



Simulasi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Gedung Advance Research Laboratory Universitas Udayana

Marcel Bonifacio Tirta Wijata

Universitas Udayana

Informasi Artikel

Histori Artikel:

Submit **10 Mei 2023**

Accepted **15 Mei 2023**

Published **20 Mei 2023**

Email Author:

marcel.btw@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this study is to design and evaluate a rooftop PV system that is connected to the PLN grid on Advance Research Laboratory Building rooftop at Udayana University using the PVsyst software. The main factor of this research is the acceleration of the transition to new renewable energy such as PLTS. The overall performance of the solar module is determined by the amount of solar radiation, the type of solar module used, and the orientation of the solar module. PV system which connected to the PLN grid or on-grid is the best choice for commercial-scale renewable energy. In this study, the PVsyst software was used to analyse the maximum power of the installed PV system with a roof surface area of 492 m². With the specified roof area, 176 solar modules can be installed. The available AC energy produced by PV System is 156.18 MWh/year. The annual horizontal irradiation in Jimbaran, Bali is 2014.6 kWh/m². The PV system has a Performance Ratio (PR) of 0.785 and a specific energy production of 1604 kWh/kWp/year so that the system is considered to have good feasibility. PV system is able to save electricity consumption of Udayana University Advance Research Laboratory Building during the morning to evening period.

Keyword– *PV system, on-grid, PVsyst*

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengevaluasi sistem PLTS atap yang terhubung dengan jaringan utilitas daya PLN pada atap Gedung Advance Research Laboratory Universitas Udayana menggunakan perangkat lunak PVsyst. Faktor utama dari penelitian ini adalah percepatan transisi energi baru terbarukan seperti PLTS. Kinerja keseluruhan modul surya ditentukan oleh jumlah penyinaran matahari, jenis modul surya yang digunakan, dan orientasi modul surya. Sistem PLTS yang terhubung ke jaringan utilitas daya atau *on-grid* merupakan pilihan terbaik untuk energi terbarukan skala komersial. Pada penelitian ini,

perangkat lunak PVsyst digunakan untuk menganalisis daya maksimal PLTS yang terpasang dengan luas permukaan atap 492 m². Dengan luasan atap yang ditentukan, modul surya yang mampu terpasang sebanyak 176 modul. Energi AC tersedia yang dihasilkan oleh PLTS adalah 156.18 MWh/tahun. Iradiasi horizontal tahunan di Jimbaran, Bali adalah 2014.6 kWh/m². Sistem PLTS memiliki *Performance Ratio* (PR) 0.785 dan *specific energy production* 1604 kWh/kWp/tahun sehingga sistem dianggap memiliki kelayakan yang baik. PLTS mampu memberikan penghematan konsumsi listrik Gedung Advance Research Laboratory Universitas Udayana pada periode pagi hingga sore hari.

Kata Kunci – PLTS, *on-grid*, PVsyst

PENDAHULUAN

Energi selalu menjadi isu yang dihadapi oleh banyak negara termasuk Indonesia. Dengan semakin berkurangnya sumber energi fosil sementara konsumsinya meningkat secara bertahap, maka perlu diwaspadai ketahanan energi sekaligus menjaga efisiensi konsumsi (Prastyabudi & Isa Hafidz, 2020). Sektor ketenagalistrikan Indonesia saat ini menyumbang sekitar 40 persen dari total emisi. Indonesia dalam *Nationally Determined Contribution* (NDC) menyatakan bahwa Indonesia berjanji untuk mencapai 23% bauran energi baru terbarukan pada tahun 2025 dan mengurangi emisi sebesar 31,2% (tanpa syarat) dan 43,2% (bersyarat) pada tahun 2030 dibandingkan dengan *business-as-usual* (BAU) (IESR, 2023). Dalam Skenario Kebijakan Tertunda, pemanfaatan batu bara secara bertahap menurun dan digantikan oleh PV surya yang menyumbang 80% dari pembangkit listrik pada tahun 2050. Penurunan emisi menjadi 125 Megatonne CO_{2eq}, gagal memenuhi jalur 1,5 °C. Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga batu bara akan turun secara signifikan dari tingkat yang menarik secara ekonomi jauh di atas 6.000 jam beban penuh menjadi hanya sekitar 2.000 pada tahun 2050 (IESR dkk., 2021).

PLTS diharapkan memainkan peran penting dalam mengurangi emisi rumah kaca dari sektor energi di masa depan terutama dengan kebijakan dan langkah-langkah pendukung yang memadai (IRENA, 2019). Sementara di negara maju, PLTS atap memiliki kontribusi kapasitas yang signifikan dalam sistem kelistrikan mereka (yaitu, Australia dengan PLTS atap 14,7 GW dibandingkan dengan beban puncak 32 GW), negara berkembang seperti Indonesia masih memiliki kapasitas PLTS atap yang rendah dibandingkan beban puncaknya (Haryadi dkk., 2021).

Secara umum, penyebaran PLTS dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama. Pertama, PLTS digunakan untuk solusi *off-grid*, biasanya untuk tempat-tempat yang tidak memiliki akses listrik jaringan atau ketika biaya untuk menyambungkan beban ke listrik jaringan tinggi. Ini biasanya melibatkan proyek skala kecil di daerah pedesaan, dan target utamanya adalah rumah tangga perumahan dan desa yang ingin terputus dari jaringan listrik. Kedua, PLTS terintegrasi dengan jaringan (*on-grid*), dimana listrik PLTS tidak hanya mensuplai beban yang berdekatan, tetapi juga mengalir melalui jaringan untuk mensuplai beban lain yang saling terhubung ke jaringan. Ini dapat berupa PLTS yang terhubung ke jaringan terpusat (dengan susunan PLTS yang dipasang di tanah) yang menjalankan fungsi sistem tenaga terpusat untuk memasok daya massal, di mana perusahaan listrik mengembangkan PLTS untuk memenuhi kewajiban pembelian terbarukan atau tarif preferensial. Alternatifnya, PLTS yang terhubung ke jaringan terdistribusi dapat dipasang di tempat pelanggan perumahan, komersial, atau industri

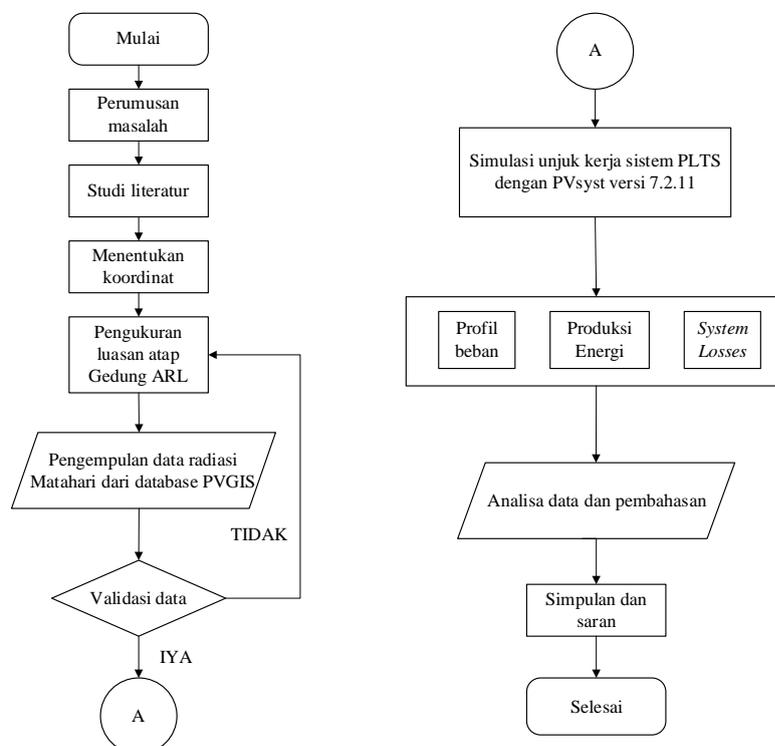
untuk menyediakan listrik ke pelanggan yang terhubung ke jaringan atau langsung ke jaringan jaringan. Ini juga umumnya dikenal sebagai sistem PLTS atap, dimana pelanggan ritel mendorong pemasangan PLTS untuk mendapatkan keuntungan dari kebijakan dan peraturan yang menarik.

Perlu diperhatikan bahwa daya yang dihasilkan PLTS bersifat intermiten, bervariasi, dan tidak dapat diprediksi merupakan masalah kritis yang mampu mempengaruhi infrastruktur jaringan utilitas daya (Mehrabankhomartash dkk., 2017). Dalam penelitian ini, simulasi perancangan sistem PLTS *on-grid* akan diterapkan di Gedung Advance Research Laboratory Universitas Udayana dengan skema *zero-export* sehingga energi listrik berlebih yang dihasilkan PLTS tidak dapat disalurkan ke jaringan utilitas daya PLN sehingga tidak mempengaruhi infrastruktur PLN dan energi tersebut digunakan secara khusus untuk gedung. Pemasangan PLTS *on-grid* mampu mengoptimalkan kerugian biaya operasional, dan menambah manfaat bagi jaringan utilitas daya PLN dan pelanggan (Omer, 2008). Meskipun menerapkan ukuran sistem yang sangat tinggi, sistem PLTS tidak dapat memenuhi profil beban penuh bangunan pada umumnya karena pembangkitan daya oleh PLTS tidak mampu dilakukan di luar periode pagi hingga sore hari (Jurasz & Campana, 2019). Pemasangan PLTS pada Gedung Advance Research Laboratory Universitas Udayana mampu mengurangi penggunaan listrik dari PLN. Tujuan penelitian ini untuk melakukan analisis pemaksimalan desain perencanaan PLTS terhadap luasan atap gedung dan estimasi produksi energi listrik untuk memberikan penghematan yang maksimal.

Penelitian ini disusun sebagai: Bagian 1 menyajikan pendahuluan, Bagian 2 mengusulkan desain Sistem PLTS atap di Gedung Advance Research Laboratory, Bagian 3 menyajikan simulasi dan hasil, dan Bagian 4 adalah kesimpulan dari penelitian ini.

METODE

Bagan alir ilustratif yang meringkas metodologi yang diikuti disajikan pada Gambar. 1. Penjelasan rinci tentang metodologi dijelaskan pada sub bab berikutnya.



Gambar 1. Alur penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada Gedung Advance Research Laboratory Universitas Udayana, Jimbaran yang terletak di Bali dengan koordinat $-8.794729^{\circ}\text{N}$, $115.173904^{\circ}\text{E}$.



Gambar 2. Citra satelit atap gedung Advance Research Laboratory

Gambar 2 menunjukkan area atap gedung Advance Research Laboratory Universitas Udayana. Namun, dalam penelitian ini analisis difokuskan pada bagian atap dak dan ditentukan total luas permukaan yang dapat dimanfaatkan yaitu 492 m^2 .

Database klimatologi global Meteonorm (www.meteonorm.com) banyak digunakan sebagai *input* meteorologi untuk simulasi aplikasi PLTS. Meteonorm merupakan kombinasi dari *database* iklim, alat interpolasi spasial, dan generator cuaca stokastik. Meteonorm juga dapat digunakan untuk studi perubahan iklim.

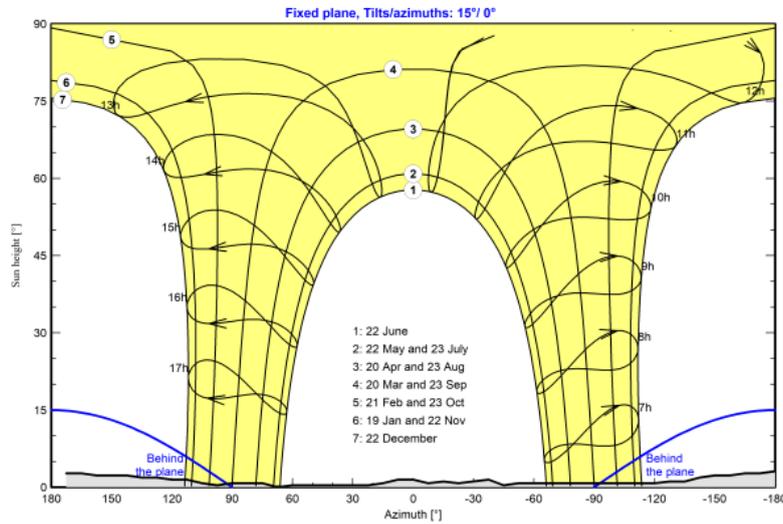
Simulasi dan Validasi Menggunakan PVsyst

PVSYST adalah perangkat lunak simulasi yang awalnya dirancang di Jenewa untuk membantu menghitung fungsi dan pengoperasian sistem PV. Alat simulasi ini membantu merancang konfigurasi sistem dan juga memungkinkan Anda mengevaluasi jumlah energi yang dihasilkan. Keluarannya didasarkan pada simulasi sistem pengukuran, yang lebih bergantung pada lokasi geografis lokasi sistem PV. Hasilnya mungkin berisi beberapa variabel simulasi yang dapat ditampilkan masing-masing dalam nilai per jam, harian, atau bulanan (R. Kumar dkk., 2021).

Solar Horizon Pada Lokasi

Simulasi untuk *solar horizon* pada gedung ditunjukkan oleh Gambar. 3. Simulasi dilakukan dengan kondisi *azimuth* matahari nol dan sudut kemiringan 15° yaitu, dengan asumsi bahwa panel PV dihadapkan pada arah utara yang sebenarnya dengan 15° sudut kemiringan. Pada tanggal 21 Februari dan 23 Oktober, Matahari berada pada posisi tertinggi di langit, sedangkan pada tanggal

22 Juni, Matahari berada pada posisi terendah di langit.



Gambar 3. Solar Horizon

Spesifikasi Desain PLTS

Spesifikasi desain untuk sistem PLTS atap disajikan pada Gambar 4. Modul panel surya yang digunakan merupakan Seraphim 545-BMA-HV. Luas permukaan atap yang digunakan adalah 492 m², sehingga kapasitas terpasang maksimum PLTS adalah 95.9 kWp dengan jumlah modul sebanyak 176 modul. Inverter yang digunakan merupakan inverter SMA Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3 dengan kapasitas 100 kW.

Model	SRP-545-BMA-HV	Manufacturer	Seraphim
File name	Seraphim_545_BMA_HV.PAN	Data source	Manufacture 2022
Custom parameters definition		Prod. Since 2022	

Nom. Power (at STC)	545.0 Wp	Tol. -/+	0.0 3.0 %
Technology	Si-mono		

Manufacturer specifications or other measurements			
Reference conditions	GRef	1000 W/m ²	TRef 25 °C
Short-circuit current	Isc	13.900 A	Open circuit Voc 49.60 V
Max Power Point	Impp	13.040 A	Vmpp 41.80 V
Temperature coefficient	muIsc	5.1 mA/°C	Nb cells 72 x 2
	or muIsc	0.037 %/°C	

Internal model result tool	
Operating conditions	GOper 1000 W/m ² TOper 25 °C
Max Power Point	Pmpp 545.1 W
Current	Impp 13.06 A
Short-circuit current	Isc 13.90 A
Efficiency	/ Cells area N/A %
	Temper. coeff. -0.39 %/°C
	Voltage Vmpp 41.7 V
	Open circuit Voc 49.6 V
	/ Module area 21.10 %

Model summary	
Main parameters	
R shunt	21788 Ω
R serie model	0.01 Ω
R serie max.	0.21 Ω
R serie apparent	0.21 Ω
Model parameters	
Gamma	1.489
IoRef	209.67 nA
muVoc	-159 mV/°C
muPMax fixed	-0.40 /°C

Gambar 4. Spesifikasi modul panel surya

Model: Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3 Manufacturer: SMA
 File name: SMA_Highpower_SHP100_20_PEAK3.OND Data source: Manufacturer 2019
 Original PVsyst database Prod. Since 2019

Input side (DC PV field)

Minimum MPP Voltage: 570 V
 Min. Voltage for PNom: N/A V
 Maximum Input Current: N/A A
 Nominal MPP Voltage: 590 V
 Maximum MPP Voltage: 1000 V
 Absolute max. PV Voltage: 1000 V
 Power Threshold: 100 W Default Required

Contractual specifications, without real physical meaning Required

Nominal PV Power: 102 kW
 Maximum PV Power: 150 kW
 Maximum PV Current: N/A A

Output side (AC grid)

Grid type: Monophased Triphased Biphased
 Frequency: 50 Hz 60 Hz

Grid voltage: 400 V
 Nominal AC Power: 100 kW
 Maximum AC Power: 100 kW
 Nominal AC current: 151 A
 Maximum AC current: 151 A

Efficiency

Maximum efficiency: 98.85%
 Efficiency defined for 3 voltages

Gambar 5. Spesifikasi inverter

Sub-array

Sub-array name and Orientation: Name: PV Array, Orient: Fixed Tilted Plane, Tilt: 15°, Azimuth: 0°

Pre-sizing Help: No sizing, Enter planned power: 103.6 kWp, or available area(modules): 492 m²

Select the PV module: Available Now, Filter: All PV modules, Maximum nb. of modules: 190
 Seraphim, 545 Wp 35V Si-mono SRP-545-BMA-HV Since 2022 Manufacture 2022

Sizing voltages: Vmpp (60°C): 36.0 V, Voc (-10°C): 55.0 V

Select the inverter: Available Now, Output voltage: 400 V Tri 50Hz, SMA, 100 kW 570 - 1000 V TL 50/60 Hz Sunny Highpower SHP100-20-PEAK3 Since 2019
 Nb. of inverters: 1, Operating voltage: 570-1000 V, Global Inverter's power: 100.0 kWac, Input maximum voltage: 1000 V

Design the array: Number of modules and strings, Mod. in series: 16, Nb. strings: 11, Overload loss: 0.0%, Pnom ratio: 0.96, Nb. modules: 176, Area: 455 m²

Operating conditions: Vmpp (60°C): 576 V, Vmpp (20°C): 681 V, Voc (-10°C): 880 V, Plane irradiance: 1000 W/m², Impp (STC): 143 A, Isc (STC): 153 A, Max. operating power (at 1000 W/m² and 50°C): 86.3 kW, Array nom. Power (STC): 95.9 kWp

The inverter power is slightly oversized.

List of subarrays

Name	#Mod #Inv.	#String #MPPT
PV Array		
Seraphim - SRP-545-BMA-HV	16	11
SMA - Sunny Highpower SHP10...	1	1

Global system summary

Nb. of modules: 176
 Module area: 455 m²
 Nb. of inverters: 1
 Nominal PV Power: 95.9 kWp
 Maximum PV Power: 92.1 kWDC
 Nominal AC Power: 100.0 kWAC
 Pnom ratio: 0.959

Gambar 6. Parameter sistem PLTS

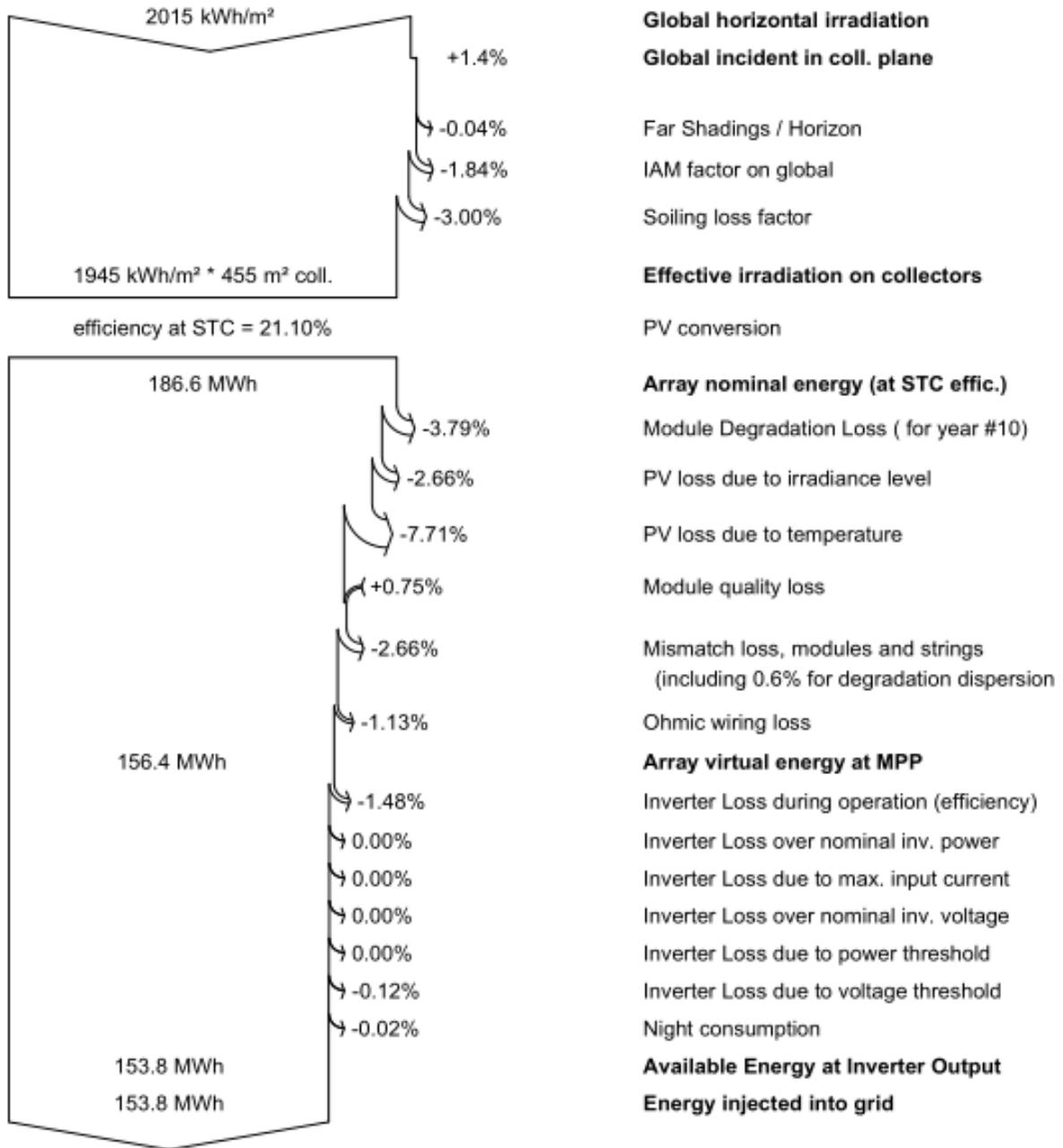
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dan desain sistem PLTS *on-grid* disimulasikan menggunakan perangkat lunak PVsyst. Setelah dilakukan kalibrasi dan simulasi beberapa kali, hasil yang paling memuaskan diperoleh. *Datasheet* membuktikan keefektifan hasil simulasi modul panel surya. Data metrologi (suhu, radiasi) menentukan seberapa baik kinerja modul panel surya. Perangkat lunak PVsyst menganalisis berbagai data cuaca, dalam penelitian ini diperoleh data dari Meteorom. Tabel 1 menunjukkan keseimbangan dan hasil utama dari sistem. Beberapa parameter dinilai untuk hasil simulasi utama (N. M. Kumar dkk., 2017). Dari Tabel 1, energi efektif pada *output array* adalah 156.18 MWh/tahun, energi yang diumpankan ke jaringan adalah 153.83 MWh/tahun, iradiasi horizontal global tahunan adalah 2014.6 kWh/m², iradiasi difus horizontal adalah 786.43 kWh/m², suhu sekitar 26,13 °C, *specific energy production* 1604 kWh/kWp/tahun, dan *performance ratio* 0.785 per tahun.

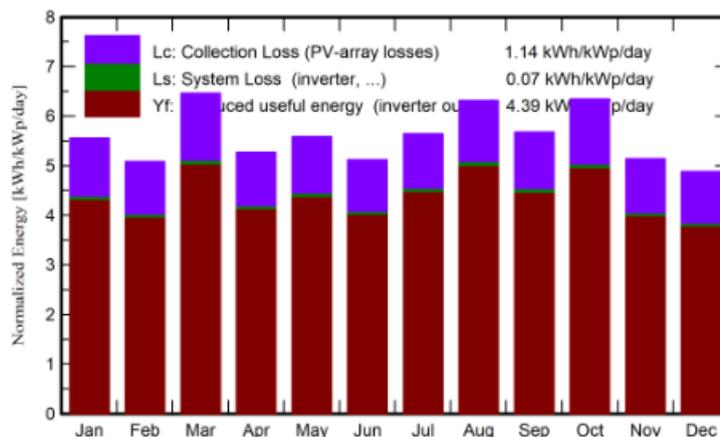
Tabel 1. Data penyinaran matahari, Suhu, Rasio kinerja dan pembangkitan energi menggunakan PVSYST

	GHI kWh/m ²	HDIk Wh/m ²	T_amb °C	GlobaInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	EGrid MWh	PR ratio
January	187.5	77.07	26.56	172.3	163.1	13.08	12.88	0.77
February	148.7	65.89	26.26	142.4	135.4	10.83	10.67	0.78
March	199.3	61.01	27.55	200.3	191.2	15.23	15.00	0.78
April	149.7	62.18	26.31	158.2	151.0	12.10	11.92	0.78
May	156.4	54.58	26.61	173.1	165.4	13.26	13.06	0.78
June	136.3	51.03	26.76	153.7	146.8	11.77	11.59	0.78
July	155.5	55.26	24.31	175.0	166.9	13.55	13.35	0.79
August	180.4	62.12	24.34	195.0	186.8	15.14	14.91	0.79
September	166.7	67.39	25.24	170.4	162.4	13.08	12.88	0.78
October	203.2	62.03	25.93	196.7	187.1	15.00	14.77	0.78
November	165.1	85.24	27.14	154.3	146.2	11.69	11.51	0.77
December	165.8	82.62	26.53	151.3	142.8	11.45	11.29	0.77
Year	2014.6	786.43	26.13	2043.7	1945.2	156.18	153.83	0.78

Losses daya berasal dari beberapa level sistem PLTS karena berbagai faktor. Dalam array PV, beberapa *losses* terjadi dan disebabkan oleh ketidakcocokan modul, kualitas modul, kabel ohmik, *losses* konverter selama operasi, *losses* daya ambang inverter, dll. (Rout & Kulkarni, 2020). Gambar 7 menunjukkan *losses diagram* yang terjadi pada PLTS setiap tahun. Kerugian modul surya karena tingkat radiasi adalah 2.66%, kerugian modul surya karena suhu 7.71%, *mismatch loss* 2.66%, ohmic *losses* 1.13%, IAM *loss* 1.84%, dan inverter *loss* pada operasi (efisiensi) 1.48%.

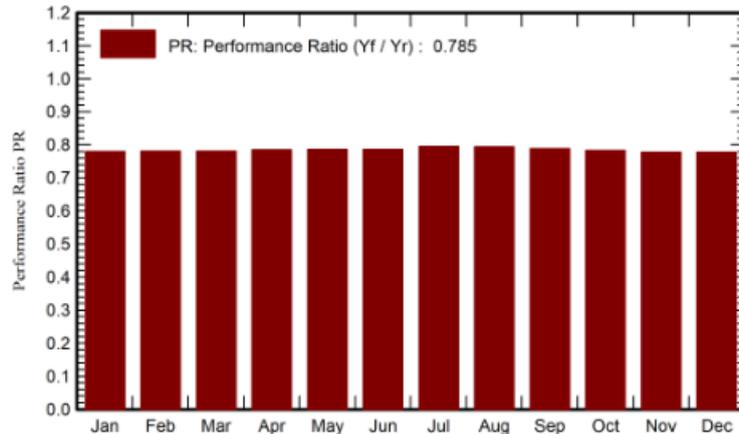


Gambar 7. Loss Diagram



Gambar 8. Produksi yang dinormalisasi (per kWp terpasang)

Produksi yang dinormalisasi mencakup *losses* sistem, *losses* pengumpulan, dan kinerja energi yang dapat digunakan per kWp terpasang/hari, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 yang menunjukkan output tahunan dari produksi daya yang dinormalisasi dan faktor kerugian.. Sistem telah mengalami kerugian 0.07 kWh/kWp/hari, dan kerugian dalam pengumpulan (kerugian modul surya-*array*) adalah 1.14 kWh/kWp/hari.



Gambar 9. Performance Ratio PR

Nilai *Performance Ratio* (PR) rata-rata tahunan dari sistem PLTS yang disimulasikan adalah 78.5%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Nilai PR berfluktuasi setiap bulan namun tidak ada perbedaan yang signifikan. *Performance Ratio* mengungkapkan hubungan antara output energi teoritis dan empiris dari PLTS dimana PR menunjukkan energi setelah dikurangi oleh rugi-rugi. Secara keseluruhan, PR PLTS adalah sekitar 78.5% per tahun, yang merupakan nilai yang signifikan (Alnoosani dkk., 2019).

SIMPULAN

Evaluasi desain dan kinerja sistem solar PLTS atap di Gedung Advance Research Laboratory Universitas Udayana, dengan potensi kapasitas PLTS terpasang 103.6 kWp dinilai layak. Perangkat lunak PVsyst digunakan untuk menganalisis dan merancang sistem PLTS. Pasokan energi tahunan keseluruhan ke jaringan utilitas daya PLN adalah 153.83 MWh. Energi tertinggi yang mampu diperoleh PLTS atap yang dikirim ke jaringan utilitas daya terdapat pada bulan Maret dengan jumlah 15.00 MWh sedangkan energi terendah terdapat pada bulan Februari dengan jumlah 10.67 MWh. *Performance Ratio* (PR) tahunan dari sistem PLTS adalah sekitar 78.5%, yang merupakan nilai yang signifikan (Alnoosani dkk., 2019).

BIBLIOGRAFI

- Alnoosani, A., Oreijah, M., Alhazmi, M. W., Samkari, Y., Alnoosani1, A., Oreijah2, M., Alhazmi3, M., Samkari4, Y., & Faqeha5, H. (2019). Design of 100MW Solar PV on-Grid Connected Power Plant Using (PVsyst) in Umm Al-Qura University Smart Firefighting Device System (LAHEEB) View project Dye-sensitized solar cells (DSSC) and Nano-technologies. View project Design of 100MW Solar PV on-Grid C. *Article in International Journal of Science and Research*, 8(11), 356–363. www.ijsr.net
- Haryadi, F. N., Hakam, D. F., Ajija, S. R., Simaremare, A. A., & Aditya, I. A. (2021). The Analysis of Residential Rooftop PV in Indonesia's Electricity Market. *Economies*, 9(4), 1–10. <https://doi.org/10.3390/economies9040192>
- IESR. (2023). *Indonesia Energy Transition Outlook 2023: Tracking Progress of Energy Transition*

- in Indonesia: Pursuing Energy Security in the Time of Transition*. Please cite this report as: IESR (2022). Indonesia. www.irena.org
- IESR, Agora Energiewende, & LUT University. (2021). *Deep Decarbonization of Indonesia's Energy System: A Pathway to Zero Emissions by 2050*. www.lut.fi
- IRENA. (2019). Future of solar photovoltaic: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects (A Global Energy Transformation: paper). In *International Renewable Energy Agency: Vol. November*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Oct/IRENA_Future_of_wind_2019.pdf
- Jurasz, J., & Campana, P. E. (2019). The potential of photovoltaic systems to reduce energy costs for office buildings in time-dependent and peak-load-dependent tariffs. *Sustainable Cities and Society*, 44, 871–879. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.048>
- Kumar, N. M., Kumar, M. R., Rejoice, P. R., & Mathew, M. (2017). Performance analysis of 100 kWp grid connected Si-poly photovoltaic system using PVsyst simulation tool. *Energy Procedia*, 117, 180–189. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.121>
- Kumar, R., Rajoria, C. S., Sharma, A., & Suhag, S. (2021). Design and simulation of standalone solar PV system using PVsyst Software: A case study. *Materials Today: Proceedings*, 46, 5322–5328. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.785>
- Mehrabankhomartash, M., Rayati, M., Sheikhi, A., & Ranjbar, A. M. (2017). Practical battery size optimization of a PV system by considering individual customer damage function. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 36–50. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.050>
- Omer, A. M. (2008). Energy, Environment and Sustainable Development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(9), 2265–2300. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.05.001>
- Prastyabudi, W. A., & Isa Hafidz. (2020). Energy Consumption Data Analysis: Indonesia Perspective. *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.52435/complete.v1i1.47>
- Rout, K. C., & Kulkarni, P. (2020). 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)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/SCEECS48394.2020.124>

Copyright holder:

Marcel Bonifacio Tirta Wijata (2023)

First publication right:

ETNIK : Jurnal Ekonomi dan Teknik