

Unjuk Kerja Sistem *Smart Grid* Pada Plts *Off-Grid* 18 KWP di Kampung Abar, Sentani

Stephanus de Fretes ^[1]

Universitas Cendrawasih, Indonesia
stephanusdefretes@gmail.com

Prihananto Setiadji ^[1]

Universitas Cendrawasih, Indonesia
prihananto_jpr@yahoo.com

Enos Karapa ^[1]

Universitas Cendrawasih, Indonesia
enoskarapa455@gmail.com

Hebert Innah ^[1]

Universitas Cendrawasih, Indonesia
herbert.innah@gmail.com

Johni Jonatan Numberi ^[1]

Universitas Cendrawasih, Indonesia
jonatan.j.numberi@gmail.com

Yane Ansanai ^[1]

Universitas Cendrawasih, Indonesia
yane.ansanay@gmail.com

Abstrak ; Energi fosil masih menjadi sumber energi utama Indonesia. Bahan bakar pemium masih digunakan untuk kendaraan bermotor, solar masih digunakan untuk kendaraan dan industri, batubara masih digunakan sebagai bahan bakar PLTU, dan minyak tanah masih digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, namun ketersediaan minyak bumi terus berkurang. Energi Baru dan Energi Terbarukan (EBT) adalah salah satu sumber energi yang dapat dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan energi yang ramah lingkungan dan menjamin ketersediaan energi untuk masa mendatang. Dari tabulasi dan analisa data yang didapat pada PLTS off-grid terdapat perbedaan daya yang dihasilkan, grup 1 memiliki nilai rata-rata daya yang dihasilkan 928 watt dengan nilai PF rata-rata 75,76% dan grup 2 memiliki daya rata-rata sebesar sebesar 890 Watt dengan nilai PF rata-rata 68,93%, sehingga penurunan pada grup 2 dapat mempengaruhi nilai performa kinerja dari PLTS.

Kata Kunci: Iradiasi Matahari, Daya Output, Performa Kinerja

PENDAHULUAN

Energi diperlukan untuk menunjang kehidupan manusia dalam berbagai aspek, termasuk industri, rumah tangga, dan transportasi. Meskipun energi sangat dibutuhkan, sumbernya adalah bahan bakar fosil, yang tidak dapat diperbaharui.

Energi fosil masih menjadi sumber energi utama Indonesia. Bahan bakar pemium masih digunakan untuk kendaraan bermotor, solar masih digunakan untuk kendaraan dan industri, batubara masih digunakan sebagai bahan bakar PLTU, dan minyak tanah masih digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, namun ketersediaan minyak bumi terus berkurang.

Energi baru dan energi terbarukan (EBT) adalah sumber energi yang dapat dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan energi secara ramah lingkungan dan untuk menjamin ketersediaan energi untuk masa mendatang. EBT juga merupakan alternatif bahan bakar fosil seperti

minyak bumi dan batubara.

Teknologi sel surya dapat mengubah sinar matahari menjadi listrik. Di Indonesia, ada potensi energi matahari yang besar sebesar 4,8 kilowatt jam per meter kubik, atau 112.000 gigawatt jam, tetapi hanya sekitar 10 megawatt jam yang digunakan. PLTS terpusat luar jaringan (PLTS) adalah solusi alternatif untuk pasokan listrik di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan oleh PLN. Dengan sistem PLTS luar jaringan, energi surya yang dirubah menjadi energy listrik dapat dipergunakan langsung dan dapat disimpan didalam baterai sebagai satu-satunya sumber daya listrik, yang dipergunakan energi pada malam hari.

Dalam beberapa studi-studi yang telah dilakukan dalam menganalisa unjuk kerja PLTS . [1] Dalam penelitian ini melakukan perbandingan dua model yang mampu menghitung daya modul PV berdasarkan temperaturnya, radiasi dalam PLTS dan parameter fisik lainnya seperti koefisien suhu daya (TCP) dan perubahan efisiensi cahaya rendah (LLEC) untuk modul PV.

[2] Analisa dilakukan dengan simulasi sistem BIPV untuk memprediksi output daya. Data pengukuran, berdasarkan pencatatan manual dari total produksi listrik setiap inverter sistem PV, menunjukkan hasil yang sejalan dengan nilai simulasi. Berdasarkan sejumlah kecil pengukuran pengujian, PR dari sistem PV ditemukan sebesar 85%. Total produksi listrik antara tanggal 18 Juni dan 4 September 2012, adalah 8,9 MWh. Rata-rata ini adalah 114 kWh/hari, yang merupakan sekitar 11% dari konsumsi listrik gedung selama hari kerja.

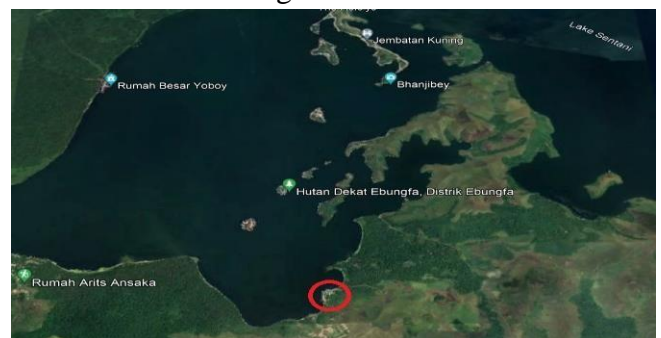
Berbeda dengan penelitian yang dilakukan [1] dan [2]. sebuah penelitian pada sistem terintegrasi untuk pemantauan dan analisis pengoperasian pabrik fotovoltaik kecil dengan kemungkinan akses jarak jauh melalui Internet,

Pemantauan dilakukan dengan melacak parameter lingkungan dan parameter input-output inverter fotovoltaik. Data disajikan untuk jangka waktu tiga bulan: 1 Oktober 2020 hingga 31 Desember 2020. Hasilnya divisualisasikan dengan grafik yang sesuai, yang menunjukkan perubahan indikator yang diamati, baik untuk seluruh periode yang ditentukan dan untuk hari yang dipilih secara acak[3].

Berdasarkan beberapa penelitian diatas maka penelitian dilakukan dengan menganalisa data dan divisualisasikan dalam grafik agar dapat diamati perubahan yang terjadi pada sistem PLTS daya Lokasi PLTS yang ada dikampung abar, memiliki karakteristik berbeda dengan PLTS pada umumnya, penempatan panel surya tidak terpusat pada satu lokasi, melainkan terdiri dari 15 tiang yang terdiri dari 6 susun panel surya (PV) yang membentang sepanjang kampung, sehingga harus dilakukan analisa dan perhitungan pada masing-masing tiang dalam menentukan performa kinerja dari PLTS tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan pada PLTS off-grid yang ada di Kampung Abar. Lokasinya di Distrik Ebung Fau, Kabupaten Sentani, terletak pada pada Bujur $2^{\circ}38'29.99''$ lintang Selatan dan $140^{\circ}31'32.51''$ lintang Utara.



Gambar 1 Peta lokasi Kampung Abar Sumber Google Maps 2018

Studi ini berlangsung dari bulan Mei hingga

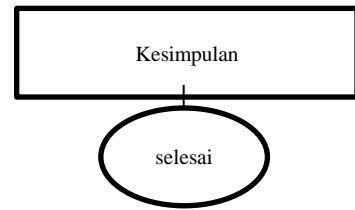
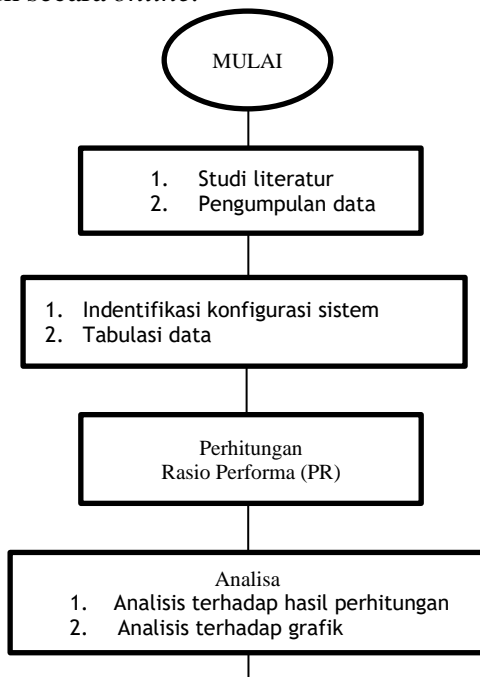
Juni 2023. peneliti mengumpulkan informasi tentang seberapa baik panel surya bekerja selama satu hari penuh. Waktu operasi PLTS dari jam 6:00 pagi sampai jam 6:00 sore. analisa berfokus pada hal-hal tertentu seperti berapa banyak energi yang dihasilkan panel selama waktu itu. Data yang dikumpulkan meliputi:

1. Tegangan keluaran (V);
2. Arus keluaran (I);
3. Iradiasi matahari (w/m^2);
4. Kecepatan Angin (m/s);
5. Daya yang dihasilkan (kWh).

Pengambilan data

Pada PLTS yang ada di Kampung Abar dengan kapasitas 18 kWp, peneliti melakukan pengamatan PLTS secara langsung di lapangan dan mengumpulkan data dari PLTS Off-Grid. Data yang dikumpulkan meliputi:

1. Konfigurasi posisi tiang PV pada PLTS;
2. Pengambilan data teknis peralatan PLTS yang terpasang;
3. Pengambilan data produksi secara *offline* maupun secara *online*.



Gambar 2. Alur Penelitian

Konfigurasi PLTS

Kapasitas daya total 18.000 Wp PLTS *Off-grid* yang terpasang di Abar terdiri dari 102 modul PV surya monocrystalline tipe trina solar TCM200DC kapasitas daya 200 Wp dengan efisiensi panel sebesar 10,6%. Modul surya secara keseluruhan dibagi menjadi lima belas *string array*, masing- masing array terangkai dari enam modul surya yang terhubung seri pada setiap tiang di seluruh perkampungan, keseluruhan tiang pada PLTS berjumlah 15 tiang yang menghadap ke arah timur.

Tabel 1. Parameter pengukuran PV diukur dalam kondisi uji standar (STC)

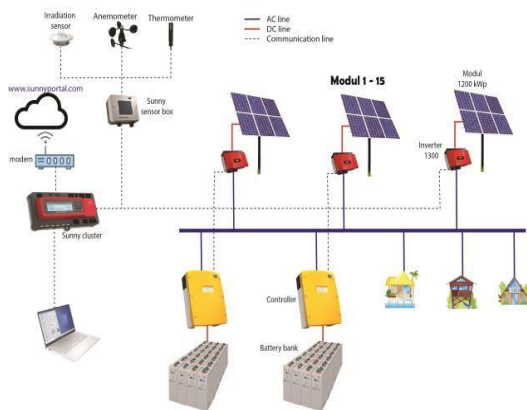
Spesifikasi	Kapasitas
Merk	<i>Trina Solar</i>
Model	<i>TCM200DC</i>
Peak Power Watts-PMAX (Wp)	200
Power output Tolerance-PMAX (%)	0/+3
Maximum Power Voltage-VMP (V)	37,6
Maximum Power Current-iMPP (A)	5,32
Open Circuit Voltage-VoC (V)	46,0
Short Circuit Current-iSC (A)	5,60
Module Efficiency η_m (%)	10,6

PLTS *off-grid* yang ada di kampung abar sentani terdiri dari 15 tiang yang setiap tiang berisi panel array fotovoltaik dibagi menjadi enam rangkaian yang masing-masing dipasang secara seri pada setiap tiang.

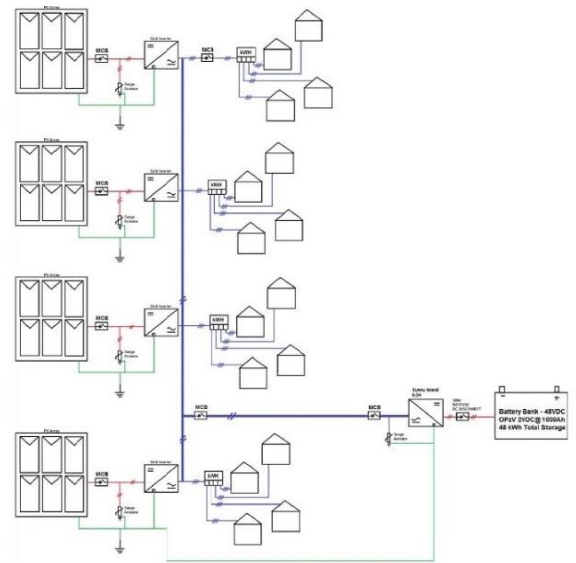
Seperti ditunjukkan pada gambar 3, masing-

masing satu string panel PV independen terhubung langsung pada inverter PV (*Sunny Boy 1300, SMA, Jerman*) dengan daya 1,3 kW pada setiap tiang. daya yang dihasilkan oleh inverter kemudian dihubungkan ke jaringan terisolasi lokal yang terhubung langsung pada pengguna, kemudian jaringan pada PLTS terhubung sepanjang desa (jarak +/- 2,5 km) didukung oleh unit pembentuk jaringan yang langsung terhubung dengan perumahan warga.

Pada PLTS abar dua memiliki shalter (power house) masing-masing power house memiliki satu buah dua arah Sunny Island SI180H-11 (SMA, Jerman) dan bank baterai timbal-asam (lead acid Hoppke 6 OPZV solar power 520 dengan kapasitas 2V 560 Ah). Tegangan input DC pengenal SI180H-11 adalah 48 V sedangkan daya pengenalnya adalah 8 kW. Sisi DC inverter ini terhubung ke bank baterai yang terdiri dari kombinasi seri 48 baterai (masing-masing 2 V) dengan kapasitas 560 Ah pada setiap power house, jika dijumlah pada dua buah power house baterai berjumlah 96 buah. Tampilan bagian dalam pembangkit listrik PV diberikan pada Gambar 3. Kontrol grid dilakukan oleh inverter baterai Sunny Island (BI).

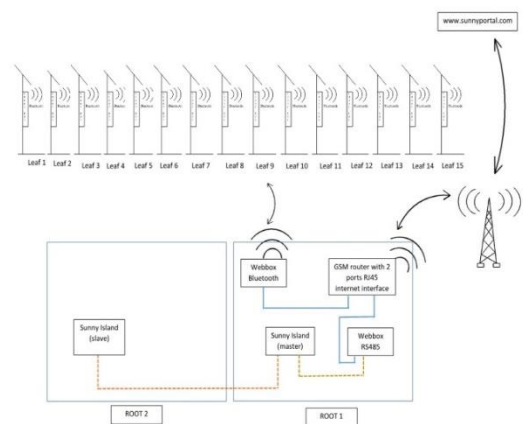


Gambar 3. Single line diagram PLTS off-grid Kampung Abar



Gambar 4. Konfigurasi dari PLTS off-grid Kampung Abar

Pencatatan parameter yang relevan terkait data pada PLTS ditranfer dari *Sunny Boy* (SMA, Jerman) pada setiap tiang dan disalurkan/dikirimkan ke *sunny cluster controller* (SMA, Jerman) selain menerima data pada inverter pada setiap tiang *cluster controller* (SMA, Jerman) penerima data dari *sunny sensor box* (SMA, Jerman) dalam memberikan data iradiasi, kecepatan angin, suhu lingkungan pada suhu panel.



Gambar 5. Sistem pemantauan dari PLTS off-grid

Kampung Abar

Kondisi daya dan suhu pada baterai pada dua *power house* dikontrol oleh dua buah SCC Sunny Island SI180H-11 (SMA, Jerman) dan data yang diperoleh dikirimkan ke cluster controller (SMA, Jerman).

Semua data yang diterima oleh *cluster controller* disimpan dan rekam, selanjutnya untuk data terkait PLTS dapat di akses melalui jaringan internet melalui *web sunny portal*, selain itu juga dapat didownload secara offline pada cluster controller.



Gambar 6. Ruang kontroler dan baterai pada PLTS off-grid Kampung Abar

Sistem Pemantauan

Pemantauan sistem fotovoltaik didasarkan pada standar analitik pemantauan JRC, IEC, dan pedoman Belanda untuk sistem fotovoltaik yang terhubung dengan jaringan. Peralatan ini terdiri dari kombinasi SMA Webbox, pencatat data cluster controller yang beroperasi secara mandiri dengan baterai.

Variabel-variabel ini diukur menggunakan catatan data PLTS. Pada PLTS, susunan tegangan (V) dan arus (I) modul fotovoltaik, radiasi matahari dan daya yang dihasilkan (kWh) dikelola pada setiap inverter pada setiap tiang pada PLTS.

Selain itu, suhu (T), kecepatan angin, dan daya beban yang dihasilkan diukur secara terpisah dari tiang pada PLTS.

Dalam Tabel II, variabel yang dipantau ditampilkan. Interval perekaman dilakukan dalam 5 menit pada satu hari

Tabel II. Variabel-variabel yang diukur pada PLTS off-grid Kampung Abar

Variabel	Deskripsi	Unit
Gh	Penyinaran global horisontal	W/m ²
W	Kecepatan angin	m/s
Tamb	Suhu lingkungan	°C
Vdc	Tegangan DC dari string PV ke Inverter	V
Idc	Arus DC dari string PV ke Inverter	A
Cnt.TotWhOut	Total Tegangan AC yang dihasilkan Inverter	KWh

Dalam menentukan rasio kinerja seberapa baik kinerja peralatan pada sistem PLTS selama periode waktu tertentu. Bentuk umum untuk menghitung rasio kinerja (PR) yaitu energi aktual yang dihasilkan (kWh) yang dibagi dengan total radiasi matahari yang tersedia (kWh/m²) dan total kapasitas modul PV terpasang dikalikan 100 % seperti persamaan 1[4].

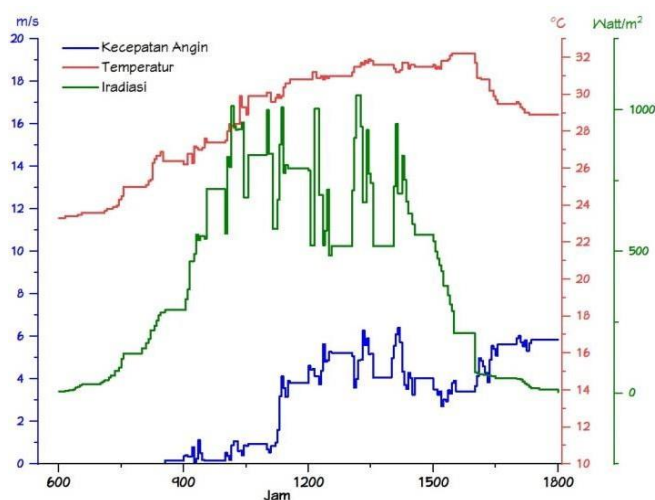
$$PR = \frac{\text{Actual energi (kWh)}}{\text{Isolation } \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right) \times \text{DC capacity (kWp)}} \times 100\% \quad (1)$$

Hasil

Dalam menentukan suatu unjuk kerja pada Sistem PLTS membutuhkan analisis data monitoring yang telah dikumpulkan selama periode waktu tertentu. Analisis data ini akan digunakan sebagai parameter untuk menentukan apakah PLTS dalam kondisi yang baik atau tidak. Dalam penelitian ini, dua parameter pengujian digunakan untuk membandingkan kinerja PLTS, yaitu analisis dan perbandingan performa kinerja dengan jangka waktu tertentu.

Analisa data pada PLTS diambil pada tahun 2016 pada tanggal 11 desember 2016 dengan waktu efektif pada pukul 06.00 s/d 18.00, yang mana data diambil dalam waktu per 5 menit.

Dari grafik menunjukkan bahwa temperatur suhu pada panel surya (PV) mulai naik mulai pukul 06.00 s/d 14.00 dengan suhu tertinggi 32°C, dengan penerimaan iradiasi matahari tertinggi sebesar 1167 Watt/m² pada pukul 13.00, dari analisa grafik dapat terlihat bahwa kecepatan angin tidak pengaruhi nilai produksi dari panel surya (PV) dalam menghasilkan daya.



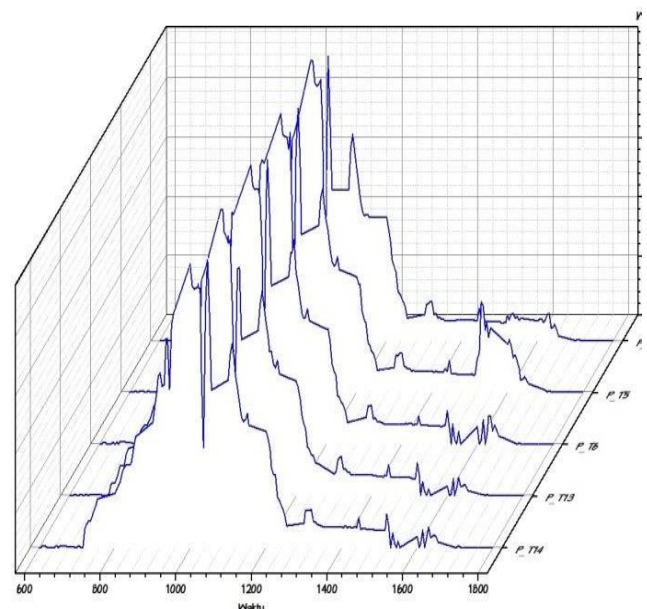
Gambar 7. Grafik Iradiasi, temperatur dan Kecepatan angin

Dari tabulasi dan perhitungan dengan persamaan (1) dari data produksi yang didapat dari PLTS maka diperoleh nilai Performa kinerja pada 15 tiang yang ada pada PLTS.

Tabel III. Tabel performa kinerja

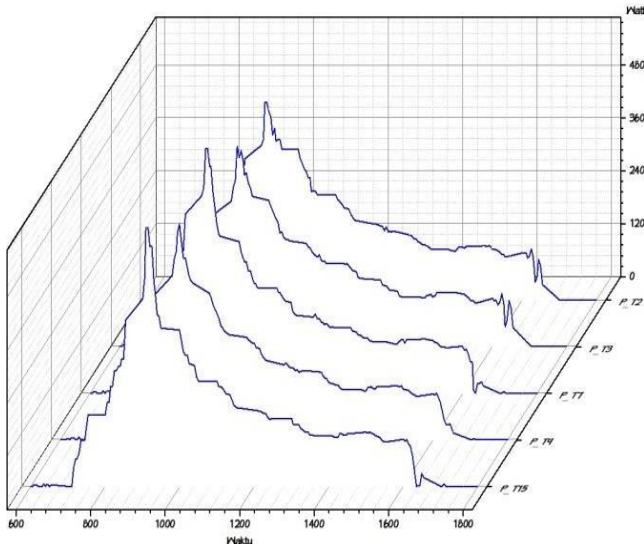
No	Identifikasi	PF (%)
1	Tiang 1	76,25
2	Tiang 5	76
3	Tiang 6	76,08
4	Tiang 10	72,58
5	Tiang 13	76,83
6	Tiang 14	77,33
Rata-rata		75,76

Dari data yang didapat terdapat perbedaan hasil iradiasi dan daya yang dihasilkan dengan suhu rata-rata disekitar PLTS sama dan dibagi menjadi 2 grup, yang mengakibatkan penurunan kinerja pada PLTS. Dari analisis didapat dilihat pada grafik 2.



Gambar 8. Grafik daya tiang Grup 1

Dapat diperhatikan pada grafik 2 terdapat nilai produksi yang konstan pada grup 1 dapat dilihat pada tabel III yang mana pada PLTS ini terdapat 15 tiang, dengan daya tertinggi yang dihasilkan sebesar 928 Watt.



Gambar 9. Grafik daya tiang grup 2

Pada grup 2, dari grafik terdapat perbedaan yang sangat terlihat jika dibandingkan dengan grafik pada grup 1, pada grup 2 nilai peforma kinerja dapat dilihat pada tabel IV dengan daya tertinggi sebesar 890 Watt.

Tabel IV. Tabel performa kinerja

No	Identifikasi	PF (%)
1	Tiang 2	63,5
2	Tiang 3	63,33
3	Tiang 7	74,08
4	Tiang 9	69,58
5	Tiang 15	74,16
Rata-rata		68,93

Dari analisa yang didapat terdapat perbedaan perolehan daya pada grup 1 dan grup 2 yang mempengaruhi performa kinerja pada PLTS yang

ada di kampung abar mengakibatkan penurunan produksi daya pada PLTS, Penurunan performa kinerja diakibatkan oleh debu dan kotoran pada panel surya (PV) serta pada pengaturan sudut dan arah panel surya (PV) pada grup 2 yang kurang tepat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa pada penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain :

1. Pada analisa data yang didapat pada tanggal 11 Desember 2016 terdapat penerimaan iradiasi matahari yang berbeda pada beberapa panel surya (PV) yang mempengaruhi kinerja dari PLTS yang ada dikampung abar.
2. Perbedaan penerimaan iradiasi matahari disebabkan oleh kurangnya perawatan dari panel surya (PV) yaitu terdapat kotoran dan debu pada panel surya (PV).
3. Penempatan dalam menentukan posisi panel surya (PV) baik dari sudut dan arah yang kurang tepat sehingga penerimaan iradiasi matahari tidak maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. El Fathi, A. Bennouna, and M. Akhsassi, "A Comparative Study of Two Models for Evaluating the Power of Photovoltaic Modules in a Standalone Power Plant Optical characterisation of Thin-films View project PROPRESMA View project A COMPARATIVE STUDY OF TWO MODELS FOR EVALUATING THE POWER OF PHOTOVOLTAIC MODULES IN A STANDALONE POWER PLANT," 2017. [Online].

Available:

<https://www.researchgate.net/publication/322519593>

- [2] H. Veldhuis, A. Reinders, and F. Van Houten, "COMPARISON OF BIPV SIMULATION WITH MONITORED DATA: THE CASE OF A 35 KWP PV SYSTEM IN JAYAPURA, PAPUA, INDONESIA."
- [3] N. Hristov, M. J. Streblau, and T. Dimova, "Online System for Monitoring and Analysis of the Operation of a Small Photovoltaic Plant," *Annu. J. Tech. Univ. VARNA, Bulg.*, vol. 5, no. 1, pp. 76–85, Jun. 2021, doi: 10.29114/ajtuv.vol5.iss1.228.
- [4] W. H. Heru, "Analisis Kinerja PLTS 7 MWp Sengkol Lombok Tengah Yang Terinterkoneksi Dengan Jaringan Listrik PLN," pp. 1–13, 2020, [Online]. Available: <http://eprints.unram.ac.id/id/eprint/20087>
- [5] I. Pembangkit and L. Tenaga, "Dos & Don ' ts".
- [6] A. Wicaksana and T. Rachman, "濟無No Title No Title No Title," *Angew. Chemie Int. Ed. 6(11), 951–952.*, vol. 3, no. 1, pp. 10–27, 2018, [Online]. Available: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- [7] A. L. Rettob and R. S. Waremra, "POMPA AIR BERTENAGA ENERGI MATAHARI (SOLAR CELL) UNTUK PENGAIRAN SAWAH," *Musamus J. Sci. Educ.*, vol. 1, no. 2, 2019, doi: 10.35724/mjose.v1i2.1451.
- [8] F. H. Sumbung, Y. Letsoin, and D. Hardiantono, "PENENTUAN KAPASITAS DAN KARAKTERISTIK MODUL PV PADA PERENCANAAN PEMBANGUNAN PLTS KOMUNAL DI DISTRIK OKABA," *MUSTEK ANIM HA*, vol. 5, no. 2, 2016, doi: 10.35724/mustek.v5i2.623.
- [9] F. H. Sumbung and Y. Letsoin, "Analisa Dan Estimasi Radiasi Konstan Energi Matahari Melalui Variasi Sudut Panel Fotovoltaik Shs 50 Wp," *MUSTEK ANIM HA*, vol. 1, no. 1, 2012, doi: 10.35724/mustek.v1i1.52.
- [10] M. Gumintang, M. Sofyan, and I. Sulaeman, "Design and Control of PV Hybrid System in Practice," *Dtsch. Gesellschaft für Int. Zusammenarbeit*, pp. 1–122, 2020, [Online]. Available: www.giz.de
- [11] E. Surya, "APLIKASI TEKNOLOGI MEDIA PENYIMPAN IKAN TENAGA SURYA," vol. 4, no. 2, pp. 76–85, 2022.
- [12] K. D. Syahindra, S. Ma, A. A. Widayat, A. F. Fauzi, and E. Adhi, "Evaluasi Rasio Kinerja Sistem PV Surya untuk Stasiun Pengisian Daya Kendaraan Listrik di Kawasan Transit Oriented Development (TOD)," vol. 02002, 2021.