

STUDI PERENCANAAN PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI PANTAI MUARA BETING, KECAMATAN MUARA GEMBONG, KABUPATEN BEKASI

Rayen Bagas Pramesta, Anna Nur Nazilah C¹, Faaris Mujaahid¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183, Telp: 0274-387656 Fax. 0274-387646
Email: Rayenbaboh8@gmail.com

Solar power plant is one form of renewable alternative energy that has the potential to be developed in Indonesia, considering that Indonesia is located on the equator. In Indonesia, the use of solar power plants uses the Photovoltaic method. Photovoltaic is a method that uses solar cells to capture energy from sunlight. Solar power plants are usually used as a source of electrical energy for rural area and not reached by PLN network. This thesis contains a plan for the construction of a solar power plant on Muara Beting beach located on an island that is not covered by the PLN network. This plan aims to be able to make the design of PLTS development in Muara Beting properly. This plan contains an analysis of the calculation of electrical energy requirements, solar power plant design and capacity based on data obtained from Homer, construction costs and predictions of operational costs for twenty five years, and comparison of costs with the provision of electricity using generators. Where the design plan has produced new information, in the form of the most appropriate solar power plant design on Muara Beting beach is solar power plant off-grid 40 Kwp centralized. With construction costs of Rp. 906.263.200, annual maintenance costs of Rp. 9.939.276 and the cost of replacing the battery every five years is Rp. 258.000.000. Then, the periode of return on capital occurs in the ninth year and total profit from sale of electricity to PLN for about twenty-five years is Rp. 1.393.970.030.

Keywords: *Solar power plant, photovoltaic, solar cell, Muara Beting beach*

I. PENDAHULUAN

Daerah sepanjang garis pantai di Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi menyimpan sumber daya alam yang besar. Sumber daya alam ini meliputi kawasan konservasi hutan mangrove seluas 70 hektar yang menjadi rumah bagi burung-burung dan lutung hitam. Kawasan konservasi hutan mangrove ini tentu berpotensi untuk menjadi daerah wisata yang banyak menarik kunjungan wisatawan dan meningkatkan perekonomian.

Kendala yang terjadi untuk mengembangkan daerah wisata itu adalah minimnya sarana dan prasarana yang menggunakan energi listrik. Mulai

dari kurangnya PJU, baik di sekitar lokasi maupun wilayah menuju lokasi, kurangnya ketersediaan sarana MCK, dan tidak adanya ketersediaan energi listrik untuk warung-warung di lokasi wisata. Hal itu dikarenakan pasokan listrik dari PLN tidak memadai. Oleh karena itu perlu adanya sumber energi yang menunjang kebutuhan listrik selain dari PLN.

Salah satu solusi untuk menunjang kebutuhan energi listrik tersebut adalah pemanfaatan tenaga surya untuk dijadikan sumber energi listrik. Namun sayangnya pemanfaatan energi surya di Indonesia belum dikembangkan secara optimal. Juga belum adanya penelitian yang dilakukan

untuk membangun PLTS di pantai Muara Beting.

II. LANDASAN TEORI

1. PLTS

PLTS fotovoltaik yang paling cocok dikembangkan di daerah terpencil adalah PLTS *Off-Grid* terpusat. PLTS *Off-Grid* terpusat adalah sebuah sistem pembangkit listrik alternatif yang tidak terhubung ke jaringan PLN dan dibangun secara terpusat dalam satu lokasi dengan skala yang mampu memenuhi kebutuhan energi listrik di suatu daerah tertentu. Pemilihan Sistem PLTS *Off Grid* didasarkan atas pertimbangan beberapa faktor, yaitu pola pemukiman antar rumah yang cukup menyebar, Sulit untuk mendapatkan transportasi darat, belum memerlukan integrasi dengan pembangkit lain, modular dan mudah dikembangkan, kapasitas kecil sehingga mudah di instalasi, harga terjangkau, radiasi matahari sebagai sumber energi mencukupi, dan tidak tergantung terhadap bahan bakar minyak (Rahayuningtyas, dkk. 2014). PLTS fotovoltaik memiliki komponen utama, yakni:

- Panel Surya

Adalah alat yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan efek fotoelektrik. Prinsip kerja suatu sel surya adalah dengan memanfaatkan efek fotovoltaik, yaitu suatu efek yang dapat mengubah secara langsung cahaya matahari menjadi suatu energi listrik. Berdasarkan material yang menyusunnya, secara umum ada tiga jenis panel surya yang terdapat di pasaran saat ini, yaitu *Crystalline Silicon*, *Thin Film Silicon*, dan Material Lainnya yang kini dikembangkan.

- Baterai

Merupakan alat penyimpan energi listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia dan sebaliknya. Tipe baterai yang biasa digunakan pada

PLTS adalah VRLA/aki kering. Secara fisik baterai jenis ini tertutup rapat dan yang terlihat hanya terminal positif dan negatif. Didesain agar cairan elektrolit tidak berkurang karena bocor atau penguapan, baterai jenis ini memiliki katup ventilasi yang hanya terbuka pada tekanan yang ekstrem untuk pembuangan gas hasil reaksi kimianya

- *Solar Charger Controller*

adalah rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian baterai. . Proses pengisian itu berlangsung pada saat ada cahaya matahari yang ditangkap oleh solar cell. Jika penurunan tegangan terjadi pada malam hari, maka kontroler akan memutus pasokan energi listrik. Dalam kelistrikan PLTS, *Solar Charger Controller* terbagi menjadi dua jenis, yaitu PWM dan MPPT.

- a. *Pulse Width Modulation*

Adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Sinyal PWM memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, tetapi memiliki lebar pulsa yang bervariasi.

- b. *Maximum Power Point Tracking*

Adalah sistem elektronik yang dioperasikan pada sebuah panel surya sehingga panel surya bisa menghasilkan power maksimum. MPPT adalah sebuah sistem elektronik yang bisa menelusuri titik power maksimum yang bisa dikeluarkan oleh sebuah panel surya.

- Inverter

Merupakan suatu rangkaian elektronik yang dapat mengubah tegangan input DC menjadi output AC. Tegangan output yang berubah-ubah dapat diperoleh dengan mengubah-ubah tegangan input DC

dan menjaga agar penyalan inverter tetap konstan. Sebaliknya jika tegangan input dibuat konstan maka tegangan output variabel dapat diubah-ubah penyalan dari inverter yang pada umumnya menggunakan modulasi lebar pulsa. Penyalan inverter dapat diperoleh dari perbandingan tegangan output AC dengan tegangan input DC. (Rashid, 1993:366).

2. Prinsip kerja

2.1 Panel Surya

Prinsip kerja panel surya adalah berdasarkan konsep semikonduktor p-n junction. Sel terdiri dari lapisan semikonduktor n dan p yang membentuk p-n junction, lapisan antirefleksi, dan substrat logam sebagai tempat mengalirnya arus dari lapisan tipe-n (elektron) dan tipe-p (hole). Ketika junction disinari, foton yang mempunyai energi sama atau lebih besar dari lebar pita energi material tersebut akan menyebabkan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan akan meninggalkan hole pada pita valensi. Elektron dan hole ini dapat bergerak dalam material sehingga menghasilkan pasangan elektron-hole. Apabila ditempatkan hambatan pada terminal sel surya, maka elektron dari area-n akan kembali ke area-p sehingga menyebabkan perbedaan potensial dan arus akan mengalir. (Junial Heri, 2012).

2.2 PLTS

Prinsip kerja PLTS fotovoltaik adalah meneruskan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Jadi, energi listrik dari panel surya tersebut kemudian disuplai ke beban dan digunakan untuk mengisi baterai melalui *solar charging controller* yang juga berfungsi sebagai pengaman arus balik dari baterai ke panel surya. Inverter berfungsi untuk mengubah listrik

DC dari panel surya dan baterai menjadi listrik AC, dan juga berfungsi untuk mengontrol pengisian baterai.

3. HOMER

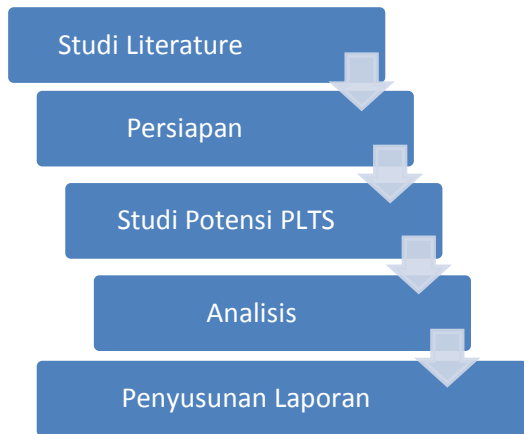
HOMER atau *Hybrid Optimisation Model for Electric Renewables* adalah salahsatu tool populer untuk desain sistem PLH menggunakan energi terbarukan. HOMER mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik *stand-alone (off-grid)* maupun *grid-connected* yang dapat terdiri dari kombinasi turbin angin, fotovoltaik, mikrohidro, biomassa, generator (diesel/bensin), mikroturbin, fuel-cell, baterai, dan penyimpanan hidrogen, melayani beban listrik maupun termal (Lambert, Gilman, dan Lilienthal 2006). HOMER mensimulasikan operasi sistem dengan menyediakan perhitungan *energy balance* untuk setiap 8,760 jam dalam setahun. Jika sistem mengandung baterai dan generator diesel/bensin, Homer juga dapat memutuskan, untuk setiap jam, apakah generator diesel/bensin beroperasi dan apakah baterai diisi atau dikosongkan. Selanjutnya HOMER menentukan konfigurasi terbaik sistem dan kemudian memperkirakan biaya instalasi dan operasi sistem selama masa operasinya (*life time costs*) seperti biaya awal, biaya penggantian komponen-komponen, biaya O&M, biaya bahan bakar, dan lain-lain. Saat melakukan simulasi, HOMER menentukan semua konfigurasi sistem yang mungkin, kemudian ditampilkan berurutan menurut net presents *costs/NPC (life cycle costs)*. Jika analisa sensitivitas diperlukan, HOMER akan mengulangi proses simulasi untuk setiap variabel sensitivitas yang ditetapkan. Error relatif tahunan sekitar 3% dan relative eror bulanan sekitar 10% (Sheriff dan Ross 2003).

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di pulau Muara Beting, yang terletak sekitar sepuluh kilometer sebelah utara Kp.

Beting, Desa Pantai Bahagia, Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi.

Dibawah ini adalah tahapan yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir dalam bentuk diagram alir



Adapun eberapa peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini di antaranya:

- Laptop.
- Aplikasi Homer yang digunakan untuk mengambil data radiasi matahari menurut NASA.
- Aplikasi SMA-Sunnydesign yang digunakan untuk mengambil data radiasi matahari sebagai pendukung dan untuk memperkaya data karena data dari aplikasi Homer adalah data dalam jangka waktu juli 1983-juni 2006.

IV. HASIL PEMBAHASAN

4.1 Analisis Penyediaan Energi

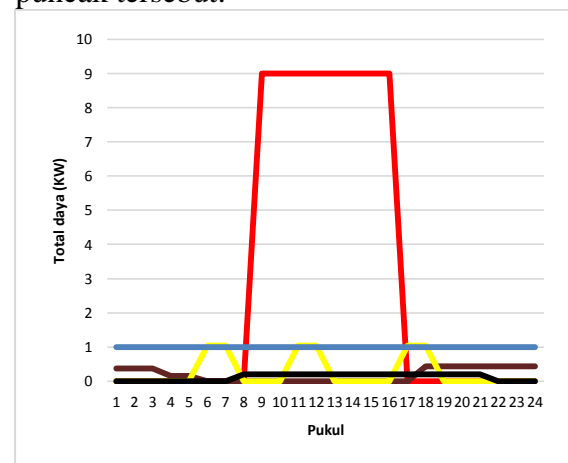
Muara Beting adalah pulau wisata yang belum berpenghuni. Warga kampung beting memanfaatkannya sebagai tempat wisata, memancing dan bersandar setelah menangkap ikan. Pada saat ini sama sekali belum ada ketersediaan energi listrik dan bila ada aktivitas wisata saat malam hari, seperti hiking/kemah/makrab sekolah, biasanya penduduk sekitar menyediakan genset yang dibawa dari kampung Beting. Berdasarkan survei lokasi, lahan wisata mampu menampung 20 warung kuliner,

kantor dan tempat pemasangan panel surya, serta bak penampungan air dan kamar mandi untuk kebutuhan MCK. Tabel di bawah ini adalah prediksi energi yang dibutuhkan:

Tabel Prediksi kebutuhan daya

Jenis Beban	Jumlah Beban	Daya Perbeban	Daya Total (KW)
Warung (blender, ricecooker, lampu)	20	450	9
Lampu Philips	5	32	0.16
Komputer Lenovo	1	200	0.2
Kipas angin, TV	3	90	0.27
Pompa Air	3	350	1.05
Freezer	2	500	1
Jumlah Daya			11.68

Setiap warung yang ada di lokasi diberikan jatah listrik 450 W. Pompa air, freezer, lampu Philips, komputer Lenovo, Tv dan kipas angin adalah prediksi beban yang terdapat di kantor PLTS bila PLTS dibangun. Berikut ini adalah diagram prediksi konsumsi energi dan beban puncak tersebut:



Merah : Warung Kuning : Pompa air
 Biru : Freezer Hitam : Komputer
 Cokelat : Led Tv, lampu, kipas angin

Beban diperkirakan mulai aktif digunakan pada pukul 09.00 sampai dengan pukul 17.00 wib sebesar 10Kwh. Di mana pada saat itu adalah waktu sibuk

saat semua warung aktif menggunakan energi listrik. Kemudian beban puncak pada pukul 11.00 wib hingga pukul 13.00 wib sebesar 11.05Kwh, saat pompa air juga menyala karena persediaan air di penampungan mulai kosong. Sementara untuk beban rendah akan terjadi mulai pukul 19.00 wib sampai dengan pukul 06.00 wib.

Tabel Perhitungan jumlah energi yang dibutuhkan dalam sehari:

Nama	Jumlah Daya	Lama Pemakaian	Jumlah Energi
Warung (blender, ricecooker, lampu)	9 KW	8 jam	72 Kwh
Freezer	1 KW	24 jam	24 Kwh
Pompa Air	1.05 KW	6 jam	6.3 Kwh
Komputer	0.2 KW	12 jam	2.4 Kwh
Kipas angin, TV	0.27 KW	6 jam	1.62 Kwh
Lampu	0.16 KW	12 jam	1.92 Kwh
Total Energi Perhari			108.24 Kwh/d

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan atas prediksi beban yang memerlukan energi listrik, rancangan PLTS harus mampu memenuhi kebutuhan energi listrik sebesar 108.24 Kwh/day.

4.2 Studi Potensi PLTS

Untuk melakukan perancangan PLTS, diperlukan analisis potensi tenaga surya di lokasi tersebut. Beberapa data yang diperlukan di antaranya adalah lama penyinaran matahari dan radiasi matahari. Berikut ini adalah data yang ada di sekitar wilayah Muara Beting:

Tabel Penyinaran matahari dan suhu dilokasi menurut penelitian yang dilakukan (26-28 oktober 2018)

PUKUL	26-10-18	27-10-18	28-10-18
07.00	Matahari tertutup awan/26°C	Matahari mulai bersinar/28°C	Matahari mulai bersinar/28°C
08.00	Tertutup awan/26°C	Bersinar/28°C	Bersinar/28°C
09.00	Tertutup awan/28°C	Bersinar/29°C	Bersinar/29°C
10.00	Tertutup awan/28°C	Bersinar/29°C	Bersinar/29°C
11.00	Bersinar/30°C	Terik/32°C	Terik/32°C
12.00	Terik/30°C	Terik/33°C	Terik/33°C
13.00	Terik/30°C	Terik/33°C	Terik/33°C
14.00	Terik/30°C	Terik/33°C	Terik/33°C
15.00	Terik/30°C	Terik/32°C	Terik/33°C
16.00	Bersinar condong ke barat/30°C	Bersinar condong ke barat/32°C	Bersinar condong ke barat/32°C
17.00	---	Bersinar condong ke barat/30°C	---

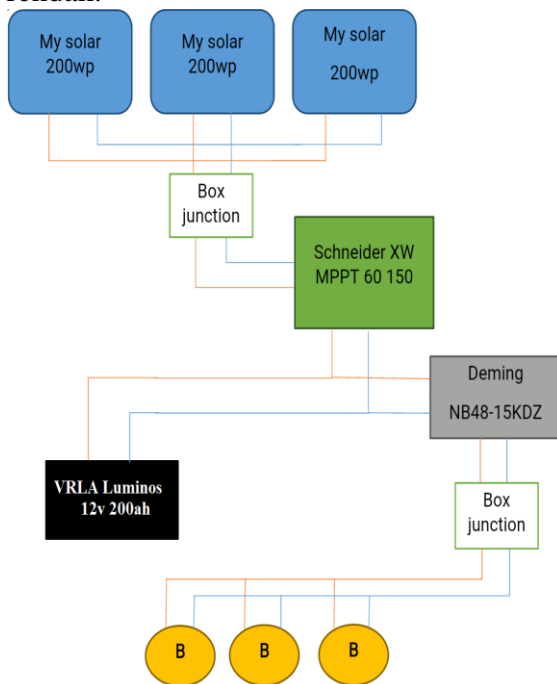
Tabel Rata-rata radiasi matahari di Muara Gembong menurut HOMER

Month	Clearness Index	Daily Radiation
Januari	0.402	4.28
Februari	0.445	4.78
Maret	0.491	5.17
April	0.529	5.22
Mei	0.561	5.09
Juni	0.568	4.90
Juli	0.598	5.26
Agustus	0.624	5.92
September	0.612	6.25
Oktober	0.541	5.73
November	0.472	5.01
Desember	0.425	4.48
Average		5.15 Kwh/m2/d

4.3 Perancangan PLTS

Untuk menyediakan kebutuhan energi listrik di Muara Beting dirancang PLTS *off grid* berkapasitas 40 Kwp dengan sistem 48 V. Rancangan ini memiliki tegangan keluaran dari panel surya sebesar 48 V dan

baterai akan tetap mengisi pada tegangan rendah.



Perancangan PLTS ini memerlukan peralatan utama yaitu, 199 panel surya berkapasitas 200 Wp. 60 baterai 200Ah/12V, 8 SCC tipe MPPT 60 A/48 V dan 2 Inverter 15 KW/48 V. Panel surya dirancang menjadi 3 bagian menghadap utara dengan sudut kemiringan 5-10 derajat dan ketinggian sekitar 5-7 meter untuk mendapatkan sinar matahari yang optimal karena lokasi terletak di sekitar 6° LS. Baterai dihubungkan secara seri-paralel, SCC dihubungkan menjadi satu bagian secara paralel dan inverter juga dihubungkan paralel.

a. Panel Surya

Perancangan PLTS ini memerlukan peralatan utama yaitu, panel surya *polycrystalline* berkapasitas 200 Wp. Jumlah wattpeak adalah energi yang dihasilkan dari panel surya dikali lama penyinaran optimal. Namun berdasarkan kondisi di lapangan, terjadi penyusutan jumlah produksi energi pada panel surya. Penyusutan ini terjadi di antaranya karena rata-rata toleransi pabrikasi panel surya sekitar 80%, rugi-rugi daya pada inverter dan pengawatan,

faktor bayangan, debu dan usia pemakaian. Menurut I. K. Agus Setiawan, dkk (Jurnal Teknologi Unud, 2014:32) produksi energi PLTS Kayubihi hanya sekitar 53% dari total kapasitas panel surya. Jadi untuk menentukan jumlah panel surya yang dibutuhkan dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$JP = \frac{\text{kebutuhan energi}}{\text{kapasitas Ps} \times \text{radiasi matahari}} \div \text{asumsi kapasitas}$$

$$\text{Jumlah Panel} = \frac{108.240}{200 \times 5.15} \div 53\%$$

$$\text{Jumlah Panel} = 198.28 \text{ (199 panel)}$$

Ket:

Asumsi kapasitas produksi = 53 %

Kebutuhan energi = 108.24 Kwh

b. Baterai

Pada perancangan PLTS sistem 48 V, baterai yang digunakan adalah 200Ah/12V tipe VRLA (aki kering). Dalam penggunaannya, tipe baterai ini memiliki batas ideal penggunaan sampai 80% (janaloka.com). Jadi, perhitungan jumlah baterai yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Total beban : 108.24Kwh/d

Kapasitas baterai : 12v/200ah

Depth of Discharge (batas ideal penggunaan): 80%

Days of Autonomy (suplai energi dari baterai tanpa pengisian) : 1 hari

Kapasitas baterai yang dibutuhkan :

$$= (\text{total beban} \times \text{DoA}) \div (\text{DoD} \times \text{Vsistem})$$

$$= (108.24 \text{ Kwh} \times 1) \div (80\% \times 48)$$

$$= 2818.75 \text{ Ah}$$

Jumlah baterai yang dibutuhkan:

$$\text{Voltase: } 48 \div 12 = 4 \text{ baterai secara paralel}$$

$$\text{Kapasitas: } 2818.75 \div 200 = 14.1 \text{ (15 baterai)}$$

$$\text{Total : } 4 \times 15 = 60 \text{ baterai (seri-paralel)}$$

c. Solar charger controller

Solar charger controller yang cocok digunakan adalah tipe MPPT dengan spesifikasi 60 A/48 V

sebanyak 8 buah. SCC tipe MPPT itu kemudian dihubungkan secara seri.

Perhitungan kapasitas arus MPPT:
 $= \text{Kapasitas panel surya} \div \text{Voltage} \times 53\%$
 $= 40.000 \text{ Wp} \div 48 \text{ V} \times 53\%$
 $= 441.6 \text{ A}$

53% adalah asumsi kapasitas energi dari panel surya di lapangan

d. Inverter

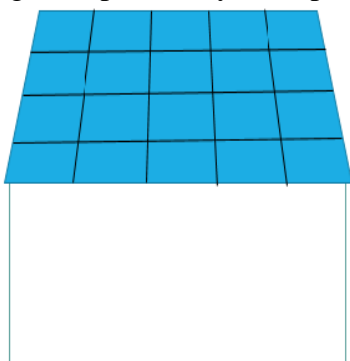
Untuk mendapatkan inverter dengan kebutuhan PLTS 40 Kw/48 V dapat dengan cara menghubungkan 2 inverter 15 Kw/48 secara paralel Perhitungan kapasitas inverter yang dibutuhkan:

$\text{Inv} = \text{Kapasitas panel surya} \times 53\%$

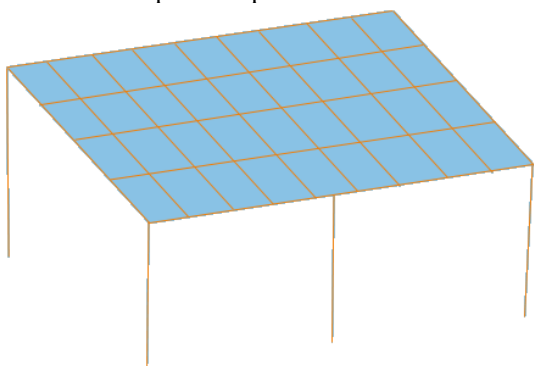
$\text{Inv} = 40.000 \times 53\%$

$\text{Inv} = 21.2 \text{ KW}$

53% persen adalah asumsi kapasitas energi dari panel surya di lapangan.



Gambar panel atap kantor: 6.75m x 4m



Gambar rangkaian Panel 9m x 5.4m

Panel surya dipasang menjadi 3 bagian. Kantor, Blok 1 dan Blok 2. Atap kantor dipasang 20 panel surya. Blok 1 dipasang 2 rangkaian panel surya dengan jarak 1.2 meter dan luas area yang dibutuhkan 108m². Blok 2 dipasang 3 rangkaian panel surya dengan jarak 90cm

dan luas area yang dibutuhkan 162m². Rangkaian panel terdiri dari 36 panel dengan luas 9mx5.4m. Total area yang dibutuhkan untuk PLTS sekitar 300m². Blok 1 108m², Blok 2 162m² dan kantor 30m²

4.4 Rincian Biaya

Untuk membangun PLTS dengan daya 40 Kwp memerlukan biaya awal yang cukup mahal. Namun biaya setelah berdirinya PLTS biaya yang dikeluarkan untuk kebutuhan operasional relatif murah. Berikut adalah Perkiraan rincian biaya pembangunan PLTS 40 Kwp

Tabel Rincian biaya

Nama Barang	Jumlah	Harga Total (Rp)
Panel surya200wp	199	435.800.000
Baterai 200Ah/12V	60	258.000.000
MPPT 60A	8	68.000.000
Ineverter 15KW/48V	2	41.440.000
Besi hollow 40x60x600mm	36	8.460.000
Besi siku 3000x60x3mm	150	13.575.000
Baut stainless M8 60mm	812	1.055.600
Konotor MC4	21	504.000
Kabel Solar Panel 10m	6	960.000
Kabel Twisted 3x35x25	1000	17.300.000
Kabel NYA 1.5mm/100m	1	200.000
Skun	1	17.000
Kwh Meter	1	850.000
Kantor ukuran 6x4m	24	48.000.000

Biaya angkutan dan pemasangan		5.000.000
Baut Stainless M8 15mm	1.664	1.081.600
Junction Box 40x30x18cm	2	3.330.000
Mcb 1P 100A	5	2.690.000
Total Biaya Pembangunan		906.263.200

Biaya perawatan, pemeliharaan dan operasional per tahun untuk PLTS, umumnya diperhitungkan sebesar 1-2% dari total biaya investasi awal (Jais, 2012). Berdasarkan acuan tersebut ditetapkan biaya operasional PLTS adalah 1% dari total biaya pembangunan. Hal ini juga memperhitungkan kondisi geografis, di mana Indonesia hanya memiliki dua musim sehingga perawatan, pembersihan dan pemeliharaan PLTS lebih mudah dan murah daripada negara yang memiliki empat musim setahun. Berikut adalah perhitungan biaya perawatan PLTS pertahun:

$$X = 1\% \times \text{Biaya pembangunan}$$

$$X = 1\% \times 906.263.200$$

$$X = \text{Rp. } 9.062.632$$

Dari perhitungan biaya operasional tersebut diperkirakan jika usia prima PLTS adalah selama 25 tahun, maka dapat dihitung total biaya pembangunan dan perawatan PLTS selama masa kerjanya dengan asumsi penggantian baterai setiap 5 tahun. Berikut adalah rincian biaya PLTS selama masa kerja:

$$P = \text{Rp. } 906.263.200$$

$$X_t = X \times 25 \text{ tahun}$$

$$X_t = 9.062.632 \times 25$$

$$X_t = \text{Rp. } 226.565.800$$

$$\text{Ganti baterai} = 258.000.000 \times 4$$

$$\text{Ganti baterai} = \text{Rp. } 1.032.000.000$$

$$\text{Total} = P + X_t + \text{GB}$$

$$\text{Total} = 906.263.200 + 226.565.800 + 1.032.000.000$$

$$\text{Total} = \text{Rp. } 2.164.829.000$$

Perbandingan biaya penyediaan listrik dengan genset Perkins Silent 404D-22TG

(harga berdasarkan data dari PT. Hargen Nusantara):

Berat bahan bakar:

$$= \text{SFC} \times \text{energi perhari}$$

$$= 194 \text{ g/kwh/d} \times 108.24 \text{ Kwh/d}$$

$$= 21 \text{ Kg/Kwh/d}$$

Total penggunaan:

$$= \text{berat bahan bakar} \div \text{massa jenis solar}$$

$$= 21 \text{ Kg/Kwh/d} \div 0.832$$

$$= 25.24 \text{ liter perhari}$$

Biaya bahan bakar:

$$= \text{harga solar} \times T_p \times 365 \times 25$$

$$= 9.800 \times 25.24 \times 365 \times 25$$

$$= \text{Rp. } 2.257.087.000$$

Pemasangan genset 30 Kva:

$$= \text{Harga genset} + \text{Biaya pasang dan tempat}$$

$$= 190.000.000 + 70.000.000$$

$$= 260.000.000$$

Biaya maintenance:

$$= \text{servis} + \text{ganti oli (Mobil Devlac MX 15w-40)}$$

$$= 1.300.000 + 645.000$$

$$= \text{Rp. } 1.945.000 \text{ per duabulan}$$

$$\text{Total} = 1.945.000 \times 6 \times 25$$

$$= \text{Rp. } 291.750.000$$

General oper haul:

$$= 50.000.000 / 3 \text{ tahun}$$

$$\text{Total} = 50.000.000 \times 7$$

$$= \text{Rp. } 350.000.000$$

Total penggunaan genset selama 25 tahun:

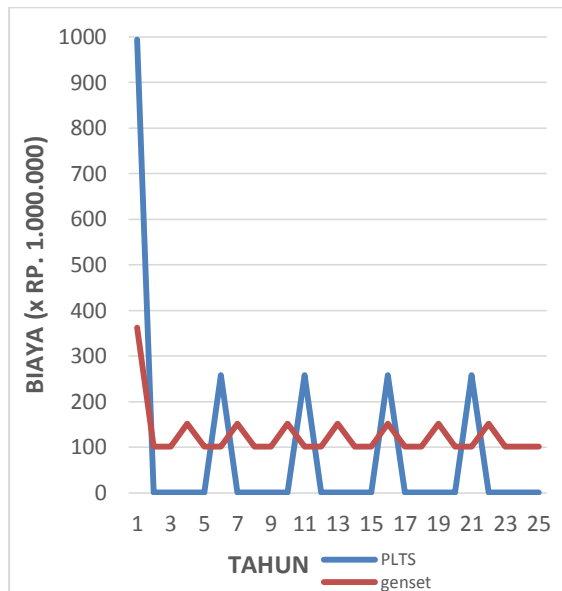
$$X_t = \text{solar} + \text{pasang} + \text{maintenance} + \text{oper haul}$$

$$= 2.257.087\text{k} + 260.000\text{k} + 291.750\text{k} + 350.000\text{k}$$

$$= \text{Rp. } 3.158.837.000 \text{ atau sekitar } 3.16 \text{ milyar.}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, total biaya kerja PLTS selama 25 tahun masih lebih kecil dibandingkan penggunaan genset yang mencapai angka Rp. 3.16 milyar selama 25 tahun. Estimasi biaya tersebut juga tanpa mempertimbangkan net present value (NPV) dan kenaikan harga solar serta biaya pengiriman solar. Di samping itu, penggunaan genset juga dikhawatirkan mencemari lingkungan dan ekosistem di sekitar Pulau tersebut. Selain dari

penggunaan genset, PLTS lebih memungkinkan dibandingkan membuat instalasi jaringan bawah laut untuk terhubung ke PLN. Berikut adalah diagram perbandingan biaya PLTS dan genset selama 25 tahun:



4.5 Analisis Ekonomi PLTS

Return On Investment dijalankan menurut Peraturan Menteri ESDM No.17 Tahun 2013 yang berisi tentang pembelian energi listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang dibeli oleh PLN, menjelaskan bahwa harga US\$ 25 sen/kWh. Harga tersebut adalah harga pembelian energi tenaga listrik dari PLTS (Ramadhan S.G., & Rangkuti Ch., 2016).

Berdasarkan asumsi di atas dan dengan menghiraukan NPV, dapat dihitung prediksi income yang didapatkan dari hasil penjualan listrik ke PLN sebagai berikut:

Harga jual:

1kwh = 0.25 USD (USD 1 = Rp. 14.200)

Total produksi perhari: 108.24 Kwh

Income pertahun:

=T.produksi X harga jual X 14.200 X 365

= 108.24 x 0.25 x 14.200 x 365

= 141.239.670

Tabel Jangka waktu pengembalian modal

Tahun	Costs (Rp)	Income (Rp)	Saldo (Rp)
1	906.263.200	141.239.670	-764.996530
2	9.939.276	141.239.670	-633.696.136
3	9.939.276	141.239.670	-503.395.742
4	9.939.276	141.239.670	-371.095.348
5	9.939.276	141.239.670	-239.794.954
6	258.000.000	141.239.670	-356.555.284
7	9.939.276	141.239.670	-225.254.890
8	9.939.276	141.239.670	-93.954.496
9	9.939.276	141.239.670	37.345.898
10	9.939.276	141.239.670	168.646.292
11	258.000.000	141.239.670	51.885.962
12	9.939.276	141.239.670	183.186.356
13	9.939.276	141.239.670	314.486.750
14	9.939.276	141.239.670	445.787.144
15	9.939.276	141.239.670	577.087.538
16	258.000.000	141.239.670	460.327.208
20	39.757.104	564.958.680	985.528.784
21	258.000.000	141.239.670	868.768.454
22	9.939.276	141.239.670	1.000.068.848
23	9.939.276	141.239.670	1.131.369.242
24	9.939.276	141.239.670	1.262.669.636
25	9.939.276	141.239.670	1.393.970.030

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian di lapangan serta menganalisis data-data yang berhasil didapatkan dalam studi perancangan PLTS ini, diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Total kebutuhan energi listrik di Pantai Muara Beting sekitar 108.24 Kwh/d dengan total kebutuhan daya sekitar 11.68 Kw dan beban puncak terjadi di siang hari saat warung kuliner aktif memakaiperalatan yang membutuhkan energi listrik.
- Perancangan PLTS yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut adalah PLTS *off-grid* terpusat 40 Kwp dengan tegangan 48 V, agar baterai tetap mengisi pada tegangan

- rendah. Kemudian panel surya tempatkan menjadi 3 bagian dan dipasang menghadap utara dengan sudut kemiringan 5-10 derajat dan ketinggian sekitar 4-7 meter agar mendapatkan sinar matahari secara optimal.
- c. Panel surya dipasang menjadi 3 bagian. Kantor, blok 1 dan blok 2. Atap kantor dipasang 20 panel surya. Blok 1 dipasang 2 rangkaian panel surya dengan jarak 1.2 meter dan luas area yang dibutuhkan 108m^2 . Blok 2 dipasang 3 rangkaian panel surya dengan jarak 90cm dan luas area yang dibutuhkan 162m^2 . Rangkaian panel surya terdiri dari 36 panel dengan luas area $9\text{m} \times 5.4\text{m}$. Total area yang dibutuhkan untuk PLTS sekitar 300m^2 . Blok 1 108m^2 , Blok 2 162m^2 dan kantor 30m^2 .
 - d. Biaya untuk masa kerja PLTS selama 25 tahun sekitar Rp. 2.164.829.000. Dengan rincian biaya pembangunan/investasi awal untuk PLTS sebesar Rp. 906.263.200, biaya perawatan sebesar Rp. 9.939.276 pertahun dan Rp. 226.565.800 selama 25 tahun, dan biaya penggantian baterai sebesar Rp. 258.000.000 perlima tahun dan Rp. 1.032.00.00 selama 25 tahun.
 - e. Berdasarkan hasil perhitungan prediksi penggunaan selama 25 tahun, penggunaan PLTS lebih hemat dan ramah lingkungan dibandingkan penggunaan genset. Hal ini membuat PLTS lebih cocok menjadi penyedia energi listrik di Pantai Muara Beting daripada genset.
 - f. *Back periode* atau jangka waktu pengembalian biaya investasi terjadi pada tahun ke-9. Sementara total keuntungan dari *income* penjualan listrik ke PLN selama 25 tahun sekitar Rp. 1.393.970.030.

5.2 Saran

Setelah studi ini diselesaikan terdapat beberapa saran untuk penelitian tentang PLTS selanjutnya, baik untuk

pengembangan di lokasi ini atau di tempat lainnya. Beberapa saran tersebut adalah:

- a. Perancangan PLTS sebaiknya memperhitungkan penyusutan energi yang terjadi akibat drop tegangan pada sistem, kendala cuaca, bayangan, debu dan usia panel surya.
- b. Untuk menjaga ketahanan masa kerja PLTS perlu dilakukan perawatan secara berkala setiap bulan agar panel surya tidak tertutup debu, tidak terjadi korosi pada sambungan baterai dan mencegah terjadinya korsleting pada sistem.
- c. Menampilkan harga dan spesifikasi dalam menentukan alat-alat PLTS, dan pembeliannya dari tempat yang paling dekat dari lokasi agar mengurangi pembengkakan biaya kirim.
- d. Dalam penelitian PLTS sebaiknya dilakukan perbandingan dengan penggunaan pembangkit energi lain agar dapat menentukan mana yang lebih cocok dan efisien.
- e. Memperhitungan harga dengan prediksi NPV untuk pembangunan PLTS, biaya perawatan serta biaya ganti baterai ke selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adiprasetya, Rahmat, 2009, *Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida berbasis Energi Angin dan Matahari*, Yogyakarta: Semesta Teknika-FTUMY.
- [2] Hakim, Aji Rizky, 2015, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik*, Malang: Universitas Brawijay
- [3] Timotius, Chris, dkk. 2009, *Perancangan dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Bandung: Anggota IKAPI.
- [4] Wartiningsih, Tri, dkk, 2014, *Pembangkit Tenaga Listrik*, Yogyakarta: Graha Ilmu
- [5] Heri, Junial, <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=116861&val=5335>

