

# ANALISIS POTENSI SUMBER DAYA MATAHARI SERTA PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) BERBASIS APLIKASI PVSYST DI PANTAI CONGOT, KULON PROGO

**Restu Muhammad Afdhil**

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
e-mail: restumuhammadafdhil@gmail.com

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi energi baru terbarukan (EBT) yang berasal dari tenaga surya. Penelitian ini menggunakan metode *purposive method*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari lokasi yang berada di Pantai Congot. Hasil perhitungan dan analisis pada perancangan sistem PLTS *Fotovoltaik* Terpusat pada penelitian ini dibuat untuk memfasilitasi kebutuhan listrik untuk 486 rumah dan 14 fasilitas umum. Dari hasil perhitungan dengan total kebutuhan daya listrik sebesar 1.945.232,64 Wh/hari dapat dilayani dengan PLTS *Fotovoltaik* Terpusat berkapasitas 550 kWp. Perancangan sistem ini dibuat menggunakan konfigurasi sistem off-grid memakai 1667 panel surya berkapasitas 330 Wp, 168 buah baterai berkapasitas 1156 Ah dengan sistem 48 V, 1 buah central inverter berkapasitas 630 kW dan 92 buah solar charge controller yang masing-masing memiliki output 100 A. Biaya untuk investasi PLTS *Fotovoltaik* tersebut adalah Rp 18.705.798.271, biaya pemeliharaan beserta operasional adalah sebesar Rp 187.616.233 per tahun dan biaya 2 kali pergantian baterai pada tahun ke-9 dan ke-18 sebesar Rp 4.810.273.776.

**Kata Kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Panel Surya, Energi Baru Terbarukan**

## PENDAHULUAN

Berbagai cara yang telah dilakukan untuk mengetahui potensi sumber daya energi baru terbarukan yang dapat dikembangkan di Indonesia, salah satunya dengan melakukan pendataan. Berdasarkan data yang terdapat pada Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Indonesia memiliki potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) yang cukup besar diantaranya, yaitu mini/micro hydro sebesar 450 MW, biomassa 50 GW, energi surya 4,80 kWh/m<sup>2</sup>/hari, energi angin 3-6 m/s dan energi nuklir 3 GW.

Saat ini perkembangan energi baru terbarukan (EBT) di Indonesia masih kurang. Menurut Perpres No. 22 tahun 2017 tentang Kebijakan Energi Nasional menyebutkan bahwa target bauran EBT dalam lingkup energi primer nasional pada tahun 2025 paling sedikit sebesar 23% dan pada tahun 2050 paling sedikit 31%. Namun, pada hingga saat jumlah bauran EBT di Indonesia

baru mencapai 12,5% pada tahun 2017 dan dalam 3 tahun terakhir rasio kontribusi EBT hanya bertambah sebesar 2%, maka dari itu diperlukan pengembangan dibidang EBT mengingat tahun 2025 tinggal 7 tahun lagi.

Diharapkan dengan pengembangan EBT di Indonesia ini dapat mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil, seperti batu bara, minyak bumi dan gas alam yang semakin hari persediaannya semakin menipis. Mengingat Indonesia memiliki potensi sumber daya energi baru terbarukan yang sangat banyak namun pemanfaatannya masih tergolong minim, yaitu sumber energi dari cahaya matahari.

## DASAR TEORI

### Sistem PLTS Fotovoltaik

Menurut I K. Agus Setiawan, dkk (2014) Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik atau biasa disebut PLTS Fotovoltaik merupakan sebuah pembangkit

listrik yang memanfaatkan energi sinar matahari sebagai sumber energinya yaitu dengan cara memanfaatkan iradiasi cahaya matahari (teknologi fotovoltaik) yang akan menghasilkan energi listrik yang kemudian akan dialirkan menuju ke pengguna.

Secara umum PLTS Fotovoltaik terdiri dari beberapa komponen utama yaitu, generator sel surya (PV generator) yang berupa susunan modul surya pada suatu sistem penyangga, inverter, solar charge controller dan baterai. Untuk menghitung jumlah kapasitas sistem PLST dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$P = \frac{W}{t \times k_{ef} \times \text{eff. modul}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

- P = Kapasitas PLTS
- W = Total Kebutuhan Energi
- t = Kelas Iradiasi (SNI IEC 04-6394-2000)
- K<sub>ef</sub> = 0,8 (*Photovoltaics Systems Engineering Second Edition*, 2003)
- Eff. Modul = 88,5% (Bagus Ramadhani, 2018)

### Panel Surya

Panel surya merupakan rangkaian dari beberapa sel surya yang terhubung secara seri ataupun paralel yang disusun sedemikian rupa hingga berbentuk persegi ataupun persegi panjang, dilaminasi dan dilapis dengan kaca khusus serta diberi penguat rangka atau frame pada keempat sisinya. Sejumlah panel surya dikonfigurasi secara seri maupun paralel yang akan membentuk sistem yang disebut panel array. Sehingga menghitung jumlah solar panel yang digunakan pada sistem PLTS Fotovoltaik dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Jumlah Panel} = \frac{\text{Kapasitas Total PLTS}}{\text{Kapasitas Panel Surya}} \dots\dots(2.2)$$

### Solar Charge Controller

*Solar charge controller* merupakan komponen yang berfungsi sebagai pengontrol daya dan tegangan yang akan masuk ke baterai dari panel surya. Komponen ini akan memastikan baterai tidak terisi secara berlebihan pada siang hari, dan daya tidak kembali menuju ke panel surya pada malam hari dan menguras baterai. Secara umum,

terdapat 2 (dua) SCC yang digunakan pada sistem panel surya, yaitu PWM (*Pulse Width Modulation*) dan MPPT (*Maximum Power Point Tracking*). Untuk menghitung kebutuhan *solar charge controller* pada sistem PLTS Fotovoltaik dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$SCC = \frac{\text{Kapasitas Total PLTS}}{\text{Output SCC}} \dots\dots\dots(2.3)$$

### Inverter

*Inverter* merupakan komponen elektronik yang berfungsi mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC). *Inverter* nantinya akan mengubah arus listrik DC dari komponen seperti baterai, panel surya menjadi arus listrik AC.

### Baterai

Baterai merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia. Baterai pada PLTS memiliki fungsi untuk menyimpan kelebihan daya dari PLTS yang selanjutnya akan digunakan untuk memberikan daya listrik ke sistem ketika daya tidak disediakan oleh panel surya. Untuk menghitung kapasitas baterai untuk sistem PLTS Fotovoltaik dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Baterai (kWh)} = \frac{\text{Otonomi sistem} \times \text{Total daya per hari (kWh)}}{\text{Efisiensi}} \dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

- Otonomi sistem = Cadangan baterai 2 hari jika tidak ada cahaya matahari
- Efisiensi = Eff. baterai x Eff. Penghantar
- Eff. baterai = 0,85 (Bagus Ramadhani, 2018)
- Eff. penghantar = 0,98 (Bagus Ramadhani, 2018)

$$\text{Baterai (Ah)} = \text{Baterai (kWh)} \times \frac{1000 \text{ V}}{\text{Nominal tegangan}} \dots\dots(2.5)$$

$$\text{Kapasitas baterai} = \frac{\text{Baterai (Ah)}}{\text{DOD}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

DOD = 80% (Permen ESDM No. 36 Tahun 2018).

## METODE PENELITIAN

### Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari penelitian terdahulu yang

berhubungan dengan permasalahan penelitian sehingga nantinya dapat digunakan sebagai bahan acuan dalam penelitian ini.

### Pengambilan Data

Data yang diperlukan pada penelitian berupa nilai iradiasi, *sun direction*, *sun position*, suhu terendah dan suhu tertinggi pada lokasi penelitian dikumpulkan untuk kemudian akan dianalisis dan menghasilkan rencana perancangan PLTS.

### Pengolahan Data

Berdasarkan data pada lokasi penelitian yang telah dikumpulkan sebelumnya yang berhubungan dengan aspek teknis dari sistem PLTS, maka semua data tersebut akan dianalisis yang kemudian akan disajikan untuk bahan pertimbangan dalam melakukan perancangan komponen yang akan digunakan pada sistem PLTS.

### Perancangan Sistem

Perancangan sistem ditentukan berdasarkan pengolahan data sebelumnya yang mengacu pada standar-standar yang mengatur dalam penentuan sistem. Sehingga akan diperoleh desain teknis yang berupa kapasitas PLTS yang akan dipasang dan sistem penyimpanan energi yang dihasilkan PLTS tersebut.

### Pemilihan Komponen

Pemilihan komponen akan ditentukan berdasarkan pada data pilihan perancangan sistem dan pertimbangan dalam memilih komponen yang dapat memenuhi kualitas. Pemilihan spesifikasi teknis mengikut kaidah keilmuan energi terbarukan khususnya teknologi fotovoltaik serta kelistrikan. Spesifikasi teknis dan gambar yang akan diperoleh pada perancangan ini adalah spesifikasi seluruh alat yang digunakan pada PLTS, gambar rangkaian panel surya, penyimpanan energi berupa baterai, dan inverter.

### Analisis Sistem

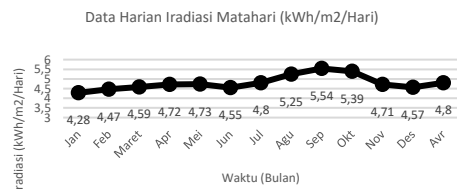
Melakukan analisis terhadap sistem dengan standar yang ada, misalnya melakukan perbandingan luas wilayah pada aplikasi PVSYST dengan *rule of thumb* di Pantai Parangtritis Indonesia.

## HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS

### Data Iradiasi Matahari

Nilai iradiasi matahari dan posisi matahari pada penelitian ini diperoleh dari database *Surface Meteorology and Solar Energy* (SSE) milik *National Aeronautic and Space Administration* (NASA). Berikut adalah grafik nilai iradiasi matahari per harian satu bulan dalam setahun dan posisi matahari yang diperoleh dari *database* SSE NASA dengan titik koordinat lokasi yaitu *latitude* 7.89°N *longitude* 110.05°E dan *altitude*.

Gambar 4.1 Data Harian Iradiasi Matahari



(Sumber : NASA SSE)

### Jumlah Rumah Tangga dan Fasilitas Umum

Data dari jumlah rumah dan fasilitas umum yang terdapat di sekitar Pantai Congot, diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Kulon Progo dan laporan kependudukan Pemerintah Desa Jangkar tahun 2018 dengan melakukan wawancara dengan pihak pemerintah setempat.

Tabel 4.1 Jumlah Rumah dan Fasilitas Umum

No.	Jenis	Jumlah
1	Rumah Tangga	486
2	Fasilitas Umum (Pertokoan & Warung)	14

Sumber : BPS dan Pemerintah Desa Jangkar

### Suhu Lokasi

Data dari suhu lokasi berasal dari data database *Surface Meteorology and Solar Energy* (SSE) milik *National Aeronautic and Space Administration* (NASA). Data suhu ekstrim minimum, maksimum serta suhu rata-rata lokasi dari daerah Pantai Congot.

Tabel 4.2 Suhu Sekitar Pantai Congot

No.	Jenis	Nilai
1	Suhu ekstrim minimum	20°
2	Suhu rata-rata	25°
3	Suhu ekstrim maksimum	33°

Sumber : NASA SSE

## Beban Energi Listrik

Perhitungan beban energi listrik akan dibedakan menjadi 2 kelompok yang terdiri dari kelompok rumah tangga dan kelompok fasilitas umum pertokoan atau warung yang ada di daerah sekitar Pantai Congot. Data tersebut diperoleh dengan melakukan *survey* secara langsung pada lokasi dengan mengambil sampel 5 rumah dari keseluruhan yang ada di sekitar pantai dan mengambil 5 fasilitas umum yang ada di sekitar pantai dari keseluruhan jumlah yang ada dengan menggunakan metode wawancara.

**Tabel 4.3 Beban Energi Listrik Rumah Tangga**

Perangkat	Jumlah	Daya (W)	Total Daya (W)	Durasi (Jam)	Energi (Wh)
Lampu 1	3	12	36	6	216
Lampu 2	1	10	10	12	120
TV	1	100	100	8	800
Setrika	1	300	300	1	300
Penanak Nasi	1	350	350	1	350
Pompa Air	1	250	250	3	750
<b>Total</b>			<b>1.022</b>		<b>2.536</b>

Maka didapatkan sebagai acuan untuk menghasilkan total daya dan kapasitas energi listrik setiap jamnya dalam satu hari yakni sebesar 1.022 W dan 2.286 Wh

**Tabel 4.4 Beban Energi Listrik untuk Fasilitas Umum**

Perangkat	Jumlah	Daya (W)	Total Daya (W)	Durasi (Jam)	Energi (Wh)
Lampu 1	2	10	20	8	160
Lampu 2	1	6	6	12	72
TV	1	100	100	8	800
<b>Total</b>			<b>126</b>		<b>1.032</b>

Beban listrik fasilitas umum yang berada di sekitar pantai Congot menghasilkan total daya dan energi listrik dalam satu hari yaitu sebesar 126 W dan 1.032 Wh.

## Nilai Equal Sun Hours

Menentukan nilai *equal sun hours* dilakukan agar dapat mengetahui lama waktu efektif matahari yang mengacu pada standar SNI IEC 04-6394-2000. Berikut penentuan nilai *equal sun hours*:

Rata-rata = 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari (kategori IIIa)  
 Range = 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari - 4,28 kWh/m<sup>2</sup>/hari = 0,52 (kategori IIIa)

**Tabel 4.5 Klasifikasi Kelas Iradiasi Berdasarkan SNI IEC 04-6394-2000**

Kelas ESH	I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IV
Rata-rata iradiasi	<4,5	<4,5	4,5-5,5	4,5-5,5	>5,5	>5,5
Range	>1,5	<1,5	>1,5	<1,5	>1,5	<1,5
Kelas iradiasi	3	4	4	5	5	6

Jadi kelas iradiasi matahari yang didapatkan adalah kelas IIIa selama 5 jam.

## Orientasi dan Sudut Kemiringan Panel

Menurut standar SNI IEC 04-6394-2000, orientasi panel menghadap ke utara karena lokasi berada di belahan bumi selatan. Sedangkan untuk sudut kemiringan panel sebesar 15°.

## Total Kebutuhan Beban Energi Listrik

Pada penelitian ini nilai data yang digunakan dalam penentuan total kebutuhan harian di Pantai Congot adalah beban energi listrik rumah tangga dan fasilitas umum, toleransi dan rugi-rugi sistem. Perhitungan total kebutuhan beban akan menggunakan nilai toleransi sebesar 30% (Triyanto Pangaribowo, 2016) dan rugi-rugi yang terjadi pada sistem berdasarkan standar IEEE 1562:2007 sebesar 10-20%.

**Tabel 4.6 Total Kapasitas Beban Harian yang Dibutuhkan**

No.	Jenis Beban	Jumlah Beban (Unit)	Kuota Energi (Wh)	Total Energi (Wh/hari)
1	Rumah Tangga	486	2.536	1.232.496
2	Fasilitas Umum	14	1.032	14.448
<b>Sub Total 1</b>				<b>1.246.944</b>
Toleransi			30%	374.083,2
<b>Sub Total 2</b>				<b>1.621.027,2</b>
Rugi-rugi			20%	324.205,44
<b>Total Beban</b>				<b>1.945.232,64</b>

Total kebutuhan beban energi listrik untuk perencanaan PLTS Fotovoltaik Terpusat di Pantai Congot sebesar 1.945.232,64 Wh/hari atau 1,9 MWh/hari.

## Kapasitas PLTS

Untuk menentukan kapasitas dari PLTS yang akan dirancang di lokasi Pantai Congot menggunakan nilai perhitungan yang telah diketahui sebagai berikut:

– Kebutuhan energi listrik sebesar 1.945,23264 kWh/hari.

- Nilai kelas iradiasi matahari lokasi Pantai Congot adalah 5 jam.
- Nilai koefisiensi PLTS yaitu 0,8. (Photovoltaic Systems Engineering Second Edition, 2003)
- Nilai efisiensi modul fotovoltaik 88,5%. (Bagus Ramadhani, 2018)

Sehingga perhitungan kapasitas PLTS dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.1) sebagai berikut:

$$P_{Wp} = \frac{W}{t_{ins} \times k_{ef} \times \text{eff. modul}}$$

$$P_{Wp} = \frac{1.945,23264 \text{ kWh}}{5 \text{ jam} \times 0,8 \times 0,885} = 550 \text{ kWp}$$

Dari perhitungan diatas maka didapatkan nilai kapasitas PLTS yang dibutuhkan untuk lokasi sebesar 550 kWp.

### Kapasitas Baterai

Perhitungan kapasitas baterai setiap sistem memiliki nilai efisiensi masing-masing. Untuk nilai dari efisiensi baterai dan efisiensi penghantar diatur dalam Buku Instalasi Sistem PLTS (Bagus Ramadhani, 2018) yaitu 85% dan 98%. Untuk menghitung kapasitas baterai untuk PLTS Fotovoltaik menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut.

$$\text{Baterai (kWh)} = \frac{\text{Otonomi sistem} \times \text{Total daya per hari (kWh)}}{\text{Efisiensi}}$$

$$\text{Baterai (kWh)} = \frac{2 \times 1.945,23264}{(0,85 \times 0,98)} = 4.670 \text{ kWh}$$

Setelah diperoleh kapasitas baterai dalam satuan kWh, maka dikonversi ke dalam satuan Ah menggunakan persamaan 2.5 sebagai berikut.

$$\text{Baterai (Ah)} = \text{Baterai (kWh)} \times \frac{1000}{\text{Nominal tegangan}}$$

$$\text{Baterai (Ah)} = 4.670 \text{ kWh} \times \frac{1000 \text{ V}}{48 \text{ V}} = 97.292 \text{ Ah}$$

Berdasarkan Permen ESDM Nomor 36 tahun 2018 yang mengatur syarat dari *depth of discharge* (DOD) dari baterai dengan nilai 80%, maka perhitungan dari kapasitas baterai dengan menggunakan persamaan 2.6 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas baterai} &= \frac{\text{Baterai (Ah)}}{\text{DOD}} \\ &= \frac{97.292 \text{ Ah}}{0.8} = 121.615 \text{ Ah} \end{aligned}$$

### Jumlah Solar Panel

Komponen panel surya yang digunakan menggunakan spesifikasi *monocrystalline* dengan kapasitas masing-masing panel sebesar 330Wp merek Sky Energi Indonesia. Untuk mengetahui jumlah solar panel yang digunakan maka akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 2.5 sebagai berikut.

$$\text{Jumlah Panel} = \frac{\text{Kapasitas Total PLTS}}{\text{Kapasitas Panel Surya}}$$

$$\text{Jumlah Panel} = \frac{550.000 \text{ Wp}}{330 \text{ Wp}} = 1.667 \text{ Panel}$$

### Jumlah Solar Charge Controller

*Solar charge controller* (SCC) diperlukan untuk pengontrol pengisian pada baterai yang akan digunakan pada sistem. Komponen SCC yang digunakan yakni merek OutBack Power tipe MPPT dengan output inverter sebesar 6 kW. Untuk menghitung kebutuhan SCC dari sistem dapat menggunakan persamaan 2.3 sebagai berikut.

$$\text{SCC} = \frac{\text{Kapasitas Total PLTS}}{\text{Output Inverter (kW)}}$$

$$\text{SCC} = \frac{550 \text{ kWp}}{6 \text{ kW}} = 92 \text{ buah}$$

### Battery Bank

Komponen baterai yang akan digunakan yaitu merek Rolls dengan kapasitas 6V/1156 Ah. Perhitungan battery bank dapat dilakukan dengan menggunakan nilai dari data-data dibawah ini:

- Total kebutuhan baterai 121.616 Ah
- Kapasitas masing-masing baterai 6V / 1156 Ah
- Tegangan sistem 48 VDC

Untuk rangkaian *battery bank* yang sesuai yaitu 7 *battery bank* dengan konfigurasi yang digunakan yakni 8 buah baterai dirangkai seri untuk memenuhi konfigurasi dari sistem PLTS yaitu 48V dan 16 buah baterai dirangkai paralel dengan kapasitas masing-masing *battery bank* yaitu 18.496 Ah. Sehingga total kebutuhan baterai

yang dibutuhkan untuk sistem yaitu sejumlah 168 baterai.

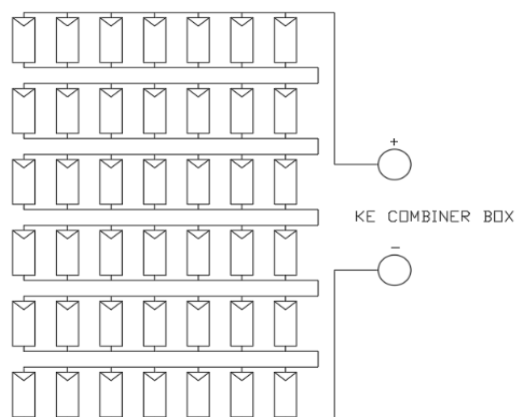
### Kapasitas Inverter

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan sebelumnya maka diperoleh kebutuhan kapasitas total dari sistem yakni sebesar 550 kWp. Penentuan kapasitas inverter yang digunakan oleh sistem setidaknya mendekati dari kapasitas kebutuhan sistem. Sehingga jika kapasitas sistem sebesar 550 kWp maka kebutuhan inverter yang terdapat di pasaran yakni inverter berkapasitas 630 kW dengan SMA Sunny Central.

### Konfigurasi Array

Penentuan desain panel *array* dari PLTS dilakukan untuk mengetahui nilai algoritma dari *maximum power point tracking* pada *solar charge controller* maupun pada *inverter* agar dapat bekerja secara optimal serta kapasitas daya serta tegangan dari panel *array* tidak melampaui batas yang diperbolehkan oleh sistem. Dalam menentukan desain panel *array* akan menggunakan spesifikasi dari komponen panel surya dan *solar charge controller*. Sehingga desain menggunakan konfigurasi 7 panel yang dipararel dalam satu string, dan terdapat 6 string yang dirangkai secara seri dalam satu *array*. Desain dalam satu *array* dapat dilihat pada gambar berikut.

1. PV Array ke Combiner Box



### Luas Wilayah PLTS

Grid system presizing			
Geographical Site	Pantai Congot	Country	Indonesia
Situation	Latitude -7.90° S	Longitude	110.06° E
Time defined as	Legal Time Time zone UT+7	Altitude	17 m
Collector Plane Orientation	Tilt 15°	Azimuth	51°
PV-field installation main features			
Module type	Standard		
Technology	Monocrystalline cells		
Mounting method	Ground based		
Back ventilation properties	Free standing		
System characteristics and pre-sizing evaluation			
PV-field nominal power (STC)	Phom	550 kWp	
Collector area	Acoll	3438 m <sup>2</sup>	
Annual energy yield	Eyear	830 MWh	Specific yield 1510 kWh/kWp
Economic gross evaluation	Investment	*77946 IDR	Energy price 1.74 IDR/kWh

Sumber : Aplikasi Simulator PVSYSY

Berdasarkan perhitungan pada simulator PVSYSY diperoleh luas wilayah yang akan digunakan oleh PLTS Fotovoltaik dengan kapasitas 550 kWp yakni sebesar 3438 m<sup>2</sup> artinya dalam satu kWp membutuhkan 6,25 m<sup>2</sup>. Jika dibandingkan dengan *rule of thumb* untuk wilayah di Indonesia dengan 7-8 m<sup>2</sup> per kWp (GIZ, 2018). Sehingga wilayah Pantai Congot memiliki luas per kWp yang baik dengan nilai 6,25 m<sup>2</sup> per kWp.

### Perincian Biaya

Perincian biaya untuk perencanaan PLTS Fotovoltaik di Pantai Congot Kabupaten Kulon Progo sangat penting dilakukan agar dapat melihat total biaya investasi yang dibutuhkan serta jumlah komponen yang dibutuhkan. Data harga masing-masing komponen diperoleh dari distributor komponen PLTS ataupun dari e-commerce luar negeri yang menjual komponen dari PLTS yang tidak ada di pasaran Indonesia. Perincian biaya terdiri dari biaya komponen utama seperti panel surya, solar charge controller, baterai serta inverter dan komponen tambahan seperti kabel, panel distribusi ac/dc, combiner box, dsb. Setelah dilakukan perhitungan keseluruhan dari proyek PLTS pada pantai Congot sesuai dari perancangan sistem yang telah dilakukan diperoleh total investasi awal sebesar Rp. 18.472.341.156

### Biaya Operasional

Pada perhitungan biaya operasional sebesar 1% dari total biaya investasi (Vember Restu Kossi, 2017) yang mencakup perhitungan biaya untuk teknisi pada lokasi

PLTS serta perawatan yang dilakukan secara rutin dalam satu tahun. Total perhitungan biaya operasional dari PLTS Fotovoltaik di Pantai Congot Kabupaten Kulon Progo sebesar Rp. 234.080.000 dalam satu tahun.

### Cashflow

Perhitungan *cashflow* pada perencanaan PLTS Fotovoltaik dapat mengacu pada Peraturan Menteri ESDM Nomor 50 Tahun 2017 tentang pembelian tenaga listrik dari PLTS Fotovoltaik oleh PT. PLN (Persero). Pada Permen ESDM Nomor 50 Tahun 2017 mengatur tentang pembelian listrik yang tertulis pada pasal 5 ayat (3) yang menjelaskan bahwa harga pembelian listrik dari PLTS Fotovoltaik sebesar 85% dari BPP sebesar US\$ 14,5 sen/kWh yang tertera pada lampiran peraturan tersebut. Maka untuk harga jual listrik dari PLTS Fotovoltaik yaitu sebesar Rp. 914,7955 per kWh

### Inflow

Untuk perhitungan *inflow* pada perencanaan PLTS Fotovoltaik dilakukan berdasarkan total kebutuhan beban dari jumlah pelanggan dalam satu bulan. Total penghasilan dalam satu tahun dari penjualan listrik ke pelanggan yang menjadi penerimaan kas PLTS dalam satu tahun diperoleh sebesar Rp. 424.339.939

### Outflow

Perhitungan *outflow* dalam perhitungan finansial dari PLTS terdiri atas biaya investasi awal serta biaya operasional dalam kurun waktu 25 tahun. Dengan adanya perbaikan dalam kurun waktu 10 tahun yakni pergantian baterai pada tahun ke-9 (berdasarkan perkiraan dari umur baterai). Maka akan diperoleh biaya tambahan pada investasi pada tahun ke-9 serta pada tahun ke-18. Sehingga total *outflow* pada perencanaan sistem PLTS Fotovoltaik ini yaitu sebesar Rp. 29.133.614.932.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Berdasarkan perhitungan pada simulator PVSYSST diperoleh luas wilayah yang akan digunakan oleh PLTS Fotovoltaik

dengan kapasitas 550 kWp yakni sebesar 3438 m<sup>2</sup> artinya dalam satu kWp membutuhkan 6,25 m<sup>2</sup>. Jika dibandingkan dengan *rule of thumb* untuk wilayah di Indonesia dengan 7-8 m<sup>2</sup>/kWp (GIZ, 2018). Sehingga wilayah Pantai Congot memiliki luas per kWp yang baik dengan nilai 6,25 m<sup>2</sup>/kWp.

2. Konfigurasi sistem PLTS yang paling optimal untuk diterapkan di Desa Jangkaran, Kecamatan Temon, Kabupaten Kulonprogo yakni sebanyak 1667 panel surya dengan kapasitas masing-masing 330 Wp, 168 buah baterai dengan sistem 48V, 1 buah central inverter yang berkapasitas 630 kW dan 92 buah SCC yang masing-masing memiliki output 100 A.
3. Kombinasi ini dapat menghasilkan daya listrik sebesar 1.003.951 kWh per tahun dengan konsumsi listrik warga Desa Jangkaran 710.010 kWh per tahun. Pembangkit listrik tenaga surya efektif diterapkan di Pantai Congot karena dapat mensuplai kebutuhan masyarakat
4. Biaya investasi awal yang dibutuhkan untuk perencanaan PLTS Fotovoltaik berdasarkan perhitungan yakni sebesar Rp. 18.472.341.156 dan biaya operasional sebesar Rp. 234.080.000 tiap tahunnya. Tingginya biaya investasi dari PLTS disebabkan beberapa komponen tidak diproduksi di dalam negeri sehingga melakukan pembelian dari luar negeri.
5. Perhitungan harga penjualan listrik yang mengacu pada Permen ESDM Nomor 50 Tahun 2017 tentang harga pembelian listrik dari PLTS Fotovoltaik sebesar 85% dari BPP diperoleh nilai sebesar Rp. 630.834.561 untuk pemasukan dalam satu tahunnya.

### Saran

1. Dalam melakukan perencanaan PLTS Fotovoltaik selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan faktor cuaca yang dapat mengakibatkan penyusutan energi saat drop tegangan terjadi pada sistem, bayangan yang menghalangi panel surya, debu serta usia penggunaan dari panel surya tersebut

2. Untuk pengambilan data kebutuhan energi listrik dapat dilakukan dengan melalui kWh meter pengguna listrik.
3. Dari pihak pemerintah sebaiknya lebih mendukung proyek-proyek pembangunan energi terbarukan agar harga listrik lebih murah dan lebih ramah lingkungan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, Wisna D, dkk. 2014. Analisis Kapasitas dan Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Komunal Desa Kaliwungu. *Jurnal Transient*, Vol. 3, No. 2, Juni 2014.
- Hasan, Hasnawiya (2016). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi, *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRKT)* Vol. 10 No. 2.
- I K. Agus Setiawan, dkk. 2014. Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Satu MWp Terinterkoneksi Jaringan di Kayubih, Bangli. *Teknologi Elektro. Vol. 13 No. 1 Januari - Juni 2014*.
- Ismail, G. 2018. Perancangan Sistem PLTS Fotovoltaik Terpusat untuk Memenuhi Kebutuhan Tenaga Listrik di Desa Terencil. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Katalog Badan Pusat Statistik Kabupaten Kulon Progo, 2018, Kecamatan Temon Dalam Angka, PT. Solo Grafika Utama.
- Kossi, V.R. Perencanaan PLTS Terpusat (Off-Grid) di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah. *Skripsi*. Universitas Tanjungpura.
- Pangaribowo, T. Implementasi Algoritma Logika Fuzzy dalam Penentuan Kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat *Off-Grid*. TESLA. Vol. 18. No. 1. Maret 2016.
- Peraturan Menteri ESDM No. 50 Tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik. (2017). Jakarta: Kementerian ESDM Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri ESDM No. 36 Tahun 2018 tentang Petunjuk Operasional Pelaksanaan Dana Alokasi Khusus Fisik Bidang Energi Skala Kecil. (2018). Jakarta: Kementerian ESDM Republik Indonesia.
- Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional. (2017). Jakarta: Kementerian ESDM Republik Indonesia.
- Ramadhani Bagus, 2018, Dasar-dasar Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Jakarta: GIZ.
- Rangkuti dan Ramadhan. 2016. Perencanaan PLTS Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti. *Seminar Nasional Cendekiawan. ISSN (E) : 2540-7589, ISSN (P) : 2460-8696*.
- Roger A. Messenger, 2005, *Photovoltaic Systems Engineering Second Edition*, Boca Raton: CRC Press.
- Sianipar, R. 2014. Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *JETri Volume 11, Nomor 2, Februari 2014, Halaman 61 – 78. ISSN 1412-0372*.
- Standar Nasional Indonesia: SNI 04-6394-2000 tentang *Classification Determination Procedures for Stand-Alone PV Systems – General Guide*.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). *Performance Improvement of Radial Distribution Network with Distributed Generation Integration Using Extended Particle Swarm Optimization Algorithm. International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 10(2). pp. 293-304.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). *Reconfiguration of Distribution Network with DER Integration Using PSO Algorithm*. TELKOMNIKA, 13(3). pp. 759-766.
- Syahputra, R., (2012), “*Distributed Generation: State of the Arts dalam Penyediaan Energi Listrik*”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2012.
- Syahputra, R., (2016), “*Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- Syahputra, R., (2015), “*Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik*”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- Syukri, M dan Suriadi. 2010. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Kelompok Perumahan di Banda Aceh. *Jurnal Rekayasa Elekrika Vol. 9, No. 2, Oktober 2010*.