

ANALISIS UNJUK KERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP 30 kWp KANTOR DINAS PERHUBUNGAN PROVINSI BALI

Susi Rahmawati¹, I.N.S Kumara², I.M.A Suyadnya³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Sel, Kabupaten Badung, Bali 80361

susirahmawati@student.unud.ac.id¹ satya.kumara@unud.ac.id² arsa.suyadnya@unud.ac.id³

ABSTRAK

PLTS Atap merupakan salah satu yang cukup menjanjikan, namun jumlahnya di Indonesia belum banyak. Pemerintah Pusat memberikan hibah PLTS Atap kepada Dinas Perhubungan Provinsi Bali dengan kapasitas terpasang sebesar 30 kWp dengan sistem *On Grid* dalam rangka perluasan kapasitas sistem. Kajian ini dilakukan untuk mengetahui potensi dan penghematan dari PLTS yang telah terpasang menggunakan simulasi program *PVsyst*. Berdasarkan hasil kajian, diperoleh hasil produksi PLTS hasil simulasi sebesar 32.116 kWh, rasio kinerja sebesar 78,1%, produksi PLTS nyata sebesar 27.133 kWh dan konsumsi listrik sebesar 39.271 kWh sebelum pemasangan PLTS tahun 2020 dan 33.057 kWh setelah pemasangan tahun 2021. Potensi penghematan selama 6 bulan mulai bulan Juli sampai dengan bulan Desember tahun 2021 sebesar Rp10.786.359 atau 21,50% dari total. **Kata kunci** : Energi Listrik, PLTS Atap, *PVsyst*, Produksi Energi listrik.

ABSTRACT

Rooftop PLTS is one that is quite promising, but its number in Indonesia is not much. The Central Government provides a Rooftop PLTS grant to the Bali Provincial Transportation Agency with an installed capacity of 30 kWp with an On Grid system in order to expand the system capacity. This study was conducted to determine the potential and savings of the installed PLTS using the PVsyst program simulation. Based on the results of the study, the results of the simulated PLTS production were 32,116 kWh, a performance ratio of 78.1%, real PLTS production of 27,133 kWh and electricity consumption of 39,271 kWh before the installation of the PLTS in 2020 and 33,057 kWh after installation in 2021. The potential savings for 6 months from July to December 2021 amounted to IDR 10,786,359 or 21.50% of the total.

Keywords: *Electrical Energy, Rooftop PLTS, PVsyst, Electrical Energy Production.*

1. PENDAHULUAN

Energi berperan bagi pembangunan nasional. Pesatnya pertumbuhan ekonomi dan penduduk yang mengakibatkan tingginya permintaan energi dan ketergantungan terhadap penggunaan Sumber Daya Alam

artinya, ketimpangan besar akan terus muncul

antara bahan bakar fosil dan permintaan pasokan energi nasional [1].

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia

Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) menyatakan bahwa apabila perekonomian negara mampu mencapai sasarannya, bauran konservasi energi terbarukan pada tahun 2025 wajib mencakup paling sedikit 23% energi baru terbarukan dan paling sedikit 31% pada tahun 2050 [2]. Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 menjadi landasan bagi Program Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), yaitu kebijakan lintas sektor yang mencerminkan kebijakan pemerintah dalam pengelolaan energi nasional, termasuk penyusunan dan pelaksanaan rencana energi nasional.

Energi panas bumi memiliki potensi sebesar 29,5 GW, air 75 GW, mini/mikrohidro 19 GW, bioenergi 32,7 GW, energi surya 207,9 GW dan energi angin 60,6 GW, berdasarkan data RUEN tahun 2021 [4]. Indonesia memiliki potensi energi surya rata-rata sebesar 4,8 kWh/m²/hari atau sebesar 112.000 GWp, berdasarkan data Dewan Energi Nasional (DEN) [5]. Pengembangan PLTS sebagai Energi Baru Terbarukan (EBT) dan penyebarluasan EBT lainnya perlu menjadi prioritas karena potensinya yang sangat besar.

Sehubungan dengan hal tersebut, pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 2 Tahun 2018 dan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 49 Tahun 2018 tentang Pemanfaatan PLTS Atap bagi Pelanggan PT.PLN yang ingin menurunkan tagihan listrik bulannya [6]. Peraturan Gubernur Nomor 45 Tahun 2019 tentang Energi Bersih Ramah Lingkungan [7] menunjukkan posisi Bali sebagai salah satu daerah terdepan dalam pengembangan energi bersih. Berdasarkan RUEN, Provinsi Bali menargetkan pengembangan PLTS Atap sebesar 8,62% atau 108,2 MW dari total potensi sebesar 1.254.MW, yang didukung oleh Surat Edaran Gubernur Bali Nomor 5 Tahun 2022 yang

mendorong pemanfaatan PLTS Atap paling sedikit 20% pada Pemerintah Provinsi dan Pemerintah Daerah Provinsi Bali [8].

Provinsi Bali mendapatkan hibah PLTS Atap *On-Grid* dari Pemerintah Pusat pada tahun anggaran 2020 untuk sepuluh lokasi PLTS di Kota Denpasar. Salah satunya, sistem *on-grid* dengan kapasitas terpasang 30 kWp, terletak di Dinas Perhubungan Provinsi Bali. Dinas Perhubungan Provinsi Bali dipilih dari semua kantor OPD di Provinsi Bali karena potensi produksi energinya, sistem manajemen kantor yang baik, konsumsi listrik yang tinggi, dan yang terpenting perannya yang penting dalam pengembangan sumber energi terbarukan seperti PLTS. Implementasi penggunaan PLTS di Indonesia ke depan akan lebih sederhana jika Dinas Perhubungan Provinsi Bali sudah mengetahui energi terbarukan dan mendukung program penggunaan energi terbarukan melalui PLTS.

Berdasarkan hal tersebut, akan dilakukan simulasi PLTS Atap yang telah terpasang dan kajian potensi PLTS Atap Dinas Perhubungan Provinsi Bali. Untuk mengetahui tingkat keberhasilan dalam mengurangi pembayaran listrik di Dinas Perhubungan Provinsi Bali, maka dilakukan simulasi PLTS dengan menggunakan perangkat lunak *PVsys*. Hasil produksi energi dari simulasi kemudian dibandingkan dengan produksi energi aktual PLTS.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

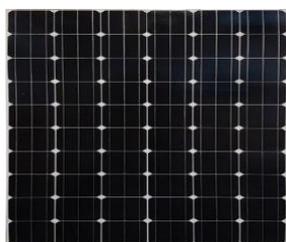
Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan salah satu pembangkit dengan sumber energi yang bersih dan ramah terhadap lingkungan. Pembangkit ini menggunakan sumber energi surya yakni sinar matahari yang dikonversi menjadi energi listrik. Ketika cahaya matahari diterima oleh modul *fotovoltaik*, akan dihasilkan listrik searah. Listrik searah ini akan dikonversi oleh inverter menjadi listrik bolak-balik atau alternating

current (AC) yang siap bila digunakan, jika cuaca yang terjadi mendung dan masih terdapat cahaya, maka PLTS tetap bisa menghasilkan energi listrik [9].

Berdasarkan penerapan dan sistem konfigurasinya, secara singkat PLTS di klasifikasikan menjadi dua, yaitu sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan utilitas/PLN (*on-grid*) atau disebut *grid connected PV system* dan sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan utilitas/PLN atau PLTS yang berdiri sendiri (*off-grid*) [10].

2.2 Komponen PLTS

Panel surya (PV) adalah kumpulan modul yang terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon. Secara alami, panel ini merupakan bagian dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik [11].



Gambar 1. Modul Surya SunTech

PLTS juga terdiri dari beberapa komponen utama, seperti panel surya yang berfungsi menghasilkan listrik, inverter yang mengubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC), pengontrol pengisian yang berperan dalam mencegah baterai terisi secara berlebihan, serta baterai yang digunakan untuk menyimpan energi [11].

2.3 Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Energi PLTS

Radiasi matahari merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi produksi energi listrik dari PLTS. Energi yang dihasilkan oleh modul surya dapat bertambah atau

berkurang tergantung pada intensitas radiasi matahari di lokasi pengukuran. Suhu modul surya juga dapat mempengaruhi energi yang dihasilkan karena besar kecilnya koefisien suhu pada modul surya menentukan besar kecilnya energi yang dihasilkan [12]. Produksi energi berkurang sekitar 0,4% untuk setiap kenaikan suhu 1°C, *shading* (bayangan) merupakan benda-benda di sekitar PLTS yang menghalangi sinar matahari menuju modul surya sehingga menurunkan jumlah radiasi matahari yang ditangkap oleh modul surya, kebersihan modul surya juga dapat mempengaruhi energi yang dihasilkan oleh PLTS karena debu atau kotoran menghalangi sel surya menerima sinar matahari, terakhir *orientasi* dan sudut kemiringan pemasangan modul surya harus diperhatikan agar panel surya dapat menyerap sinar matahari secara efektif dan menghasilkan keluaran energi yang diinginkan [13].

2.4 Software PVsyst

PVsyst merupakan paket *software* yang digunakan untuk proses pembelajaran, pengukuran (*sizing*), dan analisis data dari sistem PLTS secara lengkap. *PVsyst* dikembangkan oleh Universitas Genewa, yang terbagi ke dalam sistem terinterkoneksi jaringan (*grid-connected*), sistem berdiri sendiri (*stand-alone*), sistem pompa (*pumping*), dan jaringan arus searah untuk transportasi publik (*DC-grid*). *PVsyst* juga dilengkapi *database* dari sumber data *meteorologi* yang luas dan beragam, serta data komponen PLTS [14].

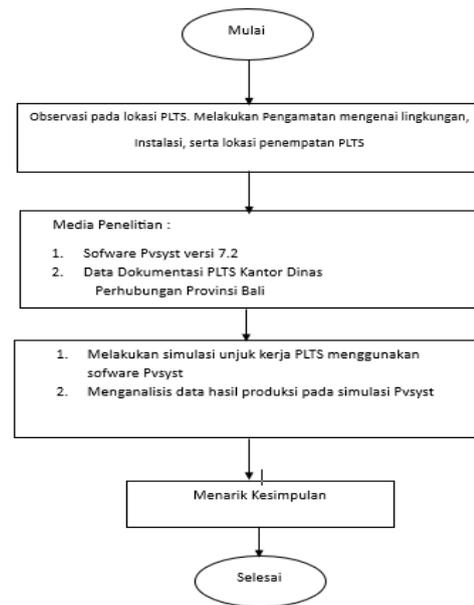
Prinsip kerja dari simulasi ini menggunakan data input berupa spesifikasi teknis PLTS seperti teknologi modul surya, jenis inverter, jumlah dan jenis modul yang akan digunakan, sedangkan data lokasi PLTS mencakup koordinat dan data *meteorologi* pada Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali.

PVsyst memanfaatkan analisis cuaca TMY yang menyajikan kondisi cuaca

representatif berdasarkan data cuaca selama 30 tahun terakhir serta informasi meteorologi dari berbagai stasiun cuaca global. Simulasi ini memberikan perkiraan produksi energi yang akan diterima oleh Dinas Perhubungan Provinsi Bali. Namun, hasil simulasi dari *PVsyst* tidak sepenuhnya mampu mencerminkan produksi energi aktual dari PLTS Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali, karena adanya faktor eksternal seperti debu dan kotoran pada panel surya yang dapat memengaruhi kinerja sistem dalam kondisi nyata.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengambil objek PLTS Atap berkapasitas 30 kWp milik Dinas Perhubungan Provinsi Bali yang terletak di Jalan Cok Agung Tresna, Dangin Puri Klod, Kecamatan Denpasar Timur, Kota Denpasar, Bali. Kegiatan penelitian berlangsung dari bulan Mei hingga Oktober tahun 2024. Data yang dianalisis diperoleh dari catatan Automated Meter Reading (AMR) milik PT PLN (Persero) UP3 Bali Selatan. Pada tahap awal, dilakukan observasi terhadap lokasi, konfigurasi, serta spesifikasi sistem PLTS Atap yang ada di Dinas Perhubungan Provinsi Bali. Selanjutnya, dikumpulkan dokumentasi terkait instalasi PLTS yang telah dibangun. Proses berikutnya mencakup simulasi sistem PLTS menggunakan perangkat lunak *PVsyst* versi 7.2. Hasil simulasi kemudian dianalisis untuk menilai efisiensi pengurangan biaya listrik, membandingkan konsumsi energi sebelum dan sesudah pemasangan PLTS, serta mengevaluasi kesesuaian hasil simulasi dengan kondisi nyata. Akhirnya, dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis



Gambar 2. Diagram Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sistem PLTS Atap Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali

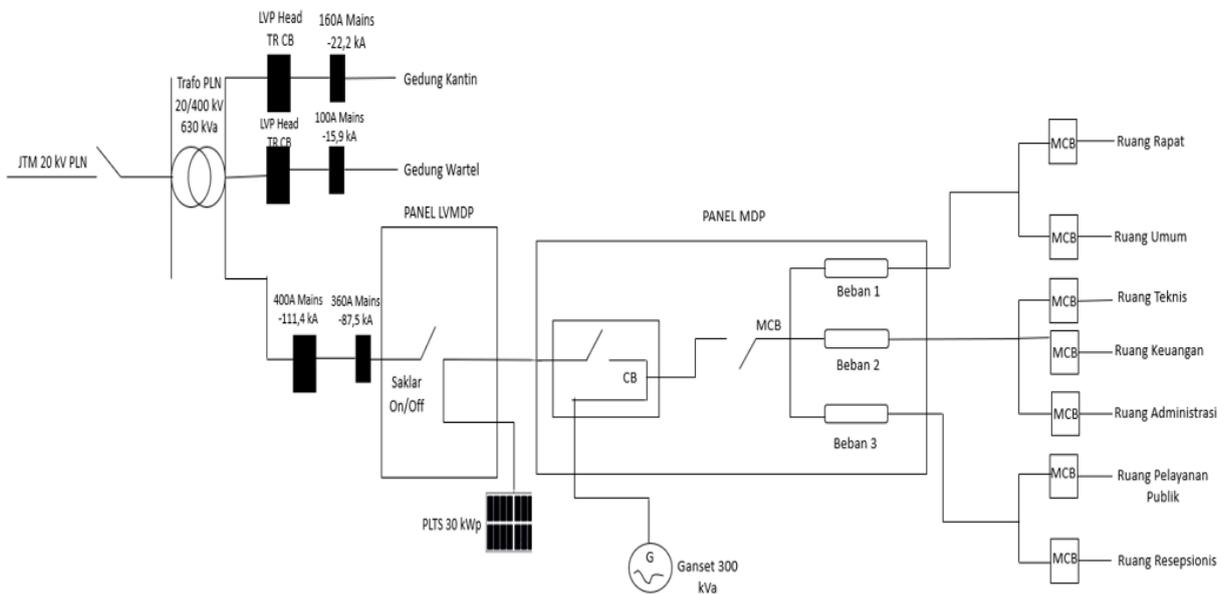
PLTS ini mulai beroperasi pada Juli 2021 dan dibangun di atas atap area parkir. Terletak di ketinggian sekitar 15 meter di atas permukaan laut, lokasi PLTS berada pada koordinat 8°06'678" Lintang Selatan dan 115°02'260" Bujur Timur. Gambar 3 memperlihatkan tampilan lokasi PLTS dari atas menggunakan *Google Earth*.



Gambar 3. Tampak atas PLTS Atap 30 kWp Dinas Perhubungan Provinsi Bali

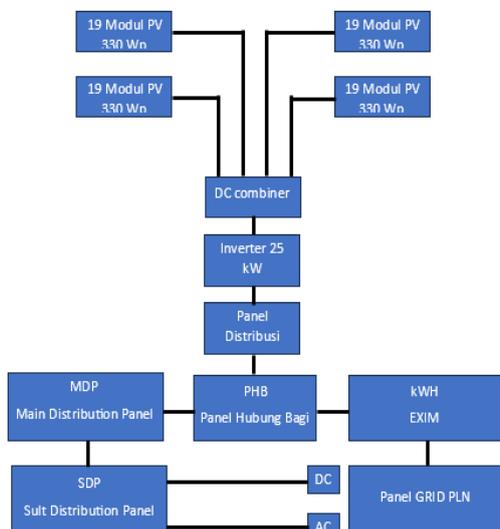
PLTS Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali dapat menghasilkan energi listrik sebesar 30 kWp dengan terhubung ke jaringan PLN yang digunakan untuk memenuhi beban listrik pada Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali. *Single line* sistem kelistrikan Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali dapat dilihat pada

gambar 4.



Gambar 4. *Single line diagram* kelistrikan Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali
 Sumber : Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali

Melalui sambungan ke jaringan PLN, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) milik Dinas Perhubungan Provinsi Bali mampu memproduksi energi listrik sebesar 30 kWp yang digunakan untuk mencukupi kebutuhan listrik gedung. Diagram skematik PLTS Atap 30 kWp milik Dinas Perhubungan Provinsi Bali ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. *Diagram Skematik* PLTS Atap 30 kWp Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali
 Susi Rahmawati, I.N.S.Kumara, I.M.A.Suyadnya

Komponen utama dan pendukung PLTS yang digunakan pada Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali mencakup beberapa bagian penting. PLTS Atap *On-Grid* 30 kWp bekerja dengan *panel surya* yang menangkap energi matahari dan mengubahnya menjadi listrik DC. Listrik ini mengalir melalui kabel DC dan MC4 *connector* menuju inverter, yang mengubahnya menjadi listrik AC agar bisa digunakan atau disalurkan ke PLN. Untuk keamanan, sistem dilengkapi dengan MCB dan SPD guna mencegah gangguan listrik. Listrik yang dihasilkan masuk ke Panel Hubung Bagi (PHB) sebelum dicatat oleh kWh meter *EXIM*, yang mengukur energi yang digunakan dan yang diekspor ke PLN. Kinerja sistem bisa dipantau secara *real-time* melalui aplikasi *monitoring*, sehingga pengguna dapat melihat produksi dan konsumsi listrik dengan mudah. Komponen dan *spesifikasi* PLTS Atap 30 kWp Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali dapat dilihat pada tabel 1.

Provinsi Bali.

Tabel 1. Komponen dan Spesifikasi PLTS Atap 30 kWp Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali

Komponen	Spesifikasi
Modul Surya	Merk SunTech model STP330-20Wem tipe <i>monocrystalline</i> Standar SNI,ISO Kapasitas 330 Wp 4 String 72 modul surya
Inverter	Merk Growatt MID30KTL-x Standar ISO,IEC Kapasitas 30 kW
kWh EXIM	Merk Schneider Electric Standar SNI Kapasitas 3 fasa 60 A
MCB	50 V 3 fasa
SPD	Tipe 1+2 Standar SNI Kapasitas 600 V, 50 A
Panel Hubung Bagi (PHB) PLTS	Merk Schneider Electric Standar SNI Kapasitas 63 V
Kabel dan Konektor (MC4, DC Cable)	Merk HCFeng Kapasitas 600 V MC4 Connector 30 A, 1000 V Standar SNI
Sistem Monitoring	Aplikasi Shine Phone

4.2 Konsumsi Energi Listrik Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali

Penelitian ini menggunakan data pengukuran dari catatan *Automatic Meter Reading* (AMR) milik PT PLN (Persero) Unit Distribusi Bali, khususnya dari PT PLN UP3 Bali Selatan, untuk menghitung konsumsi listrik di Dinas Perhubungan

Tabel 2. Konsumsi Energi Listrik Sebelum dan Setelah Pemasangan PLTS Atap 30 kWp Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali

Perbandingan Konsumsi Energi Listrik (kWh)			
Bulan	Sebelum Terpasang PLTS Periode (2020)	Sesudah Terpasang PLTS Periode (2021)	Selisih (kWh)
Jul	6.779 kWh	6.214 kWh	565
Aug	6.218 kWh	5.028 kWh	1.190
Sep	6.567 kWh	5.009 kWh	1.458
Oct	6.481 kWh	5.764 kWh	717
Nov	6.632 kWh	5.863 kWh	769
Dec	6.594 kWh	5.079 kWh	1.515
Total	39.271 kWh	33.057 kWh	6.214

Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa sebelum pemasangan PLTS Atap, pemakaian listrik PLN Dinas Perhubungan Provinsi Bali dari bulan Juli sampai dengan Desember berkisar antara 6.218 kWh sampai dengan 6.779 kWh, sehingga total konsumsi energinya menjadi 39.271 kWh. Sementara itu, pemakaian listrik menurun dari 5.076 kWh menjadi 6.214 kWh setelah pemasangan PLTS Atap, sehingga total konsumsi energinya menjadi 33.057 kWh. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi listrik Dinas Perhubungan Provinsi Bali dapat dikurangi melalui PLTS Atap.

4.3 Hasil Simulasi PVsyst

Perangkat lunak *PVsyst* digunakan untuk mensimulasikan PLTS Atap 30 kWp di jaringan listrik Dinas Perhubungan Provinsi Bali. Untuk menghitung potensi energi dalam setahun, simulasi dijalankan menggunakan data PLTS Atap 30 kWp milik Dinas Perhubungan Provinsi Bali. Tabel 3 menampilkan hasil produksi energi

PLTS Atap 30 kWp.

Tabel 3. Hasil Simulasi Produksi Energi PLTS Atap 30 kWp Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali.

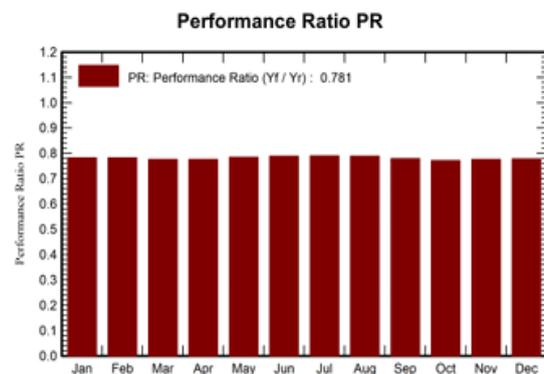
Bulan	GHI (kWh/m ²)	Nameplate (kWh)	E Grid (kWh)
Jan	146,4	4.401	4.098
Feb	159	5.119	5.604
Mar	182,8	5.528	4.769
Apr	202,1	5.776	5.376
May	161,7	5.195	4.914
Jun	174,2	5.366	5.159
Jul	156,7	4.607	4.287
Aug	173,8	5.276	5.462
Sep	184,3	5.596	5.823
Oct	216,5	6.056	5.846
Nov	181,4	5.508	5.389
Dec	201,1	5.762	5.379
Total	2140,1	64.190	56.228

Berdasarkan Tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa, hasil simulasi menghasilkan tiga kolom output. Kolom GHI (kWh/m²) menunjukkan jumlah total radiasi matahari yang jatuh dari atas dan diterima oleh permukaan datar di lokasi pemasangan sistem. Kolom *Nameplate* (kWh) menunjukkan potensi daya maksimum sistem, yang dihitung dengan mengalikan total radiasi yang diterima oleh kolektor dengan kapasitas *nameplate* sistem. Sementara itu, kolom *Grid* (kWh) menunjukkan total energi listrik AC yang dihasilkan, setelah dikurangi rugi-rugi energi pada kabel AC hingga ke titik sambungan beban. Selain itu, dapat diamati bahwa nilai produksi energi bulanan pada kolom *Nameplate* lebih tinggi dibandingkan kolom *Grid*. Hal ini terjadi karena simulasi pada kolom *Nameplate* tidak memperhitungkan rugi-rugi energi dalam

sistem

Dari tabel tersebut diketahui bahwa potensi energi listrik yang mampu dibangkitkan PLTS pertahun sebesar 56.228 kWh dengan produksi tertinggi terjadi pada bulan Oktober dengan hasil produksi energi sebesar 5.846 kWh dan hasil produksi energi terendah terjadi pada bulan Januari sebesar 4.098 kWh. Sedangkan untuk data irradiansiasi tertinggi terjadi pada bulan Oktober sebesar 216,5 kWh/m² dan iradiasi terendah terjadi pada bulan januari sebesar 146,4 kWh/m².

Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai *performance ratio* (PR) dari PLTS di Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali selama satu tahun, dari Januari hingga Desember adalah 78,1%. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem PLTS tersebut memiliki *performa* yang cukup baik, dengan tingkat *efisiensi* yang umum untuk PLTS di lingkungan *tropis* seperti Bali. Suhu yang lebih tinggi dari *Standard Test Conditions* (STC) dapat menyebabkan penurunan *efisiensi* modul surya. Secara umum, *performance ratio* dalam kisaran 75–85% dianggap baik, menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan *optimal* dan faktor-faktor penurunan daya masih dalam batas wajar. *Grafik performance ratio* PLTS Atap 30 kWp Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali dapat dilihat pada gambar 6.

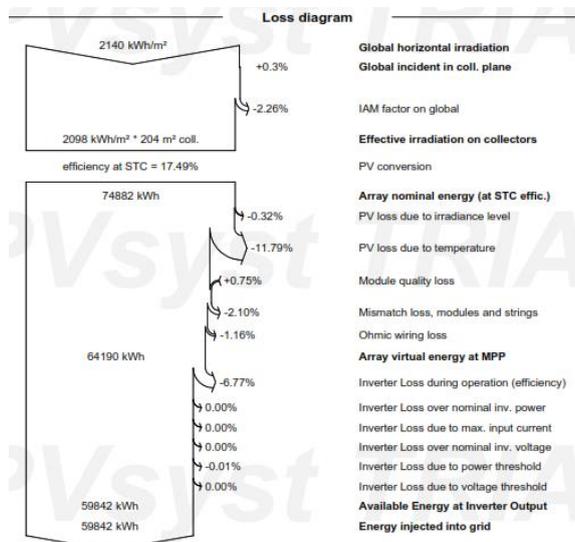


Gambar 6. Grafik performance ratio PLTS Atap 30 kWp Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali

Simulasi PVsyst tidak hanya menampilkan produksi energi PLTS, rasio kinerja, dan hasil penyinaran, tetapi juga

menampilkan kehilangan daya yang terjadi dalam sistem. Proses terjadinya kehilangan daya mulai dari sistem PLTS menerima iradiasi global sebesar 2140 kWh/m², dengan peningkatan +0.3%, namun mengalami kehilangan energi -2.26% akibat sudut datang cahaya matahari pada modul (IAM factor on global). Setelah konversi, iradiasi efektif pada kolektor menjadi 2098 kWh/m², dengan efisiensi modul surya 17.49% pada *Standard Test Conditions* (STC)

energi listrik yang dihasilkan oleh array PV mencapai 74,882 kWh, tetapi mengalami kehilangan akibat iradiasi (-0.32%), suhu tinggi (-11.79%), kualitas modul (-0.75%), mismatch antar modul (-2.10%), serta hambatan kabel (-1.16%). Setelah mempertimbangkan faktor-faktor ini, energi yang tersedia pada *Maximum Power Point* (MPP) adalah 64,190 kWh. Pada sistem inverter, terjadi kehilangan energi -6.77% akibat efisiensi operasi, daya input yang melebihi kapasitas, serta tegangan input yang tidak sesuai. Setelah melewati inverter, energi yang dapat disalurkan ke jaringan listrik adalah 59,842 kWh, tanpa kehilangan tambahan, sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal. Diagram alir rugi-rugi daya PLTS Atap 30 kWp Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali dapat dilihat pada gambar 7.

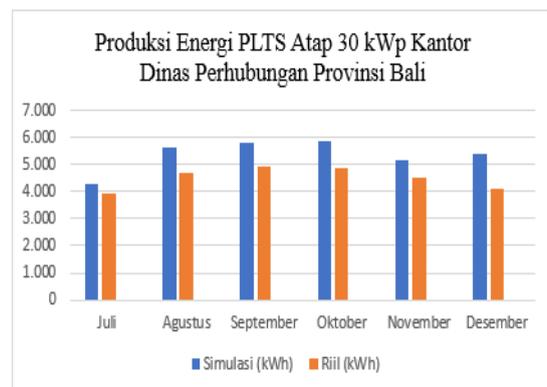


Gambar 7. Diagram alir rugi-rugi PLTS Atap 30 kWp Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali

4.4 Perbandingan Hasil Simulasi PVsyst dan Pada Kondisi Riil PLTS Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali

Perbandingan antara hasil simulasi produksi energi dengan produksi energi aktual dari PLTS Atap berkapasitas 30 kWp milik Dinas Perhubungan Provinsi Bali dilakukan berdasarkan data produksi listrik dari bulan Juli hingga Desember. Selama periode enam bulan tersebut hasil simulasi menunjukkan total produksi energi sebesar 32.116 kWh, sedangkan produksi energi aktual tercatat sebesar 27.133 kWh.

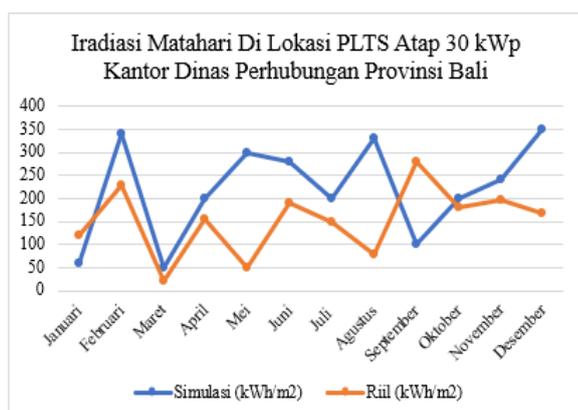
Terdapat selisih sebesar 4.983 kWh atau sekitar 15,52%, dengan perbedaan tertinggi terjadi pada bulan Desember, yakni sebesar 1.256 kWh. Secara umum, hasil simulasi menunjukkan nilai produksi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi aktual PLTS. Perbandingan antara hasil simulasi dan data riil dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram perbandingan hasil produksi energi kondisi aktual dan simulasi PLTS Atap 30 kWp di Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali

Perbedaan produksi energi listrik antara hasil simulasi dan kondisi riil disebabkan oleh perbedaan nilai iradiasi matahari. Pada kondisi riil, iradiasi yang terjadi di PLTS Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali lebih rendah dibandingkan dengan iradiasi dalam simulasi. Dalam simulasi menggunakan PVsyst, data cuaca untuk iradiasi diambil dari hasil analisis TMY weather, yaitu metode yang menentukan

kondisi cuaca berdasarkan data cuaca dunia selama 30 tahun terakhir. Sementara itu, iradiasi matahari pada kondisi *riil* menggunakan data cuaca aktual di waktu dan tempat tersebut, yaitu pada tahun 2021. *Grafik* perbandingan iradiasi matahari pada simulasi dengan kondisi *riil* PLTS Atap 30 kWp Kantor Dinas Perhubungan Bali dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. *Grafik* Perbandingan iradiasi matahari simulasi dan kondisi *riil* PLTS Atap 30 kWp Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali

4.5 Penghematan Pembayaran Listrik Pada Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali

Untuk menghitung persentase penghematan dari pemasangan PLTS Atap di Dinas Perhubungan Provinsi Bali selama periode Juli hingga Desember 2021 digunakan data penghematan pembayaran rekening listrik. Selama enam bulan tersebut, total penghematan yang diperoleh mencapai Rp10.786.359 atau sebesar 21,50%. Penghematan terbesar terjadi pada bulan September, yaitu sebesar Rp6.530.863 atau 21,17%. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan PLTS Atap *On Grid* berkapasitas 30 kWp di Dinas Perhubungan

Provinsi Bali telah berkontribusi dalam menurunkan konsumsi daya listrik dari PLN.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hal-hal berikut :

1. Estimasi produksi energi yang diperoleh melalui simulasi menggunakan *software PVsyst* selama satu tahun adalah 56.228 kWh. Selain menunjukkan hasil iradiasi dan produksi energi PLTS, simulasi ini juga menampilkan nilai *performance ratio* sebesar 78,1% dan terdapat rugi-rugi daya pada PLTS, di mana kehilangan energi terbesar disebabkan oleh suhu modul sebesar 11,79%, sedangkan kehilangan energi terkecil disebabkan oleh iradiasi sebesar 0,32%.
2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem pembangkit listrik tenaga surya atap menghasilkan energi listrik lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi nyata, dengan selisih total mencapai 15,52%. Variasi produksi energi ini dipengaruhi oleh perbedaan pola cuaca serta intensitas radiasi matahari yang tidak menentu.
3. Selama periode enam bulan, dari Juli hingga Desember 2021, pemasangan PLTS Atap berkapasitas 30 kWp di Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Bali berhasil menghasilkan penghematan biaya listrik sebesar Rp10.786.359, atau setara dengan 21,50% dari total biaya listrik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Disnaker ESDM. 2021. Pengembangan sektoral Energi Baru Terbarukan dan Profil Dinas Ketenagakerjaan dan Energi Sumber Daya Mineral Provinsi Bali.
- [2] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 79 Tahun 2014. Kebijakan Energi Nasional (KEN). Jakarta
- [3] Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017. Peraturan Presiden (PERPRES) tentang Rencana Umum Energi Nasional. LN. 2017/ No. 43, LL SETNEG : 6 HLM

- [4] Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), Tahun 2021
- [5] Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi, (2021) PLTS Atap: Kaya Potensi, Amankan Investasi, Kunci Bauran Energi
- [6] Menteri Energi Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2019. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 13 Tahun 2019 Tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 49 Tahun 2018 Tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Oleh Konsumen PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero)
- [7] Peraturan Gubernur Bali Nomor 45 Tahun 2019. Bali Energi Bersih. Bali.
- [8] Peraturan Surat Edaran Gubernur Bali Nomor 05 Tahun 2022 Tentang Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Di Provinsi Bali
- [9] ABB, 2010. *Technical Application Paper No. 10 Photovoltaic Plants. s.l.:s.n*
- [10] Florida Solar Energy Center. 2011. Types of PV System.
- [11] ABB, *Technical Application Papers No.10 Photovoltaic Plants., Bergamo, Italy: ABB SACE, 2010.*
- [12] Wicaksana, M. R., Kumara, I. N. S., Giriantari, I. A. D., & Irawati, R. (2019). Unjuk kerja pembangkit listrik tenaga surya rooftop 158 kWp pada kantor gubernur bali. *Jurnal Spektrum*, 6(3).
- [13] P. A. Sujana, I. N. S. Kumara and I. A. D. Giriantari, "Pengaruh Kebersihan Modul Surya Terhadap Unjuk Kerja PLTS," *E-Journal SPEKTRUM*, vol. 2 No. 3, pp. 49-54, 2015
- [14] *PVSyst, PVSYS User,s Manual, http://www.pvsyst.com/images/pdf/PVsys_t_Tutorials.pdf.*