

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Bayu Baru Pandansimo

PLTH Bayu Baru merupakan realisasi dari Sistem Inovasi Daerah (SIDA) yang diprakarsai oleh Kementerian Riset dan Teknologi (RISSET) bersama lembaga-lembaga terkait. Proyek yang terletak di Pantai Baru, Srandakan, Bantul Yogyakarta ini sengaja dibangun guna mendukung dan mengupayakan penelitian *renewable energy* dengan memanfaatkan sumber panas matahari dan angin di sekitar pantai. PLTH ini dibuat bukan semata karena daerah yang disuplai listrik dari PLTH sukar di jangkau oleh jaringan PLN, PLTH ini di buat karena keinginan untuk mengaplikasikan energi terbarukan di daerah-daerah terpencil. PLTH ini memanfaatkan *renewable energy* sebagai sumber utama yang dikombinasikan satu sumber energi lainnya.

PLTH Bayu Baru ini menggunakan *renewable energy* matahari, angin dan dikombinasikan dengan *Diesel-Generator Set* sehingga menjadi suatu pembangkit yang lebih efisien, efektif dan handal untuk dapat mensuplai kebutuhan energi listrik baik sebagai penerangan rumah atau kebutuhan listrik lain seperti TV, pompa air, serta kebutuhan industri kecil di daerah tersebut semisal es kristal. Dengan adanya kombinasi dari sumber-sumber energi tersebut diharapkan dapat menyediakan catu daya listrik yang kontinyu dengan efisien yang paling optimal.

PLTH Bayu Baru memiliki 34 turbin angin serta 238 panel surya dengan kapasitas total produksi 90KW. Energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk berbagai kegiatan di pantai baru seperti penerangan warung di sekitar pantai, produksi es untuk nelayan, penerangan jalan umum, pompa air ikan, dan juga perairan pada pertanian lahan pasir.

PLTH bekerja dengan menggabungkan energi matahari, angin dan diesel sangat bergantung dari bentuk beban atau fluktuasi pemakaian energi

yang mana selama 24 jam distribusi beban tidak merata untuk setiap waktunya. Pemakaian energi ini sangat dipengaruhi oleh penyediaan energi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka kombinasi sumber energi antara sumber energi terbarukan dengan Diesel Generator adalah salah satu solusi paling cocok untuk sistem pembangkit listrik yang terisolir dengan jaringan yang lebih besar seperti jaringan PLN. Pada umumnya PLTH bekerja sesuai urutan yaitu pada kondisi beban rendah, maka beban disuplai 100% dari baterai dan PV module, selama kondisi baterai masih penuh sehingga diesel tidak perlu beroperasi.

Untuk beban diatas 75% beban inverter (tergantung pada setting parameter) atau kondisi baterai sudah kosong sampai level yang diisyaratkan, diesel mulai beroperasi untuk mensuplai beban sehingga sebagian mengisi baterai sampai beban diesel mencapai 70-80% kapasitasnya (tergantung setting parameter). Pada kondisi ini Hibrid Controller bekerja sebagai charger untuk mengisi baterai. Pada kondisi beban puncak baik diesel maupun inverter akan beroperasi dua-duanya untuk mencapai paralel sistem apabila kapasitas terpasang diesel tidak mampu sampai beban puncak. Jika kapasitas genset cukup untuk mencapai puncak, maka inverter tidak akan beroperasi paralel dengan genset.

#### **4.2. Kinerja PLTH Pandansimo**

Kelebihan energi listrik yang menjadi salah satu masalah yang timbul di PLTH Pandansimo, oleh karena itu PLTH Pandansimo menggunakan beberapa pembangkit untuk mengoptimalkan agar kelebihan tenaga listrik bisa di minimalisir. Untuk lebih jelas bisa dilihat dari tabel berikut :

Tabel 4.1 Jumlah pembangkit optimal

NO	Jenis Pembangkit			Jumlah Unit	Jumlah Daya
1	Grup Timur	Sistem 240 V	Turbin angin 10 KW/240 V (Latis)	2 Unit	20 KW
			Turbin angin 2,5 KW/240 V (Latis)	2 Unit	5 KW
			Panel Surya 4 KW/240 V	40 Unit @100 W	4 KW
2	Grup Barat	Sistem 240 V	Turbin angin 1 KW/240 V (Latis)	21 Unit	21 KW
			Panel Surya 15 KW/240 V	150 Unit @100 W/12 V	15 KW
3	Grup KKP	Sistem 48 V	Panel Surya 10 KW/48 V	48 Unit @220 W/24 V	10 KW
Total Jumlah Pembangkit Energi					75 KW

Dari total 90 KW yang ada di PLTH hanya 75 KW yang beroperasi . Sedangkan turbin angin yang lain tidak dioperasikan hal ini dikarenakan masih dalam masa pemeliharaan atau perbaikan dan ada juga yang memang sedang tidak dioperasikan dikarenakan permintaan listrik dari konsumen pedagang di Pantai Baru sudah dapat dipenuhi dengan turbin angin ditambah dengan energi yang dibangkitkan oleh panel surya. Jika dipaksakan untuk dioperasikan, maka energi yang dibangkitkan yang tersisa hanya akan terbuang begitu saja. Hal ini dikarenakan saat energi yang dibangkitkan jauh lebih banyak daripada energi

yang di pakai oleh konsumen, energi sisa pembangkitan akan masuk ke baterai. Jika baterai sudah tidak sanggup lagi menerima energi listrik maka energi listrik tersebut akan dibuang untuk melindungi baterai agar tidak penuh 100%. PLTH Pandansimo sendiri adalah pembangkit *Off Grid*, sehingga akan disayangkan jika pembangunan PLTH dengan kapasitas yang terlalu besar dari permintaan energi listrik yang tentunya membutuhkan modal yang sangat besar. Hal ini membuat pembalikan modal dari PLTH akan sangat lambat. Saat ini PLTH Pandansimo sendiri sudah beroperasi selama 7 tahun, jika hal tersebut terjadi dengan project lifetime PLTH 25 tahun dan jika selama 25 tahun tersebut belum terjadi balik modal maka dapat dikatakan PLTH Pandansimo tidak mendapatkan keuntungan.

#### **4.3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Kincir Angin Sistem 240 V**

Sistem 240 Volt pada PLTH Pandansimo digunakan untuk penerangan warung-warung kuliner yang berada di sekitar pantai baru dan pengoprasian mesin penghasil es yang ada di kantor PLTH Pandansimo. Pada sistem 240 Volt ini sumber energi yang digunakan yaitu dengan menggunakan energi matahari oleh Photovoltaic (PV) dan menggunakan sedikit energi angin yaitu dengan menggunakan 6 turbin yang hanya menghasilkan sedikit arus dan biasanya diabaikan dalam perhitungan karena sering sekali tidak menghasilkan arus. Pada sistem 240 V ini terdapat beberapa komponen yang mendukung antara lain PV, PV kontroller, 40 baterai 12 V / 180 Ah, 1 buah inverter 3 fase 15 KW / 240 V, 3 buah panel beban / KWh meter 1 fasa untuk melihat besarnya beban yang digunakan pengguna.

Sistem 240 V mempunyai dua sumber energi utama yaitu dari angin dan matahari. Tetapi kerja dari dua sumber yang berdeda tersebut tidak secara bersamaan tetapi secara bergantian. Biasanya energi yang bersumber dari matahari dengan menggunakan PV bekerja pada pagi sampai sore hingga matahari terbenam dan kemudian malam hari dilanjutkan energi yang bersumber dari angin melalui turbin angin. Energi yang dihasilkan untuk sistem 240 V dominan dihasilkan oleh PV karena energi yang dihasilkan oleh turbin

angin hanya kecil dan terkadang tidak menghasilkan sama sekali karena tidak ada angin dikarenakan tidak menentukannya kecepatan angin di Indonesia.

#### 4.4. Data Beban Kantor dan PJU

Tabel 4.2 Data Beban Kantor dan PJU di PLTH Pandansimo

No	Peralatan Listrik	Jumlah Unit	Daya Per Unit Elektronik (W)	Total Beban (W)
1	Lampu kantor besar	4	45 W	180 W
2	Lampu kantor kecil	7	10 W	70 W
3	Lampu PJU kecil	10	10 W	100 W
4	Lampu PJU sedang	35	20 W	700 W
5	Lampu PJU besar	15	45 W	675 W
6	Dispenser	1	250 W	250 W
7	Kipas Angin	2	103 W	206 W
8	Televisi 14"	1	38 W	38 W
9	Jet pump	1	250 W	250 W
Total Beban Kantor dan Lain-lain				2469 W

Dari tabel 4.2 Dapat dilihat untuk data beban yang didapat ini penulis melakukan survei langsung ke kantor PLTH dan jalan sekitar atau tempat wisata Pantai Baru. Kemudian penulis dapat mencatat untuk keseluruhan beban daya untuk kantor, lampu penerangan jalan umum, jet pump, dan lain-lain. Dari tabel 4.2 Penulis mendapatkan total beban dalam satu hari.

Sama halnya dengan penggunaan peralatan elektronik di kantor dan lampu jalan tidak selamanya 24 jam standby atau bekerja. Setelah melakukan penelitian

dan pengambilan data penulis mendapatkan total beban pada kantor, PJU dan lain-lain yaitu sebesar 2469 Watt per hari.

#### 4.5. Data Keseluruhan Penggunaan Beban Kantor dan PJU Setiap Jam

Tabel 4.3 Penggunaan Beban Kantor dan PJU Setiap Jam

<b>Peralatan</b>	<b>Jumlah Unit</b>	<b>Daya Per Unit (W)</b>	<b>Total Beban (W)</b>	<b>Waktu Beroperasi</b>
Lampu kantor besar	4	45 W	180 W	17.00 – 05.00
Lampu kantor kecil	7	10 W	70 W	17.00 – 05.00
Lampu PJU kecil	10	10 W	100 W	17.00 – 05.00
Lampu PJU sedang	35	20 W	700 W	17.00 – 05.00
Lampu PJU besar	15	45 W	675 W	17.00 – 05.00
Dispenser	1	250 W	250 W	08.00 – 16.00
Kipas angin	3	103 W	309 W	08.00 – 16.00
Televisi 14"	1	38 W	38 W	08.00 – 16.00
Jet pump	1	250 W	250 W	05.00 – 16.00

Dari tabel 4.3 Dapat dilihat data keseluruhan penggunaan beban setiap jam pada hari biasa yang diambil oleh penulis pada hari Selasa, 16 Agustus 2016 dan hanya mengambil sampel data beban kantor saja. Didapatkan data bahwa untuk lampu-lampu kantor, dan penerangan jalan hanya dioperasikan pada saat malam

hari karena untuk menghemat daya listrik dari PLTH. Dari peralatan elektronik lainnya beroperasi pada pukul 08.00 – 16.00 pada jam kantor mulai beroperasi.

Dilihat pada tabel diatas bahwa penggunaan beban listrik di kantor PLTH Pandansimo tidak selalu standby atau tidak setiap jamnya selalu digunakan, jadi tidak membutuhkan listrik yang besar. Dari tabel diatas diperoleh beban puncak untuk hari biasa terjadi pada pukul 08.00 – 16.00, dimana pada jam tersebut adalah jam kerja kantor di PLTH Pandansimo. Untuk lebih rincinya lagi tentang konsumsi/penggunaan listrik setiap jamnya dalam waktu 24 jam dari pukul 00.00 sampai 24.00 yang ada di kawasan Pantai baru dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Penggunaan Beban Kantor dari Jam 00.00 – 24.00

<b>Waktu beroperasi</b>	<b>Peralatan</b>	<b>Daya Beban (W)</b>	<b>Total Beban (W)</b>
00.00 – 05.00	a. 4 Lampu kantor besar	180 W	1725 W
	b. 7 Lmapu kantor kecil	70 W	
	c. 10 lampu PJU kecil	100 W	
	d. 35 Lampu PJU sedang	700 W	
	e. 15 lampu PJU besar	675 W	
05.00 – 08.00	a. 1 Jet pump	250 W	250 W
08.00 – 16.00	a. 1 Dispenser	250 W	597 W
	b. 1 Televisi 14”	38 W	
	c. 3 Kipas angin	309 W	
16.00 – 24.00	a. 4 Lampu kantor besar	180 W	1725 W
	b. 7 lampu kantor kecil	70 W	

Tabel 4.4 Penggunaan Beban Kantor dari Jam 00.00 – 24.00 (Lanjutan)

<b>Waktu beroperasi</b>	<b>Peralatan</b>	<b>Daya Beban (W)</b>	<b>Total Beban (W)</b>
16.00 – 24.00	c. 10 Lampu PJU kecil	100 W	1725 W
	d. 35 Lampu PJU sedang	700 W	
	e. 15 Lampu PJU besar	675 W	
<b>Total Penggunaan Beban dalam sehari</b>			4297 W

Dari tabel 4.4 Dapat dilihat bahwa konsumsi atau penggunaan listrik dalam 24 jam dari pukul 00.00 sampai 24.00 yaitu sebesar 4297 Watt yang digunakan untuk mengaliri listrik ke kantor dan lampu penerangan jalan , dll. Pada saat malam hari memang tidak ada kegiatan di kantor PLTH Pandansimo jadi penggunaan listrik juga tidak terlalu besar hanya untuk menghidupkan lampu jalan sebagai penerangan tempat wisata. Pada saat sore hari sampai pagi hari dari pukul 17.00 – 05.00 dibutuhkan daya listrik sebesar 1725 Watt untuk penerangan lampu kantor, dan penerangan jalan. Setelah didapatkan data beban kantor setiap jamnya dapat dilihat bahwa beban puncak terjadi pada pukul 16.00 – 24.00 Diakibatkan karena penerangan jalan umum di PLTH Pandansimo di mulai dari jam 16.00 – 24.00 . Rata-rata setiap harinya beban puncak terjadi pada jam yang sama, dari tabel diatas diperoleh data beban puncak sebesar 1725 Watt.

#### **4.6. Implementasi Sistem PLTH Pandansimo**

Implementasi PLTH dilakukan dengan mempertimbangkan prinsip kesetimbangan energi yang didasarkan pada beberapa faktor yaitu potensi sumber energi terbarukan, kebutuhan beban pada kondisi normal sesuai beban harian, karakteristik dan spesifikasi teknis peralatan serta biaya. Dari beberapa faktor tersebut akan dilakukan pemodelan dengan bantuan perangkat lunak HOMER untuk melakukan simulasi model sistem PLTH Pandansimo.

Untuk melakukan simulasi sistem PLTH Pandansimo ini dibuat dua kondisi dengan mengikuti beban harian yaitu :

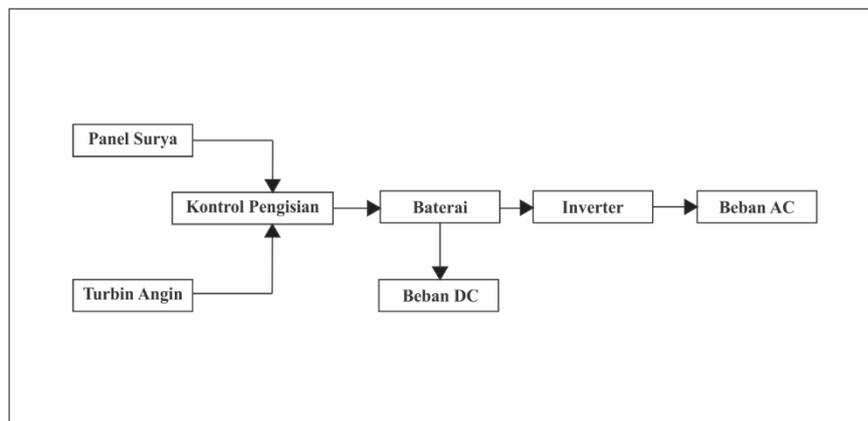
- Kondisi pertama pemodelan dan simulasi dijalankan untuk mengetahui kondisi awal dari sistem PLTH Pantai Baru Off-Grid
- Kondisi kedua melalui pemodelan dengan simulasi dijalankan untuk sistem PLTH Pantai Baru terhubung ke Grid

#### 4.7. Model PLTH Pandansimo Off-Grid

Model PLTH Pandansimo yang akan dimodelkan dan disimulasikan terdiri dari 4 grup pembangkit yaitu PLTH Pandansimo Grup Barat (240 V dan 120 V), PLTH Pantai Baru Grup Timur dan PLTH Pandansimo Grup KKP (48 V).

##### 4.7.1. Model PLTH Pandansimo Grup Barat (240 V)

Model PLTH Pandansimo Grup Barat yang terdiri dari turbin angin, inverter dan baterai. Gambar 4.1 berikut adalah diagram blok PLTH Grup Barat (240 V).



Gambar 4.1 Blok diagram ( *Single Line* ) Sistem PLTH Pandansimo

### ● Turbin Angin

Turbin angin yang digunakan untuk simulasi di PLTH Pandansimo adalah type BWC XL.1 dengan daya nominal 1 KW DC. Biaya modal yang diperlukan untuk 21 unit turbin angin 1 KW DC adalah sebesar \$19,120, biaya penggantian \$3,700 biaya operasional dan untuk pemeliharaan adalah sebesar \$570 per tahun. Masa pakai turbin angin selama 10 tahun, pemasangan turbin angin diketinggian 15 meter dari permukaan tanah.

### ● Panel Surya

Panel Surya yang digunakan untuk simulasi di PLTH Pandansimo adalah type Skytech S Iar Photovoltaic Module dengan daya nominal 15 KW DC. Biaya modal yang diperlukan untuk panel surya 15 KW DC adalah sebesar \$85,000, dan untuk pemeliharaan adalah sebesar \$28,000 per tahun. Masa pakai panel surya selama 20 tahun.

### ● Baterai

Baterai yang digunakan adalah baterai 6FM200D , biaya investasi untuk baterai ini sebesar \$1,950 , biaya penggantian sebesar \$225 dan pemeliharaan sebesar \$124. Karakteristik baterai 6FM200D adalah sebagai berikut :

Kapasitas Nominal : 100 Ah  
 Tegangan Nominal : 12 V  
 Efisiensi : 80 %  
 Minimum states of Charge : 30 %  
 Waktu pakai : 3 tahun

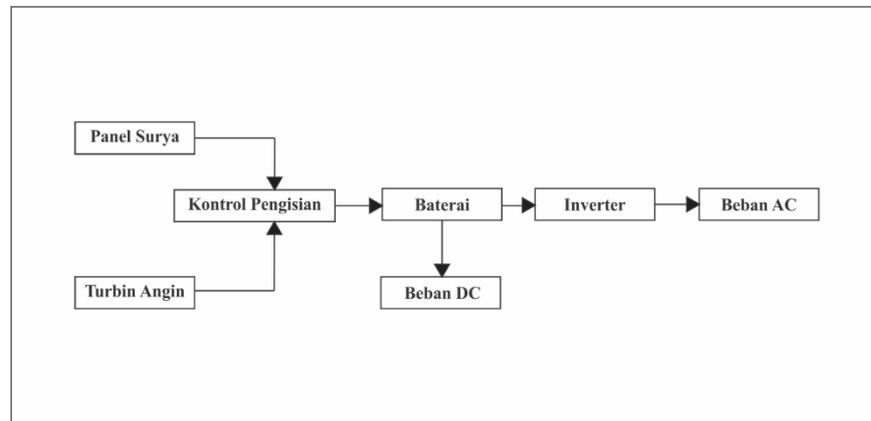
### ● Inverter

Inverter yang digunakan adalah Luminous Higer 5 kVA dengan type Pure Sine Wape Inverter dengan efisiensi sebesar 95% lama pengoperasian 8 tahun. Sedangkan efisiensi Rectifier adalah 85%, capacity relative to inverter sebesar 100%.

#### 4.7.2. Model PLTH Pandansimo Grup Timur (240 V)

Model PLTH Pandansimo Grup Timur yang disimulasikan terdiri dari turbin angin, panel surya, inverter, dan baterai. Semua harga komponen penyusun PLTH Pandansimo Grup Timur ini yang digunakan dalam pemodelan dan simulasi didapat

dari informasi pengelola Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid dan dari situs internet. Gambar 4.2 adalah diagram blok PLTH Grup Timur (240 V).



Gambar 4.2 Blok Diagram ( *Single Line* ) Sistem PLTH Pandansimo

- **Turbin angin**

Turbin angin pada sistem 240 V grup timur ini memiliki 2 jenis turbin angin dengan daya nominal yang berbeda yaitu turbin angin 10 KW dengan biaya satu unit \$4,950 , biaya penggantian sebesar \$30 , biaya operasi dan pemeliharaan sebesar \$173 per tahun , masa pakai turbin angin selama 10 tahun , pemasangan turbin angin 15 meter diatas permukaan tanah. Turbin angin 2,5 kW per unit dengan modal sebesar \$4.158 , biaya penggantian sebesar \$234 , biaya operasi dan pemeliharaan sebesar \$1.048 per tahun , masa pakai pada turbin angin selama 10 tahun , pemasangan unit turbin angin diketinggian 15 meter dari permukaan tanah.

- **Panel Surya**

Panel surya terdiri dari 40 modul yang tersusun secara seri dan paralel, kapasitas tiap panel surya adalah 100 Wp. Harga untuk 15 kWp modul surya adalah sebesar \$85.000 , biaya operasional dan pemeliharaan \$28.000 pertahun , masa pakai modul panel surya selama 20 tahun .

Data spesifikasi panel surya yang digunakan adalah :

Modul SYK-100

Dimensi : 1180 x 670 x 35 cm

Daya maksimum 100 Wp

Tegangan saat daya maksimum ( $V_{pp}$ ) : 17,24 V

Arus saat daya maksimum ( $I_{pp}$ ) : 5,82 A

- **Inverter**

Inverter yang digunakan adalah Luminous Higer 5 kVA dengan type Pure Sine Wape Inverter dengan efisiensi sebesar 95% lama pengoperasian 8 tahun. Sedangkan efisiensi Rectifier adalah 85%, capacity relative to inverter sebesar 100%.

- **Baterai**

Baterai yang digunakan adalah baterai 6FM200D , biaya investasi untuk baterai ini sebesar \$1,950 , biaya penggantian sebesar \$225 dan pemeliharaan sebesar \$124 . Karakteristik baterai 6FM200D adalah sebagai berikut :

Kapasitas Nominal : 100 Ah

Tegangan Nominal : 12 V

Efisiensi : 80 %

Minimum states of Charge : 30 %

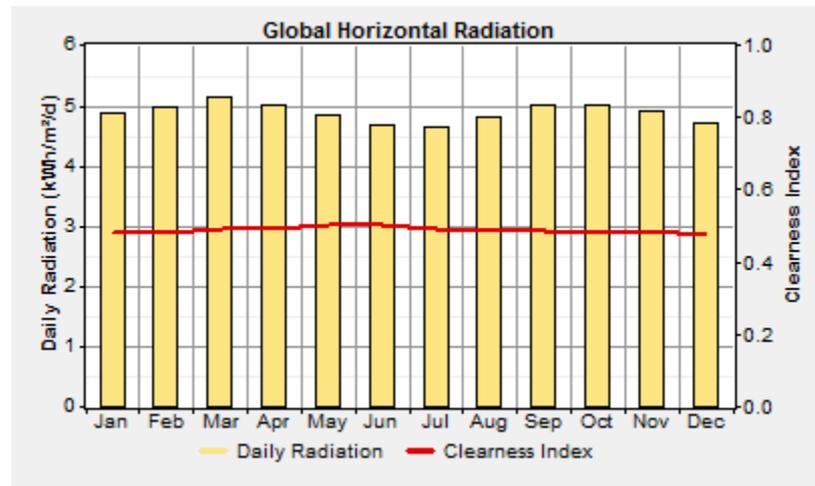
Waktu pakai : 3 tahun

#### 4.8. Data Radiasi Matahari menurut HOMER

Tabel 4.5. Data radiasi matahari menurut HOMER

<i>Month</i>	<i>Clearness</i>	<i>Daily Radiation</i>
	<i>Index</i>	(kWh/m <sup>2</sup> /d)
<i>January</i>	0.483	4.860
<i>February</i>	0.479	4.970
<i>March</i>	0.490	5.150
<i>April</i>	0.489	4.990
<i>May</i>	0.500	4.830
<i>June</i>	0.503	4.550
<i>July</i>	0.493	4.680
<i>August</i>	0.485	4.810
<i>September</i>	0.486	5.020
<i>October</i>	0.483	5.000
<i>November</i>	0.484	4.890
<i>December</i>	0.474	4.700
<i>Average</i>		4.878

Dilihat dari tabel 4.5 rata-rata radiasi matahari dalam satu tahun di PLTH Pandansimo sebesar 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/d. Dengan radiasi sebesar ini maka di PLTH Pandansimo sudah layak dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya.



Gambar 4.3. Radiasi Matahari Pertahun di PLTH Pandansimo

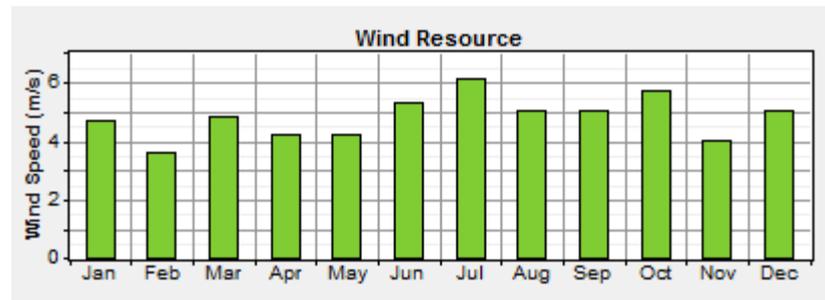
Dari gambar 4.3 radiasi matahari terbesar ada pada bulan Februari - April hal ini dikarenakan pada bulan tersebut masuk dalam fase musim kemarau dimana pada musim kemarau matahari berada pada kondisi maksimal untuk daerah PLTH Pandansimo, sedangkan pada fase musim hujan dimana pada musim hujan matahari berada pada kondisi yang kurang maksimal maka pemasukan energi ketika musim hujan terjadi penurunan.

#### 4.9. Data Laju Angin menurut HOMER

Tabel 4.6. Data laju angin menurut HOMER

<i>Month</i>	<i>Wind Speed</i>
	<i>(m/s)</i>
<i>January</i>	4.700
<i>February</i>	3.600
<i>March</i>	4.800
<i>April</i>	4.200
<i>May</i>	4.200
<i>June</i>	5.300
<i>July</i>	6.100
<i>August</i>	5.000
<i>September</i>	5.000
<i>October</i>	5.700
<i>November</i>	4.000
<i>December</i>	5.000
<i>Annual Average</i>	4.812

Dilihat dari tabel 4.5 rata-rata kecepatan angin dalam satu tahun di PLTH Pandansimo sebesar 4.81 m/s. Dengan kecepatan sebesar ini maka di PLTH Pandansimo sudah layak dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

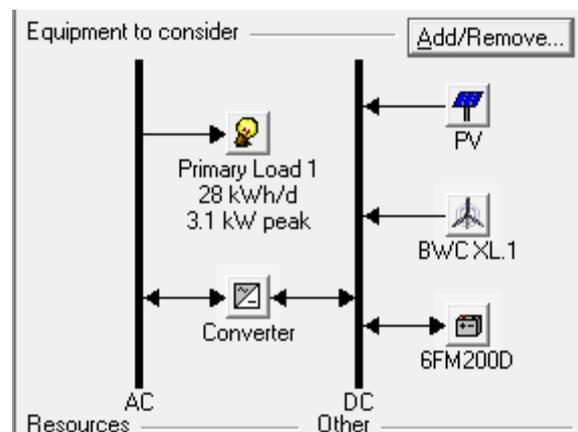


Gambar 4.4. Laju Angin Pertahun di PLTH Pandansimo

Dari gambar 4.4 kecepatan angin yang paling besar terjadi pada bulan Juli dengan kecepatan angin 6.100 m/s. Pada bulan tersebut PLTH Pandansimo memiliki pemasukan energi yang maksimal dari tenaga angin.

#### 4.10. Skema PLTH Sistem 240 V pada HOMER

Skema PLTH Sistem 240 V (Grup Barat) pada HOMER berisi komponen-komponen PLTH yang saling berhubungan sehingga membentuk sebuah sistem. Komponen-komponen tersebut yaitu, Panel surya (*PV*), Kincir angin, Baterai, Inverter (*Converter*), dan Beban (*Primary Load*).



Gambar 4.5. Skema PLTH Sistem 240 V (Grup Barat)

#### 4.10.1. Analisis PLTH Terhadap Beban Keluaran Data Monitoring

##### 1. Panel Surya (*Photovoltaic*)

**PV Inputs**

File Edit Help

Enter at least one size and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the PV (photovoltaic) system, including modules, mounting hardware, and installation. As it searches for the optimal system, HOMER considers each PV array capacity in the Sizes to Consider table.

Note that by default, HOMER sets the slope value equal to the latitude from the Solar Resource Inputs window.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
15,000	85000	0	28000

Size (kW)
0,000
15,000

Properties

Output current  AC  DC

Lifetime (years)

Derating factor (%)

Slope (degrees)

Azimuth (degrees W of S)

Ground reflectance (%)

Advanced

Tracking system

Consider effect of temperature

Temperature coeff. of power (%/°C)

Nominal operating cell temp. (°C)

Efficiency at std. test conditions (%)

Cost Curve

Cost (000 \$)

Size (kW)

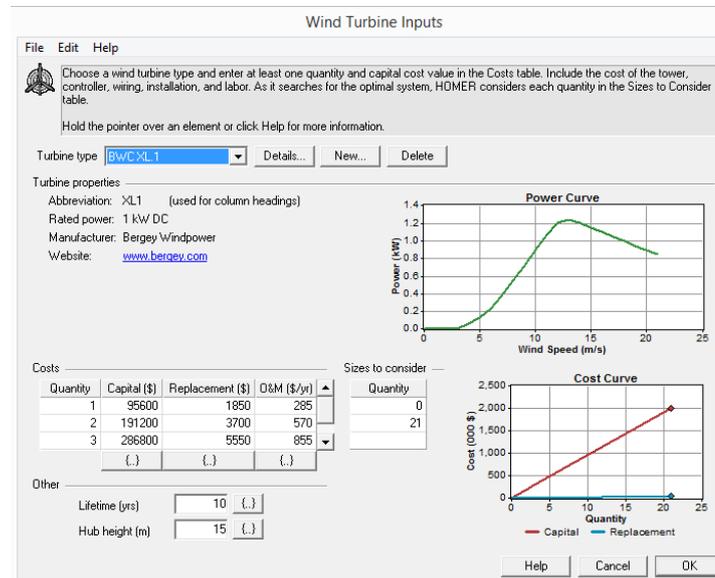
Capital Replacement

Help Cancel OK

Gambar 4.6. PV input pada HOMER

Dari gambar 4.6 penulis membatasi perhitungan daya (kW) yang dihasilkan oleh panel surya dari 7,7.5,8,10 kW. Tujuan dari pembatasan ini adalah agar homer mudah memperhitungkan daya dari panel surya yang dibutuhkan oleh PLTH Sistem 240 V. Pada gambar 4.6. juga memperlihatkan *size* (kW), *Capital* (\$), *Replacement* (\$), dan O&M (\$/y). *Size* (kW) adalah daya yang dihasilkan oleh panel surya sesuai dengan spesifikasinya. *Capital* (\$) adalah harga dari panel surya. *Replacement* (\$) adalah biaya pengganti dari panel surya, disini penulis membuat anggaran \$2800. O&M (\$/y) adalah biaya perawatan pada panel surya.

## 2. Kincir Angin



Gambar 4.7. Kincir angin *input* pada HOMER

Dari gambar 4.7 penulis membatasi perhitungan daya (kW) yang dihasilkan oleh kincir angin dari 7,7.5,8,10 kW. Tujuan dari pembatasan ini adalah agar homer mudah memperhitungkan daya dari kincir angin yang dibutuhkan oleh PLTH Sistem 240 V. Pada gambar 4.7. juga memperlihatkan *size* (kW), *Capital* (\$), *Replacement* (\$), dan *O&M* (\$/y). *Size* (kW) adalah daya yang dihasilkan oleh kincir angin sesuai dengan spesifikasinya. *Capital* (\$) adalah harga dari kincir angin. *Replacement* (\$) adalah biaya pengganti dari kincir angin, disini penulis membuat anggaran \$285. *O&M* (\$/y) adalah biaya perawatan pada kincir angin.

### 3. Baterai

**Battery Inputs**

File Edit Help

Choose a battery type and enter at least one quantity and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the battery bank, such as mounting hardware, installation, and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each quantity in the Sizes to Consider table.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Battery type: **Copy of Copy of Vision GFM** Details... New... Delete

Battery properties

Manufacturer: Vision Battery  
Website: [www.vision-batt.com](http://www.vision-batt.com)

Nominal voltage: 12 V  
Nominal capacity: 100 Ah (1.2 kWh)  
Lifetime throughput: 917 kWh

Costs

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1	19500	225	124.00
100	1950000	22500	12850.00
(.)	(.)	(.)	(.)

Sizes to consider

Batteries: 100

Advanced

Batteries per string: 1 (12V bus)  
 Minimum battery life (yr): 4 (.)

Cost Curve

Cost (000 \$) vs Quantity

Capital (red line), Replacement (blue line)

Help Cancel OK

Gambar 4.8. Baterai *input* pada HOMER

Dari gambar 4.8 saya membatasi perhitungan jumlah *string* baterai yang dibutuhkan PLTH Sistem 240 V dari 1,2,3,4,5. Tujuan dari pembatasan ini adalah agar homer mudah memperhitungkan jumlah unit baterai yang dibutuhkan oleh PLTH Sistem 240 V. Pada gambar 4.7. juga memperlihatkan *Quantity*, *Capital* (\$), *Replacement* (\$), dan O&M (\$/y). *Quantity* adalah jumlah dari baterai. *Capital* (\$) adalah harga dari baterai. *Replacement* (\$) adalah biaya pengganti dari baterai, disini penulis membuat anggaran \$ 124. O&M (\$/y) adalah biaya perawatan pada baterai. Baterai yang penulis gunakan untuk simulasi adalah baterai Hoppecke 2V 1000 Ah.

#### 4. Inverter (*Converter*)

Converter Inputs

File Edit Help

A converter is required for systems in which DC components serve an AC load or vice-versa. A converter can be an inverter (DC to AC), rectifier (AC to DC), or both.

Enter at least one size and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the converter, such as hardware and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each converter capacity in the Sizes to Consider table. Note that all references to converter size or capacity refer to inverter capacity.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Costs			
Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
15.000	8500	12500	965
{.}	{.}	{.}	{.}

Sizes to consider
Size (kW)
0.000
15.000

Converter inputs

Lifetime (years)  {.}

Efficiency (%)  {.}

Inverter can operate simultaneously with an AC generator

Rectifier inputs

Capacity relative to inverter (%)  {.}

Efficiency (%)  {.}

Help Cancel OK

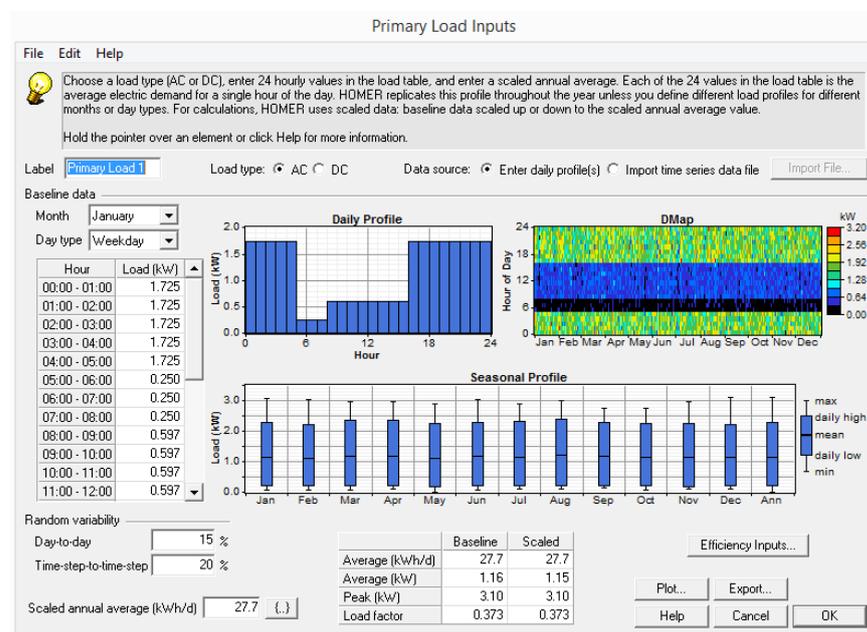
Gambar 4.9. *Converter input* pada HOMER

Dari gambar 4.9 saya membatasi perhitungan daya (kW) yang dikeluarkan oleh *converter* dari 1,2,3,3.5,13,14. Tujuan dari pembatasan ini adalah agar homer mudah memperhitungkan daya keluaran *converter* yang dibutuhkan oleh PLTH Sistem 240 V. Pada gambar 4.9. juga memperlihatkan *size* (kW), *Capital* (\$), *Replacement* (\$), dan O&M (\$/y). *Size* (kW) adalah daya yang dikeluarkan *converter* sesuai dengan spesifikasinya. *Capital* (\$) adalah harga dari *converter*. *Replacement* (\$) adalah biaya pengganti dari *converter*, disini penulis membuat anggaran \$ 965. O&M (\$/y) adalah biaya perawatan pada *converter*.

## 5. Data penggunaan beban (*Primary Load*)

Tabel 4.7. Data keluaran beban PLTH Sistem 240 V

Jam	Daya (kW)	Jam	Daya (kW)	Jam	Daya (kW)
00:00-01:00	1,7	08:00-09:00	0,5	16:00-17:00	1,7
01:00-02:00	1,7	09:00-10:00	0,5	17:00-18:00	1,7
02:00-03:00	1,7	10:00-11:00	0,5	18:00-19:00	1,7
03:00-04:00	1,7	11:00-12:00	0,5	19:00-20:00	1,7
04:00-05:00	1,7	12:00-13:00	0,5	20:00-21:00	1,7
05:00-06:00	0,2	13:00-14:00	0,5	21:00-22:00	1,7
06:00-07:00	0,2	14:00-15:00	0,5	22:00-23:00	1,7
07:00-08:00	0,2	15:00-16:00	0,5	23:00-00:00	1,7



Gambar 4.10. *Primary Load input* pada HOMER

Pada Gambar 4.10 terlihat bahwa Daily Profile yang menunjukkan grafik penggunaan beban kantor dan PJU dalam sehari, Dmap yang menunjukkan grafik keluaran dari inverter sesuai dari data yang dimasukkan penggunaan

beban kantor dan PJU disimbolkan dengan warna hitam yang merupakan keluaran yang paling rendah dan warna merah merupakan keluaran yang paling tinggi, dan Seasonal Profile menunjukkan keluaran baterai setiap bulan.

## 6. Hasil Analisis Menggunakan HOMER

Hasil dari simulasi HOMER berupa *Sistem Architecture, Cost Summary, Cash Flow, Electrical, PV, Battery, Converter*.

### a. Sistem Architecture

*PV Array 15 kW*

*Battery 100 6FM200D*

*Inverter 15 kW*

Pada perhitungan HOMER PLTH Sistem 240 V membutuhkan panel surya yang mempunyai total daya 21 kW, inverter 15 kW, dan 100 baterai tipe 6FM200D. Sedangkan kenyataannya PLTH Sistem 240 V mempunyai total daya 65 kW, inverter 15 kW, dan 100 baterai maka PLTH Sistem 240 V di PLTH Pantai Baru sudah berpotensi untuk memenuhi kebutuhan beban kantor, PJU, dan lain-lain di sekitar area PLTH Pandansimo.

### b. Cost Summary

*Total net present cost \$ 4,789,932*

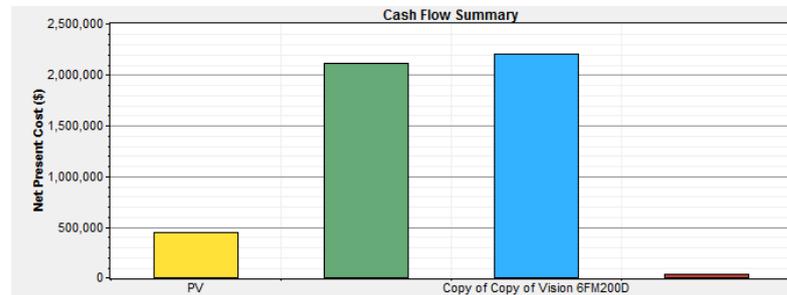
*Levelized cost of energy \$ 37.061/kWh*

*Operating cost \$ 57,796/yr*

Biaya Investasi yang dibutuhkan untuk membangun PLTH Sistem 240 V adalah \$ 4,789,932 dengan biaya perawatan pertahun sebesar \$ 138,357/tahun.

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
PV	85,000	0	357,934	0	0	442,934
BWC XL1	2,007,600	33,807	76,508	0	-4,526	2,113,390
Copy of Copy of Vision E	1,950,000	88,699	164,266	0	-3,495	2,199,470
Converter	8,500	15,850	12,336	0	-2,548	34,138
System	4,051,100	138,357	611,045	0	-10,569	4,789,932

Gambar 4.11. Tabel biaya investasi PLTH Sistem 240 V



Gambar 4.12. Grafik Investasi (*Net Present Cost*) PLTH Sistem 240 V

Gambar 4.11 terlihat bahwa biaya terbesar yang dikeluarkan adalah biaya pembangunan (*Capital*) PLTH Sistem 240 V yaitu sebesar \$4,051,100. Dalam biaya pembangun PLTH Sistem 240 V biaya terbesar yaitu biaya *Other*, biaya ini merupakan biaya konstruksi, instalasi dan biaya komponen-komponen lainnya yang tidak di cantumkan dalam aplikasi HOMER.

### c. *Cash Flow*

Aliran keuangan (*Cash Flow*) adalah alur keuangan pertahun yang digunakan PLTH Sistem 240 V dari biaya pembuatan sistem, penggantian alat, biaya operasi hingga keuntungan yang diperoleh

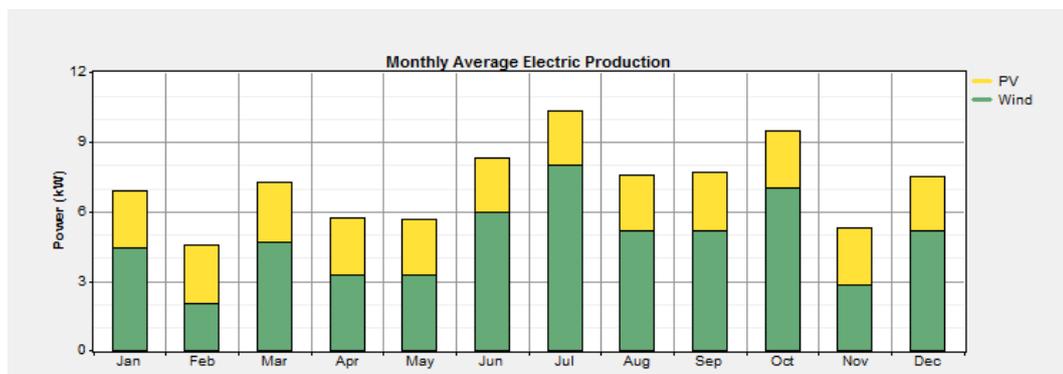


Gambar 4.13. Grafik *Cash Flow*

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa pergantian alat yang digunakan ada pada tahun ke 9,20, dan 24 dan PLTH Sistem 240 V bisa mendapatkan keuntungan pada tahun ke 25 dari di bentuknya PLTH Sistem 240 V tersebut.

#### d. *Electrical*

*Electrical* merupakan kWh energi yang dihasilkan panel surya dan kincir angin energi yang dikeluarkan untuk penggunaan beban kantor dan PJU.



Gambar 4.14. Grafik Daya Yang Dihasilkan Panel Surya dan Kincir Angin Perbulan

Gambar 4.14 menunjukkan daya yang dihasilkan oleh panel surya dan kincir angin setiap bulannya. Bulan Juli merupakan titik tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya karna pada bulan ini merupakan musim kemarau. Bulan Februari merupakan titik terendah yang dihasilkan oleh panel surya karna pada bulan ini merupakan musim hujan. Pemasukan energi dari kincir angin lebih banyak daripada panel surya bisa terlihat dari grafik diatas warna kuning merupakan panel surya dan warna hijau merupakan kincir angin.

Tabel 4.8 dan 4.9 menunjukkan energi yang dihasilkan panel surya dan kincir angin dalam satu tahun dan energi yang di keluarkan untuk penggunaan beban kantor dalam satu tahun

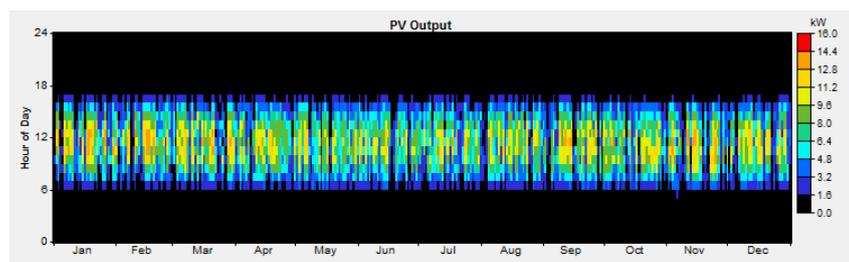
Tabel 4.8. Total energi yang dihasilkan panel surya dan kincir angin dalam setahun.

<i>Component</i>	<i>Production</i>	<i>Fraction</i>
	(kWh/yr)	
<i>Pv Array</i>	21,346	34%
<i>Wind Turbine</i>	41,834	66%
<i>Total</i>	63,180	100%

Tabel 4.9. Total energi yang digunakan dalam setahun.

<i>Load</i>	<i>Consumption</i>	<i>Fraction</i>
	(kWh/yr)	
<i>AC primary load</i>	10,111	100%
<i>Total</i>	10,111	100%

#### e. Photovoltaic



Gambar 4.15. Grafik *Output* Panel Surya Perbulan

Gambar 4.15 menunjukkan grafik *Output* panel surya perbulan. Dari grafik tersebut kita dapat melihat bahwa panel surya dapat menghasilkan energi listrik dari jam 06:00-18:00. Dan titik tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya berada pada jam 12:00, dapat dilihat dari warna orange pada gambar 4.15.

Tabel 4.10. Kapasitas panel surya yang digunakan PLTH Sistem 240 V

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Rated capacity</i>	15	kW
<i>Mean output</i>	2.4	kW
<i>Mean output</i>	58.5	kWh/d
<i>Capacity factor</i>	16.2	%
<i>Total production</i>	21,346	kWh/yr

Tabel 4.11. *Maximum dan minimum output panel surya*

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Minimum output</i>	0.00	kW
<i>Maximum output</i>	14.3	kW
<i>PV penetration</i>	211	%
<i>Hours of operation</i>	4,380	hr/yr
<i>Levelized cost</i>	1.62	\$/kWh

Menurut perhitungan HOMER total panel surya yang di gunakan untuk kebutuhan kantor yaitu sebesar 15 kW. Daya maksimal yang dihasilkan oleh penel surya yaitu sebesar 14.3 kW. Rata-rata daya dan energi yang dihasikan oleh panel surya adalah sebesar 2.4 kW dan 58.5 kWh/hari. Selama satu tahun panel surya beroperasi selama 4,380 jam/tahun. Total energi yang dihasilkan oleh panel surya dalam setahun yaitu 21,346 kWh/tahun. Untuk lebih jelas bisa melihat tabel 4.10 dan 4.11.

Tabel 4.12. Kapasitas kincir angin yang digunakan PLTH Sistem 240 V

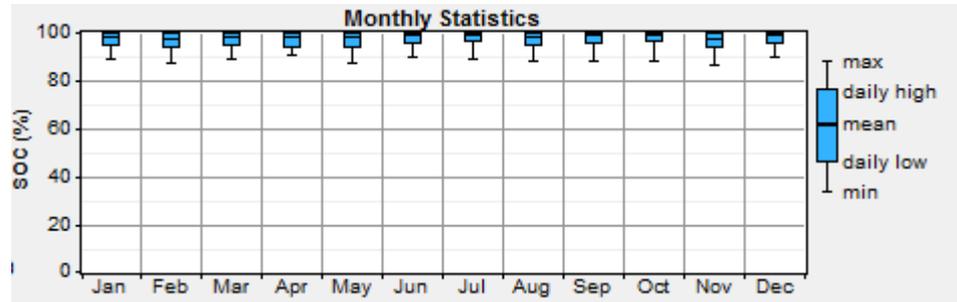
<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Rated capacity</i>	21	kW
<i>Mean output</i>	4.8	kW
<i>Capacity factor</i>	22.7	%
<i>Total production</i>	41,834	kWh/yr

Tabel 4.13. *Maximum* dan *minimum output* kincir angin

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Minimum output</i>	0.00	kW
<i>Maximum output</i>	26	kW
<i>Wind penetration</i>	414	%
<i>Hours of operation</i>	6,693	hr/yr
<i>Levelized cost</i>	3.95	\$/kWh

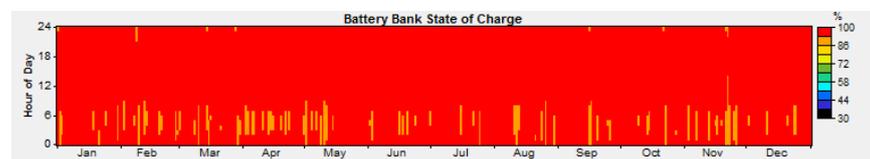
Menurut perhitungan HOMER total kincir angin yang di gunakan untuk kebutuhan kantor yaitu sebesar 21 kW. Daya maksimal yang dihasilkan oleh kincir angin yaitu sebesar 26 kW. Rata-rata daya dan energi yang dihasilkan oleh kincir angin adalah sebesar 4.8 kW. Selama satu tahun kincir angin beroperasi selama 6,693 jam/tahun. Total energi yang dihasilkan oleh kincir angin dalam setahun yaitu 41,834 kWh/tahun. Untuk lebih jelas bisa melihat tabel 4.12 dan 4.13.

### f. Battery



Gambar 4.16. Persentasi Persediaan Baterai Setiap Bulan

Gambar 4.16 menunjukkan bahwa persediaan baterai selalu berada di atas 85% setiap bulannya. Nilai tertinggi dari persediaan baterai berada pada bulan Juli hal ini dikarenakan pada bulan tersebut merupakan musim kemarau sehingga panel surya bekerja secara maksimal, serta kerja kincir angin yang maksimal dan membuat persediaan baterai selalu penuh.



Gambar 4.17. Battery Bank State Of Charge

Gambar 4.17 menunjukkan bahwa rata-rata persediaan baterai selalu penuh setiap bulannya terlihat pada warna *orange* pada gambar. Warna *orange* menunjukkan bahwa persediaan baterai berada pada kondisi 100%. Pada gambar 4.17 persediaan baterai terendah di tunjukkan pada warna biru tua. Persediaan baterai selalu penuh dikarenakan walaupun kurangnya pemasukan dari panel surya yang kurang masih memiliki pemasukan dari kincir angin.

Tabel 4.14. Kapasitas baterai yang digunakan PLTH Sistem 240 V

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>
<i>String size</i>	1
<i>Strings in parallel</i>	100
<i>Batteries</i>	100
<i>Bus voltage (V)</i>	12

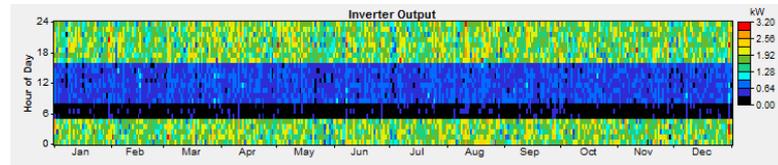
Menurut perhitungan homer jumlah baterai yang digunakan berjumlah 100 baterai. Untuk mendapatkan tegangan sebesar 240 V maka 100 baterai diseri dan kemudian di paralelkan hingga menjadi 3 bagian parallel. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.15. Energi yang masuk dan energi yang keluar pada baterai

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Energy in</i>	4,140	kWh/yr
<i>Energy out</i>	3,314	kWh/yr
<i>Storage depletion</i>	1	kWh/yr
<i>Losses</i>	825	kWh/yr
<i>Annual throughput</i>	3,705	kWh/yr
<i>Expected life</i>	3.00	yr

Menurut perhitungan homer energi yang masuk pada baterai sebesar 4,140 kWh/tahun dan energi yang keluar sebesar 3,314 kWh/tahun. Besar *losses* pada baterai sebesar 825 kWh/tahun. Homer juga memperhitungkan umur baterai. Menurut perhitungan homer baterai yang digunakan pada PLTH Sistem 240 V yaitu 3 tahun.

**g. Converter**



Gambar 4.18. *Inverter Output Power*

Gambar 4.18 Menunjukkan daya yang dikeluarkan oleh inverter. Puncak daya yang dikeluarkan oleh Inverter ditunjukkan pada warna kuning–warna *orange*. Warna kuning–warna *orange* menunjukkan bahwa daya yang dikeluarkan oleh inverter sebesar 1,8-3 kW. Puncak daya yang dikeluarkan oleh Inverter berada pada jam 12:00.

Daya terendah yang dikeluarkan oleh Inverter ditunjukkan pada warna biru tua. Warna biru tua menunjukkan bahwa daya yang dikeluarkan oleh inverter sebesar 0,6 kW. Daya terendah yang dikeluar oleh Inverter berada pada jam 00:00-06:00.

Tabel 4.16. Kapasitas inverter yang digunakan PLTH Sistem 240 V

<i>Quantity</i>	<i>Inverter</i>	<i>Units</i>
<i>Capacity</i>	15	kW
<i>Mean output</i>	1.2	kW
<i>Minimum output</i>	0.00	kW
<i>Maximum output</i>	3.1	kW
<i>Capacity factor</i>	7.7	%

Menurut perhitungan homer inverter yang digunakan mempunyai kapasitas daya 15 kW. Rata-rata daya dan energi yang dikeluarkan oleh inverter adalah sebesar 1.2 kW. Untuk lebih jelas bisa melihat tabel 4.15.

Tabel 4.17. Energi yang masuk dan energi yang keluar pada inverter

<i>Quantity</i>	<i>Inverter</i>	<i>Units</i>
<i>Hours of operation</i>	8,759	hrs/yr
<i>Energy in</i>	10,643	kWh/yr
<i>Energy out</i>	10,111	kWh/yr
<i>Losses</i>	532	kWh/yr

Selama satu tahun inverter beroperasi selama 8,759 jam/tahun. Energi yang masuk pada inverter sebesar 10,643 kWh/tahun dan energi yang keluar sebesar 10,111 kWh/tahun. Besar *losses* pada inverter sebesar 532 kWh/tahun