PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP *ON-GRID* DI KANDANG AYAM *CLOSED HOUSE* UNIVERSITAS UDAYANA

D. J. Rose[1], I N Setiawan[2], D. A. S. Santiari[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, Badung, Bali 80361
Email: devirose101@student.unud.ac.id

ABSTRAK

Pemenuhan kebutuhan listrik di Indonesia masih didominasi oleh pembangkit listrik berbahan bakar fosil, sementara potensi energi surya di Indonesia sangat besar untuk dikembangkan. Kandang Ayam *Closed House* Universitas Udayana, sebagai kandang ayam broiler dengan sistem tertutup, membutuhkan suplai listrik yang berkelanjutan untuk menjaga suhu ideal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap sebagai solusi energi alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan listrik kandang pada siang hari. Perancangan dilakukan menggunakan perangkat lunak HelioScope dengan dua skenario: (1) sudut optimal sebesar 14,66° dan (2) sudut kemiringan riil atap sebesar 8°. Kedua skenario menggunakan 34 modul surya dan satu inverter berdaya 17 kW, dengan potensi kapasitas daya sebesar 14,5 kWp. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario 1 memiliki produksi energi tahunan sebesar 25,04 MWh dan mampu menyuplai 31% dari total kebutuhan listrik, sementara skenario 2 menghasilkan 23,33 MWh dan menyuplai 29% dari kebutuhan listrik. Oleh karena itu, skenario 1 merupakan opsi perancangan yang lebih optimal untuk penerapan PLTS atap di kandang ayam ini.
Kata kunci: PLTS Atap, HelioScope, energi terbarukan, *closed house, ayam broiler*

ABSTRACT

The fulfillment of electricity needs in Indonesia is still dominated by fossil fuel power plants, while the potential for solar energy in Indonesia is very large to be developed. Udayana University's Closed House Chicken Coop, as a broiler chicken coop with a closed system, requires a continuous supply of electricity to maintain the ideal temperature. This study aims to evaluate the design of rooftop Solar Power Plants (PLTS) as an alternative energy solution that can meet the electricity needs of households during the day. The design was carried out using HelioScope software with two scenarios: (1) the optimal angle of 14.66° and (2) the real slope angle of the roof of 8°. Both scenarios use 34 solar modules and one inverter with a power of 17 kW, with a potential power capacity of 14.5 kWp. The simulation results show that scenario 1 has an annual energy production of 25.04 MWh and is able to supply 31% of the total electricity demand, while scenario 2 produces 23.33 MWh and supplies 29% of the electricity demand. Therefore, scenario 1 is a more optimal design option for the implementation of rooftop solar power in this chicken coop.
***Key Words**: Rooftop Solar Power Plant, HelioScope, renewable energy, closed house, broiler chicken*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik menjadi suatu hal penting bagi manusia di zaman modern seperti saat ini. Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, pertumbuhan penduduk, dan

perkembangan di bidang industri kebutuhan energi listrik akan terus meningkat. Dari meningkatnya kebutuhan listrik di Indonesia, pemenuhan kebutuhan listrik hingga saat ini masih didominasi oleh pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Hal ini menyebabkan ketersediaan bahan bakar fosil di alam semakin menipis. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil juga menimbulkan dampak lingkungan yang signifikan, antara lain pemanasan global, hujan asam, serta berbagai konsekuensi lanjutan seperti naiknya permukaan laut, perubahan iklim, dan rusaknya ekosistem.

Berdasarkan kondisi geografis, Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang cukup tinggi. Letak geografis yang berada di daerah khatulistiwa menjadikan wilayah Indonesia tersinari matahari sepanjang tahun. Menurut data dari Dewan Energi Nasional (DEN) rata-rata potensi energi matahari di Indonesia mencapai 4,8 kWh/m^2/hari, sehingga pengembangan energi surya cocok diterapkan di wilayah Indonesia. Salah satu Provinsi di Indonesia yang diharapkan mampu mengembangkan pemanfaatan energi surya adalah Provinsi Bali [1].

Bali memiliki potensi energi surya sebesar 5,3 kWh/m^2/hari. Oleh karena itu, pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya guna memanfaatkan potensi sebagai sumber energi alternatif merupakan solusi yang tepat. PLTS berdasarkan aplikasi pemasangannya dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu, PLTS *Grounded Mounted* (di atas tanah), PLTS *Rooftop* (di atas atap) dan PLTS *Floating* (Terapung). Dari ketiga jenis pemasangannya, jenis PLTS *Rooftop*/Atap memiliki perkembangan yang cukup pesat dan banyak diminati di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh PLTS *Rooftop* memiliki keuntungan yaitu, dapat mengurangi biaya investasi lahan karena memanfaatkan lahan atap yang sudah tersedia [2].

Kandang Ayam C*H* (*Closed House*) Universitas Udayana merupakan kandang ayam *broiler* dengan sistem tertutup yang berlokasi di Fakultas Peternakan, Universitas Udayana, Kampus Jimbaran. Kandang tersebut berukuran 12 m x 100 m, dengan kapasitas 20.000 ekor ayam. Suhu dalam kandang *closed house* sangat dipengaruhi oleh cuaca lingkungan. Oleh karena itu kandang *closed house* Universitas Udayana telah dilengkapi dengan sistem pengaturan suhu dan kelembaban, seperti *exhaust*, *cooling pad*, dan *heater,* serta lampu untuk pencahayaan yang stabil. Sebagai kandang sistem tertutup, pengoperasian kandang *closed house* membutuhkan daya listrik yang besar. Berdasarkan data tagihan listrik tahun 2020, biaya tertinggi yang dikeluarkan dalam sebulan mencapai 9 juta rupiah. Hal ini disebabkan oleh keharusan sistem untuk menyala secara terus-menerus guna mencapai suhu ideal dan menjaga kestabilan suhu dalam kandang.

Untuk mencapai suhu ideal pada siang hari, sistem pendingin secara otomatis akan menyala ketika suhu melebihi 29°C. Selain itu, lampu akan dinyalakan selama 24 jam untuk menjaga suhu kandang tetap ideal. Berdasarkan kondisi tersebut, maka dalam penelitian ini dilakukan Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap *On-Grid* di Kandang Ayam *Closed House* dengan tujuan untuk memberikan pasokan energi alternatif pada kandang khususnya kebutuhan listrik pada siang hari. Perancangan PLTS atap dilakukan sesuai dengan kebutuhan kandang. Solusi yang ditawarkan yaitu, untuk mendukung kebijakan pemerintah dalam transisi ke energi terbarukan, serta memotong biaya pengeluaran dari pembayaran listrik pada Kandang Ayam CH Universitas Udayana. Desain PLTS Atap *On-Grid* akan disimulasikan dengan *software* HelioScope untuk menganalisis hasil dari kedua skenario.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan suatu pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari melalui panel surya (*photovoltaic*) untuk

mengonversi radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik.

2.2 Sistem PLTS

Secara umum PLTS dapat dibedakan berdasarkan aplikasi dan konfigurasinya. Berdasarkan konfigurasinya PLTS dibagi menjadi 3 yaitu PLTS sistem terpusat (*Off-Grid*) yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama, PLTS terinterkoneksi (*On-Grid*) yang memungkinkan pelanggan mengurangi tagihan listrik karena memungkinkan sistem tetap terhubung dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi PV untuk menghasilkan energi listrik semaksimal mungkin, PLTS *hybrid* yang melibatkan 2 atau lebih sistem pembangkit listrik seperti PLTS-Genset, PLTS-Tenaga Angin [2].

2.3 PLTS Atap

PLTS atap adalah sistem pembangkit listrik tenaga surya yang dipasang di atap bangunan, baik untuk keperluan rumah tangga, industri, maupun komersial. Penggunaan atap sebagai lokasi pemasangan panel surya bertujuan untuk menghemat penggunaan lahan, berbeda dengan pemasangan di permukaan tanah yang memerlukan area luas. Selain itu, PLTS atap juga mempermudah proses distribusi listrik ke bangunan tersebut, terutama saat ingin diintegrasikan dengan jaringan listrik (*grid*).

2.4 Jumlah Modul Surya

Jumlah modul surya dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Jumlah Modul Surya} = \frac{Kapasitas\ PLTS}{Kapasitas\ Modul} \quad (1)$$

Keterangan:
Jumlah Modul Surya = Banyak modul surya yang digunakan
Kapasitas PLTS = Kemampuan pembangkit menghasilkan listrik (kWp)
Kapasitas Modul = Kemampuan modul menghasilkan listrik (kWh)

2.5 Perhitungan Produksi PLTS

Produksi PLTS dipengarhuhi oleh intensitas radiasi matahari dan luas sel surya. Untuk menghitung produksi PLTS dapat dihitung dengan [3]:

$$P = \eta \times S \times F \quad (2)$$

Keterangan:
P = Daya (Watt)
S = Luas Modul (m^2)
F = Intensitas radiasi yang diterima (Watt/m^2)
η= Efisiensi sel surya (%)

2.6 Perhitungan Kapasitas Inverter

Dalam perancangan PLTS, pemilihan inverter harus diperhatikan. Inverter merupakan komponen utama dalam PLTS, yang berfungsi untuk mengubah keluaran PLTS berupa tegangan DC (*Direct Current*) menjadi tegangan AC (*Alternate Current*) sehingga listrik yang dihasilkan PLTS dapat dihubungkan ke jaringan PLN.

Kriteria pemilihan *inverter* pada PLTS *on-grid* harus mempunyai kemampuan untuk melepaskan hubungan (*islanding system*) ketika terjadi *drop* tegangan, dengan mempertimbangkan kapasitas PLTS yang akan dipasang. Kapasitas inverter yang dipakai dalam PLTS harus sesuai dengan daya output modul surya. Untuk menentukan besarnya kapasitas inverter dapat digunakan rumus berikut [4]:

$$P_{inverter} = P_{demand} \times Safety\ Factor \quad (3)$$

Keterangan:
$P_{inverter}$ = Kapasitas inverter (Watt)
P_{demand} = Daya yang dibutuhkan pada pembebanan (Watt)
$Safety\ Factor$ = Toleransi faktor keamanan (1,25)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kandang Ayam *Closed House*, Fakultas Peternakan Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran. Waktu pelaksanaan dimulai dari bulan Maret sampai Desember 2024. Tampak depan dari Kandang Ayam Closed

House Universitas Udayana ditunjukan pada Gambar 1.

Gambar 1. Kandang Ayam *Closed House* Universitas Udayana

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan melalui *drone*, Kandang Ayam *Closed House* Universitas Udayana berada pada lokasi yang cocok untuk pemasangan PLTS atap. Melalui pengukuran menggunakan *Google Earth* diperoleh panjang atap kandang 126 m dengan lebar atap 14 m, sehingga total luas keseluruhan atap sebesar 1.764 m^2. Konstruksi atap yang terbuat dari baja ringan diperkirakan dapat menahan beban sebesar 70 ton atau sama dengan 70.000 kg [5].

Selain itu kondisi lingkungan sekitar Kandang Ayam *Closed House* yang jarang terdapat *shading* serta iradiasi yang mencukupi, pemasangan PLTS atap dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Kandang Ayam *Closed House* pada siang hari.

Langkah 1. Observasi

Tahapan pertama dalam penelitian ini yaitu dengan melakukan observasi dan identifikasi lokasi secara langsung. Hal ini untuk mengetahui kebutuhan energi listrik di kandang.

Langkah 2. Pengumpulan Data

Setelah melakukan observasi, langkah selanjutnya adalah pengumpulan data, yaitu berupa data *load profile* yang diperoleh dari PT. PLN ULP Kuta selama 6 bulan, yaitu dari Bulan Mei 2024 hingga Oktober 2024.

Langkah 3. Penentuan Konsumsi Tertinggi

Sebelum melakukan perancangan PLTS, terlebih dahulu ditentukan konsumsi listrik tertinggi yang terjadi pada Kandang Ayam *Closed House.*

Langkah 4. Perancangan PLTS

Setelah mengetahui konsumsi tertinggi, langkah berikutnya dilakukan perancangan PLTS menggunakan *software* HelioScope dengan 2 skenario.

Langkah 5. Proyeksi Hasil Simulasi PLTS

Setelah kedua skenario dirancang, selanjutnya adalah membandingkan hasil dari kedua skenario perancangan.

Langkah 6. Menarik Kesimpulan

Setelah membandingkan kedua skenario, maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Kandang Ayam *Closed House*

Kandang Ayam *Closed House* Universitas Udayana berlokasi di Jl. Raya Kampus Udayana, Jimbaran, Kecamatan Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali. Secara geografis Kandang Ayam CH Universitas Udayana terletak di Pulau Bali bagian selatan dengan titik koordinat -8.790 Lintang selatan dan 115.178 Bujur timur.

4.2 Iradiasi Matahari

Nilai iradiasi matahari wilayah Jimbaran pada penelitian ini didapatkan melalui *website* PowerLab NASA dengan memilih lokasi yang akan digunakan menggunakan parameter *All Sky Surface Shortwave Downward Irradiation, Clear Sky Surface Shortwave Downward Irradiation,* dan *All Sky Insolation Clearness Index*. Setelah seluruh kolom terisi dan dilakukan *submit* pada PowerLabs NASA maka akan keluar hasil menggunakan SI EF *surface shotwave Downward Irradiance.* Berikut iradiasi matahari wilayah Jimbaran pada tahun 2023 dapat dilihat pada Tabel 1 [6]:

Tabel 1. Iradiasi Matahari Wilayah Jimbaran

Bulan	Radiasi Harian (kWh/m^2/hari)
Januari 2023	5,49
Februari 2023	4,70
Maret 2023	5,37
April 2023	5,29

Mei 2023	5,46
Juni 2023	5,24
Juli 2023	4,99
Agustus 2023	6,02
September 2023	6,47
Oktober 2023	6,94
November 2023	6,42
Desember 2023	6,40
Rata-rata	**5,73**

4.3 Profil Pemakaian Energi Listrik di Kandang Ayam *Closed House*

Konsumsi energi listrik pada Kandang Ayam *Closed House* Universitas Udayana didapatkan dari PT. PLN ULP Kuta selama 6 bulan, yaitu dari Bulan Mei 2024 hingga Bulan Oktober 2024. Kandang *Closed House* Universitas Udayana termasuk pada kategori pelanggan tarif B2 dengan nomor ID pelanggan 551201626819 dan memiliki daya sebesar 41.500 VA. Secara lengkap, tabel konsumsi listrik di Kandang Ayam *Closed House* Universitas Udayana dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2. Konsumsi Energi Listrik Kandang CH Universitas Udayana

Bulan Tahun	Konsumsi Energi (kWh)
Mei-2024	3.868
Juni-2024	9.243
Juli-2024	5.498
Agustus-2024	6.876
September-2024	5.737
Oktober-2024	9.135
Total	**40.357**

4.4 Sudut Pemasangan

Sudut pemasangan modul surya pada perancangan ini terdiri atas 2 yaitu sudut pemasangan optimal dan sudut kemiringan riil atap kandang.

Sudut pemasangan optimal didapat berdasarkan letak geografis yaitu sebesar 14,66° sedangkan sudut kemiringan riil atap kandang didapat melalui pengukuran dengan *website Measure Angles* yaitu sebesar 8°. Pengukuran sudut kemiringan rill atap Kandang Ayam Closed House dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Pengukuran Sudut kemiringan Rill Atap Kandang Ayam CH

4.5 Perhitungan Jumlah Modul Surya

Perhitungan jumlah modul surya dilakukan untuk mengetahui banyaknya modul surya yang dibutuhkan dalam perancangan suatu PLTS. Banyaknya modul surya pada suatu perancangan PLTS dipengaruhi oleh besarnya kapasitas PLTS yang akan dirancang dan kapasitas panel yang digunakan.

Kapasitas PLTS pada perancangan PLTS di Kandang Ayam *Closed House* ditentukan berdasarkan konsumsi listrik tertinggi yaitu sebesar 14.136 Wh. Serta modul surya yang dipilih pada penelitian ini adalah Trina Solar TSM-DE09R.08 dengan kapasitas 425 Wp.

Sehingga, untuk banyaknya modul surya yang dibutuhkan dalam perancangan PLTS di Kandang Ayam *Closed House* dapat dihitung menggunakan persamaan (1):

$$\text{Jumlah Modul Surya} = \frac{Kapasitas\ PLTS}{Kapasitas\ Modul}$$

$$\text{Jumlah Modul Surya} = \frac{14.500}{425}$$

$$\text{Jumlah Modul Surya} = 34{,}11 \approx 34 \text{ buah}$$

4.6 Perhitungan Produksi PLTS

Dalam perancangan PLTS atap di Kandang Ayam *Closed House* Universitas Udayana menggunakan modul surya Trina Solar TSM-DE09R.08 kapasitas 425 Wp yang memiliki efisiensi sebesar 21,3%, banyak panel yang dibutuhkan adalah 34 buah dengan luas permukaan *array* seluas 64,5 m^2. Untuk menghitung produksi PLTS atap pada Kandang Ayam *Closed House* Universitas Udayana dapat menggunakan persamaan (2) sebagai berikut:

$P = \eta \times S \times F$
$P = 0{,}213 \times 64{,}5\ m^2 \times 171\ Watt/m^2$
$P = 2.349{,}28\ Watt$

4.7 Menetukan Kapasitas Inverter

Perancangan PLTS atap di Kandang Ayam *Closed House* Universitas Udayana dilakukan berdasarkan daya tertinggi pada kandang sebesar 14.136 Watt atau 14,1 kW, maka untuk kapasitas PLTS atap yang akan dibangun pada Kandang Ayam *Closed House* Universitas Udayana adalah sebesar 14,1 kWp. Dalam menentukan besarnya kapasitas inverter yang akan dipakai dalam sistem PLTS atap di Kandang Ayam *Closed House* Universitas Udayana dapat dihitung menggunakan persamaan (3), sebagai berikut:

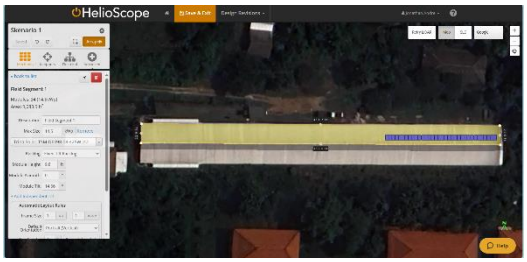
$P_{inverter}$ = $P_{demand} \times Safety\ Factor$
$P_{inverter}$ = 14.136 Watt × 1,25
$P_{inverter}$ = 17.670 Watt

Berdasarkan perhitungan, maka kapasitas inverter yang dipilih adalah sebesar 17 kW. Pemilihan inverter yang lebih besar daripada kapasitas PLTS bertujuan agar inverter dapat bekerja secara efisien tanpa terpengaruh oleh lonjakan daya output PLTS yang dapat terjadi ketika penyinaran matahari optimal, selain itu inverter yang bekerja secara maksimal dalam waktu yang panjang dapat memperpendek masa pakai inverter.

4.8 Simulasi dengan HelioScope

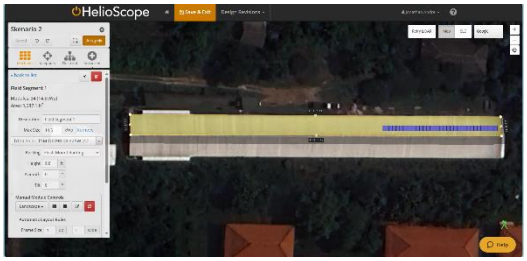
4.8.1 Desain PLTS Atap

Pada desain skenario 1 perancangan dilakukan berdasarkan sudut optimal atap Kandang Ayam *Closed House* Universitas Udayana sebesar 14,66° dengan kapasitas maksimum sebesar 14,5 kWp. Modul surya yang digunakan adalah modul surya dengan tipe Trina Solar TSM-DE09R.08 dengan kapasitas 425 Watt. Dengan sudut azimuth 0° dan kemiringan (*tilt*) sebesar 14,66° *(Fixed Tilt Racking*) maka dihasilkan modul surya sebanyak 34 buah. Berikut merupakan tampilan desain perancangan skenario 1 pada software HelioScope ditunjukan pada Gambar 3 [7].



Gambar 3. PLTS Atap Skenario 1 dengan Sudut Pemasangan 14,66°

Pada desain skenario 2 perancangan dilakukan dengan acuan kemiringan riil atap Kandang Ayam *Closed House* Universitas Udayana sebesar 8° dengan kapasitas maksimum sebesar 14,5 kWp. Modul surya yang digunakan adalah modul surya dengan tipe Trina Solar TSM-DE09R.08 dengan kapasitas 425 Watt. Dengan sudut azimuth 0° dan kemiringan (*tilt*) sebesar 8° *(Flush Mount Racking*) maka dihasilkan modul surya sebanyak 34 buah. Berikut merupakan tampilan desain perancangan skenario 2 pada *software* HelioScope ditunjukan pada Gambar 4 [7].



Gambar 4. PLTS Atap Skenario 2 dengan Sudut Pemasangan 8°

4.8.2 Hasil Simulasi

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Skenario 1: Desain PLTS atap Kandang Ayam *Closed House* skenario 1 berpotensi menghasilkan daya sebesar 14,5 kWp, produksi total energi tahunan sebesar 25,04 MWh. PLTS atap dapat menyuplai energi sebesar 31% dari total energi yang dibutuhkan selama bulan Mei hingga Oktober.
2. Skenario 2: Desain PLTS atap Kandang Ayam *Closed House* skenario 2

berpotensi menghasilkan daya sebesar 14,5 kWp, produksi total energi tahunan sebesar 23,33 MWh. PLTS atap dapat menyuplai energi sebesar 29% dari total energi yang dibutuhkan selama bulan Mei hingga Oktober.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dari hasil simulasi menggunakan HelioScope, dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan simulasi menggunakan *software* HelioScope, hasil produksi PLTS desain skenario 1 dengan sudut pemasangan optimal sebesar 14,66° dalam satu tahun sebesar 25,04 MWh PLTS dapat menyuplai 31% dari total kebutuhan energi listrik.
2. Berdasarkan simulasi menggunakan *software* HelioScope, hasil produksi PLTS desain skenario 2 dengan sudut pemasangan kemiringan atap sebesar 8° dalam satu tahun sebesar 23,33 MWh PLTS dapat menyuplai 29% dari total kebutuhan energi listrik.

   Skenario yang lebih layak adalah skenario 1 PLTS dapat menyuplai 31% dari total kebutuhan energi pada kandang selama bulan Mei hingga Oktober.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Situmorang, M. A., Giriantari, I. D., & Setiawan, I. N. 2022. Perancangan Plts Atap Gedung Perpustakaan Universitas Udayana. J. SPEKTRUM, 9(2).

[2] Anggasari, N. L. A., Giriantari, I. A. D., & Sukerayasa, I. W. 2023. Rancangan PLTS Atap di Gedung Rumah Jabatan Gubernur Provinsi Bali. Jurnal SPEKTRUM Vol, 10(4).

[3] Manik, K. A., Ariastina, W. G., & Giriantari, I. A. D. 2023. RANCANGAN PLTS ATAP GEDUNG GEREJA METHODIST INDONESIA MANNA HELVETIA. Jurnal SPEKTRUM Vol, 10(1).

[4] Ken, J. O., Setiawan, I. N., & Sukerayasa, I. W. 2023. Desain Plts Off-Grid Berdasarkan Analisis Otonomi Baterai Lead Acid Opzv Di Adidaya Workshop, Jakarta Barat. Jurnal SPEKTRUM Vol, 10(3).

[5] Lestari, D. P., Abadi, C. S., & Nufus, T. H. ANALISIS DESAIN TEKNIS PADA PERANCANGAN INSTALASI PANEL SURYA DI ZAM ZAM FARM GARUT.

[6] *Solar Irradiation* 2022, NASA POWER. Dilihat pada 10 Oktober 2024 https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/

[7] *Software* HelioScope. Dilihat pada 14 Januari 2025 https://helioscope.aurorasolar.com/