

Analisis Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Bangunan Residensial Menggunakan Software Pvsyst

Derry Fitrian Saputro ^{1✉}, Hasyim Asyari²

¹Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Kartasura,
Sukoharjo, Indonesia

²Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Kartasura,
Sukoharjo, Indonesia

✉ Email korespondensi: derryfitrian12@gmail.com

Abstrak. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan solusi energi terbarukan yang semakin diminati untuk memenuhi kebutuhan listrik, khususnya pada bangunan residensial. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh orientasi panel, kondisi iklim, dan intensitas radiasi matahari terhadap efisiensi keluaran energi panel surya. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis simulasi untuk memperoleh data performa sistem, membandingkannya dengan data riil, serta mengevaluasi kinerja sistem PLTS on-grid berkapasitas 1,2 kWp yang terpasang di daerah Klaseman, Gatak, Sukoharjo. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak PVsyst, dengan hasil total produksi energi dari bulan Februari hingga Mei sebesar 332,3 kWh, sedangkan data riil yang tercatat sebesar 240,98 kWh, dengan selisih sekitar 27%. Selisih ini menunjukkan adanya perbedaan antara hasil simulasi dan kenyataan di lapangan, yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor lingkungan dan teknis seperti efek shading dan cuaca.

Kata kunci: Implementasi; PLTS; PVSyst

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu elemen utama yang sangat penting dalam menunjang kehidupan seluruh makhluk hidup di bumi, khususnya manusia. Dalam kehidupan sehari-hari, air digunakan untuk berbagai keperluan seperti minum, memasak, mandi, mencuci, irigasi pertanian, serta sebagai bagian dari proses industri dan sanitasi. Ketersediaan air bersih yang layak konsumsi menjadi indikator utama kualitas hidup masyarakat. Namun, permasalahan keterbatasan akses air bersih masih menjadi isu besar di banyak wilayah, terutama di daerah terpencil dan pedesaan. Kondisi tersebut



dipengaruhi oleh terbatasnya infrastruktur serta tingginya potensi kontaminasi air akibat aktivitas manusia maupun alam.

Sumber air seperti sumur, sungai, dan mata air yang digunakan oleh masyarakat belum tentu memenuhi standar kualitas. Kandungan air dapat tercemar oleh limbah domestik, zat kimia, mikroorganisme patogen, serta logam berat. Selain itu, perubahan musim seperti musim hujan dapat meningkatkan kekeruhan air akibat partikel-partikel yang terbawa dari permukaan tanah. Kondisi ini diperparah oleh keterbatasan alat dan teknologi untuk menyaring serta memantau kualitas air. Akibatnya, masyarakat berisiko menggunakan air yang tidak layak, yang berdampak pada kesehatan, seperti munculnya penyakit diare, kolera, dan infeksi kulit.

Sebagai solusi dari permasalahan tersebut, pemanfaatan teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi pendekatan yang menjanjikan. Sistem filtrasi air otomatis berbasis IoT mampu melakukan pemantauan dan pengendalian kualitas air secara real-time dan jarak jauh. Dalam penelitian ini, dikembangkan sistem filtrasi otomatis yang dilengkapi dengan tiga sensor utama, yaitu sensor turbidity, TDS, dan pH. Sensor turbidity mengukur tingkat kekeruhan berdasarkan cahaya yang tersebar dari partikel tersuspensi, sensor TDS mengukur kandungan padatan terlarut seperti garam dan logam berat, dan sensor pH menilai tingkat keasaman air yang mempengaruhi keamanan air untuk dikonsumsi.

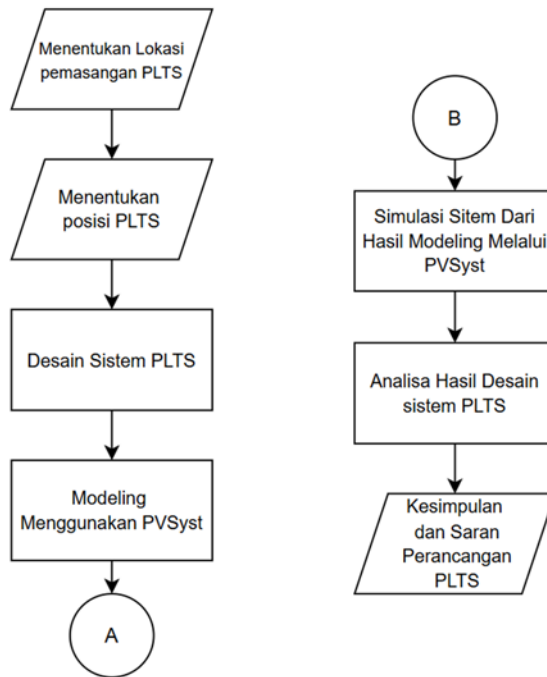
Data dari sensor akan dikirimkan ke mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang juga berperan sebagai penghubung *WiFi*. Data ini kemudian dikirim ke aplikasi *Blynk*, sebuah platform pemantauan IoT berbasis *smartphone* yang memungkinkan pengguna mengetahui kondisi air secara *real-time*. *Blynk* juga memungkinkan pengendalian jarak jauh terhadap sistem, termasuk mengaktifkan dan menonaktifkan komponen seperti pompa dan *solenoid valve*.

Dalam proses filtrasi, sistem ini memanfaatkan metode mekanis bertingkat yang menggunakan kapas, pasir, dan pecahan genteng. Setiap media berfungsi menyaring kotoran dalam ukuran yang berbeda untuk menghasilkan air yang lebih jernih. Selain itu, lampu ultraviolet (UV) ditambahkan sebagai sistem sterilisasi untuk membunuh mikroorganisme berbahaya yang tidak bisa disaring secara mekanik. Energi surya menawarkan solusi alternatif yang berkelanjutan. Indonesia, dengan rata-rata intensitas radiasi matahari 4,8 kWh/m²/hari, memiliki potensi besar untuk pengembangan teknologi berbasis energi surya [1].



METODE

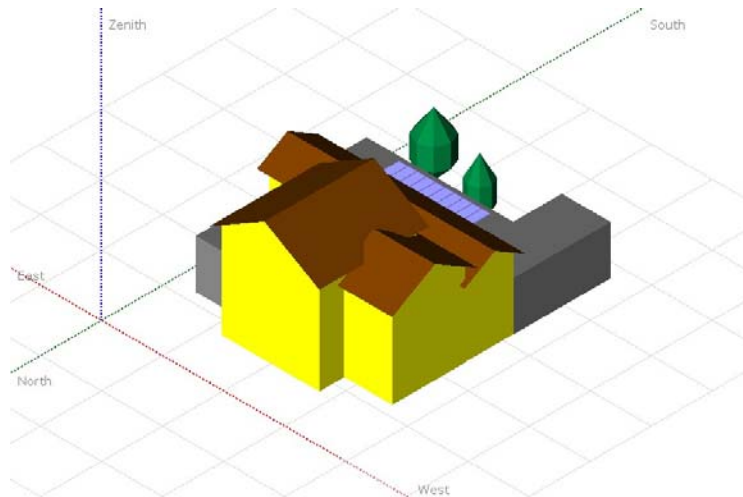
Penelitian ini menggunakan metode pendekatan kuantitatif berbasis simulasi untuk mengetahui hasil data dan membandingkan dengan data riil dan untuk mengevaluasi performa sistem PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) *on-grid* dengan kapasitas 1.2 kWp di daerah Klaseman, Gatak, Sukoharjo. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak PVSystem.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

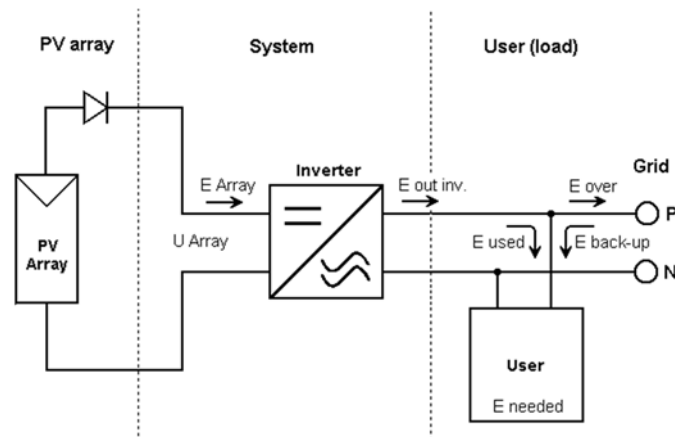
Pada Gambar 1 dimulai dengan menentukan lokasi pemasangan dan menentukan posisi dari array panel surya dengan mempertimbangkan orientasi, sudut kemiringan, serta menghindari potensi *shading*. Selanjutnya desain sistem PLTS dengan pemilihan komponen utama dari sistem ini yaitu, modul surya, inverter dll. Kemudian melakukan modeling sistem menggunakan perangkat lunak PVSystem, setelah melakukan modeling sistem maka dilanjutkan simulasi sistem untuk menampilkan data hasil dari simulasi yang akan dianalisa lalu dibandingkan dengan data riil sehingga dapat diketahui efisiensi dari sistem tersebut, diikuti kesimpulan dan saran dari hasil sistem perancangan untuk meningkatkan kinerja PLTS.





Gambar 2. 3D Scene pada PVSyst

Dari desain 3D pada PVSyst tersebut terdapat gambar 3D yang menghadap kearah utara dan panel surya yang terinstal tersebut berjumlah 10 unit, dan setiap panel tersebut berkapasitas 120 wp.



Gambar 3. Sistem On-grid

Dari gambar 3 tersebut yaitu sistem on-grid, yang dimana sistem tersebut menjelaskan bahwa listrik yang dihasilkan dari plts menjadi sumber utama dan listrik dari grid (jaringan listrik PLN) sebagai sumber listrik. Komponen utama dari sistem ini antara lain panel surya yang berfungsi sebagai alat untuk merubah energi matahari menjadi listrik (DC), lalu inverter yang berfungsi untuk merubah arus listrik DC menjadi AC, terakhir yaitu jaringan listrik PLN (Grid) dibutuhkan sebagai sumber daya tambahan apabila pasokan daya dari PLTS tidak mencukupi.



HASIL

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dirancanag untuk beroperasi di daerah Klaseman, Gatak, Sukoharjo, yang secara geografis terletak pada lintang -7,59 Lintang Selatan dan bujur 110,73 Bujur Timur. Berdasarkan data meterologi dan meteonom 8,0 (2010-2014) yang digunakan dalam simulasi pvsyt , wilayah ini menerima rata-rata radiasi global horizontal (*Global Horizontal Irradiaton, GHI*) sebesar 10.4 kWh/day. Nilai ini mengidikasikan potensi energi surya yang tinggi, menjadikan daerah Klaseman, Gatak, Sukoharjo sebagai lokasi yang berpotensi untuk pengembangan sistem PLTS.

1. Data Hasil Simulasi Software PVsyst

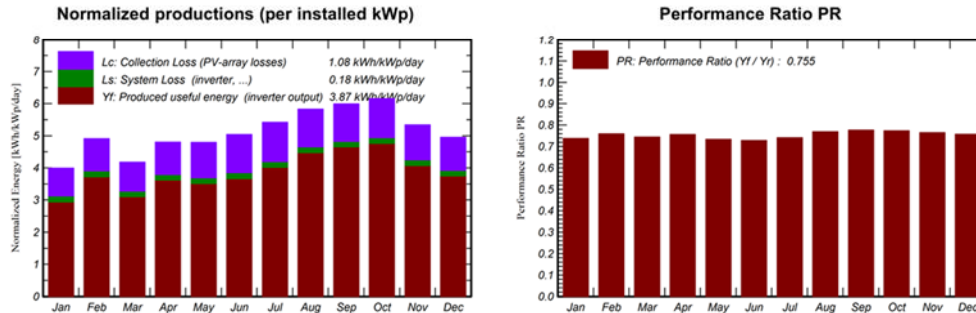
Tabel. 1 PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
<i>Manufacturer</i>	<i>Stion</i>	<i>Manufacturer</i>	<i>Huawei Technologies</i>
<i>Model</i>	<i>STN 120</i>	<i>Model</i>	<i>SUN2000L-2KTL</i>
<i>(Original database)</i>	<i>PVsyst</i>	<i>(Original database)</i>	<i>PVsyst</i>
<i>Unit Nom. Power</i>	<i>120 Wp</i>	<i>Unit Nom. Power</i>	<i>2.00 kWac</i>
<i>Number of PV modules</i>	<i>10 units</i>	<i>Number of inverters</i>	<i>1 unit</i>
<i>Nominal (STC)</i>	<i>1200 Wp</i>	<i>Total power</i>	<i>2.0 kWac</i>
<i>Modules</i>	<i>1 String x 10 In series</i>	<i>Operating voltage</i>	<i>90-500 V</i>

Pada Tabel 1 menampilkan karakteristik dari modul solar dan inverter, untuk modul solar menggunakan merek *Stion* dengan model STN 120, jumlah dari modulnya 10 unit dengan kapasitas satuannya 1200 Wp, dan disusun dalam 1 string dengan rangkaian 10 seri. Inverter menggunakan merek *Huawei Tecnologies* dengan model SUN200L-2KTL, jumlah dari inverter 1 unit dengan total power 2.0 kWac dan tegangan operasinya 90-500 V.



System Production			
Produced Energy	1698 kWh/year	Specific production	1415 kWh/kWp/year
Used Energy	3800 kWh/year	Performance Ratio PR	75.50 %
		Solar Fraction SF	28.27 %
Economic evaluation			
Investment		Yearly cost	LCOE
Global	18'320'000.00 IDR	Annuities	0.00 IDR/yr
Specific	15267 IDR/Wp	Run. costs	300'000.00 IDR/yr
		Payback period	Unprofitable
		Energy cost	718 IDR/kWh



Gambar 4. Proyeksi Produksi PLTS

Pada Gambar 4, sistem PLTS berkapasitas 1.2 kWp ini diperkirakan dapat menghasilkan energi sebesar 1698 kWh/year, menghasilkan produksi spesifik sebesar 1415 kWh/kWp/year. Nilai berada dalam kisaran nilai optimal PV untuk kebutuhan bangunan residensial, dan menunjukkan kinerja dari sistem dengan baik. Dengan asumsi beban 600 W dan konsumsi energi tahunan sebesar 3800 kWh/year, sistem ini tidak hanya mampu mencukupi kebutuhan energi pada bangunan residensial secara penuh, tetapi juga menghasilkan energi tambahan jika menggunakan sistem penyimpanan energi.

Untuk mengevaluasi efisiensi sistem secara keseluruhan, parameter PR(*performance ratio*) dan SF(*solar fraction*) dihitung secara otomatis pada perangkat lunak pvsys dengan merujuk pada dua gambar pada gambar 4, yang merupakan rasio antara energi keluaran aktual berdasarkan iradiansi pada kondisi standar. Nilai PR yang diperoleh adalah sebesar 75.50% dan nilai SF sebesar 28.27%, yang berarti performa dari kinerja plts memiliki nilai yang bagus, karena efisiensinya kurang 25% dari 100%.

Array losses		
Thermal Loss factor	DC wiring losses	Module Quality Loss
Module temperature according to irradiance	Global array res.	Loss Fraction
U_c (const)	2089 mΩ	1.1 %
U_v (wind)	Loss Fraction	
20.0 W/m ² K	1.5 % at STC	
0.0 W/m ² K/m/s		
Module mismatch losses	Strings Mismatch loss	IAM loss factor
Loss Fraction	Loss Fraction	ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cos ² - 1)
2.0 % at MPP	0.1 %	bo Param.
		0.05

Gambar 5. Parameter Kerugian Teknis

Nilai PR dan SF ini dapat dipengaruhi oleh kerugian parameter teknis dalam perancangan yang menunjukkan bahwa kerugian akibat wiring kabel DC adalah sebesar



1.5%, sedangkan kerugian akibat *mismatch* antara modul solar panel yaitu sebesar 2.0%, dan *mismatch* antara string yaitu 0.1% .

Tabel 2. Produksi Bulanan PLTS dari program PVSyst

Balances and main results

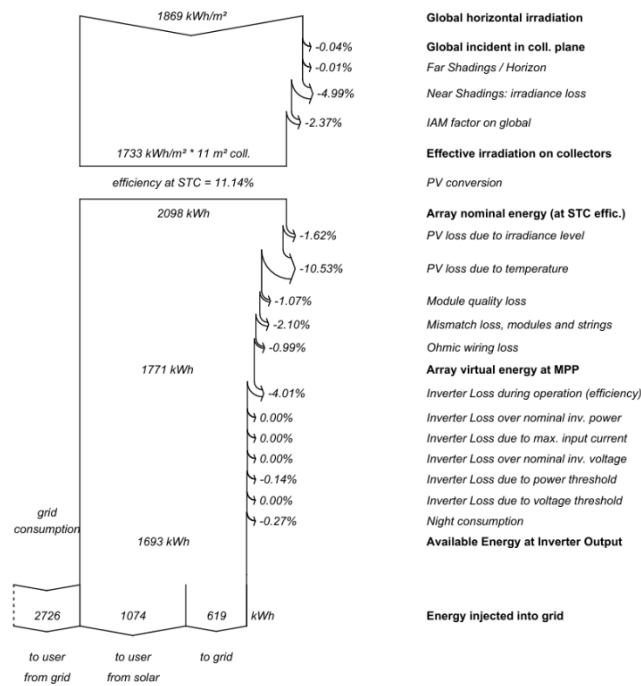
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	124.0	67.79	27.27	123.9	114.5	116.5	322.7	72.4	37.31	250.3
February	137.6	68.46	27.23	137.5	129.0	131.5	291.5	75.4	49.88	216.1
March	129.6	83.48	27.56	129.6	119.2	122.2	322.7	81.1	34.63	241.6
April	144.1	77.13	27.69	144.1	133.4	136.8	312.3	87.9	42.77	224.4
May	148.8	63.52	28.40	148.8	134.7	137.7	322.7	87.8	43.24	234.9
June	151.2	63.20	27.64	151.3	134.7	138.8	312.3	90.6	41.69	221.7
July	168.0	59.90	27.52	168.0	152.2	156.3	322.7	97.9	51.69	224.9
August	180.8	65.83	27.73	180.8	169.8	173.4	322.7	100.3	66.48	222.4
September	180.0	69.76	27.97	179.9	171.2	174.1	312.3	96.8	70.92	215.5
October	191.1	86.10	28.67	191.0	181.7	184.1	322.7	101.7	75.72	221.0
November	160.4	83.77	27.89	160.3	150.2	153.4	312.3	90.9	56.09	221.4
December	153.9	85.33	27.54	153.7	142.6	146.3	322.7	91.2	48.48	231.5
Year	1869.4	874.28	27.76	1868.7	1733.2	1771.1	3799.6	1074.1	618.90	2725.6

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_User	Energy supplied to the user
T_Amb	Ambient Temperature	E_Solar	Energy from the sun
GlobInc	Global incident in coll. plane	E_Grid	Energy injected into grid
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EFrGrid	Energy from the grid

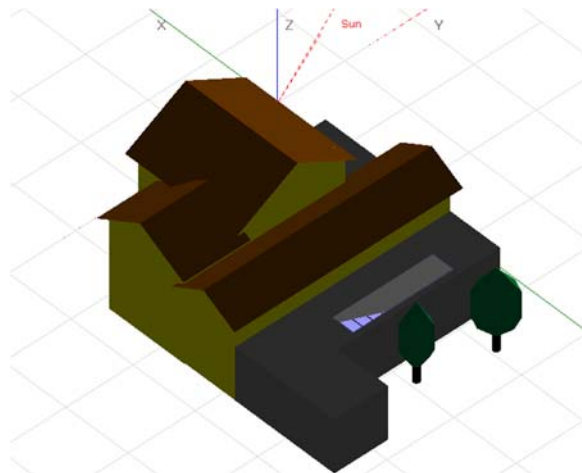
Dari hasil Tabel 2, dapat diketahui bahwa energi efektif dari keluaran *array* memiliki nilai yang bervariasi dari januari sampai desember memiliki perbedaan nilai yang tidak begitu signifikan yang dimana nilainya berkisaran 100-200 kWh per setiap bulannya, dan nilai tertinggi berada pada bulan oktober dengan nilai 184.1 kWh, dan nilai terendah berada pada bulan januari yaitu 116.5 kWh. Lalu unruk hasil dari solar panel memiliki nilai yang bervariasi juga, dimana pada bulan oktober memiliki nilai tertinggi yaitu 101.7 kWh, dan nilai terendah berada pada bulan januari yaitu 72.4 kWh. Variasi nilai tersebut berhubungan erat dengan pola musim di wilayah tropis, khususnya intensitas radiasi matahari dan kepadatan awan. Data dari Tabel 1 tersebut cukup krusial untuk manajemen permintaan beban dan perancangan Cadangan energi, termasuk desain kapasitas penyimpanan energi jika sistem dikembangkan kearah sistem *off-grid* atau *hybrid*.





Gambar 6. Loss Diagram PLTS

Produksi energi bulanan ini juga dapat dipengaruhi oleh kerugian sistem yang ditampilkan pada Gambar 6, yang teridentifikasi seperti kerugian akibat suhu yang nilainya kerugiannya mencapai 10.53%. Suhu tinggi dapat menurunkan efisiensi kinerja dari modul surya karena peningkatan resistensi internal dan penurunan tegangan output. Selain itu kerugian dari inverter nilainya 4.01%, kerugian dari ohmik kabel nilainya 0,99%.



Gambar 7. Near shading PLTS

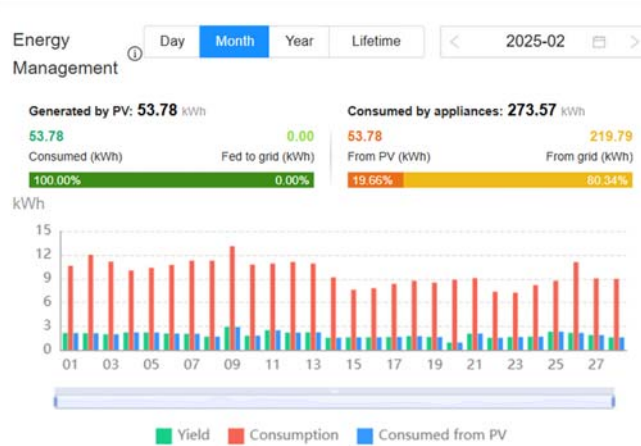
Kerugian akibat bayangan dekat (*near shading*) sebesar 4.99%, penyebab terutama yaitu objek bangunan yang ada disebelahnya, objek seperti tumbuhan juga



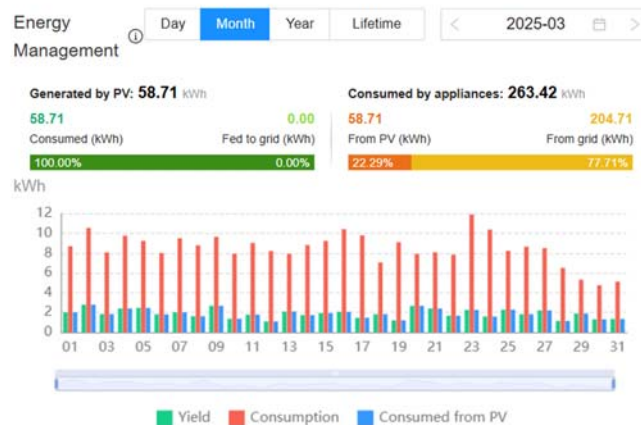
berkemungkinan menjadi penyebab dalam *loss diagram* dan *3Dscene*. Bayangan ini dapat menjadi salah satu penyebab penurunan efisiensi, *mismatch*, resiko *hot spot*. Strategi yang disarankan meliputi pemangkasan tumbuhan atau pergeseran array atau pemindahan lokasi array untuk meminimalkan efek ini.

2. Data Hasil Riil PLTS

Hasil data riil PLTS didapatkan melalui *website* monitoring sistem dari inverter, data tersebut berupa table dari hasil produksi bulanan PLTS.

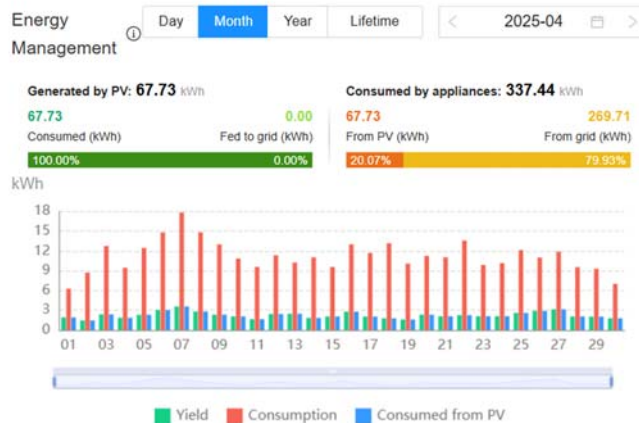


Gambar 8. Hasil Data Riil Bulan Februari

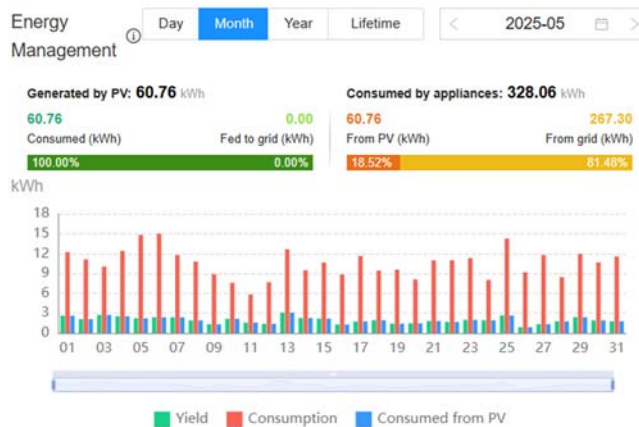


Gambar 9. Hasil Data Riil Bulan Maret





Gambar 10. Hasil Data Riil Bulan April



Gambar 11. Hasil Data Riil Bulan Mei

Pada Gambar 8, 9, 10, 11 menunjukkan hasil produksi energi dari PLTS pada bulan Februari yaitu 53.78 kWh dan konsumsi energi sebesar 273.57 kWh sehingga konsumsi energi dari PLTS 19.68% sisanya di suplai dari grid 219.79 kWh, pada bulan Maret yaitu 58.71 kWh dan konsumsi energi sebesar 267.42 kWh sehingga konsumsi energi dari PLTS 22.29% sisanya di suplai dari grid 204.71 kWh, pada bulan April yaitu 67.73 kWh dan konsumsi energi sebesar 337.44 kWh sehingga konsumsi energi dari PLTS 20.07% sisanya di suplai dari grid 269.71 kWh, pada bulan Mei yaitu 60.67 kWh dan konsumsi energi sebesar 328.06 kWh sehingga konsumsi energi dari PLTS 18.52% sisanya di suplai dari grid 267.30 kWh.

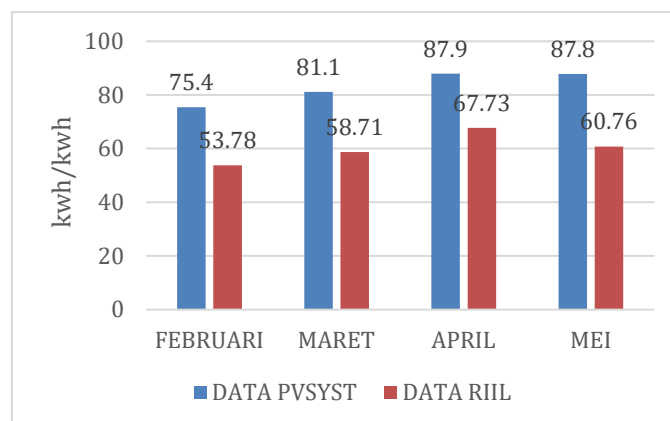


PEMBAHASAN

Penelitian ini untuk mengetahui efisiensi implementasi dari panel surya dan akan membandingkan data hasil dari simulasi pvsyst dengan data hasil riil sehingga nantinya dapat diketahui perbedaan berapa persen dari data tersebut .

Tabel 3. Tabel Persentase Hasil

HASIL	DATA PVSYST(kWh)	DATA RIIL(kWh)	SELISIH
FEBRUARI	75.4	53.78	29%
MARET	81.1	58.71	28%
APRIL	87.9	67.73	23%
MEI	87.8	60.76	31%
TOTAL	332.2	240.98	27%



Gambar 12. Grafik Persentase

Dapat dilihat pada Tabel 3 maupun Gambar 12. Terdapat perbandingan nilai produksi energi listrik riil dengan produksi listrik simulasi PVSyst. Total produksi listrik riil sebesar 240.98, total produksi listrik simulasi PVSyst 332.2 kWh, Selisih antara total produksi listrik simulasi PVSyst dengan total produksi listrik riil yaitu menggunakan rumus di software Microsoft excel $=(\text{data pvsyst}-\text{data riil})/\text{data pvsyst}$, hasilnya dijadikan satuan persen melalui toolbar % di excel sehingga hasilnya menjadi 27%.

KESIMPULAN

Kajian ini memberikan Gambaran mengenai kinerja system Pembangkit Listrik Tenaga Surya berkapasitas 1.2 kWp yang dirancang menggunakan simulasi dari



perangkat lunak PVsyst. Hasil simulasi menunjukkan bahwa system mampu menghasilkan produksi dari bulan februari sampai mei sebesar 332.2 kWp, nilai tersebut memiliki perbandingan yang signifikan terhadap dari nilai hasil data rill dari bulan yang sama yaitu sebesar 240.98 kWp.

Perbandingan dari nilai data hasil simulasi PVsyst dengan data hasil rill memiliki cukup besar selisihnya yaitu sebesar 27 %, perbandingan ini tentunya disebabkan karena beberapa faktor yaitu seperti efek shading, cuaca, suhu, maupun kesalahan atau mismatch dalam instalasinya.

Untuk upaya dalam peningkatan performa system direkomendasikan melalui optimalisasi dalam penentuan desain dari system seperti memperhatikan efek shading melalui manajemen vegetasi dan konfigurasi array yang presisi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah. Penulis mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan ini dengan baik. Shalawat dan salam juga tidak lupa tucurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW. Dengan terselesaikannya naskah publikasi ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan dan doa, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan lancar.
2. Dosen pembimbing penelitian ini, Bapak Aris Budiman, S.T., M.T yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dalam penyelesaian penelitian tugas akhir ini.
3. Bapak/Ibu dosen Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama perkuliahan, sehingga membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini tanpa kendala.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. M. N. T. Mansur, N. H. Baharudin, and R. Ali, "Performance analysis of self-consumed solar PV system for a fully DC residential house," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 8, no. 2, pp. 391–398, Nov. 2017, doi: 10.11591/ijeecs.v8.i2.pp391-398.
- [2] R. Yadav, A. Gautam, and P. Pradeepa, "Design, Performance and Economic evaluation of a 4kW Grid-interactive Solar PV Rooftop in Odisha using Pvsyst," *International Journal of Experimental Research and Review*, vol. 31, pp. 98–107, 2023, doi: 10.52756/10.52756/ijerr.2023.v31spl.010.
- [3] "PVSYST-Based Solar Power Plant Planning", doi: 10.31963/intek.



- [4] M. I. Ginting, D. Erivianto, and E. Dalimunthe, "A Planning Study Of Off-Grid Based Rooftop Solar Power Generation System (PLTS) On Residential Houses Using PVSyst-Mazmur Irawan Ginting et.al A Planning Study Of Off-Grid Based Rooftop Solar Power Generation System (PLTS) On Residential Houses Using PVSyst," vol. 13, 2025, doi: 10.58471/infokum.v13i02.
- [5] L. Asdiyan Salsabila Ayu, I. Ayu Dwi Giriantari, I. Nyoman Setiawan, J. Raya Kampus Unud Jimbaran, K. Kuta Sel, and K. Badung, "Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Atap On-Grid 11,2 Kwp Di Residensial Bukit Gading Mediterania, Jakarta Utara," 2023.
- [6] G. Sihombing *et al.*, "Analisis Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Secara Ekonomis Untuk Rumah Tinggal," vol. 18, pp. 96–103, 2023.
- [7] E. A. Karuniawan, "Analisis Perangkat Lunak PVSYST, PVSOL dan HelioScope dalam Simulasi Fixed Tilt Photovoltaic," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 3, p. 100, Oct. 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i3.001.
- [8] B. T. Mardandi, S. Nisworo, and J. Windarta, "Analisis Implementasi Rumah Mandiri Energi PLTS Atap On Grid," *JPII*, vol. 1, no. 8, pp. 346–349, doi: 10.14710/jpii.2023.23860.
- [9] M. Rifaldi, R. Alham, M. N. Ihsan, and M. Sugianto, "Analisis Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan," DOI, 2023.
- [10] J. E. Elektro, H. B. Nurjaman, and T. Purnama, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga." [Online]. Available: <https://journal.uny.ac.id/index.php/jee>

