

Evaluasi Kinerja PLTS *On-Grid* 600 kWp pada Jaringan Distribusi Gili Trawangan

Rifky Irawan¹, Fransisco Danang Wijaya¹, Adha Imam Cahyadi¹

¹ Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281, Indonesia

[Diserahkan: 3 Januari 2023, Direvisi: 18 Januari 2023, Diterima: 24 Januari 2023]
Penulis Korespondensi: Rifky Irawan (email: rifkyirawan93@mail.ugm.ac.id)

INTISARI — Indonesia merupakan salah satu negara yang masih bergantung pada penggunaan energi fosil. Meningkatnya kebutuhan energi fosil menyebabkan ketersediaan energi fosil makin berkurang, yang mengakibatkan harga bahan bakar fosil mengalami peningkatan. Oleh karena itu, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah membangun pembangkit energi baru terbarukan (EBT) untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan pembangkit berbahan bakar fosil. Salah satu pembangkit EBT yang dibangun oleh pemerintah adalah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan. Selama sepuluh tahun beroperasi, PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan perlu dievaluasi untuk mengetahui kinerja PLTS dalam melayani kebutuhan beban listrik. Daya dan energi listrik yang dihasilkan PLTS dapat dievaluasi dengan membandingkan hasil produksi daya dan energi dari PLTS saat ini dengan potensi daya dan energi yang seharusnya mampu dihasilkan. Untuk mengetahui produksi daya dan energi yang dihasilkan PLTS saat ini, digunakan data hasil pengukuran PLN, sedangkan untuk mengetahui potensi daya dan energi yang seharusnya mampu dihasilkan PLTS saat ini, digunakan hasil simulasi pada perangkat lunak Homer. Hasil menunjukkan bahwa daya dan energi hasil pengukuran PLN memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan potensi daya dan energi yang seharusnya mampu dihasilkan PLTS dengan menggunakan perangkat lunak Homer. Rerata produksi daya dan energi menurut pengukuran PLN sebesar 196,72 kW dan 765,92 kWh, sedangkan berdasarkan hasil simulasi sebesar 207,10 kW dan 840,39 kWh.

KATA KUNCI — PLTS, Daya Keluaran, Energi Keluaran, Gili Trawangan, Perangkat Lunak Homer.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi Indonesia masih disuplai oleh energi fosil sebanyak 95% [1]. Hal ini berarti ketergantungan Indonesia terhadap penggunaan energi fosil masih cukup tinggi. Seiring meningkatnya permintaan akan kebutuhan energi fosil, ketersediaan energi fosil akan makin berkurang [2]. Hal ini berdampak terhadap harga bahan bakar fosil yang akan mengalami peningkatan. Selain itu, pembakaran energi fosil yang dilakukan secara terus-menerus menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca [3]. Peningkatan terbesar emisi gas rumah kaca bersumber dari sektor pembangkit listrik, dengan persentase mencapai 33% [4]. Oleh karena itu, salah satu usaha pemerintah Indonesia melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) dan Kementerian Keuangan adalah berkomitmen untuk membangun infrastruktur energi baru terbarukan (EBT) sebagai bagian dari usaha pemerintah dalam melakukan transisi energi yang bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan pembangkit berbahan bakar fosil [5]. Hal ini juga dilakukan sebagai upaya untuk memenuhi target kontribusi pembangkit EBT dalam bauran energi nasional sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 [6].

Salah satu bentuk nyata dari komitmen pemerintah Indonesia dalam upaya melakukan pembangunan infrastruktur EBT adalah dengan melakukan pembangunan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di seluruh wilayah Indonesia. Hal ini juga didukung dengan potensi intensitas iradiasi matahari di Indonesia yang cukup tinggi, dengan rerata 4,8 kWh/m² [7].

PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan merupakan salah satu realisasi dari pembangunan pembangkit EBT di Indonesia. PLTS *on-grid* 600 kWp yang berada di Gili Trawangan tersebut terdiri atas PLTS 200 kWp dan PLTS 400 kWp. PLTS tersebut dibangun pada 2011 dan 2012 serta merupakan

pembangkit listrik yang terinterkoneksi secara langsung dengan jaringan jala-jala PLN melalui saluran transmisi kabel bawah laut [8]. Keberadaan saluran transmisi kabel bawah laut tersebut menyebabkan peran pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) Gili Trawangan, yang sebelumnya melayani kebutuhan beban listrik di Gili Trawangan, dihentikan pengoperasiannya. Peran PLTD Gili Trawangan selanjutnya digantikan oleh suplai dari sistem kelistrikan Lombok melalui saluran transmisi kabel bawah laut 20 kV dan dibantu dengan adanya PLTS di Gili Trawangan yang bekerja pada siang hari [9]. Hal ini merupakan bukti nyata pemerintah dalam melakukan transisi energi, yaitu dengan mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan pembangkit berbahan bakar fosil di Indonesia, termasuk di wilayah Gili Trawangan.

Sejak dibangun pada tahun 2011 dan 2012, PLTS *on-grid* 200 kWp dan 400 kWp Gili Trawangan telah beroperasi dan melayani kebutuhan beban listrik selama kurang lebih sepuluh tahun. Hal ini perlu menjadi perhatian pihak terkait, karena PLTS yang sudah cukup lama beroperasi perlu dievaluasi agar mengetahui kinerjanya dalam melayani kebutuhan beban listrik. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian yang berfokus pada evaluasi kinerja dari sistem PLTS dalam melayani kebutuhan beban listrik.

Secara umum, telah banyak penelitian sebelumnya yang membahas dan menganalisis kinerja PLTS [10]-[17]. Referensi [10] melakukan analisis kinerja PLTS 500 kWp di Provinsi Mae Hong Son, Thailand. Analisis kinerja dilakukan dari sisi komponen PLTS berupa fotovoltaik (*photovoltaic*, PV) dan unit pengkondisi daya serta berdasarkan daya yang mampu disalurkan ke jaringan, efisiensi sistem, dan keandalan sistem. Hasil menunjukkan bahwa energi yang mampu dihasilkan adalah sebesar 383.274 kWh, efisiensi sistem susunan PV berkisar antara 9% hingga 12%, efisiensi unit pengkondisi daya

berkisar antara 92% sampai 98%, dan rasio kerja berkisar antara 0,70 hingga 0,90.

Referensi [11] melakukan analisis kinerja PLTS 5 MW di Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Evaluasi kinerja PLTS dilakukan berdasarkan hasil perhitungan rasio kerja dengan menggunakan data yang telah ada selama bulan Maret 2016 hingga Desember 2019. Hasilnya menunjukkan bahwa PLTS menghasilkan energi sebesar 25,3 GWh dan memiliki rasio kinerja harian antara 0,7 dan 0,9.

Referensi [12] melakukan analisis kinerja PLTS 600 kWp Gili Trawangan. Analisis dilakukan dengan membandingkan keluaran PLTS dari hasil perhitungan menurut data spesifikasi dengan keluaran PLTS dari hasil perhitungan menurut data pengukuran. Objek yang dipilih adalah PLTS *on-grid* 200 kWp dan 400 kWp Gili Trawangan. Hasil menunjukkan bahwa hasil perhitungan menurut data pengukuran lebih kecil dibandingkan hasil perhitungan menurut data spesifikasi. Hal ini terjadi karena hasil perhitungan menurut data pengukuran bergantung pada cuaca saat pengukuran, yang dapat memengaruhi nilai intensitas iradiasi matahari, sedangkan perhitungan menurut data spesifikasi dilakukan menggunakan asumsi kondisi *standart testing conditions* (STC), dengan besaran iradiasi 1.000 W/m².

Sementara itu, analisis kinerja PLTS juga telah dilakukan dengan membandingkan produksi energi listrik yang dihasilkan PLTS secara riil dengan produksi energi berdasarkan potensi yang seharusnya mampu dihasilkan oleh PLTS dengan menggunakan berbagai macam perangkat lunak [13]-[17]. Referensi [13] memilih menggunakan PVSyst dan PV-Gis pada penelitiannya. Penelitian ini dilakukan pada PLTS 10 MW di India. Hasil menunjukkan bahwa total keluaran energi yang mampu dihasilkan oleh PLTS berdasarkan hasil pemantauan adalah 15.605,908 MWh, sedangkan dengan menggunakan PvSyst dan PV-Gis, dihasilkan keluaran energi sebesar 16.047 MWh dan 16.043 MWh.

Sementara itu, PVSyst digunakan pada tiga penelitian berikutnya [14]-[16]. Referensi [14] meneliti PLTS *on-grid* 50 kWp UPDL Makassar. Proses perbandingan dilakukan dengan menggunakan hasil data riil produksi energi listrik dari PLTS dengan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak berdasarkan data dari National Aeronautics and Space Administration - Surface Meteorology and Solar Energy (NASA-SSE) dan data Meteororm 7.3. Hasilnya menunjukkan bahwa produksi energi riil PLTS adalah 70,51 mWh/tahun, dengan potensi optimum sebesar 72,65 MWh/tahun berdasarkan data Meteororm 7.3 serta 91,65 berdasarkan data NASA-SSE. Sementara itu, berdasarkan hasil simulasi pada PVSyst dengan data Meteororm 7.3, energi yang dihasilkan sebesar 73,1 MWh/tahun. Salah satu penyebab perbedaan hasil ini adalah adanya efek bayangan yang berada di sekitar lokasi PLTS, yang memengaruhi hasil produksi energi listrik PLTS.

Referensi [15] melakukan analisis kinerja PLTS 7 MWp Sengkol. Pada penelitian ini, data riil yang dihasilkan PLTS didapatkan melalui hasil pengukuran yang dilakukan selama 30 hari pada bulan Maret 2020. Hasil menunjukkan bahwa produksi energi listrik yang dihasilkan secara riil sebesar 461,6 MWh, sedangkan produksi energi listrik hasil simulasi menggunakan PVSyst memiliki nilai yang lebih kecil, yaitu 448,9 MWh. Hal ini terjadi karena faktor *shading* dan rugi-rugi pada saat melakukan simulasi diabaikan.

Referensi [16] melakukan analisis kinerja dari PLTS *on-grid* yang berkapasitas 100 kWp, 300 kWp, dan 2 MW di Rajasthan, India, yang menggunakan modul PV berjenis

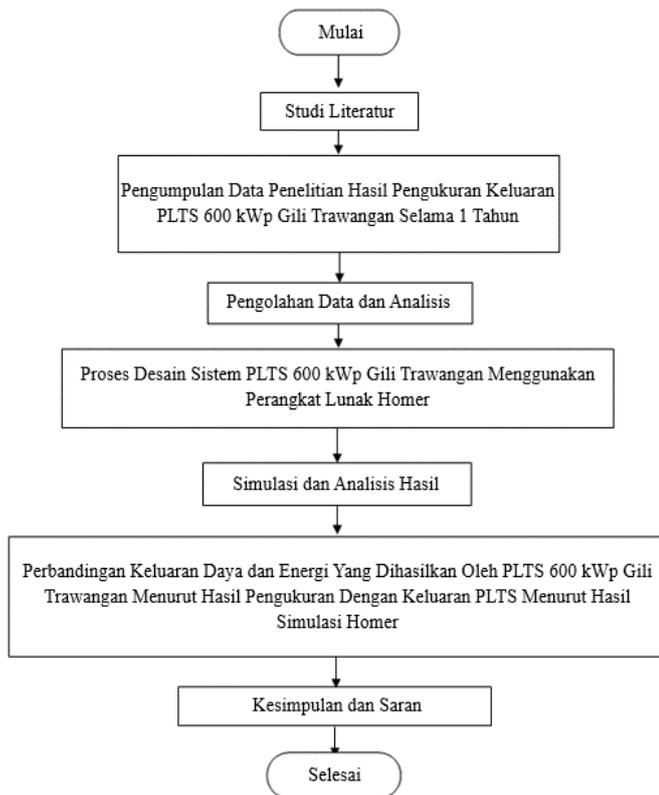
polycrystalline. Hasil menunjukkan bahwa dari ketiga PLTS tersebut, PLTS 300 kWp memiliki nilai rasio kerja tertinggi, sebesar 79,34%, dibandingkan PLTS 100 kWp dan 2 MW, yaitu sebesar 72,64% dan 74,3%. Sementara itu, dengan menggunakan PV-Syst, PLTS 100 kWp, 300 kWp, dan 2 MW menghasilkan rasio kerja berturut-turut sebesar 83,72%, 76,85%, dan 80,9%.

Selanjutnya, telah dilakukan juga analisis kinerja PLTS 26,4 kWp pada sistem *microgrid* Universitas Udayana (UNUD) [17]. Pada penelitian ini, dilakukan proses perbandingan energi yang dihasilkan oleh PLTS dengan potensi energi yang seharusnya dapat diperoleh dengan menggunakan perangkat lunak Helioscope. Hasil analisis menunjukkan bahwa produksi energi riil dari PLTS selama satu tahun adalah 39.948 kWh, sedangkan produksi energi listrik berdasarkan hasil simulasi adalah 43.055 kWh. Perbedaan hasil ini dipengaruhi oleh *shading* atau bayangan pepohonan yang berada di sekitar PLTS, yang berpengaruh pada hasil produksi energi PLTS.

Pada penelitian ini, dilakukan evaluasi dan analisis kinerja sistem PLTS seperti yang telah dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya [10]-[17]. Objek yang dipilih untuk dievaluasi adalah PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan, sama seperti objek yang dipilih pada [12]. PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan dipilih sebagai objek penelitian karena PLTS ini telah beroperasi cukup lama dalam melayani kebutuhan beban listrik, sehingga perlu dievaluasi agar dapat diketahui kinerja sistem PLTS tersebut dalam melayani kebutuhan beban listrik. Evaluasi yang dilakukan pada penelitian ini sama dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya [13]-[17], yaitu dengan melakukan proses perbandingan hasil keluaran PLTS secara riil dengan hasil keluaran yang seharusnya mampu dihasilkan oleh PLTS berdasarkan potensi yang ada dengan menggunakan bantuan perangkat lunak. Pada penelitian ini, dipilih perangkat lunak Homer. Selain belum digunakan pada penelitian sebelumnya, Homer juga mampu menampilkan daya listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTS. Hal ini tidak dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya [13]-[17]. Oleh karena itu, selain melakukan perbandingan energi yang mampu dihasilkan oleh PLTS, penelitian ini juga melakukan perbandingan daya. Untuk mengetahui produksi riil daya dan energi yang dihasilkan PLTS saat ini, digunakan data hasil pengukuran milik PT PLN Unit Induk Wilayah (UIW) Nusa Tenggara Barat, sedangkan untuk mengetahui potensi daya dan energi yang seharusnya mampu dihasilkan oleh PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan, digunakan hasil simulasi dengan menggunakan Homer.

II. METODOLOGI

Pada penelitian ini, evaluasi kinerja PLTS dilakukan dengan membandingkan produksi daya (kW) dan energi (kWh) yang dihasilkan oleh PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan saat ini dengan produksi daya (kW) dan energi (kWh) yang mampu dihasilkan oleh PLTS berdasarkan potensi yang seharusnya dapat dihasilkan. Untuk mengetahui produksi daya (kW) dan energi (kWh) PLTS saat ini, digunakan data hasil pengukuran milik PT PLN UIW Nusa Tenggara Barat [18]. Pengukuran dilakukan setiap hari selama satu tahun menggunakan perangkat lunak Homer. Pengukuran dilakukan pada saat PLTS mulai beroperasi pada pukul 07.00-18.00 WITA.

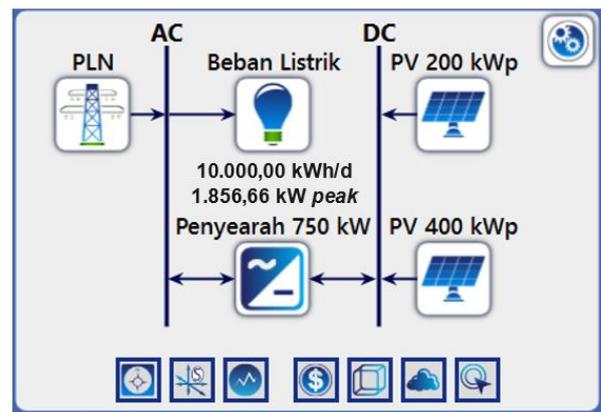


Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Alur penelitian diperlihatkan pada Gambar 1. Penelitian dimulai dari studi literatur berupa penelitian-penelitian terkait yang pernah dilakukan. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data untuk mendapatkan data yang dibutuhkan bagi proses penelitian. Data-data tersebut bersumber dari PT PLN UIW Nusa Tenggara Barat berupa daya dan energi keluaran harian PLTS selama satu tahun serta data iradiasi matahari yang didapatkan oleh modul PV. Selanjutnya, dilakukan proses pengolahan data dan analisis dari data yang telah diperoleh sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan rerata harian pada setiap bulannya selama satu tahun. Hasil ini akan dijadikan sebagai data hasil pengukuran rerata daya (kW) dan energi keluaran (kWh) PLTS yang dapat dihasilkan oleh PLTS 600 kWp Gili Trawangan pada saat ini berdasarkan data hasil pengukuran yang dilakukan oleh PT PLN UIW Nusa Tenggara Barat. Proses selanjutnya adalah melakukan desain sistem PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan pada Homer. Sistem PLTS yang didesain merupakan sistem PLTS yang telah terpasang atau telah beroperasi, sehingga Homer digunakan sebagai perangkat untuk melakukan *crosscheck*. Hasil simulasi pada Homer dijadikan sebagai hasil keluaran daya (kW) dan energi (kWh) yang seharusnya mampu dihasilkan oleh PLTS 600 kWp Gili Trawangan. Kemudian, langkah selanjutnya adalah melakukan proses perbandingan antara keluaran PLTS yang dihasilkan berdasarkan data hasil pengukuran PT PLN UIW Nusa Tenggara Barat dengan hasil simulasi pada Homer, sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan dan saran.

A. MODEL SISTEM PLTS 600 KWP GILI TRAWANGAN

Sistem PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan, yang merupakan sistem yang terinterkoneksi langsung dengan jaringan PLN, memiliki dua buah sistem PLTS, yaitu PLTS 200 kWp dan PLTS 400 kWp. Pada PLTS 200 kWp terdapat modul PV sebanyak 920 buah dengan kapasitas 220 Wp pada setiap modulnya dan tersusun ke dalam empat susunan grup



Gambar 2. Skema sistem PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan menggunakan Homer.

larik serta memiliki satu buah *inverter* dengan kapasitas sebesar 250 kW [19]. Pada PLTS 400 kWp terdapat modul surya sebanyak 2.240 buah dengan kapasitas 180 Wp pada setiap modulnya dan tersusun ke dalam sepuluh grup *array* dengan kapasitas tertinggi grup *array* adalah sebesar 40,32 kWp serta memiliki dua buah *inverter* dengan kapasitas masing-masing *inverter* sebesar 250 kW.

Proses pemodelan sistem PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan pada perangkat lunak Homer ditunjukkan pada Gambar 2. Skema pemodelan PLTS ini pada Homer terdiri atas *grid* PLN, profil beban listrik, sebuah *inverter*, dan dua buah PV dengan kapasitas masing-masing sebesar 200 kWp dan 400 kWp. Setelah proses pemodelan selesai, langkah selanjutnya adalah dengan memasukkan data-data yang dibutuhkan, seperti data komponen PV, data komponen *inverter*, data beban listrik, dan data intensitas iradiasi matahari yang ada di Gili Trawangan.

1) DATA KOMPONEN PV

Data-data yang dimasukkan pada Homer berupa besaran kapasitas PV yang digunakan, yaitu sebesar 200 kWp dan 400 kWp, data biaya pergantian komponen, serta biaya operasional dan pemeliharaan. Besar biaya pergantian komponen PV dapat dicari pada beberapa platform *e-commerce* yang telah banyak tersedia di internet, yang dapat memberikan informasi mengenai harga PV yang akan digunakan. Besaran harga bergantung pada jenis dan kapasitas PV. Untuk biaya operasional dan pemeliharaan, digunakan biaya yang diasumsikan. Biaya operasional dan pemeliharaan dapat berupa biaya yang dikeluarkan untuk membayar gaji pegawai dan biaya yang dikeluarkan selama proses operasional. Sementara itu, data biaya investasi awal atau biaya pembelian awal komponen PV tidak dimasukkan, karena sistem PLTS yang didesain merupakan sistem PLTS yang telah terpasang atau telah beroperasi, sehingga tidak memerlukan biaya awal untuk pembelian komponen PV.

2) DATA KOMPONEN INVERTER

Data komponen *inverter* yang dimasukkan pada Homer berupa besaran kapasitas *inverter* yang digunakan pada proses desain, data biaya pergantian komponen, serta data biaya operasional dan pemeliharaan. Pada penelitian ini, pemodelan PLTS pada perangkat lunak Homer menggunakan satu buah *inverter* dengan total kapasitas terpasang sebesar 750 kW. Total kapasitas ini merupakan penjumlahan dari tiga buah *inverter* yang digunakan pada PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan pada kondisi riil, dengan kapasitas masing-masing *inverter* sebesar 250 kW. Hal ini dilakukan karena jumlah

komponen *inverter* pada Homer dibatasi, yaitu dalam setiap desain hanya dapat dimasukkan satu buah komponen *inverter*. Sementara itu, data biaya pergantian komponen serta biaya operasional dan pemeliharaan sama seperti komponen PV.

3) DATA BEBAN LISTRIK

Data profil beban listrik Gili Trawangan yang digunakan adalah data profil beban yang telah tersedia pada Homer. Profil beban yang digunakan pada penelitian ini adalah profil beban dengan tipe residensial. Profil beban listrik tipe ini dipilih karena tipe profil beban residensial yang telah tersedia pada Homer memiliki kesamaan dengan profil beban listrik yang ada di Gili Trawangan.

4) DATA RADIASI MATAHARI

Data intensitas iradiasi matahari pada penelitian ini menggunakan data yang bersumber dari NASA, yang telah tersedia pada Homer. Data diambil berdasarkan informasi koordinat lokasi keberadaan PLTS Gili Trawangan. Rerata intensitas iradiasi matahari di Gili Trawangan adalah 5,40 kWh/m²/hari.

B. PERHITUNGAN HASIL KELUARAN PLTS BERDASARKAN DATA PLN

Pada penelitian ini, dilakukan proses perhitungan dari data yang telah didapatkan sebelumnya yang bersumber dari PT PLN UIW Nusa Tenggara Barat. Data-data tersebut merupakan data keluaran PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan hasil pengukuran yang dilakukan secara *real-time* oleh PT PLN UIW Nusa Tenggara Barat setiap hari selama satu tahun. Data tersebut terdiri atas data keluaran *inverter* G1 pada PLTS 200 kWp serta data keluaran *inverter* G2 dan *inverter* G3 pada PLTS 400 kWp. Data-data tersebut yang meliputi data daya (kW) dan energi (kWh) yang dihasilkan oleh PV serta data intensitas iradiasi matahari (kWh/m²) yang diterima oleh modul PV selama satu tahun.

Kemudian, dari data hasil pengukuran harian yang dilakukan selama satu tahun tersebut, dilakukan proses pengolahan data untuk mencari nilai rerata harian yang dihasilkan PLTS setiap bulan. Data tersebut kemudian dijadikan sebagai hasil rerata daya (kW) dan energi (kWh) yang mampu dihasilkan oleh PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan saat ini, berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan oleh PT PLN UIW Nusa Tenggara Barat.

C. PERHITUNGAN HASIL KELUARAN PLTS PADA PERANGKAT LUNAK HOMER

Keluaran PLTS yang dihasilkan menggunakan Homer merupakan hasil simulasi dari desain sistem PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan yang telah dimodelkan sebelumnya. Simulasi tersebut menghasilkan data keluaran daya total (kW) dan keluaran energi total (kWh) yang mampu dihasilkan oleh PLTS 600 *on-grid* kWp Gili Trawangan per tahun. Kemudian, dari hasil tersebut dilakukan proses pengolahan data untuk mendapatkan nilai rerata daya (kW) dan energi (kWh) harian yang mampu dihasilkan oleh PLTS setiap bulan. Nilai rerata daya harian (kW) yang dihasilkan setiap bulan dapat dilihat pada bagian *time series plot* pada hasil simulasi dengan memilih *time series details analysis* dan dilanjutkan dengan memilih bagian *inverter power output monthly averages* sehingga tertampil nilai rerata daya harian (kW) setiap bulannya. Untuk mengetahui nilai rerata energi harian (kWh) yang dihasilkan oleh PLTS pada setiap bulannya, dilakukan proses pembobotan berdasarkan rerata hasil pengukuran energi (kWh) PT PLN UIW Nusa Tenggara Barat. Hal ini dilakukan

karena Homer tidak dapat menampilkan rerata energi harian (kWh) yang mampu dihasilkan oleh PLTS setiap bulan.

III. HASIL

Pada tahap ini, akan diuraikan hasil keluaran dari PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan yang terdiri atas keluaran PLTS 200 kWp dan PLTS 400 kWp. Hasil keluaran yang ditampilkan berupa rerata daya (kW) dan energi (kWh) yang dihasilkan oleh PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan berdasarkan data hasil pengukuran PT PLN UIW Nusa Tenggara Barat dan hasil keluaran berdasarkan hasil simulasi menggunakan Homer. Kemudian, dilakukan proses perbandingan kedua hasil yang telah didapatkan.

A. HASIL KELUARAN PLTS MENURUT DATA PT PLN

Tabel I menyajikan data hasil keluaran PLTS berdasarkan hasil pengukuran PT PLN UIW Nusa Tenggara Barat yang menunjukkan rerata daya (kW) dan energi (kWh) harian yang mampu dihasilkan oleh PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan pada setiap bulannya. Data ini terdiri atas hasil keluaran *inverter* G1 pada PLTS 200 kWp, hasil keluaran *inverter* G2 dan G3 pada PLTS 400 kWp Gili Trawangan, serta data intensitas iradiasi matahari (kWh/m²) di Gili Trawangan.

1) ANALISIS HASIL KELUARAN INVERTER G1 PADA PLTS 200 KWP

Berdasarkan Tabel I, diketahui nilai rerata daya (kW) yang mampu dihasilkan oleh *inverter* G1 pada PLTS 200 kWp dengan tipe PV berjenis *polycrystalline*, yaitu sebesar 95,80 kW. Nilai rerata daya (kW) terendah sebesar 77,49 kW, yang terjadi pada bulan Januari, sedangkan nilai rerata tertinggi sebesar 132,81 kW terjadi terdapat pada bulan Oktober. Nilai rerata energi (kWh) yang mampu dihasilkan oleh *inverter* G1 pada PLTS 200 kWp adalah 413,19 kWh, dengan nilai rerata energi (kWh) terendah sebesar 300,46 kWh, yang terjadi pada bulan Januari dan nilai rerata tertinggi sebesar 528,91 kWh yang terjadi pada bulan November.

2) ANALISIS HASIL KELUARAN INVERTER G2 PADA PLTS 400 KWP

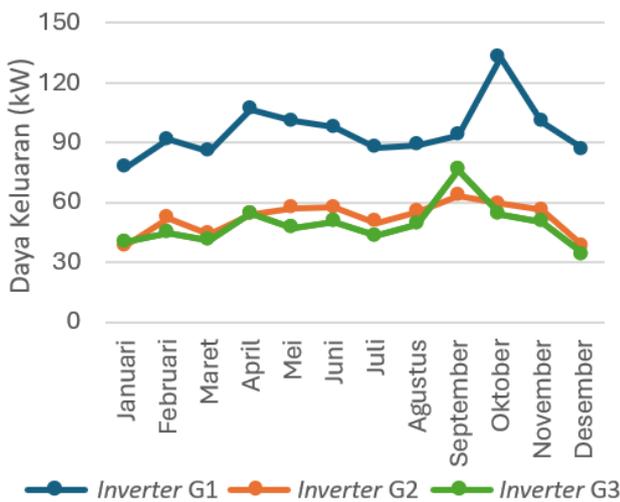
Berdasarkan Tabel I, dapat diketahui nilai rerata daya (kW) yang mampu dihasilkan oleh *inverter* G2 pada PLTS 400 kWp dengan tipe PV berjenis *monocrystalline*, yaitu sebesar 52,14 kW. Nilai rerata daya (kW) terendah adalah 37,78 kW, yang terjadi pada bulan Desember, sedangkan nilai rerata daya tertinggi adalah 63,52 kW, yang terjadi pada bulan September. Nilai rerata energi (kWh) yang mampu dihasilkan oleh *inverter* G2 pada PLTS 400 kWp adalah 193,79 kWh, dengan nilai rerata energi (kWh) terendah sebesar 126,94 kWh, yang terjadi pada bulan Januari dan rerata tertinggi sebesar 260,28 kWh, yang terjadi pada bulan September.

3) ANALISIS HASIL KELUARAN INVERTER G3 PADA PLTS 400 KWP

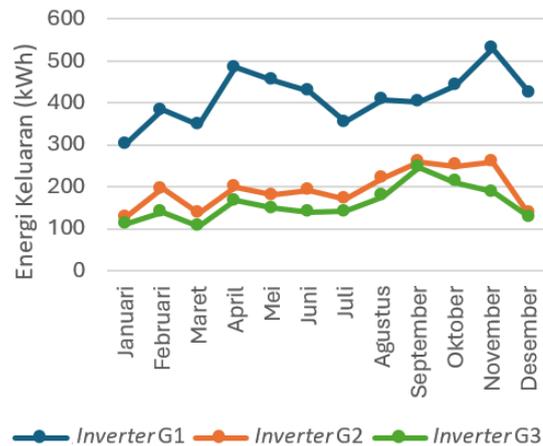
Berdasarkan Tabel I, diketahui nilai rerata daya (kW) yang mampu dihasilkan oleh *inverter* G3 pada PLTS 400 kWp dengan tipe PV berjenis *monocrystalline*, yaitu 48,76 kW. Nilai rerata daya (kW) terendahnya adalah 33,95 kW, yang terjadi pada bulan Desember, sedangkan rerata tertinggi adalah 76,55 kW, yang terjadi pada bulan September. Nilai rerata energi (kWh) yang mampu dihasilkan oleh *inverter* G2 pada PLTS 400 kWp adalah sebesar 158,93 kWh, dengan rerata energi (kWh) terendah sebesar 105,55 kWh, yang terjadi pada bulan Maret, sedangkan rerata tertinggi adalah 247,35 kWh, yang terjadi pada bulan September.

TABEL I
HASIL KELUARAN PLTS MENURUT DATA PENGUKURAN PT PLN

Bulan	PLTS 200 kWp			PLTS 400 kWp					
	Inverter G1			Inverter G2			Inverter G3		
	Daya (kW)	Energi (kWh)	Iradiasi matahari (kWh/m ²)	Daya (kW)	Energi (kWh)	Iradiasi matahari (kWh/m ²)	Daya (kW)	Energi (kWh)	Iradiasi matahari (kWh/m ²)
Januari	77,49	300,46	2,60	38,23	126,94	2,61	40,32	110,22	2,61
Februari	91,51	383,02	3,16	52,17	196,02	3,14	44,89	140,89	3,17
Maret	85,28	347,64	2,57	43,92	136,05	2,57	40,72	105,55	2,57
April	106,44	484,34	3,12	54,22	200,46	3,12	54,52	168,13	3,12
Mei	100,83	453,98	2,96	56,98	180,05	2,88	47,31	149,2	2,96
Juni	98,12	427,21	2,65	57,44	192,41	2,65	50,3	139,67	3,48
Juli	87,59	354,8	2,40	49,92	170,22	2,49	43,22	141,06	2,50
Agustus	88,54	408,36	2,77	55,49	220,79	2,77	49,1	177,02	2,77
September	93,67	402,9	3,00	63,52	260,28	3,00	76,55	247,35	4,14
Oktober	132,81	440,27	3,48	59,50	248,77	3,48	54,27	210,72	3,48
November	100,55	528,91	3,57	56,52	258,65	3,58	50,01	188,81	4,47
Desember	86,75	426,39	6,54	37,78	134,89	7,61	33,95	128,63	7,78
Rerata	95,80	413,19	3,23	52,14	193,79	3,33	48,76	158,93	3,59



Gambar 3. Perbandingan rerata daya keluaran inverter G1, G2, dan G3.



Gambar 4. Perbandingan rerata energi keluaran inverter G1, G2, dan G3.

4) ANALISIS PERBANDINGAN DAYA KELUARAN PLTS 200 DAN 400 kWp

Berdasarkan Tabel I dan Gambar 3, tampak bahwa daya keluaran (kW) yang dihasilkan inverter G1 pada PLTS 200 kWp dengan tipe PV berjenis *polycrystalline* memiliki rerata daya keluaran (kW) sebesar 95,80 kW. Sementara itu, daya keluaran yang dihasilkan oleh inverter G2 dan inverter G3 pada PLTS 400 kWp dengan tipe PV berjenis *monocrystalline* memiliki rerata daya keluaran sebesar 52,14 kW dan 48,76 kW. Berdasarkan hasil tersebut, tampak bahwa PLTS dengan kapasitas 200 kWp dengan PV berjenis *polycrystalline* menghasilkan daya keluaran yang hampir sama dengan PLTS berkapasitas 400 kWp dengan PV berjenis *monocrystalline*. Hal ini menunjukkan bahwa PV berjenis *polycrystalline* yang digunakan pada PLTS 200 kWp Gili Trawangan dapat menghasilkan nilai keluaran daya yang lebih lebih dibandingkan dengan PV berjenis *monocrystalline* yang digunakan pada PLTS 400 kWp Gili Trawangan.

Hal-hal tersebut terjadi karena faktor kualitas PV yang digunakan pada PLTS Gili Trawangan. Pada penggunaannya,

PV berjenis *monocrystalline* pada PLTS 400 kWp banyak mengalami kerusakan, mati total, dan mengalami oksidasi dibandingkan dengan PV berjenis *polycrystalline* pada PLTS 200 kWp [20]. Hal ini menjadi faktor yang menyebabkan PLTS 400 kWp mengalami penurunan kinerja dalam menghasilkan daya listrik (kW).

5) ANALISIS PERBANDINGAN ENERGI KELUARAN PLTS 200 DAN 400 kWp

Berdasarkan Tabel I dan Gambar 4, dapat dilihat bahwa energi keluaran (kWh) yang dihasilkan oleh inverter G1 pada PLTS 200 kWp dengan tipe PV berjenis *polycrystalline* memiliki rerata sebesar 443,19 kWh, sedangkan energi keluaran yang dihasilkan oleh inverter G2 dan inverter G3 pada PLTS 400 kWp dengan tipe PV berjenis *monocrystalline* memiliki rerata sebesar 193,79 kWh dan 158,93 kWh. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun memiliki kapasitas setengah dari PLTS 400 kWp, PLTS 200 kWp dengan jenis PV *polycrystalline* dapat menghasilkan energi keluaran yang lebih baik dibandingkan dengan PLTS yang berkapasitas 400 kWp dengan jenis PV *monocrystalline*. Hal ini menunjukkan bahwa PV dengan jenis *polycrystalline* yang digunakan pada PLTS 200 kWp Gili Trawangan dapat

TABEL II
HASIL KELUARAN PLTS 600 kWp MENURUT DATA PENGUKURAN PT PLN

Bulan	Pengukuran PT. PLN	
	Daya Keluaran (kW)	Energi Keluaran (kWh)
Januari	156,8	537,62
Februari	187,74	719,93
Maret	169,52	589,24
April	215,14	852,93
Mei	204,98	783,23
Juni	206,14	759,29
Juli	181,23	666,08
Agustus	193,56	806,17
September	233,21	910,53
Oktober	246,41	899,76
November	207,46	976,37
Desember	158,45	689,91
Rerata	196,70	765,92

TABEL III
HASIL KELUARAN PLTS 600 kWp PADA HOMER

Bulan	Homer	
	Daya Keluaran (kW)	Energi Keluaran (kWh)
Januari	177,78	721,40
Februari	181,84	737,88
Maret	202,24	820,66
April	216,54	878,68
Mei	217,5	882,58
Juni	202,12	820,17
Juli	200,6	814,01
Agustus	217,78	883,72
September	233,5	947,51
Oktober	234	949,54
November	209,4	849,71
Desember	191,94	778,86
Rerata	207,10	840,39

menghasilkan nilai keluaran energi yang lebih baik daripada PV berjenis *monocrystalline* yang digunakan pada PLTS 400 kWp Gili Trawangan. Hal ini disebabkan oleh faktor kualitas PV yang digunakan pada PLTS Gili Trawangan. Pada penggunaannya, PV berjenis *monocrystalline* pada PLTS 400 kWp banyak mengalami kerusakan, mati total, dan mengalami oksidasi jika dibandingkan dengan PV berjenis *polycrystalline* pada PLTS 200 kWp [20].

6) ANALISIS KELUARAN DAYA DAN ENERGI PLTS 600 kWp GILI TRAWANGAN

Nilai daya (kW) dan energi (kWh) keluaran PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan diperlihatkan pada Tabel II. Hasil tersebut merupakan rerata pada masing-masing *inverter* di setiap bulannya, yang nilainya dapat dicari menggunakan data yang telah dihasilkan sebelumnya pada Tabel I. Persamaan (1) dan (2) merupakan langkah untuk mencari nilai rerata daya (kW) dan energi (kWh) pada PLTS 600 kWp Gili Trawangan.

$$\begin{aligned} \text{Total rerata daya} \\ &= \text{rerata daya inverter G1} \\ &+ \text{rerata daya inverter G2} \\ &+ \text{rerata daya inverter G3} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{Total rerata daya} = 95,80 + 52,14 + 48,76 = 196,7 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} \text{Total rerata energi} \\ &= \text{rerata energi inverter G1} \\ &+ \text{rerata energi inverter G2} \\ &+ \text{rerata energi inverter G3} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Total rerata energi} &= 413,19 + 193,79 + 158,93 \\ &= 765,92 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Berdasarkan (1) dan (2) dapat dilihat bahwa PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan mampu memproduksi daya rerata (kW) dan energi rerata (kWh) keluaran sebesar 196,70 kW dan 765,92 kWh. Daya (kW) dan energi (kWh) rerata tersebut akan dijadikan sebagai hasil produksi daya (kW) dan energi (kWh) keluaran yang mampu dihasilkan oleh PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan.

B. HASIL KELUARAN PLTS MENURUT SIMULASI HOMER

Tabel III menunjukkan data hasil keluaran PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan berdasarkan hasil simulasi menggunakan Homer. Keluaran yang dihasilkan pada simulasi ini berupa keluaran daya (kW) dan energi (kWh). Berdasarkan Tabel III, dapat dilihat bahwa PLTS *on-grid* 600 kWp Gili

Trawangan memiliki potensi daya (kW) dan energi (kWh) yang seharusnya mampu dihasilkan oleh PLTS sebesar 207,10 kW dan 840,39 kWh. Nilai daya rerata (kW) terendah yang mampu dihasilkan adalah 177,78 kW, yang terjadi pada bulan Januari, sedangkan rerata tertingginya sebesar 234 kW, yaitu pada bulan Oktober. Nilai energi rerata (kWh) terendah yang seharusnya mampu dihasilkan oleh PLTS adalah 721,40 kWh, yang terjadi pada bulan Januari, sedangkan rerata tertingginya adalah 949,54 kWh, yaitu pada bulan Oktober.

C. PERBANDINGAN HASIL KELUARAN PLTS BERDASARKAN DATA PENGUKURAN PT PLN DENGAN SIMULASI PADA HOMER

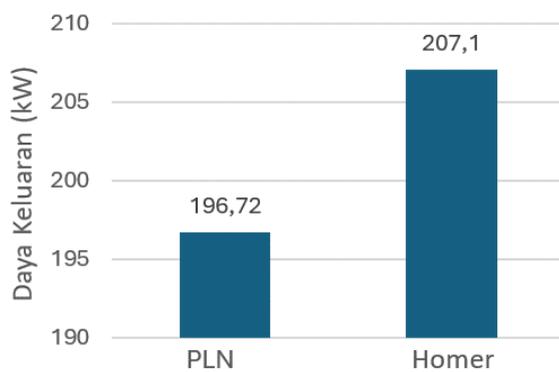
Pada penelitian ini, dilakukan evaluasi terhadap sistem PLTS 600 kWp Gili Trawangan yang telah beroperasi cukup lama dalam melayani kebutuhan beban listrik. Evaluasi dilakukan untuk melihat kinerja sistem PLTS dalam melayani kebutuhan beban listrik. Kinerja suatu PLTS dapat dilihat dari kemampuan PLTS dalam menghasilkan daya dan energi listrik. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan daya dan energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS saat ini dengan potensi daya dan energi yang seharusnya mampu dihasilkan oleh PLTS berdasarkan potensi-potensi yang ada.

Tabel IV, Gambar 5, dan Gambar 6 menunjukkan perbandingan hasil keluaran PLTS berdasarkan pengukuran dan simulasi. Menurut hasil pengukuran PT PLN UIW Nusa Tenggara Barat, PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan dapat memproduksi daya (kW) dan energi (kWh) rerata sebesar 196,70 kW dan 765,92 kWh. Sementara itu, berdasarkan simulasi menggunakan Homer, PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan dapat menghasilkan daya (kW) dan energi (kWh) rerata sebesar 207,10 kW dan 840,39 kWh. Berdasarkan hasil tersebut, tampak bahwa rerata daya (kW) dan energi (kWh) yang dihasilkan oleh PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan menurut hasil pengukuran PT PLN saat ini lebih kecil dibandingkan dengan rerata daya (kW) dan energi (kWh) yang seharusnya mampu dihasilkan oleh PLTS berdasarkan potensi yang ada berdasarkan simulasi Homer.

Perbedaan hasil ini terjadi karena pada sistem PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan banyak terjadi penurunan kinerja dalam pengoperasiannya, terutama pada PLTS 400 kWp yang menggunakan modul PV berjenis *monocrystalline*. Modul PV berjenis *monocrystalline* banyak mengalami kerusakan, mati

TABEL IV
PERBANDINGAN HASIL KELUARAN PLTS MENURUT DATA PENGUKURAN PT PLN DENGAN HASIL SIMULASI HOMER

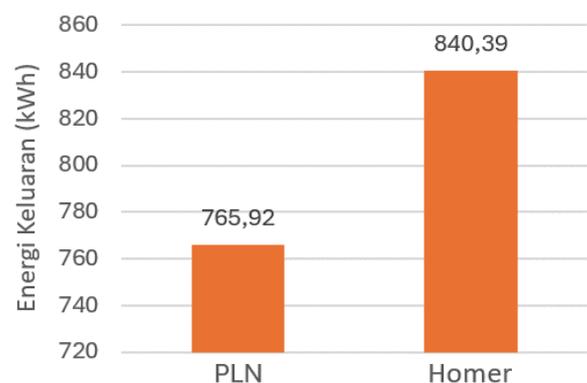
Bulan	Pengukuran PT PLN		Homer	
	Daya Keluaran (kW)	Energi Keluaran (kWh)	Daya Keluaran (kW)	Energi Keluaran (kWh)
Januari	156,8	537,62	177,78	721,40
Februari	187,74	719,93	181,84	737,88
Maret	169,52	589,24	202,24	820,66
April	215,14	852,93	216,54	878,68
Mei	204,98	783,23	217,5	882,58
Juni	206,14	759,29	202,12	820,17
Juli	181,23	666,08	200,6	814,01
Agustus	193,56	806,17	217,78	883,72
September	233,21	910,53	233,5	947,51
Oktober	246,41	899,76	234	949,54
November	207,46	976,37	209,4	849,71
Desember	158,45	689,91	191,94	778,86
Rerata	196,70	765,92	207,10	840,39



Gambar 5. Perbandingan rerata daya keluaran PLTS 600 kWp berdasarkan hasil pengukuran PT PLN dengan hasil simulasi Homer.

total, dan oksidasi, sehingga menurunkan kinerja PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan [20]. Penyebabnya adalah PV berjenis *monocrystalline* kurang cocok digunakan pada daerah yang memiliki cuaca berawan atau mendung, seperti cuaca yang ada di daerah Gili Trawangan. Sebaliknya, PV berjenis *polycrystalline* yang digunakan pada PLTS 200 kWp memiliki kinerja yang jauh lebih baik dibandingkan dengan PV berjenis *monocrystalline* yang digunakan pada PLTS 400 kWp, meskipun pemasangannya dilakukan lebih awal. Hal ini terjadi karena PV berjenis *polycrystalline* yang digunakan pada PLTS 200 kWp memiliki efisiensi yang lebih baik dan lebih stabil dalam menghasilkan daya dan energi listrik. Oleh karena itu, PV berjenis *polycrystalline* lebih baik atau lebih cocok digunakan pada daerah-daerah yang berawan atau mendung seperti daerah Gili Trawangan [20].

Selain itu, faktor besarnya intensitas iradiasi matahari pada PLTS *on-grid* 600 kWp Gili Trawangan juga berpengaruh terhadap daya dan energi keluaran yang mampu dihasilkan. Rerata iradiasi matahari di Gili Trawangan menurut data pengukuran PT PLN UIW Nusa Tenggara Barat adalah sebesar 3,38 kWh/m². Sementara itu, potensi rerata iradiasi matahari di Gili Trawangan berdasarkan data NASA yang terdapat pada Homer adalah sebesar 5,40 kWh/m². Perbedaan intensitas iradiasi matahari ini juga memengaruhi besarnya daya dan energi yang dapat dihasilkan oleh PLTS 600 kWp Gili Trawangan. Hal ini terjadi karena besarnya intensitas iradiasi matahari berpengaruh terhadap besarnya arus keluaran PV [21]. Makin besar intensitas iradiasi matahari, makin besar juga arus



Gambar 6. Perbandingan rerata energi keluaran PLTS 600 kWp berdasarkan hasil pengukuran PT PLN dengan hasil simulasi Homer.

yang dihasilkan oleh PV, sehingga meningkatkan daya dan energi yang dihasilkan oleh PLTS 600 kWp Gili Trawangan.

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, evaluasi kinerja PLTS Gili Trawangan dengan kapasitas terpasang sebesar 600 kWp sudah dilakukan. Daya (kW) dan energi (kWh) rerata yang dihasilkan oleh PLTS menurut data pengukuran PT PLN UIW Nusa Tenggara Barat adalah sebesar 196,70 kW dan 765,92 kWh, sedangkan rerata daya (kW) dan energi (kWh) yang seharusnya mampu dihasilkan oleh PLTS berdasarkan hasil simulasi pada Homer adalah sebesar 207,10 kW dan 840,39 kWh. Perbedaan nilai yang dihasilkan disebabkan oleh sistem PLTS yang mengalami penurunan kinerja akibat sistem yang sudah cukup lama beroperasi. Komponen PLTS yang mengalami penurunan kinerja antara lain komponen modul PV, khususnya yang digunakan pada PLTS 400 kWp dengan PV berjenis *monocrystalline*, yang pada pengoperasiannya banyak mengalami kerusakan, mati total, dan oksidasi, sehingga memengaruhi kinerja PLTS dalam menghasilkan daya (kW) dan energi listrik (kWh).

Intensitas iradiasi matahari juga berpengaruh terhadap daya dan energi keluaran yang mampu dihasilkan PLTS. Hal ini terjadi karena besarnya intensitas iradiasi matahari berpengaruh terhadap arus keluaran PV. Makin besar intensitas iradiasi matahari, makin besar pula arus yang dihasilkan, sehingga daya dan energi yang dapat dihasilkan oleh PLTS 600 kWp Gili Trawangan juga ikut meningkat.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa penelitian yang berjudul “Evaluasi Kinerja PLTS *On-Grid* 600 kWp Pada Jaringan Distribusi Gili Trawangan” terbebas dari konflik kepentingan, baik dari segi penulisan maupun penyusunan artikel.

KONTRIBUSI PENULIS

Konseptualisasi, Rifky Irawan dan Fransisco Danang Wijaya; metodologi, Rifky Irawan dan Fransisco Danang Wijaya; penulisan—penyusunan draf asli, Rifky Irawan, Fransisco Danang Wijaya, dan Adha Imam Cahyadi; penulisan—peninjauan dan penyuntingan, Fransisco Danang Wijaya, dan Adha Imam Cahyadi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan penelitian ini, khususnya kepada kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan dan dorongan kepada penulis dalam penyusunan penelitian ini dan kepada PT PLN UIW Nusa Tenggara Barat yang telah memberikan data lapangan.

REFERENSI

- [1] “Indonesia Energy Outlook 2018: Sustainable Energy for Land Transportation,” Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2018.
- [2] Humas EBTKE (2021) “Indonesia Berkomitmen Capai Net Zero Emission,” [Online], <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/06/02/2871/indonesia.berkomitmen.capai.net.zero.emission>, tanggal akses: 13-Des-2022.
- [3] Sulistyono, “Pemanasan global (global warming) dan hubungannya dengan penggunaan bahan bakar fosil,” *Swara Patra, Maj. Ilm. PPSDM Migas*, vol. 2, no. 2, hal. 47–56, Des. 2012.
- [4] “Rencana Umum Energi Nasional,” Peraturan Presiden Republik Indonesia, No. 22, 2017.
- [5] (2022) “Bauran Energi Baru Terbarukan di NTB Ditargetkan 23 Persen pada 2025,” [Online], https://www.djkn.kemenkeu.go.id/berita_media/baca/13240/Bauran-Energi-Baru-Terbarukan-Ditargetkan-23-Persen-di-2025.html, tanggal akses: 13-Des-2022.
- [6] “Lampiran I Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017,” Peraturan Presiden Republik Indonesia, No. 22, 2017.
- [7] A. Octavianti, Muliadi, dan Apriansyah, “Estimasi intensitas radiasi matahari di wilayah Kota Makassar,” *Prisma Fis.*, vol. 6, no. 3, hal. 152–159, Des. 2018, doi: 10.26418/pf.v6i3.28711.
- [8] F.P. Destiana, “Analisis kinerja PLTS On Grid di Gili Trawangan Lombok” Skripsi, Institut Teknologi PLN, Jakarta, Indonesia, 2018.
- [9] (2012) “PLN Rangkai 4 Pulau Tujuan Wisata Utama Dunia di NTB dengan Jaringan Kabel Bawah Laut,” [Online], <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/pln-rangkai-4-pulau-tujuan-wisata-utama-dunia-di-ntb-dengan-jaringan-kabel-bawah-laut>, tanggal akses: 13-Des-2022.
- [10] S. Chokmaviroj, R. Wattanapong, dan Y. Suchart, “Performance of a 500 kWp grid connected photovoltaic system at Mae Hong Son Province, Thailand,” *Renew. Energy*, vol. 31, no. 1, hal. 19–28, Jan. 2006, doi: 10.1016/j.renene.2005.03.004.
- [11] W.A. Nugroho dan B. Sudiarto, “Performance evaluation of 5 MW solar PV power plant in Kupang,” *IOP Conf. Ser., Mater. Sci. Eng.*, vol. 1098, no. 4, hal. 1–6, Mar. 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1098/4/042069.
- [12] E.M. Suryanti, Rosmaliati, dan I.B.F. Citarsa, “Analisis unjuk kerja sistem fotovoltaik on-grid pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) Gili Trawangan,” *Dielektrika*, vol. 1, no. 2, hal. 82–95, Agu. 2014.
- [13] B.S. Kumar dan K. Sudhakar, “Performance evaluation of 10 MW grid connected solar photovoltaic power plant in India,” *Energy Rep.*, vol. 1, hal. 184–192, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.egy.2015.10.001.
- [14] A. Mansur, “Analisa Kinerja PLTS on grid 50 kWp akibat efek bayangan menggunakan software Pvsyst,” *Transmisi, J. Ilm. Tek. Elekt.*, vol. 23, no. 1, hal. 28–33, Jan. 2021, doi: 10.14710/transmisi.23.1.28-33.
- [15] H.W. Hakim, “Analisis kinerja PLTS 7 MWp Sengkol Lombok Tengah yang terinterkoneksi dengan jaringan listrik PLN,” Skripsi, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia, 2020.
- [16] S. Verma, D.K. Yadav, dan N. Sengar, “Performance evaluation of solar photovoltaic power plants of semi-arid region and suggestions for efficiency improvement,” *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 11, no. 2, hal. 762–775, Jun. 2021, doi: 10.20508/ijrer.v11i2.11957.g8210.
- [17] N.S. Gunawan, I.N.S. Kumara, dan R. Irawati, “Unjuk kerja pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) 26,4 kWp pada sistem smart microgrid UNUD,” *J. Spektrum*, vol. 6, no. 3, hal. 1–9, Sep. 2019, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2019.v06.i03.p01.
- [18] “Data Pengukuran Output PLTS 600 kWp Gili Trawangan,” PT. PLN UIW Nusa Tenggara Barat, 2019.
- [19] H. Purnomo (2011) “PLTS On Grid 200 kWp Gili Trawangan,” [Online], <https://www.len.co.id/plts-on-grid-200-kwp-gili-trawangan/>, tanggal akses: 13-Des-2022.
- [20] “Data Sektor Pembangkitan Energi Terbarukan Lombok,” PT. PLN Tanjung, 2021.
- [21] *Technical Application Papers No. 10. Photovoltaic Plants*, dokumen 107, ABB Group, Zürich, Swiss, 2014.