

## Analisis Terpadu: Dampak Sudut Kemiringan dan Irradiance pada Performa dan Aspek Ekonomi Sistem PLTS On-Grid 319,4 kWp

Basri Noor Cahyadi\*, Muhammad Khoiril Anam, Machmud Effendy

Jurusan Teknik Elektro/Fakultas Teknik – Universitas Muhammadiyah Malang  
Malang, Indonesia

\*basrinoorc@umm.ac.id

**Abstract**— Electricity has become the most important source of energy for life, where all aspects of life from household to industrial level depend on electrical energy. One way to meet energy needs is to utilize solar energy or install solar panels. Currently the installation of solar power plants is still not optimal so that the energy absorbed is only 0.7% of capacity. This condition is caused by several factors such as the angle of inclination of the solar panel, the amount of irradiance, and the ambient temperature. To overcome this condition an in-depth feasibility study is needed, so that before carrying out the installation the user will know in advance the value of the power plant performance and the Return on Investment (RoI) that will be received. This research will focus on analyzing the performance and economy of the 319.4 kWp solar power plants On-Grid system based on the angle of inclination and the magnitude of the irradiance value. The discussion in this study will focus on two solar power plants in the Tangerang and Lumajang regions. In this study, PVSyst Software was used to analyze the Performance Ratio (PR) where irradiance and ambient temperature data were taken from NASA Prediction of Worldwide Energy Resource. While the economic analysis is carried out using the payback period method. In the results of this study it is stated that the greater the angle of inclination of the solar panel, the greater the risk of shading that will be received. The amount of solar irradiation and the angle of inclination have a major influence on the energy produced by the solar power plants. The RoI value in solar power plants is influenced by the amount of solar irradiation and the performance ratio, where in this case the Lumajang solar power plants has a lower RoI value than the Tangerang which is 5.45 years.

**Abstrak**— Listrik telah menjadi sumber energi terpenting bagi kehidupan, dimana semua aspek kehidupan dari rumah tangga sampai tingkat industri bergantung pada energi listrik. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan energi adalah dengan memanfaatkan energi matahari atau pemasangan panel surya. Saat ini pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) masih belum optimal sehingga energi yang terserap hanya sebesar 0,7% dari kapasitas. Kondisi seperti ini disebabkan karena adanya beberapa faktor seperti sudut kemiringan panel surya, besaran *irradiance*, dan suhu lingkungan. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu studi kelayakan yang mendalam, sehingga sebelum pelaksanaan pemasangan pengguna akan mengetahui terlebih dahulu nilai performa pembangkit dan *Return of Investment (RoI)* yang akan diterima. Pada penelitian ini akan berfokus untuk menganalisis performa dan ekonomi pada sistem PLTS *On-Grid* 319,4 kWp berdasarkan sudut kemiringan dan besaran nilai *irradiance*. Pembahasan pada penelitian ini akan berfokus pada dua pembangkit PLTS yang ada di wilayah Tangerang dan Lumajang. Pada penelitian ini *Software PVSyst* digunakan untuk menganalisis *Performance Ratio (PR)* dimana data *irradiance* dan suhu *ambient* diambil dari *NASA Prediction of Worldwide Energy Resource*. Analisa ekonomi dilakukan dengan menggunakan metode *payback period*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar sudut kemiringan panel surya maka akan semakin besar pula resiko *shading* yang akan diterima. Besaran irradiansi matahari dan sudut kemiringan memiliki pengaruh besar terhadap energi yang dihasilkan oleh pembangkit. Nilai RoI pada PLTS dipengaruhi oleh besaran irradiansi matahari dan *performance ratio*, dimana pada kasus ini PLTS Lumajang memiliki nilai RoI lebih rendah dari pada PLTS Tangerang yaitu sebesar 5,45 tahun.

**Kata Kunci**— *Performance ratio; Return of Investment; PVSyst; Payback period*

### I. PENDAHULUAN

**L**ISTRIK telah menjadi sumber energi terpenting bagi kehidupan, dimana semua aspek kehidupan dari rumah tangga, industri, usaha mikro kecil dan menengah, pertanian, peternakan, dan transportasi memerlukan listrik. Permintaan energi listrik terus mengalami peningkatan yang didorong oleh laju pertumbuhan

penduduk dan ekonomi. Oleh karena itu, inovasi di bidang energi terbarukan diperlukan untuk memenuhi permintaan listrik yang terus meningkat. Salah satu inovasi energi baru terbarukan (EBT) yang paling mudah adalah dengan memanfaatkan energi matahari atau pemasangan panel surya. Di sisi lain, kementerian ESDM terus berupaya mendorong masyarakat dan pelaku industri untuk beralih ke energi terbarukan salah satunya dengan pemanfaatan energi PLTS. Hal ini bertujuan untuk mendorong tercapainya target pemerintah dalam pemanfaatan EBT sebesar 23% di tahun 2025 [1].

**Naskah diterima** 29-05-2023, revisi 15-09-2023, terbit online 29-09-2023. Emitor merupakan Jurnal Teknik Elektro – Universitas Muhammadiyah Surakarta yang terakreditasi dengan Sinta 3 beralamat di <https://journals2.ums.ac.id/index.php/emitor/index>.

Menurut data ESDM potensi energi surya di Indonesia sangat besar yaitu antara 3 – 4,6 kWh/m<sup>2</sup>, tetapi pada kenyataan di lapangan energi surya yang terserap adalah sebesar 900 - 1000 Wh/m<sup>2</sup> [2, 3]. Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan daya yang dihasilkan oleh sel surya adalah jumlah intensitas cahaya atau radiasi sinar matahari yang terserap oleh sel surya dan lokasi atau wilayah pemasangan PLTS itu sendiri [4–7]. Selain itu perbedaan sudut kemiringan atap juga akan menyebabkan timbulnya bayangan yang nantinya akan mempengaruhi performa dari PLTS itu sendiri. Untuk meningkatkan daya yang dihasilkan PLTS, konfigurasi sudut kemiringan panel harus diperhatikan, supaya daya yang dihasilkan menjadi lebih optimal [8, 9]. Ada dua macam sudut yang harus diperhatikan dalam memasang panel surya, yaitu sudut kemiringan terhadap bidang horizontal (*slope*) dan sudut *azimuth* yang diukur searah dengan arah selatan [10–12].

Saat ini investasi di pembangunan PLTS masih tergolong mahal dengan rata-rata biaya sekitar Rp 15.000 per 1 Wh. Di sisi lain banyak pelaku industri ingin berinvestasi di bidang PLTS tetapi tidak mengetahui bagaimana cara menghitung nilai balik modal dari pembangunan. Selain itu investasi di bidang PLTS tidak mudah karena memiliki banyak faktor mulai dari kondisi lingkungan, metode konstruksi dan sistem PLTS itu sendiri. Oleh sebab itu, suatu analisis ekonomi yang mencakup jumlah modal awal yang diperlukan, *performance ratio*, sistem pembangkit dan kondisi lingkungan harus dilakukan. Selain itu, analisis kajian kelayakan proyek perlu dilakukan untuk menentukan jangka waktu yang akan dibutuhkan untuk mengembalikan modal awal dan untuk menentukan apakah pembangunan pembangkit listrik tenaga surya layak atau tidak.

Pada penelitian terdahulu terkait dengan analisis performa PLTS disebutkan bahwa nilai PR memiliki pengaruh yang signifikan terhadap daya keluaran PLTS. Pada salah satu peneliti sebelumnya disebutkan bahwa terjadi peningkatan PR di sistem PLTS *off-grid* dengan kapasitas 1 kWp sebesar 28% setelah dilakukannya *maintenance* dan meningkatkan efisiensi pembangkit sebesar 80% [13]. Di penelitian lain menyebutkan bahwa perbedaan orientasi dan sudut pemasangan *solar panel* dapat mempengaruhi kinerja PLTS dengan nilai penurunan energi mencapai 7% [14, 15].

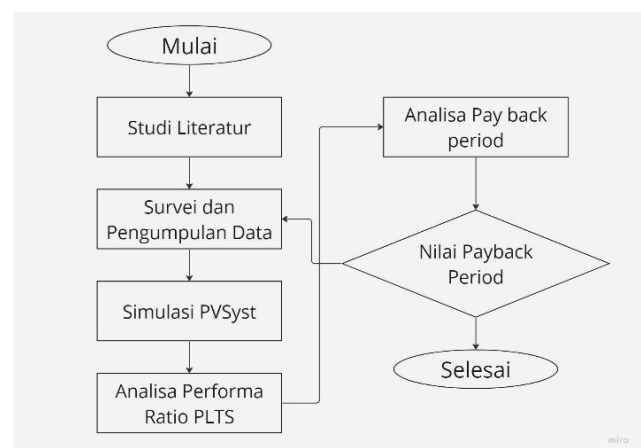
Selain analisis energi pada PLTS, analisis ekonomi juga diperlukan untuk mengetahui kelayakan pembangunan PLTS, sebagaimana yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Menurut M. Diaz dalam penelitiannya dalam menganalisis kelayakan ekonomi di Rumah Sakit Medika Dramaga menunjukkan bahwa rumah sakit tersebut sangat layak untuk dipasang PLTS. Kondisi ini dibuktikan dengan nilai *Net Present Value (NPV)*

sebesar Rp 4.223.379.970, lalu nilai perbandingan *Benefit Cost Ratio (BCR)* sebesar 2,1, dan *Payback Period* selama 7,938 tahun [16]. Di penelitian lainnya juga disebutkan bahwa dengan menggunakan PLTS dapat mengurangi biaya listrik harian sebesar 22,1% [17, 18].

Pada penelitian ini akan membahas performa dan ekonomi pada sistem PLTS *On-Grid* 319,4 kWp berdasarkan sudut kemiringan dan nilai iradiasi matahari di wilayah Tangerang dan Lumajang. Pada analisis ekonomi akan dilakukan perhitungan *payback period* untuk mengetahui estimasi waktu balik modal. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi performa daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya dan *payback period* yang akan diterima oleh kedua perusahaan pengguna PLTS.

## II. METODE PENELITIAN

Gambar 1 menunjukkan alur penelitian yang telah dilakukan dimana penelitian ini dilakukan dengan melaksanakan studi kasus pada pembangkit PLTS yang terdapat di dua wilayah.



**Gambar 1:** Diagram alur penelitian

### i. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan selama empat bulan mulai dari bulan September – Desember 2022 yang bekerja sama dengan PT. Etrama Nusa Energi. Pengambilan data dilakukan di dua lokasi, pertama di PT. Intera Les-tari Polimer Tangerang dan yang ke dua di PT. Mustika Tama Lumajang. Adapun Data yang diperlukan antara lain data *Bill of Material (BoM)*, *Bill of Quantity (BoQ)*, spesifikasi komponen PLTS, intensitas radiasi matahari, suhu lingkungan, spesifikasi konstruksi bangunan PLTS dan data lain yang bisa digunakan sebagai bahan penelitian yang nantinya digunakan untuk simulasi pada *software* PVsyst.

## ii. Pemodelan PV menggunakan PVSyst

Pada penelitian ini *software* PVSyst digunakan untuk mendesain sistem kelistrikan dan menganalisis performa pembangkit dalam kurun waktu satu tahun. Selain itu *software* PVSyst juga akan digunakan untuk optimalisasi penggunaan bahan dan material pada proyek PLTS. Pada tahap pemodelan PLTS menggunakan PVSyst diperlukan data berupa komponen PLTS, koordinat titik pemasangan PLTS, sudut pemasangan panel, irradiansi matahari, dan suhu lingkungan [19]. *Performance Ratio (PR)* pada *software* PVSyst didapat dari perbandingan daya pada keluaran sistem dengan daya yang dihasilkan oleh perhitungan irradiansi sebagaimana ditampilkan pada persamaan 1:

$$PR = \frac{E_{sistem}}{E_{ideal}} \quad (1)$$

dengan  $E_{sistem}$  merupakan energi yang dihasilkan oleh sistem dan  $E_{ideal}$  merupakan energi ideal yang dihasilkan dari perhitungan besaran irradiansi matahari.

## iii. Payback Period

Analisis ekonomi yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan *payback period*, dimana metode ini digunakan untuk menilai risiko keuangan dari suatu proyek, jika nilai yang dihasilkan lebih kecil akan menunjukkan pengembalian dana lebih cepat dalam jangka waktu yang singkat [20]. *Payback period* dapat didapat dengan melakukan pendekatan terhadap persamaan 2.

$$Payback\ period = \frac{Total\ nilai\ investasi}{Kas\ masuk\ bersih} \quad (2)$$

## III. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

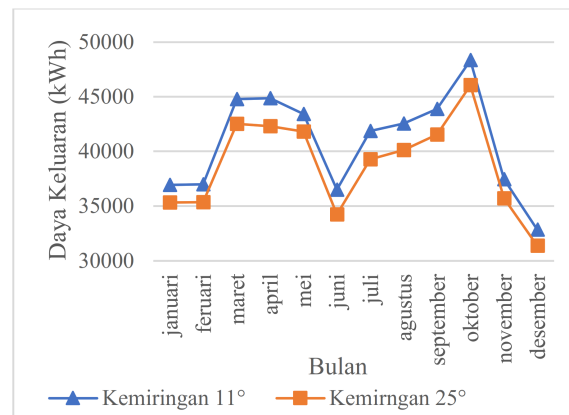
Hasil dari pengumpulan data dan pengamatan pada sistem PLTS yang diterapkan di PT. Intera Lestari Polimer Tangerang dan di PT. Mustika Tama Lumajang ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1:** Data PLTS yang ada di Tangerang dan Lumajang

	PLTS Tangerang	PLTS Lumajang
Kapasitas PV	319 kWp	
Jumlah PV	550 Unit	
Tipe PV	Trina SolarTSM-DE 19 550 Wp	
Jumlah Inverter	3 Unit	
Tipe Inverter	2 kali SUN2000-100KTL-M1	
	1 kali SUN2000-50KTL-M3	
Sudut Kemiringan	25 °	11 °
Irradiansi Matahari	Mengacu pada NASA <i>Prediction of Worldwide Energy Resource</i>	
Suhu Ambient	(https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/)	
Biaya Investasi	Rp 4.507.669.367,-	
Biaya Tagihan Listrik	Rp 1699,53 per kWh	

## i. Pengaruh sudut kemiringan terhadap daya luaran PLTS

Pada tahap ini dilakukan pengujian performa PLTS terhadap sudut kemiringan, dimana hasil simulasi PVSyst ditunjukkan pada Gambar 2. Pada proses simulasi besaran irradiansi dan suhu ambient merupakan nilai rata-rata dari kedua lokasi, hal ini dikarenakan pada bagian ini akan berfokus pada analisis pengaruh sudut kemiringan solar modul terhadap luaran daya pembangkit.



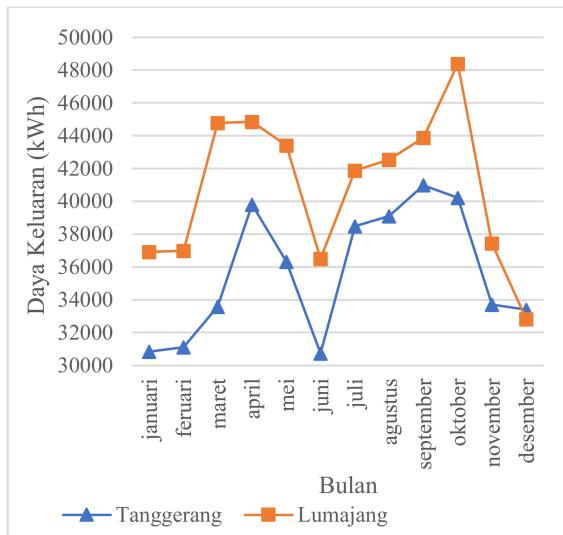
**Gambar 2:** Perbandingan daya keluaran solar panel dengan kemiringan 11° dan 25°

Pada gambar 2 ditunjukkan bahwa instalasi solar panel dengan sudut kemiringan 11 °mendapatkan daya keluaran lebih besar dari pada solar panel dengan sudut kemiringan 25 °dengan total daya sebesar 490.401 kWh. Puncak energi yang dihasilkan terjadi pada bulan Oktober dengan daya sebesar 48.338 kWh dan untuk nilai daya keluaran yang terendah terjadi pada bulan Desember dengan daya sebesar 32.826 kWh. Dari hasil simulasi di atas didapat bahwa kemiringan sudut pada pemasangan solar panel memiliki pengaruh besar terhadap luaran daya. Semakin tinggi kemiringan maka semakin tinggi pula resiko *shading* yang akan terjadi sehingga besaran radiasi matahari akan semakin kecil dan daya yang dikeluarkan solar panel akan semakin besar.

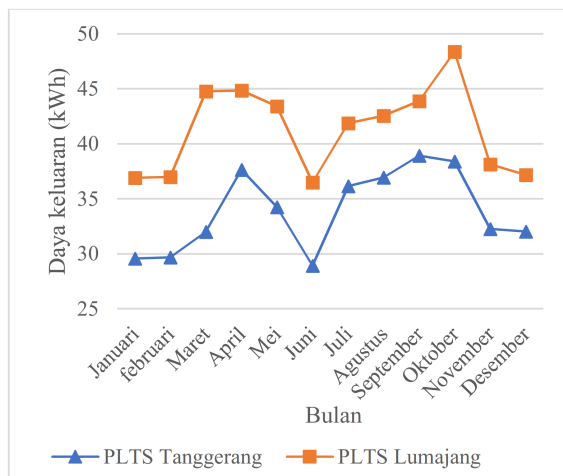
## ii. Pengaruh irradiansi matahari terhadap daya luaran PLTS

Pada tahap ini dilakukan pengujian performa PLTS terhadap besaran irradiansi di wilayah Tangerang dan Lumajang. Gambar 3 menunjukkan hasil simulasi daya keluaran pada kedua wilayah dengan menggunakan data irradiansi dari NASA *Prediction of Worldwide Energy Resource*. Dari hasil simulasi didapat bahwa di daerah Lumajang menghasilkan daya keluaran lebih besar di banding dengan Tangerang. Dalam satu tahun daerah Lumajang mampu menghasilkan energi sebesar 490.401 kWh dengan rata-rata besaran irradiansi dalam

satu hari sebesar 5.528 kWh/m<sup>2</sup>/day. Sedangkan untuk wilayah Tangerang mampu menghasilkan energi sebesar 428.215 kWh dengan rata-rata besaran irradiasi dalam satu hari sebesar 4.491 kWh/m<sup>2</sup>/day. Dari analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa besaran irradiasi di wilayah Indonesia berbeda-beda sehingga energi yang dihasilkan di tiap wilayah Indonesia juga berbeda-beda.



**Gambar 3:** Perbandingan daya keluaran solar panel dengan kemiringan 11° dan 25°



**Gambar 4:** Perbandingan Energi PLTS Tangerang dan Lumajang

#### iii. Analisis performance ratio pada sistem PLTS di Tangerang dan Lumajang

Pada tahap ini dilakukan analisis *performance ratio* dengan menggunakan *software* PVSyst. Dari hasil simulasi PVSyst didapat bahwa nilai PR untuk PLTS Tangerang adalah sebesar 80,56 % dan untuk PLTS Lumajang sebesar 79,71 %. Dari hasil tersebut dapat

disimpulkan PR pada sistem PLTS Tangerang lebih baik daripada di Lumajang. Perbedaan nilai PR ini dipengaruhi oleh sudut kemiringan, besaran irradiasi, dan energi yang dihasilkan oleh sistem pembangkit. Dari hasil *performance ratio* kedua wilayah didapat keluaran daya pembangkit seperti pada gambar 4.

Secara umum PR yang tinggi akan menghasilkan energi listrik yang besar, tetapi pada penelitian ini sistem PLTS Lumajang yang memiliki nilai PR lebih rendah dapat memproduksi energi yang lebih besar dibanding dengan PLTS Tangerang yang memiliki nilai PR mencapai 80,56 %. Energi yang diproduksi tiap tahun oleh PLTS Lumajang adalah sebesar 490,4 MWh/year sedangkan untuk PLTS Tangerang sebesar 406,8 MWh/year. Kondisi ini dipengaruhi oleh besaran irradiasi yang terdapat di wilayah Lumajang.

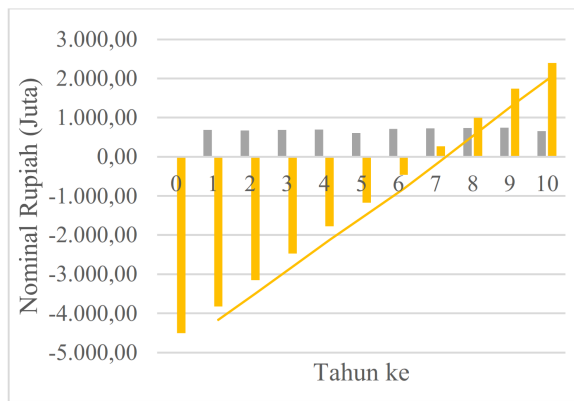
#### iv. Analisis ekonomi pada sistem PLTS di Tangerang dan Lumajang

Untuk mendapatkan nilai *return of investment* pada pembangunan PLTS di kedua wilayah digunakan metode *payback period*, dimana perhitungan *payback period* telah dijelaskan pada persamaan 2.

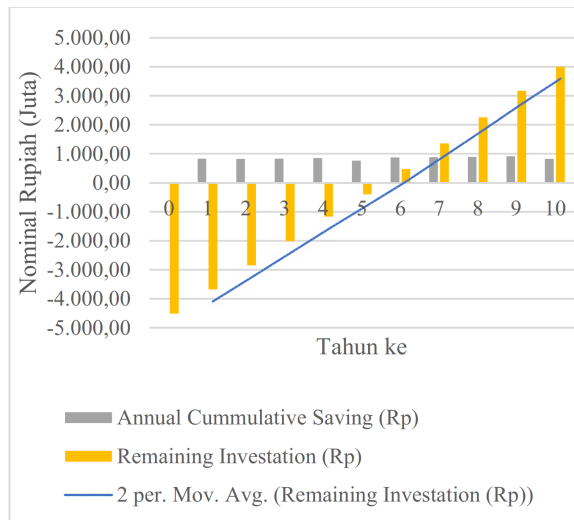
Gambar 5(a) menunjukkan grafik *payback period* untuk pembangunan PLTS di Tangerang, Dimana rata-rata penghematan keuangan untuk setiap bulannya adalah sebesar 689,99 juta. Dengan jumlah investasi sebesar 4,5 miliar untuk pembangunan PLTS maka nilai *payback period* adalah sebesar 6,64 atau perusahaan akan balik modal pada tahun ke-7. Gambar 5(b) menunjukkan grafik *payback period* untuk pembangunan PLTS di Lumajang, dimana rata-rata penghematan keuangan untuk setiap bulannya adalah sebesar 850,25 juta. Dengan jumlah investasi sebesar 4,5 miliar untuk pembangunan PLTS maka nilai *payback period* adalah sebesar 5,45 atau perusahaan akan balik modal pada tahun ke-6. Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa PLTS di Lumajang akan kembali modal lebih cepat dibanding dengan PLTS Tangerang.

## IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem PLTS Tangerang memiliki nilai *performance ratio* lebih tinggi daripada PLTS Lumajang dengan nilai 80,56 %, tetapi energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit lebih kecil. Hal ini disebabkan karena besaran iradiasi matahari di wilayah Lumajang lebih besar dan posisi sudut pemasangan solar PV lebih optimal yaitu di sudut 11°. Dari sisi ekonomi, sistem PLTS Lumajang memiliki nilai *payback period* lebih rendah dari pada PLTS Tangerang dengan nilai 5,45 dimana perusahaan akan mengalami balik modal pada tahun ke-6 lebih cepat satu tahun da-



(a) Tangerang



(b) Lumajang

**Gambar 5:** Grafik *payback period* pada investasi pembangunan PLTS di wilayah Tangerang dan Lumajang

ri wilayah Tangerang. Untuk meningkatkan performa pembangkit dan nilai *payback period* dapat dilakukan dengan cara mengoptimalkan sudut pemasangan PLTS sehingga akan mengurangi resiko *shading* dan meningkatkan daya keluaran PLTS.

## PERSANTUNAN

Terimakasih kepada *Center of Excellence (CoE)* PLTS dan PT. Etrama Nusa Energi telah memfasilitasi dalam pelaksanaan penelitian pada penulisan jurnal ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Energi and S. D. Mineral, "Kebijakan, regulasi dan inisiatif pengembangan energi surya di indonesia," 2019.
- [2] Y. Sianturi, "Pengukuran dan analisa data radiasi matahari di stasiun klimatologi muaro jambi," *Megasains*, vol. 12, no. 1, pp. 40–47, 2021.
- [3] "Nasa power | prediction of worldwide energy resources," <https://power.larc.nasa.gov/> (accessed May 27, 2023).
- [4] W. Suwanti and B. Prasetyo, "Analisis pengaruh intensitas matahari, suhu permukaan & sudut pengarah terhadap kinerja panel surya," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 14, no. 3, pp. 78–85, 2018.
- [5] Z. Iqtimal, I. D. Sara, and S. Syahrizal, "Aplikasi sistem tenaga surya sebagai sumber tenaga listrik pompa air," *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, vol. 3, no. 1, 2018.
- [6] S. Yuliananda, G. Sarya, and R. R. Hastijanti, "Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya," *JPM17: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 1, no. 02, 2015.
- [7] P. K. Tiyas and M. Widyartono, "Pengaruh efek suhu terhadap kinerja panel surya," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9, no. 1, 2020.
- [8] R. Pido, R. H. Boli, M. Rifal, W. Rauf, N. S. Dera, R. R. Day *et al.*, "Analisis pengaruh variasi sudut kemiringan terhadap optimasi daya panel surya," *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, vol. 10, no. 2, pp. 234–240, 2022.
- [9] S. Samsurizal, A. Makkulau, and C. Christiono, "Analisis pengaruh sudut kemiringan terhadap arus keluaran pada photovoltaic dengan menggunakan regrestion quadratic method," *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 2, pp. 137–144, 2018.
- [10] F. A. F. Sugiono, P. D. Larasati, and E. A. Karuniawan, "Pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap potensi pemanfaatan plts rooftop di bengkel teknik mesin, politeknik negeri semarang," *Jurnal Rekayasa Energi*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [11] R. Siahaan, I. W. Kusuma, and I. B. Adnyana, "Pengaruh sudut  $\beta$  dan  $\omega$  pada plts di pt indonesia power," *Jurnal MET-TEK*, vol. 6, no. 1, pp. 62–69, 2020.
- [12] H. Asyari, R. N. Rohmah, and M. Arratri, "Desain photovoltaic sistem on grid pada gedung berkapasitas daya listrik 345 kva," *Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri*, pp. 18–23, 2022.
- [13] R. T. Jurnal, "Kajian sistem kinerja plts off-grid 1 kwp di stt-pln: Tony koerniawan; aas wasri hasanah," *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, pp. 38–44, 2018.
- [14] A. Mansur, "Analisa kinerja plts on grid 50 kwp akibat efek bayangan menggunakan software pvsyst," *Transm. J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 23, no. 1, pp. 28–33, 2021.
- [15] T. Haryanto, "Perancangan energi terbarukan solar panel untuk essential load dengan sistem switch," *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, vol. 10, no. 1, pp. 41–50, 2021.
- [16] M. D. R. Apriano, K. Karnoto, and E. W. Sinuraya, "Analisis ekonomi pada perencanaan pembangkit listrik tenaga surya digedung rumah sakit medika dramaga bogor," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 10, no. 3, pp. 399–404, 2021.
- [17] E. P. Aji, P. Wibowo, and J. Windarta, "Kinerja pembangkit listrik tenaga surya (plts) dengan sistem on grid di bpr bkk mandiraja cabang wanayasa kabupaten banjarnegara," *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 1, pp. 15–27, 2022.
- [18] I. Anggara, I. Kumara, I. Giriantari *et al.*, "Studi terhadap unjuk kerja pembangkit listrik tenaga surya 1, 9 kw di universitas udayana bukit jimbaran," *Spektrum*, vol. 1, no. 1, pp. 118–122, 2014.
- [19] E. A. Karuniawan, "Analisis perangkat lunak pvsyst, pvsol dan helioscope dalam simulasi fixed tilt photovoltaic," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 3, pp. 100–105, 2021.
- [20] F. Hidayat, B. Winardi, and A. Nugroho, "Analisis ekonomi perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (plts) di departemen teknik elektro universitas diponegoro," *Transient*, vol. 7, no. 4, p. 875, 2019.