

ANALISIS POTENSI DAYA PLTS ROOFTOP LABORATORIUM TERPADU UNIVERSITAS PGRI MADIUN MENGGUNAKAN APLIKASI PVSYST

¹ Alief Arida Dhimas Atmojo, ^{*2} Irna Tri Yuniahastuti, ³ Ridam Dwi Laksono

^{1,2,3} Teknik Elektro, Universitas PGRI Madiun, Madiun

¹ alief_2105105001@mhs.unipma.ac.id, ^{*2} imatri@unipma.ac.id, ³ ridamdl@unipma.ac.id

* Penulis Koresponden

Abstract - The use of renewable energy has become a strategic solution in addressing the global energy crisis. Most current energy demand still relies on fossil resources such as coal, oil, and natural gas. However, the availability of these energy supplies continues to decline. If this condition is not addressed promptly, the potential for a future energy crisis is highly likely. This study aims to analyze the potential electrical power generated by a rooftop photovoltaic solar power plant (PLTS), estimate electricity cost savings, determine the percentage of electrical load coverage, and evaluate system performance. The methods employed include direct field observation, manual calculations, and simulations using the PVSyst application. The novelty of this research lies in its comprehensive analysis of rooftop PV integration in educational buildings, comparing manual calculations with software-based simulations. The results show that the PV system can generate 95,974 kWh/year (manual calculation) and 89,400 kWh/year (PVSyst simulation), with a performance ratio (PR) of 83.25%. The system is capable of covering approximately 51.76% of the laboratory's daily electricity demand and has the potential to save up to IDR 12,661,573 per month in electricity costs. These findings confirm that the implementation of rooftop PV systems is effective in supporting the clean energy transition, reducing operational costs, and optimizing space utilization in campus environments. The main conclusion is that rooftop PV deployment in the education sector not only provides technical and economic benefits but also contributes to achieving the national renewable energy mix target.

Keywords —Solar Energy, Renewable Energy, Lab Terpadu Unipma, Plts Rooftop, Pvsyst

Abstrak—Penggunaan energi terbarukan menjadi solusi strategis dalam menghadapi krisis energi global. Sebagian besar kebutuhan energi saat ini masih bergantung pada sumber daya fosil seperti batu bara, minyak, dan gas alam. Namun, ketersediaan pasokan energi tersebut terus mengalami penurunan. Jika kondisi ini tidak segera diatasi, potensi terjadinya krisis energi di masa depan sangat mungkin terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi daya listrik yang dihasilkan PLTS, estimasi penghematan biaya listrik, persentase beban listrik yang dapat ditanggung, serta performa sistem. Metode yang digunakan meliputi observasi langsung di lapangan, perhitungan manual, dan simulasi menggunakan aplikasi PVSyst. Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis komprehensif integrasi PLTS rooftop pada bangunan pendidikan, dengan perbandingan antara hasil perhitungan manual dan simulasi berbasis perangkat lunak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PLTS mampu menghasilkan energi sebesar 95.974 kWh/tahun (perhitungan manual) dan 89.400 kWh/tahun (simulasi PVSyst) dengan performance ratio (PR) sebesar 83,25%. Sistem ini dapat menanggung sekitar 51,76% kebutuhan listrik harian laboratorium serta berpotensi menghemat biaya listrik hingga Rp12.661.573 per bulan. Temuan ini menegaskan bahwa penerapan PLTS rooftop efektif mendukung transisi energi bersih, efisiensi biaya operasional, serta optimalisasi pemanfaatan ruang pada lingkungan kampus. Kesimpulan utama penelitian ini adalah bahwa penerapan PLTS rooftop di sektor pendidikan tidak hanya memberikan manfaat teknis dan ekonomis, tetapi juga mendukung pencapaian target bauran energi terbarukan nasional.

Kata Kunci— Energi Surya, Energi Terbarukan, Lab Terpadu Unipma, Plts Rooftop, Pvsyst

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan menjadi solusi krusial dalam menghadapi tantangan krisis energi global yang semakin nyata. Ketergantungan dunia, termasuk Indonesia, terhadap energi berbasis bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam telah menyebabkan berbagai permasalahan, mulai dari keterbatasan pasokan, volatilitas harga energi, hingga dampak lingkungan yang signifikan seperti emisi gas rumah kaca [1]. Untuk

mengatasi hal tersebut, pemerintah Indonesia telah menetapkan target ambisius dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), yaitu mencapai 23% bauran energi terbarukan pada tahun 2025 [2][3].

Sebagai negara tropis yang dilalui garis khatulistiwa, Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar, diperkirakan mencapai 10.335 MW [4]. Potensi ini membuka peluang besar bagi pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi bersih yang ramah lingkungan dan berkelanjutan [5]. Pemanfaatan energi surya tidak hanya relevan untuk sektor industri dan perumahan, tetapi juga sangat strategis untuk lingkungan pendidikan, di mana penerapan teknologi ramah lingkungan dapat menjadi sarana edukasi sekaligus kontribusi nyata terhadap transisi energi nasional [6].

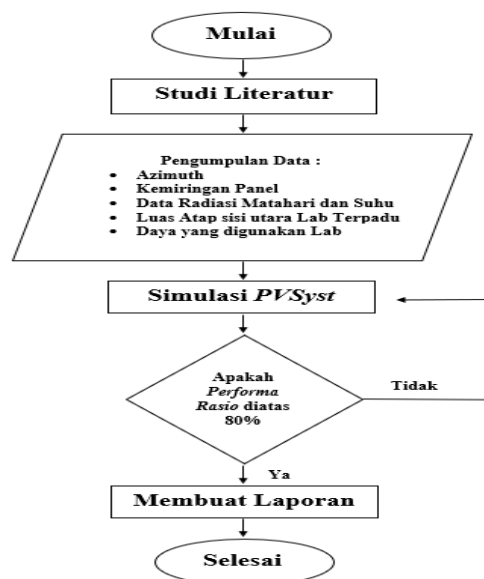
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis potensi daya listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTS atap di Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun, menghitung estimasi penghematan biaya listrik, serta menentukan persentase beban listrik yang mampu ditanggung oleh sistem PLTS. Analisis dilakukan menggunakan simulasi aplikasi PVsyst, yang telah banyak digunakan secara global dan diakui akurat dalam memprediksi kinerja sistem fotovoltaik [7]. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai manfaat teknis dan ekonomis penerapan PLTS rooftop di lingkungan kampus, serta menjadi referensi bagi pengembangan energi terbarukan di sektor pendidikan di Indonesia.

II. METODE PENELITIAN

A. Metode

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun jl. Letkol Suwarno, Kanigoro, Kartoharjo, Kota Madiun, Jawa Timur. Lokasi ini dipilih karena merupakan salah satu titik strategis yang dapat dipasang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Gedung Laboratorium Terpadu ini memiliki atap yang menerima paparan sinar matahari langsung sepanjang hari dan tidak ada bayangan yang menghalangi paparan sinar matahari sehingga sangat ideal untuk dipasang PLTS [8]. Pada tahapan penelitian ini terdapat flowchart penelitian yang menjelaskan langkah-langkah penelitian, mulai dari awal penelitian sampai akhir penelitian yang dapat dilihat pada gambar 1. [9]

Teknik yang digunakan pada penelitian kali ini adalah melakukan studi literatur dan observasi pengambilan data pada laboratorium terpadu Universitas PGRI Madiun [4]. Data yang dikumpulkan berupa data hasil studi literasi meliputi spesifikasi PV, pemilihan inverter dan kapasitas PV.



Gambar 1 Flowchart penelitian

B. Potensi Daya

C. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memanfaatkan fenomena fotovoltaiik untuk mengonversi energi matahari menjadi listrik melalui panel surya [10]. Sistem ini terdiri dari panel surya, inverter, dan sistem penyimpanan. Panel surya menghasilkan arus DC yang kemudian diubah menjadi arus AC oleh inverter, sedangkan baterai menyimpan energi berlebih untuk digunakan saat matahari tidak bersinar [11]. Efisiensi sistem penyimpanan berpengaruh signifikan terhadap ketersediaan energi, terutama pada periode permintaan puncak.

D. PLTS ON-Grid

PLTS on-grid adalah sistem yang terhubung langsung dengan jaringan listrik PLN dan menyalurkan energi yang dihasilkan ke jaringan melalui skema net metering [12][13]. Sistem ini tidak memerlukan baterai sehingga biaya investasi awal lebih rendah, serta dapat mengurangi tagihan listrik dan emisi karbon. Namun, ketergantungannya pada jaringan listrik menjadi kelemahan di daerah dengan infrastruktur listrik yang belum memadai [14].

E. Monocrystallin

Sel surya monokristalin memiliki efisiensi tinggi, yakni 15–22%, serta mampu menghasilkan lebih banyak energi pada area yang sama. Selain itu, sel monokristalin memiliki daya tahan yang baik dan tetap efisien dalam ukuran yang lebih kecil [15].

F. PVSyst

PVSyst adalah perangkat lunak untuk analisis dan simulasi sistem PLTS, yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja, menghitung kebutuhan energi, dan memperkirakan biaya instalasi [10]. Metodologinya mencakup pengumpulan data meteorologi dan geospasial serta analisis berbagai konfigurasi sistem guna meningkatkan efisiensi, termasuk optimasi sudut dan orientasi panel [16]. Selain sebagai alat analisis teknis, PVSyst juga dimanfaatkan dalam pendidikan energi terbarukan untuk memberikan pengalaman praktis desain dan analisis sistem tenaga surya [17].

G. Analisa Data

Data hasil observasi di lapangan diperoleh dalam bentuk angka, sehingga diperlukan proses pengolahan menggunakan persamaan sebagai berikut :

H. Output Daya Panel

Untuk menentukan besar daya yang dibangkitkan oleh PLTS (Watt peak) dari perhitungan area array dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P_{Wattpeak} = areaarray \times PSI \times \eta_{pv} \#(1)$$

Dimana :

$P_{Wattpeak}$: Besar daya yang dibangkitkan panel surya (Wattpeak)

PSI : Peak Sun Insolation adalah 1000 W/m²

η_{pv} :Efisiensi Panel [18]

I. Jumlah Panel

Untuk menghitung jumlah panel surya yang akan dipasang, dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Jumlah\ Panel\ Surya = \frac{P_{Wattpeak}}{P_{mpp}} \#(2)$$

Dimana :

$P_{Wattpeak}$: Daya yang dihasilkan (W)

P_{mpp} : Daya maksimum panel surya yang digunakan (W) [18]

J. Output Daya PLTS

Untuk menghitung keluaran daya PLTS selama 1 tahun, dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{out} = P_{mpp} \times G_t \times PR \times C_m \times 365 \#(3)$$

Dimana

P_{out} : Output Daya PLTS

P_{mpp} : Besar daya yang dibangkitkan panel surya

G_t : Rata-rata durasi penyinaran matahari per hari

PR : Performa Rasio [19][20]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menghitung Output Daya Panel

Untuk menentukan besarnya daya yang dihasilkan panel (Watt Peak) berdasarkan luas *array area* dapat menggunakan persamaan 1 sebagai berikut :

$$P_{Wattpeak} = 253 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ w/m}^2 \times 0,21 = 53,130 \text{ Wp}$$

Menghitung Jumlah Panel

Setelah daya yang dibangkitkan oleh panel di ketahui, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan jumlah panel yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan daya tersebut. Menggunakan persamaan 2

$$JumlahPanel = \frac{53,130 \text{ Wp}}{550 \text{ Wp}} = 96 \text{ panel}$$

Menghitung Output Daya PLTS

Untuk menghitung output daya listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTS, digunakan persamaan 3 sebagai berikut :

$$P_{out} = 550 \times 6 \times 0,83 \times 96 \times 365 = 95.974 \text{ kWh}$$

Menghitung Beban Yang Mampu di Tanggung PLTS

Dapat di ketahui daya yang dibutuhkan untuk pengoperasian Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun sebesar 508 kWh/hari [9], sedangkan PLTS mampu membangkitkan daya sebesar 262,994 kWh/hari. Maka beban yang mampu ditanggung oleh PLTS yaitu sebesar 51,76 % dari daya harian yang dibutuhkan Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun.

Menghitung Penghematan Biaya Listrik

Berdasarkan hasil simulasi daya yang dibangkitkan oleh PLTS sebesar 7450 kWh/bulan. Apabila tarif listrik PLN saat ini adalah 1.699,53 Rp/kWh, dari pemasangan PLTS dapat menghemat biaya listrik sebesar Rp 12.661.498,50/bulan.

Perancangan sistem yang digunakan

Data penelitian diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan dan dilengkapi dengan data pendukung seperti kondisi cuaca, intensitas radiasi matahari, serta profil beban listrik bulanan. Untuk melakukan simulasi, terlebih dahulu perlu ditentukan sistem yang akan digunakan. Sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah *On-Grid*, dengan spesifikasi panel, *inverter*, kemiringan panel, dan *azimuth* sebagai berikut.

Tabel 1 Spesifikasi Panel Surya

Merk	Trina Solar
Modul Type	TSM-DE19-550Wp Vertex
Maximum Power Voltage (Vmp)	31,6 V
Maximum Power Current (Imp)	17.40
Open Circuit Voltage (Voc)	37.9
Short Circuit Current (Isc)	18.52
Maximum Power (Pmax)	550 Wp
Modul Efficiency	21.0 %
Cell Tehcnology Mono-Si	Mono-Si
Dimension	2384×1096×35 mm
Power Tolarance	± 3%

Tabel 2 Spesifikasi Inverter

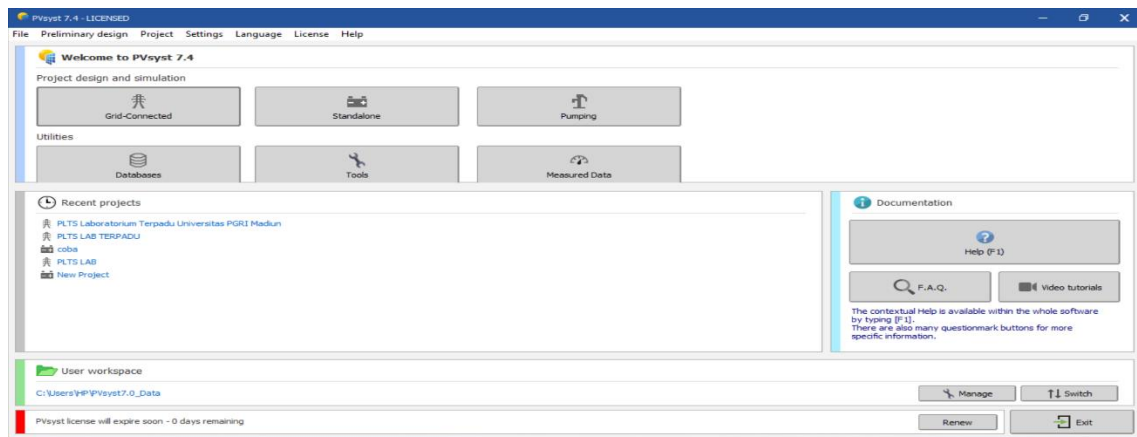
SMA	Sunny Tripower STP-50-41
Rated Power	50 kW
Nominal Voltage	670 V
Efficiency	98,1 %
Dimensions 35.8 x 18 x 13.5 cm	569 mm / 733 mm / 621 mm
Frequency 50 Hz	50 Hz

Tabel 3 Data Penelitian

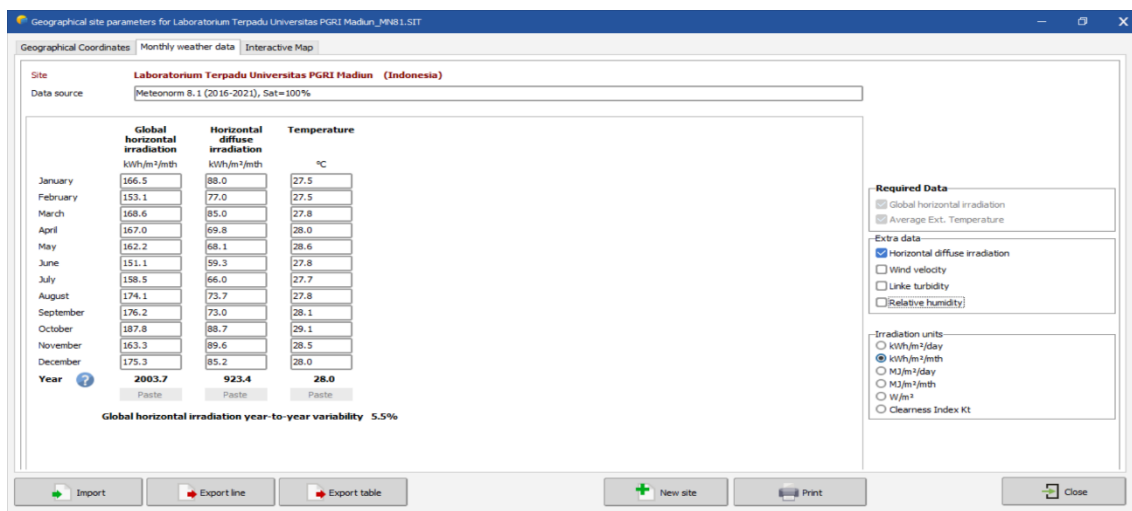
Azimuth	0 ⁰
Kemiringan Panel	12 ⁰
Daya yang digunakan Lab Terpadu	15.326 kWh/bulan
Luas Atap sisi utara Lab Terpadu	253 m ²
Data Radiasi Matahari dan suhu selama 1 tahun	

Simulasi Pada PVSyst

Langkah pertama yang kita lakukan adalah membuka aplikasi *Pvsyst*, kemudian pilih jenis PLTS yang ingin kita gunakan. Maka akan muncul tampilan sebagai berikut :

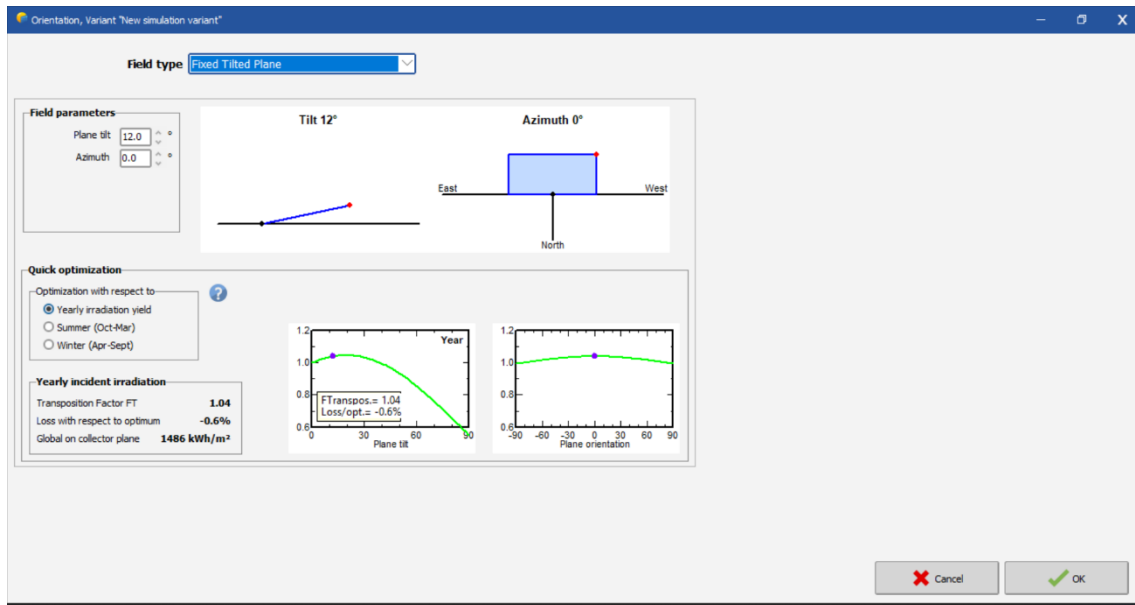


Gambar 2 Menu PVsyst



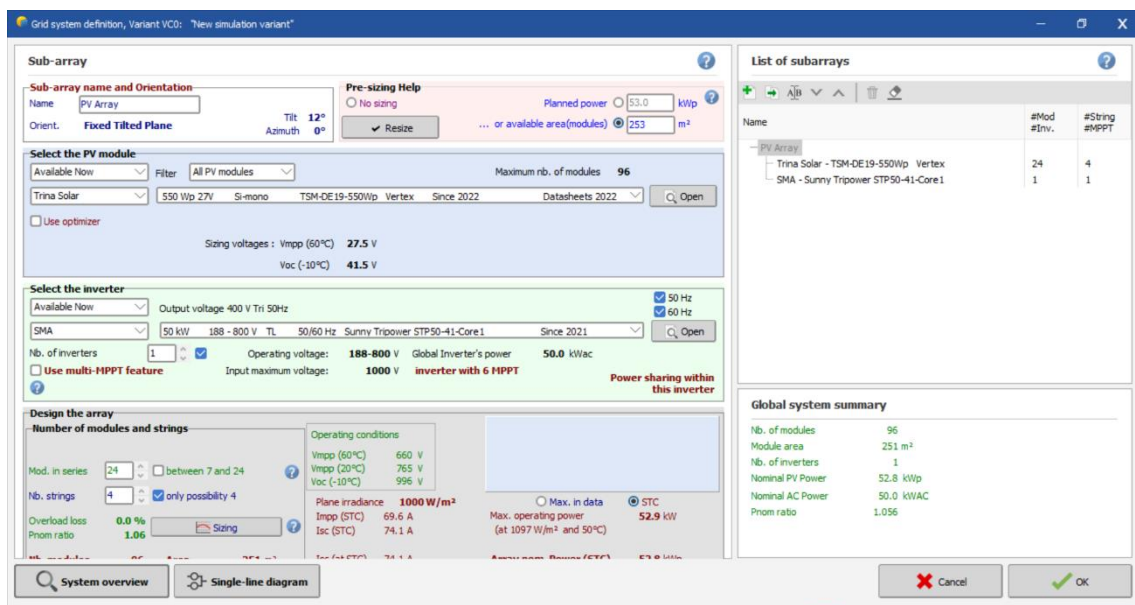
Gambar 3 Data Radiasi dan Suhu

Tentukan lokasi pemasangan PLTS seperti terlihat pada Gambar 3. Setelah itu, data radiasi matahari dan suhu bulanan di lokasi tersebut akan muncul. Sebagai contoh, berikut adalah data radiasi dan suhu rata-rata bulanan di Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun. Berdasarkan data yang ada, langkah selanjutnya adalah menentukan sudut kemiringan dan *Azimuth* untuk pemasangan PLTS untuk memperoleh hasil daya yang maksimal. Buka menu *Orientation* pada PVsyst, lalu pilih sudut kemiringan dan *Azimuth* di mana sistem PLTS menghasilkan daya tertinggi, seperti pada gambar berikut :



Gambar 4 Sudut kemiringan dan Azimuth

Tahap berikutnya adalah menentukan sistem yang akan digunakan, meliputi pemilihan panel surya, dan *inverter* beserta merek dan kapasitasnya. Serta menentukan luas bidang yang akan dipasang PLTS, seperti gambar berikut :



Gambar 5 Sistem PLTS yang digunakan

Setelah menentukan sistem PLTS yang akan digunakan langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi dari sistem yang telah dirancang. Adapun hasil dari perencanaan tersebut disajikan sebagai berikut :

Project summary			
Geographical Site Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun Indonesia		Situation Latitude -7.64 °S Longitude 111.54 °E Altitude 64 m Time zone UTC+7	Project settings Albedo 0.20
Weather data Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100% - Synthetic			
System summary			
Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 12 / 0 °		Near Shadings No Shadings	User's needs Unlimited load (grid)
System information			
PV Array			
Nb. of modules	96 units	Inverters	
Pnom total	52.8 kWp	Nb. of units	1 unit
		Pnom total	50.0 kWac
		Pnom ratio	1.056
Results summary			
Produced Energy	89426 kWh/year	Specific production	1694 kWh/kWp/year
		Perf. Ratio PR	83.25 %
Table of contents			
Project and results summary			2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses			3
Main results			4
Loss diagram			5
Predef. graphs			6
P50 - P90 evaluation			7
Single-line diagram			8
CO ₂ Emission Balance			9

Gambar 6 Hasil Simulasi PVSyst

Dari hasil simulasi menggunakan aplikasi PVSyst jumlah panel yang digunakan sebanyak 96, Daya yang dihasilkan panel 52.8 kWp, performa rasio 83,25%, dan daya yang dihasilkan PLTS 89.426 kWh/tahun .

Tabel 4 Perbandingan hitung manual dan simulasi

Jenis Data	Hitung Manual	PVSyst
Output Daya Dari Panel Surya (Wp)	53.130	52.800
Jumlah Panel Surya	96	96
Output Daya Dari Inverter (kWh)	95.974	89.400

IV. KESIMPULAN

Hasil pembahasan pada Bab IV tentang Analisi Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada *Rooftop* Lab Terpadu dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besarnya daya yang dihasilkan menggunakan perhitungan manual sebesar 95.974kWh/tahun, sedangkan hasil simulasi menggunakan aplikasi PVSyst daya yang dihasilkan sebesar 89.400kWh/tahun.
2. Berdasarkan hasil perhitungan dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan penghematan biaya setelah pemasangan PLTS atap sebesar Rp 12.661.573/bulan.
3. Beban harian Lab Terpadu yaitu sebesar 508 kWh/hari. Berdasarkan hasil perhitungan PLTS mampu menanggung beban sebesar 51,76% dari daya harian yang digunakan oleh Lab Terpadu.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Ridlo and A. Hakim, "ANDASIH Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan," *ANDASIH Jurnal Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2020.
- [2] I. Tri Yuniastuti, Y. Adi Kusuma, I. Sunaryantiningsih, and A. Firmansyah, "Pengenalan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Ramah Lingkungan Kepada Kelompok Pemuda Krida Muda Desa Kartoharjo Magetan," *J. Edukasi Pengabdi. Masy.*, vol. 3, no. 2, pp. 195–202, 2024, doi: 10.36636/eduabdimas.v3i2.4153.
- [3] F. Ferdyson and J. Windarta, "Overview Pemanfaatan dan Perkembangan Sumber Daya Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan di Indonesia," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2023, doi: 10.14710/jebt.2023.15714.
- [4] Y. D. Hermawan and M. Juhurwin, "Potensi Pembangkit Listrik Alternatif Tenaga Surya Di Atap Kampus Lombok Institute of Technology Kabupaten Lombok Timur," *Pros. SAINTEK*, vol. 6, no. November 2023, pp. 68–76, 2024, doi: 10.29303/saintek.v6i1.920.
- [5] G. Gunaldi, I. Hanifatul, A. Rahma, and S. E. Raharjo, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap untuk Mendorong Net Zero Emission di Kawasan Pemukiman," *J. Lingkung.*, vol. 1, no. 1, pp. 32–39, 2025.
- [6] Zainuddin, Putri Hayati, Triyeni Wulandari, and Nanang Widodo, "Strategi Konservasi Energi di Sektor Pendidikan melalui Pendekatan Green Building," *J. Pengemb. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–24, 2025, doi: 10.63866/jpst.v1i1.43.
- [7] W. Warindi, H. T. Setiawan, D. Novianto, and R. V. Yuliantari, "Pengembangan Sistem Data Akuisisi Dan Pemantauan Bergerak Faktor Pembangkitan Panel Surya Pada Suatu Daerah Terpencil," *Dielektrika*, vol. 8, no. 1, p. 15, 2021, doi: 10.29303/dielektrika.v8i1.261.
- [8] I. M. Muhammad, C. Sari, and I. T. Yuniastuti, "ANALISIS POTENSI PANEL SURYA 50 WP di LAB TERPADU UNIVERSITAS PGRI MADIUN," *Surabaya J. Sist. Cerdas dan Rekayasa*, vol. 5, no. 2, pp. 2656–7504, 2023.
- [9] H. Prasetya, I. Sunaryantiningsih, and I. T. Yuniastuti, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Gedung Lab Terpadu Universitas PGRI Madiun," *ELECTRA Electr. Eng. Artic.*, vol. 4, no. 2, p. 10, 2024, doi: 10.25273/electra.v4i2.13711.
- [10] R. Ruliyanta, R. A. S. Kusumoputro, and P. Hartoyo, "Peningkatan Efisiensi Panel Surya Melalui Perawatan Berkala," *JMM (Jurnal Masy. Mandiri)*, vol. 8, no. 1, p. 544, 2024, doi: 10.31764/jmm.v8i1.20255.
- [11] N. W. Mulya, N. A. Windarko, and R. P. Eviningsih, "Maximum Power Point Tracking Pada Iradiasi Dan Suhu Berfluktuasi Berbasis Fuzzy Type-2," *J-Innovation*, vol. 10, no. 2, pp. 50–56, 2021, doi: 10.55600/jipa.v10i2.112.
- [12] S. D. Ayu Febriani, "Analisis Tekno Ekonomi Pemasangan PLTS Rooftop on Grid 120 Kw (Studi Kasus PLTS Di PT Santinilestari Energi Indonesia)," *J. Tek. Terap.*, 2024, doi: 10.25047/jteta.v2i2.31.
- [13] F. Anwar and T. Rijanto, "Analisis Perencanaan PLTS on Grid Menggunakan Helioscope (Studi Kasus PLTS on Grid 40 KWP Di Gedung Asrama Putri Universitas Airlangga)," *Jtein J. Tek. Elektro Indones.*, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.455.
- [14] L. Halim, "Analisis Teknis Dan Biaya Investasi Pemasangan PLTS on Grid Dan Off Grid Di Indonesia," *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, 2022, doi: 10.24853/resistor.5.2.131-136.
- [15] B. R. Parada Palevi, C. Saleh, and C. D. Megawati, "Perancangan Sistem Pemantauan Uji Karakteristik Daya Keluaran Panel Surya Monocrystalline Dan Polycrystalline Untuk Kepentingan Riset Dan Pendidikan," *Pros. Seniati*, 2022, doi: 10.36040/seniati.v6i3.5087.
- [16] N. Ishak, J. Ilham, and E. H. Harun, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop Menggunakan Sam Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo," *Electra Electr. Eng. Artic.*, vol. 5, no. 2, 2025, doi: 10.25273/electra.v5i2.21204.
- [17] P. Sutopo and H. Rossieta, "Evaluasi Emergent Strategy Bisnis PLTS Atap PT X Sehubungan Dengan Ketidakpastian Strategis Permintaan Pasar," *J. Manaj. Dan Organ.*, vol. 14, no. 3, pp. 297–309, 2023, doi:

- 10.29244/jmo.v14i3.47621.
- [18] Z. Syamsudin, S. Hidayat, and M. N. Effendi, "Perencanaan Penggunaan Plts Di Stasiun Kereta Api Cirebon Jawa Barat," *Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 1, pp. 70–83, 2017, doi: 10.33322/energi.v9i1.58.
- [19] A. Murat Ates and H. Singh, "Rooftop solar Photovoltaic (PV) plant – One year measured performance and simulations," *J. King Saud Univ. - Sci.*, vol. 33, no. 3, p. 101361, 2021, doi: 10.1016/j.jksus.2021.101361.
- [20] L. P. Truong, H. A. Quoc, H. L. Tsai, and D. van Dung, "A method to estimate and analyze the performance of a grid-connected photovoltaic power plant," *Energies*, vol. 13, no. 10, 2020, doi: 10.3390/en13102583.