

PERANCANGAN PLTS *GROUND MOUNTED* DI AREA TERBUKA PUSAT PEMERINTAHAN KABUPATEN BADUNG

T.I. Yosep¹, I N. Setiawan², I W. Sukerayasa²,
I. A. D. Giriantari², W. G. Ariastina², I N. S. Kumara²

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

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jalan Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali 80361

Email : timothyivanyosep@gmail.com

ABSTRAK

Menurut Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), Provinsi Bali memiliki potensi pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi terbarukan yaitu energi surya sebesar 1.254 MW, namun hingga tahun 2020 jumlah PLTS terpasang di Provinsi Bali sebesar 3,71 MWp. Untuk mendukung pencapaian target tersebut, Pemerintah Provinsi Bali melalui peraturan Gubernur No. 45 tahun 2019 mendorong pemanfaatan PLTS. Penelitian ini bertujuan untuk merancang PLTS *ground mounted* dengan memanfaatkan lahan kosong di kawasan Puspem Badung untuk mengetahui potensi energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS. Perancangan PLTS menggunakan *software* Helioscope, dengan menggunakan 264 modul Trina Solar 575 Wp, tiga buah *inverter* Growatt MID 50KTL3-X2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa PLTS *ground mounted* mampu menghasilkan energi tahunan sebesar 252,9 MWh.

Kata Kunci: Energi Surya, PLTS *Ground Mounted*, Helioscope

ABSTRACT

According to the National Energy General Plan (RUEN), Bali Province has the potential for electricity generation by utilizing renewable energy, namely solar energy of 1.254 MW; however until 2020, the installed PV system in Bali Province is 3,71 MWp. To support the achievement of this target, the Bali provincial government through the Governor's regulation No. 45/2019 encourages the utilization of rooftop PV systems. This research aims to design a ground mounted PV system by utilizing vacant land in Badung Government Center area. The design of the PV system was simulated using Helioscope software, using 264 Trina Solar 575 Wp modules, three Growatt MID 50KTL3-X2 inverters. The simulation results show that the ground-mounted solar power plant is capable of producing an annual energy production of 252,9 MWh.

Key Words: Solar Energy, Ground Mounted Solar Power Plant, Helioscope

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik nasional terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk di Indonesia. Berdasarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN (Persero) Tahun 2021–2030, pemerintah menargetkan peningkatan porsi Energi Baru dan Terbarukan (EBT) dalam bauran energi hingga melebihi 23% pada tahun 2025, serta 28% pada tahun

2038. Namun, capaian bauran EBT pada tahun 2023 baru mencapai 13,1%, masih di bawah target yaitu sebesar 17,9% [1]. Di tingkat daerah, Provinsi Bali melalui Peraturan Gubernur No. 45 Tahun 2019 tentang Bali Energi Bersih telah mendorong pemanfaatan EBT, terutama energi surya, untuk memenuhi kebutuhan listrik yang lebih ramah lingkungan [2].

Provinsi Bali memiliki potensi energi surya mencapai 1.254 MW, menjadikannya

sumber energi terbarukan terbesar [3]. Kabupaten Badung memiliki potensi iradiasi matahari mencapai 4,3–7,5 kWh/m²/hari, memiliki peluang besar untuk mengembangkan PLTS [4]. Pada tahun 2020, jumlah PLTS terpasang di Provinsi Bali sebesar 3,71 MWp atau 3,44% dari target RUEN [5]. Angka ini masih sangat jauh dari target yang telah dicanangkan pemerintah dalam RUEN tahun 2017 yaitu sebesar 108 MW pada tahun 2025.

Penelitian ini berfokus pada perancangan PLTS *ground mounted* di Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung. Melalui analisis lahan kosong yang tersedia dan kondisi iradiasi matahari di lokasi tersebut, diharapkan dapat diketahui potensi energi listrik yang dapat dihasilkan. Untuk menghitung luas lahan yang akan digunakan memanfaatkan Google Earth. Perancangan sistem PLTS dilakukan menggunakan *software* Helioscope untuk memodelkan dan mensimulasikan kinerja PLTS. Dengan demikian, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan dalam mengembangkan PLTS *ground mounted* sebagai upaya mendukung tercapainya target Bali Energi Bersih.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PLTS *Ground Mounted*

PLTS *ground mounted* adalah sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang dipasang di atas tanah dan menggunakan penopang khusus untuk mendukung struktur instalasi [6]. Kelebihan PLTS *ground mounted* meliputi lokasi penempatan yang lebih fleksibel, optimalisasi penempatan panel surya, dan kemampuan untuk mengatasi pembatasan ruang atap. PLTS *ground mounted* ditempatkan di area terbuka seperti lahan kosong, kebun, atau tanah yang tidak dimanfaatkan untuk tujuan lain. Pemanfaatan ruang yang luas untuk menempatkan sejumlah besar panel surya sehingga memiliki kapasitas produksi energi listrik yang cukup besar. PLTS *ground mounted* dapat memberikan manfaat lingkungan seperti mengurangi emisi gas

rumah kaca dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil.

2.2 Komponen PLTS *Ground Mounted*

Pada sistem PLTS terdapat sejumlah komponen penting dan komponen pendukung yang bekerja sama untuk menghasilkan energi listrik. Setiap komponen memiliki peran khusus untuk memastikan proses konversi energi surya menjadi energi listrik berjalan efisien dan efektif. Berikut merupakan beberapa komponen dalam sistem PLTS.

2.2.1 Modul Surya

Modul surya adalah perangkat utama pada sistem PLTS yang dirancang untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan prinsip kerja *photovoltaic*. Modul surya tersusun dari beberapa sel surya dengan rangkaian seri paralel sehingga dapat menghasilkan besaran energi yang diinginkan. Beberapa jenis modul surya seperti *monocrystalline silicon*, *polycrystalline silicon*, dan *thin film*.

Konfigurasi modul surya yang terhubung seri atau paralel ditentukan oleh tegangan *input inverter* yang akan digunakan. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung konfigurasi modul surya [7].

Rangkaian seri minimal:

$$\text{Minimal rangkaian seri} = \frac{V_{\min \text{Inverter}}}{V_{oc \text{Modul}}} \quad (1)$$

Rangkaian seri maksimal:

$$\text{Maksimal rangkaian seri} = \frac{V_{\max \text{Inverter}}}{V_{mpp \text{Modul}}} \quad (2)$$

Rangkaian paralel:

$$\text{Minimal rangkaian paralel} = \frac{I_{\max \text{Inverter}}}{I_{mpp \text{Modul}}} \quad (3)$$

2.2.2 Inverter

Inverter adalah komponen yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC). *Inverter* berfungsi sebagai pengkondisi tenaga listrik (*power condition*) dan sistem kontrol yang merubah arus listrik searah (DC) yang dihasilkan oleh solar modul menjadi listrik arus bolak-balik (AC),

yang nantinya akan mengontrol kualitas daya listrik yang dikeluarkan untuk dikirim ke beban atau jaringan listrik.

2.3 Helioscope

Helioscope adalah perangkat lunak berbasis *website* dari Folsom Labs untuk simulasi PLTS dengan tampilan 3D, menghitung potensi *shading* dan kinerja panel surya. Kelebihannya mencakup integrasi data cuaca Meteorom, dukungan berbagai spesifikasi modul surya dan *inverter*, serta kemudahan *input* lokasi dan data teknis. Meski bermanfaat untuk estimasi produksi energi, hasilnya tidak sepenuhnya mewakili kondisi riil karena berbagai faktor di lapangan [8].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi dan desain PLTS *ground mounted* di kawasan Puspem Badung, Kelurahan Sempidi, Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung, Bali. Metode pengumpulan data melalui observasi lapangan serta studi literatur dan kajian ilmiah yang mengacu pada jurnal, artikel ilmiah, skripsi, buku, dan *website* yang relevan. Data yang digunakan mencakup pengukuran lahan dari Google Earth, data meteorologi dari PVsyst, serta sumber-sumber lain yang mendukung penelitian. Selanjutnya, perancangan dan simulasi produksi energi dilakukan menggunakan *software* Helioscope.

Berikut merupakan prosedur penelitian:

1. Melakukan observasi dan identifikasi lokasi secara langsung.
2. Menentukan lokasi PLTS *ground mounted* serta menghitung potensi pemanfaatan lahan.
3. Mengumpulkan data yang diperlukan, seperti data iradiasi dan meteorologi, serta spesifikasi komponen PLTS.
4. Merancang desain PLTS *ground mounted* menggunakan *software* Helioscope dan melakukan analisisnya.
5. Menarik kesimpulan dari hasil dan pembahasan penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum

Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung (Puspem Badung) merupakan kawasan gedung pemerintahan Kabupaten Badung, yang terletak di Kelurahan Sempidi, Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung, Provinsi Bali, dengan luas lahan 46,6 ha. Secara geografis, puspem badung terletak pada titik koordinat di antara 8°3'38" - 8°50'56" Lintang Selatan dan 114°25'53" - 115°42'39" Bujur Timur. Gambar 1 menunjukkan area Puspem Badung [9].



Gambar 1 Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung, Bali [9]

4.2 Penentuan Lokasi PLTS *Ground Mounted*

Penentuan lokasi untuk perancangan PLTS *ground mounted* dengan mempertimbangkan sejumlah aspek untuk menjamin efisiensi sistem dan keberlanjutan pemanfaatan lahan. Lokasi yang dipilih merupakan lahan kosong yang merupakan area yang tidak memiliki fungsi produktif sebelumnya, sehingga pemanfaatannya tidak menyebabkan perubahan fungsi lahan dan tidak mengganggu aktivitas di kawasan Puspem Badung. Penentuan lokasi juga mempertimbangkan aspek estetika, dimana PLTS ditempatkan pada area terbuka yang tidak mengurangi keindahan area Puspem Badung. Lokasi PLTS *ground mounted* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Lokasi PLTS *Ground Mounted* [9]

Seperti ditunjukkan pada Gambar 2, lokasi yang dipilih memperhitungkan objek-objek potensial penyebab *shading*, yaitu pepohonan dan bangunan di sekitar area PLTS *ground mounted*. Area perencanaan PLTS dirancang untuk meminimalkan efek bayangan yang ditimbulkan oleh pohon dan bangunan disekitar, terutama pada waktu optimal intensitas iradiasi matahari. Dengan demikian, penentuan lokasi ini bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi sistem melalui optimasi penerimaan energi matahari, sekaligus mempertahankan keseimbangan antara aspek teknis dan estetika lingkungan di kawasan Puspem Badung.

4.3 Kondisi Meteorologi

Data kondisi meteorologi Puspem Badung didapat menggunakan *software* PVsyst dengan menentukan titik koordinat lokasi Puspem Badung [10]. Setelah menentukan titik koordinat, kemudian didapatkan hasil *weather database* pada *software* PVsyst seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Site: Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung 1 (Indonesia)						
Data source: Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung 1_MN81.SIT -- Meteorom 8.1 (2016-2021), Sat=100%						
	Global horizontal irradiation kWh/m ² /day	Horizontal diffuse irradiation kWh/m ² /day	Temperature °C	Wind Velocity m/s	Linke turbidity [-]	Relative humidity %
January	5.64	2.85	27.6	2.39	3.888	81.8
February	5.67	2.87	27.7	2.20	3.716	81.4
March	5.89	2.58	27.8	1.50	3.520	81.2
April	6.05	2.01	27.5	1.39	3.610	83.1
May	5.24	1.91	27.5	1.90	3.690	80.7
June	4.88	2.05	26.4	2.30	3.674	80.8
July	5.07	1.95	26.2	2.60	3.588	78.2
August	5.62	2.27	26.1	2.69	3.682	77.3
September	6.17	2.26	26.2	1.89	3.855	79.8
October	6.98	2.42	27.6	1.60	4.291	78.5
November	6.74	2.50	27.6	1.30	4.237	82.0
December	6.46	2.61	27.8	1.89	3.907	81.2
Year	5.87	2.36	27.2	2.0	3.806	80.5

Gambar 3 Data Meteorologi di Puspem Badung [10]

Berdasarkan data pada Gambar 3, rata-rata tingkat iradiasi matahari di wilayah Puspem Badung sebesar 5,87 kWh/m²/hari. Iradiasi paling tinggi terjadi pada bulan Oktober sebesar 6,98 kWh/m²/hari dan iradiasi matahari paling rendah terjadi pada bulan Juni sebesar 4,88 kWh/m²/hari.

4.4 Perancangan PLTS *Ground Mounted*

4.4.1 Modul Surya

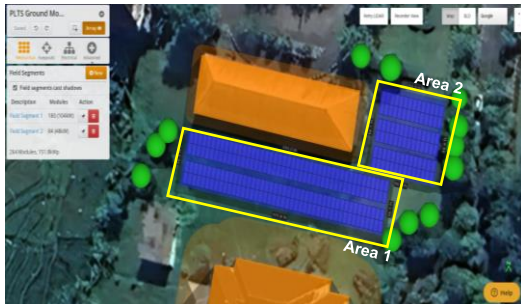
Modul surya yang akan digunakan merupakan modul surya bersertifikat pemenuhan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang memiliki kapasitas daya serta efisiensi yang tinggi, harga yang murah dan lokasi pengiriman berada di Indonesia sehingga dapat meminimalisir biaya pengiriman. Pada perancangan PLTS *ground mounted* ini, modul surya yang akan digunakan adalah Trina Solar TSM-DE19R 575 WP dengan kapasitas daya sebesar 575 Wp dengan efisiensi modul mencapai 21,3%. Panel ini memiliki dimensi 2384 × 1134 × 40 mm dan berat 33,7 kg. Spesifikasi teknis modul surya ini yaitu: *Open Circuit Voltage*(V_{oc})= 46,1V, *Maximum Power Point Voltage*(V_{mpp})= 38,8V, dan *Maximum Power Point Current*(I_{mpp})= 14,83A. Dari segi ketahanan, modul ini dirancang untuk memiliki umur pakai hingga 30 tahun dengan tingkat degradasi sebesar 0,45% per tahun. Selain itu, harga panel ini adalah Rp1.986.000,00, menjadikannya pilihan yang efisien dalam hal performa dan biaya untuk sistem PLTS [11].

4.4.2 Inverter

Inverter yang akan digunakan yaitu tipe Growatt MID 50KTL3-X2 dengan karakteristik: *Maximum Input Current Inverter* 32A, *Minimum DC Input Voltage Inverter* 200V, dan *Maximum DC Input Voltage Inverter* 1100V. *Inverter* ini dipilih karena memiliki nilai efisiensi hingga 98,8% dan masa pakai hingga 10 tahun. *Inverter* ini mendukung berbagai konfigurasi sistem dengan performa tinggi dan fitur monitoring yang canggih [12].

4.4.3 Desain PLTS Ground Mounted

Desain PLTS *ground mounted* dirancang menggunakan *software* Helioscope, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

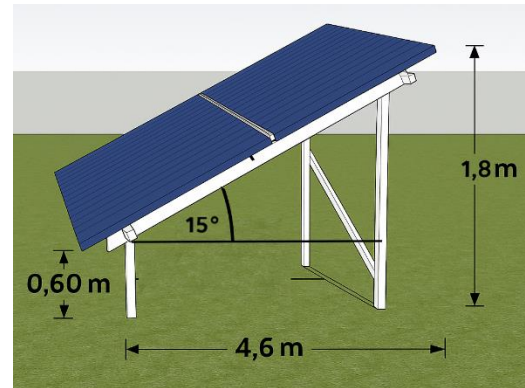


Gambar 4 Desain PLTS *Ground Mounted*

Pada lahan kosong tersebut, dirancang PLTS *ground mounted* dengan jumlah panel 246 modul, dengan total kapasitas 151,8 kWp. Tipe *inverter* yang digunakan yaitu Growatt 50KTL3-X2 sebanyak 3 unit. Dengan total 264 buah panel surya, area pertama memiliki dimensi 53 meter x 11 meter, area kedua 17 meter x 17 meter. Ketinggian *Mounting* 1,8 meter, dengan sudut kemiringan 15°.

Gambar 5 menunjukkan desain struktur PLTS *ground mounted*. Desain PLTS *ground mounted* dirancang dengan menggunakan 68 batang besi baja WF sebagai struktur utama yang berfungsi sebagai tiang pondasi. Tiang-tiang ini memiliki tinggi masing-masing 34 batang berukuran 0,6 meter dan 34 batang berukuran 1,8 meter dengan jarak antar tiang sejauh 4,6 meter untuk memastikan stabilitas dan efisiensi ruang. Untuk

memperkuat pondasi, digunakan 68 buah batu pondasi yang dirancang untuk menopang beban keseluruhan struktur secara optimal.



Gambar 5 Struktur PLTS *Ground Mounted*

Konfigurasi modul surya terhubung secara seri maupun paralel tergantung pada besarnya tegangan *input inverter* yang digunakan. Berikut ini merupakan perhitungan konfigurasi seri paralel menggunakan persamaan (1), (2), (3), yaitu:

Rangkaian seri minimal:

$$\text{Minimal rangkaian seri} = \frac{200}{46,1} = 4,3 \approx 4$$

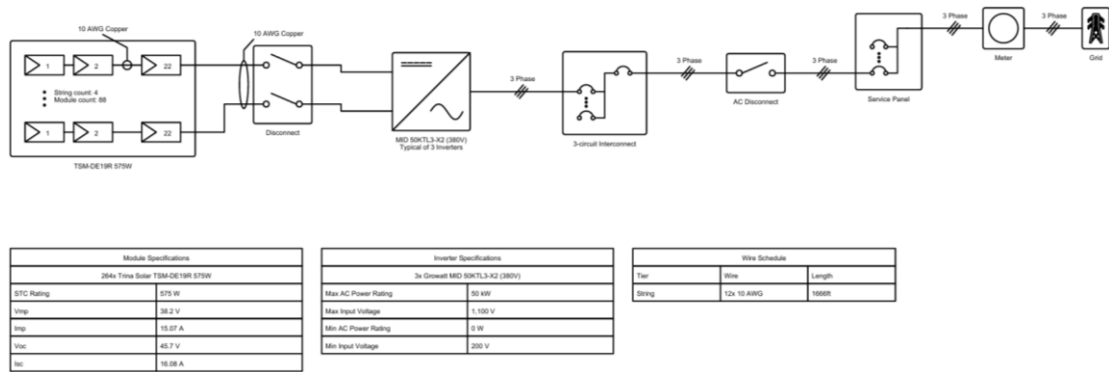
Rangkaian seri maksimal:

$$\text{Maksimal rangkaian seri} = \frac{1100}{38,8} = 28,2 \approx 28$$

Rangkaian paralel:

$$\text{Minimal rangkaian paralel} = \frac{160}{14,83} = 10,7 \approx 10$$

Gambar 6 merupakan *single line diagram* hasil simulasi PLTS *ground mounted* pada *software* Helioscope. *Single line diagram* tersebut menunjukkan konfigurasi sistem PLTS *ground mounted* yang dirancang dengan memanfaatkan 3 unit *inverter* tipe Growatt MID 50KTL3-X2 dengan total 12 *string*, dan setiap *string* terdiri dari 22 modul surya, sehingga total modul surya yang digunakan dalam PLTS *ground mounted* sebanyak 264 modul.



Gambar 6 Single Line Diagram PLTS Ground Mounted

4.4.4 Simulasi Unjuk Kerja PLTS Ground Mounted

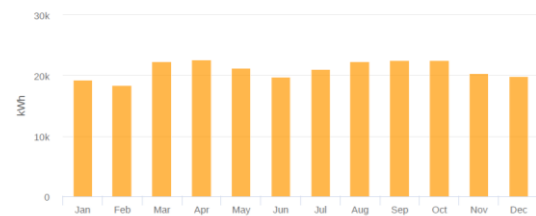
Setelah melakukan desain PLTS *ground mounted*, selanjutnya yaitu melakukan simulasi unjuk kerja untuk mengetahui produksi energi tahunan, kapasitas PLTS, rasio kinerja, dan lainnya. Gambar 7 merupakan ringkasan dari hasil simulasi PLTS *ground mounted*.

System Metrics	
Design	PLTS Ground Mounted
Module DC Nameplate	151.8 kW
Inverter AC Nameplate	150.0 kW Load Ratio: 1.01
Annual Production	252.9 MWh
Performance Ratio	79.9%
kWh/kWp	1,665.8
Weather Dataset	TMY, 10km Grid, Meteonorm 8 (meteonorm_v8)
Simulator Version	bc380f83f5-52e36c23ea-d0a3089aa7-b3dd895be8

Gambar 7 Hasil Simulasi PLTS Ground Mounted

Berdasarkan Gambar 7, dapat dilihat bahwa hasil desain dari PLTS *ground mounted* berpotensi menghasilkan daya sebesar 151,8 kWp. Produksi energi tahunan yang dihasilkan sebesar 252,9 MWh dengan persentase rasio kinerja sebesar 79,9%. Total produksi energi tahunan dibagi dengan daya *nameplate*

(kWh/kWp) sebesar 1.665,8. Berikut ini merupakan produksi energi bulanan hasil simulasi menggunakan *software* Helioscope ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Produksi Energi Bulanan PLTS Ground Mounted

Berdasarkan Gambar 8, dapat dilihat bahwa produksi energi bulanan tertinggi terjadi pada bulan Oktober sebesar 22.603,1 kWh, sedangkan produksi energi bulanan terendah terjadi pada bulan Februari sebesar 18.385, kWh. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1.

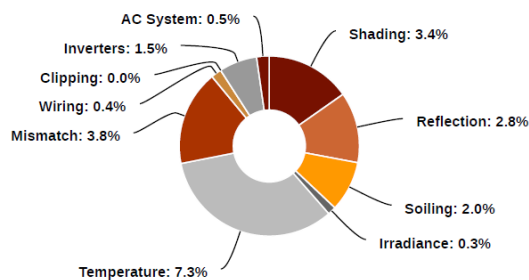
Tabel 1 Produksi Energi Bulanan PLTS Ground Mounted

Month	GHI (kWh/m²)	POA (kWh/m²)	Shaded (kWh/m²)	Nameplate (kWh)	Grid (kWh)
January	171,3	158,2	153,9	22.148,1	19.356,7
February	155,8	149,7	145,8	21.034,0	18.385,5
March	181,4	182,8	178,5	25.861,6	22.353,2
April	175,4	186,7	181,7	26.396,5	22.702,9
May	160,7	179,4	170,4	24.745,6	21.278,6
June	148,3	169,3	158,4	22.994,1	19.776,0
July	157,4	177,8	167,9	24.379,3	21.132,5
August	169,6	183,6	177,4	25.774,9	22.433,8
September	178,7	183,5	179,2	26.001,0	22.600,5
October	189,8	184,2	180,3	26.100,5	22.603,1
November	180,0	166,9	162,8	23.430,8	20.401,0
December	177,9	162,4	158,1	22.719,2	19.841,0

Berdasarkan tabel 1, dapat dilihat bahwa produksi energi bulanan pada kolom *nameplate* lebih tinggi daripada *grid*. Hal tersebut terjadi karena produksi energi hasil simulasi pada kolom *nameplate* merupakan

produksi energi jika mengabaikan faktor rugi-rugi. Sedangkan pada kolom *grid* produksi energi lebih rendah dikarenakan sudah memperhitungkan faktor rugi-rugi.

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, terdapat faktor rugi-rugi yang mempengaruhi *output* PLTS, diantaranya: *AC system*, *shading*, *reflection*, *soiling*, *irradiance*, *temperature*, *mismatch*, *wiring* dan *inverters*. Gambar 9 merupakan persentase rugi-rugi terhadap kinerja PLTS.



Gambar 9 Sumber Rugi-Rugi Sistem PLTS *Ground Mounted*

Berdasarkan Gambar 9, dapat dilihat bahwa sumber rugi-rugi sistem tertinggi terjadi pada faktor *temperature* dengan persentase sebesar 7,3%, sedangkan sumber rugi-rugi sistem terendah terjadi pada faktor *clipping* dengan persentase 0,0%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dari hasil dan pembahasan, perancangan PLTS *ground mounted* di Puspem Badung menggunakan *software Helioscope* akan memanfaatkan lahan kosong dengan luas 1.960m². Desain PLTS menggunakan 264 modul surya TSM-DE19R 575 WP, dan 3 unit *inverter* Growatt MID 50KTL3-X2. Dari konfigurasi tersebut, total kapasitas yang dirancang sebesar 151,8 kWp, produksi energi tahunan yang dihasilkan sebesar 252,9 MWh dengan persentase rasio kerja sebesar 79,9%. Hasil ini menunjukkan potensi pemanfaatan energi surya sebagai salah satu bentuk pemanfaatan energi baru terbarukan dan mendukung kebijakan pemerintah.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PLN. (2021). Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2021-2030, 2019–2028.
- [2] Pemerintah Provinsi Bali. (2019). Peraturan Gubernur Bali Nomor 45 Tahun 2019 tentang Bali Energi Bersih.
- [3] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia (2017) Rencana Umum Energi Nasional 2017. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- [4] BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika), (2023). Iradiasi Matahari di Provinsi Bali 2023.
- [5] A. A. G. A. Pawitra, I N. S. Kumara, & W. G. Ariastina (2020). Review perkembangan PLTS di Provinsi Bali menuju target kapasitas 108 MW tahun 2025. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, 181.
- [6] M. D. Afrianto dan P. N. Jakata. (2023) Analisis Potensi Surya untuk Perancangan *Ground Mounted Photovoltaic*.
- [7] I D. G. Y. P. Pratama, I N. S. Kumara, & I N. Setiawan. 2018. Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung Untuk PLTS Rooftop. Jurnal Spektrum Vol.5: 2
- [8] Folsom Labs. (n.d.). HelioScope [Software]. Folsom Labs. <https://www.helioscope.com>
- [9] Google, "Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung," Google Maps, <https://maps.google.com/>, diakses pada 25 April 2025.
- [10] PVSyst SA. PVSyst: Software for photovoltaic system analysis* [Software]. PVsyst SA. <https://www.pvsyst.com>
- [11] Trina Solar Co., Ltd., Vertex TSM-DE19R 575W Solar Panel, 2023.

- [Online]. Available:
<https://www.trinasolar.com/>
- [12] Growatt New Energy Technology Co., Ltd., *MID 50KTL3-X2 Three-Phase Inverter*, 2023. [Online]. Available:
<https://growattinverters.com/>