



## Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Penerangan di Lokasi Ekowisata Mangrove Lembung, Desa Lembung, Kecamatan Galis, Kabupaten Pamekasan

Muhammad Kharisma Ayyubi<sup>1\*</sup>, Ach Muhib Zainuri<sup>2</sup>, Fauzan Baananto<sup>3</sup>, Nurlia Pramita Sari<sup>4</sup>, Wirawan Wirawan<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>Politeknik Negeri Malang, Malang, Indonesia

Alamat: Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141

Korespondensi penulis: [kharismaayyubi@email.com](mailto:kharismaayyubi@email.com)\*

**Abstract.** *Solar Power Plant is a photovoltaic system to convert electromagnetic energy from sunlight into electrical energy. This solar power plant is one of the recommended solutions for fulfilling electricity needs in remote rural areas where the PLN electricity network does not enter and has abundant sunlight and fuel is difficult to obtain. Based on data from the Global Solar Atlas, Lembung Mangrove Ecotourism, Galis, Pamekasan Regency has a sunlight potential of 4,603 kWh/m<sup>2</sup> per day. Therefore, it is unfortunate if this potential is not optimally utilised to build an off-grid solar power plant. The purpose of the research is to assess the feasibility of installing PLTS in Lembung Mangrove Ecotourism in terms of technical, economic, and investment feasibility analysis. From the research results, to meet the electricity demand of 15,055 kWh, it needs 12 200 Wp PV modules assembled in 6 series 2 parallel, 8 12V 200Ah batteries with 4 series 2 parallel, and 1 3 kW hybrid inverter are needed. From the simulation results, the estimated energy that can be produced is 35 kWh with a performance of the system is 61.42%. In terms of investment, the initial capital required is Rp89,954,000 so that the NPV value is obtained at Rp1,725,979, PI is 1.01, and PBP is estimated to fall in year 22 month 11.*

**Keywords:** *Feasibility study, Off-grid system, Solar power plant.*

**Abstrak.** Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan sistem fotovoltaik untuk mengubah energi elektromagnetik dari sinar matahari menjadi energi listrik. Pembangkit listrik yang bersumber dari matahari ini merupakan salah satu solusi yang direkomendasikan untuk pemenuhan kebutuhan listrik di daerah pedesaan terpencil yang mana tidak masuknya jaringan listrik PLN dan memiliki sinar matahari yang melimpah serta bahan bakar sulit untuk didapatkan. Berdasarkan data dari *Global Solar Atlas*, Ekowisata Mangrove Lembung, Galis, Kabupaten Pamekasan memiliki potensi sinar matahari sebesar 4.603 kWh/m<sup>2</sup> per hari. Oleh karena itu, sangat disayangkan jika potensi tersebut tidak dimanfaatkan secara optimal untuk membangun PLTS sistem *off-grid*. Tujuan penelitian untuk menilai kelayakan pemasangan PLTS pada Ekowisata Mangrove Lembung ditinjau dari aspek teknik, ekonomi, dan analisis kelayakan investasinya. Dari hasil penelitian, untuk memenuhi kebutuhan listrik sebesar 15,055 kWh dibutuhkan 12 buah modul pv 200 Wp yang dirangkai secara 6 seri 2 paralel, 8 buah baterai 12V 200Ah dengan rangkaian 4 seri 2 paralel, dan 1 buah *hybrid* inverter 3 kW. Dari hasil simulasi didapatkan perkiraan energi yang dapat diproduksi sebesar 35 kWh dengan performa dari sistem tersebut sebesar 61,42%. Dari segi investasi, modal awal yang dibutuhkan sebesar Rp89.954.000 sehingga didapatkan nilai NPV sebesar Rp1.725.979, PI sebesar 1,01, dan PBP diperkirakan jatuh pada tahun ke 22 bulan ke 11.

**Kata kunci:** Studi kelayakan, Sistem *off-grid*, Pembangkit listrik tenaga surya.

### 1. LATAR BELAKANG

Salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia adalah energi. Energi menjadi bagian penting dalam kehidupan karena perannya yang sangat vital dalam pemenuhan berbagai aspek dalam kemakmuran hidup manusia. Sejauh ini, energi yang paling sering digunakan oleh

umat manusia berupa energi fosil yang kian lama kian menipis ketersediaannya. Sehingga, pencarian terhadap alternatif sumber energi fosil yaitu energi terbarukan terus dilakukan.

Energi terbarukan merupakan sumber energi yang bersumber dari alam dan bersifat ramah lingkungan serta berkelanjutan. Energi terbarukan seperti sinar matahari, angin, dan air dapat diaplikasikan pada kehidupan sehari-hari tidak hanya pada sektor industri, energi tersebut bahkan dapat diaplikasikan pada rumah-rumah masyarakat.

Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa dengan letak geografis secara astronomi berada di  $60^{\circ}$  LU –  $110^{\circ}$  LS dan  $95^{\circ}$  BT -  $141^{\circ}$  BT. Dengan letak geografis tersebut menjadikan Indonesia sebagai wilayah yang termasuk kedalam kategori wilayah tropis sehingga sinar matahari selalu menyinari tiap tahunnya. Dengan keuntungan tersebut, tidak bisa dipungkiri intensitas cahaya matahari di Indonesia sangatlah tinggi sehingga pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan langkah bijak yang dapat diambil dalam hal pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber energi baru untuk mengatasi ketergantungan pada energi fosil.

Wilayah Indonesia dengan intensitas matahari yang tinggi, rata-rata per harinya dapat memperoleh intensitas radiasi matahari sebesar  $4.8 \text{ kWh/m}^2$  di seluruh wilayahnya. Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya baik sistem *on-grid* maupun *off-grid* harus dimanfaatkan secara optimal. Kini pemanfaatan energi tersebut sudah banyak dilakukan oleh pihak negeri maupun swasta dalam merangka mendukung penggunaan energi yang lebih hijau dan perkembangannya terbilang cukup masif.

Kabupaten Pamekasan adalah kabupaten yang berada di Provinsi Jawa Timur tepatnya berada di pulau Madura. Kabupaten Pamekasan memiliki hutan mangrove yang cukup luas tepatnya pada pesisir utara dan selatan kabupaten tersebut. Ekowisata mangrove lembung merupakan salah satu tempat wisata yang cukup ramai dikunjungi di Kabupaten Pamekasan. Secara konsep, ekowisata merupakan pariwisata yang memadukan kegiatan konservasi alam, pendidikan, rekreasi, dan kegiatan perekonomian masyarakat. Sayangnya, kebutuhan listrik untuk penerangan di malam hari serta penunjang kegiatan wisata dirasa kurang dikarenakan keterbatasan pasokan listrik PLN di tempat tersebut. Berdasarkan data dari *Global Solar Atlas* lokasi ini memiliki potensi sinar matahari sebesar  $4.603 \text{ kWh/m}^2$  per hari. Oleh karena itu, dilihat dari potensi sinar matahari di lokasi tersebut dan permasalahan yang terjadi maka perlu memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi dengan melakukan Studi Kelayakan Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

## 2. KAJIAN TEORITIS

### Hukum Stefan-Boltzmann

Pada hukum tentang radiasi yang dikemukakan oleh Stefan-Boltzmann, menyebutkan bahwa energi yang dipancarkan oleh suatu permukaan benda dalam bentuk radiasi kalor per satuan waktu sebanding dengan luas permukaan dan sebanding dengan empat suhu mutlak permukaan tersebut. Hukum tersebut dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\phi = \sigma T^4$$

Dimana:

$\Phi$  = Radiasi benda

$\sigma$  = Konstanta Stefan-Boltzmann =  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W / m}^2 \text{ K}^4$

T = Suhu (K)

### PLTS Sistem *Off-Grid*

PLTS *off-grid* adalah sistem pembangkit listrik yang berdiri sendiri (*stand alone*), beroperasi secara independen tanpa terhubung dengan jaringan PLN. Sistem ini membutuhkan baterai sebagai penyimpan energi listrik yang dihasilkan pada siang hari untuk memenuhi kebutuhan pada malam hari.

### Modul PV

Modul fotovoltaik merupakan salah satu komponen terpenting dalam sistem PLTS. Modul fotovoltaik mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik menggunakan proses fotoelektrik. Modul ini biasa disebut juga sebagai larik atau array yang umumnya dihubungkan secara seri dan/atau paralel.

### Inverter Jaringan

Inverter jaringan atau juga dikenal sebagai inverter PV atau grid inverter adalah komponen elektronik daya yang mengonversi tegangan DC dari larik modul fotovoltaik menjadi tegangan AC baik untuk pemakaian langsung atau untuk menyimpan kelebihan daya ke dalam baterai. Serupa dengan solar charge controller, perangkat ini juga dilengkapi dengan MPPT (maximum power point tracker) untuk mengoptimalkan daya yang ditangkap larik modul fotovoltaik.

## Baterai

Baterai merupakan salah satu komponen elektronik dari PLTS yang berfungsi untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik di siang hari. Baterai bertindak sebagai penyimpan energi sementara untuk mengatasi perbedaan pasokan listrik dari modul fotovoltaik dengan permintaan listrik.

## Perhitungan Jumlah Beban Energi

Berikut merupakan tabel perhitungan jumlah beban energi:

**Tabel 1. Perhitungan Jumlah Energi**

No	Item	Jumlah	Daya/Item (Watt)	Total Daya (kWh)	Durasi (Jam)	Daya (kWh)
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
Total A						
Cadangan energi = 30% x Total A						
Total B = Total A + Cadangan Energi						
Rugi sistem = 30% x Total B						
Jumlah total = Total B + Rugi sistem						

## Perhitungan Komponen yang Dibutuhkan

Daya (wattpeak) yang dibangkitkan oleh PLTS untuk memenuhi kebutuhan energi dapat diperhitungkan dengan persamaan persamaan sebagai berikut:

### 1. Jumlah Panel

#### a) PV Area

$$PV\ Area = \frac{E_L}{G_{av} \times TCF \times \eta_{PV} \times \eta_{out}}$$

Dimana:

$E_L$  = Besar energi yang akan dibangkitkan [kWh/hari]

$G_{av}$  = Intensitas radiasi matahari [kW/m<sup>2</sup>/hari]

TCF = *Temperature Coefficient Factor* [%]

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

$\eta_{out}$  = Efisiensi sistem = 0,95

#### b) Daya yang Dibangkitkan

$$P_{wattpeak} = PV\ Area \times PSI \times \eta_{PV}$$

Dimana:

PV Area = Luas permukaan panel surya [m<sup>2</sup>]

PSI = *Peak Solar Insolation* adalah 1.000 W/m<sup>2</sup>

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

c) Jumlah Modul Panel Surya

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{P_{\text{wattpeak}}}{P_{\text{mpp}}}$$

$P_{\text{wattpeak}}$  = Daya yang dibangkitkan [Wp]

$P_{\text{mpp}}$  = Daya maksimum keluaran panel surya [Watt]

## 2. Kapasitas Inverter

Berikut adalah acuan yang digunakan dalam pemilihan komponen inverter:

$$PV \text{ Inverter} = 1,25 \times \text{kapasitas PV}$$

$$\text{Inverter Baterai} = \text{kapasitas PV Inverter}$$

## 3. Jumlah Baterai

Kapasitas baterai dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$C = \frac{N \times E_d}{V_s \times DOD \times \eta}$$

Dimana:

C = Kapasitas baterai [Ampere-hour]

N = Jumlah hari otonomi [hari]

$E_d$  = Konsumsi energi harian [kWh]

$V_s$  = Tegangan baterai [Volt]

$\eta$  = Efisiensi baterai x efisiensi inverter

DOD = Kedalaman maksimum pengosongan baterai [%]

## Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$M = 1\% \times \text{Total Biaya Investasi}$$

### **Life Cycle Cost**

Nilai *life cycle cost* dapat dihitung melalui persamaan sebagai berikut:

$$LCC = C + M_{pw}$$

Dimana:

LCC = Biaya siklus hidup (*life cycle cost*)

C = Biaya investasi awal

$M_{pw}$  = Biaya nilai sekarang untuk total biaya O&M selama umur proyek.

Sedangkan untuk nilai  $M_{pw}$  didapatkan melalui persamaan sebagai berikut:

$$M_{pw} = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i + (1+i)^n} \right]$$

Dimana:

A = Biaya tahunan

i = Tingkat diskonto

n = Umur proyek

### **Faktor Diskonto**

Faktor diskonto adalah faktor yang digunakan untuk menilai segala penerimaan penerimaan di masa mendatang sehingga dapat dibandingkan dengan pengeluaran pada masa sekarang. Faktor diskonto dapat dihitung melalui rumus berikut:

$$DF = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Dimana:

DF = *Discount factor*

i = Tingkat diskonto

n = Umur proyek

### **Cost of Energy**

Perhitungan terhadap energi suatu PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan PLTS. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk mencari nilai COE:

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{AkWh}$$

Dimana:

- LCC = Biaya siklus hidup  
 CRF = Faktor pemulihan modal  
 AkWh = Energi yang dibangkitkan tahunan

Adapun persamaan untuk mencari nilai faktor pemulihan modal adalah sebagai berikut:

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Dimana:

- CRF = Faktor pemulihan modal  
 i = Tingkat diskonto  
 n = Umur proyek

Untuk mengetahui nilai energi yang dibangkitkan selama satu tahun dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$AkWh = kWh \text{ harian} \times 365$$

### ***Net Present Value***

*Net Present Value* (NPV) adalah seluruh cash flow bersih yang dinilai sekarang berdasarkan discount factor (DF). Nilai NPV dapat dihitung melalui persamaan sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{PVNCF_t}{(1+i)^t} - C_0$$

Dimana:

- NPV = *Net present value*  
 n = Umur proyek  
 t = Tahun proyek  
 PVNCF<sub>t</sub> = *Net cash flow* periode tahun ke-1 hingga ke-n  
 C = Biaya investasi awal

### ***Profitability Index***

Profitability Index merupakan total kas bersih nilai sekarang (PVNCF<sub>t</sub>) dibagi dengan modal awal (C). Sehingga, PI dapat dihitung melalui persamaan sebagai berikut:

$$PI = \frac{PVNCF_t}{C}$$

Dimana:

PVNCf<sub>t</sub> = Net cash flow periode tahun ke-1 hingga ke-n

C = Biaya investasi awal

### Payback Period

Payback Period merupakan rentang waktu yang dibutuhkan agar modal/investasi dapat kembali. Payback Period (PBP) dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$PBP = YBR + \frac{C}{NPV \text{ Kumulatif}}$$

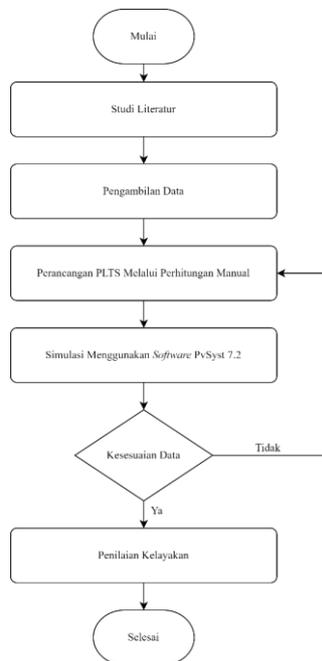
Dimana:

PBP = Payback period

YBR = Year before recovery

C = Nilai investasi awal

## 3. METODE PENELITIAN



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

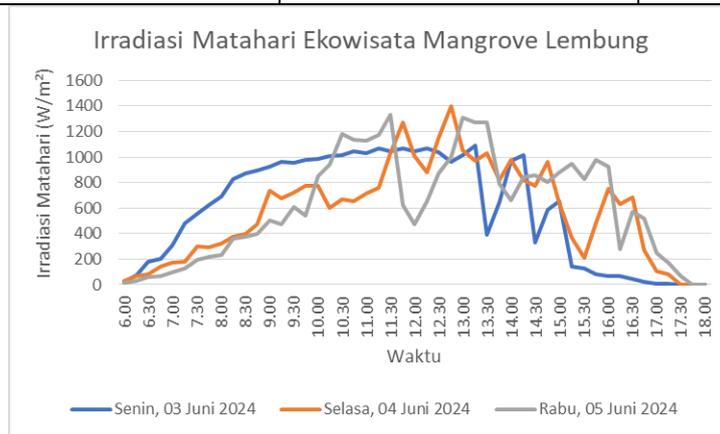
### Hasil Pengukuran Irradiasi Matahari

Pengukuran nilai irradiasi matahari dilakukan pada tanggal 03-05 Juni 2024 selama 12 jam dari jam 06.00-18.00 WIB dengan interval waktu pengukuran selama 15 menit. Berikut adalah hasil dari pengukuran pada periode tersebut:

**Tabel 2. Data Hasil Pengamatan**

Irradiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )			
Jam	Senin, 3 Juni 2024	Selasa, 4 Juni 2024	Rabu, 5 Juni 2024
6.00	23.6	32.7	18.2
6.15	74.9	68.7	27.2
6.30	179.3	79.5	58.2
6.45	200.4	139.4	69.8
7.00	310	173.9	97.8
7.15	482.4	180.8	130.3
7.30	554	298.6	197.3
7.45	625.6	297	220.4
8.00	688.5	324.6	235.9
8.15	829.2	375.3	360.5
8.30	874.4	401.7	376
8.45	891.6	472.9	401
9.00	924.5	737.2	507.4
9.15	965	677.7	473.6
9.30	952	723.8	607.6
9.45	981.1	777.4	544.4
10.00	983	774.4	847.5
10.15	1006.4	602.4	937.8
10.30	1018.7	666	1183.6
10.45	1043.3	657	1137.9
11.00	1033	715	1130
11.15	1066.3	760	1173.8
11.30	1047.1	1027	1330.5
11.45	1070.1	1268.4	626.2
12.00	1045.2	1007.9	472.6
12.15	1066.4	877.3	652.6
12.30	1038.8	1150.8	871.8
12.45	962.9	1397	1001.6
13.00	1014.9	1050.9	1309
13.15	1087.8	967	1269.5
13.30	388.2	1030.5	1274.8
13.45	648.1	819.2	789.2
14.00	971.3	980	664.6
14.15	1012.5	819.8	846.1
14.30	329	777.3	854
14.45	589.6	965	802.5
15.00	652.3	640.7	876.7
15.15	141.4	364.9	949.6
15.30	127.4	208.8	825.3
15.45	84.8	481.5	978.2
16.00	71.1	750.2	925.9
16.15	64.9	628.4	278.2
16.30	42	687.9	570.8
16.45	20.5	272.4	516

17.00	10.1	104.2	245.6
17.15	7.4	81	172.2
17.30	0	0	67.9
17.45	0	0	0
18.00	0	0	0



**Gambar 1. Grafik Irradiasi Matahari di Ekowisata Mangrove Lembung, 03-05 Juni 2024**

Dari data tersebut didapatkan nilai Peak Sun Hours pada masing masing hari sebagai berikut:

1. Senin, 3 Juni 2024

$$PSH = \frac{29201}{4000} = 7,30 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ per hari}$$

2. Selasa, 4 Juni 2024

$$PSH = \frac{282941,1}{4000} = 7,07 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ per hari}$$

3. Rabu, 5 Juni 2024

$$PSH = \frac{29907,6}{4000} = 7,48 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ per hari}$$

Sedangkan untuk rata rata nilai *PSH* selama 3 hari tersebut adalah sebesar 7,28 kWh/m<sup>2</sup> per hari. *PSH* adalah besarnya energi yang dapat dikonversi oleh sel surya yang ditentukan oleh waktu insolasi efektif. Nilai *PSH* dianggap ekuivalen dengan besarnya nilai lamanya penyinaran matahari selama satu hari, sehingga rata rata lama penyinaran pada Ekowisata Mangrove Lembung sebesar 7,28 jam.

## Kebutuhan Daya Listrik

**Tabel 3. Beban Energi Listrik di Ekowisata Mangrove Lembung**

No	Item	Jumlah	Daya/Item (Watt)	Total Daya/Item (kW)	Durasi (Jam)	Total Daya (kWh)
1.	Lampu	17	13	0,221	12	2,652
2.	Pompa Seawater Reverse Osmosis	2	1500	3	1	3
3.	Freezer	1	94	0,094	24	2,256
4.	Mesin pengolah ikan	1	1000	1	1	1
Total A				3,315		8,908
Cadangan Energi = 30% x Total A				0,995		2,672
Total B = Total A + Cadangan Energi				4,310		11,580
Rugi Sistem = 30% x Total B				1,293		3,474
Jumlah total = Total B + Rugi Sistem				5,602		15,055

## Kebutuhan Komponen

### 1. PV Area

**Tabel 4. Data Suhu Harian Berdasarkan AccuWeather**

Hari	Suhu (°C)
Senin, 03 Juni 2024	35
Selasa, 04 Juni 2024	35
Rabu, 06 Juni 2024	34
Rata rata	34,6

Suhu standar dari sebuah modul panel surya adalah sebesar 25°C. Berdasarkan tabel 4. diketahui bahwa terjadi kenaikan suhu sebesar 9,6°C. Sehingga besar daya tiap modul yang dapat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{saat naik } 9,6^{\circ}\text{C}} &= 0,5\% \times P_{mpp} \times \text{kenaikan temperatur} \\
 &= 0,5\% \times 200\text{W} \times 9,6^{\circ}\text{C} \\
 &= 9,6\text{W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{mpp \text{ saat naik } 9,6^{\circ}\text{C}} &= P_{mpp} - P_{9,6^{\circ}\text{C}} \\
 &= 200\text{W} - 9,6\text{W} \\
 &= 190,4\text{W}
 \end{aligned}$$

Sehingga, nilai *Temperature Correction Factor* didapatkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} TCF &= \frac{P_{mpp\ 9,6^{\circ}C}}{P_{mpp}} \\ &= \frac{190,4}{200} \\ &= 0,95 \end{aligned}$$

Maka, besarnya PV Area didapatkan melalui perhitungan dibawah ini:

$$\begin{aligned} PV\ Area &= \frac{15055}{7,28 \times 0,95 \times 0,19 \times 0,95} \\ &= 12,06\ m^2 \end{aligned}$$

## 2. Daya yang Dibangkitkan

Besar daya yang dapat dibangkitkan oleh modul dapat dihitung melalui persamaan dibawah ini, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{wattpeak} &= 12,06\ m^2 \times 1000\ W / m^2 \times 0,19 \\ &= 2291,4 \approx 2300\ Wp \end{aligned}$$

## 3. Jumlah Modul

Modul panel surya yang akan terpasang pada Ekowisata Mangrove Lembung memiliki spesifikasi Pmpp sebesar 200 Wp. Sehingga kebutuhan jumlah modul yang diperlukan dapat dihitung melalui persamaan (3) dengan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Jumlah\ Modul &= \frac{2300}{200} \\ &= 11,5 \approx 12\ buah \end{aligned}$$

Ke-12 buah modul panel tersebut akan dirangkai menjadi 1 array dengan dihubungkan secara 6 seri dan 2 paralel. Modul yang digunakan adalah Solana Mono 24V-200 dengan spesifikasi sebagai berikut:

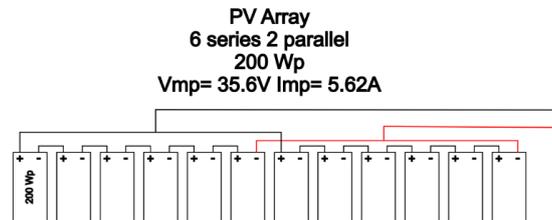
$$\begin{aligned} P_{max} &= 200W \\ V_{mp} &= 35,6V \\ I_{mp} &= 5,62A \end{aligned}$$

Sehingga dari spesifikasi diatas, daya yang dapat dibangkitkan oleh array tersebut dengan konfigurasi 6 seri 2 paralel adalah sebagai berikut:

$$V_{mpp} = 35,6V \times 6 = 213,6V$$

$$I_{mpp} = 5,62A \times 2 = 11,24A$$

$$P_{mpp} = 213,6V \times 11,24A = 2400 \text{ Wp}$$



#### 4. Jumlah Inverter

Jumlah inverter dapat ditentukan melalui besarnya keluaran dari sebuah inverter. Besar keluaran tersebut dapat dihitung melalui persamaan dibawah ini, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} PV \text{ Inverter} &= 1,25 \times 2400 \text{ Wp} \\ &= 3000 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dari persamaan tersebut, diketahui bahwa kapasitas untuk inverter baterai adalah sama dengan kapasitas inverter jaringan. Sehingga, kapasistas inverter baterai adalah sebesar 3 kW.

Inverter yang dipilih adalah hybrid inverter dengan model ICA Solar SNV-GH3041 3 kW sebanyak 1 buah yang didalamnya sudah terdapat charge controller.

#### 5. Jumlah Baterai

Kapasitas baterai yang akan digunakan pada perencanaan PLTS Ekowisata Mangrove Lembung dapat dihitung melalui persamaan dibawah ini dan didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C &= \frac{1 \times 15055}{48 \times 0,8 \times 0,98} \\ &= 400 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Baterai yang dipilih adalah VOZ Deep Cycle 12V 200Ah, dengan rangkaian sebagai berikut:

1. Baterai yang dihubungkan secara seri

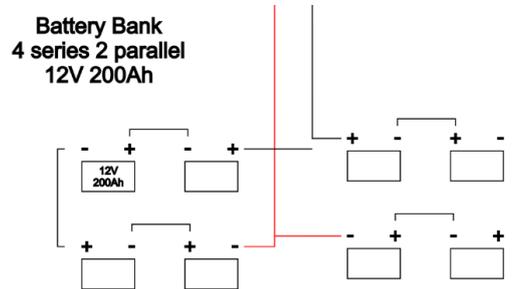
$$Seri = \frac{48}{12} = 4 \text{ buah}$$

2. Baterai yang dihubungkan secara paralel

$$Paralel = \frac{400}{200} = 2 \text{ buah}$$

Total jumlah baterai yang digunakan adalah sebanyak 8 buah dengan total kapasitas baterai tersebut sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total kapasitas baterai} &= 8 \times 12 \times 200 \\ &= 19200 \text{ Wh} \\ &= 19,2 \text{ kWh} \end{aligned}$$

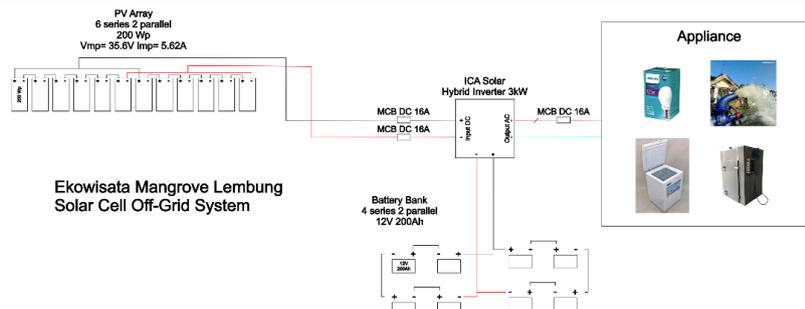


Gambar 2. Rangkaian Baterai

### Rekapitulasi Komponen yang Dipilih

Tabel 5. Rakpitulasi Komponen yang Dipilih

No	Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1.	Panel Surya	Model : Solana	12 Unit
		Tipe : Solana Mono 24V-200	
		Pmax : 200 W	
		Vmp : 35,6 V	
		Imp : 5,62 A	
		Voc : 5,95 A	
2.	Hybrid Inverter (dengan MPPT didalamnya)	Model : ICA Solar	1 Unit
		Tipe : SNV-GH3041	
		Max PV Power Input : 4000 W	
		Max DC Voltage : 450 Vdc	
		Max Input Current : 18 A	
		Max Conversion Efficiency : 95%	
3.	Baterai	Model : VOZ Battery	8 Unit
		Tipe : Deep Cycle	
		Kapasitas : 200 Ah	
		Voltage : 12 V	



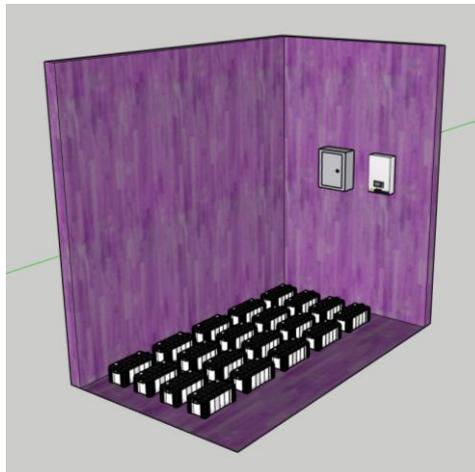
Gambar 3. Skema Sistem PLTS



**Gambar 4. 3D Model Ekowisata Mangrove Lembung**



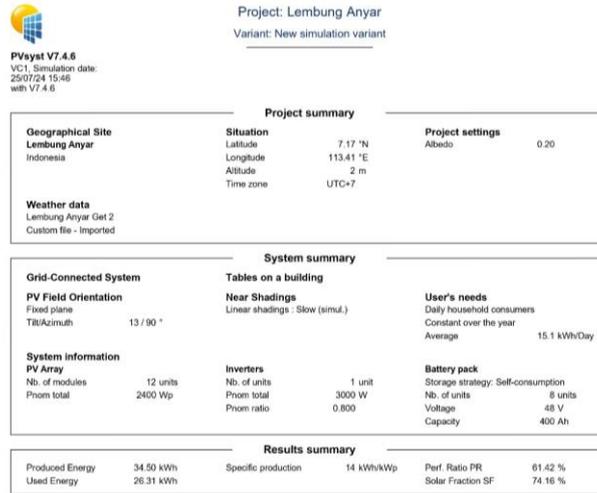
**Gambar 5. Desain Atap PLTS Ekowisata Mangrove Lembung**



**Gambar 6. Desain Ruang Penyimpanan Energi**

### **Hasil Simulasi**

Berikut adalah hasil simulasi sistem PLTS yang direncanakan menggunakan *software* PvSyst 7.4:



**Gambar 7. Hasil Simulasi Software PvSyst 7.4**

Dari hasil simulasi didapatkan nilai Pnom total sebesar 2400 Wp, energi yang dapat diproduksi sebesar 34,50 kWh, dan *performance ratio* sebesar 61,42%.

### Biaya Investasi Awal

**Tabel 6. Biaya Investasi Awal**

Nama	Qty	Satuan	Harga (Rp)	Total (Rp)
Modul PV 200 Wp	12	Unit	1.935.000,00	23.220.000,00
Hybrid Inverter 3 kWp	1	Unit	8.550.000,00	8.550.000,00
Baterai	8	Unit	5.726.000,00	45.808.000,00
Bracket modul panel surya 2.5 m	22	Unit	225.000,00	4.950.000,00
Kabel PV 10 meter	7	Unit	350.000,00	2.450.000,00
Kabel 6 mm <sup>2</sup> 50 meter	1	Unit	700.000,00	700.000,00
Panel box	1	Unit	276.000,00	276.000,00
Pengerjaan Sipil	1	Jasa	3.000.000,00	3.000.000,00
Komponen lainnya	1	Unit	1.000.000,00	1.000.000,00
<b>Total</b>				<b>Rp 89.954.000,00</b>

### Hasil Perhitungan Nilai Ekonomi

**Tabel 7. Hasil Perhitungan Nilai Ekonomi**

Nama	Nilai
Biaya O&M	Rp899.540
Mpw	Rp11.226.260
Life Cycle Cost	Rp101.180.260
Faktor Diskonto	0,2196
Cost of Energy	Rp1.473,032 ≈ Rp1.500
CRF	0,08
AkWh	5495,075

## Hasil Analisis Kelayakan Investasi

**Tabel 8. Hasil Analisis Kelayakan Investasi**

Nama	Nilai
<i>Net Present Value</i>	Rp1.725.979,00
<i>Profitability Index</i>	1,01
<i>Payback Period</i>	23 tahun 11 bulan

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, untuk memenuhi kebutuhan listrik harian sebesar 15,055 kWh dibutuhkan sistem PLTS dengan daya 2,4 kWp dengan jumlah modul 200 Wp sebanyak 12 buah, *hybrid* inverter 3 kW 1 buah, dan baterai 12V 200Ah sebanyak 8 buah. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem tersebut dapat memproduksi energi 34,5 kWh dengan performa sistem sebesar 61,42%. Dari segi investasi, proyek PLTS Ekowisata Mangrove Lembung layak dilaksanakan dikarenakan nilai NPV dan PI bernilai >1 atau positif serta modal investasi akan tergantikan (PBP) sebelum umur proyek tepatnya pada tahun ke 23 bulan ke 11.

## 6. DAFTAR REFERENSI

Advance Renewable Energy Systems. (2014).

Asrori, A., Ramdhani, A. F., Nugroho, P. W., & Eryk, I. H. (2022). Kajian kelayakan solar rooftop on-grid untuk kebutuhan listrik bengkel mesin di Polinema. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 10(4).

Concentrating Solar Power Technology (Second Edition). (2021).

Firaldi, F. R., Wibowo, R. S., & Anam, S. (2023). Studi kelayakan teknis dan ekonomi pemasangan PLTS atap on-grid pada sistem kelistrikan gedung perpustakaan ITS. *Jurnal Teknik ITS*, 12(1).

Firmanda Al Riza, D., Ihtsham Ul Haq Gilani, S., & Ihtsham-ul Haq Gilani, S. (2014). Standalone photovoltaic system sizing using peak sun hour method and evaluation by TRNSYS simulation. *International Journal of Renewable Energy Research*, 4(1).

Hajir, N., Haddin, M., & Suprajitno, A. (n.d.). Analisa perencanaan pembangkit listrik tenaga surya atap dengan sistem hybrid di PT. Koloni Timur.

Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya: Dos & Don'ts. (n.d.).

Kodir Al Bahar, A., & Teguh Maulana, A. (2018). Perencanaan dan simulasi sistem PLTS off-grid untuk penerangan gedung fakultas teknik UNKRIS. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 6(3).

- Kusumaning Tiyas, P., & Widyartono, M. (n.d.). Pengaruh efek suhu terhadap kinerja panel surya.
- Megantoro, P., Syahbani, M. A., Sukmawan, I. H., Perkasa, S. D., & Vigneshwaran, P. (2022). Effect of peak sun hour on energy productivity of solar photovoltaic power system. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 11(5).
- Nabella, S. D., Kunci, K., Laporan, A., Kas, A., Laporan, A., Kinerja, D., & Perusahaan, K. (2021). Analisa laporan arus kas sebagai alat untuk menilai kinerja keuangan perusahaan PT Kimia Farma Tbk. *Jurnal Bening*, 8(2). Universitas Riau Kepulauan.
- Soedjarwanto, N., Komalasari, E., & Fardhan, S. A. (n.d.). Studi kelayakan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan baterai dan terhubung grid di Nias, Sumatera Utara.
- Syahwila, M., & Kadir, N. (2021). Rancang bangun modul pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sistem off-grid sebagai alat penunjang praktikum di laboratorium. *Jurnal Pengolahan Laboratorium Pendidikan*, 3(1).
- Udianto, P., & Yudiyanto, E. (n.d.). Studi kelayakan pembangkit listrik tenaga surya untuk penerangan di lokasi wisata Pantai Gemah Tulungagung, Jawa Timur, 21(2).
- Yulianto, A. M., Wahyurini, E. T., & Hidayat, M. T. (2022). Seminar nasional sumber daya lokal (SEMNASDAL III) "Digitalisasi produk lokal pertanian dalam mendukung ketahanan pengembangan ekowisata mangrove Lembung dalam penguatan sosial ekonomi masyarakat di Desa Lembung Kecamatan Galis Kabupaten Pamekasan."