

Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pedesaan Kabupaten Simeulue

Aditya Chandra¹⁾, Martunis^{2*)}

^{1, 2)} Jurusan Teknik Elektro Universitas Iskandar Muda

Jl. Kampus UNIDA, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

*Corresponding author E-mail: toka2241@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia's current electrification ratio is 87%, this shows that 8.5 million Indonesians, or the equivalent of 2500 villages do not have electricity. Indonesia's geographical location is one reason why there are still many areas that have not been reached by the State Electricity Company (PLN), such as Siumat Island. Siumat Island is an area located on Simeulue Island, Simeulue Regency, East Simeulue District, is one of the areas where people have never experienced the use of electrical energy like other areas in big cities on the island of Sumatra. The electricity network in this area has not yet been entered because the reach of the PLN network to enter remote areas such as Pulau Siumat Village is very difficult. After all, getting to Siumat Island from Simeulue Island takes approximately 3 hours by sea. Therefore the authors took the initiative to analyze from an economic point of view the construction of a solar power plant for that area. From the results of the discussion using the Calculation method, the Planning, Design, and Needs Analysis approach, it is found that to meet the electricity needs in Pulau Siumat Village with a total of 62 housing units, 3 public facilities, and public lighting, the total power required is 38.675 kW. To meet this need, 320 units of solar panels are needed, 372 units of batteries with a capacity of 12 V 250 Ah, 16 units of charge controllers with a capacity of 300 Ampere and 3 units of inverters with a capacity of 15 Kw with the power to be generated is 40kW or 50 kVA. For the needs mentioned above, a budget of IDR 3,946,184,500 is needed.

Keywords: Centralized PLTS, Renewable energy, Solar energy, Economic analysis, Cost of energy

ABSTRAK

Indonesia's current electrification ratio is 87%, this shows that 8.5 million Indonesians or the equivalent of 2500 villages do not have electricity. Indonesia's geographical location is one reason why there are still many areas that have not been reached by the State Electricity Company (PLN), such as Siumat Island. Siumat Island is an area located on Simeulue Island, Simeulue Regency, East Simeulue District, is one of the areas where people have never experienced the use of electrical energy like other areas in big cities on the island of Sumatra. The electricity network in this area has not yet been entered because the reach of the PLN network to enter remote areas such as Pulau Siumat Village is complicated. After all, getting to Siumat Island from Simeulue Island takes approximately 3 hours by sea. The purpose of this study is to analyze from an economic perspective the construction of a solar power plant for the area. From the results of the discussion using the Calculation method, the Planning, Design and Needs Analysis approach, it was found that planning a solar power plant in Pulau Siumat Village was necessary. As a result, with a total of 62 housing units, 3 public facilities and public lighting, the total power required is 38.675 kW. To meet this need, 320 units of solar panels are needed, 372 units of batteries with a capacity of 12 V 250 Ah, 16 units of charge controllers with a total of 300 Ampere and 3 units of inverters with a capacity of 15 Kw with the power to be generated is 40kW or 50 kVA. For the needs mentioned above, a budget of IDR 3,946,184,500 is needed.

Kata kunci: PLTS terpusat, Energi terbarukan, Energi surya, Analisa ekonomis, Cost of energy

I. PENDAHULUAN

Saat ini, sumber energi listrik menjadi salah satu kebutuhan utama bagi kehidupan manusia. Sesuai dengan kemajuan zaman yang semakin pesat dan teknologi yang semakin canggih, penggunaan akan sumber listrik hampir merata kesemua pelosok baik kota maupun desa[1][2]. Pengguna sumber listrik juga sangat bervariasi, mulai dari rumah tangga, instansi pemerintah atau swasta, perkantoran, rumah sakit, sekolah, industri kecil maupun besar, dan lain sebagainya. Namun, semua kebutuhan listrik yang berada dalam wilayah Indonesia masih bergantung pada PT. PLN (Persero)[3]. Walaupun PLN memiliki jaringan listrik yang luas tetapi masih ada daerah-daerah tertentu yang belum dapat terjangkau jaringan listrik

seperti yang terdapat di Propinsi Aceh yaitu Kabupaten Simeulue.

Pada Kabupaten Simeulue, memiliki luas wilayah lebih kurang 183.809 Ha dan terdapat beberapa buah pulau besar serta kecil. Kabupaten Simeulue terbagi ke dalam beberapa kecamatan, yaitu Kecamatan Simeulue Timur, Simeulue Tengah, Simeulue Barat, Teupah, Teupah Tengah, Teupah Selatan, Teupah Barat, Salang Teluk Dalam dan Alafan [4]. Kecamatan Simeulue Timur memiliki 17 desa yang penyediaan listriknya selama ini masih memanfaatkan generator diesel punya masyarakat lokal sehingga biaya produksinya lebih tinggi dibandingkan biaya sumber listrik yang disediakan PT.

PLN[5]. Salah satu desa yang masih menggunakan generator diesel tersebut, yaitu desa Pulau Siumat. Oleh karena letak geografis daerah kepulauan dan mahal serta langkanya harga bahan bakar minyak (BBM), maka dibutuhkanlah salah satu pembangkit listrik yang lain sehingga dapat memenuhi kebutuhan masyarakat tersebut disaat generator set tidak beroperasi[6]. Sebelumnya, para warga pernah mewacanakan pembuatan fasilitas listrik sederhana dengan bersumber pada tenaga mikrohidro. Namun, wacana tersebut hingga sekarang belum bisa terealisasi, disebabkan terkendala dengan aliran air yang akan digunakan tidak memenuhi syarat[7].

Adapun pembangkit listrik yang direncanakan di Desa Pulau Siumat adalah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). PLTS merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang diperoleh dari hasil konversi cahaya matahari melalui panel surya menjadi sumber energi listrik[6][8][9][10][11]. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini untuk merencanakan pembangunan pembangkit listrik tenaga surya di Desa Pulau Siumat. Adapun manfaat dari penelitian ini agar dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang berada di Desa Pulau Siumat.

II. METODE

Penelitian dilakukan di Desa Pulau Siumat, Kecamatan Simeulue Timur, Kabupaten Simeulue, metode penelitian meliputi observasi lokasi Desa Pulau Siumat guna mengetahui jumlah rumah penduduk, fasilitas umum, dan Penerangan Jalan yang akan dialiri listrik.

Desa Pulau Siumat, Kecamatan Simeulue Timur Kabupaten Simeulue dengan 62 unit rumah, lokasi ini adalah lokasi yang direncanakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan kapasitas 40 kW.

A. Data Penelitian

Data kebutuhan listrik penduduk, fasilitas umum, dan penerangan jalan Desa Pulau Siumat selengkapnya dapat dilihat pada tabel 1.

TABEL 1 DATA BEABAN DESA PULAU SIUMAT

| No | Jenis Beban | Jlh | Daya yang Dibutuhkan (Watt) | Total Daya yang Dibutuhkan (Watt) |
|----|------------------|-----|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Rumah Penduduk | 62 | 450 | 27.900 |
| 2 | Fasilitas Umum | 1 | 450 | 450 |
| 3 | Penerangan Jalan | 1 | 450 | 450 |

B. Diagram Alur Penelitian

Pada diagram alir penelitian menunjukkan bahwa langkah-langkah penelitian dimulai dengan merumuskan masalah, melakukan studi literatur dengan cara menemukan referensi berupa buku, jurnal, dan lain sebagainya yang relevan dengan penelitian ini. Langkah selanjutnya melakukan survey lokasi untuk mendapatkan data penelitian berupa data beban listrik yang ada di Desa Pulau Siumat Kecamatan Simuelue Timur. Setelah data semua didapatkan, langkah berikutnya menganalisis data dengan menggunakan formula matematis agar perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dapat diketahui jumlah panel surya dan energi yang dibutuhkan untuk dapat melayani beban yang terdapat di Desa Pulau Siumat

Kecamatan Simeulue. Adapun diagram alir penelitian selengkapnya dapat dilihat pada gambar 1. berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

C. Konsep Sistem PLTS

Proses tersedianya energi listrik yang optimal, sistem sel surya di PLTS masih harus dilengkapi pula dengan rangkaian kontroler optional untuk mengatur arah permukaan panel surya agar selalu menghadap matahari sedemikian rupa sehingga sinar tersebut mengenai hampir tegak lurus pada panel suryanya. Kontroler seperti ini dapat dibangun, misalnya dengan menggunakan mikrokontroler 8031. Kontroler ini tidak sederhana, karena terdiri dari bagian perangkat keras dan bagian perangkat lunak. Biasanya, paket sistem sel surya yang lengkap belum termasuk kontroler untuk menggerakkan panel surya secara otomatis supaya sinar matahari jatuh tegak lurus. Karena itu, controller macam ini cukup mahal[12][13].

Pembangkit listrik tenaga surya sangat bergantung pada sinar matahari, maka dalam instalasinya memerlukan kebutuhan daya seperti[12][14]:

- Jumlah daya yang dibutuhkan per hari (Watt)
- Besar arus yang dihasilkan panel (Ampere hour)
- Jumlah unit baterai (Ampere hour)

Maka dari ke-3 poin tersebut, dapat diberi persamaan matematisnya:

a. Jumlah pemakaian

$$(ET) = P_{\text{beban}} \times n \times \text{Lama Pemakaian} \quad (1)$$

Dimana:

n : banyaknya beban/peralatan elektronik yang digunakan

P_{beban} : daya yang dibutuhkan untuk dapat menggunakan peralatan tersebut Lama

Pemakaian : lama pemakaian/peralatan per hari (dalam satuan jam)

b. Jenis panel surya terdapat beberapa jenis dengan daya yang dihasilkan berbeda. Namun, di Indonesia biasanya dipakai panel 120 Wp untuk home solar yaitu 120 Wh per hari dengan perkiraan selama 5 jam maksimum tenaga surya per hari. Maka, Jumlah panel yg dipakai:

$$\text{Jumlah panel yang dipakai} = \frac{ET}{120 \times 5} \quad (2)$$

c. Jumlah baterai

$$(Imax) = \frac{E_T}{V_T} \quad (3)$$

Di mana:

V_s = daya baterai (volt/Ampere hour)

D. Aspek Biaya

Aspek biaya terdiri dari biaya siklus hidup, biaya investasi PLTS, biaya pemeliharaan dan operasional, faktor diskonto, faktor pemulihan modal, biaya pemasukan pertahun, biaya pendapatan per tahun, dan pengembalian nilai investasi.

1. Biaya siklus hidup

Biaya siklus hidup (*life cycle cost*) suatu sistem adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh suatu sistem, selama kehidupannya. Pada sistem PLTS, biaya siklus hidup (LCC) ditentukan oleh nilai sekarang dari biaya total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal, biaya jangka panjang untuk pemeliharaan dan operasional serta biaya penggantian baterai.

2. Biaya investasi PLTS

Biaya investasi awal PLTS terpusat Desa Pulau Siumat, Kecamatan Simeulue Timur Kabupaten Simeulue mencakup biaya-biaya seperti: biaya umum, biaya pekerjaan mekanikal dan elektrik, dan biaya pekerjaan sipil. Biaya-biaya tersebut merupakan nilai kontrak untuk pembangunan PLTS terpusat Desa Pulau Siumat, Kecamatan Simeulue Timur Kabupaten Simeulue.

3. Biaya pemeliharaan dan operasional

Adapun besar biaya pemeliharaan dan operasional (OP) per tahun untuk PLTS yang akan dikembangkan adalah sebagai berikut:

$$OP = 1\% \times \text{Biaya Investasi} \quad (4)$$

Biaya siklus hidup (LCC) diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$LCC = C + MPW \quad (5)$$

Di mana:

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

C = Biaya investasi awal adalah biaya awal yang dikeluarkan untuk Pembelian komponen-komponen PLTS, biaya

instalasi dan biaya lainnya misalnya biaya untuk rak penyangga.

MPW = Biaya nilai sekarang untuk total biaya pemeliharaan dan Operasional selama n tahun atau selama umur proyek.

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

$$M_{PW} = OP \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (6)$$

Di mana:

MPW = Nilai sekarang biaya tahunan selama umur proyek

OP = Biaya tahunan

i = Tingkat diskonto

n = Umur proyek

4. Faktor diskonto

Faktor diskonto (*discount factor*) adalah faktor yang digunakan untuk menilai sekarangkan penerimaan-penerimaan di masa mendatang sehingga dapat dibandingkan dengan pengeluaran pada masa sekarang. Adapun rumus faktor diskonto adalah sebagai berikut:

$$DF = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (7)$$

Di mana:

DF = Faktor Diskonto

i = Tingkat diskonto

n = Periode dalam tahun (umur inverstasi)

5. Faktor pemulihan modal

Faktor pemulihan modal (*capital recovery factor*) diperhitungkan dengan pendekatan rumus sebagai berikut:

$$CRF = \frac{i(1+i)^t}{(1+i)^{n-1}} \quad (8)$$

Dengan n adalah periode (umur) proyek.

Untuk perumusan biaya energi adalah sebagai berikut:

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{AKWH} \quad (9)$$

Di mana:

COE = Biaya Energi/*cost of energy* (Rp /kWh)

LCC = Biaya siklus hidup

CRF = Faktor pemulihan modal, berdasarkan pada discount rate (i)

AKWH = Energi yang dibangkitkan tahunan (kWh/tahun)

6. Biaya pemasukan per tahun

Berdasarkan perhitungan harga per kwh/tahun, maka biaya pemasukan pertahun dapat dihitung dengan mengalikan jumlah kwh per tahun dikalikan dengan harga per kwh. Biaya pemasukan per tahun dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut:

Biaya pemasukan per tahun adalah:

kwh/tahun x 365 x harga per kwh

7. Biaya pendapatan per tahun

Berdasarkan biaya pemasukan pertahun di atas, maka biaya pendapatan pertahun adalah:

Biaya Pemasukan – Biaya pengeluaran (OP)

8. Pengembalian nilai investasi (*payback period*)
 Pengembalian nilai investasi/ *payback period* (PP) adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek (investasi). Pengembalian nilai investasi dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$PP = \frac{\text{Total Biaya Investasi}}{\text{Pendapatan per Tahun}} \quad (10)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Kebutuhan Energi Listrik Tenaga Surya

1. Kebutuhan energi listrik penduduk
 Kebutuhan energi listrik untuk rumah penduduk adalah sebagai berikut:

- Kebutuhan per unit rumah adalah 450 Watt
- Jumlah Rumah sebanyak 62 unit rumah

Untuk menghitung kebutuhan listrik rumah penduduk menggunakan pendekatan rumus sebagai berikut:

$$T = P \times U$$

Sehingga:

$$T = P \times U$$

$$T = 450 \text{ Watt} \times 62 \text{ unit}$$

$$T = 27.900 \text{ Watt} = 27,9 \text{ kW}$$

Jadi, Total kebutuhan listrik untuk rumah penduduk adalah 27.900 W.

2. Kebutuhan energi listrik fasilitas umum
 Kebutuhan energi listrik untuk fasilitas umum adalah sebagai berikut :

- Power House = 450 Watt
- Mesjid = 450 Watt
- Kantor Desa = 450 Watt
- Penerangan Jalan = 500 Watt

Untuk menghitung kebutuhan listrik penerangan jalan menggunakan Pendekatan rumus sebagai berikut:

$$T = P \times PL$$

Sehingga:

$$T = P \times PL$$

$$T = 25 \text{ Watt} \times 20 \text{ lampu} = 500 \text{ Watt}$$

Total kebutuhan listrik untuk fasilitas umum adalah:

$$T = 450 \text{ Watt} + 450 \text{ Watt} + 450 \text{ Watt} + 500 \text{ Watt} = 1.850 \text{ Watt}$$

3. Total kebutuhan energi listrik
 Total kebutuhan energi listrik penduduk dan fasilitas umum adalah

$$= 27.900 \text{ Watt} + 1.850 \text{ Watt} = 29.750 \text{ Watt}$$

Sebagai estimasi awal bahwa dari perhitungan di atas didapat bahwa kebutuhan listrik penduduk dan fasilitas umum adalah 29.750 Watt per jam. Sedangkan untuk mengantisipasi pertambahan penduduk dan penurunan kinerja komponen PLTS, energi dicadangkan sebesar 30% dari total energi yang akan dibangkitkan (Berdasarkan Permen ESDM Nomor 01 Tahun 2017).

Cadangan energi yang diperlukan adalah

$$= 29.750 \text{ Watt} \times 30\% = 8.925 \text{ Watt}$$

Total kebutuhan energi listrik ditambah cadangan energi sebesar 30% adalah

$$= 29.750 \text{ Watt} + 8.925 \text{ Watt} = 38.675 \text{ Watt}$$

Sehingga total estimasi kebutuhan energi listrik Desa Pulau Siumat sebesar 38.675 Watt seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. DATA BEABAN DESA PULAU SIUMAT

| No | Jenis Beban | Jlh | Daya yang Dibutuhkan (Watt) | Total Daya yang Dibutuhkan (Watt) |
|----------------------------------|------------------|-----|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Rumah Penduduk | 62 | 450 | 27.900 |
| 2 | Fasilitas Umum | 1 | 450 | 450 |
| 3 | Penerangan Jalan | 1 | 450 | 450 |
| Total A | | | | 29.750 |
| Cadangan Energi = 30% x Total A | | | | 8.925 |
| Total = Total A+ Cadangan Energi | | | | 38.675 |

4. Jumlah panel surya yang dibutuhkan
 Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut maka dibutuhkan beberapa banyak panel surya, dengan menggunakan pendekatan di bawah ini maka kita bisa menghitung berapa panel surya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan listrik sebesar 38.675 Watt per Jam adalah:

Total kebutuhan listrik 38.675 Watt, untuk mengantisipasi rugi-rugi sistem (rugi-rugi diasumsikan sebesar 20% dari energi total dan energi cadangan), maka:

- Total kebutuhan listrik x Rugi-Rugi Sistem:
 $= 38.675 \times 20\%$
 $= 46.410 \text{ Watt}$
- Penggunaan Energi Listrik dalam sehari
 $= \text{Total kebutuhan} + \text{Rugi-Rugi Sistem} \times \text{Lama penggunaan}$
 $= 46.410 \text{ watt} \times 12 \text{ jam}$
 $= 556.920 \text{ Watt-Hour}$
- Energi yang dibangkitkan surya sel dalam sehari
 $= \text{Daya Maksimum Solar Sel} \times \text{Lama Pemanasan Perhari}$
 $= 250 \text{ Watt} \times 7 \text{ jam}$
 $= 1.750 \text{ Watt-Hour}$
- Jumlah panel surya yang dibutuhkan

$$= \frac{\text{Penggunaan Energi Listrik Dalam Sehari}}{\text{Energi Yang Dibangkitkan Solar Sel}}$$

$$= \frac{556.920 \text{ Watt} - \text{Hour}}{1750 \text{ Watt} - \text{Hour}}$$

 $= 318,24 \text{ Unit}$

Total pemakaian panel surya 250 Wp adalah 319 Unit Panel Surya, selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 3.

TABEL 3. JUMLAH PANEL SURYA YANG DIBUTUHKAN

| No | Jenis Kebutuhan | Jumlah Kebutuhan |
|---|---|------------------|
| 1 | Total Kebutuhan Listrik | 38.675 Watt |
| 2 | Total Kebutuhan x Rugi-Rugi Sistem | 46.410 Watt |
| 3 | Kebutuhan Energi Listrik Dalam Sehari | 556.920 Watt |
| 4 | Daya yang dihasilkan Solar Sel dalam sehari | 1.750 Watt |
| 5 | Jumlah Panel Surya yang dibutuhkan | 318,24 Unit |
| Total Pemakaian Panel Surya 250 Wp adalah 320 Panel Surya | | |

5. Jumlah *charge controller* yang dibutuhkan
Untuk mengetahui jumlah *charge controller* yang berfungsi sebagai pengontrol baterai pada saat pengisian adalah 4800 A, ini didapat menggunakan pendekatan rumus sebagai berikut:

$$T = \frac{P}{V}$$

Total kebutuhan listrik: 46.410 Watt

$$T = \frac{46.41 \text{ Watt}}{12 \text{ V}} = 3.867,5 \text{ A}$$

Kapasitas *charge controller* x rugi-rugi sistem: 3.867,5 A x 20% = 4.641 A

Kapasitas *charge controller* yang dibutuhkan adalah 4.641 A. Jumlah *charge controller* yang dibutuhkan 300 A x 16 = 4.800 Amp. Dibutuhkan 16 buah *charge controller* dengan kapasitas 300 A, seperti terlihat pada tabel 4.

TABEL 4. JUMLAH CHARGE CONTROLLER YANG DIBUTUHKAN

| No | Jenis Kebutuhan | Jumlah Kebutuhan |
|--|---|------------------|
| 1 | Total energi yang dibutuhkan | 46410 W |
| 2 | Kapasitas <i>charge controller</i> | 3867,5 A |
| 3 | Kapasitas <i>charge controller</i> x rugi-rugi sistem | 4641 A |
| Kapasitas <i>charge controller</i> yang dibutuhkan adalah 4.641 A. | | |
| Jumlah <i>charge controller</i> yang dibutuhkan 300 A x 16 = 4.800 Amp | | |
| Dibutuhkan 16 buah <i>charge controller</i> dengan kapasitas 300 A. | | |

6. Jumlah baterai yang dibutuhkan
Untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah dan fasilitas umum maka baterai yang dibutuhkan adalah 372 unit baterai kapasitas 12V; 250 Ah dengan menggunakan pendekatan rumus sebagai berikut:

$$T = \frac{P}{V \times Ah}$$

Total kebutuhan listrik 556.920 Watt

$$T = \frac{556.920 \text{ Watt}}{12 \text{ V} \times 250 \text{ Ah}} = 185,64 \text{ unit}$$

Baterai yang dibutuhkan 186 unit baterai 12 V, 250 Ah 186 x 2 = 372 unit Baterai

Total pemakaian Baterai adalah 372 unit Baterai. Jumlah 372 unit baterai itu hanya digunakan 50%

untuk menjaga ketahanan baterai, seperti terlihat pada tabel 5.

TABEL 5. JUMLAH BATERAI YANG DIBUTUHKAN

| No | Jenis Kebutuhan | Jumlah Kebutuhan |
|---|---------------------------------------|------------------|
| 1 | Kebutuhan energi listrik dalam sehari | 556.920 W |
| 2 | Jumlah baterai yang dibutuhkan | 185,64 |
| Baterai yang dibutuhkan 186 unit 12 V, 200 Ah 186 x 2 = 372 Unit Baterai. Jumlah 372 unit baterai itu hanya dipakai 50 %, untuk menjaga ketahanan baterai | | |

7. Jumlah inverter yang dibutuhkan
Inverter untuk merubah arus DC menjadi arus AC dalam sistem PLTS yang direncanakan pada Desa Pulau Siumat Kecamatan Simeulue Timur Kabupaten Simeulue dengan total kebutuhan listrik 38.675 Watt adalah 3 Unit Inverter dengan kapasitas masing-masing Inverter 15 kW, Seperti terlihat pada Tabel 6.

TABEL 6 JUMLAH INVERTER YANG DIBUTUHKAN

| No | Jenis Kebutuhan | Jumlah Kebutuhan |
|---|-------------------------|------------------|
| 1 | Total kebutuhan listrik | 38.675 Watt |
| Jumlah Inverter (15 kW) yang dibutuhkan untuk beban 38.675 Watt adalah 3 unit inverter kapasitas 15 kW) | | |

B. Pembahasan

1. Rencana anggaran biaya

Total investasi merupakan rencana anggaran biaya pembangunan PLTS terpusat di Desa Pulau Siumat meliputi pekerjaan panel utama, perangkat PLTS, kabel distribusi utama, kabel SDP ke kWh Meter, penerangan jalan, panel rumah dan fasilitas umum, instalasi penerangan dan fixtures, serta pekerjaan umum lainnya. Untuk gambaran umum rencana anggaran biaya PLTS terpusat Desa Pulau Siumat selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 7.

TABEL 7. RENCANA ANGGARAN BIAYA PLTS TERPUSAT

| No | Uraian Pekerjaan | Total Biaya |
|-------|---|--------------------|
| 1 | Pekerjaan Panel Utama | Rp 94.000.000,- |
| 2 | Pekerjaan Perangkat PLTS | Rp 3.183.500.000,- |
| 3 | Kabel Distribusi Utama | Rp 100.400.000,- |
| 4 | Kabel SDP ke kWh Meter | Rp 163.800.000,- |
| 5 | Pekerjaan Penerangan Jalan | Rp 48.000.000,- |
| 6 | Pekerjaan Panel Rumah dan Fasilitas Umum | Rp 21.775.000,- |
| 7 | Pekerjaan Instalasi Penerangan Dan Fixtures | Rp 132.709.500,- |
| 8 | Pekerjaan Umum Lainnya | Rp 202.000.000,- |
| Total | | Rp 3.946.184.500,- |

2. Biaya pemeliharaan dan operasional PLTS terpusat Desa Pulau Siumat

Biaya operasional dan pemeliharaan PLTS terpusat dalam setahun didasarkan terhadap biaya elektrikal saja tanpa biaya umum dan biaya sipil. Total biaya elektrikal PLTS terpusat Desa Pulau Siumat adalah sebesar Rp 3.589.000.000,-.

Biaya operasional PLTS dalam setahun dapat dihitung, yaitu sebagai berikut:

$$OP = 1\% \times \text{Investasi awal biaya elektrikal} \\ (\text{Rp/tahun})$$

$$OP = 1\% \times \text{Rp } 3.589.000.000,-$$

$$OP = \text{Rp } 35.897.000,-/\text{Tahun}$$

3. Biaya siklus hidup PLTS terpusat Desa Pulau Siumat

Biaya siklus hidup PLTS terpusat Desa Pulau Siumat akan dihitung dalam waktu 25 tahun. Penetapan umur proyek ini mengacu kepada jaminan (garansi) yang dikeluarkan oleh produsen panel surya. Besarnya tingkat diskonto (i) yang dipergunakan untuk menghitung nilai sekarang pada penelitian ini adalah sebesar 4,25%. Penentuan tingkat diskonto ini mengacu kepada tingkat suku bunga kredit Bank Indonesia per 16 Nopember 2018. Besar nilai sekarang (present value) untuk biaya pemeliharaan dan operasional (MPW) PLTS terpusat Desa Pulau Siumat selama umur proyek 25 tahun dengan tingkat diskonto 4,25% adalah:

$$P = OP \left| \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right|$$

$$\text{MPW } (4,25\%, 25) = \text{Rp } 35.897.000,00$$

$$\left| \frac{(1+0,0425)^{25}-1}{0,0425(1+0,0425)^{25}} \right|$$

$$\text{MPW } (4,25\%, 25) = \text{Rp } 35.897.000,00 \left| \frac{1,8308}{0,1203} \right|$$

$$\text{MPW } (4,25\%, 25) = \text{Rp } 35.897.000,- \times 15,217$$

$$\text{MPW } (4,25\%, 25) = \text{Rp } 546.224.649,-$$

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

$$\text{LCC} = \text{Investasi awal biaya elektrikal} + \text{MPW}$$

$$\text{LCC} = \text{Rp } 3.589.000.000,- + \text{Rp } 546.224.649,-$$

4. Biaya energi PLTS

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

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

$$= \frac{0,0425(1+0,0425)^{25}}{(1+0,0425)^{25} - 1}$$

$$= \frac{0,1203}{1,8308}$$

$$= 0,0657$$

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa estimasi kebutuhan energi listrik Desa Pulau Siumat sebesar 556.920 W per hari, sehingga pemakaian energi

tahunan PLTS terpusat Desa Pulau Siumat diperhitungkan sebagai berikut:

$$\text{AKWH} = \text{kWh harian} \times 365 [\text{kWh}]$$

$$\text{AKWH} = 556.920 \text{ W} \times 365 [\text{kWh}]$$

$$\text{AKWH} = 203.275,8 \text{ kWh}$$

Besar biaya energi (COE) untuk PLTS terpusat Desa Pulau Siumat sebagai berikut:

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

$$= \frac{\text{Rp } 4.135.224.649 \times 0,0657}{203.275,8}$$

$$= \frac{1.337}{\text{kWh}} \text{ (dibulatkan 1.400)}$$

C. Analisis Kelayakan Investasi PLTS Terpusat Desa Pulau Siumat

1. Biaya pemasukan dan pendapatan per tahun

Berdasarkan perhitungan harga per kwh/tahun, maka biaya pemasukan pertahun dapat dihitung dengan mengalikan jumlah kwh per tahun dikalikan dengan harga per kwh. Biaya pemasukan pertahun PLTS terpusat desa Pulau Siumat dapat dihitung:

Biaya pemasukan per tahun = kwh/tahun x 365 x harga per kwh
Biaya pemasukan per tahun = 556.920 W x 365 x 1400

Biaya pemasukan per tahun = Rp 284.586.120,-

Berdasarkan biaya pemasukan pertahun di atas, maka biaya pendapatan pertahun adalah:

Biaya pendapatan per tahun = Biaya Pemasukan – Biaya pengeluaran (OP)
Biaya pendapatan per tahun = Rp 284.586.120,00 – Rp 35.897.000,-
Biaya pendapatan per tahun = Rp 248.689.120,-

2. Pengembalian nilai investasi (payback period)

Payback period adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek (investasi). Pengembalian nilai investasi PLTS terpusat Desa Pulau Siumat diperhitungkan sebagai berikut:

$$PP = \frac{\text{Total Biaya Investasi}}{\text{Pendapatan per Tahun}}$$

$$= \frac{\text{Rp } 3.946.184.500}{\text{Rp } 248.689.120}$$

$$= 15,86 \text{ Tahun (dibulatkan 16 Tahun)}$$

3. Analisis kelayakan investasi

Untuk mempertimbangkan kelayakan investasi PLTS terpusat Desa Pulau Siumat sebagai sumber tenaga listrik di Desa Pulau Siumat, perlu dilakukannya suatu analisis ekonomi. Kelayakan investasi PLTS terpusat Desa Pulau Siumat ditentukan berdasarkan hasil perhitungan biaya pemasukan per tahun, biaya pendapatan per tahun dan pengembalian nilai investasi/payback period (PP), ditunjukkan pada Tabel 8.

TABEL 8. ANALISIS KELAYAKAN INVESTASI PLTS

| | |
|---|--------------------|
| Biaya Investasi PLTS (Rp) | Rp 3.946.184.500,- |
| Biaya Operasional dan Pemeliharaan PLTS (Rp) | Rp 35.897.000,- |
| Biaya Siklus Hidup (LCC) | |
| Umur Proyek yang dihitung (tahun) | 25 tahun |
| Suku Bunga (%) | 4,25% |
| Biaya Pemeliharaan dan Operasional (present value) (Rp) | Rp 546.224.649,- |
| Total biaya siklus hidup selama 25 tahun | Rp 4.135.224.649,- |
| Total biaya pemasukan selama 25 tahun | Rp 7.114.653.000,- |
| Total biaya pendapatan selama 25 tahun | Rp 2.979.428.351,- |
| Biaya Energi (Cost of Energy) (Rp/kWh) | 1400 Rp/kWh |
| Analisis Kelayakan Investasi PLTS | |
| Biaya pemasukan per tahun | Rp 284.586.120,- |
| Biaya pendapatan per tahun | Rp 248.689.120,- |
| Pengembalian nilai Investasi/Payback Period (tahun) | 16 Tahun |
| Kembali modal pada tahun ke 16 | Rp 546.224.649,- |
| Keuntungan pada tahun ke 16 | Rp 4.135.224.649,- |
| Pendapatan setelah pengembalian nilai | Rp 7.114.653.000,- |
| Investasi pada tahun ke 25 (masa garansi) | Rp 2.979.428.351,- |

III. KESIMPULAN

Berdasarkan perencanaan PLTS terpusat (*off-grid*) di Desa Pulau Siumat, Kecamatan Simeulue Timur Kabupaten Simeulue dapat disimpulkan bahwa estimasi total kebutuhan energi harian Desa Pulau Siumat sebesar 38,675 kW dengan daya yang dibangkitkan sebesar 40 kW atau 50 kVA. Pada PLTS terpusat Desa Pulau Siumat direncanakan 3 (tiga) rangkaian *array* panel surya 250 Wp dengan total jumlah panel yang digunakan adalah sebanyak 320 unit. Kapasitas *charge controller* 300 A sebanyak 16 unit. Jumlah Baterai sebanyak 372 unit, 372 unit dengan kapasitas 12 V, 250 Ah. Jumlah inverter sebanyak 3 unit dengan kapasitas 15 kW dan beban 38,675 kW. Total investasi awal untuk PLTS terpusat di Desa Pulau Siumat adalah sebesar Rp 3.946.184.500,- (tidak termasuk Pajak Pertambahan Nilai 10%). Biaya siklus hidup (LCC) untuk PLTS terpusat Desa Pulau Siumat selama umur proyek 25 tahun adalah sebesar Rp 4.135.224.649,- dengan biaya energi (*cost of energy*) sebesar Rp 1.400,-/kWh. Biaya Pemasukan per-tahun sebesar Rp 284.586.120,- dan pengembalian nilai Investasi/*Payback Period* (PP) sekitar 15 tahun 8 bulan (dibulatkan 16 tahun).

REFERENSI

- [1] I. Renaldy Rahman, Saiful Karim, "Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Offgrid Untuk Rumah Tinggal di Kota Banjarbaru".
- [2] A. W. H. Rinna Hariyati, Muchamad Nur Qosim, "Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On Grid dengan Gedung STT-PLN," vol. 11, no. 1, pp. 17–26, 2019.
- [3] T. Thamrin, E. Erlangga, and W. Susanty, "Implementasi Rumah Listrik Berbasis Solar Cell," *Explor. J. Sist. Inf. dan Telemat.*, vol. 9, no. 2, 2018.
- [4] A. N. Usman, A. Syuhada, and H. Hamdani, "Kaji Prospek Pemanfaatan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Energi Angin dan Matahari di Desa Langi Kepulauan Simeulue," *J. Tek. Mesin Unsyiah*, vol. 3, no. 1, pp. 17–23, 2015.

- [5] I. Purwanto, "Solar Cell(Photovoltaic/Pv)Solusi Menuju Pulau Mandiri Listrik," *J. Penelit. Dan Karya Ilm. Lemb. Penelit. Univ. Trisakti*, vol. 5, no. 2, pp. 117–126, 2020.
- [6] G. H. Sihotang, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop Di Hotel Kini Pontianak".
- [7] F. Husni, Syukri, Muliadi, and T. M. Asyadi, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di Gedung Pasca Sarjana Universitas Iskandar Muda," vol. 2, no. 1, pp. 19–24, 2022.
- [8] S. Muslim, K. Khotimah, and A. N. Azhiimah, "Analisis Kritis Terhadap Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Tipe Photovoltaic (PV) Sebagai Energi Alternatif Masa Depan," *Rang Tek. J.*, vol. 3, no. 1, 2020.
- [9] D. Irwansyah, W. Yandi, W. Sunanda, and M. Y. Puriza, "Konversi Energi Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Pembangkit Listrik Tenaga BayuSebagai Perencanaan Pembangkit Hybrid," no. November 2020, pp. 113–127.
- [10] E. D. Bambang Winardi , Agung Nugroho, "Perencanaan Dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Untuk Desa Mandiri," vol. 16, no. 2, pp. 1–11, 2019.
- [11] Muliadi and I. D. Sara, "A New Method for Finding The Maximum Power Point of The Output Power of A Solar Panel with Multiple Peaks," in *International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICELTICS)*, 2020, pp. 15–19.
- [12] M. Saleh, Adiguna, and A. Safentry, "Analisa Perkiraan Kemampuan Daya Yang Di Butuhkan Untuk Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2017.
- [13] B. S. Yenni Afrida, Fitriano, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Home System," vol. 02, no. 1, pp. 23–27, 2021.
- [14] H. Rifa'inola, I. K. L. N. Suciningtyas, I. Sholihuddin, and W. R. Puspita, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Penggunaan Listrik Rumah Tangga," *J. Appl. Electr. Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 79–84, 2022.