

Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Aerator dan Alat Pemberi Pakan Ikan

Sri Mulyani¹⁾, Ahmad Rosyid Idris²⁾, Usman³⁾

¹ Jurusan Teknik Elektro / Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar
srimulyani989805@gmail.com

² Jurusan Teknik Elektro / Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar
Ahmadrosyid@poliupg.ac.id

³ Jurusan Teknik Elektro / Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar
usman.ose@poliupg.ac.id

Abstrak

Kebutuhan akan suplai listrik untuk sentra industri di masyarakat semakin meningkat setiap tahunnya sedangkan sumber energi non terbarukan semakin sedikit, maka sesuai Perpres No 112 tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan (EBT) untuk Penyediaan Tenaga Listrik dimana salah satu energi yang digunakan adalah sinar matahari sebagai sumber pembangkit listrik utama yang jumlahnya melimpah di Indonesia. Perhitungan secara teknis dan ekonomis dilakukan guna mengembangkan PLTS *Stand Alone* sebagai suplai catu daya untuk kebutuhan listrik pada kolam budidaya ikan kelompok Minalogereng. Adapun hasil perhitungan yang didapat adalah kebutuhan daya listrik pada kolam sebesar 63,882 Watt/hari untuk itu komponen PLTS yang digunakan yaitu panel surya tipe *Monocrystalline* 200 WP berjumlah 90 Unit, *Inverter* 22 Kw berjumlah 1 Unit, Baterai 1000 Ah berjumlah 11 Unit, SCC 450 Ampere. Hasil analisa ekonomi berupa kelayakan nilai investasi untuk pembangkit listrik yaitu nilai *Net Present Value* sebesar - Rp 101.477.265, *Profitability Index* sebesar 0,9 ; *Payback Period* sebesar 25,1 dan nilai *Break Event Point* sebesar 27,78 tahun dimana dengan 4 indikator ini menunjukkan bahwa PLTS *Stand Alone* ini tidak layak untuk dilaksanakan.

Keywords : EBT, PLTS, PVSyst, BEP.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan industri yang semakin cepat telah memaksa kebutuhan akan pasokan energi listrik semakin besar. Oleh karena itu melalui Peraturan Presiden No 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik dimana salah satu energi yang digunakan adalah sinar matahari sebagai sumber pembangkit listrik utama yang banyak untuk dilakukan. Hampir seluruh wilayah Indonesia memiliki potensi untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Energi surya yang dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas 2 juta km² adalah sebesar 112000 GWp yang dapat didistribusikan sedangkan Indonesia baru memanfaatkan sekitar 10 MWp, sehingga masih banyak dibutuhkan dan dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sama seperti di lokasi kolam budidaya ikan Minalogereng yang memiliki potensi untuk dibangkitkan PLTS.

Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) juga diupayakan untuk dapat mensuplai kebutuhan peralatan listrik kelompok pembudidaya ikan Mina Logereng yang diharapkan dapat menjadi solusi karena kurangnya pasokan listrik dan sebagai usaha pengurangan ketergantungan energi listrik dari PLN. Adapun dalam proses penggunaan PLTS harus memperhatikan daya panel terpasang dan juga beban yang di suplai harus sesuai. Kekurangan suplai daya listrik masih sering terjadi akibat PLTS terpasang masih tersistem Hybrid dengan PLN dalam kapasitas listrik yang masih sedikit maka dari itu diperlukan analisis ulang perencanaan PLTS untuk mensuplai aerator dan alat pemberi pakan ikan

beserta analisis ekonominya guna mengetahui nilai investasi dari PLTS yang akan di buat nanti.

II. KAJIAN LITERATUR

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem pembangkit listrik yang bersumber dari radiasi matahari melalui konversi sel fotovoltaik. Sesuai dengan data yang disebutkan dalam RUEN (Rencana Umum Energi Nasional) tahun 2017 bahwa Indonesia memiliki total potensi energi surya sebesar 207898 MWp yang tersebar di 34 Provinsi. Semakin tinggi tingkat irradiasi sinar matahari yang mengenai panel surya maka semakin tinggi pula energi listrik yang dihasilkan.

A. Jenis – Jenis PLTS

Menurut Kementerian ESDM (2018) umumnya sistem PLTS dapat dibagi berdasarkan :

1. Mode Pengoperasian

a. PLTS Sistem *Off grid*

PLTS Sistem *Off grid* atau *stand alone* PV (*Photo Voltaic*) system, yaitu sistem pembangkit listrik yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian panel surya untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan.

b. PLTS Sistem *On Grid*

PLTS Sistem *On Grid* merupakan sebuah sistem yang bekerja secara langsung di panel surya (*solarcell*). Sistem tersebut tidak memakai baterai. Listrik yang dihasilkan adalah listrik AC yang sinkron dengan PLN

sehingga panel surya on grid dapat diterapkan bersama-sama dengan jaringan PLN.

c. **PLTS Sistem Hybrid**

PLTS dengan sistem *hybrid* yaitu sumber listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat digabungkan dengan sumber listrik dari PLN. Secara bergantian kedua sistem ini akan menjaga kesinambungan suplai energi ketika terjadi kekurangan daya listrik atau pemadaman. Sistem ini terdiri dari sumber energi utama dari panel surya yang dikonversikan dan ditampung ke baterai, ketika pemakaian listriknya melebihi dari kapasitas baterai, maka secara otomatis listrik dari PLN akan masuk.

2. **Posisi Pemasangan**

- a. **PLTS Ground Mounted** (dipasang diatas permukaan tanah)
- b. **PLTS Rooftop** (dipasang diatas atap atau dapat terintegrasi dengan atap)
- c. **PLTS Terapung**

3. **Desain Sistem**

- a. **PLTS Terpusat**
Sistem PLTS yang modul fotovoltaiiknya didesain secara terpusat (dalam satu area) dan memiliki sistem jaringan distribusi untuk menyalurkan daya listrik ke beban.
- b. **PLTS Tersebar/Terdistribusi**
Sistem PLTS yang modul fotovoltaiiknya didesain secara tersebar dan umumnya tidak memiliki sistem jaringan distribusi, sehingga setiap pelanggan memiliki sistem PLTS tersendiri.

B. Komponen PLTS

1. **Panel Surya**

Terdapat 3 jenis panel surya yaitu :

- a. **Panel Surya Monocrystalline**
Jenis panel surya *monocrystalline* memiliki warna cenderung lebih gelap, lebih mahal karena proses produksinya dan memiliki efisiensi sampai dengan 15-20%. Jenis ini tidak akan berfungsi baik di tempat yang cahayanya matahari kurang (teduh) yang menyebabkan efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.
- b. **Panel Surya Polycrystalline**
Proses produksi *polycrystalline silicon* jauh lebih murah, memiliki warna yang mencolok yaitu kebiruan sedangkan bentuknya bisa kotak atau persegi dengan pola-pola guratan yang kebiruan. Jika disusun pada solar panel maka akan tampak lebih rapat serta tingkat efisiensi 1-2% lebih rendah daripada tipe *monocrystalline*.
- c. **Panel Surya Thin-Film**
Panel surya film tipis juga bisa terbuat dari silikon *amorf (a-Si)* dimana bahan ini mirip dengan komposisi panel monokristalin dan polikristalin. Sekalipun panel film tipis ini juga terbuat dari silikon namun panel ini tidak terbuat dari silikon padat. Sebaliknya, panel surya film tipis ini terdiri dari

silikon non-kristal yang ditempatkan di atas kaca, logam atau plastik.

2. **Solar Charge Controller**

Peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke battery dan diambil dari baterai ke beban serta mengatur overcharging / kelebihan voltase dari panel surya.

3. **Inverter**

Perangkat yang mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya.

4. **Baterai**

Perangkat listrik untuk menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya.

5. **Sistem Pentanahan**

Pentanahan digunakan untuk memperoleh keamanan, keselamatan peralatan, keselamatan lingkungan, maupun orang yang ada di sekitarnya.

6. **Penangkal Petir**

Penangkal petir dipasang untuk melindungi perangkat PLTS dari sambaran langsung petir.

7. **Pyranometer**

Salah satu alat yang digunakan untuk mengukur intensitas radiasi matahari

C. Software PVSyst

Software PVSyst merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk proses pembelajaran, pengukuran (*sizing*), dan analisis data dari perencanaan sistem PLTS. *Software PVSyst* terbagi ke dalam sistem terinter-koneksi jaringan (*grid connected*), sistem berdiri sendiri (*stand alone*) dan sistem pompa (*pumping*).

D. Aerator

Aerator adalah mesin penghasil gelembung udara agar air kaya akan oksigen terlarut yang mana sangat dibutuhkan oleh ikan.

E. Perhitungan Perancangan

1. **Data Beban dan Jam Operasi Beban**

Berikut disajikan data beban peralatan listrik pada kolam ikan

Tabel 1. Data Beban Listrik

NO (i)	BEBAN (ii)	DAYA (WATT) (iii)	DURASI (JAM) (iv)	JUMLAH (v)	TOTAL KEBUTUHAN DAYA (WATT) (vi)
1	AERATOR	100	24	10	24000
2	ALAT PEMBERI PAKAN IKAN	60	3	10	1800
3	LAMPU LED	20	12	10	2400
4	POMPA SUBMERSIBLE	400	24	1	9,600
TOTAL A					37,800
CADANGAN ENERGI = 30% X TOTAL					11,340
TOTAL B = TOTAL A + CADANGAN ENERGI					49,140
RUGI-RUGI SISTEM + JTR = 30% X TOTAL B					14,742
JUMLAH TOTAL = TOTAL B + RUGI - RUGI SISTEM					63,882

2. Menghitung Area Array (PV Area)

Rumus Area array (PV Area) yaitu :

$$PV\text{Area} = \frac{EL}{Gav \times TCF \times \eta_{PV} \times \eta_{out}} (m^2) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- EL = Energi yang dibangkitkan [kWh/hari]
- PV Area = Luas permukaan panel surya [m²]
- Gav = Intensitas Matahari harian [kW/m²/hari]
- TCF = Temperature coefficient factor [%] ,
- η_{PV} = Efisiensi panel surya [%]
- η_{out} = Efisiensi keluaran [%] asumsi 0,9

3. Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (watt peak)

Perhitungan Daya yang dibangkitkan PLTS yaitu :

$$P\text{ wattpeak} = PV\text{ Area} \times PSI \times \eta_{PV} [\text{watt}] \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- PV Area = Luas permukaan panel surya [m²]
- PSI = Peak Solar Insolation adalah 1.000 W/m²
- η_{PV} = Efisiensi panel surya [%]

Selanjutnya perhitungan jumlah panel surya yaitu :

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{P\text{ wattpeak}}{PMPP} [\text{unit}] \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

- P wattpeak = Daya yang dibangkitkan (Wp)
- PMPP = Daya maksimum keluaran panel surya (watt)

4. Menghitung Kapasitas Solar Charge Controller

Perhitungan Kapasitas Solar Charge Controller adalah

$$\text{Kapasitas SCC} = \frac{\text{Demand watt} \times \text{Safety factor}}{\text{System Voltage}} \dots \dots \dots (4)$$

5. Kapasitas Baterai

Perhitungan Besar kapasitas baterai yaitu:

$$C = \frac{N \times Ed}{Vs \times DOD \times \eta} [Ah] \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

- C = Kapasitas baterai [Ampere-hour]
- N = Jumlah hari otonomi [hari]
- Ed = Konsumsi energi harian [kWh]
- VS = Tegangan baterai [Volt]
- DOD = Kedalaman maksimum untuk pengosongan baterai [%]
- η = Efisiensi baterai x efisiensi inverter

6. Kapasitas Inverter

Rumus kapasitas inverter adalah :

$$\text{Cap.Inv} = \text{Demand watt} \times \text{Safety Factor} [\text{watt}] \dots \dots \dots (6)$$

F. Aspek Biaya PLTS

1. Biaya Investasi PLTS (Cost)

Biaya investasi awal mencakup biaya umum, akomodasi, transportasi, Engineering Design, biaya instalasi pekerjaan mekanikal, pekerjaan elektrik, dan pekerjaan sipil dsb.

2. Biaya Siklus Hidup (Life Cycle Cost)

Biaya siklus hidup adalah semua biaya yang dikeluarkan guna beroperasinya sistem dengan waktu ditentukan dapat dihitung sebagai berikut :

$$LCC = C + M \dots \dots \dots (7)$$

Dimana:

- LCC = Life Cycle Cost (Rp)
- C = Cost (Rp)
- M = Biaya Pemeliharaan dan Operasional (Rp)

3. Biaya Pemeliharaan dan Operasional

Adapun besar biaya pemeliharaan dan operasional (M) per tahun adalah sebagai berikut:

$$M = 1\% \times \text{Total biaya Investasi} \dots \dots \dots (8)$$

Nilai sekarang pada biaya tahunan yang akan dikeluarkan beberapa tahun mendatang (selama umur proyek), dengan jumlah pengeluaran yang tetap, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \dots \dots \dots (9)$$

Dimana:

- P = Nilai sekarang biaya tahunan selama proyek (Rp)
- A = Biaya tahunan (Rp)
- I = Tingkat diskonto (Rp)
- n = Umur proyek (Tahun)

4. Faktor Diskonto (Discount factor)

Faktor diskonto (Discount factor) adalah faktor yang digunakan untuk menilai sekarangkaian penerimaan dimasa mendatang sehingga dapat dibandingkan dengan pengeluaran pada masa sekarang, rumusnya yaitu :

$$DF = \frac{1}{(1+i)^n} \dots \dots \dots (10)$$

Dimana :

- DF = Faktor Diskonto
- i = Tingkat diskonto
- n = Periode dalam tahun (Umur inverstasi)

5. Biaya Energi (Cost of Energy)

Perhitungan biaya energi suatu sistem PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan pada sistem PLTS. Faktor pemulihan modal digunakan untuk mengonversikan semua arus kas biaya siklus hidup (LCC) menjadi serangkaian biaya tahunan sebagai berikut:

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \dots \dots \dots (11)$$

Dimana:

- CRF = Capital Recovery Factor
- i = Tingkat diskonto
- n = Periode tahun inverstasi

Menurut Wengqiang dkk,(2004), perumusan biaya energi yaitu :

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{AKWh} \dots \dots \dots (12)$$

Dimana :

- COE = Cost of Energy / Biaya Energi (Rp/kWh)
- LCC = Life Cycle Cost (Rp)
- CRF = Capital Recovery Factor
- AKWH = Energi yg dibangkitkan tahunan (kWh/tahun)

G. Aspek Kelayakan Investasi PLTS

1. NPV (*Net Present Value*)

Net Present Value merupakan seluruh aliran kas bersih dinilai sekarang atas dasar faktor diskon dirumuskan yaitu:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - II \dots \dots \dots (13)$$

Dimana:

- NPV = *Net Present Value* (Rp)
- NCF_t = *Net Cash Flow* periode tahun ke-1 sd ke-n (Rp)
- I = Tingkat diskonto
- II = *Initial Investment/Investasi Awal* (Rp)

Atau bisa dicari dengan rumus yang lain sebagai berikut:

$$NPV = PVNCF_t - II \dots \dots \dots (14)$$

Dimana:

- NPV = *Net Present Value* (Rp)
- PVNCF_t = Nilai sekarang arus kas bersih periode tahun ke-n
- II = *Initial Investment/Investasi Awal* (Rp)

Kriteria investasi distandarkan sebagai berikut :

- Investasi dinilai layak, jika *Net Present Value* (NPV) bernilai positif (> 0).
- Investasi dinilai tidak layak, jika *Net Present Value* (NPV) bernilai negative (< 0).

2. *Profitability Index* (PI)

Profitability Index merupakan perbandingan antara seluruh kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal dan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$PI = \frac{PVNCF_t}{II} \dots \dots \dots (15)$$

PI = *Profitability Index*

PVNCF_t = Nilai sekarang arus kas bersih periode tahun ke-n (Rp)

II = *Initial Investment/Investasi Awal* (Rp)

Kriteria investasi distandarkan sebagai berikut:

- Investasi dinilai layak, jika PI (*Profitability Index*) lebih besar dari satu (>1).
- Investasi dinilai tidak layak, jika PI (*Profitability Index*) lebih kecil dari satu (< 1).

3. PBP (*Pay Back Periode*)

Pay Back Periode adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$PBP = \frac{LCC}{Keuntungan\ per\ tahun} \dots \dots \dots (16)$$

Dimana :

- AKWH = Energi yang dibangkitkan (kWh/tahun)
- US\$ = Kurs Dollar (Rp)
- PBP = *Pay Back Periode* Keuntungan per tahun (Rp)

4. Break Event Point (BEP)

Titik impas dalam unit atau *BEP* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

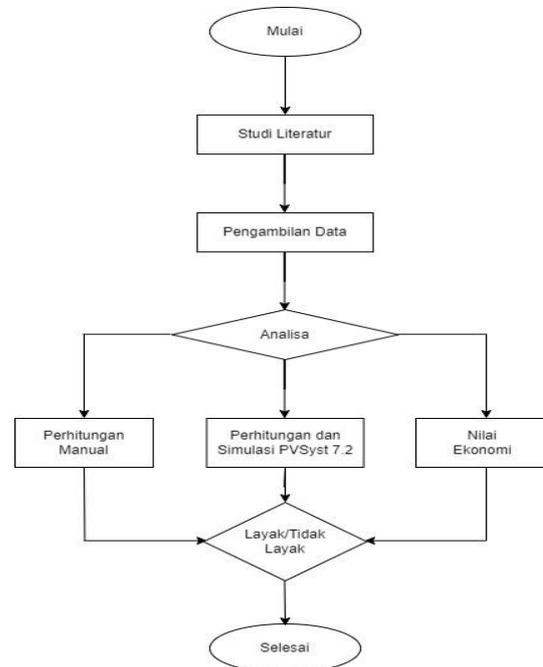
$$BEP = FC / P - VC \dots \dots \dots (17)$$

Dimana:

- BEP = titik impas (*Break Even Point*)
- FC = biaya tetap (*fixed cost*)
- VC = biaya variabel per-unit (*variable cost*)
- P = harga jual per-unit (*price*)

III. METODE PENELITIAN

Adapun metode penelitian kali ini dijelaskan dalam diagram alur penelitian dibawah ini :

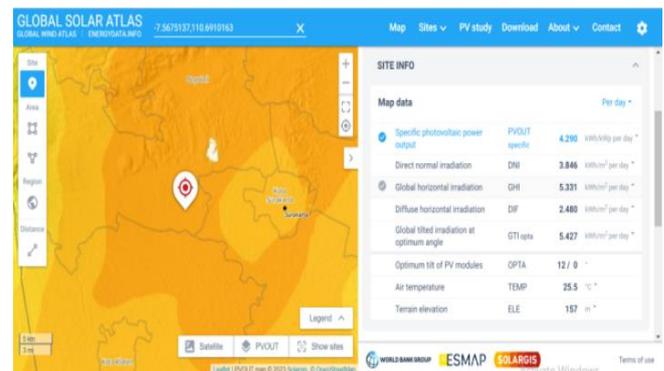


Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Data Intesitas Radiasi Matahari dan Temperatur di Sekretariat Minalog Kabupaten Boyolali*

Data intensitas radiasi matahari harian pada wilayah Cepoko Sawit, Kabupaten Boyolali pada bulan Mei 2023 oleh *Global Solar Atlas* menunjukkan angka yaitu sebesar 4.290 kWh/kWp perday.



Gambar 2. Intesitas Radiasi Matahari Wilayah Cepoko Sawit Untuk Area Sekitar Kolam Ikan Minalogreng Sumber : *Global Solar Atlas*

B. Kebutuhan Energi Listrik Pada Kolam

Total estimasi kebutuhan energi listrik pada kolam ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 2. Data Kebutuhan Beban

NO	BEBAN	DAYA (WATT)	DURASI (JAM)	JUMLAH	TOTAL KEBUTUHAN DAYA (WATT)
(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)	(vi)
1	AERATOR	100	24	10	24,000
2	ALAT PEMBERI PAKAN IKAN	60	3	10	1,800
3	LAMPU LED	20	12	10	2,400
4	POMPA SUBMERSIBLE	400	24	1	9,600
TOTAL A					37,800

C. Rancangan Sistem PLTS

1. Perhitungan PV Area dan Daya PLTS

a. Menghitung Area Array (PV Area)

Data temperatur maksimum untuk wilayah Kecamatan Cepoko Sawit pada tahun 2023 adalah sebesar 26,5°C. Data temperatur ini memperlihatkan bahwa ada peningkatan suhu sebesar 1,5°C dari suhu standar (25°C) yang diperlukan oleh panel surya. Besarnya daya yang berkurang pada saat temperatur di sekitar panel surya mengalami kenaikan 1,5°C dari temperatur standarnya dapat diperhitungkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P \text{ saat } t \text{ naik } 1,5^\circ\text{C} &= 0,5\% P_{mpp} \times \text{kenaikan Temperature } (^\circ\text{C}) \\
 &= 0,5\% \times 200 \text{ W} \times 1,5 \\
 &= 1,5 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Untuk daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi 26,5°C dapat diperhitungkan dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 PMPP \text{ saat naik menjadi } 26,5^\circ\text{C} &= PMPP - P \text{ saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C} \\
 &= 200 \text{ w} - 1,5 \text{ w} \\
 &= 198,5 \text{ WS}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi 26,5°C, didapatkan nilai TCF (*Temperature Correction Factor*) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 TCF &= \frac{PMPP \text{ saat naik menjadi } t^\circ\text{C}}{P_{MPP}} \\
 &= \frac{198,5}{200} \\
 &= 0,9925
 \end{aligned}$$

Efisiensi keluaran (out) ditentukan berdasarkan efisiensi komponen yang melengkapi PLTS diasumsikan sebesar 0,95.

$$\begin{aligned}
 EL &= 63882 \text{ kWh/hari} \\
 Gav &= 3,90 \text{ Kw/m}^2/\text{hari} \\
 TCF &= 0,9925 \\
 \eta \text{ PV} &= 0,16 \\
 \eta \text{ Out} &= 0,95
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 PV \text{ Area} &= \frac{EL}{Gav \times TCF \times \eta \text{ PV} \times \eta \text{ Out}} \\
 &= \frac{63882}{3,90 \times 0,99255 \times 0,16 \times 0,95} = 108,577 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

b. Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS

Besar daya yang dibangkitkan PLTS sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P \text{ wattpeak} &= PV \text{ Area} \times PSI \times \eta \text{ PV} [\text{watt}] \\
 &= 108,577 \text{ m}^2 \times 1000 \times 0,16 \\
 &= 17372,32 \text{ Wattpeak } (\approx 18000 \text{ Wattpeak}).
 \end{aligned}$$

c. Menghitung Jumlah Panel Surya

Panel surya terpasang yang digunakan acuan berdaya 200 Wp per panel, maka jumlah panel surya dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah panel surya} &= \frac{P \text{ wattpeak}}{PMPP} \\
 &= \frac{18000}{200} \\
 &= 90 \text{ Unit}
 \end{aligned}$$

d. Menghitung Kapasitas Charge Controller

Kapasitas *Charge Controller* pada masing-masing array dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas SCC} &= \frac{\text{Demand watt} \times \text{Safety factor}}{\text{System Voltage}} \\
 &= \frac{17500 \times 1,25}{52,8} \\
 &= 414,29 \text{ Ampere } (\approx 450 \text{ A}).
 \end{aligned}$$

e. Menghitung Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{N \times Ed}{Vs \times DOD \times \eta} \\
 &= \frac{3 \times 63.882}{24 \times 0,8 \times 0,95} \\
 &= 10506,9 \text{ Ah} = 10507 \text{ Ah}
 \end{aligned}$$

Apabila menggunakan baterai berkapasitas 1000 Ah maka 10507 / 1000 = 10,5 baterai atau dibulatkan menjadi 11 buah baterai.

f. Menghitung Kapasitas Inverter

Kapasitas *Inverter* dapat dihitung sebagai berikut :

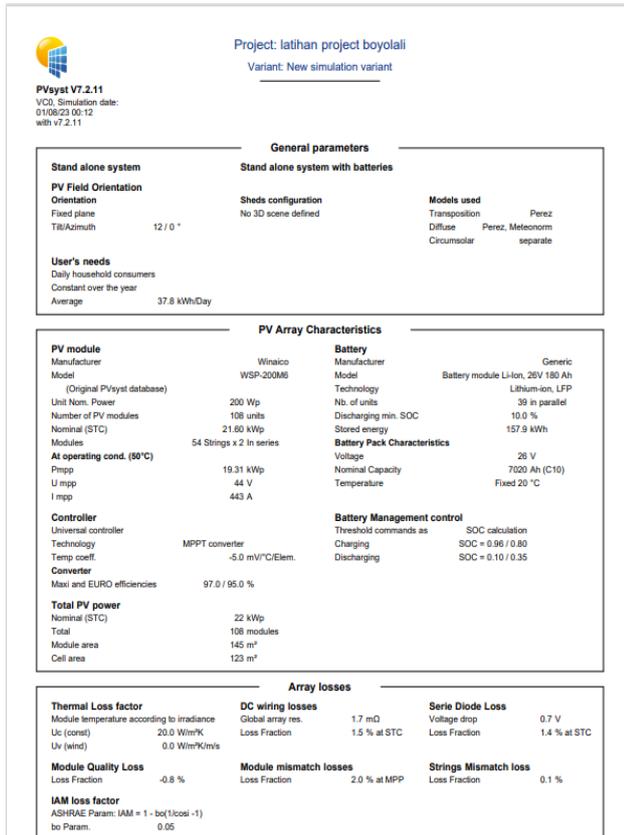
$$\begin{aligned}
 \text{Cap. Inv} &= \text{Demand watt} \times \text{Safety Factor} \\
 &= 17500 \times 1,25 = 21875 \text{ Watt } (\approx 22000 \text{ Watt}).
 \end{aligned}$$

D. Simulasi PLTS Stand Alone Menggunakan Software

PVsyst 7.2

Pada gambar 4.2 memperlihatkan parameter simulasi sistem PLTS *Stand Alone*, yaitu modul surya yang digunakan adalah model WSP-200M6 dengan daya nominal 200 Wp sebanyak 108 unit. SCC yang digunakan

adalah MPPT Converter. Baterai yang digunakan adalah Battery Module Li-ion dimana kapasitas masing-masing baterai yaitu sebesar 180 Ah. Dengan konfigurasi 39 paralel, menghasilkan battery bank dengan kapasitas 7020 Ah. Tegangan nominal masing-masing baterai sebesar 26 V.



Gambar 3. Parameter Hasil Simulasi Sistem PLTS Stand Alone
Sumber: PVsyst 7.2

E. Menentukan Biaya Investasi PLTS

Rencana anggaran biaya pembangunan PLTS diuraikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 3. Rencana Anggaran Biaya PLTS

NO	URAIAN	JUMLAH HARGA (RP)
1	Persiapan Lokasi	25,000,000
2	Mobilitas	25,000,000
3	Engineering/Design dan Jasa Instalasi	15,000,000
4	Sertifikat layak Operasi	30,000,000
5	PV system, bypass diode dan wiring 18 kWp	370,000,000
6	Battery system VRLA	98,340,000
7	Inverter	19,350,000
8	Controller	50,000,000
9	Penangkal Petir	50,000,000
10	Panel Distribution, Power Cable dan grounding	70,000,000
11	Jaringan Distribusi Teg. Rendah	305,000,000

12	Pondasi PV Array	15,000,000
13	Rumah Pembangkit	100,000,000
14	Pondasi Penangkal petir	2,500,000
15	Pondasi tiang	15,000,000
16	Pagar	10,000,000
Total PPN 11% Jumlah Total Pembulatan		1,200,190,000
		132,020,900
		1,332,210,900
		1,332,211,000

F. Biaya Pemeliharaan dan Operasional PLTS

Rumus biaya pemeliharaan dan operasional PLTS yaitu:

$$M = 1\% \times \text{TOTAL BIAYA INVESTASI} = 1\% \times 1,332,211,000 = \text{Rp } 13.322.109/\text{Tahun.}$$

Sedangkan untuk nilai sekarang dari biaya operasional dan pemeliharaan adalah :

$$\begin{aligned} MPW &= M \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \\ &= \text{Rp } 13,322,109 \times \left[\frac{(1+0,11)^{25} - 1}{0,11 \times (1+0,11)^{25}} \right] \\ &= \text{Rp } 13,322,109 \times \left[\frac{12,5855}{1,4944} \right] \\ &= \text{Rp } 13,322,109 \times 8,4 \\ &= \text{Rp } 111.905.716 \end{aligned}$$

G. Menghitung Biaya Siklus Hidup (Life Cycle Cost)

PLTS ini diasumsikan beroperasi selama 25 tahun dengan tingkat diskonto (i) sebesar 10% sesuai suku bunga kredit Bank Indonesia per 2023. Besar nilai sekarang (present value) untuk biaya pemeliharaan dan operasional (MPW) :

$$\begin{aligned} P &= A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \\ &= MPW (10\%, 25) \\ &= \text{Rp } 13,322,109 \left[\frac{(1+0,1)^{25} - 1}{0,1 (1+0,1)^{25}} \right] \\ &= \text{Rp } 13,322,109 \left[\frac{10,8 - 1}{1,08} \right] \\ &= \text{Rp } 13,322,109 \times 9,07 \\ &= \text{Rp } 120.831.529 \end{aligned}$$

Biaya siklus hidup (LCC) untuk PLTS selama umur proyek 25 tahun adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} LCC &= C + M \\ &= \text{Rp } 1,332,211,000 + \text{Rp } 120,831,529 \\ &= \text{Rp } 1,453,042,529 \end{aligned}$$

H. Menghitung Biaya Energi PLTS (Cost of Energy)

Faktor pemulihan modal untuk mengkonversikan semua arus kas biaya siklus hidup (LCC) menjadi serangkaian biaya tahunan, diperhitungkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} CRF &= \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \\ &= \frac{0,1(1+0,1)^{25}}{(1+0,1)^{25} - 1} \\ &= \frac{1,08}{9,8} \\ &= 0,11 \end{aligned}$$

Untuk pemakaian energi tahunan PLTS dapat diperhitungkan sebagai berikut :

$$AKWH = kWh \text{ harian} \times 365 \text{ (kWh)}$$

$$= 63882 \times 365 = 23316,93 \text{ kWh}$$

Perhitungan besar biaya energi (COE) untuk PLTS yaitu :

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

$$= \frac{Rp \ 1,453,042,529 \times 0,11}{23,316} = Rp \ 6855/kWh$$

I. Analisis Kelayakan Investasi PLTS

Untuk arus kas masuk tahunan PLTS dihasilkan dengan mengalikan kWh produksi tahunan PLTS dengan biaya energi. Sedangkan faktor diskontonya pada tahun pertama dengan tingkat diskonto sebesar 10%, adalah:

$$DF = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,1)^1} = 0,9090$$

Disajikan tabel pengolahan arus kas PLTS sebagai berikut:

Tabel 4. Pengolahan Arus Kas PLTS

Periode	Biaya Investasi Awal	Arus Kas Masuk	Arus Kas Keluar	Arus Kas Bersih	DF	PVNCf	Kumulatif PVNCf
1	Rp 1.332.211.000	Rp. 159.837.555.	Rp. 13.322.109	Rp. 146.515.446	1		
s/d		Rp. 159.837.555.	Rp. 13.322.109	Rp. 146.515.446	0,90	131.863.901	131.863.901
25		Rp. 159.837.555.	Rp. 13.322.109	Rp. 146.515.446	0,10	14.651.544	1.217.547.345
		Rp. 159.837.555.	Rp. 13.322.109	Rp. 146.515.446	0,09	13.186.390	1.230.733.735

1. Net Present Value (NPV)

Nilai NPV dapat dihitung sebagai berikut :

$$NPV = PVNCf_t - II$$

$$= Rp \ 1,230,733,735 - Rp1,332,211,000$$

$$= - Rp \ 101,477,265$$

Hasil perhitungan NPV yang bernilai negatif sebesar - Rp 101.477.265 (<0) menunjukkan bahwa investasi PLTS tidak layak untuk dilaksanakan.

2. Profitability Index (PI)

Nilai PI dapat dihitung sebagai berikut :

$$PI = \frac{PVNCf_t}{II}$$

$$= \frac{Rp \ 1,230,733,735}{Rp \ 1,332,211,000} = 0,9$$

PI yang bernilai 0,9 (<1) menunjukkan bahwa investasi PLTS tidak layak untuk dilaksanakan.

3. Payback Period

Payback Period dapat dihitung sebagai berikut :

$$DPP = \text{Year Before Recovery} \frac{\text{Investment Cost}}{NPV \text{ Kumulatif}}$$

$$= 24 + \frac{1,332,211,000}{1,230,733,735}$$

$$= 24+1,08$$

$$= 25,08 \sim 25,1$$

Hasil DPP menunjukkan PLTS tidak layak dilaksanakan karena nilainya lebih besar dari pada umur proyek yang direncanakan yaitu selama 25 tahun.

4. Break Event Point (BEP)

BEP (unit) dapat dihitung dengan parameter berikut :

Fixed Cost : Rp 1,322,211,000
COE : Rp 6,855

Variable Cost : Rp 4,799; nilai Variable Cost didapat dari nilai MPW dibagi AkWh sehingga didapatkan nilai sebesar Rp 4.799.

$$BEP \text{ (Unit)} = \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{COE} - \text{Variable Cost}}$$

$$= \frac{Rp \ 1,322,211,000}{Rp \ 6,588 - Rp \ 4,799} = 647,962 \text{ kWh}$$

Untuk mengetahui pendapatan yang perlu diterima agar terjadi BEP digunakan perhitungan berikut :

Pendapatan BEP = BEP Unit x COE
= 647,962 x Rp 6,855
= **Rp 4,441,779,510**

Sebelum mengetahui nilai BEP (waktu) maka diperlukan nilai pendapatan PLTS/ tahun yang dapat dihitung dengan rumus berikut :

Pendapatan/tahun = COE x AC Primary Load
= Rp 6,855 x 23,317 kWh
= Rp 159,838,035

Maka waktu untuk mencapai BEP yaitu :

$$BEP \text{ (tahun)} = \frac{\text{Pendapatan BEP}}{\text{Pendapatan/tahun}}$$

$$= \frac{4,441,779,510}{159,838,035} = 27,78 \text{ tahun}$$

Sehingga titik balik modal akan terjadi saat tahun ke 27,7 tahun.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang bisa didapatkan pada hasil dari penelitian ini adalah :

- Rancangan sistem PLTS *Stand Alone* kelompok budidaya ikan Minalogereng sebagai catu daya Aerator dan alat pemberi pakan ikan dengan kapasitas total 18 kWp didukung modul PV 200 Wp sebanyak 90 buah dan inverter kapasitas 22 kW sebanyak 1 buah untuk dapat mensuplai beban listrik sebesar 37.800 Watt.
- Total biaya investasi awal yang dibutuhkan sebesar Rp. 1.332.211.000 dengan tarif dasar listrik pada rancangan PLTS *Stand Alone* senilai Rp 6.855/kWh lebih tinggi dari pada tarif dasar listrik dari PLN yaitu senilai Rp 1.444,70/kWh.
- Berdasarkan hasil analisis kelayakan investasi yaitu : *Net Present Value* bernilai negatif sebesar - Rp 101.477.265; *Profitability Index* yang bernilai 0,9; *Discounted Payback Period* sekitar 25 tahun 1 bulan dan *Break Even Point* sekitar 27,7 menunjukkan bahwa investasi PLTS *Stand Alone* Kelompok Budidaya Ikan Minalogereng tidak layak untuk dilaksanakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada kelompok budidaya ikan Minalogereng Boyolali sebagai mitra penelitian.

REFERENSI

- [1] Hidayat, Fian dkk.2018. *Analisis Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di*

Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
Semarang

- [2] Idris, Ahmad Rosyid dkk.2018. *Studi Ekonomis Perencanaan PLTS Stand Alone Untuk Penggerak Motor Kincir Air Pada Tambak Udang*. Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M) 2018. Makassar.
- [3] Komisi VII Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia.2021. *Naskah Akademik Rancangan Undang-Undang Tentang Energi Baru dan Terbarukan*. Jakarta
- [4] Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2018. *Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat*. Jakarta.
- [5] Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2020. *Panduan Pengelolaan Lingkungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*. Jakarta.
- [6] Khaffi, Ashabul dkk. 2020. *Rancang Bangun Modul Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2020. Makassar.
- [7] Kossi, Vember Restu. 2015. *Perencanaan PLTS Terpusat (Off Grid) di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah*. Tanjungpura.
- [8] Nuryanto, Lilik Eko. 2021. *Perancangan Sistem Kontrol Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLN dan PLTS) Kapasitas 800 Wp*. Jurnal Polines. Volume 17, Nomor 3, Semarang.
- [9] Ramadhani, Bagus. 2018. *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Jakarta. Energising Development (EnDev).
- [10] Romansyah, Ibnu dkk. 2022. *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Hybrid Sebagai Catu Daya Aerator dan Alat Pemberi Pakan Ikan. Tugas Akhir*. Semarang : Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang.
- [11] Sukmajati, Sigit dan Mohammad Hafidz. 2015. *Panel Surya Kapasitas 10 MW On Grid di Yogyakarta*. Jurnal Energi dan Kelistrikan. Jakarta.