

RANCANGAN PLTS ATAP DI GEDUNG RUMAH JABATAN GUBERNUR PROVINSI BALI

Ni Luh Ayu Anggasari¹, Ida Ayu Dwi Giriantari², I Wayan Sukerayasa³

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

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

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

Email: anggasariayu@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia menargetkan penggunaan energi baru terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025. Energi bersih terbarukan (EBT) merupakan sumber energi yang tidak menghasilkan polusi seperti matahari/surya, air, mini/microhidro, panas bumi, dan *bioenergy*. Pemerintah Provinsi Bali telah mengeluarkan surat edaran mengenai penggunaan EBT. Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali di pilih karena penggunaan listrik yang cukup besar sekaligus menjadi contoh yang baik dari pengembangan PLTS di Bali. Pada jurnal ini membahas perancangan pemasangan PLTS pada atap gedung rumah jabatan Gubernur provinsi Bali. Perancangan yang dilakukan berupa mengetahui jumlah panel surya yang bisa di pasang pada atap gedung, potensi energi listrik yang dihasilkan PLTS, pemilihan jenis PLTS dan inverter yang digunakan. *Software Helioscope* digunakan untuk membantu memetakan lokasi perancangan PLTS dan potensi yang dihasilkan. Terdapat 4 skenario yang dilakukan, skenario 1 menggunakan 114 modul surya dengan kapasitas 63,7 kWp dan 1 buah inverter dengan kapasitas 66 kW. Skenario 2 menggunakan 64 modul surya dengan kapasitas 35,3 kWp dan 1 buah inverter dengan kapasitas 36 kW. Skenario 3 menggunakan 142 modul surya dengan kapasitas 78,1 kWp dan menggunakan 1 buah inverter dengan kapasitas 80 kW. Skenario 4 menggunakan 64 modul surya dengan kapasitas 35,3 kWp dengan 22 buah microinverter dengan kapasitas sebesar 2000 Watt.

Kata kunci : PLTS, PLTS Atap, *Helioscope*

ABSTRACT

Indonesia aims to achieve a 23% utilization of new renewable energy (EBT) by 2025. This form of clean and sustainable energy derives from sources such as solar, water, mini/microhydro, geothermal, and bioenergy, all of which have minimal to no environmental impact. The Provincial Government of Bali has introduced a directive to promote the adoption of EBT. The choice of the Bali Provincial Governor's Office for this initiative stems from its significant electricity consumption and its potential to serve as a model for photovoltaic solar (PLTS) development in Bali. This study delves into the conceptualization of a PLTS system installed atop the Bali Provincial Governor's residence. The design process involves determining the appropriate quantity of solar panels for the roof, evaluating the potential electrical output of the PLTS, selecting the specific PLTS model and inverter for implementation. To aid in this endeavor, the Helioscope software is employed, aiding in the visualization of the PLTS layout and its potential energy generation. Four distinct scenarios were considered in this study: In Scenario 1, a configuration employing 114 solar modules with a total capacity of 63.7 kWp is proposed, utilizing a single inverter with a capacity of 66 kW. Scenario 2 adopts a setup with 64 solar modules, yielding 35.3 kWp in capacity, coupled with a single inverter boasting 36 kW capacity. Scenario 3 envisions the installation of 142 solar modules generating 78.1 kWp, harmonized with a lone 80 kW inverter. Lastly, Scenario 4 opts for 64 solar modules producing 35.3 kWp, each equipped with 22 microinverters with a capacity of 2000 Watt.

Key Words : PV system, Rooftop Solar Power Plant, *Helioscope*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan utama yang sangat vital bagi manusia adalah energi listrik, yang berperan penting dalam menyokong serta mempermudah segala jenis aktivitas manusia. Penggunaan energi listrik terus meningkat sejalan dengan perkembangan teknologi dan pertambahan jumlah penduduk. Meskipun kebutuhan listrik terus meningkat, pasokan listrik belum mengalami peningkatan sebanding. Mayoritas pasokan listrik saat ini masih berasal dari sumber energi tak dapat diperbarui, seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Namun, penggunaan sumber energi tersebut juga memberikan dampak negatif pada lingkungan, seperti pelepasan emisi karbondioksida (CO₂) dan gas rumah kaca. Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif yang lebih ramah lingkungan, yakni pemanfaatan energi listrik yang berasal dari sumber Energi Baru Terbarukan.

Potensi energi terbarukan yang paling besar di Indonesia adalah energi matahari. Hal ini karena letak geografis Indonesia berada di sepanjang garis khatulistiwa, menyebabkan negara ini menerima paparan sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun. Menurut informasi dari Dewan Energi Nasional (DEN), rata-rata potensi energi matahari di Indonesia mencapai 4,8 kWh/m²/hari [1]. Berdasarkan potensi ini, pengembangan pembangkit listrik tenaga surya menjadi opsi yang sangat sesuai. Berdasarkan aplikasi pemasangannya, penggunaan PLTS dapat dibagi menjadi 3 yaitu PLTS *Grounded Mounted* (di atas tanah), PLTS *Rooftop* (di atas atap) dan PLTS *Floating* (Terapung). Dari ketiga jenis pemasangan PLTS, pemasangan PLTS *Rooftop* memiliki perkembangan yang cukup pesat karena memiliki lebih banyak keuntungan [2].

Perpres Nomor 22/2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), telah menetapkan untuk mendukung Gerakan Nasional Sejuta Surya Atap yaitu tercapainya 23% penggunaan energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 [3]. Tidak hanya pemerintah pusat, pemerintah daerah

juga turut membantu pengembangan PLTS melalui kebijakan - kebijakan yang di keluarkan oleh pemerintah daerah [4].

Pemerintah Provinsi Bali sendiri telah menerapkan kewajiban pemasangan PLTS Atap pada gedung pemerintah. Dalam Surat Edaran Gubernur Bali No. 05 Tahun 2022 menghimbau untuk melakukan pemasangan PLTS Atap dan/atau pemanfaatan teknologi surya lainnya minimal 20% dari kapasitas listrik terpasang atau luas atap pada Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah di Provinsi Bali untuk bangunan baru dan lama. Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali atau Gedung Jaya Sabha merupakan gedung yang digunakan sebagai tempat tinggal (peristirahatan) Gubernur Bali. Terdapat dua gedung utama pada Area Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali yang salah satu gedungnya digunakan untuk rumah peristirahatan Gubernur Bali dan satu gedung lainnya digunakan aula pertemuan untuk menerima tamu Gubernur. Sesuai dengan fungsinya gedung ini memiliki konsumsi yang sangat besar. Berdasarkan data pembayaran listrik sepanjang bulan juli 2021 sampai dengan juni 2022 penggunaan tertinggi energi listrik gedung ini terjadi pada bulan Juni Tahun 2022 sebesar 28.037 kWh. Oleh karena itu, Gedung Rumah Jabatan Gubernur dalam pengembangannya direncanakan untuk pemasangan PLTS Atap guna membantu menyuplai daya listrik dan mengurangi persentase konsumsi energi listrik [5].

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dalam penelitian ini dilakukan studi potensi PLTS Atap di bangunan milik Rumah Jabatan Gubernur Bali dengan tujuan untuk mengetahui berapa potensi atap dan menganalisis ekonomi dari PLTS Atap gedung Jaya Sabha. Potensi atap gedung dihitung dengan menggunakan *google earth*, desain PLTS disimulasikan dengan *software Helioscope*.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Menghitung jumlah kebutuhan tenaga listrik pada saat perencanaan

pengembangan PLTS sangat diperlukan. Ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang matang, mengoptimalkan pembangunan PLTS dan mengurangi hal yang tidak diinginkan. Rencana tersebut mencakup penghitungan luas susunan panel surya, perhitungan kapasitas energi yang dihasilkan oleh PLTS, penghitungan sudut kemiringan dan arah penempatan modul, kecondongan modul, suhu modul, serta pengaturan hubungan modul dalam rangkaian seri atau paralel [7].

2.1.1 Jumlah Modul Surya

Cara menghitung jumlah modul surya yang bisa dipasang di atap rumah adalah dengan membagi luas atap bangunan dengan luas permukaan modul surya [8].

$$Jumlah\ modul\ surya = \frac{Luas\ atap\ (m^2)}{Luas\ permukaan\ modul\ surya\ (m^2)} \quad (1)$$

2.1.2 Daya yang Dibangkitkan PLTS

Dengan menggunakan perhitungan dari modul surya maka dapat mengestimasi besarnya daya yang dapat dihasilkan oleh PLTS (*watt power*) melalui penerapan persamaan (2) sebagai yang ditunjukkan berikut ini [8].

$$Total\ daya = jumlah\ modul \times P_{max\ modul} \quad (2)$$

2.1.3 Konfigurasi Modul Surya

Cara mengatur modul surya yang dihubungkan dalam rangkaian seri atau paralel ditentukan oleh tegangan input inverter yang akan dipakai. Di bawah ini akan dijelaskan bagaimana menghitung konfigurasi modul surya. [8].

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:

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

2.1.4 Inklinasi dan Orientasi Modul Surya

Panel surya akan beroperasi optimal ketika terkena sinar matahari secara langsung dengan posisi yang tegak lurus

terhadap permukaan panel. Ketika sudut tegak panel surya semakin terpencil dari arah matahari, efisiensi penyerapan sinar matahari akan menurun. Ketika panel surya cenderung miring terhadap cahaya matahari, sebagian besar sinar akan memantul dari permukaan sel surya, sehingga hanya sedikit foton yang dapat diserap oleh sel surya. Berikut merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk ketinggian maksimum ketika matahari mencapai langit (dalam derajat) [9].

$$\alpha = 90^\circ - lat + \delta \ (Nhemisphere) \quad (6)$$

$$\alpha = 90^\circ + lat - \delta \ (Shemisphere) \quad (7)$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha \quad (8)$$

2.1.5 Sudut Kemiringan Modul Surya

Kemiringan modul surya mempengaruhi seberapa banyak radiasi yang dapat diserap oleh permukaan PV *module*. Mengarahkan pemasangan PV *module* ke arah khatulistiwa dimaksudkan untuk memastikan bahwa PV *module* menerima sinar matahari secara optimal. PV *module* yang dipasang di daerah khatulistiwa (garis lintang = 0°) dan diletakkan dengan kemiringan datar (sudut kemiringan = 0°) akan menghasilkan produksi energi yang paling tinggi [10].

2.1.6 Sudut Azimuth

Pergerakan rotasi dan revolusi bumi mengelilingi matahari mengakibatkan posisi matahari selalu berubah tanpa henti seiring berjalannya waktu. Posisi sudut matahari terlihat berbeda setiap harinya. Pada saat ekuinoks, matahari muncul langsung dari arah timur saat terbit dan tenggelam tepat di sisi barat, independen dari lokasi lintang tempat kita berada. Ini menghasilkan sudut *azimuth* 90° saat matahari terbit dan 270° saat matahari tenggelam. Variasi sudut *azimuth* matahari sepanjang hari dipengaruhi oleh berbagai faktor termasuk sudut deklinasi (δ), lintang tempat (φ), elevasi matahari (α), dan juga sudut jam matahari (*HRA*). [6].

$$\gamma = \frac{\sin\delta\cos\phi - \cos\delta\sin\phi(HRA)}{\cos\alpha} \quad (9)$$

2.2 Selisih Energi

Selisih energi bertujuan untuk mengetahui selisih energi yang dihasilkan PLTS (kWh) dengan pemakaian energi (kWh). Selisih energi dapat dihitung menggunakan persamaan (10) berikut [11].

$$\text{Selisih (\%)} = \frac{\text{Output PLTS (kWh)} - \text{pemakaian energi (kWh)}}{\text{pemakaian energi (kWh)}} \quad (10)$$

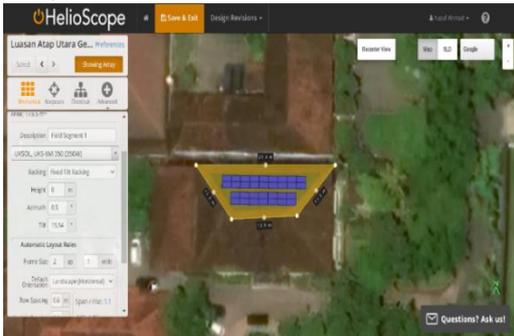
2.3 Solar Fraction

Solar Fraction adalah besarnya energi yang disediakan oleh teknologi surya dibagi dengan total energi yang dibutuhkan. Fraksi penghematan matahari bernilai 0 dan bernilai 1,0 apabila energi matahari dimanfaatkan semua. berikut merupakan perhitungannya [6].

$$f = \frac{\text{Output PLTS (kWh)}}{\text{pemakaian energi (kWh)}} \quad (11)$$

2.4 Helioscope

Software *Helioscope* digunakan untuk mensimulasikan perencanaan dengan tampilan 3D dengan tujuan menampilkan potensi *shading* dan mengetahui performa dari setiap panel yang diletakkan. Prinsip kerja dari *helioscope* yaitu dengan menginput data yang digunakan meliputi teknologi modul surya, jenis *inverter*, jumlah dan jenis modul, luas area PLTS.

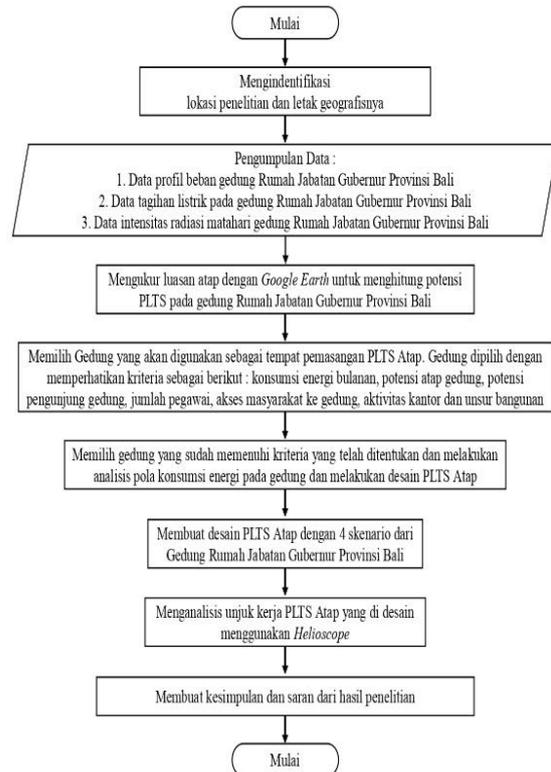


Gambar 1. Tampilan Software *Helioscope*.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di lingkungan Gedung Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali yang beralamat di Jl. Surapati No. 1, Kelurahan Dangin Puri, Kecamatan Denpasar Timur, Denpasar, Banjar Abasan, Desa Dangin Puri, Denpasar Timur, Bali. Pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan Juni 2022 hingga bulan April 2023. Berikut merupakan

metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir (Flowchart) Alur Analisis

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Gedung Jaya Sabha atau Rumah Jabatan Gubernur Bali

Gedung Jaya Sabha atau Rumah Jabatan Gubernur Bali berlokasi di Jl. Surapati No. 1, Kelurahan Dangin Puri, Banjar Abasan, Desa Dangin Puri, Denpasar Timur, Bali. Area Rumah Jabatan Gubernur terdiri dari 3 (tiga) gedung utama yang digunakan menunjang kegiatan Gubernur Bali. Terdapat tiga gedung yang terdiri dari Gedung Jaya Sabha, Rumah Dinas Gubernur, dan Gedung Kertha Sabha dapat dilihat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Gambar Area Gedung Rumah Jabatan Gubernur

4.2 Kriteria Gedung Untuk Pemasangan PLTS

Ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi suatu gedung jika ingin melakukan pemasangan PLTS. Kriteria ini berfungsi untuk menilai kelayakan suatu gedung. Tabel yang berisi kriteria pemilihan gedung dapat dilihat seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria gedung untuk desain PLTS Atap

No.	Kriteria Gedung	Penjelasan
1	Luas atap gedung	Memilih instansi dengan atap yang luas, karena kapasitas PLTS berbanding lurus dengan luasan atap. Semakin luas atap bangunan, maka jumlah modul surya akan semakin banyak terpasang.
2	Orientasi atap gedung	Memilih instansi dengan orientasi atap menghadap utara yang luas. Iradiasi matahari akan lebih optimal jika panel surya dihadapkan ke arah utara, sehingga output PLTS akan lebih maksimal.
3	Konstruksi bangunan	Memilih gedung yang memiliki konstruksi bangunan yang kokoh, sehingga aman untuk digunakan sebagai tempat desain PLTS.
4	Konsumsi energi bulanan	Memilih instansi dengan tagihan listrik yang tinggi. Dengan begitu, pemasangan PLTS nantinya dapat mengurangi tagihan listrik tersebut.
5	Potensi pengunjung	Memilih instansi dengan potensi pengunjung yang ramai sehingga dapat memberikan edukasi kepada pengunjung kantor berupa papan yang berisi ilustrasi tentang PLTS atap di tempat publik dekat area gedung sehingga dapat menambah wawasan dan pemahaman pengunjung mengenai PLTS atap.
6	Akses masyarakat	Memilih instansi yang berlokasi di pusat kota, sehingga akses masyarakat untuk melihat PLTS atap menjadi mudah dan lancar.

4.3 Potensi PLTS pada Atap Area Gedung Jaya Sabha

Untuk menghitung potensi PLTS pada atap perlu mengetahui luas atap gedung dan luas permukaan modul surya dengan tujuan untuk bisa menghitung jumlah modul surya yang akan dipasang. Luas atap gedung Jaya Sabha yang dihitung dengan bantuan *Google Earth* adalah sebesar 703,6 m². Modul surya yang digunakan adalah *Trina Solar, TSM-*

DEG19C.20 550 dengan kapasitas 550 Wp dengan luas permukaan 2,61 m². Berikut merupakan persamaan untuk menghitung sudut optimal pemasangan modul surya.

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

$$\alpha = 90^\circ + 8,65^\circ - 23,45^\circ$$

$$\alpha = 75,2^\circ$$

Maka dari itu sudut optimal yang dibentuk oleh PV module terhadap lokasi penelitian dapat diperoleh dengan :

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

$$\beta = 90^\circ - 75,2^\circ = 14,8^\circ$$

Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah modul surya yang bisa terpasang.

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{\text{Luas Atap Gedung}}{\text{Luas Permukaan Modul Surya}}$$

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{703,6 \text{ m}^2}{2,61 \text{ m}^2}$$

$$\text{Jumlah Modul} = 269 \text{ buah}$$

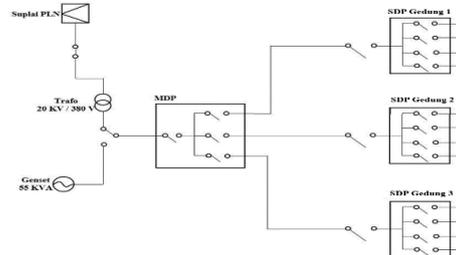
Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung total daya maksimum yang dapat dihasilkan.

$$\text{Total Daya} = \text{Jumlah Modul} \times \text{Daya Maksimum Modul}$$

$$\text{Total Daya} = 269 \times 550 = 147.950 \text{ Wp}$$

4.4 Sistem Kelistrikan Area Gedung Rumah Jabatan Gubernur Bali

Kebutuhan listrik Area Gedung Jaya Sabha di suplai oleh gardu induk sanur melalui penyulang VIP. Berikut merupakan gambar skematik sistem kelistrikan Gedung Jaya Sabha seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skematik sistem kelistrikan Gedung Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali

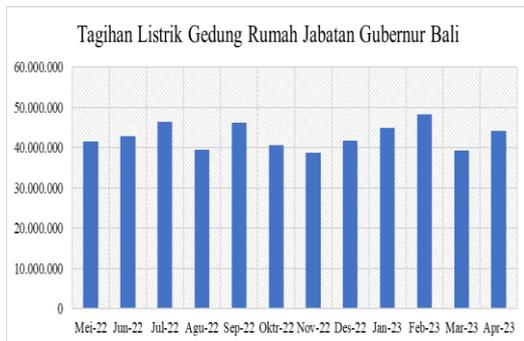
4.5 Tagihan Listrik Area Gedung Rumah Jabatan Gubernur Bali

Gedung Rumah Jabatan Gubernur Bali termasuk dalam tarif R3 dan daya yang

dibutuhkan sebesar 164.000 VA. Berikut merupakan tabel tagihan listrik secara lengkap dari Rumah Jabatan Gubernur Bali.

Tabel 2. Tagihan Listrik Gedung Rumah Jabatan Gubernur Bali

NO	Bulan	Pemakaian Energi (kWh)	Pembayaran Listrik (Rp)
1	Mei-2022	22.037	41.581.615
2	Juni-2022	22.711	42.853.385
3	Juli-2022	24.563	46.347.924
4	Agustus-2022	20.941	39.513.572
5	September-2022	24.465	46.162.691
6	Oktober-2022	21.547	40.657.948
7	November-2022	20.553	38.782.788
8	Desember-2022	22.113	41.725.694
9	Januari-2023	23.799	44.906.296
10	Februari-2023	25.524	48.160.472
11	Maret-2023	20.850	39.343.073
12	April-2023	23.413	44.178.116
Total		272.516	514.213.574



Gambar 5. Grafik Tagihan Listrik Area Gedung Rumah Jabatan Gubernur Bali Tahun 2022-2023

Dari Gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa tagihan listrik tertinggi terjadi pada bulan Februari 2023.

4.6 Iradiasi Matahari di Area Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali

Iradiasi matahari merupakan nilai penyinaran matahari terhadap suatu luasan daerah tertentu. Besarnya iradiasi matahari merupakan faktor utama yang mempengaruhi keluaran energi dari PLTS karena kinerja dari PLTS sangat bergantung dengan kualitas penyinaran matahari. Dari data yang di dapat dari *Website Global Solar Atlas* pada tahun 2022 iradiasi tertinggi terjadi pada bulan Oktober sebesar 6,80 kWh/m²/hari, sedangkan nilai iradiasi

matahari terendah berada pada bulan Januari yaitu sebesar 4,41 kWh/m²/hari, sedangkan nilai rata-rata iradiasi matahari yaitu sebesar 5,85 kWh/m²/hari.

4.7 Potensi PLTS Atap Area Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, luas area Rumah Jabatan Gubernur adalah 2.164,4 dan dapat dipasang modul surya sebanyak 783 buah dengan potensi daya sebesar 430.500 Wp. Berikut merupakan tabel rincian orientasi atap Gedung Jaya Sabha.

4.8 Pola Beban Listrik Area Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali

Power Analyzer digunakan untuk mengukut beban harian yang mempunyai fungsi paling lengkap, meliputi pengukuran frekuensi, arus listrik, daya aktif, tegangan, daya kompleks, faktor daya dan daya reaktif. Jenis yang digunakan adalah 3 *Phase Power Analyzer Lutron* dengan model DW-6092 dengan waktu pengukuran selama 1 minggu. Berikut merupakan Gambar dari grafik pengukuran.



Gambar 6. Grafik pola beban hari kerja



Gambar 7. Grafik pola beban hari libur



Gambar 8. Grafik pola beban puncak

4.9 Desain PLTS Atap Gedung Area Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali

Kemiringan Atap gedung Jaya Sabha sebesar 30°, hasil ini diperoleh dari mengukur dengan busur sketsa yang di dapat dari Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali.

4.10 Skenario Desain PLTS Atap Gedung Area Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali

Untuk mendesain PLTS dengan memanfaatkan atap pada gedung area Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali dapat dibedakan menjadi empat (4) skenario. Terdapat perbedaan dari masing-masing skenario, yaitu Jumlah modul surya yang dapat dipasang, *inverter* yang digunakan, Potensi energi menggunakan hitungan matematika, energi yang dihasilkan setelah di hitung menggunakan software *Helioscope*, Lokasi pemasangan pada atap gedung.

Terdapat perbedaan-perbedaan tersebut pada masing-masing skenario. Berikut merupakan penjelasan dari skenario 2, skenario yang mampu memenuhi beban puncak pada gedung.

4.10.2 Desain PLTS Atap Skenario 2

Desain PLTS Atap skenario 2 yaitu memanfaatkan luasan atap hanya untuk memenuhi beban puncak. Jumlah modul yang dapat di pasang yaitu 64 modul surya dengan daya yang dihasilkan sebesar 35,2 kWp. Tipe *inverter* yang digunakan yaitu *Solis 3P-36K-5GDC* dengan kapasitas sebesar 35,2 kW sebanyak 1 buah. Data yang diperoleh dari simulasi kinerja PLTS

Atap menggunakan Perangkat Lunak *Helioscope* mencakup informasi mengenai produksi energi per bulan, rasio performa, dan efisiensi kerugian. Berdasarkan desain skenario 2, PLTS memiliki potensi untuk menghasilkan daya mencapai 35,2 kWp, dengan total produksi energi tahunan sekitar 54,32 MWh. Selain itu, terdapat persentase kinerja sebesar 77,2% dan tingkat kerugian sebesar 23,8%, sesuai yang digambarkan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Desain sisi atap Gedung Kertha Sabha yang berbentuk trapesium

Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung konfigurasi seri paralel modul surya pada skenario 2.

Rangkaian seri minimal:

$$\text{minimal rangkaian seri} = \frac{180}{38,1} = 4,72 = 4 \text{ unit}$$

Rangkaian seri maksimal:

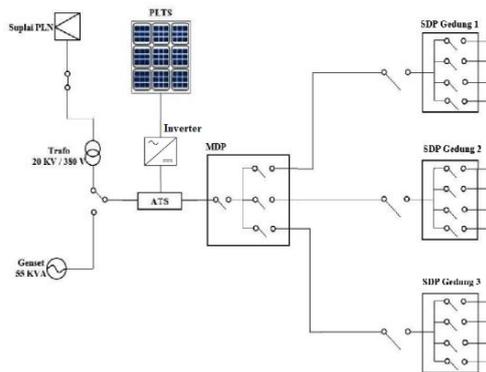
$$\text{maksimal rangkaian seri} = \frac{1100}{31,8} = 34,59 = 34 \text{ unit}$$

Rangkaian paralel:

$$\text{maksimal rangkaian paralel} = \frac{104}{17,29} = 6,01 = 6 \text{ unit}$$

Berikut merupakan skematik sistem kelistrikan skenario 2 pada Gedung Rumah

jabatan Gubernur Provinsi Bali seperti yang terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Skematik sistem kelistrikan setelah dipasang PLTS Atap skenario 2

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di atap Gedung Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali, dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam skenario pertama, dimungkinkan untuk memasang 114 modul surya dengan total kapasitas 62,7 kWp menggunakan satu inverter berkapasitas 66 kW. Pada skenario kedua, desain PLTS memungkinkan pemasangan 64 modul surya dengan kapasitas total 35,2 kWp dan penggunaan satu inverter berkapasitas 36 kW. Untuk skenario ketiga, PLTS dapat diimplementasikan dengan memasang 142 modul surya berkapasitas total 78,1 kWp dan menggunakan satu inverter 80 kW. Sedangkan pada skenario keempat, PLTS bisa dipasang dengan 64 modul surya berkapasitas total 35,2 kWp dan menggunakan 22 micro-inverter dengan kapasitas masing-masing 2000 Watt.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dewan Energi Nasional, "Rencana Strategis Dewan Energi Nasional," Jakarta, Indonesia: Kementerian Energi Sumber Daya dan Mineral (ESDM), 2015.
- [2] Badan Penelitian dan Pengembangan ESDM, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," Kementerian ESDM, 2017.
- [3] Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), 2017.
- [4] Pemerintahan Provinsi Bali. 2019. Peraturan Gubernur Bali Nomor 45 Tahun 2019 Tentang Bali Energi Bersih
- [5] Dewan Energi Nasional, "DEN Dorong Penyelesaian Raperda RUED Bali," Jakarta, Indonesia: DEN, 2019.
- [6] Iwan, D., Kumara, I.N.S., Setiawan, I.N. 2020. Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap di Kantor Bupati Tabanan.
- [7] BPPT. 2019. BPPT: Indonesia Darurat Energi. <https://www.bppt.go.id/teknologiinformasi-energi-dan-material/3296-bppt-indonesia-darurat-energi>. Diakses tanggal 30 Agustus 2022.
- [8] Pratama, I.D.G.Y.P., Kumara, I.N.S., Setiawan, I.N. 2018. Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung Untuk PLTS Rooftop. *Jurnal Spektrum* Vol.5: 2
- [9] ABB. 2010. *Technical Application Papers* No. 10 *Photovoltaic Plants*. Bergamo: ABB SACE.X
- [10] Hanif, Muhammad. 2012. "Studying Power Output of PV Solar Panels at Different Temperatures and Tilt Angel". Khyber Pakhtunkhwa Agricultural University, Peshawar, Pakistan.
- [11] Kristiawan, H., Kumara, I.N.S., Giriantari, I.A.D. 2019. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar. *E-journal Spektrum* 6(4) : 66-70