Unjuk Kerja Sistem PLTS 324 kWp Dengan Analisis Efesiensi Dan Rasio Performa Menggunakan Metode Monitoring Tiga Waktu Pada PT. ZZZ

Nurmiati Pasra[1], Samsurizal[1], Andi Makkulau[1], Nana Suryana [2], Mohamad Bagas Saputra[1], Tambi[3]

[1] Fakultas Ketenagalistrikan & Energi Terbarukan, Institusi Teknologi PLN, [2] Fakultas Infrastruktur dan Kewilayaan, Institusi Teknologi PLN, [3] Fakultas Teknik Elektro, Universitas Halu Oleo

Coprespondent Author : nurmiati@itpln.ac.id

ABSTRACT — **Pembangkit Listrik Tenaga Surya 324 *kWp* pada PT. ZZZ merupakan salah satu pembangkit listrik yang digunakan untuk memasok daya pada beban perusahaan yang dihubungkan dengan jaringan PLN. Sistem PLTS ini beroperasi sejak 2021, perlu mengetahui kinerja sistemnya pada bagian performance ratio dan efisiensi sebagai parameter perbaikan sehingga sistem PLTS akan beroperasi lebih baik. Metode yang dilakukan dalam penelitian, dengan pengambil data secara langsung melalui sistem monitoring pada rentang tiga waktu yakni ; pukul 08.00 sd 10.00 WIB, pukul 10.00 sd 14.00 WIB dan 14.00 sd 16.00 WIB. Pada pukul 08.00 sd 10.00 WIB didapatkan hasil efisiensi sebesar 4,66 %, pukul 10.00 sd 14.00 WIB sebesar 2,90 % dan pukul 14.00 sd 16.00 WIB sebesar 2,26 %. Sedangkan rasio performa pada pukul 08.00 sd 10.00 WIB sebesar 26,77 %, pukul 10.00 sd 14.00 WIB sebesar 72,92 % dan pukul 14.00 sd 16.00 WIB sebesar 53,24 %. 70% sd 100%. Nilai hasil monitoring dan analisis dengan pembagian waktu menghasilkan nilai yang jauh dari standar SNI IEC TS 62446 : 3 : 2017 dengan nilai efisiensi 10 % - 30 % dan nilai rasio performa 70 % - 100 %.**

***Keyword* — Efesiensi, monitoring, parameter waktu, PLTS, rasio performa**

I. PENDAHULUAN

Pembangkit yang menghasilkan energi listrik dari energi surya dikenal sebagai pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Dengan menggunakan efek fotoelektrik, sistem photovoltaic (PV) mengubah cahaya surya langsung menjadi listrik. Ini adalah jenis energi terbarukan, terutama energi surya, yang ramah lingkungan dan dapat diakses secara gratis. Terletak di antara 6°LU-11°LS dan 95°BT-141°BT, Indonesia sangat cocok untuk dikembangkan pembangkit listrik tenaga surya ini. Karena berada di garis khatulistiwa, Indonesia adalah negara tropis dengan pancaran sinar matahari rata-rata 7 jam perhari dan puncak penyinaran sinar matahari maksimum setiap hari adalah 4,5 jam.

Ketika energi surya dikembangkan, ada banyak keuntungan termasuk emisi rendah, tetapi biaya membangun pembangkit masih tinggi. Saat ini, banyak perusahan mulai mengembangkan dan menggunakan energi surya sebagai penyuplai sumber daya mereka, salah satunya PT. ZZZ. Sistem pembangkit surya PT. ZZZ memiliki kapasitas 324 kWp dan digunakan untuk menyuplai energi listrik yang digunakan Mitra 10 Cibubur, Gunung Putri, Bekasi. Sistem pembangkit ini terhubung langsung ke jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN), yang berarti bahwa sistem PLTS Mitra hanya dapat berfungsi sebagai penyuplai dan tidak sepenuhnya membantu dalam menghasilkan energi listrik. Sebelum PLTS dibangun, satu-satunya sumber daya energi yang digunakan adalah bersumber dari jaringan PLN. Setelah dioperasikakan sistem PLTS, terdapat dua sumber daya listrik, yakni dari jaringan PLN dan PLTS.

Pada tahun 2023, sistem PLTS ini menghasilkan ratio performa sebesar 65,6%, nilai tersebut sudah dibawa standar, berdasarkan SNI IEC TS 62446 : 3 : 2017, radio performa dikatakan memenuhi standarisai sebesar 70% hingga 100%. Sehubungan belum dilakukan pemeliharan yang dilakukan PT. ZZZ pada sistem PLTS selama beroperasi dari tahun 2021 hingga saat ini, sehingga tidak ada data lapangan yang bisa diketahui. Hal tersebut mengakibatkan performa belum diketahui dan belum jelas apakah sistem pembangkit ini beroperasi dengan efesien. Hal ini memerlukan penelitian pada efesiensi unjuk kerja PLTS berdasarkan iradiasi variasi beban listrik yang digunakan oleh PLTS pada PT. ZZZ.

II. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

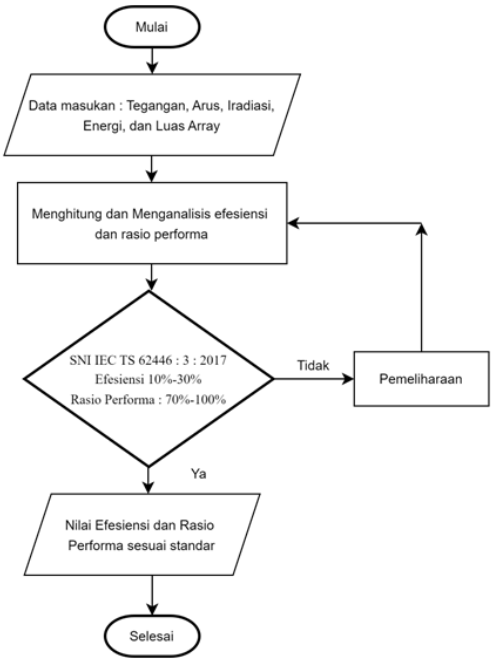
Dalam penelitian in, metode pengumpulan data dengan melakukan observasi, data dikumpulkan langsung melalui sistem monitoring pada PLTS Mitra 10 Cibubur di PT ZZZ dengan luas array sebesar 1.529 m^2 pada tanggal 01 hinga 31 Desember 2023. Data yang dikumpulkan berhubungan dengan tegangan, arus, radiasi, tegangan, dan energi, juga dibutuhkan jenis inverter dan modul PV.

Metode pengumpulan data digunakan untuk memulai penelitiani ini dengan mengumpulkan data dengan 3 waktu. Data pertama dikumpulkan dari pukul 08.00 hingga 10.00 wib, data kedua dari pukul 10.00 hingga 14.00 wib, dan data ketiga dari pukul 14.00 hingga 16.00 wib.

A. Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian dapat dilihat melalui diagram alir pada Gambar 1.

B. Perancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

Dengan melakukan perhitungan secara teoritis untuk menentukan nilai efisiensi dan rasio performa pada tiga waktu yang berbeda, yakni :

1. Perhitungan Efisiensi Sel Surya

Nilai Daya Keluaran, yakni :

$$Pout = Voc \times Isc \quad (1)$$

Nilai Daya masukan, yakni :

$$Pin = \text{Intensitas Radiasi} \times \text{Luas Modul} \quad (2)$$

Efesiensi modul surya, yakni :

$$\eta = Pout/Pin \times 100\ \% \quad (3)$$

Dimana :

Pout = Daya keluaran maksimum modul surya (W)
Voc = Tegangan rangkaian terbuka (V)
Isc = Arus hubung singkat (A)
η = Efisiensi modul surya (%)
Pin = Daya masukan (W)

2. Perhitungan Rasio Performa

Nilai *Final Yield* atau hasil akhir, yakni :

$$YF = (E / Pout) \quad (4)$$

Nilai *Referance Yield* atau hasil acuan, yakni :

$$YR = (E / Pout) \quad (5)$$

Nilai Rasio Performa, yakni :

$$PR = (YF / YR) \quad (6)$$

Dimana:

YF = *Final Yield* atau hasil akhir (Wh/kWp/jam)
YR = *Referance Yield* atau hasil acuan (jam)
E = Energi ke jaringan (kWh)
Pout = Daya Modul Surya (kWp)
H = Iradiasi pada bidang array (kWh/m^2)
G = Iradiasi Global (1000W/m^2/kWp)
PR = Rasio Performa (%)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Keluaran Monitoring PLTS 324 kWp

Dari hasil pengukuran yang dilakukan secara monitoring setiap satu jam sekali dalam satu hari dapat dilihat pada Tabel 1 hingga Tabel 3, didapatkan data–data tegangan, arus, iradiasi dan energi.

TABEL 1. DATA MONITORING PUKUL 08.00 SD 10.00 WIB

Hari	Radiasi (kW/m^2)	Vmp (V)	Imp (A)	E (kWh)
Hari 1	0,130	229,4	79,6	719,6
Hari 2	0,166	228,6	68	731,3
Hari 3	0,162	225,4	21,1	691,9
Hari 4	0,184	225,1	21,8	737,3
Hari 5	0,172	229,1	73,8	740,1
Hari 6	0,208	228,3	61,6	732,3
Hari 7	0,192	228,7	72,6	731,1
Hari 8	0,114	230,2	58,7	742,8
Hari 9	0,177	226,6	50,7	701,4
Hari 10	0,145	228	71,06	715,9
Hari 11	0,254	231,5	66 ,4	723,9
Hari 12	0,189	228,1	40,2	720,4
Hari 13	0,169	229,8	52,4	727,7
Hari 14	0,156	228,5	57,5	693,5
Hari 15	0,170	229,06	50,3	739,1
Hari 16	0,227	229,2	52,06	721,5
Hari 17	0,189	227,6	59,06	734,5
Hari 18	0,193	228,5	77,1	725,7
Hari 19	0,267	231,2	66,6	722,6
Hari 20	0,267	231,8	60.6	731,03
Hari 21	0,226	228,5	41,3	722,03
Hari 22	0,222	228,2	53,4	718,6
Hari 23	0,247	229,06	72,8	733,9
Hari 24	0,268	227,1	62,3	730,06
Hari 25	0,160	231,8	46,5	712,5
Hari 26	0,244	229,7	59,6	735,06
Hari 27	0,230	229,5	78,7	720,6
Hari 28	0,257	233,2	73,7	718,4
Hari 29	0,200	229,4	64,4	739,9
Hari 30	0,211	227,8	64,6	731,06
Hari 31	0,173	229,1	74,8	728,8

TABEL 2. DATA MONITORING PUKUL 10.00 SD 14.00 WIB

Hari	Radiasi (kW/m^2)	Vmp (V)	Imp (A)	E (kWh)
Hari 1	0,130	229,4	79,6	719,6
Hari 2	0,166	228,6	68	731,3
Hari 3	0,162	225,4	21,1	691,9
Hari 4	0,184	225,1	21,8	737,3
Hari 5	0,172	229,1	73,8	740,1
Hari 6	0,208	228,3	61,6	732,3
Hari 7	0,192	228,7	72,6	731,1
Hari 8	0,114	230,2	58,7	742,8
Hari 9	0,177	226,6	50,7	701,4
Hari 10	0,145	228	71,06	715,9
Hari 11	0,254	231,5	66 ,4	723,9
Hari 12	0,189	228,1	40,2	720,4
Hari 13	0,169	229,8	52,4	727,7
Hari 14	0,156	228,5	57,5	693,5
Hari 15	0,170	229,06	50,3	739,1
Hari 16	0,227	229,2	52,06	721,5
Hari 17	0,189	227,6	59,06	734,5
Hari 18	0,193	228,5	77,1	725,7
Hari 19	0,267	231,2	66,6	722,6
Hari 20	0,267	231,8	60.6	731,03
Hari 21	0,226	228,5	41,3	722,03
Hari 22	0,222	228,2	53,4	718,6
Hari 23	0,247	229,06	72,8	733,9
Hari 24	0,268	227,1	62,3	730,06
Hari 25	0,160	231,8	46,5	712,5
Hari 26	0,244	229,7	59,6	735,06
Hari 27	0,230	229,5	78,7	720,6
Hari 28	0,257	233,2	73,7	718,4
Hari 29	0,200	229,4	64,4	739,9
Hari 30	0,211	227,8	64,6	731,06
Hari 31	0,173	229,1	74,8	728,8

Dengan luas array dan waktu rata-rata cahaya masuk ke panel surya 3 jam per hari. Data yang dihasilkan dari PLTS ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil monitoring dari hari pertama hingga hari ketiga puluh satu, dikumpulkan data dari pukul 08.00, 09.00 dan 10.00 dibagi menjadi 3. Data yang didapatkan sekitar 0,114 hingga 0,268 kW/m2 untuk radiasi, 225,1 hingga 233,2 volt untuk tegangan, 21,1 hingga 79,6 ampere untuk arus, dan 701,4 hingga 739,1kWh untuk energi.

Tabel 2 menunjukkan data yang dihasilkan dengan waktu cahaya masuk rata-rata 5 jam per hari. Hasil monitoring dari hari pertama hingga hari ketiga puluh satu dikumpulkan data dari pukul 10.00, 11.00, 12.00, 13.00, dan 14.00 dibagi menjadi 5. Pada Tabel 2 didapatkan data untuk radiasi sekitar 0,258 hingga 0,422 kW/m2, data tegangan sekitar 229,6 hingga 231,6 volt, data arus sekitar 36,78 hingga 84,98 ampere, dan data energi sekitar 717,2 hingga 754,2 kWh.

Data yang dihasilkan pada pukul 14.00 hingag 16.00 wib dapat dilihat pada tabel 3. Data rata-rata waktu ke panel surya adalah 3 jam per hari. Hasil monitoring yang dikumpulkan dibagi 3, dari hari pertama hingga hari ketiga puluh satu. Ranges data yang didapatkan sekitar 0,323 hingga 0,489 kW/m^2 untuk iradiasi, 231,6 hingga 232,7volt untuk tegangan, 26,1 hingga 85,9 ampere untuk arus, dan 741,5 hingga 758,5 kWh untuk energi.

TABEL 3. DATA *MONITORING* PUKUL 14.00 SD 16.00 WIB

Hari	Radiasi (kW/m^2)	Vmp (V)	Imp (A)	E (kWh)
Hari 1	0,352	231,6	84,98	749,4
Hari 2	0,327	230,8	79,34	747,6
Hari 3	0,258	226,2	36,78	736,7
Hari 4	0,359	227,3	46,62	747,3
Hari 5	0,319	231,06	84,6	751,2
Hari 6	0,361	230,7	60,58	747
Hari 7	0,313	230,9	71	753,3
Hari 8	0,287	230,2	48,6	754,2
Hari 9	0,274	229,8	57,6	743,2
Hari 10	0,237	231,3	66,7	739,4
Hari 11	0,393	230,6	63,2	742,5
Hari 12	0,398	230,3	61,58	735,3
Hari 13	0,284	230,4	59,32	747,3
Hari 14	0,266	230,1	64,5	717,2
Hari 15	0,337	229,1	65,08	741,9
Hari 16	0,324	231,8	57,04	744,2
Hari 17	0,317	229,4	59,2	744,3
Hari 18	0,363	230,7	77,6	751,2
Hari 19	0,356	229,7	63,5	722,6
Hari 20	0,380	229,6	63,64	751,1
Hari 21	0,317	230,3	47,36	742,5
Hari 22	0,375	230,1	61	745,8
Hari 23	0,316	230,2	70,2	746,1
Hari 24	0,422	229,9	61,22	740,2
Hari 25	0,350	230,3	63,42	740,1
Hari 26	0,366	230	69,1	746,6
Hari 27	0,366	230,3	71,8	738,1
Hari 28	0,355	230,7	65,24	735,9
Hari 29	0,343	230	70,8	749,7
Hari 30	0,351	229,7	67,7	747,8
Hari 31	0,294	230,8	67,06	741,7

1. Perhitungan dan Analisis Efisiensi

Efesiensi pada sel surya dihitung sebagai intensitas penyinaran matahari yang diubah menjadi energi listrik. Efesiensi ini didasarkan pada spektrum, cahaya matahari dan suhu panel surya.

Dengan menggunakan data tabel 1, didapatkan efesiensi pada data hari pertama untuk data pengukuran pada pukul 08.00 hingga 10.00 wib berdasarkan (1) dan (2), yakni :

- Pout = Vmp x Imp x 1000
  = 229,4 W x 79,6 A x 1000
  = 18,260 kW
- Pin = (Iradiasi) x (luas daerah modul)
  = 0,130 kW/m^2 x 1.539 m^2
  = 200,07 kW

Efisiensi pada hari pertama yang didapat berdasarkan (3) adalah :

- η = Pout/Pin x 100 %
  = 18,260/200,07 x 100 %
  = 9,126 %

Dengan cara yang sama dalam menghitung Pout, Pin dan η untuk hari kedua sampai hari ketiga puluh satu, baik pada data pukul 08.00 hingag 10.00 wib (notasi W1), data pada pukul 10.00 hingga 14.00 wib (notasi W2), dan pukul 14.00 hingga 16.00 wib (notasi W3). Data hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Data tegangan, arus, iradiasi dan energi yamg diperlukan untuk mengukur efesiensi PLTS. Data yang dikumpulkan setiap hari pada pukul 08.00 hingga 10.00 wib diperoleh efesiensi rata-rata selama sebutan sebesar 4,660%. Perolehan nilai terendah pada hari ke empat sebesar 1,73% dan nilai tertinggi pada hari pertama sebesar 9,12%, dibandingkan dengan hari-hari lainnya.

Salah satu waktu terbaik untuk penyerapan energi adalah antara pukul 10.00 dan 14.00 wib. Saat matahari bersinar cerah, panel surya bekerja sepenuhnya. Namun, efesiensi yang dihasilkan PLTS tidak terlalu tinggi. Hasil rata-rata nilai efesiensi menunjukkan 2,90%, hari ke sepuluh menghasilkan efesiensi cukup besar sebesar 4,22% dan hari ke empat menghasilkan efesiensi sangat rendah sebesar 1,91%.

Karena matahari mulai turun dan terbenam pada pukul 14.00 hingga 16.00 wib, penyerapan akan menurun. Selain itu pada bulan Desember 2023 kerap terjadi suhu matahari yang sangat tinggi, yang akan berdampak pada sistem PLTS. Hasil rata-rata dari efesiensi sebesar 2,26%, pada hari kesepuluh menunjukkan efesiensi cukup besar sebesar 3,18% dan hari pertama menunjukkan efeseiensi sebesar 1,20.

Hasil perhitungan yang dilakukan untuk tiga waktu menunjukkan bahwa hasilnya sangat tidak efesien. Hasil tersebut dipengaruhi beberapa faktor yang mengurangi efesiensi yang dihasilkan. Penelitian yang dilakukan pada bulan Desember, merupakan bulan yang sudah memasukin musim penghujan. Didapatkan intensitas cahaya matahari sebagai sumber enargi PLTS tidak bekerja dengan baik. Untuk kondisi cahaya matahari tidak terlalu terik, akan berdampak pada suhu PV sehingga PV tidak dapat bekerja dengan optimal. Ideal panel surya dapat bekerja secara maksimal, apabila kondisi sel terjaga pada suhu 25^0C. Yang menyebabkan sistem panel surya dapat bekerja secara efesien.

Untuk menjaga suhu pada panel surya, adapun antisipasi yang harus dibuat dengan mempertimbangkan jarak antar panel, jarak di antara panel pada bagian atas dan bawahnya. Disamping itu juga jenis PV dan sudut pengarahan PV ke matahari.

2. Perhitungan dan Analisis Rasio Performa

TABEL 4. HASIL PERHITUNGAN EFESIESI 3 WAKTU

Hari	η (%)		
	W1	W2	W2
Hari 1	9,126	3,633	1,201
Hari 2	6,084	3,638	3,020
Hari 3	1,907	2,095	1,262
Hari 4	1,732	1,917	1,715
Hari 5	6,387	3,981	2,374
Hari 6	4,393	2,515	2,001
Hari 7	5,619	3,403	1,289
Hari 8	7,701	2,532	1,855
Hari 9	4,217	3,138	2,642
Hari 10	7,260	4,229	3,185
Hari 11	3,932	2,409	2,574
Hari 12	3,152	2,315	2,756
Hari 13	4,629	3,126	2,708
Hari 14	5,472	3,625	2,452
Hari 15	4,403	2,874	1,996
Hari 16	3,415	2,651	2,652
Hari 17	4,621	2,783	2,138
Hari 18	5,931	3,204	2,433
Hari 19	3,747	2,662	2,057
Hari 20	3,418	2,498	2,369
Hari 21	2,713	2,235	2,482
Hari 22	3,566	2,432	2,048
Hari 23	4,386	3,322	2,477
Hari 24	3,430	2,167	1,877
Hari 25	4,377	2,711	2,443
Hari 26	3,645	2,821	2,291
Hari 27	5,102	2,935	2,346
Hari 28	4,345	2,754	2,441
Hari 29	4,799	3,084	2,641
Hari 30	4,531	2,878	2,280
Hari 31	6,436	3,420	2,191

Kualitas suatu PLTS disebut rasio performa, yang ditunjukkan dalam persentase yang menunjukkan total rugi sistem saat mengkonfersikan sinyal DC ke AC.

2. Perhitungan dan Analisis Rasio Performa

Kualitas suatu PLTS disebut rasio performa, yang ditunjukkan dalam persentase yang menunjukkan total rugi sistem saat mengkonfersikan sinyal DC ke AC.

Penentuan besar nilai rasio performa dilakukan dalam tiga waktu, sama seperti pada perhitungan dan analisis efesiensi. Untuk perhitungan rasio performa yang dilakukan pada monitorin pukul 08.00 sd 10.00 wib, data pada hari pertama, dengan menggunakan data rata – rata iradiasi (kW/m^2) dan rata – rata energi (kWh). Nilai Y_F dan Y_R, diperoleh nilai rasio performa berikut :

YF = (Rata-rata Energi) / (Kapasitas Terpasang)
= (724,9) / (324)
= 2,23 jam⁄day

YR = [(Rerata radiasi) x(Periode Waktu)] / Radiasi global
= (0,199 x 3) / 1
= 0,597 jam⁄day

Sehingga rasio performa (PR) yang didapatkan pada adalah :

PR = (YF/YR)
= (2,23/0,597)
= 26,77 %

TABEL 5 HASIL RASIO PERFORMA UNTUK TIGA WAKTU

Waktu	**η (%)**
08.00 sd 10.00 wib	26,77 %
10.00 sd 14.00 wib	72,92 %
14.00 sd 16.00 wib	53,24 %
Rata - rata	**50,97 %**

Tabel 5 menunjukkan hasil rasio performa yang dibagi menjadi tiga bagian. Dari ketiga waktu tersebut, rasio performa yang terbilang tinggi yaitu pada waktu 10.00 sd 14.00 WIB sebesar 72,92 %. Untuk hasil rasio performa yang terbilang rendah yaitu pada waktu 08.00 sd 10.00 WIB sebesar 26,77 %. Ini menunjukkan intensitas cahaya matahari pada pagi hari sangat rendah dan pada siang hari intensitas cahaya matahari sangat tinggi.

Dari analisis perhitungan, bahwa hasil yang didapatkan mungkin jauh lebih besar jika hal-hal yang diperlukan untuk mengoptimalkan sistem PLTS. Hal ini memerlukan pemeliharaan dan pengecekan secara kontiyu pada sistem PLTS untuk mencapai rasio kinerja yang lebih baik. Oleh karena itu, untuk mendapatkan produksi PLTS yang lebih baik. Penyerapan radiasi harus dioptimalkan agar energi dapat diserap dengan lebih baik.

VI. KESIMPULAN

Pembagian tiga waktu menunjukkan efisiensi sangat rendah, yakni 4,66% dari pukul 08.00 hingga 10.00 wib, 2,90 % dari pukul 10.00 hingga 14.00 wib dan 2,26 % dan pukul 14.00 hingga 16.00 wib. Hal itu dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti tegangan, arus, *fill Factor* dan iradiasi. Rasio performa dipengaruhi oleh energi dan iradiasi, rasio performa mencapai 36,77% dari pukul 08.00 hingga 10.00 wib, 72,92% dari pukul 10.00 sd 14.00 wib, dan sebesar 53,24% dan pukul 14.00 hingga 16.00 wib. Untuk meningkatkan efesiensi dan rasio performa pada kinerja sistem PLTS diperlukan pemeliharaan secara rutin, antara lain melakukan pembersihan panel pada sistem PLTS. Juga pengecekan instalasi kabel secara rutin. Pengambilan data sebaiknya dilakukan dalam setahun. Upaya ini dilakukan agar kinerja pada system PLTS lebih baik

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulisa sampaikan Institut Teknologi PLN, yang membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR ACUAN

[1] A. Makkulau, Samsurizal, M. Fikri dan N. Pasra, "*Application of Dynamic System Models in Solar Power Plants for Modeling, Control and Simulation"* 2023 International Conference on Networking Engineering, Computer Science, and Technology (IConNECT), Conference 25-26 Agustus 2023, Publisher IEEE, DOI 10.1109IConNET56593.2023.10327226

[2] A. S. Sampello, W. F. Galla dan F. M. Bakurawang, "*Analisis Kinerja PLTS 25 KWP Di Gedung Laboratorium Riset Terpadu Lahan Kering Kepulauan Undana Terhadap Variasi Beban*", Jurnal Media Elektro, vol. 8, no. 1, pp. 13-21, ISSN : 2252-6692

[3] B. D. Wasistha, B. E. M. Salam, D. I. Wibawa, dan M. Rizal, "*Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Jakarta*" Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Vol. 6, pp. 76-82, Tahun 2021

[4] B. K. P. Manalu, A. Makkulau dan N. Pasra, "*Manfaat Pendadaan Panel Surya dengan Metode On Grid*", SNEKTI 2023: Seminar Nasional Energi Kelistrikan, Teknik dan Informatika, Vol 4, 2023, hal. 166, E-ISSN : 2985-4865

[5] Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kinerja Solar Panel - Janaloka.com. (n.d.). Retrieved April 7, 2021, from https://janaloka.com/5-faktor-yang-mempengaruhi-kinerja-solar-panel/

[6] I K A. Setiawan, I N S. Kumara, dan I W. Sukerayasa, "*Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Satu MWP Terinterkoneksi Jaringan di Kayubihi, Bangli*", Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 13, No. 1, pp. 27–33, https://jurnal.harianregional. com/jte/full-14026, https://doi.org/1024843/ 10.24843/MITE

[7] I. K. Suantika, W. Rinas dan I. M. Suartika, "*Studi Analisis Pengaruh Perubahan Posisi Terhadap Efisiensi Panel Surya LPJU By Pass Ngurah Rai*", E-Jourbal SPEKTRUM, vol. 5, no. 1, pp. 151-156 Juni 2018

[8] Haerurrozi, Tugas Akhir : "*Analisis Unjuk Kerja PLTS On-Grid Di Laboratorium Energi Baru Terbarukan (EBT)*", Universitas Mataram", Fakultas Teknik, Universitas Mataram, 2016

[9] N. Pasra, K. T. Mauriraya dan H. Suyanto, "*Analysis of Maximum Power Point Trancking (MPPT) Performance in DC/AC Inverter of On-Grid Solar Pawer Plant*", Proceding of the 2nd Internatiomal Seminar of Siece and Applied Technology (ISSAT 2021), Advances in Engineering Research, Vol. 207, 23 November 2021, pp. 153-163, ISBN 978-94-6239-451-3, ISSN : 2352-5401, Doi.org/10.2991/aer.k.211106.025

[10] Pembangkit Listrik Tenaga Surya - Ulya Days. (n.d.). Retrieved April 13, 2021, from https://ulyadays.com/pembangkit-listrik-tenaga-surya/

[11] Rusman, "Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell Dengan Kapasitas 50 WP", Jurnal Teknik Mesin TURBO, vol. 4, no. 1, pp. 84-90, 2015, e-ISSN : 2477-250X

[12] S. Arya, Hermansyah, A.P.U. Siahaan, Suherman dan Z.Lubis, "*Implementasi Energi Surya Sebagai Sumber Suplai Alat Pengering Pupuk Petani Portabel*", IT Journal Research and Development, vol. 2, no. 1 pp. 12-18, Agustus 2017, e-ISSN : 2528-4053

[13] Sel surya : Struktur & Cara kerja | teknologi surya. (n.d.). Retrieved April 13, 2021, from https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/

[14] *International Electrotechnical Commission, "Photovoltaic (PV) Systems – Requirements for testing, documentation and maintenance* (IEC TS 62446 : 3 : 2017)", ISBN 978-8322-4290-2. https://webstore.iec.ch/en/iec_catalog/product/preview/?id=L3B1Yi9wZGYvcHJldmlldy9pbmZvX2llY3RzNjI0NDYtM3tlZDEuMH1lbi5wZGY=