



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 4 Tahun 2025 Page 10416-10435

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Perancangan PLTS Atap di Gedung Lecture Building Universitas Udayana

Jupael Sihombing^{1✉}, I Wayan Sukerayasa², I Nyoman Setiawan³, I Gusti Ngurah Janardana⁴,
I Nyoman Budiastira⁵, I Made Suartika⁶

(1) Universitas Udayana (2) (3) (4) (5) (6) Universitas Udayana Kampus Bukit

Email: jupael.sihombing130@student.unud.ac.id^{1✉}

Abstrak

Pertumbuhan kebutuhan energi listrik di Provinsi Bali hingga saat ini masih didominasi oleh pemanfaatan sumber energi fosil dan batu bara. Penggunaan energi tersebut menghasilkan emisi karbon dioksida (CO₂) dan gas rumah kaca yang, dalam jangka panjang, berdampak negatif terhadap lingkungan. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi konvensional, pemanfaatan sumber energi baru terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi solusi yang tepat dan ramah lingkungan. Gedung Lecture Building Universitas Udayana dipilih sebagai objek studi karena memiliki tingkat konsumsi listrik yang cukup tinggi. Perancangan sistem PLTS pada gedung ini disesuaikan dengan luas atap yang tersedia, dengan memanfaatkan keempat sisi atap bangunan. Setiap sisi dipasang 32 modul surya berkapasitas 670 Wp per unit, satu inverter berdaya 25 kW, serta 16 unit baterai berkapasitas 200 Ah. Simulasi sistem dilakukan menggunakan perangkat lunak PVsyst, dan dengan total kapasitas terpasang sebesar 85,76 kWp, sistem ini mampu menghasilkan energi listrik sekitar 515,8 kWh per hari.

Kata Kunci: *Energi Baru Terbarukan, PLTS Atap, BESS, PVsyst*

Abstract

The growing demand for electricity in the Province of Bali is still largely dominated by the use of fossil fuels and coal. This reliance on conventional energy sources contributes to carbon dioxide (CO₂) emissions and greenhouse gases, which in the long term have a negative impact on the environment. To reduce this dependency, the utilization of renewable energy sources such as Solar Power Plants (PLTS) offers an effective and environmentally friendly solution. The Lecture Building at Udayana University was selected as the study object due to its relatively high electricity consumption. The PLTS system design for this building was based on the available roof area, utilizing all four roof sides. Each side is equipped with 32 solar modules rated at 670 Wp per unit, one inverter with a capacity of 25 kW, and 16 battery units each with a capacity of 200 Ah. The system design was simulated using PVSyst software, and with a total installed capacity of 85.76 kWp, the system is capable of generating approximately 515.8 kWh of electricity per day.

Keywords: *Renewable Energy, Rooftop PV, BESS, PVSyst*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan kebutuhan energi listrik di Indonesia terus tumbuh setiap tahunnya, terutama di daerah perkotaan yang berkembang pesat di sektor industri, komersial dan rumah tangga menjadi faktor penyumbang permintaan terbesar terhadap energi listrik. Menurut data dari ESDM, realisasi konsumsi listrik pada tahun 2023 mencapai 1.337 kWh/Kapita meningkat sebesar 13,98% dari tahun 2022 sebesar 1.173 kWh/Kapita, ini termasuk pertumbuhan konsumsi energi listrik di beberapa daerah salah satunya provinsi Bali, pertumbuhan kebutuhan konsumsi listrik di provinsi Bali mengalami peningkatan setiap tahunnya, sejak tahun 2020 sampai 2024 kebutuhan energi listrik di provinsi Bali mengalami peningkatan sebesar rata-rata 3,55%, dan pada tahun itu juga ditargetkan pertumbuhan kebutuhan energi listrik mencapai 1.408 kWh/Kapita guna mengantisipasi kenaikan konsumsi listrik masyarakat [1].

Mayoritas pasokan energi listrik di negara Indonesia masih mengandalkan energi yang berasal dari batubara, berdasarkan data DEN (Dewan Energi Nasional) bauran energi tertinggi 2023 dipegang oleh batubara yaitu sebesar 40,46%. Hingga saat ini, provinsi-provinsi di negara Indonesia sebagian besar masih mengandalkan penggunaan energi konvensional salah satunya provinsi Bali. Komposisi pembangkit listrik konvensional di provinsi Bali mayoritas disuplai oleh PLTU dengan kapasitas daya 380 MW, PLTG dengan kapasitas daya 322 MW, PLTMG dengan kapasitas daya 182,4 MW dan PLTD dengan kapasitas daya 65,6 MW. Penggunaan energi tersebut akan menghasilkan emisi karbondioksida (CO₂) dan gas rumah kaca yang dalam jangka waktu panjang akan

berdampak buruk terhadap lingkungan. Oleh karena itu, untuk mencegah dampak buruk terhadap lingkungan dapat dilakukan dengan mengurangi ketergantungan penggunaan pembangkit konvensional dan mengembangkan energi baru terbarukan (EBT), seperti pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) [2].

Negara Indonesia memiliki peluang besar untuk memanfaatkan sumber energi terbarukan yang dapat di konversi menjadi energi listrik. Menurut data dari DEN bahwa radiasi matahari di Indonesia dapat dikategorikan secara berurutan, yakni di kawasan barat dan timur, penyinaran di kawasan barat Indonesia (KBI) kisaran 4,5 kWh/m² per hari dengan variasi bulanan berkisar 10%. Sedangkan di kawasan timur Indonesia (KTI) kisaran 5,1 kWh/m² per hari dengan variasi bulanan berkisar 9% [3].

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan sumber energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. PLTS atau disebut juga dengan fotovoltaik merupakan jenis pembangkit yang mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Berdasarkan aplikasi pemasangannya, PLTS di bagi atas tiga jenis yaitu, PLTS *Grounded Mounted* (di atas tanah), PLTS *Rooftop* (di atas atap) dan PLTS *Floating* (Terapung). Dari ke tiga jenis PLTS ini, PLTS *Rooftop* memiliki perkembangan yang sangat pesat yang lebih banyak di minati di Indonesia. Hal ini bisa terjadi karena PLTS *Rooftop* memiliki keuntungan seperti dapat memanfaatkan atap bangunan sebagai tempat pemasangan modul surya sehingga secara otomatis dapat mengurangi biaya investasi lahan.

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap adalah jenis PLTS yang memanfaatkan atap bangunan sebagai tata letak panel surya. Sistem PLTS *Rooftop* mempunyai tiga jenis sistem konfigurasi yaitu, *on-grid*, *off-grid* dan *hybrid*. Diantara sistem-sistem tersebut, sistem *on-grid* merupakan sistem yang paling ekonomis karena tidak memerlukan baterai dan sistem terhubung dengan jaringan PLN, apabila energi yang dihasilkan PLTS tidak dapat menyuplai kebutuhan energi listrik pada bangunan maka secara otomatis sistem akan melakukan impor energi listrik dari jaringan PLN, sedangkan kelebihan energi yang dihasilkan PLTS akan di ekspor ke jaringan PLN. Akan tetapi, Pemilihan konfigurasi sistem tergantung dari kebutuhan bangunan, sehingga dengan pilihan yang tepat perancangan PLTS atap dapat lebih efisien [4].

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dalam penelitian ini akan dilakukannya studi potensi PLTS atap di Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana. Perancangan PLTS yang dilakukan menggunakan metode perancangan PLTS atap sistem *On-Grid* dengan BESS. Dimana sistem PLTS dilengkapi dengan baterai guna untuk mengantisipasi kelebihan energi

yang dihasilkan PLTS sehingga dapat di simpan ke dalam baterai yang kemudian bisa digunakan pada saat malam hari ataupun pada saat cuaca mendung.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan suatu pembangkit yang menggunakan sinar matahari melalui sel surya (photovoltaik) untuk mengubah radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik. Photovoltaik sendiri merupakan fenomena fisika yang terjadi pada permukaan sel surya (solar cell) ketika menerima cahaya matahari. Selanjutnya, cahaya yang diterima akan diubah menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah [5].

Sistem-Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sistem Pembangkit listrik tenaga surya dibagi atas tiga bagian, antara lain :

1. PLTS *On-Grid* merupakan sistem PLTS yang terhubung langsung ke jaringan PLN, energi yang dihasilkan PLTS akan disuplai ke panel distribusi peralatan listrik bangunan. Jika energi yang dihasilkan PLTS tidak dapat memenuhi komsumsi listrik bangunan, maka sistem akan melakukan impor energi dari jaringan PLN dan jika energi yang dihasilkan PLTS melebihi komsumsi listrik bangunan, maka kelebihan energi tersebut akan di ekspor ke jaringan PLN [6].
2. PLTS *Off-Grid* merupakan sistem PLTS yang berdiri secara mandiri (tidak terhubung ke jaringan PLN). Sistem ini mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi listrik, dimana energi listrik akan disimpan di dalam baterai yang kemudian akan digunakan setelah PLTS tidak dapat memproduksi energi listrik [7].
3. PLTS *Hybrid* merupakan sistem PLTS yang menggabungkan keunggulan sistem *on-grid* (terhubung ke jaringan PLN) dan *off-grid* (mandiri dengan baterai). Sistem ini memungkinkan pengguna untuk memanfaatkan energi matahari pada siang hari dan menyimpan kelebihanannya di baterai untuk digunakan pada malam hari atau saat kondisi cuaca tidak mendukung, dan pada saat kebutuhan listrik melebihi energi yang dihasilkan PLTS dan energi yang tersimpan di dalam baterai, maka sistem akan secara otomatis beralih ke jaringan PLN [6].

Komponen Sistem PLTS

PLTS sistem On-Grid dengan BESS terdiri dari beberapa komponen utama, diantaranya:

1. Modul Surya

Modul surya atau photovoltaik adalah komponen PLTS yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC) [7].

2. Inverter

Inverter merupakan komponen PLTS yang berfungsi untuk mengubah dari sumber tegangan arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan besaran tegangan dan frekuensinya yang dapat diatur [7].

3. Baterai

Baterai merupakan komponen PLTS yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang di hasilkan modul surya dalam bentuk arus searah (DC), energi yang tersimpan digunakan sebagai cadangan energi, yang akan digunakan pada saat modul surya tidak dapat menghasilkan energi listrik [8].

4. PV Combiner Box

PV Combiner Box merupakan komponen PLTS yang berfungsi untuk memproteksi gangguan internal maupun eksternal yang memiliki potensi destruktif terhadap piranti-piranti PLTS [9].

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Menghitung kebutuhan energi listrik pada saat proses perancangan PLTS sangat diperlukan. Hal ini bertujuan untuk memberikan informasi kepada pembuat kebijakan, dengan perkiraan yang baik dan matang diharapkan dapat mengurangi pembangunan yang tidak dibutuhkan. Perancangan yang baik dapat dilakukan dengan beberapa hal yaitu :

1. Menghitung Total Daya Yang Dibangkitkan PLTS

Untuk mengetahui kapasitas maksimum sistem PLTS yang akan dibangun, dilakukan perhitungan total daya puncak (peak power) berdasarkan jumlah panel yang digunakan. Berikut persamaan menghitung total daya yang dibangkitkan PLTS [10] :

$$\text{Total Daya (P)} = \text{Jumlah Modul} \times \text{Pmax modul} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

P = Total daya yang dihasilkan PLTS (Wp)

Jumlah modul = Banyaknya modul surya digunakan dalam sistem

Pmax modul = Daya maksimum yang dihasilkan oleh satu buah modul PV (Wp)

2. Menghitung Jumlah Modul PLTS

Untuk menghitung jumlah modul surya yang bisa dipasang di atap bangunan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [11] :

$$\mathbf{Jumlah\ modul\ sur} = \frac{\mathbf{Luas\ atap\ m2}}{\mathbf{Luas\ permukaan\ modul\ surya}} \dots\dots\dots(2)$$

3. Konfigurasi Modul Surya

Untuk menentukan banyaknya modul yang dipasang dengan rangkaian seri dan paralel dapat digunakan persamaan berikut [12] :

Rangkaian seri minimal :

$$\mathbf{Minimal\ rangkaian\ seri} = \frac{\mathbf{Vmin\ Inverter}}{\mathbf{Voc\ Modul}} \dots\dots\dots(3)$$

Rangkaian seri maksimal :

$$\mathbf{Maksimal\ rangkaian\ seri} = \frac{\mathbf{Vmax\ Inverter}}{\mathbf{Vmpp\ Modul}} \dots\dots\dots(4)$$

Rangkaian paralel maksimal :

$$\mathbf{Maksimal\ rangkaian\ paralel} = \frac{\mathbf{Imax\ Inverter}}{\mathbf{Impp\ Modul}} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

Vmin Inverter = Minimum DC input voltage inverter (volt)

Voc Modul = Open circuit voltage (volt)

Vmax Inverter = Maximum DC input voltage inverter (volt)

Vmpp Modul = Maximum power point voltage

Imax Inverter = Maximum input current inverter

I_{mpp} Modul = Maximum power point current

4. Orientasi Sudut Kemiringan Modul Surya

Sudut kemiringan modul memiliki dampak yang besar terhadap radiasi matahari di permukaan modul PV. Arah sudut kemiringan PV ditempatkan mengarah pada garis khatulistiwa yang bertujuan untuk mendapatkan penyinaran maksimal sehingga energi listrik yang dibangkitkan dapat dimaksimalkan [13].

5. Menentukan kapasitas inverter

Dalam perancangan PLTS pemilihan inverter harus diperhatikan. Pemilihan inverter PLTS sistem *On-Grid* harus mempunyai kemampuan untuk melepaskan hubungan (*islanding system*) ketika terjadi drop tegangan, dengan mempertimbangkan kapasitas PLTS yang akan dipasang. Untuk menentukan kapasitas inverter dapat menggunakan persamaan berikut [10]:

$$\text{Kapasitas Inverter} : PMPP \times \text{Safety Factor} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan :

PMPP = Peak Maximum Power Point

Safety Factor = 1 sampai dengan 1,3

6. Menentukan kapasitas baterai

Untuk menghitung kapasitas baterai, dapat menggunakan persamaan berikut [14]:

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{E_d \times N}{V_s \times DoD \times \eta_b} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

E_d = Jumlah energi listrik yang digunakan

N = Jumlah hari otonomi

DoD = Kedalaman maksimum untuk pengosongan baterai (%)

V_s = Tegangan sistem (V)

η_b = Efisiensi Baterai

Untuk menghitung jumlah baterai rangkaian seri dan paralel pada baterai dapat menggunakan persamaan berikut :

1. Menghitung jumlah baterai rangkaian baterai seri

$$N_s = \frac{V_s}{V_b} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

N_s = Jumlah baterai rangkaian seri

V_s = Tegangan inputan inverter

V_b = Tegangan nominal baterai (V)

2. Menghitung jumlah rangkaian baterai paralel :

$$N_p = \frac{C}{C_b} \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan :

N_p = Jumlah baterai rangkaian paralel

C = Kapasitas baterai yang dibutuhkan (Ah)

C_b = Kapasitas baterai yang dibutuhkan (Ah)

Software Simulasi

Software simulasi adalah perangkat lunak yang di buat berdasarkan pada proses nyata dengan menggunakan model sistem yang dinyatakan oleh sekumpulan rumus-rumus matematika. Perangkat lunak simulasi banyak digunakan secara luas untuk merancang peralatan sehingga produk ahir yang dihasilkan akan mendekati spesifikasi desain, tanpa memerlukan biaya yang mahal pada saat dilakukan perubahan/modifikasi parameternya.

1. Software *PVSyst*

PVSyst merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk proses pembelajaran, pengukuran (*sizing*), dan analisis data dari sistem PV secara lengkap. *PVSyst* dikembangkan oleh Universitas Genewa yang memiliki fitur simulasi sistem terinterkoneksi

jaringan (*grid-conencted*), sistem berdiri sendiri (*stand-alone*), sistem pompa (*pumping*), dan jaringan arus searah untuk transfortasi publik (*DC-grid*) [15].

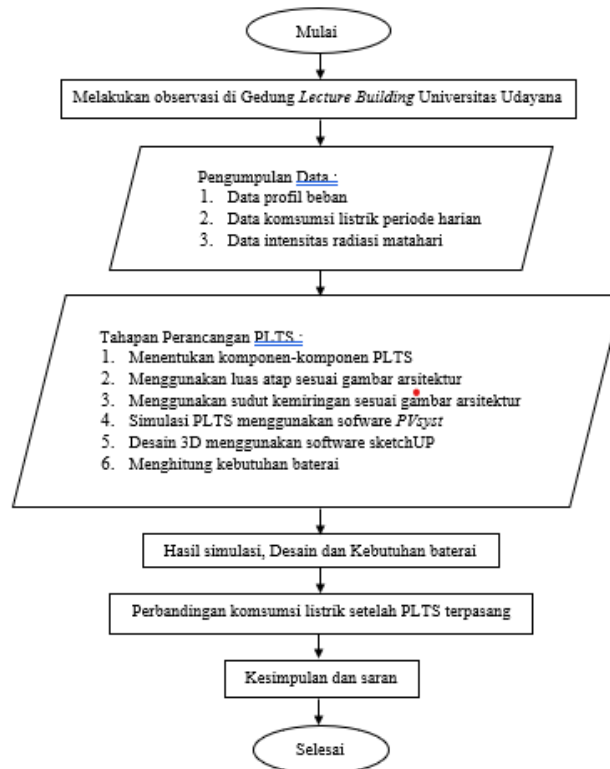
2. Software *SketchUP*

SketchUP merupakan sebuah program pemodelan 3D yang dirancang untuk arsitek, insinyur sipil, pembuat film, game developer, dan profesi terkait [16].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan di Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana yang berlokasi di Jl.Prabu Udayana, Jimbaran, Kec. Kuta Selatan, Kabupaten Badung.

Pengumpulan data dilakukan selama periode Maret 2025 hingga Mei 2025, dengan menggunakan metode penelitian seperti yang di perlihatkan pada gambar 1 di bawah .



Gambar 1. Alur Analisis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Bangunan

Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana merupakan gedung yang digunakan untuk perkuliahan dan perkantoran, gedung ini berlokasi di Jl. Prabu Udayana, Jimbaran, Kec. Kuta Sel, Kabupaten Badung dengan titik kordinat lintang selatan -8.793 dan bujur timur 115.171. berikut tampilan gedung seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



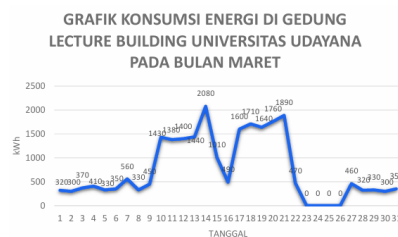
Gambar 2. Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana

Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana dibangun sejak tahun 2022 dan digunakan sejak tahun 2023 hingga saat ini. Gedung ini memiliki luas bangunan sebesar 11.928/m² yang terdiri dari tiga lantai, lantai 1 dan 2 digunakan untuk kegiatan perkuliahan

dan lantai 3 digunakan untuk ruangan perkantoran. Sesuai dengan fungsinya, gedung ini memiliki komsumsi energi listrik yang sangat tinggi apabila seluruh perangkat di dioperasikan secara bersamaan. Dari berbagai perangkat yang digunakan, total kebutuhan beban yang digunakan sebesar 664 kVA dan berlangganan ke PLN dengan daya terpasang 690 kVA.

Data Komsumsi Listrik di Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana

Penelitian di gedung *Lecture Building* Universitas Udayana menggunakan data pola beban harian selama 3 bulan (maret, april, dan mei). Pengukuran, dilakukan langsung di panel LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*) dengan menggunakan alat bantu CCTV untuk merekam tepat pada indikator panel LVMDP gedung. Berikut grafik hasil pengukuran pola beban harian selama periode bulan maret.



Gambar 3. Grafik Komsumsi Energi Listrik Di Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana

Gambar 3 di atas merupakan data grafik komsumsi energi listrik harian yang diambil pada periode bulan maret 2025. Dari hasil menunjukkan bahwa komsumsi listrik setiap harinya bervariasi. Berdasarkan analisis yang dilakukan, komsumsi listrik di hari kerja relatif lebih tinggi dibandingkan di hari libur kerja, karena peralatan listrik sebagian besar diaktifkan, sedangkan di hari libur kerja komsumsi energi listrik relatif lebih rendah karena lebih sedikit mengaktifkan peralatan listrik.

Iradiasi Matahari

Iradiasi matahari merupakan nilai penyinaran matahari terhadap luasan daerah tertentu, besarnya nilai iradiasi matahari akan mempengaruhi besar daya output yang dapat dihasilkan modul surya, hal ini disebabkan karena kinerja PLTS bergantung pada intensitas radiasi matahari. Berikut data iradiasi bulanan di wilayah gedung *lecture building* universitas udayana yang diperoleh dari *Nasa Power*.

Tabel 1. Iradiasi Matahari Di Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana

Bulan	Iradiasi Matahari (kWh/m ² /Bulan)
Januari	5.50
Februari	4.72
Maret	6.01
April	5.28
Mei	5.43
Juni	5.20
Juli	4.96
Agustus	6.01
September	6.50
Oktober	7.01
November	6.46
Desember	6.40
Rata - rata	5.79

Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa iradiasi matahari tertinggi terdapat di bulan oktober sebesar 7.01 kWh/m²/hari, Hal ini disebabkan posisi matahari hampir tegak lurus di wilayah tersebut setelah ekuinoks bulan september. Sementara iradiasi matahari terendah terdapat di bulan februari sebesar 4.72 kWh/m²/hari, hal ini disebabkan karena bulan februari matahari jauh dari garis khatulistiwa.

Temperature Di Wilayah Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana

Temperatur di kawasan Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana di peroleh dari *Nasa Power* dalam periode satu tahun. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata temperatur berkisar 27,23 °C, sementara temperatur optimal untuk panel surya yang dapat bekerja lebih baik adalah 25 °C. Berikut tabel 2, data temperatur di wilayah gedung *lecture building* universitas udayana.

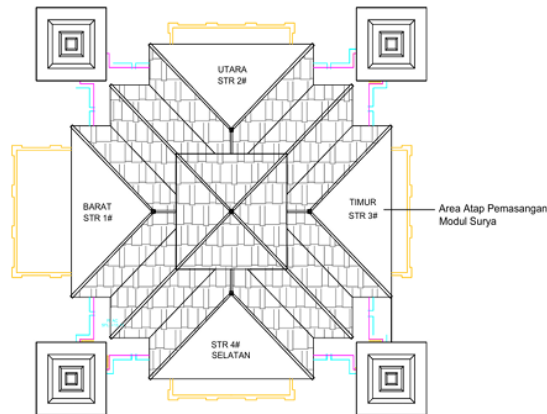
Tabel 2. Temperatur di wilayah kawasan *Lecture Building* Universitas Udayana

Bulan	Temperature (°C)
Januari	27.86
Februari	27.76
Maret	28.08
April	27.93
Mei	27.44
Juni	26.87
Juli	26.19
Agustus	25.69
September	25.77
Oktober	26.74
November	28.01
Desember	28.45
Rata - rata	27.23

Analisa Area Pemasangan Modul Surya di Atap Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana

Perancangan PLTS di gedung *lecture building* universitas udayana memanfaatkan empat sisi atap gedung, sisi timur, barat, utara, dan selatan. Berikut gambar area

pemasangan modul surya pada atap gedung.



Gambar 4. Area Atap Pemasangan Modul Surya

Setelah area pemasangan modul surya ditentukan, selanjutnya menghitung sudut kemiringan dan luas atap gedung. Berdasarkan data gambar yang diperoleh dari tim perencana gedung, bahwa Sudut kemiringan atap gedung sebesar 30° dan luas atap sebesar 104 m^2 per sisi atap.

Pemilihan Komponen - Komponen PLTS

1. Pemilihan Modul Surya

Setelah dilakukan survey online di pasaran Indonesia, modul surya yang dipilih adalah Trina Solar Vertex TSM-XXXDE21 berkapasitas 670 Wp dan efisiensi 21.6%. Pemilihan jenis modul ini didasari dengan mempertimbangkan kapasitas, efisiensi dan harga yang lebih rendah dibandingkan jenis modul surya lainnya.

2. Perhitungan Jumlah Modul Surya

Untuk menghitung jumlah modul surya yang dapat di pasang di atap gedung, dapat dihitung dengan cara membagi luas atap gedung dengan luas permukaan modul surya. Diketahui luas atap satu sisi sebesar 104 m^2 dan luas permukaan modul surya sebesar $3,1 \text{ m}^2$. Jadi jumlah modul surya yang dapat dipasang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Modul} &= \frac{\text{Luas Atap}}{\text{Luas Permukaan Modul Surya}} = \frac{104 \text{ m}^2}{3,1} \\ &= 33 \text{ Modul} \end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan diatas jumlah modul surya yang dapat dipasang pada satu sisi atap sebanyak 33 modul surya. Namun, pada penelitian ini hanya menggunakan 32 modul surya menyesuaikan dengan optimasi software PVSyst, sehingga total modul

surya yang terpasang pada ke empat sisi atap sebanyak 128 unit modul surya.

3. Total Daya Yang Dibangkitkan PLTS

Untuk menghitung total daya yang dapat dibangkitkan PLTS dapat dilakukan dengan cara mengalikan jumlah modul surya dengan kapasitas modul surya. berikut persamaan perhitungan

$$\begin{aligned}\text{Total daya} &= \text{Jumlah modul} \times \text{Pmax modul} \\ &= 128 \times 670 \\ &= 85.760 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Jadi, total daya yang dapat dibangkitkan PLTS yang terpasang di atap gedung *lecture building* universitas udayana sebesar 85.760 Watt.

4. Menentukan Kapasitas Inverter

Dalam menentukan kapasitas inverter didasari dengan besarnya kapasitas PLTS yang terpasang, sehingga inverter mampu menangani besarnya daya yang dihasilkan PLTS. seperti yang telah diketahui total daya kapasitas modul surya sebesar 85.76 Wp, jadi, untuk menghitung kapasitas inverter yang dibutuhkan dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Inverter} &= \text{PMPP} \times \text{Safety Factor} \\ &= 21.440 \times 1.2 \\ &= 25.7 \text{ kW}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, kapasitas inverter yang dibutuhkan sebesar 25 kW yang lebih besar dari nilai total daya yang dihasilkan PLTS.

Setelah kapasitas inverter ditentukan, langkah selanjutnya adalah memilih jenis inverter yang akan digunakan. Berdasarkan hasil perbandingan beberapa jenis inverter yang tersedia di pasaran, maka pada perancangan sistem PLTS di Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana dipilih inverter merek Deye SUN-25k-SG013-EU-AM2 sebanyak 4 unit. Pemilihan inverter ini didasari pada tingkat efisiensi yang tinggi serta sistem inverter kompatibel dengan baterai.

5. Pemilihan Baterai

Pada penelitian ini, baterai yang dipilih adalah jenis baterai *lithium-ion* dengan merek Toyon TH-51200-R berkapasitas 200 Ah, 21,2 V dan DoD 80 %. Alasan utama memilih baterai ini, karena memiliki efisiensi dan DoD yang tinggi serta harga yang lebih ekonomis.

Perancangan PLTS Atap Di Gedung Lecture Building Universitas Udayana

Perancangan PLTS atap di gedung *Lecture Building* Universitas Udayana dilakukan berdasarkan luas atap gedung dengan memanfaatkan keempat sisi atap gedung, seperti atap sisi barat, timur, utara, dan selatan.

1. Desain PLTS Atap Di Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana

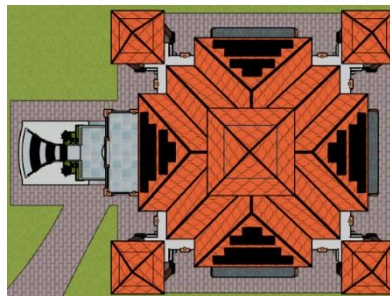
Desain sistem PLTS di gedung *Lecture Building* Universitas Udayana menggunakan perangkat lunak SketchUp untuk memodelkan bentuk bangunan, atap dan struktur panel surya. Gambar berikut menunjukkan tampilan desain pada ke empat sisi atap setelah PLTS terpasang di atap gedung *Lecture Building* Universitas Udayana.

1. Tampilan depan desain PLTS atap di gedung *Lecture Building* Universitas Udayana



Gambar 5. Desain PLTS Tampak Depan Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana

2. Tampilan atas desain PLTS atap di gedung lecture building universitas udayana



Gambar 6. Desain PLTS Tampak Atas Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana

2. Konfigurasi Rangkaian Seri-Paralel Modul Surya

Konfigurasi rangkaian seri-paralel modul surya bertujuan untuk menentukan nilai arus dan tegangan dari output array modul surya yang akan dikirimkan ke inverter, sehingga sistem dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi teknis inverter. Berikut ini, persamaan untuk menghitung jumlah modul surya rangkaian seri dan paralel.

Rangkaian seri minimal :

$$\text{minimal rangkaian seri} = \frac{700}{46.1} = 15,2 = 16 \text{ unit}$$

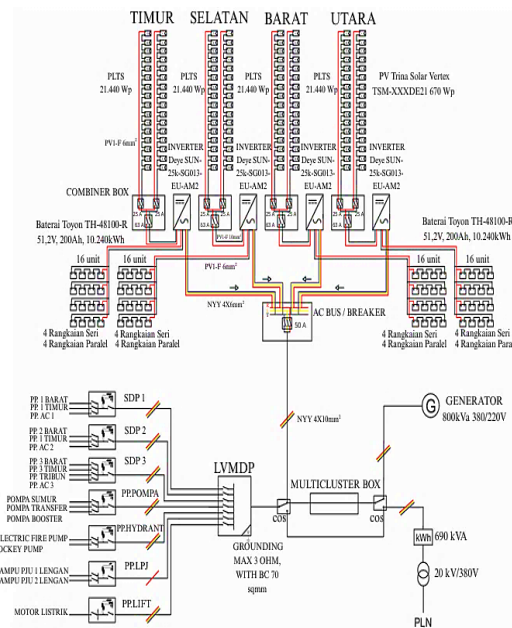
Rangkaian seri maksimal :

$$\text{maksimal rangkaian seri} = \frac{1000}{46.1} = 26,1 = 26 \text{ unit}$$

Rangkaian paralel :

$$\text{maksimal rangkaian paralel} = \frac{52}{17,55} = 2,9 = 3 \text{ unit}$$

Dari perhitungan diatas, terdapat sebanyak 16 rangkaian seri dan 2 rangkaian paralel, Setiap sisi atap terdapat sebanyak 32 modul surya, 1 unit inverter, dan 16 unit baterai. Berikut konfigurasi sistem setelah PLTS terpasang di atap gedung *lecture building* universitas udayana.



Gambar 7. *Single Line Diagram* PLTS Atap gedung *Lecture Building* Universitas Udayana

Gambar 7 di atas menunjukkan konfigurasi *single line diagram* dari ke empat sisi atap gedung setelah PLTS terpasang. Rancangan yang telah disusun mencakup 128 unit modul surya, 4 unit inverter, dan 64 unit baterai.

Perancangan Simulasi PVsyst

Simulasi perancangan PLTS di gedung *lecture building* universitas udayana menggunakan software PVsyst versi 7.4.8 untuk memperoleh analisis data perancangan PLTS.

1. Menetapkan sistem dan membuat proyek

Konsep yang di rancang di gedung *Lecture Building* Universitas Udayana adalah sistem PLTS *on-grid* dengan BESS. Tahapan-tahapan simulasi pada PVsyst diawali dengan memilih sistem PLTS, menentukan lokasi, input data konsumsi listrik, input data

komponen-komponen PLTS, dan dll.

2. Menentukan Orientasi Modul

Penentuan orientasi modul surya dilakukan melalui simulasi software Pvsyst dengan bervariasi sudut *azimuth* 0°, 90°, -90°, dan 180° serta sudut tilt yang disesuaikan dengan lintang geografis lokal penelitian untuk mendapatkan konfigurasi produksi energi maksimal.

1. Simulasi perancangan PLTS dengan sudut azimuth 0°, 90°,-90°, dan 180°

a. Menetapkan Orientasi Modul

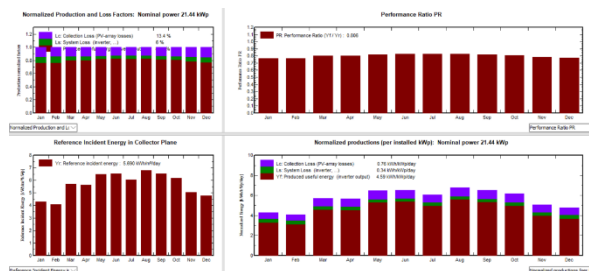
Perancangan PLTS di gedung *lecture building* universitas udayana menggunakan empat sudut azimuth yaitu 0°,90°,-90°,dan 180° dengan plane tilt 30°. Pengaturan ini bertujuan untuk mengetahui potensi nilai radiasi matahari yang dapat di serap panel surya sepanjang hari.

b. Menetapkan sistem perancangan

Penetapan sistem perancangan dengan software Pvsyst dilakukan dengan me-nyinput komponen-komponen PLTS pada Pvsyst serta menetapkan konfigurasi seri dan paralel modul surya.

c. Menjalankan simulasi dan hasil

Setelah melengkapi data-data yang dibutuhkan pada software PVsyst, kemudian dilakukan *running* simulasi pada PVsyst, berikut gambar 8 contoh hasil Pvsyst dengan sudut azimuth 0°.



Gambar 8. Tampilan hasil simulasi dengan sudut Azimut 0°

d. Produksi energi listrik harian PLTS

Produksi harian energi listrik PLTS dengan azimuth 0°,90°,-90°, dan 180° di gedung *lecture building* universitas udayana yang dapat di ketahui melalui hasil simulasi *Software Pvsyst* pada indikator *Available energy at inverter output* yang merupakan output dari inverter setelah terjadinya *losses* pada inverter. Berikut tabel produksi harian PLTS pada keempat Azimut 0°, 90°,-90°, dan 180°.

Tabel 3. Produksi Energi Listrik Harian PLTS Pada Ke Empat Sisi Atap

Jam	kWh
06.00	2.399
07.00	20.01
08.00	36.27
09.00	50.98
10.00	61.96
11.00	67.54
12.00	68.23
13.00	64.58
14.00	55.95
15.00	43.60
16.00	31.21
17.00	13.02

Tabel 3 diatas menunjukkan produksi energi per jam yang dapat dihasilkan PLTS dalam satu hari, dimana PLTS dapat menghasilkan energi listrik dari matahari dalam waktu 8 jam per hari. Total produksi energi yang dapat dihasilkan PLTS dalam satu hari sebesar 515.8 kWh/hari.

Menentukan penyimpanan energi pada sistem PLTS di gedung *Lecture Building* Universitas Udayana

Pada penelitian ini, untuk menentukan kapasitas baterai didasari dengan rata-rata komsumsi listrik harian di hari sabtu dan minggu selama periode bulan maret, yang dimana rata-rata komsumsi listrik harian di hari sabtu dan minggu sebesar 395.000 Wh. Jadi, untuk menghitung kapasitas muatan baterai yang dibutuhkan menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{N \times E_d}{V_s \times D_o d \times \eta} \\
 &= \frac{1 \times 395.000 \text{ wh}}{160 \text{ V} \times 80 \% \times 97,6\%} \\
 &= \frac{395.000}{125} \\
 &= 3.160 \text{ Ah}
 \end{aligned}$$

Setelah dihitung, total kapasitas baterai yang dibutuhkan sebesar 3.160 Ah.

Setelah kapasitas baterai telah diketahui, kemudian dilanjutkan menghitung rangkaian seri dan paralel baterai. pada penelitian ini baterai yang digunakan adalah baterai jenis *lithium-ion* dengan merek Toyon TH-51200-R yang memiliki tegangan 51.2 V, 200 Ah dan

DOD 80 % .

untuk menghitung jumlah baterai rangkaian seri dan rangkaian paralel menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baterai rangkaian seri} &= \frac{V_s}{V_{batt}} \\ &= \frac{160 V}{51.2 V} \\ &= 3,12 \text{ (4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Baterai Rangkaian Pararel} &= \frac{C_{demand}}{C_{batt}} \\ &= \frac{3.160}{200} \\ &= 15.8 \text{ (16)} \end{aligned}$$

Jadi, untuk menghitung jumlah kebutuhan baterai dapat menggunakan persamaan (jumlah baterai rangkaian seri x jumlah baterai rangkaian paralel) maka, jumlah baterai yang dibutuhkan pada perancangan PLTS di gedung *lecture building* universitas udayana sebanyak 64 unit baterai.

Analisa Perbandingan Produksi Energi PLTS Dengan Komsumsi Energi Listrik dari PLN

Gedung *lecture building* universitas udayana berlangganan listrik ke PT. PLN (persero) dengan daya terpasang 690 kVA termasuk golongan tarif sosial dengan biaya listrik sebesar Rp.735/kWh. Data rekening listrik di peroleh dari PT. PLN selama periode enam bulan pada tahun 2025. Berikut tabel 4 menunjukkan data perbandingan komsumsi listrik sebelum dan sesudah PLTS di terapkan di gedung *Lecture Building* Universitas Udayana.

Tabel 4. Perbandingan Komsumsi Sebelum dan Sesudah PLTS Diterapkan

Bulan	PLN (kWh)	PLTS (kWh)	Konsumsi Listrik (kWh)
Januari	12.130	10.634	1.496
februari	11.420	8.113	3.307
Maret	27.600	11.747	15.835
April	31.922	9.889	22.033
mei	27.256	10.662	16.594
Juni	32.408	9.843	22.565
Juli	19.460	9.688	9.772
Agustus	15.180	11.943	3.237
September	31.040	12.494	18.546
Oktober	33.830	13.897	19.933
November	32.230	12.637	19.593

Desember	33.900	12.540	21.360
----------	--------	--------	--------

Tabel 4 di atas menunjukkan komsumsi listrik setelah PLTS di terapkan di gedung *lecture building* universitas udayana. Dengan di rancangya PLTS di gedung tersebut, maka tagihan listrik lebih hemat.

SIMPULAN

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Gedung *Lecture Building* Universitas Udayana menerapkan sistem PLTS atap on-grid yang dilengkapi dengan Battery Energy Storage System (BESS). Perancangan sistem PLTS ini didasarkan pada pemanfaatan luas atap gedung, yang terdiri dari empat sisi timur, selatan, barat, dan utara, dengan masing-masing sisi memiliki luas 104 m², sehingga total luas atap yang dimanfaatkan adalah 416 m². Setiap sisi atap dipasang sebanyak 32 unit modul surya berkapasitas 670 Wp per modul, satu unit inverter berkapasitas 25 kW, dan 16 unit baterai dengan kapasitas 200 Ah per unit. Dengan demikian, total komponen yang digunakan dalam sistem ini meliputi 128 unit modul surya, 4 unit inverter, dan 64 unit baterai. Setelah dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak PVsyst, PLTS pada ke-4 sisi atap mampu menghasilkan energi listrik sebesar 515,8 kWh per hari. Sehingga energi yang dihasilkan PLTS akan di suplai untuk kebutuhan beban listrik gedung *lecture building* universitas udayana.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementrian Energi Sumber Daya Mineral, 2024. Konsumsi Listrik Masyarakat Meningkat, tahun 2023 capai 1.285 kWh/kapita.
- Kementrian Energi Sumber Daya Mineral, 2024. Pemerintah kejar target tingkatkan bauran EBT, Kementrian Energi dan sumber daya mineral
- Dewan Energi Nasional, 2017. Outlook Energi Indonesia 2017. Kementrian Energi Sumber Daya Mineral
- Permen Kementrian ESDM, No 49 Tahun 2018, Tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)
- Nurjaman, H. B., & Purnama, T. (2022). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga. *Jurnal Edukasi Elektro*, 6(2), 136–142
- Sianipar, R. (2014). Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jetri : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*.

- Galuh Prawestri Citra Handani, Binar Surya Gumilang, & Afidah Zuroida. (2023). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Suplai Daya Sistem Pemberian Pakan Ikan Otomatis. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 9(3), 183–187.
- Sadewo, R. A., & Kurniawan, E. (t.t.) (2017). Perancangan Dan Implementasi Pengisian Baterai Lead Acid Menggunakan Solar Cell Dengan Menggunakan Metode Three Steps Charging.
- Pratiwi, N. F., Pudir, A., & Mursanto, W. B. (2022). Perancangan PLTS Atap On Grid Kapasitas 163,8 kWp untuk Suplai Daya Industri Tekstil.
- Sujito, R. B., & Nugroho, D. (2025). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Dengan Sistem Hybrid Di Hotel Mahkota Pati 07(2)
- Ayu Anggasari, N. L., Dwi Giriantari, I. A., & Sukerayasa, I. W. (2023). Rancangan Atap Di Gedung Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali. *Jurnal Spektrum*, 10(4), 113.
- Yusuf Firmansyah, A., Dwi Giriantari, I. A., & Sukerayasa, I. W. (2023). Perancangan PLTS Atap Di Gedung Kantor Bupati Jembrana. *Jurnal Spektrum*, 10(4), 98.
- Wiradhi Yogathama, I. G. B., Arta Wijaya, I. W., & Budiastra, I. N. (2021). Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Mengikuti Pola Atap Wantilan Desa Antosari Untuk Memenuhi Daya 3.600 Watt. *Jurnal Spektrum*, 8(2), 83.
- Pravitasari, D., & Kurniawan, A. A. (2024). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Energi Alternatif Pada Tambak Udang Sebagai Solusi Keterbatasan Jaringan Listrik PLN di Daerah Pesisir Pantai.
- Karuniawan, E. A. (2021). Analisis Perangkat Lunak PVSYST, PVSOL dan HelioScope dalam Simulasi Fixed Tilt Photovoltaic. *Jurnal Teknologi Elektro*, 12(3), 100.
- Bhirawa, W. (2021). Penggunaan Google Sketch UP Software Dalam Merancangan Kopling Flens