

PERANCANGAN PLTS ATAP DI GEDUNG KANTOR BUPATI JEMBRANA

Ahmad Yusuf Firmansyah¹, Ida Ayu Dwi Giriantari², I Wayan Sukerayasa²

¹Mahasiswa Program Studi, Fakultas, Universitas

²Dosen Program Studi, Fakultas, Universitas

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

ahmadyusuffirmansyah01@gmail.com¹, dayu.giriantari@unud.ac.id², sukerayasa@unud.ac.id²

ABSTRAK

Menurut laporan dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2020, Indonesia memiliki kemampuan untuk menghasilkan listrik hingga 70,96 Giga Watt. Dalam komposisi kapasitas ini, batu bara menyumbang 35,36%, gas bumi mencapai 19,36%, dan minyak bumi mengontribusi sebanyak 34,38%. Di sisi lain, kontribusi Energi Baru Terbarukan (EBT) hanya mencapai 14,96%. Guna mengakselerasi penggunaan Energi Baru Terbarukan, SE Gubernur Bali No. 5 tahun 2022 mendorong pemanfaatan minimal 20 persen dari kapasitas atau luas atap untuk instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada bangunan baru dan eksisting di Gedung Pemerintahan Pusat dan Daerah. Oleh karena itu, perancangan PLTS atap di Gedung Kantor Bupati Jembrana menjadi krusial dalam menjalankan transisi menuju sumber energi bersih. Perancangan PLTS atap di Gedung Kantor Bupati Jembrana dilakukan menggunakan perangkat lunak *Helioscope*. Hasil desain menunjukkan bahwa untuk skenario yang melibatkan seluruh sisi atap gedung, PLTS atap mampu menghasilkan 174,15 MWh dalam setahun, yang setara dengan 42,51% dari total kebutuhan listrik. Sementara itu, pada skenario dengan hanya memanfaatkan sisi Utara atap gedung, PLTS atap mampu menghasilkan 96,55 MWh dalam setahun, yang berarti mampu memasok 23,57% dari total kebutuhan listrik.

Kata kunci : PLTS Atap, Perancangan, *Helioscope*

ABSTRACT

According to the Ministry of Energy and Mineral Resources, in the year 2020, Indonesia possessed an electricity generation capacity of 70.96 Gigawatts. Out of this capacity, 35.36% was derived from coal, 19.36% from natural gas, 34.38% from oil, and only 14.96% from Renewable Energy sources. In order to accelerate the adoption of Renewable Energy, in accordance with the Governor of Bali Regulation No. 5 of 2022, there was an encouragement to utilize rooftop Solar Power Generation (PLTS) amounting to at least 20% of the installed electricity capacity or the roof area of both new and existing Government buildings, whether at the Central or Regional levels. Therefore, a rooftop PLTS design for the Jembrana Regency Office Building was essential to support the transition to cleaner energy. The rooftop PLTS design was carried out using the Helioscope software. The rooftop PLTS design for the Jembrana Regency Office Building showed that for the scenario involving the entire roof area, it could generate 174.15 MWh in one year, which translates to 42.51% of the total electricity demand. Meanwhile, for the scenario involving only the North-facing roof, the rooftop PLTS could produce 96.55 MWh in one year, equivalent to supplying 23.57% of the total electricity demand.

Key Words : Solar Rooftop, Design, *Helioscope*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik menjadi salah satu kebutuhan pokok yang sangat wajib bagi masyarakat, baik dalam kegiatan sehari-hari maupun dalam sektor industri. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, pada tahun 2020, Indonesia memiliki kapasitas pembangkitan energi

listrik mencapai 70,96 Giga Watt. Dari kapasitas tersebut, sekitar 35,36% bersumber dari batu bara, 19,36% dari gas bumi, 34,38% dari minyak bumi, dan hanya 14,96% dari Energi Baru Terbarukan (EBT) [1].

Dalam rangka mendukung penggunaan dan pengembangan Energi Baru

Terbarukan (EBT), Pemerintah merujuk pada Peraturan Presiden No. 4 Tahun 2016 yang mengedepankan pemanfaatan energi baru terbarukan dalam infrastruktur ketenagalistrikan. Indonesia memiliki potensi besar dalam pemanfaatan energi surya (PLTS) karena dalam lintangnya yang berada di sepanjang garis Khatulistiwa, menyebabkan terjadinya intensitas penyinaran matahari yang baik sepanjang tahun. Namun, saat ini penggunaan energi surya (PLTS) baru mencapai sekitar 150 MW (0,08% dari potensi), padahal total potensi EBT di Indonesia mencapai lebih dari 400.000 MW, dengan potensi energi surya mencapai sekitar 200.000 MW [2]. Pemerintah juga mengeluarkan Peraturan Menteri Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 49 Tahun 2018 yang mewajibkan pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap bagi pelanggan PT. PLN yang ingin mengurangi biaya tagihan listrik bulanan. Tujuan dari kebijakan ini adalah untuk mendorong masyarakat dan sektor swasta beralih ke sumber energi baru terbarukan, terutama PLTS Atap.

Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), pengembangan PLTS dijadikan salah satu komponen penting dalam sumber EBT yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Bali, meskipun tidak memiliki sumber daya konvensional, memiliki beragam potensi energi terbarukan seperti tenaga air, tenaga angin, tenaga matahari, biomassa, dan tenaga panas bumi. Meskipun telah mengembangkan berbagai pembangkit energi terbarukan dengan total kapasitas sekitar 7 MW, hal ini masih mewakili hanya sekitar 1% dari sistem kelistrikan Bali [3]. Bali memiliki target pengembangan PLTS sebesar 108 MW pada tahun 2025, dari potensi total sekitar 1.254 MW. Namun, saat ini kapasitas terpasang baru mencapai 3,44% dari target Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Untuk mencapai target tersebut, pemangku kepentingan harus mempercepat penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [4]. Oleh karena itu, pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Bali per tahun harus mencapai 17,38 MWp, dengan tambahan 16,09% pembangunan per tahun, agar target energi listrik bertenaga surya sebesar 108 MWp dapat tercapai pada tahun 2025 [4]. Dalam Surat Edaran Gubernur Bali No. 05 Tahun 2022, diwajibkan agar minimal

20% dari kapasitas listrik terpasang atau luas atap pada bangunan baru maupun lama di Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah di Provinsi Bali dilengkapi dengan PLTS atap atau teknologi surya lainnya.

Dalam konteks perancangan PLTS di Kantor Bupati Jembrana, tujuan utamanya adalah untuk menghitung kapasitas optimal energi yang dapat dihasilkan dan persentase kontribusi PLTS dalam memenuhi kebutuhan energi. Total kebutuhan daya dari tiga bangunan mencapai 315 kVA. Data iradiasi harian selama tahun 2022 menunjukkan variasi nilai, dengan nilai terendah 0,74 KWh/m²/hari pada tanggal 26 Mei 2022 dan nilai tertinggi 7,21 KWh/m²/hari pada tanggal 24 Januari 2022 [5]. Melalui perhitungan ini, akan diperoleh gambaran mengenai potensi PLTS pada atap gedung Kantor Bupati Jembrana.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Terbarukan

Energi terbarukan, atau lebih dikenal sebagai *Renewable Energy*, merujuk pada sumber energi yang dapat diperbaharui dari sumber daya alam yang tidak terbatas selama manajemennya dilakukan secara berkelanjutan [4].

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu sistem pembangkitan energi listrik yang menggunakan energi matahari sebagai sumber utamanya. PLTS mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui panel surya atau modul fotovoltaik [5].

2.3 PLTS Atap

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap (PLTS Atap) adalah metode pembangkitan listrik dengan menempatkan modul fotovoltaik (PV) pada bagian atap, dinding, atau elemen bangunan lainnya yang berfungsi sebagai konsumen listrik dari jaringan umum [8].

2.4 Komponen PLTS Atap

2.4.1 Modul Surya

Modul surya, juga dikenal sebagai panel surya atau panel fotovoltaik, adalah perangkat elektronik yang dirancang untuk menangkap cahaya matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaik.

2.4.2 Inverter

Inverter adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus listrik bolak-balik (AC) yang sesuai dengan standar jaringan listrik yang umum digunakan di rumah tangga dan industri. [9].

2.4.3 Baterai

Baterai adalah salah satu komponen yang terintegrasi dalam sistem sel surya, berfungsi untuk menyimpan cadangan energi listrik [10].

2.5 Perancangan PLTS Atap

Tahap perencanaan melibatkan analisis lokasi pemasangan PLTS Atap, termasuk evaluasi bayangan, orientasi atap, dan perhitungan luas area. Langkah perencanaan juga mencakup analisis sistem kelistrikan, termasuk perhitungan beban listrik [11]. Langkah awal dalam merancang PLTS melibatkan pemilihan modul surya dan inverter yang sesuai. Langkah berikutnya adalah menghitung kapasitas maksimal PLTS Atap [12] [13]. Untuk menghitung jumlah modul surya yang dibutuhkan, digunakan persamaan berikut:

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{\text{Kapasitas PLTS}}{\text{Kapasitas Modul}} \quad (1)[14]$$

Dalam perencanaan, perhitungan untuk konfigurasi seri-paralel memiliki peranan penting untuk menentukan tegangan dan arus masukan DC dari panel surya ke inverter. Persamaan berikut dapat digunakan untuk perhitungan konfigurasi seri-paralel:

$$\text{Rangkaian seri min} = \frac{V_{\text{min inverter}}}{V_{\text{oc modul}}} \quad (2)[14]$$

$$\text{Rangkaian seri maks} = \frac{V_{\text{max inverter}}}{V_{\text{mp modul}}} \quad (3)[14]$$

$$\text{Rangkaian paralel maks} = \frac{I_{\text{max input inverter}}}{I_{\text{mp modul}}} \quad (4)[14]$$

Setelah jumlah modul surya ditentukan, langkah selanjutnya adalah menghitung total luas area yang diperlukan untuk memasang modul surya. Selanjutnya, perhitungan dilakukan untuk mengestimasi daya output dari sistem PLTS. Persamaan di bawah ini digunakan untuk menghitung daya output modul:

$$P_{\text{out}} = P_{\text{max}} - (P_{\text{max}} \times \text{rugi rugi}) \quad (5)[14]$$

$$P_{\text{out total}} = P_{\text{out modul}} (\text{Watt}) \times \text{jumlah modul} \quad (6)[14]$$

Untuk menghitung energi rata-rata yang dihasilkan per tahun (*energy yield*), data iradiasi yang diperlukan adalah iradiasi rata-rata atau *Peak Sun Hour* (PSH), yang

dapat dihitung berdasarkan data radiasi matahari dengan persamaan berikut:

$$E_{\text{out}} (\text{kWh}) = P_{\text{out}} (\text{kW}) \times \text{PSH} (\text{hour}) \quad (7)[14]$$

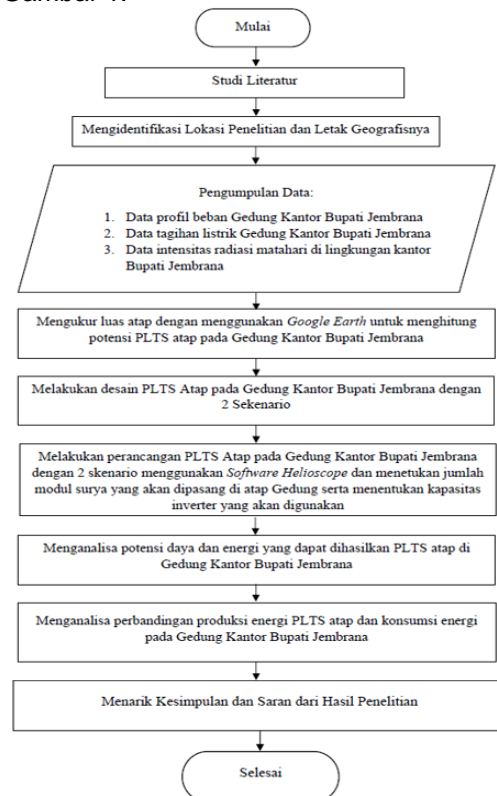
$$\text{Energy yield/year} = P_{\text{out}} \times 365 \text{ hari} \quad (8)[14]$$

2.6 Helioscope

Helioscope dikembangkan oleh Folsom Labs untuk melakukan simulasi dan perancangan PLTS berbasis *web* dengan tampilan 3D sehingga dapat mengetahui potensi *shading* maupun kinerja yang dihasilkan modul panel [15].

3. METODE PENELITIAN

Lokasi yang dipilih untuk penelitian Perancangan PLTS Atap di Gedung Kantor Bupati Jember ini yaitu di atap Gedung Kantor Bupati Jember. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah jurnal atau artikel ilmiah, buku, dan *website* yang terkait dengan penelitian ini serta data spesifikasi komponen PLTS seperti *inverter* dan modul surya. Data luas atap di gedung kantor Bupati Jember yang dihitung dengan *Google Earth*, *SketchUp*, dan *AutoCAD*, data profil beban Gedung Kantor Bupati Jember didapat dari catatan AMR PLN. Tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir penelitian yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Gedung Kantor Bupati Jembrana

Kantor Bupati Jembrana merupakan kompleks gedung pemerintah milik Pemerintahan Kabupaten Jembrana yang menjadi pusat kegiatan pemerintahan kabupaten Jembrana. Area Kantor Bupati terdiri dari tiga gedung yakni Gedung Sayap Kanan, Gedung Utama (Depan), dan Gedung Sayap Kiri.



Gambar 2. Area Gedung Kantor Bupati Jembrana

4.2 Kondisi Kelistrikan Gedung Kantor Bupati Jembrana

Kebutuhan tenaga listrik di Kantor Bupati Jembrana dipasok dari Gardu Induk (GI) Negara melalui penyulang Pecangkalan. Daya listrik untuk bangunan Kantor Bupati Jembrana diambil dari tiga transformator dengan kapasitas masing-masing transformator sebesar 105 kVA. Transformator-transformator ini terhubung dengan Panel Distribusi Utama (Main Distribution Panel/MDP) di dalam gedung kantor Bupati. MDP yang terletak di dalam gedung kantor Bupati berhubungan dengan Panel Distribusi Cabang (Sub Distribution Panel/SDP) di lantai 1. Penggunaan energi listrik di setiap ruangan meliputi berbagai jenis beban, termasuk lampu, AC (Air Conditioner), komputer, printer, TV, dan peralatan elektronik lainnya.

4.3 Profil Pemakaian Daya Listrik dan Rekening Pembayaran Listrik Gedung Kantor Bupati Jembrana

4.3.1 Pemakaian Energi dan Tagihan Listrik di Gedung Sayap Kanan

Gedung bagian Timur (Sayap Kanan) di Kantor Bupati Jembrana memiliki kapasitas daya sebesar 105 kVA. Informasi tentang pembayaran tagihan listrik di Gedung Kantor Bupati Jembrana diperoleh dari PT. PLN ULP Negara selama satu tahun, mulai dari Januari 2022 hingga Desember 2022, dengan nomor ID pelanggan 551700301844 yang tercatat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Pemakaian Energi Listrik dan Tagihan Listrik Gedung Sayap Kanan Selama Satu Tahun

Pemakaian Energi dan Tagihan Listrik Gedung Sayap Kanan Tahun 2022		
Bulan	Pemakaian Daya (kWh)	Tagihan (Rp)
Januari	9.331	13.480.496
Februari	8.961	12.945.957
Maret	7.791	11.255.658
April	8.865	12.807.266
Mei	7.471	10.793.354
Juni	7.821	11.298.999
Juli	6.764	9.771.951
Agustus	6.772	11.509.217
September	7.709	13.101.677
Oktober	8.507	14.457.902
November	7.358	12.505.142
Desember	8.373	14.230.165
Total	95.723	148.157.784

(Sumber: PT. PLN ULP Negara, 2022)

4.3.2 Pemakaian Energi dan Tagihan Listrik di Gedung Utama

Gedung Utama (bagian Tengah) di Kantor Bupati Jembrana memiliki kapasitas daya sebesar 105 kVA. Data tagihan pembayaran listrik di Gedung Kantor Bupati Jembrana berasal dari PT. PLN ULP Negara selama satu tahun, mulai dari Januari 2022 hingga Desember 2022, dengan nomor ID pelanggan 551700301856 yang terekam dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Pemakaian Energi Listrik dan Rekening Pembayaran Listrik Gedung Utama Selama Satu Tahun

Pemakaian Energi dan Tagihan Listrik Gedung Utama Tahun 2022		
Bulan	Pemakaian Daya (kWh)	Tagihan (Rp)
Januari	16.699	24.125.045
Februari	16.175	23.368.023
Maret	14.408	20.815.238
April	15.119	21.842.419
Mei	14.486	20.927.924
Juni	12.400	17.914.280
Juli	12.216	17.648.455
Agustus	12.758	21.682.604
September	13.468	22.889.270
Oktober	13.957	23.720.340
November	12.949	22.007.214
Desember	14.375	24.430.744
Total	169.010	261.371.556

(Sumber: PT. PLN ULP Negara, 2022)

4.3.3 Pemakaian Energi dan Tagihan Listrik di Gedung Sayap Kiri

Gedung bagian Barat (Sayap Kiri) di Kantor Bupati Jembrana memiliki kapasitas daya sebesar 105 kVA. Informasi tagihan pembayaran listrik di Gedung Kantor Bupati Jembrana diperoleh dari PT. PLN ULP Negara selama satu tahun, dari Januari 2022 hingga Desember 2022, dengan nomor ID pelanggan 551700301868 yang terdapat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data Pemakaian Energi Listrik dan Rekening Pembayaran Listrik Gedung Sayap Kiri

Pemakaian Energi dan Tagihan Listrik Gedung Sayap Kiri Tahun 2022		
Bulan	Pemakaian Daya (kWh)	Tagihan (Rp)
Januari	10.326	14.917.972
Februari	10.104	14.597.249
Maret	9.998	14.444.111
April	10.392	15.013.322
Mei	9.715	14.035.261
Juni	9.618	13.895.125
Juli	8.490	12.265.503
Agustus	8.572	14.568.371
September	9.407	15.987.479
Oktober	9.026	15.339.958
November	9.180	15.601.685
Desember	10.057	17.092.173
Total	114.885	177.758.209

(Sumber: PT. PLN ULP Negara, 2022)

4.4 Iradiasi Matahari di Gedung Kantor Bupati Jembrana

Output dari suatu PLTS dipengaruhi oleh adanya iradiasi matahari di daerah tersebut. Rata-rata iradiasi matahari harian selama satu tahun yang berada di wilayah kantor Bupati Jembrana yaitu 5,02 kWh/m²/Hari. Data iradiasi matahari daerah Jembrana diperoleh dari situs web PowerLab NASA dengan menentukan titik wilayah yang ingin diketahui iradiasi matahari bulannya. Setelah lokasi ditentukan menggunakan PowerLab NASA maka akan keluar hasil seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-Rata Iradiasi Harian Setiap Bulan Solar Global Horizontal Irradiance (GHI) 2022

Bulan	Rata-rata Iradiasi Harian (kWh/m ² /hari)
Januari	5,21
Februari	5,39
Maret	5,45
April	5,23
Mei	4,80
Juni	4,46
Juli	4,74
Agustus	5,00
September	5,63
Oktober	4,71
November	4,66
Desember	5,01
Rata-Rata	5,02

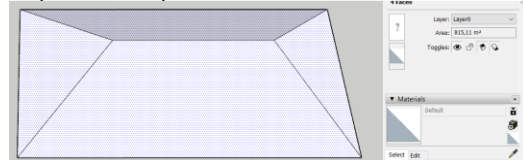
(Sumber: PowerLab NASA, 2022)

4.5 Potensi PLTS Atap Gedung Kantor Bupati Jembrana

Salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya potensi PLTS adalah luas area yang akan dipasangkan PLTS. Oleh karena itu perlu dihitung luasan atap gedung yang akan dipasang PLTS sebelum menghitung potensi dari PLTS atap tersebut.

4.5.1 Luas Atap Gedung Kantor Bupati Jembrana

Tujuan menghitung luas atap Gedung Kantor Bupati Jembrana menggunakan software *SketchUp* adalah untuk mendapatkan estimasi luas area atap dengan akurat dan efisien. Model 3D dari atap menggunakan software *SketchUp* dapat dilihat pada Gambar 3. Dengan menggunakan cara yang sama didapatkan seluruh luasan atap di setiap gedung yang dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 3. Menghitung Luas Atap menggunakan *SketchUp*

Tabel 5. Luas Atap Gedung Menggunakan *SketchUp*

Luasan Atap (m ²)	
Gedung	Total
Gedung Sayap Kanan	815,11
Gedung Utama	1351,74
Gedung Sayap Kiri	815,11

4.6 Perancangan PLTS pada Atap Gedung Kantor Bupati Jembrana

Perancangan PLTS pada atap gedung Kantor Bupati Jembrana akan dilakukan dengan 2 (dua) skenario yakni yang pertama pada seluruh sisi atap dari tiga bagian gedung Kantor Bupati Jembrana. Skenario kedua yakni perencanaan PLTS dilakukan pada atap sisi Utara pada tiga bagian gedung Kantor Bupati Jembrana. Besarnya produksi energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS akan disimulasikan menggunakan software *Helioscope*. Adapun sebelum melakukan simulasi dengan menggunakan *Helioscope*, kapasitas modul surya yang akan dipasang serta *inverter* yang akan digunakan harus diketahui terlebih dahulu.

4.6.1 Menentukan Kapasitas Modul Surya

Dalam pemilihan modul surya, dipilih modul yang memiliki efisiensi tinggi, harga panel surya dan per watt peak terjangkau, daya yang dapat dihasilkan tinggi, dan berat dari panel surya cukup ringan mengingat Gedung Kantor Bupati Jembrana termasuk bangunan lama, sehingga dipilih modul surya TSM-DE15M-(II) berkapasitas 410

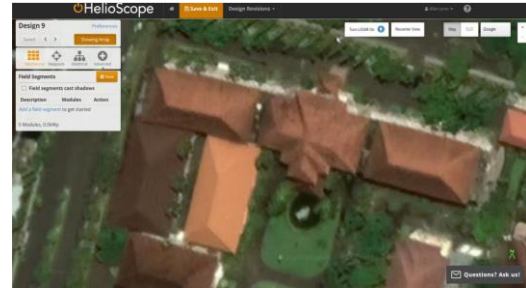
Wp. Untuk dimensi dari panel sebesar 2 m² dengan berat 22,8 kg. Dengan potensi luasan atap yang dihitung menggunakan *SketchUp*, modul surya TSM-DE15M-(II) dapat dipasang untuk Gedung Sayap Kiri dan Kanan sebanyak 408 buah panel serta Gedung Utama 677 buah panel dengan total keseluruhan 1.493 buah panel. Total produksi daya mencapai 612 kW. Adapun total energi yang dibutuhkan dari ketiga gedung selama satu tahun yaitu sebesar 378 MWh.

4.6.2 Menentukan Kapasitas Inverter yang Akan Digunakan

Saat pemilihan *inverter*, diupayakan kapasitas kerjanya mendekati kapasitas daya *output* PLTS dengan membandingkan rasio *DC* dan *AC nameplate* yang ideal sebesar 1,25. *Inverter brand* Growatt dipilih karena *inverter* ini kompatibel dengan semua spesifikasi panel surya dan interkoneksinya, memiliki efisiensi dan *performance* tinggi, rasio *DC* dan *AC nameplate* ideal 1,25, *losses* rendah serta harga lebih ekonomis. *Inverter* Growatt juga sudah berstandar/terserifikasi [16]. Jadi berdasarkan pemenuhan seluruh kriteria pemilihan *inverter*, sehingga pada perancangan Gedung Kantor Bupati Jembrana dipilih *inverter brand* Growatt dengan beberapa tipe yang berbeda yaitu Growatt MID 22KTL3-X, MID 20KTL3-X, MID 15KTL3-X, dan MID 8KTL3-XL yang memiliki *lifetime* selama 5 tahun dengan 4 *inverter* yang dipilih. Hal ini dilakukan karena terdapat dua skenario berbeda dalam perancangan PLTS atap di gedung Kantor Bupati Jembrana, sehingga efisiensi kerja dari *inverter* tetap optimal.

4.6.3 Perancangan PLTS Atap Menggunakan Helioscope

Berdasarkan kajian pustaka yang menjelaskan tentang *Helioscope* terdapat dua input yang diperlukan untuk mendapatkan desain PLTS yang baik yaitu *mechanical* dan *electrical* pada *Helioscope*. Tampilan Halaman Desain *Helioscope* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Halaman Desain *Helioscope*

4.6.4 Menentukan Sudut Kemiringan Atap

Untuk kemiringan optimal dari Gedung Kantor Bupati Jembrana sendiri dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\alpha = 90^\circ + \text{lat} - \delta \quad (9)$$

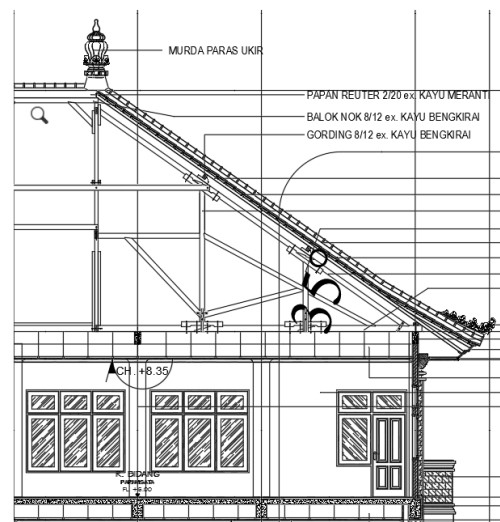
Garis lintang (*latitude*) instalasi panel surya yang terpasang di lokasi tersebut (dinyatakan dalam derajat) adalah Lat, dan δ adalah sudut deklinasi matahari (23,45°). Menggunakan persamaan ini, sudut kemiringan yang optimal bagi modul surya dapat dihitung seperti berikut: $\alpha = 90^\circ + 8,35^\circ - 23,45^\circ = 74,9^\circ$

Sehingga diperoleh sudut kemiringan optimal untuk modul sesuai dengan persamaan berikut:

$$\beta = 90^\circ - \alpha \quad (10)$$

$$= 90^\circ - 74,9^\circ = 15,1^\circ$$

Hasil pengukuran menggunakan aplikasi AutoCAD menunjukkan hasil yang tampil dalam Gambar 5.



Gambar 5. Sudut Kemiringan Atap Gedung Kantor Bupati Jembrana

4.7 Skenario Rancangan PLTS Atap Di Gedung Kantor Bupati Jembrana

Berdasarkan sketsa *AutoCAD* yang telah diberikan oleh Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Jembrana, diketahui kemiringan atap Gedung Kantor Bupati Jembrana sebesar 35°. Perancangan PLTS atap Gedung Kantor Bupati Jembrana dibagi menjadi dua skenario yaitu, pada skenario pertama akan dipasang pada seluruh sisi atap dan yang kedua akan dipasang pada atap bagian utara saja yang terdiri dari tiga gedung yang meliputi gedung Sayap Kanan, gedung Utama, dan gedung Sayap Kiri. Untuk perancangan PLTS atap Kantor Bupati Jembrana, digunakan *software Helioscope* dengan menentukan batas – batas atap, selanjutnya dapat menginput tipe modul surya yang akan dipilih, jenis pemasangan modul surya, tinggi bangunan, *azimuth* dan sudut atap.

4.8 Simulasi Unjuk Kerja PLTS Atap pada Gedung Kantor Bupati Jembrana

Simulasi untuk kerja PLTS atap dilakukan dengan 2 (dua) skenario yakni pada yang pertama adalah dengan memaksimalkan seluruh luasan atap yang berada yang berada di Gedung Kantor Bupati Jembrana yang dapat dipasang modul surya sebanyak 314 buah dengan kapasitas 128,7 kWp. Pada skenario kedua adalah dengan memaksimalkan seluruh luasan atap gedung yang menghadap ke utara saja, yang dapat dipasang modul surya sebanyak 152 buah dengan kapasitas 62,3 kWp. Dari desain yang telah dilakukan pada *software Helioscope* terdapat ringkasan hasil dari desain PLTS Atap diantaranya: rasio kinerja, produksi energi setiap bulan, total daya yang dibangkitkan PLTS, dan sumber rugi-rugi sistem.

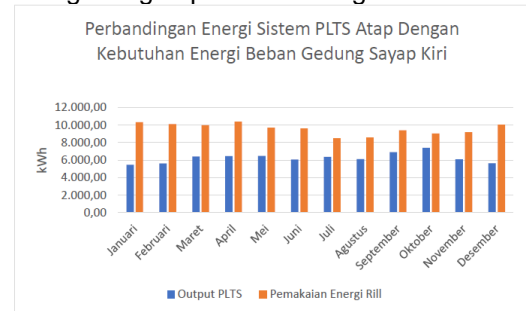
4.9 Analisis Perbandingan Produksi Energi PLTS Atap dan Konsumsi Energi Kantor Bupati Jembrana

Analisa perbandingan produksi energi PLTS dan konsumsi energi Kantor Bupati Jembrana dilakukan agar mengetahui seberapa besar energi yang dihasilkan PLTS dapat mensuplai energi yang dibutuhkan oleh beban. Perbandingan produksi energi dari PLTS atap dan konsumsi energi Gedung Sayap Kiri Kantor Bupati Jembrana disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Produksi Energi Bulanan dan Konsumsi Energi Gedung Sayap Kiri

Bulan	Output PLTS (kWh)	Pemakaian Energi Rill (kWh)
Januari	5.463,70	10.326
Februari	5.619,00	10.104
Maret	6.408,30	9.998
April	6.448,60	10.392
Mei	6.483,10	9.715
Juni	6.068,10	9.618
Juli	6.380,10	8.490
Agustus	6.112,30	8.572
September	6.908,40	9.407
Oktober	7.393,90	9.026
November	6.076,90	9.180
Desember	5.627,50	10.057
Total	74.989,90	114.885

Berdasarkan pemakaian energi rill pada Tabel 6, maka dapat terlihat bagaimana suplai energi listrik dari sistem PLTS dalam memenuhi pemakaian energi dengan membandingkan nilai pemakaian energi dengan produksi energi PLTS.



Gambar 6. Grafik Pemenuhan Energi Sistem PLTS Atap Gedung Sayap Kiri

Pada grafik perbandingan energi sistem PLTS atap dengan kebutuhan energi beban yang disajikan pada Gambar 6, bahwa sistem tidak dapat memenuhi mayoritas konsumsi energi gedung yang ditandai dengan tidak bertemuanya antara garis biru dan oranye pada grafik. Hal ini disebabkan karena output dari sistem PLTS lebih rendah dibandingkan dengan pemakaian energi riil. Total pemakaian energi rill tahunan mencapai 114.885 kWh sedangkan output pada sistem PLTS selama setahun sebesar 74.989,90 kWh. Sehingga secara perhitungan sistem PLTS hanya berhasil memenuhi kebutuhan energi sebesar 65,27% dari total energi yang dibutuhkan beban selama satu tahun.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan desain PLTS atap Kantor Bupati Jembrana, untuk skenario seluruh luasan atap Gedung Kantor Bupati Jembrana menghasilkan total modul surya sebanyak 314 buah panel kapasitas 410 Wp dengan daya output

sebesar 128,7 kWp. Untuk skenario sisi atap bagian Utara Kantor Bupati Jembrana menghasilkan total modul surya sebanyak 152 buah panel kapasitas 410 Wp dengan daya output sebesar 62,24 kWp. Pada skenario keseluruhan atap dan atap bagian utara gedung sayap kiri dan kanan telah memenuhi standar pada surat edaran Gubernur Bali No 5 Tahun 2022. Gedung sayap kiri dan kanan pada skenario seluruh atap sistem PLTS mampu memenuhi kebutuhan energi sebesar 65,27% dan 77,55% dari total energi yang dibutuhkan beban selama satu tahun. Untuk skenario atap bagian utara Gedung Sayap Kiri dan Kanan sistem PLTS mampu memenuhi kebutuhan energi sebesar 35,39% dan 42,44 % dari total energi yang dibutuhkan beban selama satu tahun.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Riza, H. & Dwianto, G., 2021. Outlook Energi Indonesia 2021 Perspektif Teknologi Energi Indonesia Tenaga Surya Untuk Penyediaan Energi Charging Station. Jakarta: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE) Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- [2] Humas EBTKE, 2021. Indonesia Kaya Energi Surya, Pemanfaatan Listrik Tenaga Surya oleh Masyarakat Tidak Boleh Ditunda. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/09/02/2952/indonesia.kaya.energi.surya.pemanfaatan.listrik.tenaga.surya.oleh.masyarakat.tidak.boleh.ditunda>. Diakses tanggal 4 November 2022.
- [3] Kumara, I. N. S., Ariastina, W. G., Sukerayasa, I. W., & Giriantari, I. A. D. (2014, October). On the potential and progress of renewable electricity generation in Bali. In 2014 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE) (pp. 1-6). IEEE.
- [4] Pawitra, A. A. G. A., Kumara, I. N. S., & Ariastina, W. G. (2020). Review perkembangan PLTS di Provinsi Bali menuju target kapasitas 108 MW tahun 2025. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 181.
- [5] Nasa Power, 2022. Nasa Prediction Of Worldwide Energy Resources. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. Diakses tanggal 28 Desember 2022
- [6] Azhar, M., & Satriawan, D. A. (2018). Implementasi kebijakan energi baru dan energi terbarukan dalam rangka ketahanan energi nasional. *Administrative Law and Governance Journal*, 1(4), 398-412.
- [7] Setiawan, I. A., Kumara, I. S., & Sukerayasa, I. W. (2014). Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLts) Satu MWP Terinterkoneksi Jaringan di Kayubih, Bangli. *Teknologi Elektro*, 13(1).
- [8] Rachmi, A. et al., 2020. Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS Atap di Indonesia. II ed. Jakarta: ICED-Indonesia Clean Energy Development.
- [9] Silaban, I. O., Kumara, I. N. S., & Setiawan, I. N. (2021). Perancangan PLTS Atap Pada Gedung Kantor Bupati Tapanuli Utara Dengan Arsitektur Rumah Adat Batak Toba. *Jurnal SPEKTRUM Vol*, 8(2).
- [10] Jurnal, R. T. (2017). STUDI PENYIMPANAN ENERGI PADA BATERAI PLTS: Retno Aita Diantari, Erlina, Christine Widyastuti. *Energi & Kelistrikan*, 9(2), 120-125.
- [11] Peraturan Direksi PT PLN Nomor 0733.K/DIR/2013 tahun 2013 tentang Pemanfaatan Energi Listrik Dari Fotovoltaik Oleh Pelanggan PT. PLN (Persero).
- [12] Pradika, G., Ida, A, D, G., I, N, S. 2020. Potensi Pemanfaatan Atap Tribun Stadion Kapten I Wayan Dipta Gianyar sebagai PLTS Rooftop. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 19, No. 2.
- [13] Tabloid Sewaka Dharma. 2007. Dinas Perijinan, Gebrakan Pemkot Tingkatkan Pelayanan.
- [14] Hasanah, A. W., Hariyati, R., & Qosim, M. N. (2019). Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On Grid dengan Gedung STT-PLN. *Energi & Kelistrikan*, 11(1), 17-26.
- [15] 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).
- [16] Priajana, P. G. G., Kumara, I. N. S., & Setiawan, I. N. (2020). Grid tie *inverter* untuk PLTS atap di Indonesia: Review standar dan *inverter* yang compliance di pasar domestik. *Jurnal SPEKTRUM Vol*, 7(2).