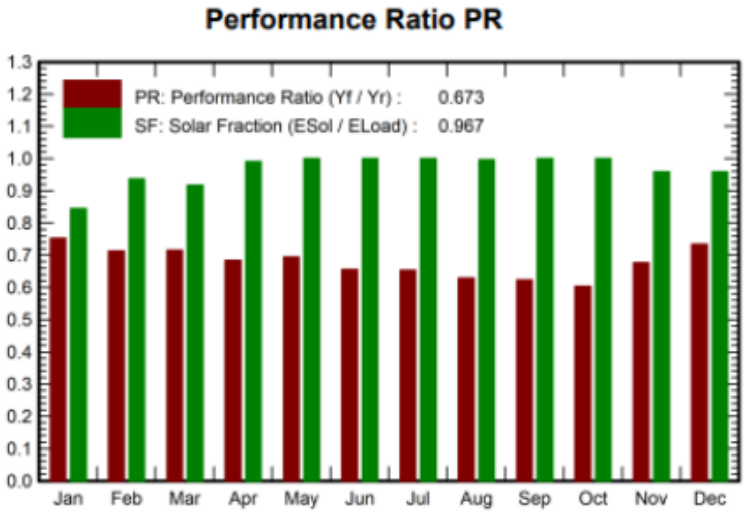
Spesifikasi	Keterangan
Max. Power (Pmax)	200W
Max. Power Voltage (Vmp)	26.5V
Max. Power Current (Imp)	7.55A
Open Circuit Voltage (Voc)	32.8V
Short Circuit Current (Isc)	8.05A
Max. System Voltage	1000Vdc
Max. Series Fuse	16A
Dimension (mm)	1480 x 980 x 35

Gambar 3. Spesifikasi Modul Panel Surya

Dengan asumsi cuaca mendung 1 hari sehingga penyerapan efektif terbatas pada 5 jam dengan daya maksimal 1000 Watt maka diperlukan 24 modul panel, 38 unit *battery*. Sementara untuk *battery charge controller* harus lebih besar dari 102,36A-24V dan digunakan inverter merek modified sine ukuran 4000 W-24V.

Simulasi Sistem PLTS

Dalam simulasi digunakan software Pysyst dengan menggunakan data lokasi, kapasitas, jenis baterai, modul panel surya, dan kapasitas beban yang digunakan. Pada gambar 4 didapatkan bahwa *performance ratio* sebesar 67,3%. Angka tersebut didapat berdasarkan perbandingan antara produksi panel surya dengan jumlah yang dipakai. Dalam hal ini, dapat diketahui bahwa tingkat keborosan panel surya cukup tinggi sekitar 32,7%.



Gambar 4. *Performance Ratio*

Solar fraction yang tertampil dalam gambar 5 menunjukkan besarnya kecukupan daya terhadap kebutuhan listrik. Dalam bulan tertentu kecukupan daya mencapai 100% dengan nilai terendah pada 84,5% yang menandakan pemasangan panel surya sangat baik dalam mencukupi kebutuhan. Penurunan angka *solar fraction* disebabkan oleh cuaca kabupaten Temanggung yang tidak mendukung terhadap solar panel.

	GlobHor kWh/m²	GlobEff kWh/m²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	131.1	121.8	605.3	17.0	104.9	571.6	676.5	0.845
February	136.2	129.4	645.8	0.0	38.4	572.7	611.1	0.937
March	144.1	140.0	691.3	53.7	55.9	620.6	676.5	0.917
April	153.4	153.5	760.8	79.5	5.8	649.0	654.7	0.991
May	154.1	157.4	786.5	50.6	0.0	676.5	676.5	1.000
June	155.0	161.7	809.8	120.6	0.0	654.7	654.7	1.000
July	161.7	167.5	837.0	119.0	0.0	676.5	676.5	1.000
August	170.8	174.0	863.7	147.2	2.7	673.8	676.5	0.996
September	172.4	170.4	847.0	154.5	0.0	654.7	654.7	1.000
October	188.6	181.7	899.7	181.6	0.0	676.5	676.5	1.000
November	159.5	149.9	744.2	88.7	26.8	627.9	654.7	0.959
December	153.3	142.0	709.6	39.2	27.9	648.7	676.5	0.959
Year	1880.2	1849.4	9200.8	1051.6	262.3	7703.4	7965.8	0.967

Gambar 5. *Solar Fraction*

Analisa Daya dan Energi

Daya *output* yang dihasilkan satu modul surya dengan saya 200 Wp dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

Daya Output = Pout – (Pout × rugi-rugi)
Daya Output = 200– (200 × 18,64%)
Daya Output = 162,72 W

Dikarenakan modul surya yang terpasang memiliki nilai *losses* sebesar 10% maka total daya *output* keseluruhan yang dihasilkan sistem PLTS di atap tempat tinggal yaitu sebesar 146 kW. Hasil energi rata-rata yang dihasilkan perhari dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Produksi Energi Listrik PLTS Atap

Bulan	*Irradiance*	Pout	Energi Output (kWh)	
			Perhari	Perbulan
Januari	2,16	146 kW	315,36	9776,16
Februari	1,99		290,54	8135,12
Maret	2,41		351,86	10907,66
April	3,36		490,56	14716,8
Mei	3,23		471,58	14618,98
Juni	3,18		464,28	13928,4
Juli	4,08		595,68	18466,08
Agustus	4,12		601,52	18647,12
September	3,72		543,12	16293,6
Oktober	2,06		300,76	9022,8
November	1,97		287,62	8916,22
Desember	2,68		391,28	11738,4

KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi Pvsyst dapat diketahui tingkat keborosan sistem PLTS masih cukup tinggi mencapai 32,7%, tetapi tingkat kecukupan energi terhadap kebutuhan energi listrik sangat bagus sesuai dengan nilai *solar fraction* mencapai sebesar 96,7%; Penurunan tingkat keborosan dapat dilakukan dengan mengurangi jumlah modul, tetapi dapat berdampak pada tingkat kecukupan

energi; Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi *losses* daya *output* diantaranya debu, konstruksi, dan bayangan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Lola, "Tantangan Dalam Upaya Mengatasi Dampak Perubahan Iklim Dan Mendukung Pembangunan Ekonomi Berkelanjutan: Sebuah Tinjauan," *Jurnal Kebijakan Pembangunan*, vol. 17, no. 2, pp. 219–232, 2022, doi: 10.47441/jkp.v17i2.272.

[2] M. S. Alim, S. Thamrin, and R. L. W, "Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Alternatif Ketahanan Energi Nasional Masa Depan," *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN)*, vol. 4, no. 3, pp. 2427–2435, 2023.

[3] C. Pratama, M. P. Adi, and Y. Adharani, "Kesiapan Regulasi Indonesia dalam Mengelola Energi Nuklir serta Dampaknya terhadap Lingkungan Hidup," *Jurnal Hukum Lingkungan, Tata Ruang, dan Agraria*, vol. 3, no. 1, pp. 56–70, 2023, doi: 10.23920/litra.v3i1.1496.

[4] D. Rizkasari, W. Wilopo, and M. K. Ridwan, "Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Untuk Plts Di Kantor Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan Dan Energi Sumber Daya Mineral (Pup-Esdm) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta," *Journal of Approriate Technology for Community Services*, vol. 1, no. 2, pp. 104–112, 2020, doi: 10.20885/jattec.vol1.iss2.art7.

[5] A. Abdullah, A. Gassar, and S. H. Cha, "Review of geographic information systems-based rooftop solar photovoltaic potential estimation approaches at urban scales," *Applied Energy*, vol. 291, no. April, p. 116817, 2021, doi: 10.1016/j.apenergy.2021.116817.

[6] I. K. Bachtiar and M. Syafik, "Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga menggunakan Software HOMER untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam," vol. 5, no. 02, 2016.

[7] K. H. Rahayu, R. Nugroho, and A. Hardiana, "Agrowisata Kopi Di Kledung Kabupaten Temanggung Dengan Pendekatan Arsitektur Ekologi," *Arsitektura*, vol. 14, no. 2, pp. 1–12, 2016, Accessed: Mar. 29, 2024. [Online]. Available: https://jurnal.uns.ac.id/Arsitektura/article/view/9042.

[8] G. Handoyo, P. B. Santosa, and D. Darwanto, "Optimalisasi Potensi Pertanian Berbasis Teknologi Tepat Guna Dan Digital Di Kabupaten Temanggung," *Jurnal Pasopati*, vol. 5, no. 1, pp. 5–8, 2023.

[9] A. Nuwolo and A. Kusmantoro, "IBM bagi Warga Kelurahan Jampirejo Kabupaten Temanggung," in *Prosiding SNATIF*, 2017, pp. 777–781.

[10] A. Dani and D. Erivianto, "Studi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Skala Rumah Tangga pada Daerah Bagan Deli Menggunakan Pvsyst," *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, vol. 3, no. 9, pp. 961–972, 2022.

[11] A. S. Wardhana and A. K. Dewi, "Pelatihan Dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Penerangan Jalan di Masyarakat," vol. 11, no. April, pp. 37–43, 2022.

[12] Z. Latasya, I. D. Sara, and S. Syahrizal, "Analisis Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Off-Grid Terpusat Dusun Ketubong Tunong Kecamatan Seunagan Timur Kabupaten Nagan Raya," *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 1–14, 2019.

[13] A. S. Wardhana, A. K. Dewi, and H. Taufiqurrahman, "Pengaruh Kerusakan Dioda Bypass pada Performa 50 Modul Photovoltaic berdasarkan Kondisi Partial Shading," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral*, 2021, vol. 1, pp. 887–895.

[14] I. G. Agus Januar Ariawan, I. A. Dwi Giriantari, and I. W. Sukerayasa, "Perancangan Plts Atap Di Gedung Graha Sewaka Dharma," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 8, no. 3, p. 9, 2021,

doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i03.p2.

[15] H. R. Iskandar, D. Mardiansyah, A. Charisma, E. Taryana, and Y. B. Zainal, "The Green Campus Building's Rooftop Photovoltaic System Design Project," *Infotekmesin*, vol. 15, no. 1, pp. 24–32, 2024.

[16] G. Meerimatha and B. L. Rao, "Novel reconfiguration approach to reduce line losses of the photovoltaic array under various shading conditions," *Energy*, vol. 196, p. 117120, 2020, doi: 10.1016/j.energy.2020.117120.

[17] Y. M. Irwan *et al.*, "Stand-Alone Photovoltaic (SAPV) System Assessment using PVSYST Software," *Energy Procedia*, vol. 79, pp. 596–603, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.539.