

ANALISIS PENURUNAN KINERJA DAYA KELUARAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) 5 MWP OELPUAH KUPANG DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE PVSYS*

Yentri Seran¹, Nursalim², Sri Kurniati³

Teknik Elektro, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto, Penfui, Kotak Pos 104, Kupang 85001, NTT, Telp. (0380) 881580, Fax. 881674-881586, Website : <http://www.undana.ac.id>.

Email : yentriseranofficial@gmail.com , nursalim@staf.undana.ac.id, sri_kurniati@staf.undana.ac.id

Info Artikel

Histori Artikel :

Diterima Sep,04,2022

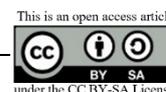
Direvisi, Okt, 05,2022

Disetujui, Okt, 30,2022

ABSTRACT

The Independent Power Plant (IPP) of the Oelpuah Solar Power Plant (SPP) in Kupang Regency has been operating since November 2015 with a 5 MWp. However, the maximum power produced has not yet reached optimal power production, only in the 3,000 - 4,000 kW range. Therefore, a study is needed to identify and analyze the decrease in output power. The measurements in December showed that solar radiation, temperature, and equipment damage significantly affected the decrease in output power by 35.7%. Then, based on the simulation results, the output power produced by the array when tilted at 15° and azimuth 0° is 4,000 kW with an E grid of 9,111 MWh/year. This power will increase to 4,100 kW with an E grid of 9,113 MWh/yr when tilt is 14° and azimuth is -5°. Conversely, a decrease in output power can occur due to changes in tilt and azimuth positions by 0.10%. The other influencing factors are internal factors such as 1.68% inverter losses and 3% solar panel quality losses; meanwhile, in terms of external factors such as solar panel losses due to radiation levels (0.16%), temperature (13.5%), GHI (2.40%), and damaged equipment (25%).

Kata Kunci: Solar Energy, Radiation and Temperature, Tilt and Azimuth, Solar Panels.



ABSTRAK

Independent Power Plant (IPP) Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Oelpuah di Kabupaten Kupang telah dioperasikan sejak November 2015 dengan kapasitas 5 MWp. Namun daya maksimum yang dihasilkan belum mencapai produksi daya yang optimal, yakni hanya pada kisaran 3.000 - 4.000 kW. Oleh karena itu diperlukan suatu kajian untuk mengidentifikasi dan menganalisis penurunan daya keluaran yang terjadi. Metode deskriptif digunakan untuk mendapatkan gambaran luar PLTS melalui simulasi PV-Syst. Hasil pengukuran bulan Desember menunjukkan radiasi matahari, temperatur dan kerusakan peralatan berpengaruh cukup signifikan terhadap penurunan daya keluaran sebesar 35,7%. Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan produksi daya keluaran yang dihasilkan oleh array ketika tilt 15° dan azimuth 0° adalah 4.000 kW dengan E grid 9.111 MWh/tahun. Pada posisi tilt 14° dan azimuth 5°, terjadi peningkatan daya menjadi 4.100 kW dengan E grid 9.113 MWh/tahun. Sebaliknya, daya keluaran PLTS akan menurun ketika posisi tilt dan azimuth berubah sebesar 0,10%. Penurunan daya juga dipengaruhi oleh faktor internal seperti rugi-rugi inverter (1,68%), dan rugi-rugi kualitas panel surya (3%). Sementara faktor eksternal dipengaruhi oleh rugi-rugi panel surya (0,16%), temperatur (13,5%), GHI (2,40%), dan peralatan yang rusak (25%)

Keywords: Energi Matahari, Radiasi dan Temperatur, Tilt dan Azimuth, Panel Surya.

Penulis Korespondensi:

Sri Kurniati,

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik,

Universitas Nusa Cendana,

Jl. Keuangan 2 No. 52 Kupang

sri_kurniati@staf.undana.ac.id



1. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi listrik, merupakan tolak ukur peningkatan kemakmuran manusia. Akan tetapi, energi listrik akan menimbulkan masalah dalam proses penyediaannya. Mengingat cadangan bahan baku fosil (minyak bumi, gas dan batu bara) sebagai bahan bakar pembangkit listrik semakin berkurang atau menipis. Hal ini menjadi kekhawatiran akan terjadinya krisis energi dimasa yang akan datang [1]. Salah satu upaya dalam mengatasi krisis energi ini adalah dengan mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil.

Potensi penggunaan energi matahari sebagai pembangkit listrik di Indonesia sangat besar. Hal disebabkan, Indonesia terletak di daerah khatulistiwa, yakni berada di lintang 6°LU - 11°LS dan 95°BT - 141°BT sehingga peredaran matahari dalam setahun berada pada daerah $23,5^{\circ}\text{LU}$ dan $23,5^{\circ}\text{LS}$. Dengan demikian, wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari 10-12 jam sehari [2]. Oleh karena itu potensi untuk membangun PLTS cukup memberikan kontribusi dalam penyediaan sumber energi listrik.

Secara umum, komponen utama PLTS berupa modul surya yang terdiri dari gabungan sel surya yang disusun secara seri-paralel dengan tujuan meningkatkan tegangan dan arus [3]. Kemudian dipasang sebuah inverter yang berfungsi mengkonversi daya listrik arus searah (DC) menjadi bolak balik (AC) [4]. Sumber energi DC diperoleh dari baterai sebagai media penyimpanan energi listrik yang dihasilkan panel surya [5]. Menurut [6], salah satu faktor penentu daya panel surya antara lain, radiasi matahari sebagai penyedia energi foton dan *ambient air temperature* dimana panel surya bekerja normal jika temperatur 25°C . Sementara dalam referensi [7] mengungkapkan bahwa karakteristik yang menjadi acuan antara lain, karakteristik arus dan tegangan panel surya, intensitas radiasi matahari dan temperatur terhadap arus dan tegangan. Selain itu, persamaan matematis juga banyak digunakan seperti besar daya keluaran setiap blok, besar daya keluaran PLTS dan *kinerjance ratio* PLTS [8].

Selanjutnya, PT. LEN Industri (Persero) telah membangun PLTS *Independent Power Plant* (IPP) sebesar 5 MWp di Desa, Kecamatan Kupang Tengah, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur (NTT). Pembangkit ini bekerja

secara *On Grid* atau terinterkoneksi secara langsung dengan jaringan listrik milik PT. PLN (Persero) [9]. Dalam hal ini, daya listrik yang dibangkitkan langsung disalurkan untuk digunakan melalui jaringan listrik tegangan menengah 20 kV ke jaringan listrik milik PT. PLN melalui penyulang Express Tilog [10]. Pembangkit ini sudah beroperasi sejak bulan November 2015. Pembangkit ini berkapasitas 5.061.840 *Watt/peak* (5.061,8 kWp), namun sejak beroperasi hingga sekarang daya maksimum yang dapat dicapai baik dalam kondisi cuaca cerah maupun mendung hanya berkisar antara 3.000 sampai dengan 4.000 kWp [12]. Ketidak optimalan daya keluaran ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya tingkat intensitas radiasi cahaya matahari, temperatur, sudut kemiringan (*tilt*) dan orientasi (*azimuth*) panel surya. [13].

Berdasarkan kondisi tersebut, maka tujuan paper ini adalah untuk mendapatkan informasi pengaruh dari faktor-faktor penyebab penurunan daya *keluaran* dari PLTS. Dalam hal ini akan dilakukan suatu analisis simulasi terhadap pengaruh dari radiasi matahari dan temperatur terhadap produksi daya keluaran. Selain itu, akan di lakukan juga simulasi untuk mencari pengaruh yang ditimbulkan oleh perubahan *tilt* dan *azimuth* terhadap penurunan daya keluaran dengan menggunakan *software PVSyst* [14], [15].

2. METODE PENELITIAN

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif untuk mendapatkan gambaran pengaruh dari radiasi matahari dan temperatur terhadap daya keluaran yang dihasilkan PLTS Oelpuah. Dengan menggunakan software PVSyst simulasi dapat dilakukan dengan mengubah *tilt* dan *azimuth* panel surya dari kondisi ril yakni *tilt* 15° dan *azimuth* 0° di PLTS Oelpuah menjadi *tilt* sebesar (13° , 14° , 16° dan 17°) dan *azimuth* sebesar (-5° , 3° , 5° , 7°). Kemudian dari hasil simulasi ini dilakukan analisis dengan membandingkan daya keluaran PLTS Oelpuah yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengukuran dan hasil simulasi tersebut dapat diketahui faktor-faktor penyebab terjadinya penurunan kinerja daya keluaran dan ketidak optimalan daya keluaran pada sistem PLTS Oelpuah. Selain itu, diperoleh juga nilai *tilt* dan *azimuth* yang paling tepat agar sistem

PLTS Oelpuah bisa menghasilkan daya keluaran yang lebih optimal.

2.1 Lokasi PLTS

Gambar 1 memperlihatkan tampak atas PLTS Oelpuah dilihat dengan *Google Earth*. Secara geografis pembangkit ini berada di 10°08'LU-48.87"LS dan 123°44"BT - 54,61"BT [11]. PLTS Oelpuah memiliki kapasitas daya terpasang sebesar 5.061.840 *Watt peak* (5.061,8 kWp) dan merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga surya terbesar di Indonesia.

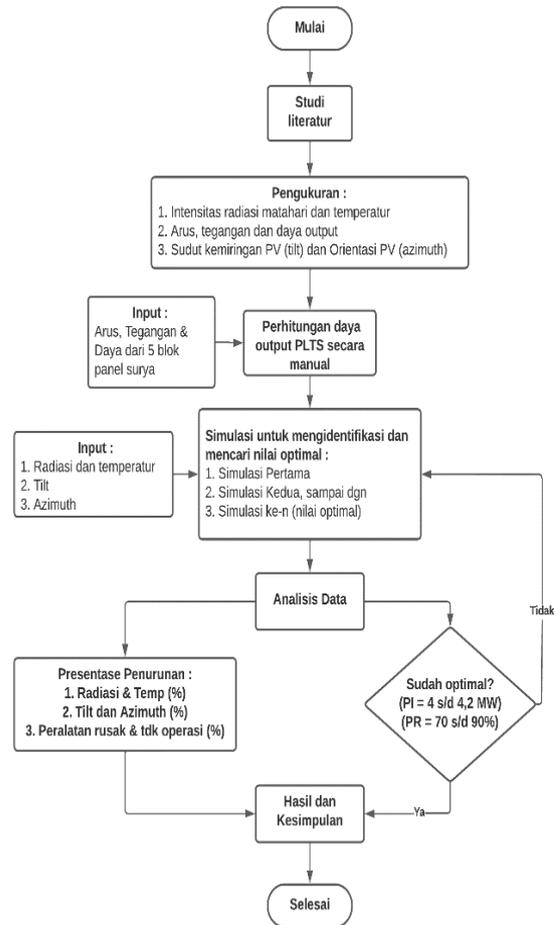
Komponen utama peralatan PLTS Oelpuah terdiri dari 22.008 modul surya dan 250 unit inverter yang terbagi kedalam 5 blok/area dengan total jumlah *string* adalah 917 unit. Masing-masing *string* terpasang 24 modul surya yang dirangkai secara seri-paralel untuk meningkatkan tegangan dan arus keluaran modul surya di masing-masing *string*. Untuk mengubah daya listrik searah (DC) yang dibangkitkan oleh modul surya menjadi daya listrik bolak-balik (AC), maka sistem menggunakan *string* inverter dengan sistem 3 fasa yang berkapasitas daya sebesar 15 - 20 kW. Maksimum tegangan *input* 1.000 VDC dan arus *input* maksimum sebesar 36 A.



Gambar 1. Lokasi PLTS Oelpuah

2.2 Prosedur Penelitian

Gambar 2 memperlihatkan diagram alir prosedur penelitian di PLTS 5 MWp Oelpuah Kupang.

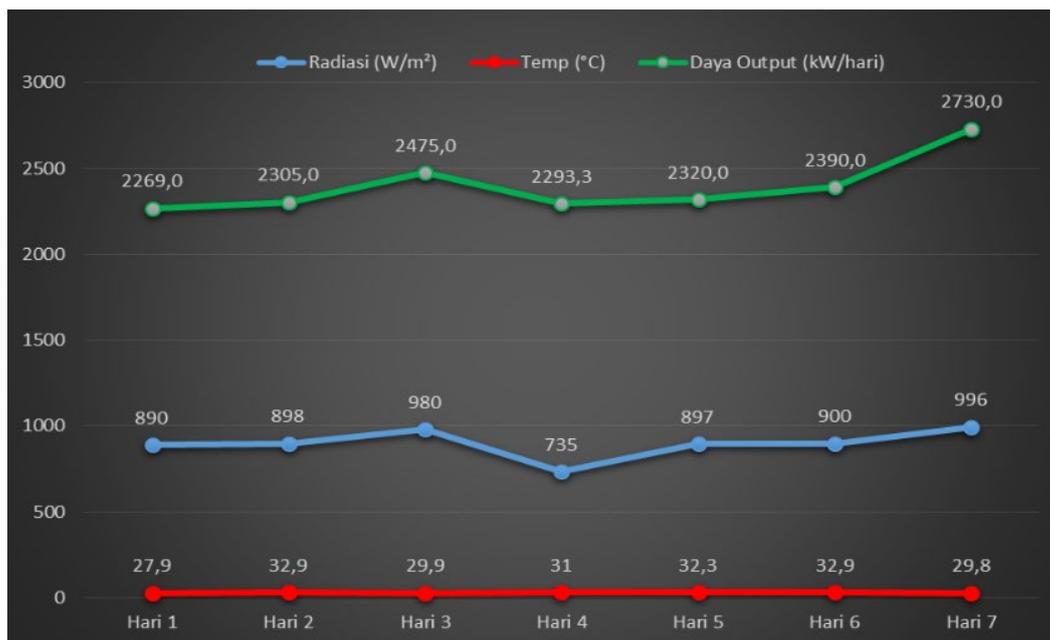


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan data radiasi matahari, temperatur, arus, tegangan dan daya keluaran. Sesuai dengan hasil pengukuran masing-masing variabel, Gambar 3, 4 dan 5 memperlihatkan pengaruh dari radiasi dan temperatur terhadap daya keluaran yang dihasilkan.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Radiasi dan Temperatur terhadap Daya Keluaran Tertinggi Minggu Pertama



Gambar 4. Grafik Pengaruh Radiasi dan Temperatur terhadap Daya Keluaran Tertinggi Minggu Kedua

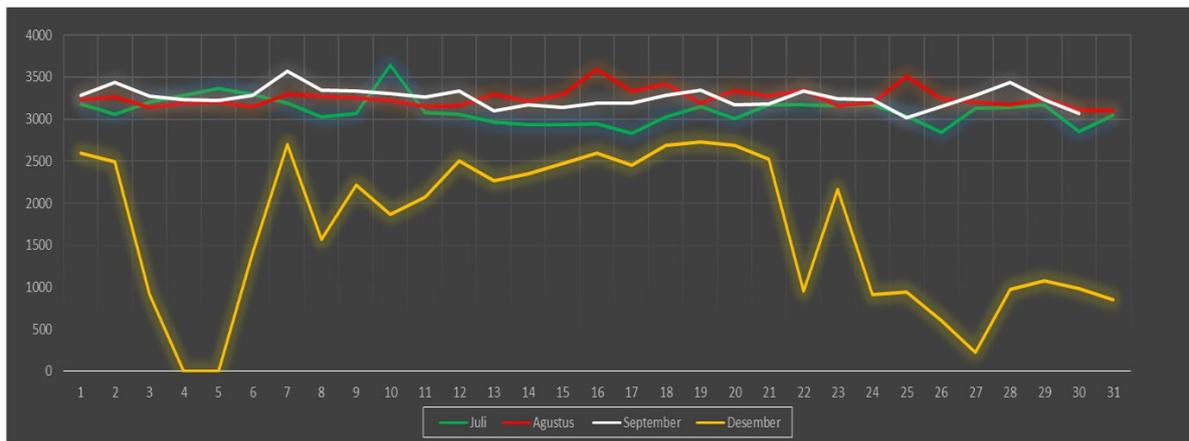
Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa pengaruh radiasi matahari dan temperatur terhadap daya keluaran yang dihasilkan oleh PLTS Oelpuah cukup signifikan. Hal ini dilihat dari besar daya keluaran pada minggu pertama berada pada rentang 2.269 kW sampai dengan 2.730 kW. Besar daya pada pengukuran hari pertama yakni 2.269 kW, diperoleh dari tingkat radiasi matahari sebesar 890 W/m² dan temperatur sebesar 27,9°C. Kemudian, daya yang dihasilkan pada hari ketujuh sebesar 2.730 kW diperoleh dari tingkat radiasi matahari

sebesar 996 W/m² dan temperatur sebesar 29,8°C.

Selanjutnya, Gambar 4 dapat dilihat bahwa daya keluaran yang dihasilkan cenderung fluktuatif atau naik dan turun sesuai dengan besar tingkat radiasi matahari dan temperatur yang diperoleh. Hari pertama pengukuran diperoleh daya keluaran sebesar 2.650 kW yang diperoleh dari tingkat radiasi sebesar 867 W/m² dan temperatur sebesar 29,4°C. Kemudian, hari ketiga pengukuran terjadi penurunan daya yang cukup besar, yakni sistem hanya dapat menghasilkan

daya sebesar 957 kW dari tingkat radiasi sebesar 420 W/m² dan temperatur 31°C. Pengukuran berikutnya, pada hari keempat daya keluaran kembali mengalami kenaikan yakni mencapai 2.160 kW yang dihasilkan dari tingkat radiasi matahari sebesar 828 W/m² dan temperatur sebesar 29°C. Sementara daya keluaran yang dihasilkan kembali mengalami penurunan berturut-turut pada hari kelima, enam dan tujuh.

Dengan demikian diketahui bahwa penurunan daya akibat radiasi dan temperatur disebabkan oleh cuaca yang cenderung mendung dan diikuti dengan hujan yang berlangsung hampir sepanjang hari. Hasil produksi daya keluaran PLTS Oelpuah pada bulan musim panas yakni Juli, Agustus dan September dapat dilihat dalam Gambar 5.



Gambar 5. Daya Keluaran Tertinggi Harian (kW) sepanjang Bulan Juli, Agustus, September dan Desember

Seperti yang terlihat dalam Gambar 5 diketahui bahwa keluaran daya harian PLTS antara bulan Juli, Agustus dan September cenderung sama. Kondisi ini disebabkan karena pada bulan tersebut merupakan musim panas, dimana kondisi cuaca stabil cerah. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses produksi daya yang dikirim ke *grid* konstan normal. Sebaliknya, produksi daya pada bulan Desember cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena kondisi cuaca bulan Desember cenderung tidak stabil (mendung dan hujan. Kondisi tersebut mengakibatkan sistem terkadang mengalami nol produksi atau tidak dapat memproduksi daya. Hal ini ditunjukkan dalam kurva grafik daya keluaran bulan Desember yang cenderung turun mendekati nol, bahkan sampai nol.

3.2 Hasil Simulasi Menggunakan Software PVSYST

Parameter-parameter penunjang (data meteorologi dan spesifikasi komponen

peralatan) yang digunakan dalam simulasi untuk menghitung pengaruh *tilt* dan *azimuth* panel surya terhadap daya keluaran diperoleh dari *software*. Untuk mengetahui pengaruh itu, maka hasil simulasi dengan menggunakan *tilt* dan *azimuth* ril di PLTS Oelpuah dibandingkan dengan *tilt* dan *azimuth* asumsi. Hasil simulasi itu adalah ketika *tilt* 15° dan *azimuth* 0° dengan ketika *tilt* 13°, 14°, 16° dan 17° dan *azimuth* sebesar -5°, 3°, 5°, 7°. Data pada simulasi ini menggunakan data-data peralatan di PLTS, diantaranya 22.008 modul surya dengan jumlah string 917 buah, dan data radiasi serta temperatur di lokasi PLTS Oelpuah. Sedangkan untuk data *tilt* dan *azimuth* panel surya menggunakan data *tilt* dan *azimuth* yang ril, serta yang ditentukan.

Hasil simulasi ketika *tilt* sebesar 13°, 14°, 15°, 16°, 17° dan *azimuth* sebesar -5°, 0°, 3°, 5°, 7° dapat dilihat dalam Tabel 1 sampai Tabel 5.

Tabel 1. Daya Keluaran Hasil Simulasi posisi Tilt 13°

<i>Azimuth</i> (°)	<i>E array</i> (MWh/tahun)	<i>E grid</i> (MWh/tahun)	<i>Specific production</i> (kWh/kWp/tahun)	PR(%)
-5°	9.495,1	9.110,3	1.800	75,47
0°	9.492,8	9.108,2	1.799	75,46
3°	9.490,2	9.106	1.799	75,45
5°	9.487,8	9.103,3	1.798	75,45
7°	9.485	9.100,4	1.798	75,44

Tabel 2. Daya Keluaran Hasil Simulasi Posisi Tilt 14°

<i>Azimuth</i> (°)	<i>E array</i> (MWh/tahun)	<i>E grid</i> (MWh/tahun)	<i>Specific production</i> (kWh/kWp/tahun)	PR(%)
-5°	9.497,7	9.113	1.800	75,47
0°	9.495,3	9.111	1.800	75,46
3°	9.492,4	9.108	1.799	75,45
5°	9.489,8	9.105	1.799	75,45
7°	9.486,7	9.102	1.798	75,44

Tabel 3. Daya Keluaran Hasil Simulasi Posisi Tilt 15°

<i>Azimuth</i> (°)	<i>E array</i> (MWh/tahun)	<i>E grid</i> (MWh/tahun)	<i>Specific production</i> (kWh/kWp/tahun)	PR(%)
-5°	9.497,9	9.113	1.800	75,47
0°	9.495,3	9.111	1.800	75,46
3°	9.492,1	9.107	1.799	75,45
5°	9.489,4	9.105	1.799	75,45
7°	9.486,1	9.101	1.798	75,44

Tabel 4. Daya Keluaran Hasil Simulasi Posisi Tilt 16°

<i>Azimuth</i> (°)	<i>E array</i> (MWh/tahun)	<i>E grid</i> (MWh/tahun)	<i>Specific production</i> (kWh/kWp/tahun)	PR(%)
-5°	9.495,8	9.111	1.800	75,47
0°	9.493,1	9.108	1.799	75,46
3°	9.489,8	9.105	1.799	75,45
5°	9.486,8	9.102	1.798	75,45
7°	9.483,3	9.099	1.798	75,44

Tabel 5. Daya Keluaran Hasil Simulasi Posisi Tilt 17°

<i>Azimuth</i> (°)	<i>E array</i> (MWh/tahun)	<i>E grid</i> (MWh/tahun)	<i>Specific production</i> (kWh/kWp/tahun)	PR(%)
-5°	9.491,6	9.107	1.799	75,48
0°	9.488,7	9.104	1.799	75,47
3°	9.485,1	9.101	1.798	75,46
5°	9.482	9.097	1.797	75,45
7°	9.478,3	9.094	1.797	75,44

Berdasarkan Tabel 1 sampai 5 simulasi dengan menggunakan data *tilt* posisi 13°, 14°, 15°, 16°, 17° dan sudut *azimuth* -5°, 0°, 3°, 5°, 7° diketahui bahwa daya keluaran PLTS lebih optimal diperoleh ketika *tilt* pada posisi 14° dan *azimuth* -5° dibanding dengan posisi *tilt* dan *azimuth riil* di lokasi PLTS (*tilt* 16°, sudut *Azimuth* 0°). Pada posisi kemiringan sudut tersebut diperoleh daya keluaran yang lebih optimal, yakni:

- Energi *array* tahunan sebesar 9.497,7 MWh/tahun,
- Energi *grid* tahunan sebesar 9.113 MWh/tahun dan,
- *Kinerjance ratio* sebesar 75,47 % (dari standar yang berkisar antara 70-90 %).

Dibandingkan dengan yang posisi riil di PLTS Oelpuah, diperoleh:

- Energi *array* tahunan sebesar 9.495,3 MWh/tahun,
- Energi *grid* tahunan sebesar 9.111 MWh/tahun, dan
- *Kinerjance ratio* 75,46%.

3.3 Analisis Data

3.3.1 Pengaruh Radiasi Matahari dan Temperatur terhadap Daya Keluaran PLTS

Berdasarkan data hasil pengukuran yang dilakukan di IPP PLTS Oelpuah diketahui bahwa pada minggu pertama pengukuran diperoleh daya keluaran cenderung fluktuatif sesuai dengan kondisi cuaca (radiasi matahari dan temperatur). Selama 7 hari pengukuran berlangsung, daya keluaran yang dihasilkan dan dikirim ke *grid* pada saat kondisi cuaca maksimal. Tingkat radiasi matahari tertinggi mencapai 1.020 W/m² dan temperatur 29,9°C yang terjadi pada hari ketujuh, menghasilkan daya keluaran sebesar 2.730 kW.

Selanjutnya, hasil pengukuran yang diambil pada minggu kedua dengan tingkat radiasi matahari tertinggi 1.139 W/m² dan temperatur 29,6°C yang terjadi pada hari pertama adalah sebesar 2.650 kW. Secara teoritis dengan tingkat radiasi matahari dan temperatur sebesar ini seharusnya daya yang dihasilkan untuk dikirim ke *grid* berada pada rentang 4.000 sampai 4.200 kW. Oleh karena itu besar daya keluaran yang dihasilkan pada bulan Desember ini masih jauh dari daya keluaran optimal sistem PLTS Oelpuah. Hal ini dapat diketahui dari data produksi daya keluaran PLTS Oelpuah yang terekam dan disimpan di data sistem monitoring

PLTS Oelpuah pada bulan Juli sampai September 2021. Berdasarkan data tersebut, daya keluaran harian tertinggi yang dihasilkan oleh sistem PLTS Oelpuah adalah:

- Bulan juli sebesar 3.634 kW yang terjadi di tanggal 10,
- Bulan Agustus sebesar 3.594 kW yang terjadi ditanggal 16 dan,
- Bulan September sebesar 3.566 kW yang terjadi ditanggal 7.

Berdasarkan data ini diketahui bahwa daya keluaran yang dihasilkan oleh sistem PLTS Oelpuah pada bulan (musim panas) berada pada rentang 3.000 sampai 3.600 kW.

3.3.2 Dampak dari Peralatan yang Rusak terhadap Produksi Daya Keluaran

Beberapa peralatan utama pada PLTS Oelpuah yang sering mengalami gangguan berupa *error (trip)* dan yang tidak beroperasi yaitu panel surya dan inverter. Kerusakan atau gangguan yang terjadi pada inverter tersebut disebabkan oleh pengaturan jumlah seri panel surya pada setiap *string* dan jumlah paralel *string* panel surya pada *array*. Beberapa kejadian radiasi matahari mempengaruhi tegangan MPP dari *array* lebih kecil dari tegangan *input* minimum inverter. Oleh karena itu akan terjadi rugi-rugi dibawah tegangan ambang batas inverter. Gangguan seperti ini telah berlangsung sejak PLTS Oelpuah mulai beroperasi. Akibatnya sering terjadi gangguan berupa *trip* bahkan *trouble* pada inverter-inverter yang terpasang di PLTS Oelpuah. Kondisi demikian dapat menyebabkan kerusakan inverter yang mengakibatkan panel surya dari setiap *string/array* yang terhubung dengan inverter tersebut tidak dapat menyalurkan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Tabel 6 memperlihatkan daftar peralatan yang sering rusak.

Tabel 6. Daftar jumlah inverter yang rusak dengan total panel yang tidak beroperasi

Blok	Inverter Rusak (unit)	Panel surya
A	7	600
B	16	1.356
C	16	1.416
D	14	1.344
E	12	1.080
Jumlah	65	5.796

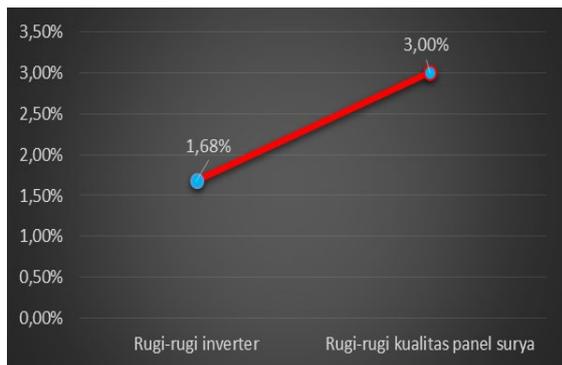
Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui bahwa dengan jumlah inverter yang rusak dan jumlah panel surya yang tidak beroperasi menyebabkan hilangnya daya keluaran sistem yang seharusnya dapat disalurkan ke sistem PLTS Oelpuah. Besar daya keluaran sistem tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Besar Daya Keluaran Yang Hilang Akibat Kerusakan Inverter Dan Panel Surya

Jumlah	Total Daya Yang Hilang		
Inverter	PV	P nom STC	P Wp
Gangguan	Off	(kWp)	(kWp)
65	5.796	1.333,9	1.298,1

3.3.3 Penurunan Kinerja Daya keluaran PLTS Oelpuah

Berdasarkan hasil penelitian diketahui penyebab terjadinya penurunan kinerja daya keluaran pada PLTS Oelpuah adalah faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi rugi-rugi inverter dan rugi-rugi kualitas panel surya. Sedangkan faktor eksternal meliputi *tilt*, *azimuth*, *global horizontal irradiation* (GHI), rugi-rugi panel surya karena tingkat radiasi dan temperatur serta peralatan yang rusak. Dari kedua faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan kinerja daya keluaran dan ketidak optimalan pada daya keluaran dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Faktor Internal yang Mempengaruhi Penurunan Daya Keluaran

Gambar 4 merupakan presentase dari faktor internal meliputi rugi-rugi pada inverter, menyangkut efisiensi dari inverter dan kelebihan beban yang berkontribusi terhadap penurunan daya keluaran sebesar 1,68% dan rugi-rugi pada kualitas panel surya dengan efisiensinya sebesar 3%.



Gambar 5. Faktor external yang mempengaruhi penurunan daya keluaran

Gambar 5 adalah faktor eksternal meliputi *tilt* dan *azimuth* sebesar 0,10%, *Global Horizontal Irradiation* (GHI) dalam rentang waktu tertentu yakni sebesar 2,40%. *Losses* panel surya karena tingkat radiasi matahari dan temperatur pada permukaan panel surya yakni masing-masing sebesar 0,16% dan 13,50%. Peralatan yang rusak berkontribusi terhadap penurunan daya keluaran sebesar 25%. Peralatan itu antara lain, panel surya 5.796 buah dan inverter berjumlah 65 buah yang tersebar pada 5 blok area panel surya. Besar nilai presentase penurunan yang terjadi sebesar 25%. Jika itu dikonversi ke satuan daya, maka penurunan daya keluaran sistem PLTS Oelpuah sebesar 1.298,1 kW. Oleh karena itu sistem hanya dapat memproduksi daya sebesar 54,16% atau setara dengan 2.741,4 kW. Besar daya yang dapat diproduksi ini sesuai dengan hasil pengukuran selama bulan Desember. Artinya, faktor peralatan yang rusak menyebabkan terjadi penurunan atau hilangnya daya keluaran sebesar 1.298,1 kW pada bulan Desember dan 4.298,1 kW pada bulan Juli, Agustus dan September.

3.3.4 Hasil Simulasi dengan Mengubah Tilt dan Azimuth Panel Surya

Simulasi ini dilakukan dengan berdasarkan data riil di PLTS Oelpuah, yakni *tilt* 15°, kemudian dilakukan perubahan sudut dari 13°, 14°, 16° dan 17°. Sementara sudut *azimuth riil* di PLTS Oelpuah 0° divariasikan dari sudut -5°, 3°, 5° dan 7°. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan diperoleh daya keluaran yang lebih optimal diperoleh pada saat mengubah *tilt* dari 15° dan *azimuth* 0° menjadi 14° dan *azimuth* 5°. Selain itu dari hasil simulasi ini diketahui bahwa penurunan daya keluaran yang terjadi akibat dari pengaruh *tilt* dan *azimuth* sebesar 0,10%.

4. PEMBAHASAN

Pengaruh radiasi matahari dan temperatur terhadap produksi daya keluaran sistem PLTS Oelpuah cukup besar. Berdasarkan data bulanan yang diperoleh pada Juli, Agustus dan September memiliki cuaca cerah yang relatif konstan. Akan tetapi, walaupun terjadi kecenderungan cuaca konstan, daya keluaran harian yang dihasilkan berada pada rentang 2000 kW sampai 3.634 kW. Daya ini tentu masih jauh dari daya keluaran optimal dari PLTS sebesar 5 MWp. Hal ini disebabkan pengaruh radiasi matahari dan temperatur yang menyebabkan produksi daya keluaran sistem PLTS Oelpuah cenderung fluktuatif. Hal ini menguatkan penelitian [6] yang mengatakan bahwa intensitas matahari mempengaruhi besar daya, dimana bila intensitas rendah daya yang dihasilkan rendah, sedangkan intensitas tinggi daya yang dihasilkan akan naik pula.

Berdasarkan hasil simulasi perubahan posisi sudut kemiringan panel solar kondisi riil dari PLTS dengan pada *tilt* 16° dengan sudut *Azimut* 0° menjadi *tilt* 14° dengan sudut *Azimut* -5° diperoleh peningkatan daya keluaran. Peningkatan daya keluaran PLTS ini dapat dilihat dalam Tabel 1 – 5. Hal ini menunjukkan bahwa pemasangan panel solar sel perlu dioptimalkan agar dapat menangkap intensitas matahari sesuai kondisi lokasi PLTS ditempatkan. Dalam penelitian [16] menginformasikan bahwa selama pengujian berlangsung antara hari pertama sampai dengan hari keenam, intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi pada hari pertama pengujian, pengambilan sampel pada jam antara 12.00 – 13.00 yaitu, sebesar 115.800 Lux. Ini berarti, ketika penempatan solar sel tidak berada posisi yang tepat akan menyebabkan keluaran daya panel solar sel tidak optimal. Temuan dalam penelitian ini menunjukkan adanya posisi kemiringan panel solar sel yang tidak tepat pada PLTS Oelpuah. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan daya sebesar 0,10% atau setara dengan 100 kW dari perbandingan antara 4.000 kW dan 4.100 kW.

Selanjutnya, berdasarkan data hasil pengukuran dan data rekaman *monitoring* dapat diketahui bahwa besar daya keluaran sistem PLTS Oelpuah belum optimal juga dipengaruhi oleh kondisi internal dan eksternal. Faktor internal meliputi (mutu peralatan sistem) yang sesuai hasil simulasi berpengaruh terhadap besar-

kecilnya produksi daya keluaran yang dihasilkan karena terdapat rugi-rugi kualitas panel surya dan rugi-rugi pada inverter. Sedangkan faktor eksternal (meteorologi, geografis dan kerusakan peralatan) yang meliputi intensitas radiasi matahari, temperatur, *tilt*, *azimuth* panel surya dan peralatan yang rusak.

Temuan lain yang diperoleh adalah faktor kerusakan peralatan yang terjadi pada bulan Desember 2021 juga ikut menyumbang terhadap penurunan daya keluaran sistem PLTS Oelpuah sebesar 25%. Hasil pengukuran pada bulan Desember diketahui terjadi penurunan daya keluaran yang diakibatkan oleh radiasi matahari, temperatur dan kerusakan peralatan sebesar 35,7% dari daya keluaran optimal sistem PLTS Oelpuah yakni 4.200 kW menjadi 2.730 kW.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penurunan daya keluaran akibat pengaruh radiasi matahari, temperatur dan faktor kerusakan peralatan pada sistem PLTS Oelpuah selama pengukuran bulan Desember adalah sebesar 35,7%.
2. Penurunan daya keluaran sistem PLTS Oelpuah yang disebabkan oleh pengaruh *tilt* panel surya yang tidak tepat. Perubahan *tilt* yang *riil* dari 15° dengan *azimuth* 0° menjadi *tilt* 14° *azimuth* -5 ° terjadi peningkatan daya keluaran sebesar 0,10%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya disampaikan kepada Manajer IPP PLTS Oelpuah yang telah memberikan bantuan atas pengambilan data dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Afifudin and F. S. Hananto, "Optimilasi Tegangan Keluaran dari Solar Cell Menggunakan Lensa Pemfokus dari Cahaya Matahari," *Jurnal Neutrino*, vol. 04, pp. 164-165, 2 April 2012.
- [2] R. Samsu, D. Sungsang, F. Miftahul and C. , "Dampak Bayangan pada Panel Surya

- Terhadap Daya Keluaran Photovoltaic," *Jurnal Ilmiah Setrum*, vol. 09, pp. 50-51, Desember 2020.
- [3] M. Bactiar, "Prosedur Perencanaan Sistem PLTS untuk Perumahan (Solar Home Sistem)," *SMARTek*, vol. 4, pp. 176 - 182, Agustus 2006.
- [4] P. Harahap, "Implementasi Karakteristik Arus Dan Tegangan PLTS Terhadap Peralatan Trainer Energi Batu Terbarukan," *SEMNASTEK UISU*, pp. 152 - 157, April 2019.
- [5] R. A. Diantari, C. Widyastuti and E. , "Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai PLTS," *Energi dan Kelistrikan*, vol. 9, pp. 120 -125, Juni - Desember 2019.
- [6] Y. Subekti, G. Sarya and R. R. Hastijanti, "Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya," *Jurna Pengabdian LPPM*, vol. 1, pp. 192 - 202, November 2015.
- [7] I. K. S. Negara, I. W. A. Wijaya and A. G. M. Pelayun, "Analisis Perbandingan Output Daya Listrik Panel Surya Sistem Tracking Dengan Solar Reflector," *E-Jurnal Spectrum*, vol. 3, pp. 7 - 13, Juni 2016.
- [8] A. Gifson, M. P. Pambudi and M. R. Siregar, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) On Grid Di Ecopark Ancol," *Tesla*, vol. 22, pp. 23 - 33, Maret 2020.
- [9] L. Halim and Oetomo, "Perencanaan dan Implementasi Solar Inverter Dengan Pencatatan Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid," LPPM Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, 2017.
- [10] L. I. Company, "Company Profile," *Profil Perusahaan*, p. 9, 1 Agustus 2020.
- [11] O. PLTS Oelpuah, Interviewee, *Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya 5 MWp Oelpuah Kupang*. [Interview]. 1 Desember 2021.
- [12] C. G. I. Partha, I. W. A. Wijaya and I. G. N. Janardana, "Sistem On Grid Pembangkit Listrik Tenaga Matahari Menggunakan Maximum Power Point Tracking," *Teknik Elektro Universitas Udayana*, Bandung, 2016.
- [13] NASA, Writer, *Tingkat Intensitas Radiasi Matahari di Kabupaten Kupang NTT*. [Performance]. pvsyst.co, 2021.
- [14] P. S. "www.pvsyst.com," 10 juli 2021. [Online]. Available: <http://www.pvsyst.com>.
- [15] G. Earth, *AfriGIS (Pty) Ltd.*, Oelpuah, Kupang/Nusa Tenggara Timur, 2021.
- [16] H. Asy'ari1, "INTENSITAS CAHAYA MATAHARI TERHADAP," *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS – 2012*, 2012.