
PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP DENGAN SISTEM HYBRID DI HOTEL MAHKOTA PATI

Riski Budi Sujito¹, Dedi Nugroho²

^{1,2}Universitas Islam Sultan Agung

riskibudisujito@std.unissula.ac.id¹, dedi.nugroho@unissula.ac.id²

ABSTRACT; *Hotel Mahkota Pati is a hotel used as a stopover for guests or tourists who want to visit Pati, especially for those who study the profession of sales or marketing of a product. This hotel covers an area of 1,400m² and a building area of 1,000m². It has 42 rooms, 34 of which use AC and 8 of which do not have AC. So for the installed electricity capacity of PLN is 33 KVA. Planning for Rooftop Solar Power Plants with an Hybrid System is carried out to explore the potential energy that can be utilized. The PLTS model is determined based on the capacity of the existing building roof area. The electrical energy generated is used in an Hybrid manner to help supply electricity. The parameters determined include: roof area, solar panel capacity, inverter capacity, solar radiation intensity and monthly electricity consumption. The results of the PLTS planning study required 48 solar modules with a capacity of each panel of 405 Wp and a total power capacity of 19.4 kWp. Module construction with a 2 array structure divided into 2 roofs. Each roof of 24 modules installed in series of 8 units and 3 parallel modules, and using 11 batteries. The required inverter capacity of 13 kW is 2 units. The PLTS production projection is able to contribute 69% of the daily electricity needs of 121.65 kWh (electricity from PLN is 31%). The performance ratio is 79% so it can be said that this system is feasible to be implemented at the Mahkota Pati hotel.*

Keywords: *Hotel Mahkota, Plts, Hybrid.*

ABSTRAK; Hotel Mahkota Pati adalah Hotel yang digunakan untuk persinggahan bagi para tamu maupun wisatawan yang ingin berkunjung di pati khususnya bagi mereka yang mendalami profesi sebagai sales maupun marketing suatu produk. Hotel ini meliputi luas sebesar 1,400m² dan luas bangunan 1,000 m². Memiliki kamar dengan jumlah 42 kamar, yang menggunakan AC 34 kamar dan yang tidak ber-AC sejumlah 8 Kamar. Jadi untuk daya listrik yang terpasang PLN sebesar 33 KVA. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap dengan Sistem Hybrid di lakukan guna menggali potensi energi yang dapat dimanfaatkan. Model PLTS ditetapkan berdasar kapasitas luas atap gedung eksisting. Energi listrik yang dihasilkan difungsikan secara Hybrid untuk membantu pasokan listrik. Parameter yang ditentukan antara lain: luas atap, kapasitas panel surya, kapasitas inverter, intensitas radiasi matahari dan konsumsi listrik bulanan. Hasil studi perencanaan PLTS diperlukan 48 buah modul surya dengan kapasitas setiap panel sebesar 405 Wp dan kapasitas daya total 19.4 kWp. Konstruksi modul dengan struktur 2 array yang terbagi menjadi 2 atap. Setiap atap 24 modul yang terpasang seri 8 buah dan 3 buah modul parallel, dan menggunakan baterai sebanyak 11 baterai. Kapasitas inverter yang diperlukan 13 kW sebanyak 2 buah. Proyeksi produksi PLTS mampu berkontribusi 69% kebutuhan energi

listrik harian sebesar 121.65 kWh (daya listrik dari PLN sebesar 31%). Performance ratio sebesar 79 % sehingga dapat dikatakan bahwa sistem ini layak diimplementasikan *dihotel Mahkota Pati*.

Kata Kunci: Hotel Mahkota, PLTS, Hybrid.

PENDAHULUAN

Energi yang dibutuhkan masyarakat untuk melakukan berbagai macam aktivitas adalah listrik. Oleh karena itu, saat ini listrik menjadi salah satu kebutuhan energi yang paling penting. Di Indonesia, jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN) menyediakan sebagian besar listrik yang digunakan oleh konsumen. PLN menggunakan berbagai sumber energi dalam menyalurkan energi listrik melalui jaringan transmisi tenaga listrik. Salah satunya adalah penggunaan batu bara, sumber energi fosil, pada pembangkit listrik tenaga uap[1].

Pada penelitian ini akan dilakukan perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap dengan sistem Hybrid pada Hotel Mahkota Pati. Hotel Mahkota merupakan salah satu hotel bintang 2 di daerah Kaborongan, lokasi tepatnya yaitu terletak di Jalan Penjawi No.22, Kaborongan, Pati Lor, Kec. Pati, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. Hotel ini memiliki 2 lantai dengan luas lahan 1.400 m² dan luas bangunan 1.000 m² dan jumlah kamar sebanyak 34 kamar menggunakan AC dan 8 kamar tidak menggunakan AC. Dengan menerapkan energi surya, hotel dapat mengurangi emisi karbon, menghemat biaya operasional dalam jangka panjang, dan meningkatkan citra perusahaan dalam hal keberlanjutan.

Pada perencanaan ini mengacu pada ketentuan PERMEN ESDM Nomor 26 Tahun 2021 tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap. Dengan kapasitas PLTS Atap 60% - 100% dari daya tersambung PLN karena masih dibawah batas yang ditentukan oleh PLN. Kapasitas Daya listrik PLN yang terpasang di Hotel Mahkota Pati sebesar 33 kVA. Salah satu sumber energi baru terbarukan yang sesuai di Indonesia karena terletak di garis khatulistiwa dengan rata-rata penyinaran matahari 4,8 kWh/m, dimana intensitas penyinaran matahari cukup tinggi, hal ini menjadi potensi untuk memanfaatkan energi surya sebagai sumber energi listrik[2].

Oleh karena itu, dalam laporan ini penulis mengangkat judul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Dengan Sistem Hybrid Di Hotel Mahkota Pati”. Diharapkan dapat menjelaskan cara perancangan energi surya di Hotel mahkota.

METODE PENELITIAN

Objek Penelitian

Objek penelitian pembangkit listrik[3] tenaga surya (PLTS)[4] atap[5] di Hotel Mahkota Pati dengan menggunakan sistem hybrid[6] menjadi bahan analisis penulis.



Gambar 1 Lokasi Hotel Mahkota Pati

2.2. Alat dan Peralatan Dalam Penelitian

Peralatan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebuah handphone Oppo Reno 5, sebuah laptop Acer tipe Swift 3 dan aplikasi Hoomer untuk menyusun tugas akhir.

2.3. Metode Pengumpulan Data

Penelitian diawali dengan menentukan lokasi penelitian selanjutnya dilakukan pengumpulan data – data penelitian terlebih dahulu. Terdapat dua data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh melalui sumber penelitian secara langsung. Data primer didapatkan dari proses pengukuran dan pengujian objek di tempat penelitian secara langsung di Hotel Mahkota. Kemudian diikuti data sekunder atau pengumpulan data – data yang diperlukan dari buku, jurnal ataupun data arsip dari Hotel Mahkota.

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data untuk penyusunan laporan Tugas Akhir ini adalah:

1. Observasi

Metode ini dilakukan dengan mengamati langsung kondisi lapangan untuk mendapatkan data terkait konsumsi daya listrik bulanan, beban listrik yang terpasang, serta luas atap bangunan.

2. Perhitungan

Metode perhitungan adalah metode yang dilakukan dengan cara menghitung hasil dari pengukuran pada saat observasi. Untuk perhitungannya meliputi perhitungan luas array modul supaya mendapatkan penyusunan array yang tepat dan tidak memakan tempat yang berlebihan, kemudian perhitungan besarnya pembangkit yang bisa di bangkitkan dengan menyesuaikan array mencari maksimal besarnya daya yang dibangkitkan, setelah itu perhitungan untuk mengetahui berapa jumlah panel[7] yang dapat terpasang dengan besarnya kapasitas tersebut dan untuk pengukuran dilakukan untuk mencari luas atap atau ketinggian atap dapat dilakukan menggunakan Google Earth atau juga dilakukan secara manual dengan menggunakan meteran antar sisi atap.

3. Studi Literature

Metode ini meliputi pengumpulan teori-teori dasar yang digunakan dalam tugas akhir. Teori akan diambil melalui jurnal yang telah dipublikasikan, materi kuliah dan beberapa sumber internet. Mengenai cara perancangan PLTS[8] dengan sistem hybrid yang meliputi cara mencari luas atap[9], mencari data intensitas radiasi matahari, cara menentukan jumlah panel yang akan terpasang , cara mencari nilai kapasitas daya PLTS[10] dengan rumus-rumusnya, cara mencari nilai kapasitas inverter yang akan digunakan dan mencari rumus cara menentukan nilai kapasitas scc yang digunakan sebagai landasan untuk menyelesaikan tugas akhir.

4. Studi Geografis

Metode ini menggunakan Google Earth[11] untuk menentukan atau mengetahui lokasi yang ditentukan adalah LU (Lintang Utara) - LS (Lintang Selatan) dan BT (Bujur Timur) sebagai titik acuan pengambilan data radiasi satelit. Letak dari Hotel Mahkota sendiri terletak di perkotaan, artinya kondisi tersebut memungkinkan mendapat paparan sinar matahari yang cukup, dengan kondisi cuaca bisa berubah-ubah, misalnya cerah, kemudian mendung, dan tiba-tiba mendung. Namun panas matahari antara pukul 11.00 WIB. dan 13:00. terasa cukup panas. Informasi berdasarkan letak geografis digunakan untuk mengukur radiasi matahari di Hotel Mahkota Pati yakni :

Garis Lintang : 6.4445

Garis Bujur : 111.0219

2.3.1.Data Iradiasi

Data intensitas radiasi matahari didapatkan melalui aplikasi HOOMER PRO yang berpedoman pada data NASA.



Gambar 2 Data Intensitas Matahari Berdasarkan Dari NASA

2.3.2.Konsumsi Energi Hotel Mahkota Pati

Data konsumsi energi di Hotel Mahkota Patidengan daya terpasang sebesar 33 KVA. Berdasarkan data dari hasil observasi dan perhitungan didapatkan rata-rata pemakaian energi listrik di bulan November tahun 2024 di tunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Pemakaian Konsumsi Energi Listrik di Hotel Mahkota Pati

Hari	Pemakaian Energi Listrik/Hari (kWh)
1	128,41
2	106,30
3	28,72
4	34,2
5	121,91
6	198,44
7	268,88
8	111,14
9	96,37
10	47,6
11	53,56
12	127,35
13	167,37
14	230,7
15	156,90
16	71,57
17	55,6
18	65,9
19	135,64
20	82,5
21	98,35
22	188,51
23	112,41
24	88,76
25	102,11
26	147,54
27	182,22
28	206
29	150,83
30	83,34
Jumlah pemakaian 1 bulan	3649,71
Rata - rata Harian	121,65

2.4. Komponen

Pada penelitian kali ini menggunakan panel surya dengan jenis monocrystalline[12] dengan daya maksimal 405 Wp. Penggunaan jenis monocrystalline disebabkan mengeluarkan energi yang lebih banyak dikarenakan efesiensinya yang lebih baik[13]. Penggunaan panel dengan daya yang besar adalah salah satu cara memaksimalkan lahan dan biaya. Gambar 3 adalah bentuk dari panel surya yang akan digunakan.



Gambar 3 Modul Panel Surya Jinko 405 Wp

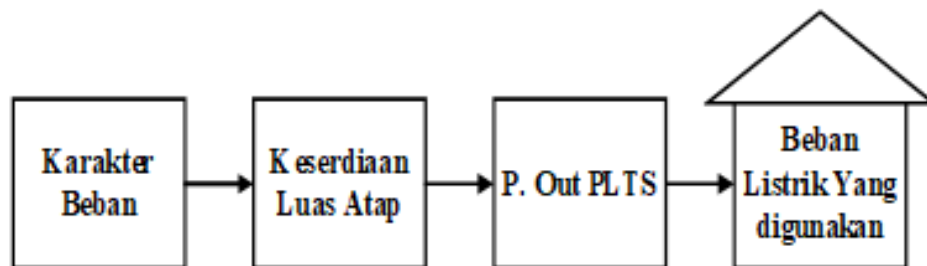
Tabel 2 Spesifikasi Modul Panel Surya 405 Wp Jinko Monocrystalline

Module Type	JKM405M-72H-V(STC)
Maximum Power (Pmax)	405 Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.0 Volt
Maximum Power Current (Imp)	9.65 A
Open-circuit Current (Voc)	50.1 V
Short-circuit Current (Isc)	10.69 A
Module Efficiency STC (%)	20.13 %
Maximum System Voltage	1500VDC(IEC)
Maximum Series Fuse Rating	20 A
Power Tolerance	0-+3%
Temperature Coefficients of Pmax	-0.36%/°C
Temperature Coefficients of Voc	-0.28%/°C
Temperature Coefficients of Isc	0.048%/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C

2.5. Tahapan – tahapan Penelitian

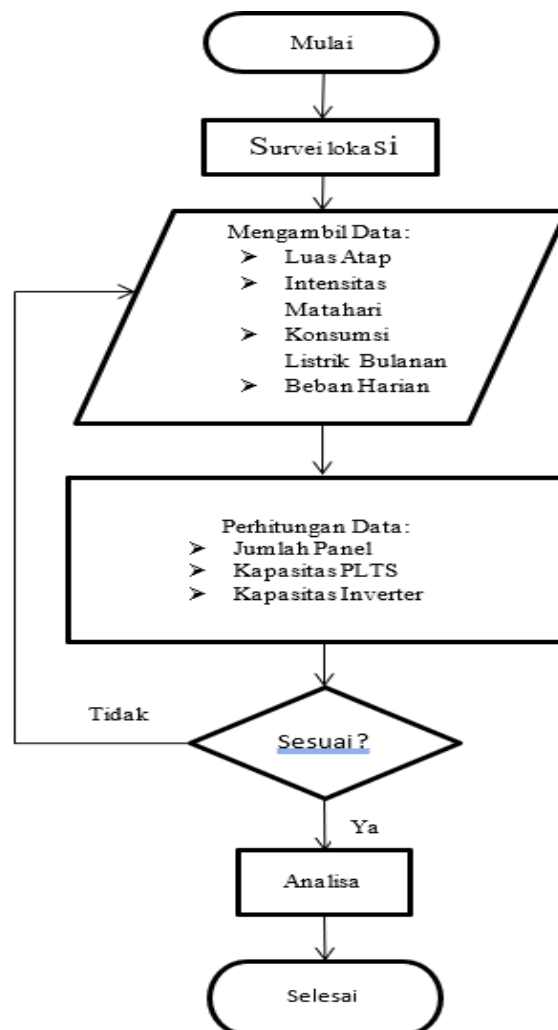
1. Menentukan lokasi perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap dengan sistem hybrid[14] yang akan di ambil datanya untuk melakukan penelitian. Disini data yang di ambil di Hotel Mahkota.
2. Menentukan pemodelan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap yang cocok diterapkan di Hotel Mahkota.
3. Menentukan parameter awal yang akan di gunakan yaitu : luas atap, intensitas radiasi matahari, konsumsi listrik bulanan, dan beban terpasang.
4. Melakukan perhitungan jumlah panel[15], kapasitas daya plts, kapasitas inverter dan menganalisa hasil dari perhitungan - perhitungan jumlah panel, kapasitas daya plts, kapasitas inverter dan. Apabila tidak sesuai maka kembali ke langkah 1 dan jika sudah memenuhi standart dapat dilanjutkan ke langkah selanjutnya.
5. Mengambil kesimpulan dari analisa dari penelitian yang telah dilakukan.

2.6. Alur Perencanaan PLTS



Gambar 4 Desain PLTS Hybrid

2.7. Flowchart



HASIL DAN PEMBAHASAN

Iradiasi Sinar Matahari

Data radiasi sinar matahari menurut NASA yang diambil pada software HOOMER menunjukkan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Iradiasi Matahati di Hotel Mahkota Pati

Bulan	Tempera ture Udara (° C)	Solar GHI (kWh/ m ² /d)	Kecep atan Angin (m/s)
Januari	26.06	4.38	4.23

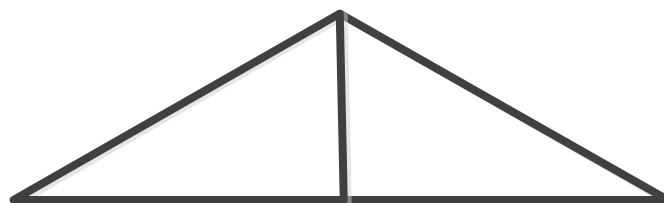
Februari	26.02	4.63	4.40
Maret	26.07	5.32	3.16
April	26.21	5.42	3.46
Mei	26.12	5.32	4.88
Juni	25.75	5.10	5.61
Juli	25.45	5.57	6.30
Agustus	25.74	6.23	6.30
September	26.21	6.69	5.37
Oktober	26.38	6.37	4.08
November	26.16	5.43	3.34
Desember	26.04	4.64	3.23
Rata-rata	26.02	5.43	4.53
Sumber	NASA	NASA	NASA

Pada tabel 3 menunjukkan perubahan suhu dan kecepatan angin dalam waktu satu tahun. Salah satunya yang terpenting dalam penelitian kali ini adalah intensitas radiasi sinar matahari pada Hotel Mahkota di Desa Kaborongan Pati dengan rata-rata intensitas radiasi sinar matahari sebesar 5,43 kWh/m²/d. Data ini diambil dari 22 tahun periode (Jul 1983- Jun 2005).

Desain perencanaan dipilih menggunakan nilai intensitas radiasi matahari pada bulan januari 4.38 kWh/m²/d karena pada bulan tersebut intensitas cahaya matahari nilainya paling rendah dibandingkan bulan-bulan lainnya dengan demikian maka bisa diharapkan mendapatkan hasil energi listrik secara maksimal dalam sepanjang tahun.

3.2 Luas Atap

Penelitian kali ini menggunakan luas atap yang akan digunakan sebagai tempat pemasangan modul surya. Perhitungan atap diperlukan untuk memastikan kecukupan atap dalam menampung semua panel surya, yang nantinya akan di pasang di atap Hotel Mahkota Pati.



Gambar 5 Kemiringan atap Hotel Mahkota

Atap Hotel ini mempunyai lebar 10 m dan tinggi yaitu sebesar 2 m. Dengan melihat gambar maka dapat ditentukan panjang kemiringan melalui persamaan 1 sebagai berikut:

$$\text{Lebar sisi miring atap (L)} = \sqrt{\frac{1}{2}l^2 + t^2} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

α : Sudut kemiringan atap prisma (antara 150 – 450)

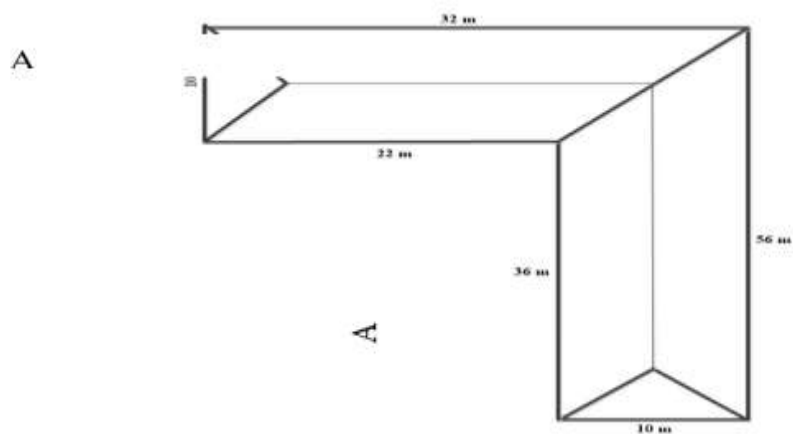
t : Tinggi atap prisma

l : Lebar atap prisma

$\frac{1}{2}$: Setengah dari lebar atap prisma

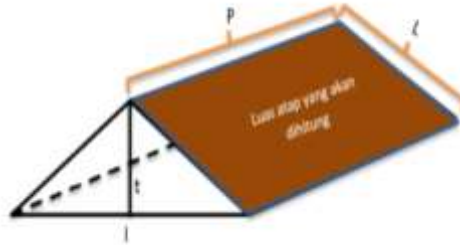
$$\begin{aligned} \text{Sisi miring} &= \sqrt{\frac{1}{2}l^2 + t^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{2}10^2 + 2^2} \\ &= \sqrt{5^2 + 2^2} \\ &= \sqrt{25 + 4} \\ &= \sqrt{29} \\ &= 5,38 \text{ m} \end{aligned}$$

Didapatkan hasil kemiringan pada atap sebesar 5,38 m dan apabila digabungkan kedua sisi miring menjadi 10,76 m. Perhitungan kemiringan nantinya akan menjadi lebar dari atap jika dilihat dari atas dan juga menentukan banyaknya panel surya yang akan di pasang. Selanjutnya dapat menghitung setiap luasan atap dengan panjang dikalikan dengan sisi miring atau bisa di ganti dengan lebar.



Gambar 6 Denah beserta panjang ukuran atap Hotel Mahkota

Dengan di ketahuinya panjang Hotel maka dapat diketahui luas atap Hotel melalui persamaan 2, luas atap Hotel Mahkota sebagai berikut:



Gambar 7 Luasan yang akan dihitung

$$\text{Luas Atap} = P \times L \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

P = Panjang Atap

L = Lebar Sisi Miring Atap

I = Lebar Sisi Datar Atap

t = Tinggi

$$\begin{aligned} \text{Luas Atap 1} &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \cdot t \\ &= \frac{1}{2} (\text{kemiringan 1} + \text{kemiringan 2}) \cdot \text{panjang} \\ &= \frac{1}{2} (5,38 \text{ m} + 5,38 \text{ m}) \cdot 56 \text{ m} \\ &= \frac{1}{2} 10,76 \text{ m} \cdot 56 \text{ m} \\ &= 5,38 \text{ m} \cdot 56 \text{ m} \\ &= 301,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Atap 2} &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \cdot t \\ &= \frac{1}{2} (\text{kemiringan 1} + \text{kemiringan 2}) \cdot \text{panjang} \\ &= \frac{1}{2} (5,38 \text{ m} + 5,38 \text{ m}) \cdot 32 \text{ m} \\ &= \frac{1}{2} 10,76 \text{ m} \cdot 32 \text{ m} \\ &= 5,38 \text{ m} \cdot 32 \text{ m} \\ &= 172,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk luas Luas atap 1 menjadi $301,3 \text{ m}^2$, Luas atap 2 menjadi sebesar $172,2 \text{ m}^2$. Jadi luas semua atap Hotel mahkota adalah:

$$\begin{aligned}\text{Luas semua atap} &= 301,3 \text{ m}^2 + 172,2 \text{ m}^2 \\ &= 473,5 \text{ m}^2\end{aligned}$$

3.3 Jumlah Panel

Daya yang terpasang di Hotel Mahkota sendiri memiliki daya terpasang sebesar 33 kVA. Kapasitas yang direncanakan untuk di bangkitkan PLTS sebesar 65 % dari penggunaan energi rata rata setiap harinya pada bulan November yaitu sebesar 121,65 kWh. Pemakaian energi listrik yang akan di pasok oleh PLTS atap didapatkan dalam perhitungan melalui persamaan 3 sebagai berikut:

$$EL = 65 \% \times \text{Pemakaian Rata-rata energi listrik harian} \dots\dots\dots(3)$$

$$EL = 65 \% \times \text{Pemakaian Rata-rata energi listrik harian}$$

$$EL = 65 \% \times 121,65 \text{ kWh}$$

$$EL = 79,07 \text{ kWh}$$

Pengaruh temperatur mempengaruhi kinerja dari masing-masing panel surya, sehingga perlu diketahui rata-rata intensitas matahari untuk menghitung daya maksimal jika menggunakan panel dengan daya maksimal 405 Wp. Setiap kenaikan 1°C suhu panel surya (lebih dari 25°C) mengurangi kinerja sebesar 0,5%. Temperatur tertinggi 26,38°C bulan Oktober, maka kenaikan menjadi 1,38°C, maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4:

$$P \text{ saat } \Delta t = 0,5\% \times P_{Mpp} \times \text{Kenaikan suhu } (^{\circ}\text{C}) \dots\dots(4)$$

$$P \text{ saat } \Delta t = 0,5\% \times P_{Mpp} \times \text{Kenaikan suhu } (^{\circ}\text{C})$$

$$P \text{ saat } 26,38^{\circ}\text{C} = 0,5\% \times 405 \text{ Watt} \times 1,38^{\circ}\text{C}$$

$$= 2,025 \times 1,38^{\circ}\text{C}$$

$$= 2,79 \text{ Watt}$$

Kenaikan suhu di Hotel Mahkota Pati mempengaruhi kinerja panel surya. Menggunakan solar panel dengan ukuran 405 Wp, mengetahui Δt dapat menentukan daya maksimal.

$$P \text{ max t} = 405 - 2,79$$

$$= 402,21 \text{ Watt}$$

Faktor koreksi temperature (FKT) dapat dihitung melalui persamaan 5 sebagai berikut:

$$FKT = \frac{P_{max t}}{P_{max}} \dots \dots \dots (5)$$

$$\begin{aligned} FKT &= \frac{P_{max t}}{P_{max}} \\ &= \frac{402,21}{405} \\ &= 0,99 \% \end{aligned}$$

Luas array dalam pengaplikasian solar panel di atap Hotel Mahkota dipengaruhi oleh beberapa faktor Efisiensi panel 20,13% efisiensi inverter 95%, faktor suhu intensitas cahaya 4,38 kWh/m/hari dan energi yang akan di bangkitkan.

$$Luas Array = \frac{EL}{Gav \times \eta_{PV} \times \eta_{out} \times FKT} \dots \dots \dots (6)$$

Dengan:

EL = Besar energi yang akan di bangkitkan
(kWh/hari)

Gav = Intensitas Radiasi Matahari
(kWh/m²/hari)

η_P = Efisiensi Panel Surya (%)

η_{out} = Efisienasi Keluaran Sistem (%)

FKT = Faktor Koreksi Temperatur (%)

Luas Array = Luas Permukaan Array Surya (m²)

$$\begin{aligned} Luas Array &= \frac{EL}{Gav \times \eta_{PV} \times \eta_{out} \times FKT} \\ &= \frac{79,07}{4,38 \times 20,13 \% \times 0,95 \times 0,99} \\ &= \frac{79,07}{0,820} \\ &= 96,42 m^2 \end{aligned}$$

Dengan di ketahuinya luas array sebesar 96,42 m² dan nilai efesiensi panel sebesar 20,13 %, dapat mengetahui daya maksimum yang dapat di bangkitkan dengan Peak sun Indonesia senilai 1000 W/ m². Dengan menggunakan persamaan 7 maka daya maksimal yang bisa di keluarkan dapat diketahui.

$$P \text{ Wattpeak} = \text{Luas Array} \times PSI \times Hpv \dots \dots \dots (7)$$

Dengan:

$P \text{ Wattpeak}$ = Daya Yang Akan Dibangkitkan PLTS (W)

Luas Array = Luas Permukaan Panel Surya (m^2)

PSI = Peak Solar Insolation ($1000 W/m^2$)

ηPV = Efisiensi Panel Surya (%)

$$\begin{aligned} P \text{ Wattpeak} &= \text{Luas Array} \times PSI \times \eta PV \\ &= 96,42 \text{ m}^2 \times 1000 \times 0,2013 \\ &= 19.409 \text{ Wp} \end{aligned}$$

Pemasangan modul dapat dimaksimalkan sebesar 19.409 Wp karena hasil daya maksimum tidak melebihi kWh meter yang terpasang. Dengan kapasitas panel sebesar 405 Wp, maka jumlah panel yang akan digunakan dapat ditentukan hingga tercapai kapasitas maksimum modul sebesar 19.409 Wp. Kemudian menggunakan persamaan 8 untuk menentukan berapa banyak panel yang dapat dipasang.

$$\text{Jumlah Panel} = \frac{P \text{ wattpeak}}{P \text{ max}} \dots \dots \dots (8)$$

Dengan:

$P \text{ wattpeak}$ = Daya Yang Akan Dibangkitkan PLTS (W)

$P \text{ max}$ = Kapasitas Daya Maksimal Panel Surya (W)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Panel} &= \frac{P \text{ wattpeak}}{P \text{ max}} \\ &= \frac{19.409 \text{ Watt}}{405 \text{ Watt}} \\ &= 47,92 \text{ buah panel surya} \\ &48 \text{ buah panel surya} \end{aligned}$$

Kebutuhan energi listrik di Hotel Mahkota Pati disuplai listrik oleh PLN dengan daya pelanggan berkapasitas 33 kVA. Agar mendapatkan tegangan besar maka panel surya harus

dikombinasikan secara seri dan paralel. Kemudian mencari $P_{wattpeak}$ PLTS atap dengan panel surya sebanyak 48 buah diperoleh:

$$\begin{aligned} P_{wattpeak} &= P_{max} \times \text{Jumlah panel surya} \\ &= 405 \times 48 \\ &= 19.440 \text{ Wp} = 19,4 \text{ kWp} \end{aligned}$$

Untuk $P_{wattpeak}$ sebesar 19.440 Wp maka luas area array adalah:

$$\begin{aligned} \text{Area Array} &= \frac{P_{wattpeak}}{PSI \times \eta_{PV}} \\ &= \frac{19.440}{1000 \times 0,2013} \\ &= 96,57 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Setelah diketahui jumlah panel surya yang akan dipasang, maka dihitung berapa total luas modul yang akan dipakai untuk penempatannya, kemudian menghitung luas area panel yang akan digunakan persamaan:

- a. Panjang total panel = Panjang modul x Seri

$$\begin{aligned} &= 2008 \text{ mm} \times 8 \text{ seri} \\ &= 16.066 \text{ mm} = 16.06 \text{ m} \end{aligned}$$
- b. Lebar total panel = Lebar modul x Pararel

$$\begin{aligned} &= 1001 \text{ mm} \times 3 \text{ pararel} \\ &= 3.003 \text{ mm} = 3.00 \text{ m} \end{aligned}$$
- c. Luas area panel = Panjang total modul x Lebar total modul

$$\begin{aligned} &= 16.06 \text{ m} \times 3.00 \text{ m} \\ &= 48.18 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk 1 array luas total sebesar 48.18 m^2 dikarenakan menggunakan 2 array maka $48.18 \text{ m}^2 \times 2 = 96.36 \text{ m}^2$

3.4. Penyusunan Array Panel Surya

Saat perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) perlu menyusun array panel surya agar dapat menentukan tegangan kerja dan tidak melebihi luas atap Hotel Mahkota. Berikut susunan seri dan paralel panel surya yang akan mendapatkan tegangan, arus dan daya.

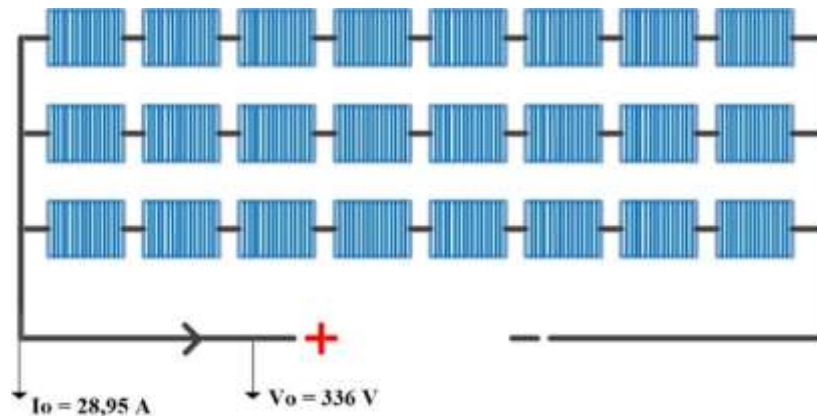
Dengan setiap array menghasilkan tegangan maksimal (V_{mpp}) dan arus maksimal (I_{mpp}) sebagai berikut:

Tegangan maksimum yang dihasilkan setiap arraynya adalah:

$$\begin{aligned} V_{mpp \text{ array}} &= V_{mp} \times \text{Jumlah Seri} \\ &= 42 \text{ V} \times 8 \\ &= 336 \text{ V} \end{aligned}$$

Arus maksimum yang dihasilkan setiap arraynya adalah:

$$\begin{aligned} I_{mpp \text{ array}} &= I_{mp} \times \text{Jumlah Pararel} \\ &= 9,65 \text{ A} \times 3 \\ &= 28,95 \text{ A} \end{aligned}$$



Gambar 8 Array Panel Surya

Berdasarkan gambar rangkaian array PLTS di Hotel Mahkota terdapat 24 panel surya. Daya maksimal yang dihasilkan panel surya setiap arraynya adalah:

$$\begin{aligned} P_{mpp \text{ array}} &= V_{mpp} \times I_{mpp} \\ &= 336 \text{ V} \times 28,95 \text{ A} \\ &= 9.727 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dengan perhitungan array yang terpasang pada Hotel Mahkota sebanyak 2 array dimana setiap arraynya mempunyai tegangan maksimal sebesar 336 Volt dan arus maksimal sebesar 28,95 Ampere, sehingga menghasilkan daya sebesar 9.727 Watt. Total daya panel listrik tenaga surya yang akan dibangkitkan adalah:

$$9.727 \text{ Watt} \times 2 \text{ array} = 19.454 \text{ Wattpeak atau } 19,4 \text{ kWp.}$$

3.5. Menghitung Energi Yang Dihasilkan PLTS Atap

Produksi energi panel surya dipengaruhi oleh data intensitas matahari. Saat merencanakan PLTS Atap, intensitas harian paling rendah digunakan adalah 4,38 kWh/m²/hari. Nilai energi PLTS dalam satu hari dapat dihitung sebagai berikut:

$$E_{out} = E_{in} \times G_{av} \dots \dots \dots (9)$$

Dengan:

E_{in} = Jumlah Panel x Pmpp saat naik °C

G_{av} = Intensitas Radiasi Matahari (kWh/hari)

E_{out} = $E_{in} \times G_{av}$

E_{in} = Jumlah panel x Pmpp saat naik °C

$$= 48 \times 402,21$$

$$= 19.306 \text{ WP}$$

E_{out} = $19.306 \times 4,38$

$$= 84.560 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{84.560}{121.650}$$

$$= 0.69 = 69 \%$$

Hasil akhirnya PLTS atap yang direncanakan dapat menopang beban listrik tambahan sebesar 69 %, sedangkan selama 1 tahun energi yang dihasilkan sebesar:

$$AkWh = E_{out} \times 365$$

$$= 84.560 \times 365$$

$$= 30.864.400$$

$$= 30.864 \text{ kWh/tahun}$$

3.6. Menentukan Kapasitas Baterai

Berdasarkan hasil perhitungan bahwa kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk PLTS sebagai berikut:

$$C_T = \frac{C_R}{DOD} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan:

C_T = Kapasitas Baterai

C_R = Kapasitas penyimpanan yang dibutuhkan

DOD = Persentase kapasitas Baterai

$$C_{Ah} = \frac{C_{Wh}}{V} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

C_{Ah} : Kapasitas penyimpanan dalam (Ah)

C_{Wh} : Kapasitas penyimpanan dalam (Wh)

V : Tegangan kerja baterai

$$C_T = \frac{C_R}{DOD}$$

$$= \frac{19.306}{80\%} = 24.132,5 \text{ Wh}$$

$$C_{Ah} = \frac{C_{Wh}}{V}$$

$$= \frac{24.132,5}{12} = 2.011,4 \text{ Ah}$$

Total kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk sistem PLTS ini adalah 2.011,4 Ah. Dengan menggunakan baterai jenis VRLA berkapasitas 12V – 200Ah per unit, jumlah baterai yang diperlukan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Baterai} = \frac{\text{kebutuhan baterai PLTS}}{\text{kapasitas baterai}}$$

$$= \frac{2.011,4}{200} = 10,057$$

Jadi baterai yang dibutuhkan untuk kebutuhan PLTS sebanyak 10,057 baterai dibulatkan menjadi 11 baterai.

INFORMASI TEKNIS		
Nomor Model Baterai:	6-DFM-200	
Tegangan Nominal:	12V	
Kapasitas (10 jam @ 25 ° C):	200Ah	
Panjang [mm]	525	
Lebar [mm]	243	
Tinggi [mm]	220	
Tinggi Total [mm]	245	
Berat (Kg)	61,0 ± 5%	
Kehidupan Siklus	50% DOD @10jam	≥ 600 kali
	80% DOD @10jam	≥ 400 kali
Desain Kehidupan Mengambang pada suhu 25°C		10 tahun
Tingkat Pelepasan Sendiri:		≤ 3%/bulan
Suhu Operasional:		-20~60 derajat Celcius
Tegangan Pengisian Konstan @25°C	Penggunaan siklus	14,5-14,9V
	Penggunaan siaga	13,6-13,8V

3.7. Menentukan Kapasitas Inverter

Inverter adalah komponen yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC sesuai dengan tegangan PLN, inverter harus dipilih sesuai dengan kapasitas daya yang akan disalurkan agar inverter bekerja seefisien mungkin. Jika daya yang dihasilkan oleh PLTS sebesar 9.727 W maka setiap arraynya membutuhkan inverter yang dapat berubah sesuai dengan tegangan PLN. Karena di Hotel Mahkota memiliki 2 atap sehingga panel surya dibagi menjadi 2 array sehingga digunakan 2 inverter. Selain itu, kapasitas inverter dapat dihitung dan ditentukan dengan faktor keamanan 1,25 di Hotel Mahkota Pati sebagai berikut:

Kapasitas Inverter = $P_{mpp} \times \text{safety factor}$

$$= 9.727 \times 1,25$$

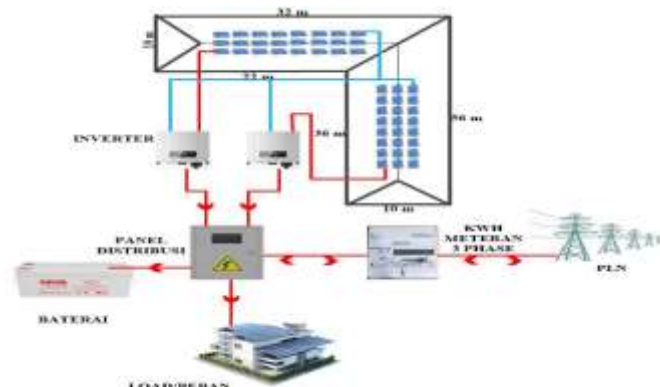
$$= 12.158 \text{ Watt} = 12.1 \text{ kW}$$

Inverter yang dibutuhkan PLTS berkapasitas 12.1 kW karena inverter berkapasitas 12.1 kW tidak ada maka memakai inverter berkapasitas di atasnya yaitu 13 kW.

Table 4 Datasheet Inverter MOD 13KTL3-X

Datasheet	MOD 13KTL3-X	MOD 13KTL3-X	MOD 13KTL3-X	MOD 13KTL3-X	MOD 13KTL3-X
Input Data (DC)					
Max. recommended PV power	10000W	10000W	10000W	10000W	10000W
Max. DC voltage	1100V	1100V	1100V	1100V	1100V
Max. voltage	1100V	1100V	1100V	1100V	1100V
Max. current	100A	100A	100A	100A	100A
MPPT voltage range	150V-1000V	150V-1000V	150V-1000V	150V-1000V	150V-1000V
No. of MPPT branches	5	5	5	5	5
Max. MPPT string per MPPT branch	1	1	1	1	1
Max. input current per MPPT branch	15A	15A	15A	15A	15A
Max. grid output current per MPPT branch	15A	15A	15A	15A	15A
Output Data (AC)					
AC nominal power	10000W	10000W	10000W	10000W	10000W
Max. AC apparent power	11000VA	11000VA	11000VA	11000VA	11000VA
AC nominal voltage (V _{nom})	220V/230V	220V/230V	220V/230V	220V/230V	220V/230V
AC grid frequency (Hz)	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Max. output current	30A	30A	30A	30A	30A
Output voltage range	150V-250V	150V-250V	150V-250V	150V-250V	150V-250V
THD	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
AC grid connection type	3-Phase 4-Wire	3-Phase 4-Wire	3-Phase 4-Wire	3-Phase 4-Wire	3-Phase 4-Wire
Efficiency					
Max. efficiency	98.7%	98.7%	98.7%	98.7%	98.7%
European efficiency	98.7%	98.7%	98.7%	98.7%	98.7%
MPPT efficiency	99.7%	99.7%	99.7%	99.7%	99.7%

3.8. Penempatan Array Pada Atap



Gambar 9 Penempatan Array Pada Atap

Berdasarkan Gambar 4.4, penempatan array pada atap Hotel Mahkota dirancang untuk dipasang pada dua atap gedung. Total terdapat 48 panel surya, dengan masing-masing gedung dilengkapi 24 panel. Sistem ini menggunakan dua inverter yang berfungsi mengonversi tegangan DC menjadi AC dari setiap array. Energi yang dihasilkan kemudian didistribusikan melalui panel distribusi, dengan kelebihan daya disimpan dalam baterai. Jika kapasitas baterai mencapai batas minimum, sistem secara otomatis akan beralih menggunakan ATS PLTS untuk terhubung ke jaringan listrik PLN.[16]

3.9. Menghitung Performance Ratio

Performance Ratio (PR) mengukur kualitas sistem dalam hal energi yang dihasilkan setiap tahunnya. Jika PR sistem sekitar 70-90%, maka dapat dikatakan bahwa sistem dianggap layak. Untuk mengetahui Performance Ratio dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$PR = \frac{E \text{ 1 tahun}}{E \text{ ideal}}$$

$$E \text{ ideal} = P \text{ array} \times H_{\text{tilt}}$$

$$H_{\text{tilt}} = PSH \times 365$$

$$\begin{aligned} H_{\text{tilt}} &= 5.43 \times 1000 \times 365 \\ &= 1981,9 \text{ kWh/m}^2 \end{aligned}$$

H_{tilt} adalah rata-rata radiasi matahari, sehingga rata-rata radiasi matahari selama satu tahun sebesar 1981,9 kWh/m².

$$E \text{ ideal} = P \text{ array} \times H_{\text{tilt}}$$

$$E \text{ ideal} = 405 \text{ Wp} \times 48 \text{ panel} \times 1981,9 \text{ kWh/m}^2$$

$$E \text{ ideal} = 38.666 \text{ kWh/ tahun}$$

Sehingga performance rasionya adalah:

$$PR = \frac{30.864 \text{ kWh/tahun}}{38.666 \text{ kWh/tahun}} = 0,79 = 79\%$$

Rancangan ini memberikan ratio daya sebesar 79%, sehingga sistem ini dapat dikatakan layak direalisasikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) On-Grid di Hotel Mahkota Pati dapat diambil kesimpulan hasil perhitungan dapat diketahui perencanaan PLTS Atap akan menopang sebesar 69% dari daya pemakaian rata-rata energi listrik harian yang sebesar 121,65 kWh, sedangkan untuk kontribusi dari PLN sebesar 31%. Salah satu strategi untuk mengurangi penggunaan energi didasarkan pada permasalahan yang ada di Hotel Mahkota Pati adalah dengan menggunakan energi baru terbarukan yaitu menerapkan PLTS Atap pada sistem Hybrid. Berdasarkan hasil perhitungan, sistem PLTS yang dirancang memiliki kapasitas sebesar 19,4 kWp dengan total 48 panel surya. Setiap panel memiliki daya 405 Wp dan disusun dalam dua array yang ditempatkan di dua atap berbeda. Masing-masing atap menampung 24 panel surya yang tersusun dalam konfigurasi 8 seri dan 3 paralel. Sistem ini juga dilengkapi dengan 11 baterai untuk penyimpanan energi serta inverter berkapasitas 13.000 Watt. Dari perencanaan PLTS Hybrid ini menghasilkan performance ratio sebesar 79% maka dapat dikatakan sistem ini dapat diimplementasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- I. K. G. Sastrawan and R. Subagyo, "ANALISA PERPINDAHAN PANAS COOLING TOWER (INDUCED DRAFT) PLTU I PULANG PISAU (2 x 60 MW)," *Jtam Rotary*, vol. 2, no. 2, p. 171, 2020, doi: 10.20527/jtam_rotary.v2i2.2413.
- Muh. Daffa Abbas Rizal Ashari Nita Sri Indah Sari, "Studi Perencanaan PLTS Hybrid Dengan Penambahan Sistem Automatic Transfer Switch Pada Gedung Kantor Bupati Sidenreng Rappang," *Stud. Perenc. PLTS Hybrid Dengan Penambahan Sist. Autom. Transf. Switch Pada Gedung Kant. Bupati Sidenreng Rappang*, no. manajemen resiko, pp. 39–40, 2023.
- M. C. ALKHOLISH, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop Dengan Sistem On-Grid Di Cv. Qirana Meubel Jepara," SEMARANG, 2023. [Online]. Available: [http://repository.unissula.ac.id/30021/%0Ahttp://repository.unissula.ac.id/30021/1/Teknik Elektro_30601800028_fullpdf.pdf](http://repository.unissula.ac.id/30021/%0Ahttp://repository.unissula.ac.id/30021/1/Teknik%20Elektro_30601800028_fullpdf.pdf).
- M. S. N. REGA, N. SINAGA, and J. WINDARTA, "Perencanaan PLTS Rooftop untuk Kawasan Pabrik Teh PT Pagilaran Batang," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 9, no. 4, p. 888, 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i4.888.
- G. Pradika, I. A. D. Giriantari, and I. N. Setiawan, "Potensi Pemanfaatan Atap Tribun Stadion Kapten I Wayan Dipta Gianyar sebagai PLTS Rooftop," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol.

- 19, no. 2, p. 225, 2020, doi: 10.24843/mite.2020.v19i02.p15.
- A. Ardiansyah, I. N. Setiawan, and I. W. Sukerayasa, “Perancangan Plts Atap on Grid System Pada Kantor Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Penelitian Dan Pengembangan Kota Probolinggo,” *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 4, p. 200, 2022, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i04.p23.
- Y. Teguh Priyono, Kho Hie Khwee, “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Peternakan Ayam Pedaging (Broiler) Di Gang Karya Tani Pontianak Selatan,” *Univ. Tanjung Pura Pontianak*, 2019.
- E. Puspitasari, E. Yudiyanto, L. Agustriyana, and N. Alia, “Small PLTS Off Grid 240 WP On Residential House Rooftop,” vol. 01, no. 03, pp. 81–87, 2024.
- Y. dan J. Kariongan, “Perencanaan dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop dengan Sistem On Grid sebagai Catu Daya Tambahan pada RSUD Kabupaten Mimika,” *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 6, pp. 3763–3773, 2022, [Online]. Available: <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/3453>.
- G. H. Sihotang, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop Di Hotel Kini Pontianak,” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2019.
- Karseno and M. R. T. Siregar, “Analisa Perencanaan Energi Terbarukan Sistem Atap Surya,” pp. 22–29, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.istn.ac.id/index.php/sainstech/article/download/1011/699/>.
- F. Sianturi, R. Purnama, and A. A. Takdir, “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap di Gedung Rumah Sakit Mata Makassar,” 2023, [Online]. Available: [https://repository.poliupg.ac.id/id/eprint/8524/1/Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya %28PLTS%29 Atap di Gedung Rumah Sakit Mata Makassar.pdf](https://repository.poliupg.ac.id/id/eprint/8524/1/Studi%20Perencanaan%20Pembangkit%20Listrik%20Tenaga%20Surya%20PLTS%20Atap%20di%20Gedung%20Rumah%20Sakit%20Mata%20Makassar.pdf).
- S. Trianziani, “View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk,” vol. 4, no. November, pp. 274–282, 2020.
- D. Rika Widianita, “Perencanaan PLTS Atap On-Grid untuk Melayani Beban Penerangan Gedung Fakultas Teknik 03 UNTIDAR,” *AT-TAWASSUTH J. Ekon. Islam*, vol. VIII, no. I, pp. 1–19, 2023.
- R. T. Saksena, D. Nugroho, and S. B. Utomo, “SURYA DI GEDUNG FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI,” pp. 396–404, 2019.
- M. I. Situmorang, J. Ignatius, N. Eva, and M. Silalahi, “ANALISIS ALIRAN DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ON – GRID 3540 Wp

MENGGUNAKAN KWH METER DUA ARAH PADA LABORATORIUM TEKNIK MESIN , FAKULTAS TEKNIK UKI – JAKARTA DENGAN BEBAN MESIN PENCACAH SAMPAH 2 HP,” pp. 52–60.