

Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Area Jalan Dan Kolam Wisata Pesanggrahan Gordo Mulyo Magetan

Muhammad Faisal Hanafi

D4 Teknik Listrik, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Email : muhammadfaisal.20012@mhs.unesa.ac.id

Reza Rahmadian, Mahendra Widyartono, Aditya Chandra Hermawan

D4 Teknik Listrik, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
E-mail : rezarahmadian@unesa.ac.id, mahendrawidyartono@unesa.ac.id, adityahermawan@unesa.ac.id

Abstrak

Indonesia memiliki sumber daya energi surya yang berlimpah di berbagai wilayah, karena berada di wilayah katulistiwa, termasuk di Pasanggrahan Gordo Mulyo, Desa Plumpung, Kabupaten Magetan, Jawa Timur, terdapat potensi signifikan untuk pengembangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan rata-rata daya yang dihasilkan mencapai hingga 4 kWh/m^2 tiap tahunnya. PLTS off-grid merupakan solusi energi terbarukan yang dirancang khusus untuk menyediakan listrik di area yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik utama. PLTS *off-grid* bekerja secara mandiri dengan mengandalkan panel surya untuk mengubah energi matahari menjadi listrik, kemudian disimpan dalam baterai dan digunakan pada saat malam hari atau cuaca mendung. Komponen utama pada PLTS yaitu panel surya, baterai, inverter, dan solar charger controller. Penelitian atau implementasi PLTS off-grid bertujuan untuk meningkatkan akses energi, terutama di wilayah terpencil yang sering menghadapi tantangan infrastruktur seperti di daerah Pasanggrahan Gordo Mulyo. Studi ini mengevaluasi kinerja PLTS off-grid dengan mempertimbangkan efisiensi panel surya, kapasitas penyimpanan energi, dan perawatan. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa PLTS *off-grid* dapat menjadi energi alternatif yang efektif dan berkelanjutan dalam mendukung kebutuhan listrik di wilayah yang sulit dijangkau jaringan listrik PLN.

Kata Kunci: PLTS off-grid, energi terbarukan, panel surya, daerah terpencil.

Abstract

Indonesia has abundant solar energy resources in various regions, because it is located in the equatorial region, including in Pasanggrahan Gordo Mulyo, Plumpung Village, Magetan Regency, East Java, there is considerable potential for the development of Solar Power Plant (PLTS) systems with an average power generated reaching 4 kWh/m^2 per year. Off-grid PLTS is a renewable energy solution specifically designed to provide electricity in areas that are not reached by the main electricity grid. Off-grid solar power plants work independently by relying on solar panels to convert solar energy into electricity, which is then stored in batteries and used at night or during cloudy weather. The main components in PLTS are solar panels, batteries, inverters, and solar charger controllers. Research or implementation of off-grid PLTS aims to improve energy access especially in remote areas that often face infrastructure challenges such as in the Pasanggrahan Gordo Mulyo area. This research evaluates the performance of off-grid PLTS by considering solar panel efficiency, energy storage capacity, and maintenance. The results show that off-grid PLTS can be an effective and sustainable alternative energy in supporting electricity needs in areas that are difficult to reach by the PLN power grid.

Keywords: Off-grid solar power plant, renewable energy, solar panels, remote areas.

PENDAHULUAN

Energi matahari (juga dikenal sebagai energi surya) adalah sumber energi primer yang luar biasa. Karena sifatnya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, Pada saat ini, energi surya sedang dikembangkan oleh pemerintah Indonesia. Sebagai negara beriklim tropis, Indonesia memiliki potensi energi dari matahari yang sangat besar dalam pemanfaatan energi surya. Hampir di seluruh wilayah Indonesia terdapat peluang untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). (Ferdyson & Windarta, 2023)

Sulitnya pendistribusian jaringan listrik ke kawasan pasanggrahan gordo mulyo ini yang mendasari peneliti

dalam membangun energi listrik terbarukan yaitu PLTS yang ramah lingkungan. Kami memilih Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* yang energinya langsung dari matahari, yang dapat dihasilkan dari daerah Pasanggrahan Gordo Mulyo itu sendiri, sehingga tidak memerlukan pendistribusian jaringan listrik dari luar wilayah tersebut. Pada penelitian ini, bertujuan membuat sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-grid* yang ramah lingkungan. Sehingga energi yang diperlukan dapat dihasilkan langsung dari pasanggrahan gordo mulyo itu sendiri tanpa sumber listrik dari PLN. Mengetahui nilai daya yang dihasilkan panel surya di pasanggrahan Gordo Mulyo Magetan. Mengetahui nilai efisiensi panel surya yang dihasilkan dan pengaruh cuaca terhadap sinar

matahari yang diterima oleh panel surya. Pada penelitian ini akan dilakukan penerapan sistem PLTS off-grid di pesangrahan gordomulyo magetan melalui perancangan sistem mulai dari perhitungan beban di daerah tersebut untuk mengetahui kapasitas yang dibutuhkan saat proses pemasangan hingga pengujian sistem PLTS yang telah di terapkan.

Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi energi alternatif di pesangrahan gordomulyo itu sendiri. Serta memanfaatkan energi surya untuk keperluan listrik dan membantu mendorong pengembangan energi terbarukan di Indonesia.

METODE PERANCANGAN PENELITIAN

Jenis Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode ini melibatkan perencanaan yang sistematis untuk menghasilkan hasil yang dapat di analisis secara ilmiah, menggunakan langkah-langkah seperti ditunjukkan *flowchart*.



\Gambar 1 Diagram Alir

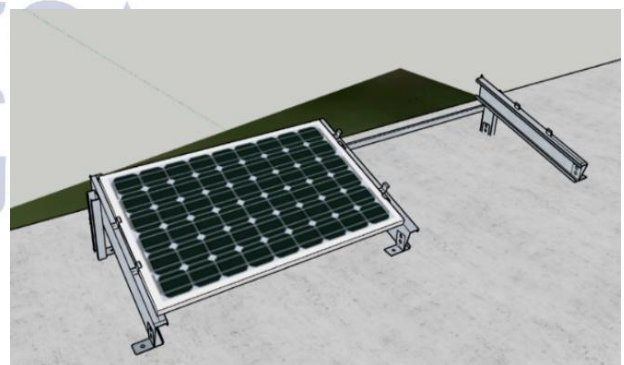
Penelitian ini dimulai dengan melakukan penyelidikan literatur tentang topik tersebut. Jenis literatur yang digunakan termasuk buku, artikel, prosiding, dan situs web internet yang berhubungan dengan pembangkit Listrik tenaga surya. Kemudian melakukan survei lokasi yang akan dibangun pembangkit listrik tenaga surya. Perancangan sistem PLTS tahap penelitian dilanjutkan dengan perhitungan jumlah komponen dan daya yang diperlukan. Penelitian

kemudian melanjutkan dengan memilih modul panel surya yang sesuai dengan kebutuhan jumlah modul panel surya. Untuk memastikan bahwa semuanya terhubung dengan benar, tiap komponen dihubungkan menggunakan diagram wiring pembangkit listrik tenaga surya, dengan tujuan sebagai acuan untuk menghubungkan antar tiap komponen supaya tidak terjadi kesalahan saat pemasangan. Perencanaan menentukan alat dan bahan, perencanaan kebutuhan alat dan bahan yang dibutuhkan pembangkit listrik tenaga surya serta alat ukur yang digunakan perancangan PLTS sesuai desain.

Perhitungan Sudut Azimut Panel Surya

Sudut kemiringan dan sudut azimuth panel surya juga merupakan parameter penting untuk mengoptimalkan kinerjanya sehingga dapat menerima sebanyak mungkin sinar matahari dan menghasilkan jumlah tenaga yang paling efisien. Karena di Indonesia, berada di sekitar khatulistiwa. (Partaonan Harahap, 2020) orientasi ideal umumnya adalah menghadap utara (azimut 0°) jika panel surya berada pada bagian selatan garis khatulistiwa dan menghadap selatan (azimut 180°) jika berada di bagian utara garis khatulistiwa. (Pandria & Mukhlizar, 2018) Menentukan koreksi azimut untuk menghindari bayangan. Jika ada objek seperti gedung atau pohon yang menyebabkan bayangan pada panel, dan mempertimbangkan juga untuk menyesuaikan azimut agar panel mendapatkan paparan sinar matahari optimal. Selain azimut, sudut inklinasi, atau kemiringan, juga penting. Sudut ini tergantung pada lintang lokasi dan musim, tetapi di sekitar khatulistiwa, sudut kemiringan optimal sering kali mendekati $10-15^\circ$ (Darussalam et al., 2016).

Perancangan Tiang Penyangga Panel Surya (*mounting system*)



Gambar 2 Desain Tiang Penyangga

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan *mounting system* model *Fixed Triangle Mounting System* (pemasangan dengan kemiringan- segitiga tetap) dengan menggunakan bahan baja ringan sebagai kerangka. Dilihat pada gambar 2 karena kondisi di lapangan, atap untuk peletakan panel surya berjenis atap datar. (ing. Bagus Ramadhani, n.d.)

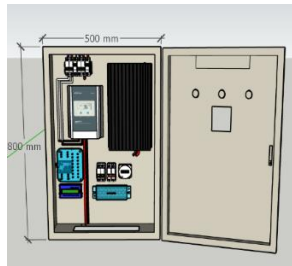
Baja ringan 75x35 dengan ketebalan 1 mm

Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Area Jalan Dan Kolam Wisata Pesanggrahan Gordo Mulyo Magetan

merupakan bahan utama dari mounting untuk menyangga panel surya. dan terdapat *End Clamp* di tepi frame berfungsi untuk menjepit frame panel surya pada bagian penyanggaudukan.

Perancangan Kontrol Panel

Kontrol Kontrol panel berisi rangkaian kelistrikan dan system panel surya meliputi komponen inverter, SCC, pengaman (MCB), Timmer lampu otomatis, volt meter, terminal blok kabel, sensor tegangan arus, kipas pendingin dan lampu indikator.



Gambar 3 Desain Panel Box

Perancangan Tempat Penyimpanan Baterai

Baterai penyimpanan untuk pembangkit Listrik tenaga surya tentunya tidak dapat diletakkan sembarang tempat, karena berpotensi membahayakan jika salah penanganan, terbentur terjatuh, dan sebagainya. Karena itu diperlukan tempat yang aman semacam rak menggunakan bahan besi siku yang dibentuk menyerupai rak penyimpanan untuk peletakan menghubungkan, dan menyimpan baterai yang berukuran $0,6\text{m} \times 0,6\text{m} \times 0,5\text{m}$.

Perancangan Sistem Kelistrikan PLTS

Pada perancangan sistem kelistrikan sistem PLTS dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Untuk memulai perancangan sistem PLTS ini, langkah pertama adalah menghitung jumlah beban dan daya total yang diperlukan. Dan menentukan jumlah peralatan listrik yang dibutuhkan di area Wisata Pesanggrahan Gordomulyo Magetan, serta lamanya penggunaan peralatan tersebut.

Tabel 1 Daya Perhitungan Daya

Beban	Jam	Jumlah	Total Daya/ Jam	Total Daya
Lampu 20W	12 jam	4	960Wh	80W
Lampu 9W	6 jam	2	108Wh	18W
Lampu 9W	12 jam	2	216Wh	18W
Lampu 5W	4 jam	1	20Wh	5W
Lampu 3W	4 jam	2	24Wh	6W
Total			1328 Wh	127W

2. Pemilihan panel surya

Pemilihan jenis panel surya merupakan aspek penting dalam merancang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pemilihan panel surya yang akan digunakan dapat didasarkan pada beberapa pertimbangan, antara lain efisiensi panel, luas permukaan panel surya, serta biaya yang diperlukan dalam perancangan.(Resi Dwi Jayanti Kartika Sari, 2023)

Untuk mengetahui berapa banyak jumlah panel surya yang dibutuhkan dapat dilakukan perhitungan dengan rumus persamaan berikut (Sartika et al., 2023):

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{P_{\text{plts yang dirancang}}}{P_{\text{panel surya yang digunakan}}}$$

Tabel 2 Spesifikasi Panel Surya

P_{MAX}	200 W
V_{MP}	35.3V
I_{MP}	5.25A
V_{OC}	42.3V
I_{SC}	5.75A
T_{coeff of P_{max}}	-(5%±0.05)%/°C
Efisiensi Solar Cell	19%
Ukuran	1188mm x 880mm x 35mm

3. Menghitung *Temperature Correction Factor*

TCF adalah suhu yang diukur pada area permukaan modul sel surya. Saat malam hari, suhu panel surya sama dengan suhu lingkungan yang berada sekitarnya.(Bintoro, n.d.) Namun, saat siang hari dengan terik matahari, suhu ini dapat melebihi suhu lingkungan di sekitarnya. Untuk menghitung *Temperature Correction Factor* (TCF) berdasarkan datasheet panel surya Solana 200 Wp, setiap kenaikan suhu sebesar 1°C di atas suhu standar STC (25°C) akan mengurangi daya output panel surya sebesar 0,5%. Di kawasan Pesanggrahan Gordomulyo, suhu maksimum mencapai 28,9°C, yang berarti terjadi peningkatan sebesar 3,9°C dibandingkan dengan suhu standar sebesar (25°C) yang diperlukan untuk panel surya. Pengurangan daya akibat kenaikan suhu pada panel surya sebanyak 3,9°C di atas temperatur STC dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Keterangan: } P_{\text{saat naik } T^{\circ}\text{C}} = T_{\text{coeff of } P_{\text{max}}} \times PMPP \times \Delta T$$

$$P_{\text{saat naik } T^{\circ}\text{C}} = 0,5\% \times 200 \text{ Wp} \times 3,9^{\circ}\text{C} = 3,9 \text{ W} \quad [1]$$

$$P^{\circ}\text{C} = \text{Daya saat naik dari suhu standar}$$

$$P_{\text{mpp}} = \text{Daya keluaran maksimum}$$

$$\Delta t = \text{Kenaikan suhu}$$

Sehingga, daya keluaran maksimum dari panel surya ketika temperatur panel surya berada pada kondisi

tertinggi menjadi 28,9°C, sehingga dapat melalui perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} PMPP \text{ saat naik } T^{\circ}C &= PMPP - P_{\text{saat naik}} \\ T^{\circ}C &= 200 \text{ W} - 3.9 \text{ W} \\ &= 196,1 \text{ W} \end{aligned} \quad [2]$$

Maka nilai pada TCF (*Temperature Correction Factor*) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} TCF &= \frac{\text{saat naik } T^{\circ}C \text{ PMPP}}{PMPP} \\ &= \frac{196,1 \text{ W}}{200 \text{ W}} \\ &= 0,98 \end{aligned} \quad [3]$$

4. Perhitungan area panel surya

Selanjutnya adalah menentukan jumlah luas area panel surya yang akan digunakan, menggunakan perhitungan adalah sebagai berikut:

$$EL = 1,328 \text{ kWh/hari} \quad [4]$$

$$Gav = 4,51 \text{ kWh / m}^2 \text{ /hari}$$

$$TCF = 0,98$$

$$\eta_{PV} = 19\% = 0,19$$

$$\eta_{ef} = 0,95$$

$$\begin{aligned} PV \text{ Area} &= \frac{EL}{EL Gav \times TCF \times \eta_{pv} \times \eta_{ef}} \\ PV \text{ Area} &= \frac{1,328 \text{ kWh hari}}{4,51 \text{ kWh m}^2 \text{ hari} \times 0,98 \times 0,19 \times 0,95} \\ &= 1,67 \end{aligned}$$

$$PV \text{ Area} = 1,67 \text{ m}^2$$

$$EL = \text{Energi yang dibangkitkan [KWh/hari]}$$

$$Gav = \text{Intensitas iradidiasi matahari harian}$$

$$\begin{aligned} \text{Area} &= \text{Luas area permukaan panel surya [m}^2\text{]} \\ &[\text{kWh/m}^2\text{/hari}] \end{aligned}$$

$$TCF = \text{Temperature coefficient factor}$$

$$\eta_{PV} = \text{Efisiensi dari panel surya [\%]}$$

$$\eta_{ef} = \text{Efisiensi yang dihasilkan [\%]} \text{ dengan asumsi } 0,95$$

5. Perhitungan Kapasitas Panel Surya ,

Daya puncak yang dapat dibangkitkan oleh sistem PLTS adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{wp} &= PV \text{ Area} \times PSI \times \eta_{PV} \\ &= 1,66 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,19 \\ &= 315,4 \text{ Wattpeak} \end{aligned} \quad [5]$$

$$P_{wp} = \text{Daya yang dibangkitkan panel surya}$$

$$\eta_{PV} = \text{Efisiensi panel surya [\%]}$$

$$PSI = \text{Peak solar insolation } 1.000 \text{ W/m}^2$$

6. Menentukan Jumlah Kapasitas Solar Panel

Menghitung besaran jumlah Panel Surya ,kebutuhan panel surya menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel surya} &= \frac{P_{wp}}{P_{mpp}} \\ &= \frac{315 \text{ Wp}}{200 \text{ Wp}} \\ &= 1,57 \end{aligned} \quad [6]$$

$$\text{dibulatkan} = 2 \text{ unit}$$

Jadi jumlah panel surya yang di gunakan berjumlah 2 unit dengan kapasitas 200Wp

7. Pemilihan kapasitas SCC

$$\begin{aligned} Idc &= (P_{load}/\text{volt baterai}) / \eta \text{ Inverter} \\ &= (127 \text{ W} / 24\text{V}) / 0,8 \\ &= 5,29 \text{ A} \end{aligned} \quad [7]$$

Dibulatkan menjadi 10A dengan menyesuaikan SCC yang beredar di pasaran, maka menggunakan SCC dengan kapasitas 10A 24v.

8. Pemilihan inverter

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas inverter} &= \text{daya total} \times \text{Safety Factor} \\ &= 127\text{W} \times 1,5 \\ &= 190,5\text{W} \end{aligned} \quad [8]$$

Maka dibutuhkan inverter sebesar diatas 190watt dengan tegangan system sebesar 24V, dan inverter yang beredar di pasaran sebesar 300 Watt.

9. Penentuan kapasitas baterai

$$\begin{aligned} DN &= 1,5 \text{ hari}; DOD : 50\% = 0,8; \eta_{ef} = 95\% = 0,95; \\ E_{day} &= 3156; V_s = 12\text{V} \end{aligned} \quad [9]$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{DN \times E_{day}}{V_s \times DOD \times \eta_{ef}} \\ &= \frac{1,5 \times 1328}{24 \times 0,5 \times 0,95} \\ &= 174,7\text{Ah} \end{aligned}$$

$$C = \text{Kapasitas Baterai [ah]}$$

$$DN = \text{Jumlah hari yang mana baterai tetap melayani beban bila panel surya tidak maksimal.}$$

$$E_{day} = \text{konsumsi energi harian [kWh]}$$

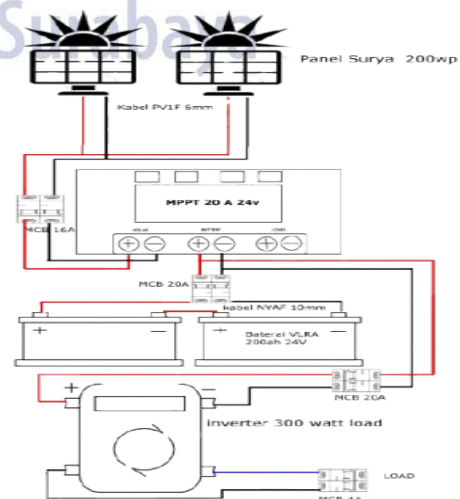
$$DOD = \text{maksimum baterai saat kosong [\%]}$$

$$V_s = \text{tegangan baterai [Volt]}$$

Maka dalam perancangan PLTS ini baterai yang akan digunakan 174,7ah dibulatkan menjadi 200ah dan disini baterai yang digunakan 200ah jadi 200ah x 2 buah dipasang dengan cara seri sehingga mendapatkan kapasitas baterai sebesar 24V 200Ah.

Desain Wiring System PLTS

Desain wiring diagram pada sistem PLTS digunakan sebagai acuan untuk menghubungkan antar tiap komponen agar tidak terjadi kesalahan saat pemasangan sistem, maka dibuat desain wiring yang sesuai dengan perancangan yang dibuat.

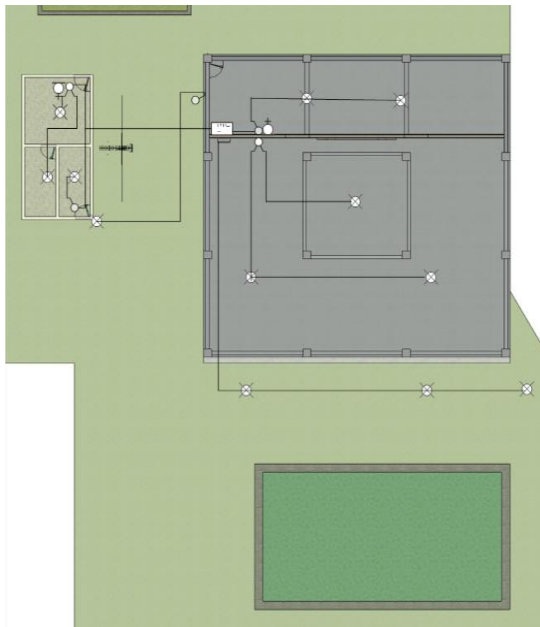


Gambar 4 Wiring Komponen Sistem PLTS

Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Area Jalan Dan Kolam Wisata Pesanggrahan Gordo Mulyo Magetan

Desain Wiring Instalasi

Desain *wiring* instalasi listrik di dibuat berdasarkan denah lokasi dan bangunan, dapat dilihat pada gambar 5. bertujuan sebagai acuan dalam pemasangan instalasi listrik apabila ingin memasang instalasi listrik di Pesanggrahan Gordomulyo .

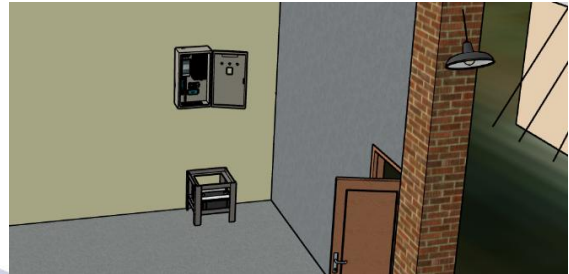


Gambar 5 Wiring Instalasi

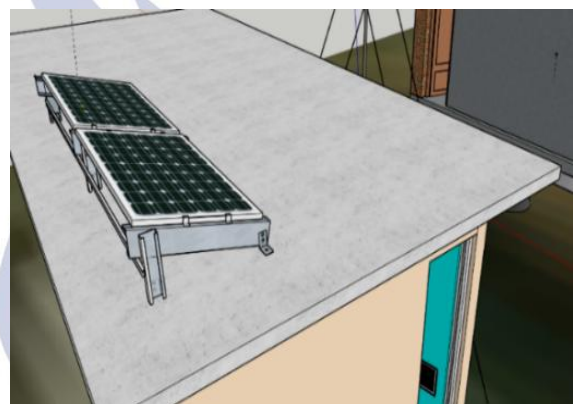
Perancangan Tata Letak

Pada penelitian ini, dilakukan perancangan tata

letak komponen pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan tujuan agar memudahkan proses pemeriksaan dan perawatan. Desain tata letak komponen ini disusun dalam sebuah ruangan khusus untuk PLTS. Dalam bangunan tersebut, berbagai komponen PLTS seperti panel listrik, dan baterai yang akan ditempatkan secara teratur.



Gambar 6 Desain Tata Letak Komponen



Gambar 7 Desain Pada Bangunan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hasil Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya

1. Output Daya Panel Surya

Tabel 3 Output Daya Panel Surya

Output Panel Surya (19 September 2024)

Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Iradiasi (W/m^2)	Daya (W)	Tegangan Baterai (V)	Arus Charging (A)	Kapasitas Baterai (%)
09.00	37	4,3	456	160	24	5,6	60%
09.30	37	4,8	466	179	25	5,3	61%
10.00	37	4,5	450	165	25	5,7	64%
10.30	37	4,9	468	183	25	5,3	64%
11.00	37	5,1	489	189	25	5,9	70%
11.30	37	5	490	187	25	6,3	77%
12.00	37	4,9	430	183	25	5	78%
12.30	37	4,7	464	176	26	5,7	81%
13.00	39	6,4	698	249,6	26	9,8	84%
13.30	39	6,5	668	257	26	9,6	85%
14.00	39	6,1	627	240	27	9,1	86%
14.30	38	5,3	539	202	27	6,5	86%
15.00	38	3	329	114	27	3,7	88%
15.30	37	2,8	318	104	27	3,3	88%
16.00	37	1	267	37	27	2,5	89%
Rata-Rata	37,5	4,62	477,2	175,04	26	5,95	29%

Tabel 4 Output Daya Panel Surya

Output Panel Surya (20 September 2024)							
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Iradiasi (W/m^2)	Daya (W)	Tegangan Baterai (V)	Arus Charging (A)	Kapasitas Baterai (%)
09.00	38	4,2	458	165	24	5,3	55%
09.30	38	4,7	473	179	24	5,5	57%
10.00	38	5,7	528	218	24	5,9	59%
10.30	38	6,9	657	268	24	7,3	65%
11.00	38	6,7	689	258	25	7,8	68%
11.30	39	6,9	796	274	25	7,9	70%
12.00	39	8,9	826	352	25	10	74%
12.30	39	8,6	830	341	25	9,9	78%
13.00	38	7,8	765	301	26	8,3	81%
13.30	38	6,8	678	260	27	7,3	85%
14.00	38	4,9	487	191	27	5,7	90%
14.30	38	2,7	304	105	27	3,4	92%
15.00	38	2,9	301	112	27	3,7	93%
15.30	37	2,7	309	101	28	3,3	94%
16.00	37	2	281	74	28	2,5	95%
Rata-Rata	38	5,4	558,8	213,2	26	5,3	55%

Tabel 5 Output Daya Panel Surya

Output Panel Surya (21 September 2024)							
Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Iradiasi (W/m^2)	Daya (W)	Tegangan Baterai (V)	Arus Charging (A)	Kapasitas Baterai (%)
09.00	37	4,3	456	160	24	5,7	60%
09.30	37	4,8	473	179	25	5,7	62%
10.00	37	4,5	528	165	25	7,1	67%
10.30	37	4,9	657	183	25	7,7	71%
11.00	37	5,1	671	189	26	7,5	76%
11.30	37	5	816	187	26	10,7	79%
12.00	37	4,9	789	183	27	10	85%
12.30	37	4,7	825	176	27	10,9	89%
13.00	39	6,4	765	249,6	27	8,7	91%
13.30	39	6,5	678	257	27	7,1	94%
14.00	39	6,1	568	240	28	6,7	98%
14.30	38	5,3	469	202	28	0,9	100%
15.00	38	3	389	114	28	0,8	100%
15.30	37	2,8	301	104	28	0,8	100%
16.00	37	1	309	37	28	0,7	100%
Rata-Rata	37,5	4,62	456	175,04	28	0,7	40%

Untuk hasil dari pengujian keluaran daya listrik dari panel surya pada berbagai kondisi cuaca, waktu, dan posisi matahari. Hasil pengujian pada dua hari terdapat perbedaan hasil daya yang didapat oleh panel surya. Pada pengujian tersebut hari ketiga mendapat perolehan daya yang lebih besar dibandingkan hari pertama dan kedua. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor cuaca dengan indikator iradiasi matahari sebagai acuan, yang menyebabkan kurangnya daya yang dihasilkan oleh panel surya.

2. Kapasitas Penyimpanan Baterai

Pengujian pengisian baterai untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan dalam pengisian baterai dari kondisi minimum sampai penuh. Tujuan dari pengumpulan data ini adalah untuk mengetahui karakteristik pengisian baterai.

Pada pengujian yang dilakukan pada 3 hari pada tanggal 19 – 21 September 2024 yang tertera pada tabel dapat disimpulkan proses pengisian baterai

Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Area Jalan Dan Kolam Wisata Pesanggrahan Gordo Mulyo Magetan

mengalami kenaikan kapasitas hingga kondisi penuh, meskipun pada saat pengisian arus yang didapat bervariasi, tetapi dapat memenuhi kebutuhan pengisian baterai dari sisa baterai yang digunakan pada saat malam hari, baterai dapat terisi penuh meskipun ada beberapa hari yang tidak terisi penuh dikarenakan daya yang digunakan diluar batas perhitungan, karena pada waktu tersebut dipakai untuk proses pengujian yang dilakukan di pesanggrahan gordo mulyo.

Pembahasan Hasil Analisis

Bagian ini membahas hasil-hasil analisis yang telah diperoleh dengan teori atau hasil penelitian sebelumnya. Beberapa sub-bab yang dapat dibahas, antara lain:

1. Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Output Daya Panel Surya

Radiasi matahari yang jatuh pada area panel surya adalah faktor utama yang menentukan seberapa banyak energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Data pada tabel 3-5 berikut menampilkan rangkuman data pengukuran dan perhitungan daya dengan nilai arus dan daya yang berbeda untuk nilai iradiasi matahari. Daya keluaran panel surya sebesar 37W dengan radiasi matahari sebesar 267(W/m²). Untuk pengujian pada hari pertama daya yang didapat tidak maksimal seperti hari kedua dikarenakan cuaca mendung saat proses pengambilan data. Pengujian pada tanggal 20 terjadi kenaikan daya yang dikeluarkan panel surya bersamaan dengan kenaikan radiasi matahari. Pada pengujian hari kedua daya yang tertinggi yang dapat dihasilkan panel surya 352W dengan radiasi 826(W/m²) pada jam 12.00 saat cuaca cerah. Kemudian daya terendah yang dikeluarkan panel surya sebesar 74W dengan radiasi 281(W/m²) pada saat matahari mulai tenggelam.

2. Efisiensi

1. Efisiensi pada panel surya
Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan parameter penting yang menunjukkan seberapa efektif panel surya untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik. Untuk mengetahui efisiensi panel surya dibutuhkan besaran daya input dan daya output pada panel surya.
 - a. Perhitungan Daya Input (Pin)
Untuk perhitungan daya input panel surya, menggunakan rumus yang terdapat dalam persamaan dengan memanfaatkan data pertama dari Tabel 3. Dengan demikian, akan memperoleh nilai daya input dari panel surya sebagai berikut:

$$\text{Eirradiance} = 456 \text{ W/m}^2$$

$$A \text{ luas permukaan oanel surya} = 2,09 \text{ m}^2$$

$$\text{Kemiringan panel surya } (\cos 10^\circ) = 0,98$$

$$\text{Pin} = \text{Ir} \times A \times (\cos(\theta))$$

$$= 456 \text{ W/m}^2 \times 2,09 \text{ m}^2 \times 0,98$$

$$= 2811,19 \text{ W}$$

$$\text{Ir} = \text{Eirradiance}$$

$$A = \text{luas permukaan oanel surya}$$

$$\cos 10^\circ = \text{Kemiringan panel surya}$$

b. Menghitung Efisiensi Panel Surya (%)

Untuk menghitung efisiensi panel surya, dapat menggunakan rumus persamaan, yang mengacu pada data yang tercantum dalam Tabel 3. Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh nilai efisiensi panel surya sebagai berikut:

$$\eta_{\text{panel surya}} = (\text{Pout}/\text{Pin}) \times 100\%$$

$$= 160/934 \times 100\%$$

$$= 17,13\%$$

$\eta_{\text{panel surya}}$ = efisiensi panel surya dalam persen.

Pout = daya keluaran (dalam watt) dari panel surya.

Pin = daya masukan (energi matahari yang diterima panel, dalam watt).

Tabel 6 Efisiensi Panel Surya

Waktu	Efisisiensi panel surya					
	Teg (V)	Arus (A)	Iradiasi (W/m ²)	Daya (W)	Daya (W)	η_{PV} (%)
9.00	37	4,3	456	934	160	17,13
9.30	37	4,8	466	958	179	18,6
10.00	37	4,5	450	925	165	17,8
10.30	37	4,9	468	962	183	19
11.00	37	5,1	489	1005	189	18,8
11.30	37	5	490	1007	187	18,5
12.00	37	4,9	430	884	183	20,7
12.30	37	4,7	464	954	176	18,4
13.00	39	6,4	698	1436	249	17,3
13.30	39	6,5	668	1373	257	18,7
14.00	39	6,1	627	1289	240	18,6
14.30	38	5,3	539	1108	202	18,2
15.00	38	3	329	676	114	16,8
15.30	37	2,8	318	653	104	15,9
16.00	37	1	267	549	37	6,7
Rata-Rata	37,5	4,6	477,2	980	175	17,4

3. Perhitungan Efisiensi Inverter, (%)

Untuk perhitungan efisiensi inverter menggunakan rumus pada persamaan, menggunakan data pertama pada tabel 7 sehingga didapatkan nilai efisiensi inverter sebagai berikut:

Tabel 7 Daya Output Inverter

Daya pada Inverter (26 November 2024)			
Waktu (WIB)	Daya In Inverter (W)	Daya Out Inverter (W)	η Inverter (%)
10.00	72,8	60	82,4
10.30	75,6	61	80,6
11.00	78,4	61	77,8
11.30	75,6	61	80,6

$$\begin{aligned}\eta_{\text{Inverter}} &= P_{\text{in inverter}} / P_{\text{out inverter}} \times 100\% \\ &= 72,8 \text{ W} / 60 \text{ W} \times 100\% \\ &= 82,4\%\end{aligned}$$

Berdasarkan pengujian beban dapat disimpulkan bahwa kenaikan dan penurunan nilai efisiensi dari inverter terlihat stabil untuk sebuah inverter dengan beban rata-rata 60W secara terus menerus.

PENUTUP

Kesimpulan

Sistem berhasil menghasilkan energi sesuai dengan kebutuhan beban. Hasil pengujian pada pembangkit listrik tenaga surya ini memproduksi daya listrik saat cuaca cerah dengan rata-rata 213W dari jam 9.00WIB sampai jam 16.00WIB dengan daya tertinggi yang didapatkan sebesar 352W pada jam 12.00, dan daya terendah yang didapat sebesar 74W. Pada pengujian selanjutnya pada saat cuaca mendung mendapatkan daya dengan rata-rata 174W dari jam 9.00WIB sampai dengan jam 16.00WIB dengan daya tertinggi yang didapatkan sebesar 257W pada jam 12.00 dan daya terendah yang dihasilkan sebesar 37W pada jam 16.00. Efisiensi daya panel surya yang dihasilkan mendapatkan nilai tertinggi pada pukul 12.00 yaitu 20,7% dan nilai terendah berada pada pukul 16.00 yaitu 6,7% sehingga nilai rata-rata sebesar 17,4%. Efisiensi yang tertera pada datasheet panel surya yang digunakan sebesar 19%. Selisih antara rata-rata efisiensi daya panel surya yang dihasilkan dari pengujian dengan *data sheet* panel surya adalah 1,6%. Hasil selisih tergolong kecil mendekati efisiensi yang terdapat pada *data sheet* panel surya. Panel surya dengan efisiensi lebih tinggi dapat menghasilkan energi lebih banyak, terutama pada area terbatas. Cuaca berpengaruh terhadap besar kecilnya daya yang dihasilkan tiap harinya, mengacu pada iridiasi matahari yang terdapat pada daerah tersebut. Pada cuaca yang cerah daya dari panel surya yang didapat dengan rata-rata sebesar 213W

dari pukul 09.00WIB sampai dengan 16.00WIB dengan rata-rata iridiasi matahari sebesar 588W/m² dan saat cuaca mendung mendapatkan daya dengan rata-rata sebesar 175W dari pukul 09.00WIB sampai dengan pukul 16.00WIB dengan rata-rata iridiasi matahari sebesar 477,2W/m².

Saran

Perlu dilakukan pembersihan lapisan panel surya secara berkala agar tidak terdapat kotoran yang menghalangi sinar matahari untuk dapat memaksimalkan penyerapan. Masing-masing dari pihak pesanggrahan gordomulyo diharapkan memiliki pemahaman untuk dapat mengoperasikan, melakukan monitoring dan melakukan maintenance terhadap PLTS.

DAFTAR PUSTAKA

- Bintoro, A. (N.D.). Analisa Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Tegangan Panel Surya Jenis Mono Chrystalline Kapasitas Daya 50 Wp.
- Darussalam, R., Rajani, A., Kusnadi, K., & Atmaja, T. D. (2016). Pengaturan Arah Azimuth Dan Sudut Tilt Panel Photovoltaic Untuk Optimalisasi Radiasi Matahari, Studi Kasus: Bandung - Jawa Barat. SNF2016-ERE-31-SNF2016-ERE-36.
- Ferdyson, F., & Windarta, J. (2023). Overview Pemanfaatan Dan Perkembangan Sumber Daya Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan Di Indonesia. Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan, 4(1), 1–6.
- Ing. Bagus Ramadhani, M. S. (N.D.). Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts.
- Pandria, T. M. A., & Mukhlizar, M. (2018). PENENTUAN KEMIRINGAN SUDUT OPTIMAL PANEL SURYA. Jurnal Optimalisasi, 3(5).
- Partaonan Harahap. (2020). Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya. Rekayasa Elektrikal Dan Energi : Jurnal Teknik Elektro, 2(2), 73–80.
- Resi Dwi Jayanti Kartika Sari. (2023). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Industri Berbasispv. Journal Of Electrical Engineering And Computer (JEECOM).
- Sartika, N., Fajri, A. N. R., & Kamelia, L. (2023). Perancangan Dan Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Pada Masjid Jami' Al-Muhajirin Bekasi. Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 25(1), 1–9.