PERANCANGAN PLTS GROUND MOUNTED DI AREA PARKIR SELATAN PUSAT PEMERINTAHAN KABUPATEN BADUNG

M. F. A. S. Kerans[1], I. A. D. Giriantari[2], D. A. S. Santiari[2], W. G. Ariastina[2], I N. Setiawan[2], I N. S. Kumara[2]

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

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

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

Email: mariafransiscakerans@gmail.com[1]

ABSTRAK

Peningkatan konsumsi listrik berbasis fosil menyebabkan emisi karbon dan perubahan iklim global. Untuk mengatasi hal ini, pemerintah menargetkan bauran energi baru dan terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025 sesuai dengan RUPTL PLN 2021-2030. Kabupaten Badung memiliki potensi energi surya yang tinggi, sehingga penelitian ini dilakukan untuk merancang dan menganalisis kinerja PLTS di area parkir selatan Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung guna mendukung kebijakan energi bersih. Pemanfaatan area parkir dipilih untuk mengoptimalisasi penggunaan area. Sistem PLTS menggunakan 592 panel surya berkapasitas 575 Wp yang menghasilkan daya keluaran sebesar 340,3 kWp dan energi tahunan sebesar 540.889,80 kWh. Pada hari kerja, seluruh energi PLTS dimanfaatkan yakni sebesar 1.481,89 kWh dan mampu memenuhi sekitar 72% dari kebutuhan energi sebesar 2.053,24 kWh per hari dan sisanya disuplai oleh PLN melalui sistem *on-grid*. Pada hari libur, kebutuhan energi menurun menjadi 326,18 kWh per hari. Total pemanfaatan energi PLTS per tahun sebesar 212.910,42 kWh, lebih rendah dari total produksi akibat rendahnya konsumsi energi pada hari libur.

Kata kunci: PLTS, energi terbarukan, efisiensi energi, efisiensi area, RUPTL

ABSTRACT

The increasing consumption of fossil-based electricity has led to higher carbon emissions and accelerated global climate change. To address this issue, the Indonesian government has set a target of 23% renewable energy share by 2025, as stated in the PLN Electricity Supply Business Plan (RUPTL) 2021–2030. Badung Regency has high solar energy potential; therefore, this study aims to design and analyze the performance of an on-grid Solar Power Plant located in the southern parking area of the Badung Regency Government Center to support clean energy policies. The utilization of the parking area was chosen to optimize land use efficiency. The PV system employs 592 solar panels with a capacity of 575 Wp each, resulting in a total installed capacity of 340.3 kWp and an annual energy output of 540,889.90 kWh. On weekdays, the entire energy produced is utilized, supplying approximately 72% of the daily energy demand of 2,053.24 kWh, while the remaining demand is met by PLN through an on-grid system. On weekends or holidays, energy demand decreases to 326.18 kWh per day. The total annual energy utilization from the PV system amounts to 212,910.42 kWh.

***Keywords**: solar power plant, renewable energy, energy efficiency, land use efficiency, RUPTL.*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan utama dalam berbagai sektor kehidupan. Seiring dengan meningkatnya permintaan listrik, ketergantungan terhadap bahan bakar fosil juga semakin tinggi, yang berdampak pada peningkatan emisi karbon dan perubahan iklim global. Oleh karena itu, diperlukan solusi energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Berdasarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030, pemerintah menargetkan bauran energi baru dan

terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025 dan meningkat menjadi 28% pada tahun 2038. Namun, pada tahun 2023, bauran EBT Indonesia baru mencapai 13,1%, masih di bawah target 17,9% [1]. Provinsi Bali memiliki potensi besar dalam pemanfaatan EBT, khususnya energi surya yang mencapai 1.254 MW [2]. Sesuai dengan Peraturan Gubernur No. 45 Tahun 2019 tentang Bali Energi Bersih dan Surat Edaran Gubernur Bali No. 05 Tahun 2022, Bali mendorong pemasangan PLTS atap di berbagai sektor, termasuk bangunan pemerintah dan fasilitas umum [3].

Tempat parkir merupakan area yang memiliki potensi besar untuk pemanfaatan PLTS. Dengan memanfaatkan atap tempat parkir sebagai lokasi pemasangan panel surya, maka area dapat dioptimalkan tanpa mengganggu fungsi utama area tersebut. Implementasi PLTS di tempat parkir dapat menyediakan listrik untuk penerangan, pengisian daya kendaraan listrik, serta kebutuhan listrik lainnya di sekitar lokasi. Pemanfaatan atap gedung dan area parkir untuk PLTS di Kabupaten Badung menunjukkan potensi besar dalam menyuplai kebutuhan listrik [4].

Pemanfaatan area parkir untuk PLTS semakin berkembang di dunia, dengan total kapasitas akumulasi mencapai 207,49 MW pada tahun 2022. Terdapat dua bentuk utama PLTS di area parkir, yaitu model kanopi dan gedung parkir, yang telah diterapkan di berbagai sektor seperti bandara, pusat perbelanjaan, rumah sakit, sekolah, dan perusahaan. Penerapan PLTS di area parkir tidak hanya menghemat biaya listrik tetapi juga mengurangi emisi karbon tanpa memerlukan area tambahan [5].

Kabupaten Badung memiliki potensi iradiasi matahari tinggi, yaitu sekitar 4,3–7,5 kWh/m²/hari [6]. Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung, yang memiliki area seluas 46,6 ha, menjadi lokasi strategis untuk pemasangan PLTS guna mendukung kebijakan Bali Energi Bersih. Sebagai langkah konkret dalam pemanfaatan energi surya, penelitian ini akan merancang PLTS di area parkir selatan pusat pemerintahan Kabupaten Badung. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada area parkir selatan Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung guna menyuplai kebutuhan listrik pada gedung Dinas Pariwisata dan Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil. Perancangan ini ditujukan untuk mendukung implementasi energi terbarukan, meningkatkan efisiensi pemanfaatan lahan, serta mengurangi emisi karbon di lingkungan pemerintahan Kabupaten Badung.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber utama. Energi surya berasal dari matahari yang dapat dikonversi menjadi listrik menggunakan sel surya. PLTS bekerja berdasarkan prinsip photoelektrik yang menghasilkan arus listrik searah (DC) yang dapat dikonversi menjadi arus bolak-balik (AC) [7].

2.2 Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Perencanaan pengembangan sistem tenaga listrik membutuhkan perkiraan kebutuhan listrik yang akurat untuk memberikan panduan kepada para pemangku kebijakan. Dengan perkiraan yang tepat, risiko pembangunan infrastruktur yang tidak sesuai dengan kebutuhan dapat diminimalkan. Estimasi kebutuhan listrik di seluruh wilayah dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti lokasi, jumlah penduduk, tingkat kesejahteraan, serta rencana pembangunan dan pengembangan daerah di masa depan [8].

2.3 Menghitung Kapasitas PLTS

Untuk menghitung area array PLTS digunakan rumus sebagai berikut [9].

$$PV\ Area = \frac{Jumlah\ energi\ per\ hari}{Peak\ Sun\ Hour\ (PSH)} \quad (1)$$

Keterangan:
PV Area = Kapasitas PLTS yang terpasang (Wp)
Jumlah energi per hari = jumlah energi bangunan (Wh)
PSH = Waktu penyinaran puncak

Sementara itu, untuk menghitung daya yang akan dibangkitkan oleh PLTS digunakan rumus sebagai berikut.

$$P_{PV=Jumlah\ Panel\ x}\ PV_{Out} \quad (2)$$

Keterangan:
P_{PV} = Kapasitas sistem PLTS yang terpasang (Wp)
Jumlah panel = banyaknya modul surya yang digunakan
PV_{Out} = Kapasitas modul surya (Wp)

2.4 Konfigurasi Modul Surya

Konfigurasi modul surya dalam rangkaian seri atau paralel ditentukan berdasarkan tegangan input yang dibutuhkan oleh *inverter* yang digunakan. Oleh karena itu, untuk menghitung konfigurasi modul surya, digunakan rumus sebagai berikut [10].

Rangkaian seri minimal:

$$Minimal\ rangkaian\ seri = \frac{V_{min}inverter}{V_{oc}Modul} \quad (3)$$

Rangkaian seri maksimal:

$$Maksimal\ rangkaian\ seri = \frac{V_{max}inverter}{V_{mpp}Modul} \quad (4)$$

Rangkaian paralel:

$$Maksimal\ rangkaian\ paralel = \frac{I_{max}inverter}{I_{mpp}Modul} \quad (5)$$

2.5 Jumlah Modul Surya

Jumlah kapasitas daya (*watt peak*) yang akan dihasilkan oleh PLTS mempengaruhi banyaknya jumlah modul surya yang akan dipasang. Berikut merupakan cara menghitung jumlah panel surya [11].

$$Jumlah\ Modul = \frac{Luas\ Area}{Luas\ Permukaan\ Modul} \quad (6)$$

2.6 Inklinasi dan Orientasi Modul Surya

Ketika panel surya menerima iradiasi pada sudut optimasi, efisiensi konversi energi listrik dari PLTS dapat mencapai tingkat yang maksimal. Sudut kemiringan ideal modul fotovoltaik sangat bergantung pada lokasi geografis serta pergerakan matahari. Untuk menentukan sudut optimal ini, dapat menggunakan persamaan berikut [12].

$$\alpha = 90° + lat - \sigma(Shemsphere) \quad (7)$$

$$\beta = 90° + -\alpha \quad (8)$$

2.7 *Helioscope*

Helioscope merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk merancang dan menganalisis sistem PLTS dengan visualisasi 3D. *Software* ini membantu dalam mengidentifikasi dampak bayangan terhadap panel surya serta mengevaluasi kinerjanya secara menyeluruh. Dalam proses perencanaannya, *Helioscope* memanfaatkan berbagai data, seperti spesifikasi modul surya, jenis *inverter*, jumlah panel yang digunakan, serta luas area pemasangan PLTS untuk menghasilkan simulasi yang akurat [13].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung, Kelurahan Sempidi, Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung Bali. Penelitian ini dilakukan dari bulan Mei tahun 2024 hingga bulan Januari tahun 2025. Penelitian ini difokuskan pada area parkir selatan di Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung, Bali. Berikut merupakan prosedur penelitian:

1. Melakukan observasi langsung Lokasi perancangan PLTS Atap
2. Mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam perancangan PLTS, meliputi data pembebanan gedung yang akan disuplai, data intensitas radiasi matahari, serta data spesifikasi komponen yang akan digunakan.
3. Mendesain PLTS Atap menggunakan *software Helioscope*.
4. Menarik kesimpulan dari hasil dan pembahasan penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Area Parkir Selatan di Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung

Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung terletak di Kelurahan Sempidi,

Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung, Bali. Area parkir selatan di Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung dirancang untuk menampung kendaraan pegawai, tamu, dan masyarakat yang berkunjung ke kantor-kantor pemerintahan di sekitarnya. Karena terletak di dekat gedung Kantor Dinas Pariwisata dan Kantor Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil, area ini memiliki potensi untuk pengembangan PLTS Parkir yang akan digunakan untuk menyuplai kedua gedung tersebut sebagai upaya untuk mendukung kebijakan energi bersih.

4.2 Pemilihan Komponen PLTS

Komponen PLTS yang digunakan pada perancangan ini dipilih dengan membandingkan kualitas, harga, dan efisiensi komponen tersebut. Tujuan dari pemilihan ini adalah untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang memiliki performa yang andal, efisien, dan tetap ekonomis dalam jangka panjang.

1. Modul Surya

Modul surya yang digunakan dipilih berdasarkan pertimbangan beberapa faktor seperti kapasitas modul, berat, harga, efisiesi, dan degradasi per tahunnya. Perbandingan modul surya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Spesifikasi Modul Surya [14].

Merk	Nama Panel	Kapasitas (Wp)	Efisiensi Modul (%)	Harga Panel (Rp)	Berat Panel (Kg)	Dimensi	Umur Pakai Panel (Tahun)	Degradasi Per Tahun (%)
JA Solar	JAM78S10 435-455/MR	605	22,9	Rp4.675.000,00	24,6	2333X1134X30	30	0,4
JA Solar	JAM72D42 LB	640	22,9	Rp3.850.000,00	34,6	2465x1134x30	30	0,4
JA Solar	JAM72S20 445-470/MR	450	21,2	Rp3.240.000,00	24,5	2112x1050x35	25	0,55
Trina Solar	TSM-DE19r 575 WP	575	21,3	Rp1.986.000,00	33,7	2384x1134x30	30	0,45
Trina Solar	TSM-DE21 665 WP	665	21,4	Rp2.300.000,00	33,3	2384X1303X33	25	0,55
Vertex	Vertex 530-555 WP	550	28,6	Rp4.320.000,00	21	2384X1096X35	25	0,55
Longi	Longi 565-585 Hi-MO X6 LR5-72HTH	565	22,6	Rp1.950.000,00	27,5	2278X1134X35	25	0,4
Trina Solar	TSM - DE15M-(II)-410	410	20,4	Rp3.699.000,00	22	2015X996X35	25	0,5

Modul surya yang digunakan adalah Trina Solar TSM-DE19R 575 Wp, dengan spesifikasi *Open Circuit Voltage* (V_{oc}) 46,1V, *Maximum Power Point Voltage* (V_{mpp}) 38,8V, dan *Maximum Power Point Current* (I_{mpp}) 14,83A. Modul Surya ini bersertifikat SNI dengan efisiensi 21,3% dan harga yang paling ekonomis. Panel ini memiliki bobot 33,7 kg, serta tingkat degradasi rendah sebesar 0,45%, menjadikannya optimal untuk sistem PLTS [14].

Pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa Trina Solar TSM-DE19R 575 Wp telah bersertifikat SNI dan menawarkan kapasitas daya tinggi (575 Wp), efisiensi 21,3%, dengan harga Rp1.986.000,00. Panel ini dinilai optimal karena memiliki harga lebih rendah dibandingkan beberapa panel berkapasitas lebih kecil, bobot 33,7 kg yang mencerminkan kekokohan struktur, serta tingkat degradasi tahun pertama sebesar 0,45% yang lebih rendah dari panel lain.

2. *Inverter*

Inverter yang digunakan adalah *inverter* 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 memiliki efisiensi hingga 98,8% dan ekonomis. *Inverter* ini dilengkapi dengan fitur limiter, yang berfungsi membatasi daya keluaran *inverter* agar tidak melebihi konsumsi beban yang ada [14].

4.3 Potensi PLTS di Area Parkir Selatan Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung

Perencanaan PLTS di area parkir selatan bertujuan untuk memaksimalkan ruang parkir yang ada dengan pemilihan sistem kanopi, yang berfungsi sebagai sumber energi gedung terdekat sekaligus pelindung kendaraan. Perhitungan potensi PLTS memerlukan data luas area dan modul surya yang akan digunakan, diawali dengan pengukuran melalui *Google Earth.* Modul surya yang dipilih harus bersertifikat SNI, memiliki efisiensi tinggi dan ekonomis. Dalam perencanaan ini, digunakan modul Trina Solar TSM-DE19R 575 Wp dengan

kapasitas 575 Wp serta dimensi 2,384 m x 1,1344m x 0,0030 m [14].

Secara geografis Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung berada pada titik koordinat 8,60º lintang selatan serta 115,17º bujur timur. Untuk mengetahui sudut optimal pemasangan modul surya dihitung berdasarkan persamaan (7).

$$\alpha = 90° + \delta(shemisphere)$$
$$\alpha = 90° + 8{,}60° - 23{,}45°$$
$$\alpha = 75{,}15°$$

Maka dari itu, sudut optimal yang dibentuk oleh modul surya terhadap lokasi penelitian dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (8).

$$\beta = 90° - \alpha$$
$$\beta = 90° - 75{,}15°$$
$$\beta = 14{,}85°$$

Perancangan PLTS di area parkir selatan Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung mempertimbangkan luas area parkir untuk menentukan produksi energi listrik yang dapat dihasilkan. Jumlah modul surya yang dapat dipasang dihitung menggunakan persamaan (6).

$$Jumlah\ Modul = \frac{3.732\ m^2}{2{,}7\ m}$$
$$Jumlah\ Modul = 1.383\ Panel$$

Maka total daya maksimum yang dapat dibangkitkan PLTS di area parkir Selatan Pusat Pemerintahan kabupaten Badung adalah sebagai berikut.

$$Total\ Daya\ maksimum = 1.383 \times 575\ Wp$$
$$Total\ Daya\ maksimum = 794.778\ Wp$$

4.4 Analisis Lokasi PLTS Parkir Selatan

Potensi energi matahari di Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung dapat dianalisis menggunakan perangkat lunak PVsyst, yang memungkinkan simulasi performa sistem fotovoltaik berdasarkan data radiasi matahari, kondisi iklim, dan parameter teknis sistem. Hasil perhitungan potensi energi ini dapat dilihat secara rinci pada Tabel 2, yang menyajikan estimasi produksi energi tahunan serta faktor-faktor yang memengaruhi kinerja sistem PLTS di lokasi tersebut.

Tabel 2. Data Iradiasi Matahari [15].

Month	Global Horizontal Irradiation (kWh/m2/day)	Horizontal Diffuse Irradiation (kWh/m2/day)	Temperature (ºC)
January	5,64	2,86	27,6
February	5,67	2,87	27,7
March	5,89	2,58	27,8
April	6,05	2,01	27,5
May	5,24	1,91	27,5
June	4,88	2,05	26,4
July	5,07	1,95	26,2
August	5,62	2,27	26,1
September	6,17	2,26	26,2
October	6,98	2,42	27,6
November	6,74	2,5	27,6
December	6,46	2,61	27,8
Year	**5,87**	**2,36**	**27,2**

Dalam perancangan PLTS, *Global Horizontal Irradiation (HGI)* adalah jumlah total cahaya matahari yang jatuh, termasuk sinar langsung dan sinar yang tersebar oleh awan atau partikel di udara. Sementara itu, *Horizontal Diffuse Irradiation* (DHI) hanya mencakup sinar matahari yang tersebar, bukan yang datang langsung dari arah matahari. Berdasarkan data pada Tabel 1, diketahui bahwa rata-rata iradiasi matahari di wilayah Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung sebesar 5,87 kWh/m^2/hari.

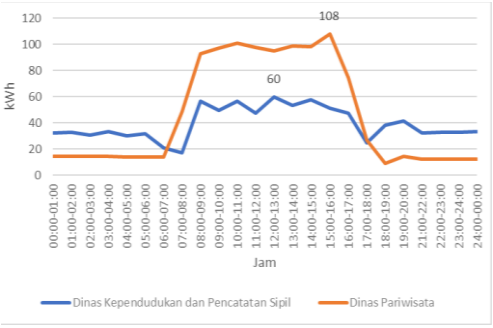
4.5 Analisis Pola Beban

Karena energi listrik yang dihasilkan dari perencanaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di area parkir selatan Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung dirancang untuk disuplai langsung ke gedung dinas terdekat, maka diperlukan analisis mendalam terhadap profil beban listrik dari gedung yang bersangkutan. Analisis ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian antara kapasitas produksi energi dari sistem PLTS dan kebutuhan energi aktual gedung, sehingga sistem dapat beroperasi secara optimal dan efisien. Untuk mengetahui profil beban listrik dari gedung yang akan disuplai, maka dilakukan pengukuran menggunakan *power analyzer* yang dilakukan selama satu hari penuh. Rincian data konsumsi listrik dari gedung yang akan menerima suplai energi ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Pemakaian Energi Listrik

Gedung Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil serta Badan Pembangunan Daerah		Gedung Dinas Pariwisata	
Jam (15/05/2024)	Energi (kWh)	Jam (20/05/2024)	Energi (kWh)
00:00-01:00	32	00:00-01:00	14,2
01:00-02:00	32,8	01:00-02:00	14,1
02:00-03:00	30,6	02:00-03:00	14,2
03:00-04:00	33,4	03:00-04:00	14,4
04:00-05:00	30,1	04:00-05:00	13,7
05:00-06:00	31,6	05:00-06:00	13,7
06:00-07:00	20,7	06:00-07:00	13,7
07:00-08:00	17,3	07:00-08:00	48,6
08:00-09:00	56,5	08:00-09:00	92,8
09:00-10:00	49,7	09:00-10:00	97,3
10:00-11:00	56,6	10:00-11:00	101
11:00-12:00	47,5	11:00-12:00	97,9
12:00-13:00	60	12:00-13:00	94,8
13:00-14:00	53,6	13:00-14:00	98,9
14:00-15:00	57,9	14:00-15:00	98,3
15:00-16:00	51,4	15:00-16:00	108
16:00-17:00	47,4	16:00-17:00	74,7
17:00-18:00	24,7	17:00-18:00	26,8
18:00-19:00	38	18:00-19:00	9,14
19:00-20:00	41,4	19:00-20:00	14,5
21:00-22:00	32,4	21:00-22:00	12,2
22:00-23:00	32,6	22:00-23:00	12
23:00-24:00	32,7	23:00-24:00	12
24:00-00:00	33,4	24:00-00:00	12
Total Pemakaian Energi Hari kerja (kWh)	**944,3**	**Total Pemakaian Energi Hari kerja (kWh)**	**1108,94**
Total Pemakaian Energi Hari Libur (kWh)	**190,18**	**Total Pemakaian Energi Hari Libur (kWh)**	**136**

Pola beban pada gedung Dinas Pariwisata, Dinas Kebudayaan, serta Dinas Pendidikan, Kepemudaan dan Olahraga dan Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil serta Badan Pembangunan Daerah ditunjukan dalam Gambar 1.



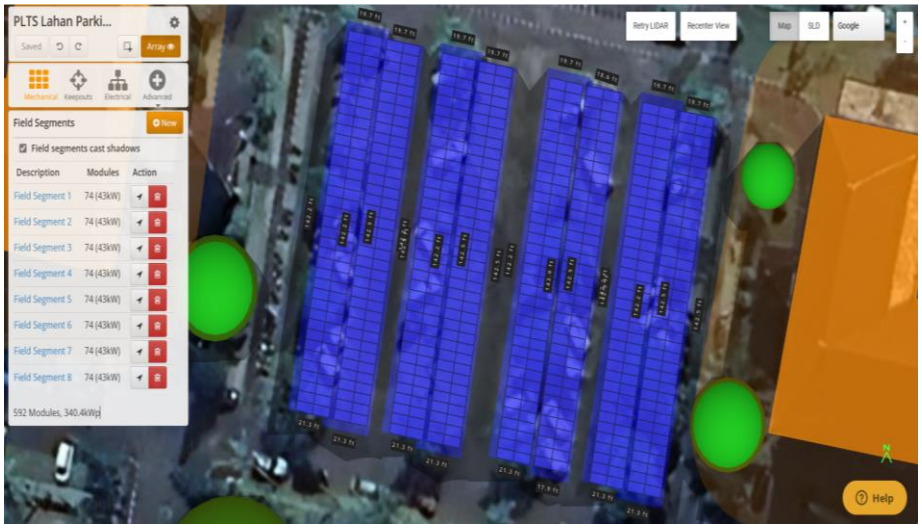
Gambar 1. Pola Beban Hari Kerja Dinas Pariwisata, Dinas Kebudayaan, serta Dinas Pendidikan, Kepemudaan dan Olahraga dan Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil serta Badan Pembangunan Daerah

Total konsumsi energi listrik pada Gedung Dinas Pariwisata Kabupaten Badung tercatat sebesar 1.108,94 kWh pada hari kerja dan menurun signifikan menjadi 136 kWh pada hari libur. Beban puncak pada gedung ini terjadi pada pukul 15.00 WITA, dengan daya tertinggi yang tercatat mencapai 108 kWh. Sementara itu, Gedung Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil menunjukkan konsumsi energi sebesar 944,3 kWh pada hari kerja dan 190,18 kWh pada hari libur. Beban puncak pada gedung ini terjadi lebih awal, yakni pada pukul 12.00 WITA, dengan daya maksimum sebesar 60 kWh.

Total konsumsi energi pada hari kerja untuk kedua gedung ketika dijumlahkan adalah sebesar 2053,24 kWh per hari dengan total beban puncak mencapai 168 kWh, yang menunjukkan tingginya aktivitas operasional dan kebutuhan listrik selama jam kerja. Sebaliknya, pada hari libur, konsumsi energi menurun drastis menjadi 326,18 kWh per hari, mencerminkan berkurangnya penggunaan fasilitas serta aktivitas di dalam gedung.

4.6 Perancangan PLTS di Area Parkir Selatan Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di area parkir selatan Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung dilakukan dengan menggunakan *software Helioscope*, yang memungkinkan simulasi teknis dan visualisasi sistem secara menyeluruh. Penggunaan *Helioscope* memungkinkan analisis mendalam terkait potensi produksi energi dan efisiensi sistem, sehingga desain yang dihasilkan dapat dioptimalkan sesuai dengan kondisi lapangan. Desain sistem PLTS ditampilkan pada Gambar 2 sebagai representasi konfigurasi panel surya di atas area parkir. Pemilihan lokasi ini bertujuan untuk memaksimalkan pemanfaatan area, sehingga area parkir tidak hanya berfungsi sebagai tempat kendaraan, tetapi juga sebagai sumber pembangkit energi bersih yang mendukung konsep pembangunan berkelanjutan di lingkungan Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung.



Gambar 2. Tampilan *Helioscope* desain PLTS di Area Parkir Selatan [16]

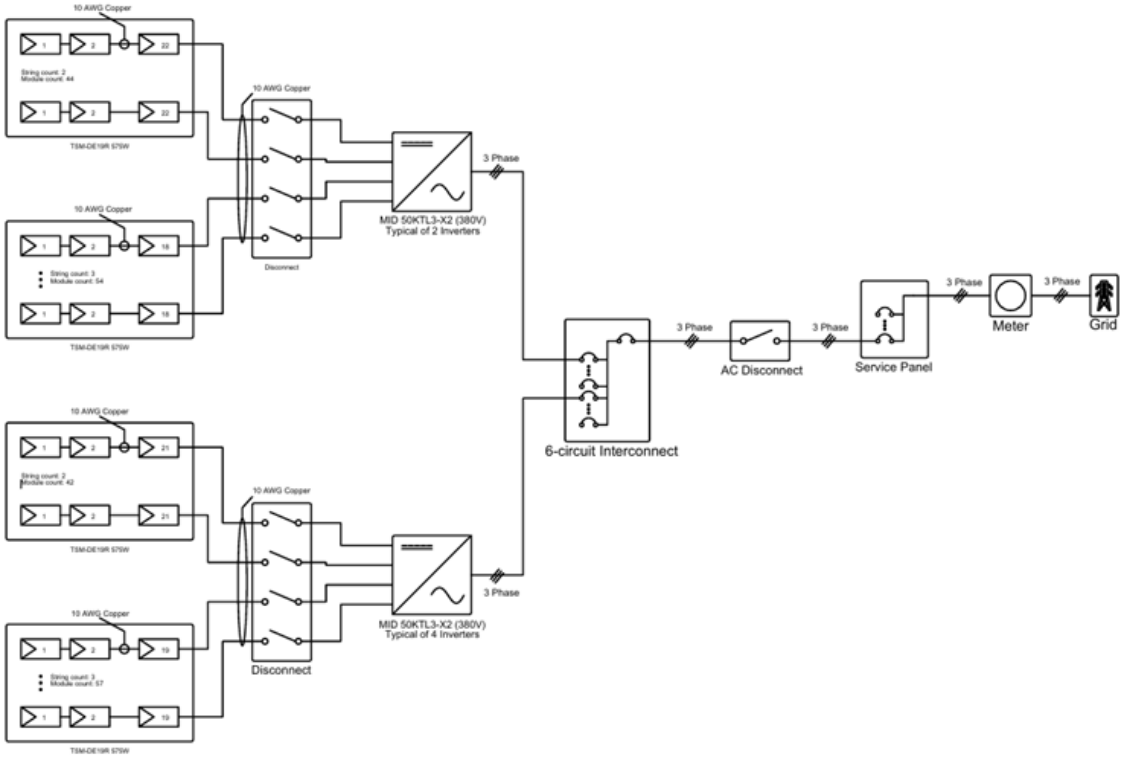
Pada area parkir selatan, dirancang 8 *field segment,* yaitu dari *field segment* 1 hingga *field segment* 8. Desain ini dirancang dengan memaksimalkan seluruh area area parkir selatan dengan menggunakan 592 panel surya. Ketinggian mounting yang digunakan pada perancangan ini adalah 7 ft (setara dengan 2,1 m), dengan sudut kemiringan 15º.

Gambar 3. Desain PLTS di Area Parkir Selatan

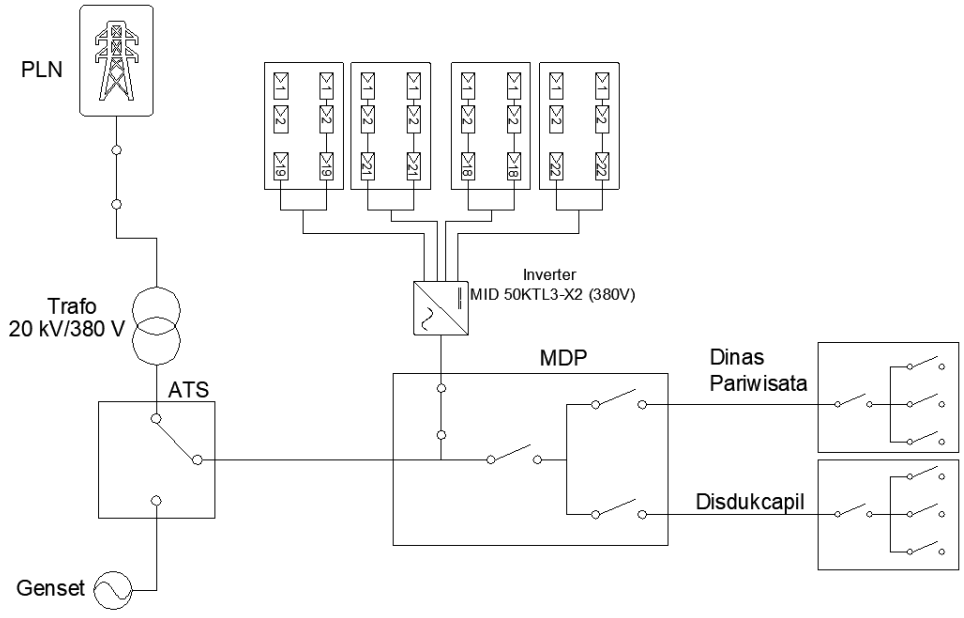
Desain PLTS parkir ini dirancang dengan menggunakan 80 batang besi baja WF sebagai tiang utama setinggi 2,1 m dengan jarak antar tiang 4,4 m untuk stabilitas kendaraan. Pondasi ini diperkuat dengan menggunakan 80 batu pondasi agar mampu menopang struktur bangunan secara optimal. Setiap kolom parkir berukuran 4,4x6,5 m^2, dirancang untuk mengoptimalkan ruang dan efisiensi energi, sehingga dapat menghasilkan listrik sekaligus menyediakan fasilitas parkir yang nyaman.

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil simulasi *software Helioscope*, perancangan PLTS area parkir selatan di Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung berpotensi untuk menghasilkan daya mencapai 340,4 kWp dengan total produksi energi tahunan sebesar 540,9 mWh dan persentase kerja sebesar 78,8%. Perancangan PLTS ini memanfaatkan 6 unit *inverter* dengan total 30 *string*, dengan jumlah modul surya sebanyak 592 modul. Konfigurasi sistem PLTS dapat ditunjukan pada Gambar 4.

Rancangan PLTS di area parkir selatan Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung mengadopsi konfigurasi *on grid* sebagai sistem utama. Dalam skema ini, PLTS berperan sebagai penyedia listrik primer, dengan jaringan PLN berfungsi sebagai cadangan. Sistem ini memungkinkan integrasi yang fleksibel antara PLTS dan jaringan listrik konvensional, sehingga daya tetap tersedia saat produksi energi surya menurun, seperti pada kondisi cuaca mendung atau malam hari. Gambar 5 memperlihatkan alur energi PLTS yang disalurkan ke *main Distribution Panel* (MDP) melalui *Inverter*.



Gambar 4. *Single Line Diagram* PLTS di Area Parkir Selatan



Gambar 5. Sistem Kelistrikan Gedung Dinas Pariwisata dan Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Setelah Terkoneksi dengan PLTS

4.7 Simulasi Unjuk Kerja PLTS di Area Selatan Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung

Berdasarkan perancangan PLTS menggunakan *software Helioscope*, diperoleh data hasil simulasi PLTS di Area Parkir Selatan dapat dilihat pada Gambar 6.

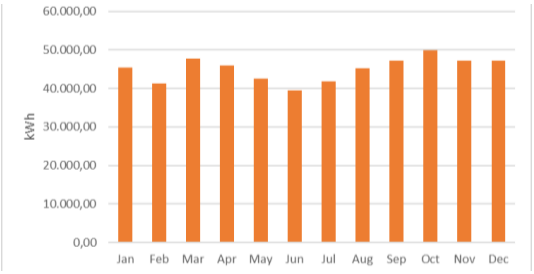
.

Design	PLTS Lahan Parkir Selatan
Module DC Nameplate	340.4 kW
Inverter AC Nameplate	300.0 kW Load Ratio: 1.13
Annual Production	540.9 MWh
Performance Ratio	78.8%
kWh/kWp	1,589.0
Weather Dataset	TMY, 10km Grid, Meteonorm 8 (meteonorm_v8)
Simulator Version	659d43c840-b047479a80-395038b5fa-006650135a

Gambar 6. Hasil Desain PLTS Parkir Selatan

Berdasarkan Gambar 6, dapat dilihat bahwa hasil desain dari PLTS Parkir Selatan berpotensi menghasilkan daya sebesar 340,4 kWp. Produksi energi tahunan yang dihasilkan sebesar 540,9 MWh dengan persentase rasio kinerja sebesar 78,8%. Total produksi energi tahunan dibagi dengan daya *nameplate* (kWh/kWp) sebesar 1.589,0.

Produksi energi bulanan hasil simulasi menggunakan *software Helioscope* ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Produksi Energi Bulanan PLTS Parkir Selatan

Berdasarkan Gambar 7, dapat dilihat bahwa produksi energi bulanan tertinggi terjadi pada bulan oktober sebesar 49.853,1 kWh, sedangkan produksi energi bulanan terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 39.529,3. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Produksi Energi Bulanan PLTS Parkir Selatan

Month	GHI (kWh/m2)	POA (kWh/m2)	Shaded (kWh/m2)	Nameplate (kWh)	Grid (kWh)
January	171,2	168,7	164,8	53,373	45,388
February	155,8	153,6	149,7	48,49	41,307
March	181,4	178,6	174	56,521	47,658
April	175,4	172,7	168	54,564	45,984
May	160,7	158,5	154,2	49,856	42,518
June	148,3	146,5	142,5	45,999	39,529
July	157,4	155,4	150,4	48,629	41,888
August	169,6	167,1	162,5	52,707	45,166
September	178,7	176	171,3	55,616	47,199
October	189,8	187,1	182	59,181	49,853
November	180	177,8	172,4	55,9934	47,267
December	177,9	175,7	171,3	55,485	47,13

Berdasarkan Tabel 4. 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 karena sudah memperhitungkan faktor rugi – rugi yang mempengaruhi output PLTS, diantaranya : *AC systems, shading, reflection, soiling, irradiance, temperature, mismatch, wiring dan inverters*. Selisih antara *nameplate* dan *grid* memberikan gambaran nyara mengenai efisiensi sistem secara keseluruhan dan menjadi dasar evaluasi dalam upaya peningkatan kinerja PLTS.

4.8 Analisis Pemenuhan Kebutuhan Energi

Perancangan PLTS di area parkir selatan Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung akan mensuplai ke gedung terdekat, yakni gedung Dinas Pariwisata dan Gedung Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil. Data pemakaian energi kedua gedung per hari dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Konsumsi Energi Gedung yang Disuplai oleh PLTS

Data Konsumsi Energi Gedung yang Disuplai PLTS		
Nama Gedung	Pemakaian Energi hari Kerja (Kwh)	Pemakaian Energi hari Libur (Kwh)
Dinas Pariwisata	1.108,94	136,00
Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil	944,30	190,18
TOTAL ENERGI (kWh)	**2.053,24**	**326,18**

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan di gedung Dinas Pariwisata dan gedung Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil menggunakan *power* analyzer, pada Tabel 5 ditunjukan bahwa total pemakaian energi pada hari kerja di kedua gedung adalah sebesar 2.053,24 kWh, dan pada hari libur adalah sebesar 326,18 kWh.

Berdasarkan pengukuran beban dan hasil simulasi menggunakan *software Helioscope*, sistem PLTS yang direncanakan menghasilkan total energi sebesar 540.889,80 kWh per tahun, dengan rata-rata produksi harian sebesar 1.481,89 kWh.

Tabel 6. Data Pemakaian Produksi Energi PLTS

Total Produksi PLTS/Tahun (kWh)	**Produksi Energi PLTS/Hari (kWh)**	Pemakaian Energi PLTS Hari Kerja/Hari (kWh)	Pemakaian Energi PLTS Hari Libur/Hari (kWh)
540.889,80	**1.481,89**	**1.481,89**	**326,18**
		Pemakaian Energi PLTS Hari Kerja/Bulan (kWh)	Pemakaian Energi PLTS Hari Libur/Bulan (kWh)
		15.133,09	**2.609,44**
		Pemakaian Energi PLTS Hari Kerja/Tahun (kWh)	Pemakaian Energi PLTS Hari Libur/Tahun (kWh)
		181.597,14	**31.313,28**
Total Pemakaian Energi PLTS Selama 1 Tahun (kWh)		**212.910,42**	

Pada Tabel 6, seluruh energi yang dihasilkan pada hari kerja dimanfaatkan sepenuhnya, sehingga jumlah produksi harian sama dengan konsumsi energi pada hari kerja.

PLTS yang terpasang di area parkir selatan mampu menyuplai energi sebesar 1.481,89 kWh per hari kerja dari total kebutuhan energi harian sebesar 2.053,24 kWh. Hal ini menunjukan bahwa PLTS dapat memenuhi 72% kebutuhan energi pada siang hari, sedangkan sisanya pada malam hari akan dipasok oleh jaringan PLN melalui sistem *on-grid*. Pada hari libur, kebutuhan energi menurun menjadi 326,18 kWh per hari. Dengan menggunakan inverter limiter, sistem PLTS secara otomatis membatasi keluaran energi sesuai dengan kebutuhan, sehingga tidak terjadi kelebihan produksi maupun pemborosan energi.

Dengan asumsi terdapat 5 hari kerja dan 2 hari libur dalam satu minggu, maka total pemanfaatan energi PLTS selama satu tahun adalah sebesar 212.910,42 kWh. Nilai ini lebih rendah dari total produksi tahunan yang mencapai 540.889,89 kWh. Selisih tersebut disebabkan oleh rendahnya konsumsi energi pada hari libur, sehingga sebagian energi yang dihasilkan tidak dapat dimanfaatkan secara optimal.

5. KESIMPULAN

PLTS *on-grid* di Area Parkir Selatan Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung dirancang untuk mengoptimalkan area yang ada, dimana PLTS ini menggunakan 592 buah panel surya Trina Solar TSM-DE19R 575 Wp, yang tersusun atas 30 *string*.

Desain PLTS di Area Parkir Selatan Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung menghasilkan total 592 panel surya dengan kapasitas masing-masing 575 Wp,yang mampu menghasilkan daya keluaran sebesar 340,3 kWp dengan produksi harian sebesar 1.481,89 kWh dan total produksi tahunan sebesar 540.889,80 kWh. Pada hari kerja, seluruh energi dimanfaatkan dan mampu memenuhi sekitar 72% dari kebutuhan energi sebesar 2.053,24 kWh per hari, sedangkan sisanya disuplai oleh PLN melalui sistem *on-grid*. Pada hari libur, kebutuhan energi menurun menjadi 326,18 kWh per hari. Dengan asumsi lima hari kerja dan dua hari libur per minggu. Total pemanfaatan energi PLTS per tahun sebesar 212.910,42 kWh, lebih rendah dari total produksi akibat rendahnya konsumsi energi pada hari libur.

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. PT PLN (Persero). Jakarta

[2]. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2017. Rencana Umum Energi Nasional 2017. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. Jakarta.

[3]. Pemerintahan Provinsi Bali. 2019. Peraturan Gubernur Bali Nomor 45 Tahun 2019 Tentang Bali Energi Bersih.

[4]. E.T.A. Duka, I N. Setiawan, dan A.I Weking. 2018. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Hybrid* Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga dan Pengairan Kabupaten Badung". *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 5, No. 1

[5]. I.G.A. Biantara, I. N. S. Kumara, dan I.A.D. Giriantari. 2021. "Potensi bangunan parkir sebagai pembangkit listrik tenaga surya atap". *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 8, No. 4

[6]. BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika). 2023. Iradiasi Matahari di Provinsi Bali 2023.

[7]. K. R. Panjaitan, I.A.D. Giriantari, I N. Setiawan. 2023. "Analisis Unjuk Kerja PLTS *Carport* 37,8 KWP Di Area Perkantoran Kementrian ESDM Republik Indonesia Jakarta Pusat". *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 10, No. 1

[8]. I. O. Silaban, I N. S. Kumara, & I N. Setiawan. 2021. "Perancangan PLTS Atap Pada Gedung Kantor Bupati Tapanuli Utara Dengan Arsitektur Rumah Adat Batak Toba". *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 8, No. 2

[9]. Dimas.,I N. S Kumara, I W. Sukerayasa. 2023. "Perancangan PLTS *On-Grid* Sebagai Sistem Catu Daya Kawasan Jatiluwih". *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 10, No. 4

[10]. N. L. A. Anggasari, I.A.D. Giriantari, I W. Sukerayasa. 2023. "Rancangan PLTS Atap Di Gedung Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali'. *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 10, No. 4

[11]. A. Y. Firmansyah, I.A.D. Giriantari, I W. Sukerayasa. 2023. "Perancangan PLTS Atap Di Gedung Kantor Bupati Jembrana". *Jurnal Spektrum* Vol. 10, No. 4

[12]. H. Kristiawan, I N. S. Kumara, I.A.D. Giriantari. 2019. "Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah Di Kota Denpasar". *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 6, No. 2

[13]. G.A.W. Dharma, I.A.D.Giriantati, I W. Sukerayasa, I N. Setiawan, W. G. Ariastina, I N. S. Kumara. 2024. "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Pada Atap Gedung Parkir Bandara Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai". *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 11, No. 2

[14]. PT. Sonergy Indo Electro, "Panel Surya - PT. Sonergy Indo Electro. https://sonergysolar.com/ (Diakses Maret 2025).

[15]. PVSyst SA. PVSys: Software for photovoltaic system analysis* [Software]. PVsyst SA. https://www.pvsyst.com (Diakses Maret 2025)

[16]. Folsom Labs. (n.d.). Folsom Labs. (n.d.). HelioScope [Software]. Folsom Labs. https://www.helioscope.com (Diakses Maret 2025).