

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Demografi Wilayah**

Lokasi penelitian ini berada di Kabupaten Gunungkidul yang merupakan salah satu kabupaten di Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan Ibukotanya Wonosari. Luas wilayah dari Kabupaten Gunungkidul ini 1.485,36 km<sup>2</sup> atau sekitar 46,63 % dari luas wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kabupaten Gunungkidul terdiri dari 18 kecamatan, 144 desa, 1.416 dusun, 1.583 RW, dan 6.844 RT.

Letak geografis Kabupaten ini 110°21' - 110°50' Bujur Timur dan 7°46' - 8° 09' Lintang Selatan. Batas Wilayah Kabupaten Gunungkidul yaitu Kabupaten Bantul dan Sleman (Provinsi DIY) Sebelah Barat, Kabupaten Klaten dan Sukoharjo (Provinsi Jawa Tengah) Sebelah Utara, Kabupaten Wonogiri (Provinsi Jawa Tengah) Sebelah Timur, dan Samudera Hindia Sebelah Selatan.

#### **4.2 Pengumpulan Data**

##### **4.2.1 Lokasi Penelitian Potensi Sumber Daya Angin dan Surya**

Lokasi pengambilan data untuk penelitian ini dilakukan pada sekitar pesisir pantai Indrayanti, Dusun Ngasem, Desa Tepus, Kecamatan Tepus, Kabupaten Gunungkidul, DIY. Daerah ini mempunyai sumber daya yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan pembangkit listrik tenaga hibrid yaitu dengan menggabungkan energi angin dan surya sebagai sumber dari pembangkit nantinya. Oleh karena itu penelitian ini dilaksanakan guna mengetahui potensi energi angin dan surya yang ada untuk menjadi energi alternatif dalam penyediaan energi listrik yang optimal khususnya di daerah sekitar pantai Indrayanti.

##### **4.2.2 Data Kecepatan Angin dan Iradiasi Matahari**

###### **a. Data kecepatan angin NASA POWER**

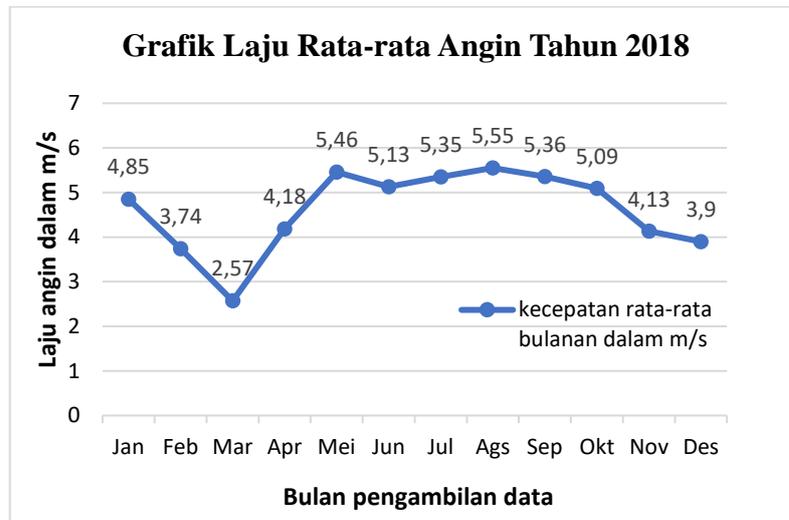
Untuk memperoleh data dari SSE NASA tersebut diperlukan titik koordinat lokasi penelitian yang akan dipasang PLTB. Berikut adalah grafik kecepatan angin

yang diperoleh dari *database* NASA POWER dengan titik koordinat lokasi yaitu *latitude* -8.150193 *longitude* 110.6120663 dan *altitude* 10 meter, dapat dilihat pada tabel 4.1 dan gambar 4.1.

**Tabel 4.1** Tabel Kecepatan rata-rata Angin Tahun 2018 di Daerah Sekitar Pantai Indrayanti

<b>Bulan</b>	<b>Kecepatan dalam m/s</b>
Januari	4,85
Februari	3,74
Maret	2,57
April	4,18
Mei	5,46
Juni	5,13
Juli	5,35
Agustus	5,55
September	5,36
Oktober	5,09
November	4,13
Desember	3,90

(Sumber: NASA POWER Tahun 2018)



**Gambar 4.1** Grafik Laju rata-rata Angin Tahun 2018 di Daerah Sekitar Pantai Indrayanti

(Sumber: NASA POWER Tahun 2018)

Berdasarkan data dari NASA POWER pada tabel dan grafik di atas, penulis mendapatkan laju rata-rata angin setiap bulan sepanjang tahun 2018. Laju rata-rata angin pada daerah sekitar kawasan pantai Indrayanti sepanjang tahun 2018 adalah 4,60 m/s.

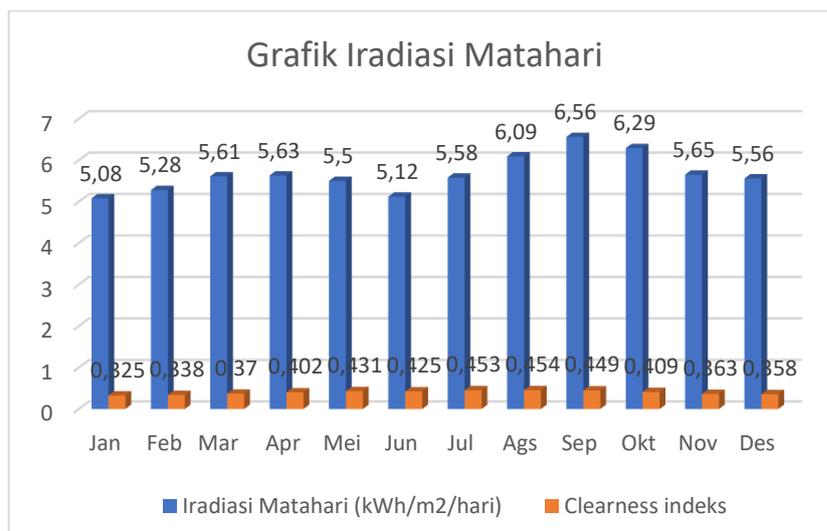
b. Data Iradiasi Matahari NASA POWER

Data iradiasi matahari pada penelitian ini diperoleh dari *database National Aeronautic and Space Administration* (NASA). Untuk mendapatkan data dari NASA POWER diperlukan titik koordinat lokasi yang akan dipasang PLTH. Dibawah ini merupakan grafik hasil nilai iradiasi per jam, harian dan nilai iradiasi bulanan yang didapat dari NASA dengan titik koordinat lokasi yaitu *latitude* 8.150193 *longitude* 110. 6120663 dan *altitude* 15 meter, dapat dilihat pada tabel 4.2 dan gambar 4.2.

**Tabel 4.2** Tabel Iradiasi Matahari di Daerah Sekitar Pantai Indrayanti

<b>Bulan</b>	<b>Iradiasi Matahari (kWh/m<sup>2</sup>/hari)</b>	<b>Clearness indeks</b>
Januari	5,08	0.469
Februari	5,28	0.487
Maret	5,61	0.534
April	5,63	0.579
Mei	5,50	0.622
Juni	5,12	0.613
Juli	5,58	0.653
Agustus	6,09	0.655
September	6,56	0.647
Oktober	6,29	0.590
November	5,65	0.524
Desember	5,56	0.516

(Sumber: NASA POWER)



Gambar 11 Gambar 4.2 Grafik Iradiasi Matahari di Daerah Sekitar Pantai Indrayanti

(Sumber: NASA POWER Tahun 2018)

Gambar 4.2 merupakan data harian iradiasi matahari dan *clearness index* yang dibutuhkan sebagai nilai sumber energi matahari yang akan digunakan untuk perancangan sistem PLTH di pantai Indrayanti menggunakan aplikasi Homer.

#### 4.2.3 Profil Beban Pantai Indrayanti

Data beban yang diperoleh melalui wawancara dengan kepala desa Tepus, jumlah penduduk yang ada di Dusun Ngasem, Pantai Indrayanti yaitu sebanyak 167 rumah tangga (tidak termasuk fasilitas umum) data tersebut diambil dari laporan Kependudukan Desa Tepus pada bulan Desember tahun 2018. Dapat dilihat pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Jumlah rumah tangga dan fasilitas umum di Dusun Ngasem

No	Jenis	Jumlah
1	Rumah tangga	2.379
	Rumah tangga sekitar pantai	$167 \times (90\%) = 150$
2	Fasilitas umum	34

(Sumber : Laporan kependudukan Desa Tepus tahun 2018)

Berdasarkan dari keterangan tabel 4.3 dapat diketahui bahwa jumlah rumah tangga dan fasilitas umum yang di ambil yaitu hanya pada Desa Tepus dan karena pantai Indrayanti berada pada Pedukuhan Ngasem maka jumlah rumah tangga sekitar pantai sebanyak 150 dan fasilitas umum sebanyak 34. Hasil ini diperoleh dari wawancara bersama kepala desa dari Desa Tepus yang mengatakan bahwa untuk jumlah rumah yang ada itu tidak jauh berbeda dengan jumlah kartu keluarga yang ada atau data laporan kependudukan ini 90% dapat digunakan. Data tersebut dapat dilihat pada lampiran.

#### 4.1.4 Beban Energi Listrik

Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid dengan sistem *off-grid*, pemanfaatan energi terbarukan mengharuskan agar mengetahui terlebih dahulu kebutuhan

energi harian dan juga energi per jam. Hal ini dilakukan karena nilai itu nanti diperlukan oleh aplikasi Homer yang mana aplikasi ini yang akan memberi tahu komponen yang cocok pada pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) agar dapat memenuhi kebutuhan beban yang lebih optimal. Beban energi listrik berdasarkan lokasi sekitar pantai Indrayanti dapat dilihat pada tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Beban rata-rata kebutuhan listrik rumah

<b>Perangkat</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Daya (W)</b>	<b>Total Daya (W)</b>	<b>Durasi (jam)</b>	<b>Total Energi (Wh)</b>
Lampu 1	3	12	36	6	196
Lampu 2	5	10	50	12	600
Kipas angin	1	55	55	9	825
TV	1	35	35	7	245
Magic jar	1	350	350	1	350
Pompa air	1	150	150	3	450
Setrika	1	300	300	1	300
Kulkas	1	90	90	24	2.160
<b>Total</b>					5.126

Tabel 4.4 merupakan hasil survei pada bulan Februari dengan mengambil 15 sampel rumah dan fasilitas umum tentang penggunaan beban rata-rata dari kebutuhan rumah tangga di kawasan pantai Indrayanti, Desa Tepus, Kec. Tepus, Kab. Gunungkidul. Jadi energi listrik rumah tangga yang didapatkan dalam satu hari di kawasan pantai Indrayanti yaitu sebesar 5.126 Wh.

Konsumsi rata-rata kebutuhan energi listrik fasilitas umum, dapat dilihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Kuota rata-rata kebutuhan energi listrik fasilitas umum

<b>Perangkat</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Daya (W)</b>	<b>Total Daya (W)</b>	<b>Durasi (Jam)</b>	<b>Energi (Wh)</b>
Lampu 1	1	12	12	12	144
Lampu 2	2	10	20	8	160
TV	1	100	100	8	800
Kulkas	1	90	90	18	1.620
<b>Total</b>					<b>2.724</b>

Dari hasil *survey* ke setiap warung-warung yang ada di pantai indrayanti, konsumsi rata-rata berdasarkan *survey* yaitu, setiap warung menggunakan 3 buah lampu, 1 TV, dan 1 Kulkas. Hasil pengambilan data rata-rata kebutuhan listrik untuk fasilitas umum ( warung ) hanya mengambil 5 sampel fasilitas umum yang berada di sekitar pantai Indrayanti dalam satu hari mendapatkan total sejumlah 2.724 Wh.

#### 4.2.5 Analisa Perkiraan Beban Rata-rata Per jam

Berikut ini adalah data perkiraan pemakaian listrik warga sekitaran pantai Indrayanti dengan menggunakan sampel 5 rumah dan fasilitas umum, dapat dilihat pada tabel 4.6 dan tabel 4.7.

**Tabel 4.6** Rata-rata pemakaian listrik perjam

<b>Waktu</b>	<b>Rata-rata (KW)</b>	<b>Waktu</b>	<b>Rata-rata (KW)</b>
00.00-01.00	0,122	12-00.13.00	0,222
00.01-02.00	0,122	13.00-14.00	0,222
02.00-03.00	0,122	14.00-15.00	0,347
03.00-04.00	0,272	15.00-16.00	0,202

**Tabel 4.6** Rata-rata pemakaian listrik perjam (Lanjutan)

Waktu	Rata-rata (kW)	Waktu	Rata-rata (kW)
04.00-05.00	0,349	16.00-17.00	0,352
05.00-06.00	0,234	17.00-18.00	0,276
06.00-07.00	0,202	18.00-19.00	0,288
07.00-08.00	0,202	19.00-20.00	0,343
08.00-09.00	0,202	20.00-21.00	0,343
09.00-10.00	0,222	21.00-22.00	0,343
10.00-11.00	0,222	22.00-23.00	0,154
11.00-12.00	0,222	23.00-00.00	0,122

**Tabel 4.7** Rata-rata pemakaian listrik per jam 150 rumah

Waktu	Rata-rata (KW)	Waktu	Rata-rata (KW)
00.00-01.00	18.3	12.00-13.00	33.3
00.01-02.00	18.3	13.00-14.00	33.3
02.00-03.00	18.3	14.00-15.00	52.05
03.00-04.00	40.8	15.00-16.00	30.3
04.00-05.00	52.35	16.00-17.00	52.8
05.00-06.00	35.1	17.00-18.00	41.4
06.00-07.00	30.3	18.00-19.00	43.2
07.00-08.00	30.3	19.00-20.00	51.45
08.00-09.00	30.3	20.00-21.00	51.45
09.00-10.00	33.3	21.00-22.00	51.45
10.00-11.00	33.3	22.00-23.00	23.1
11.00-12.00	33.3	23.00-00.00	18.3

Tabel 4.6 dan tabel 4.7 menjelaskan mengenai pemakaian rata-rata listrik per jam untuk rumah tangga dengan mengambil sampel 5 rumah dan fasilitas umum di daerah sekitar pantai Indrayanti. Dapat dilihat pemakaian beban listrik terjadi pada malam hari sejak sore 16.00 sampai 22.00. Hal ini karena pada jam-jam

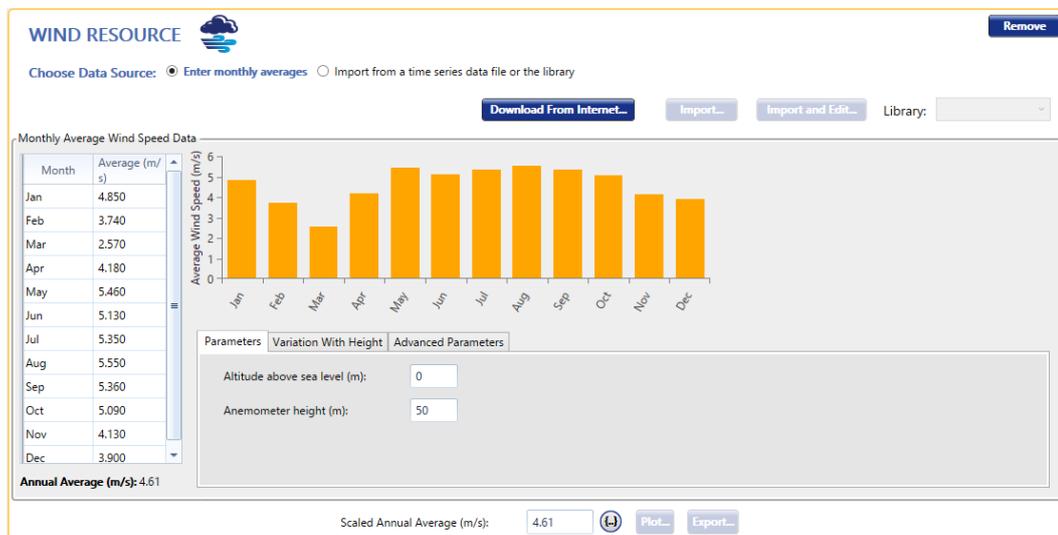
tersebut banyak perangkat elektronik yang dihidupkan, menyalakan pompa air, TV, penerangan rumah, dan aktivitas lainnya.

### 4.3 Pengolahan Data

#### 4.3.1 Masukkan Data Laju Rata-rata Angin dan Iradiasi Matahari di HOMER

##### a. Laju Angin

Data laju rata-rata angin dan iradiasi matahari untuk setiap bulannya selama satu tahun pada lokasi pantai Indrayanti Gunungkidul yang telah didapatkan dari NASA POWER. Kemudian data ini di masukkan pada aplikasi Homer untuk mendapatkan nilai *resources*. Berikut adalah gambar pada aplikasi HOMER, dapat dilihat pada gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Inputan data laju angin pada HOMER

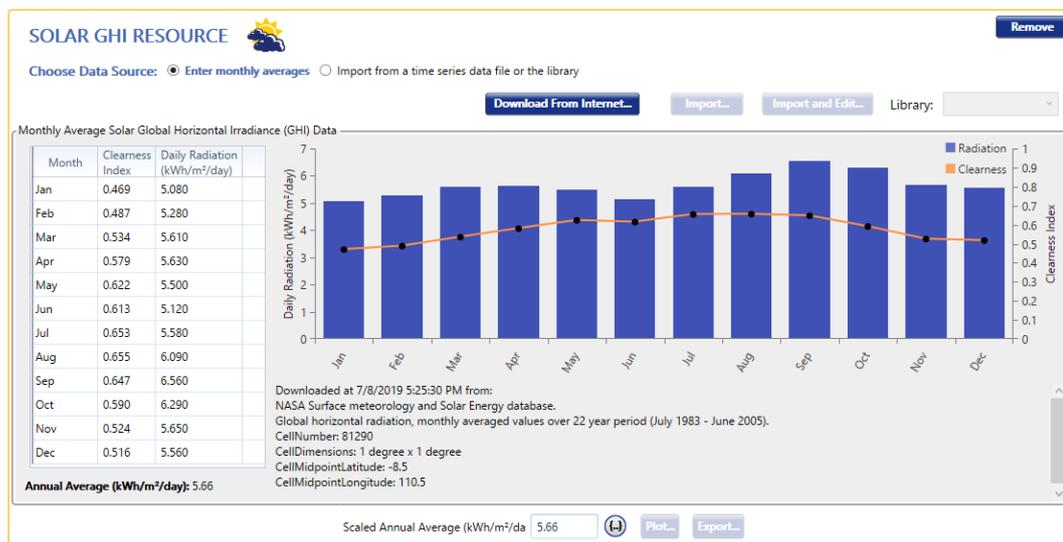
(Sumber: HOMER)

Gambar 4.4 merupakan *wind resource* atau sumber angin yang akan digunakan sebagai acuan laju angin untuk daerah sekitar pantai Indrayanti sepanjang tahun 2018. Nantinya sumber angin ini sangat berperan dalam pemilihan turbin angin yang akan digunakan dalam PLTH pantai Indrayanti. Dari gambar 4.4

bisa dilihat bahwa pada bulan Maret tercatat sebagai laju rata-rata angin terkecil sepanjang tahun 2018 dengan nilai 2,57 m/s dan pada bulan Agustus tercatat sebagai laju rata-rata angin tertinggi sepanjang 2018 dengan nilai 5,55 m/s.

#### b. Iradiasi Matahari

Data Iradiasi matahari dan *clearness index* yang didapatkan dari NASA POWER kemudian dimasukkan pada *resources* mataharinya. Berikut hasil inputan yang tertampil di Homer, dapat dilihat pada gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Inputan data kecepatan angin pada HOMER

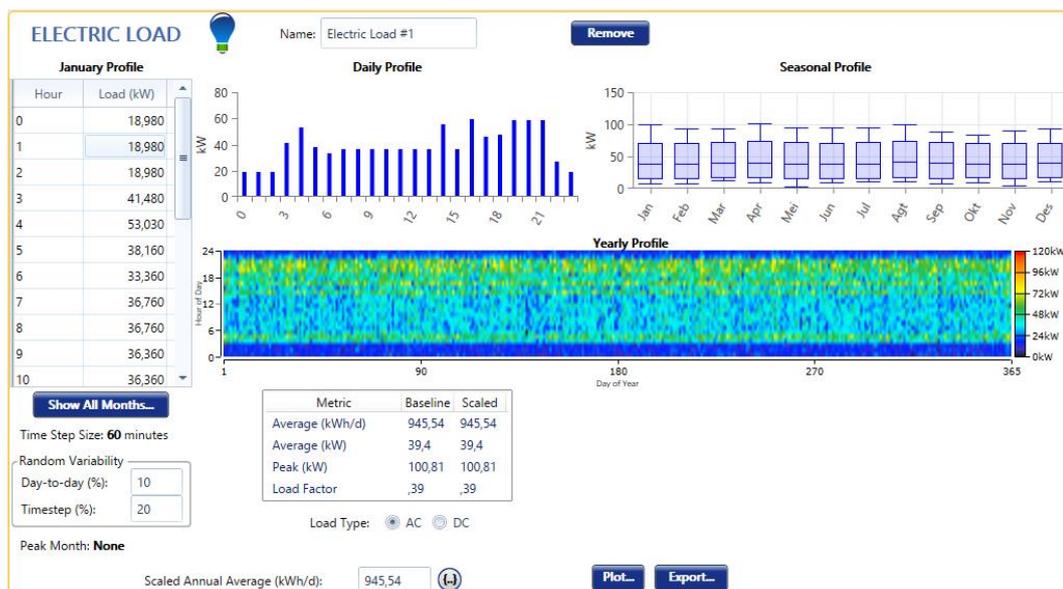
(Sumber: HOMER)

Pada gambar 4.5 merupakan *solar GHI resource* atau sumber a yang akan digunakan sebagai acuan laju angin untuk daerah sekitar pantai Indrayanti sepanjang tahun 2018. Nantinya sumber angin ini sangat berperan dalam pemilihan turbin angin yang akan digunakan dalam PLTH pantai Indrayanti.

### 4.3.2 Perancangan *Electric Load* di HOMER

Pada aplikasi HOMER beban yang dibutuhkan merupakan data daya aktif harian. Dalam sistem Pembangkit ini diasumsikan *random variability* harian atau (*Day-to-day*) 10% dengan (*Time-step-to-time-step*) sebesar 20% sesuai dengan

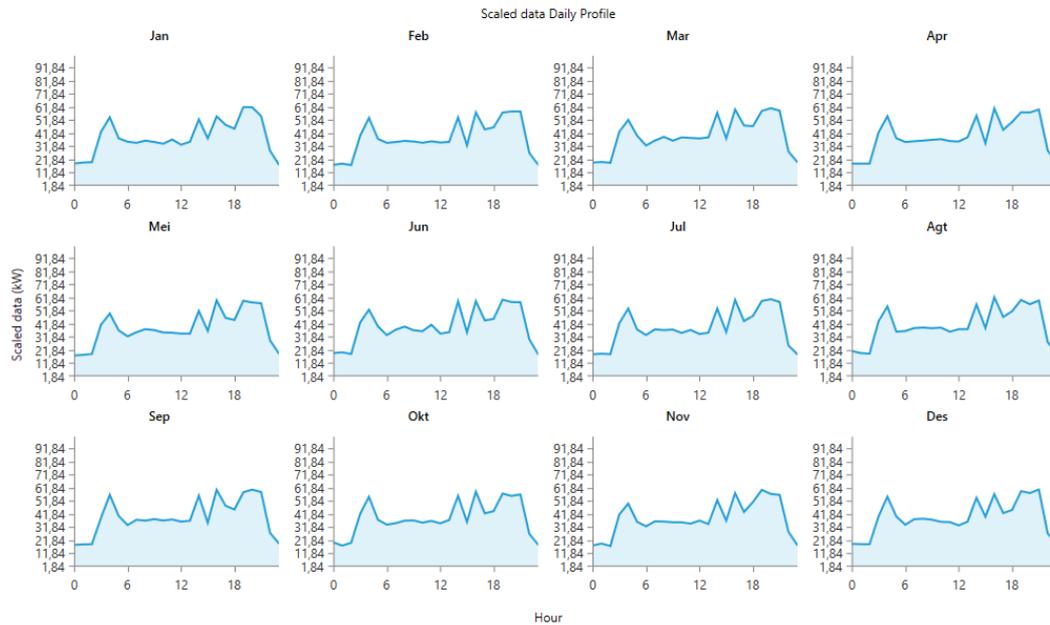
ketentuan awal yang ada dalam HOMER. Berdasarkan data yang telah didapatkan, *input* beban daya aktif harian rata-rata penggunaan energi listrik sebesar 945,54 kWh/hari, rata-rata beban listrik tiap jam 39,4 kWh dan kemungkinan beban puncak yang dapat terjadi dalam kurun waktu 1 tahun 100,81 kWp, faktor beban yang tercatat sebesar 0,39. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut.



**Gambar 4.6** Perancangan *electric load* di HOMER

(Sumber: HOMER)

Pada sisi kiri gambar 4.6 merupakan data penggunaan energi listrik per jam di setiap bulannya sepanjang tahun 2018 yang diambil dari data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Nantinya data penggunaan energi listrik ini akan menjadi pertimbangan dalam pemilihan komponen-komponen yang digunakan pada PLTH pantai Indrayanti agar dapat melayani semua permintaan energi listrik selama 1 tahun. Dapat dilihat pada gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Profil beban listrik perbulan dalam 1 tahun

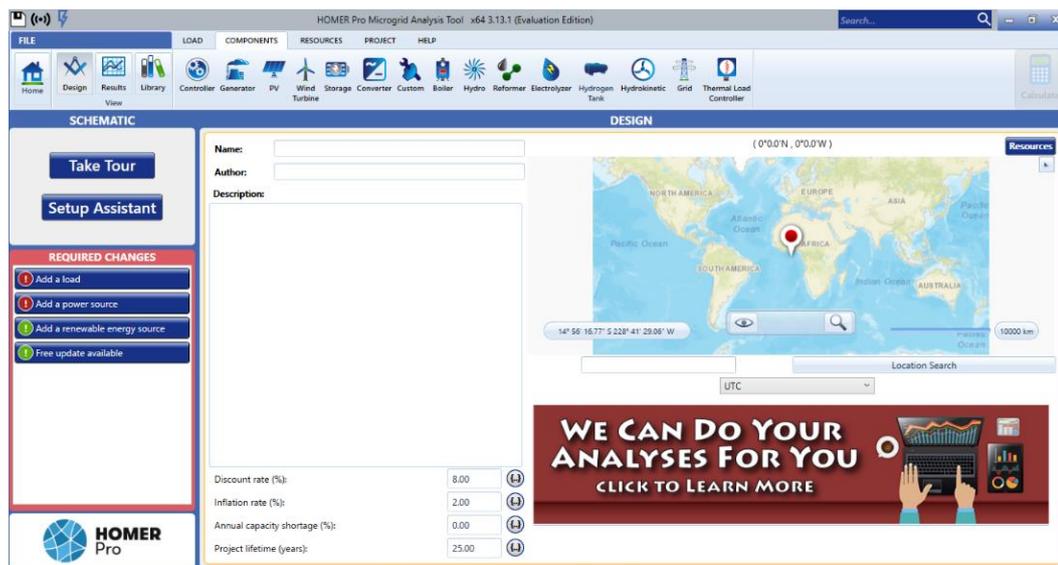
(Sumber: HOMER)

Gambar 4.7 merupakan grafik perkiraan konsumsi listrik rata-rata tiap bulan dalam 1 tahun oleh masyarakat Pedukuhan Ngasem Desa Tepus yang disimulasikan oleh perangkat lunak HOMER. Terlihat pada grafik bahwa profil beban listrik setiap bulannya hampir terlihat sama dan tidak terlalu mengalami perubahan yang signifikan, hal ini dikarenakan rata-rata peralatan listrik di rumah masyarakat sekitar pantai Indrayanti hampir sama dan umumnya tidak terlalu banyak peralatan yang membutuhkan daya yang besar.

Dari grafik pola beban pemakaian listrik rumahan diatas tercatat terjadi beban puncak 2 kali dalam sehari. Beban puncak maksimal terjadi pagi hari pada pukul 04:00-05:00 dan malam hari pukul 16:00-17:00. Pada pagi hari kebiasaan masyarakat melakukan aktivitas rutin sebelum berangkat bekerja, seperti memasak nasi dan menyalakan pompa air. Sedangkan beban puncak pada malam hari terjadi dikarenakan pada malam hari masyarakat lebih banyak menghabiskan waktu dengan menonton TV, menyalakan lampu, bermain video *game*, dan mengerjakan tugas di laptop secara bersamaan serta perangkat elektronik lainnya.

#### 4.4 Desain Teknis PLTH di HOMER

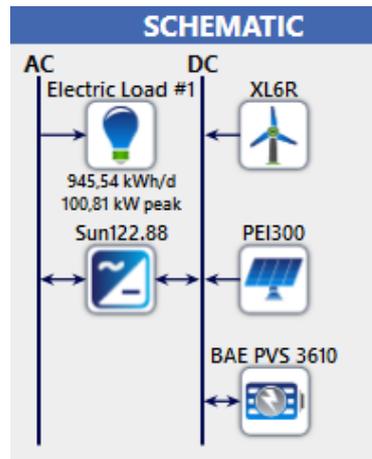
Pada desain teknis ini penulis memilih menggunakan aplikasi HOMER. Bisa dilihat pada gambar 4.8 di bawah ini merupakan tampilan awal HOMER yang akan digunakan untuk percobaan-percobaan untuk komponen yang sesuai pada sistem pembangkit listrik tenaga hibrid di daerah pantai Indrayanti.



Gambar 4.8 Tampilan awal pada HOMER

(Sumber: HOMER)

Setelah itu kita melakukan pemilihan komponen-komponen yang diperlukan seperti pemilihan turbin angin dan panel surya yang sesuai dengan kebutuhan kita. Homer juga sudah memiliki daftar-daftar dari beberapa komponen dari pembangkit listrik dengan energi terbarukan seperti terlihat pada gambar 4.8. Memasukkan data-data yang diperlukan HOMER. Selanjutnya HOMER akan mengondisikan sistem pembangkit sesuai dengan jumlah kebutuhan komponen yang dibutuhkan, seperti yang terlihat pada gambar 4.9.



**Gambar 4.9** Pemodelan sistem PLTH

(Sumber: HOMER)

Pada gambar 4.9 terlihat *schematic* dari PLTH pantai Indrayanti dengan beban energi listrik sebesar 945,54 kWh/tahun. Pada gambar 4.9 juga terdapat skema serta komponen-komponen telah tersedia di Homer. Komponen yang akan digunakan seperti turbin angin dengan tipe *XL6R* , panel surya dengan tipe *PEI300*, baterai dengan tipe *BAE PVS 3610* dan *inverter Sun 122.88*. komponen-komponen tersebut merupakan komponen yang paling baik dari sekian variasi yang dapat dikombinasikan pada aplikasi Homer dalam perancangan PLTH pantai Indrayanti. Untuk lebih jelas nanti akan di jelaskan pada desain teknis tiap-tiap komponen.

#### 4.4.1 Desain Teknis Untuk Turbin Angin

Sebelum melakukan pemilihan pada turbin yang akan digunakan dalam perencanaan sistem PLTH, ada beberapa ketentuan yang harus di pertimbangkan terlebih dahulu. Di antaranya meliputi spesifikasi pada turbin dan juga biaya operasional dari setiap komponen pendukungnya. Selain dari pada itu, pemilihan lokasi dari perencanaan pembangunan PLTH juga sangat mempengaruhi performa dari turbin itu sendiri, seperti kecepatan angin yang di dihasilkan dari lokasi perencanaan PLTH juga berpengaruh dengan turbin yang akan digunakan.

Oleh karena itu, dalam perencanaan sistem PLTH ini perlunya perbandingan antar turbin yang akan digunakan. Dapat dilihat pada tabel 4.8 mengenai perbandingan spesifikasi turbin angin dengan 2 tipe yang berbeda. Dengan

demikian maka akan mempermudah kita untuk menentukan turbin angin yang akan digunakan dalam perancangan PLTH pada lokasi yang telah ditentukan.

**Tabel 4.8** Perbandingan spesifikasi turbin angin *Bergey XL.1* dan *Whisper 200*

<b>Spesifikasi</b>	<b><i>Bergey XL.1</i></b>	<b><i>Whisper 200</i></b>
<i>Rated power</i>	1.000 watts	1.000 watts
<i>Start-up wind speed</i>	3 m/s (6.7 mph)	3,1 m/s (7 mph)
<i>Rated wind speed</i>	11 m/s (24.6 mph)	11,6 m/s (26 mph)
<i>Type</i>	<i>3 Blade Upwind</i>	<i>3 Blade Polypro</i>
Rotor diameter	2,5 m (8.2 ft.)	2,7 m (9 ft)
<i>Maksimum design wind Speed</i>	54 m/s (120 mph)	55 m/s (120 mph)
<i>Blade pitch control</i>	<i>None, Fixed Pitch</i>	<i>Whisper controller</i>
<i>Over speed protection</i>	<i>AutoFurl</i>	<i>Patented side-furling</i>
<i>Output</i>	24 VDC	24 VDC
<i>Price/unit</i>	US\$4,995	US\$3,425

Jika melihat perbandingan antara 2 tipe turbin pada tabel 4.8 dapat diketahui spesifikasi antara keduanya hampir sama. Kemudian bila dilihat dari harga turbin tipe *Whisper* jauh lebih murah dibandingkan tipe *Bergey*. Tetapi, perlu diketahui untuk menentukan pilihan turbin yang akan digunakan, disarankan untuk tidak melihat dari segi biaya produk saja. Disisi lain kita juga perlu mempertimbangkan kualitas dan juga keunggulan lainnya. Misalnya, pemilihan komponen harus disesuaikan dengan kebutuhan beban yang akan dipenuhi nantinya.

Melihat dari tabel perbandingan pada tabel 4.8 Turbin tipe *Bergey XL.1* hanya memerlukan 3 m/s agar dapat menggerakkan turbinnya, sedangkan untuk tipe *Whisper 200* memerlukan kecepatan angin 3,1 m/s untuk menggerakkan turbinnya.

Perbedaan ini mungkin dikarenakan lebar diameter rotor *Bergey XL.1* lebih kecil dibandingkan *Whisper 200* sehingga lebih dahulu berkerja saat kecepatan angin mencapai 3 m/s.

Selain itu, turbin jenis *Whisper* dengan *rate power* tertinggi yaitu 3 kW, satu tingkat diatas *Whisper 200* yaitu *Whisper 500*. Sedangkan untuk turbin tipe *Bergey* masih ada *Bergey Excel 6-R* untuk *rate power* 6 kW dan *Bergey Excel 10-R* untuk *rate power* 10 kW. Bila melihat dari *rate power* yang dihasilkan turbin, jika menggunakan turbin tipe *Whisper* maka akan sangat banyak turbin yang harus disediakan dibandingkan menggunakan tipe *Bergey*. Apalagi bila kapasitas listrik yang dibutuhkan besar.

Oleh karena itu, dalam perencanaan sistem PLTH ini penulis memilih turbin angin tipe *Bergey Excel 6-R* dengan *rate power* 6 kW DC. Karena bila dihitung penggunaan jumlah turbin *Bergey* tidak akan sebanyak turbin *Whisper*, karena *rate power* yang dihasilkan turbin *Bergey* jauh lebih besar dibandingkan turbin *Whisper*. Berikut adalah gambar dari turbin angin *Bergey Excel 6-R* 6 kW seperti pada gambar 4.10 berikut.

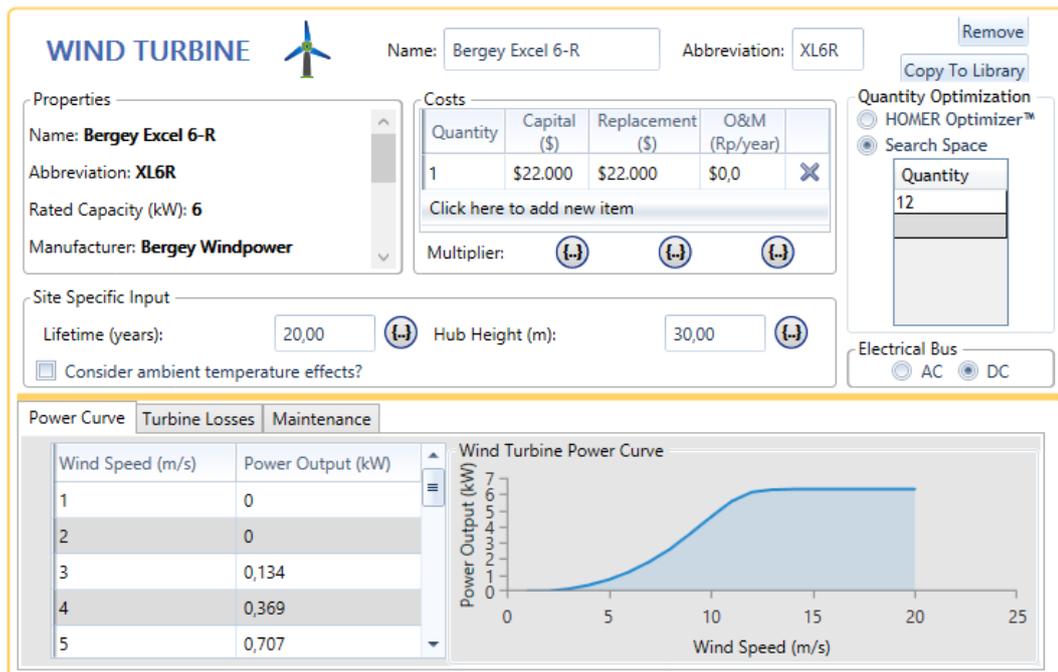


**Gambar 4.10** Turbin angin *Bergey Excel 6-R*

(Sumber: [abstak.com](http://abstak.com))

Dalam HOMER seperti pada gambar 4.10 diperlukan masukan harga satuan turbin yang dipakai, *replacement* dan biaya *operational & maintenance* (O&M). Berdasarkan harga yang didapatkan dari web [bergey.com/](http://bergey.com/) harga untuk satu unit turbin angin tipe *BERGEY Excel 6-R* sebesar US\$ 21.995.00 dengan estimasi biaya *replacement* sebesar 70% dari harga investasi awal yaitu US\$ 15.368.50. Hal ini dikarenakan apabila terjadi gangguan atau kerusakan pada sebuah turbin angin biaya penggantian tidak menyeluruh karena masih ada beberapa komponen dari turbin yang tidak bermasalah dan masih bisa digunakan. Sedangkan untuk *replacement cost* dikenakan setelah jangka waktu turbin bekerja, karena turbin angin ini mampu bertahan hingga 20 tahun seperti yang telah diklaim oleh perusahaan pengembangnya.

Untuk nilai O&M menurut Rislina Sitompul untuk sebuah *wind turbine* dengan skala kecil atau dibawah 10 kW umumnya tidak memerlukan biaya operasional dan pemeliharaan, karena banyak dari turbin angin skala kecil dioperasikan secara manual. Turbin angin bisa diaktifkan dan diberhentikan jika darurat saat terjadi angin kencang pada lokasi bekerjanya turbin angin tersebut. Tetapi penulis memasukkan biaya 2% dari harga turbin untuk nilai O&M, yaitu sebesar US\$439.9. Hal ini dikarenakan jangka waktu 20 tahun bukanlah waktu yang singkat. Kemudian tidak menutup kemungkinan selama 20 tahun komponen dan alat lainnya bekerja tanpa pemeriksaan dan tidak mengeluarkan biaya untuk operasionalnya. Pemeliharaan kecil seperti mengganti komponen yang sudah rusak, pengecekan abu dan kotoran pada bagian yang berputar seperti *blade* dan rotor atau pemeriksaan karat pada bagian turbin lainnya.



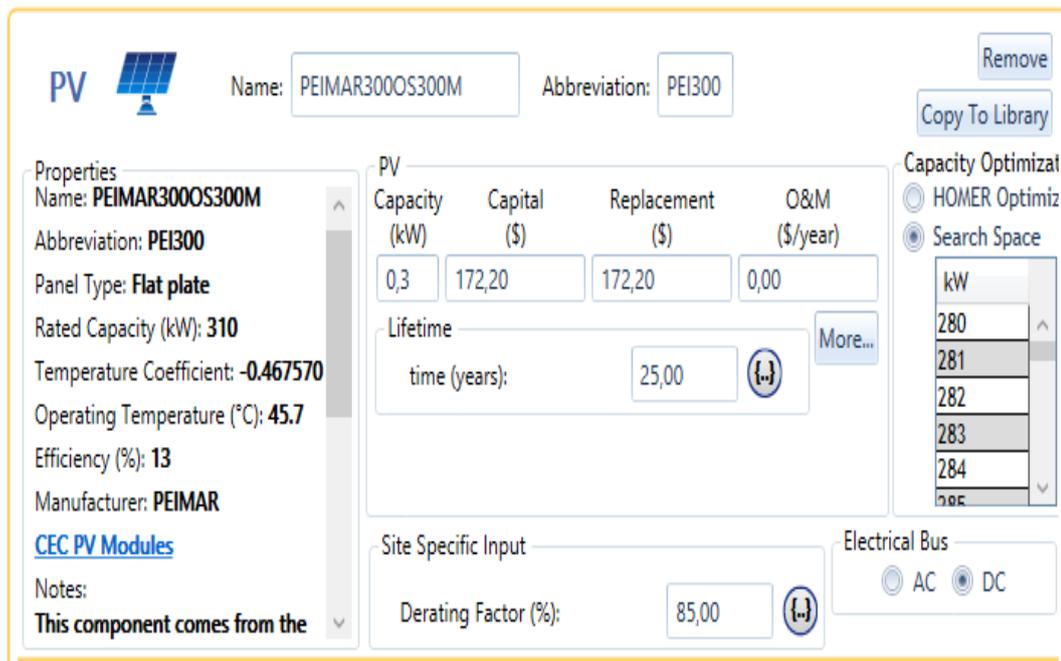
**Gambar 4.11** Desain teknis turbin angin

(sumber: HOMER Pro)

Terlihat pada gambar 4.11 penggunaan listrik mulai meningkat mulai pukul 14:00 hingga malam hari. Karena pada sore hari daerah pantai Indrayanti banyak dikunjungi oleh para wisatawan. Banyaknya wisatawan membuat fasilitas umum seperti warung dan pertokoan banyak dikunjungi sehingga peralatan listrik seperti kulkas dan TV lebih sering aktif. Kemudian kamar kecil lebih sering digunakan para pengunjung pantai yang ingin membilas dengan air bersih sehingga pompa air juga lebih sering diaktifkan.

#### 4.4.2 Desain Teknis Untuk Panel Surya

Untuk menentukan panel surya yang akan digunakan pada pembangkit listrik tenaga hibrid ini kita harus mempertimbangkan kualitas dan harga. Homer juga sudah memberikan daftar-daftar dari panel surya yang bermacam dari yang mempunyai kapasitas 9W hingga 600 kW. Dari daftar yang tersedia di Homer penulis telah menemukan panel yang cocok untuk PLTH ini. Dapat dilihat pada gambar 4.11.



**Gambar 4.12** Desain teknis panel surya

(sumber: HOMER Pro)

Pada gambar 4.11 merupakan panel surya yaitu *PEIMAR300OS300M* yang digunakan pada perancangan PLTH pantai Indrayanti. Dimana panel surya *PEI300* ini memiliki *lifetime* selama 25 tahun dan *rated capacity* 310 kW. Untuk spesifikasi lengkap panel surya yang akan digunakan pada PLTH ini bisa di lihat pada tabel 4.9. Berikut spesifikasi dari panel surya yang digunakan.

**Tabel 4.9** Perbandingan Spesifikasi Panel Surya

<i>Performance at STC</i>	<b><i>PEIMAR SG300M-FB</i></b>	<b><i>YUNDE M300</i></b>	<b><i>SolarWorld Sunmodule Plus 300</i></b>
<i>Nominal Max power (Pmax)</i>	300 watts	300 watts	300 watts
<i>Max Power Voltage (Vmp)</i>	32 V	36.50 V	32 V

**Tabel 4.9** Perbandingan Spesifikasi Panel Surya (Lanjutan)

<i>Performance at STC</i>	<b><i>PEIMAR SG300M-FB</i></b>	<b><i>YUNDE M300</i></b>	<b><i>SolarWorld Sunmodule Plus 300</i></b>
<i>Max Power Current (Imp)</i>	9.4 A	8.22 A	9.83 A
<i>Open Circuit Voltage (Voc)</i>	40.2 V	44.89 V	40 V
<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	9.71 A	8.58 A	9.31 A
<i>Module Efficiency</i>	18.44 %	19.1 %	17.89 %
<i>Cell Type</i>	<i>MONO</i>		
<i>Max System Voltage</i>	1500 V	1000 V	1000 V
<i>Weight</i>	18 kg	26 kg	39.7 kg
<i>Dimension</i>	1640 x 992 x 40 mm	1960 x 992 x 40 mm	1676.4 x 1000 x 33 mm

Pada tabel 4.9 terlihat spesifikasi dari beberapa panel surya buatan *PEIMAR*, *YUNDE* dan *SolarWorld* yang memiliki nominal daya maksimal sebesar 300 W.

Terlihat pada tabel bahwa masing-masing panel surya memiliki keunggulan dan kekurangan, seperti *SolarWorld* memiliki keunggulan di maksimal arusnya yaitu sebesar 9,83 A walaupun nilainya tidak terlalu jauh dengan *PEIMAR* dan *YUNDE* masing-masing memiliki nilai maksimal arus sebesar 9,4 A dan 8,22 A. Namun panel surya buatan *YUNDE* memiliki efisiensi paling tinggi yaitu 19,1 % sedangkan panel surya buatan *PEIMAR* memiliki efisiensi sebesar 18,44 % dan panel surya buatan *SolarWorld* memiliki efisiensi sebesar 17,89 %. Tetapi penulis lebih memilih panel surya buatan *PEIMAR* dalam perancangan PLTH pantai Indrayanti karena dengan spesifikasi yang baik dan harga yang jauh lebih murah

dibandingkan panel surya buatan *SolarWorld* dan *YUNDE*. Panel surya ini tersedia di pasaran dengan harga yang cukup ekonomis yaitu US\$172,20.

#### 4.4.3 Desain Teknis Untuk *Converter*

Untuk menentukan sistem *converter* yang akan digunakan dalam perencanaan PLTB ini, harus memilih *converter* yang berkapasitas lebih besar dibandingkan dengan beban puncak kebutuhan sistem, dapat dilihat pada gambar 4.8 di mana beban puncak yang didapat mencapai 100,81 kW. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada sistem PLTH nantinya.

Oleh karena itu penulis memilih *converter* tipe *SUNGROW SG125HV* dengan kapasitas *converter* 125 kWp. Berikut adalah spesifikasi dan tampilan *converter SUNGROW SG125HV* seperti pada tabel 4.9 dan gambar 4.13.

**Tabel 4.10** Spesifikasi *converter SUNGROW SG125HV*

<i>Maximum input voltage</i>	1500 VDC
<i>Input voltage range</i>	860 - 1450 VDC
<i>Max. operating input current</i>	240 A
<i>Nominal Output Voltage</i>	3 / PE, 600 VAC
<i>Output power</i>	125 kW
<i>Temperature (full power)</i>	-25 to 60 °C (> 50 °C derating)
<i>CEC efficiency</i>	98,8 %
<i>Dimensions (H x W x D)</i>	670*810*294 mm
<i>Weight</i>	68 Kg
<i>Warranty</i>	-
<i>Price</i>	US\$13,240

Berdasarkan data spesifikasi yang didapatkan dari [sungrowpower.com](http://sungrowpower.com) *converter* tipe ini dapat menerima inputan hingga 1500 VDC dengan rata-rata input antara 860 - 1450 VDC. Untuk nilai keluaran *converter* ini yaitu 125 kW. Dengan ukuran dimensi 670\*810\*294 mm, berat 68 Kg, dan efisiensi mencapai 98,8%

*converter* tipe ini dapat bertahan pada temperatur suhu -25 ke 60 °C. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.13 berikut.

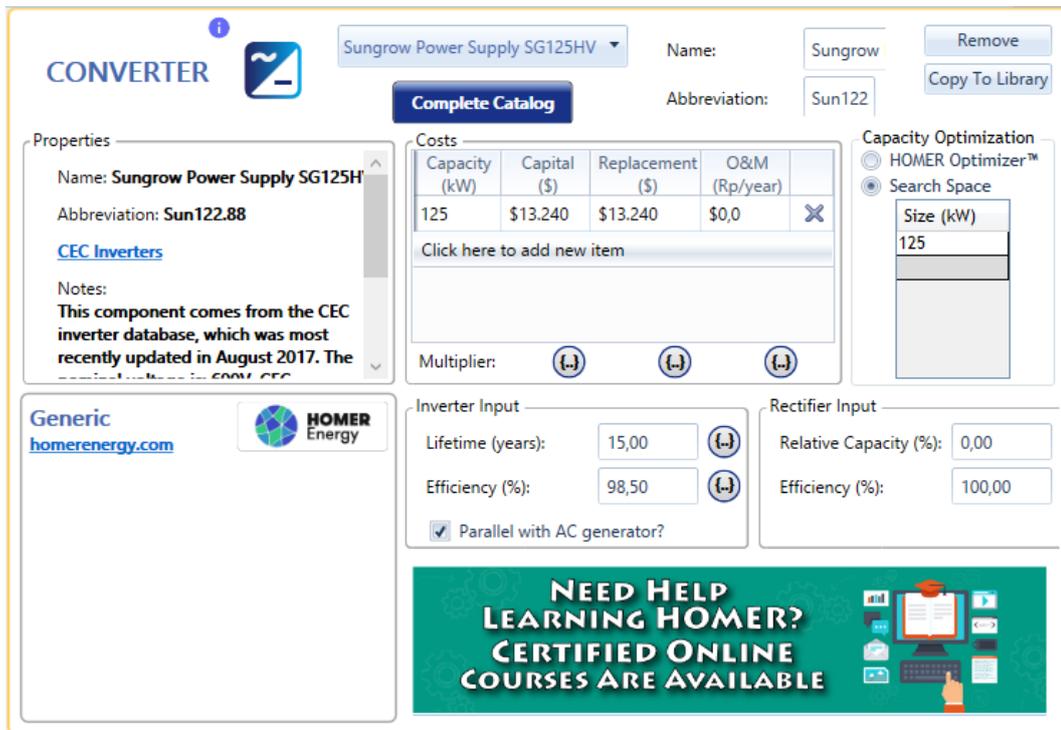


**Gambar 4.13** *Inverter SUNGROW SG125HV*

(Sumber: [sungrowpower.com](http://sungrowpower.com))

Perancangan sistem *converter* pada HOMER Ada 2 inputan nilai yang harus dimasukkan pada sistem *converter* yaitu, *cost* dan *capacity optimization*. Pada *cost* nilai yang dimasukkan meliputi nilai *capital* atau harga *converter*, *replacement* atau biaya pergantian dan ada nilai O&M atau nilai operasional dan pemeliharaan. Berdasarkan harga yang kita dapatkan dari web [civicsolar.com/](http://civicsolar.com/) untuk harga satu *converter* *SUNGROW* SG125HV senilai US\$13.240 dengan kapasitas 125 kW. Untuk nilai *replacement* sama seperti harga *converter*nya, karena untuk kerusakan atau pergantian harus mengganti keseluruhan komponennya. Pada *converter* nilai O&M tidak perlu diisi atau masukan nilai US\$0, karena perawatan pada *inverter* hanya pengecekan tegangan *converter* saja.

Pada *inputan capacity optimization* kita memasukkan ukuran *converter* yang akan digunakan. Nantinya simulasi HOMER akan memilih jumlah yang tepat untuk dipakai sesuai kapasitas yang ada. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.14 untuk desain sistem *converter* pada HOMER.



Gambar 4.14 Desain teknis sistem *converter*

(Sumber: HOMER)

#### 4.4.4 Desain Teknis Baterai

Dalam menentukan spesifikasi baterai yang akan digunakan dalam perencanaan PLTH ini sama seperti menentukan spesifikasi inverter. Kualitas dan biaya merupakan aspek utama dalam pemilihan sistem baterai, dan juga kita perlu menyesuaikan dengan inverter yang telah dipilih sebelumnya. Tabel 4.11 merupakan perbandingan 2 tipe baterai yang berbeda.

Tabel 4.11 Perbandingan baterai *Surrette 4SK27P* dan *BAE Sureca BAT-B1500*

Spesifikasi	4KS27P	BAE SECURA SOLAR 19 PVS 3610
<i>Manufacturer</i>	<i>Surrette/Rolls</i>	<i>BAE</i>
<i>Type</i>	<i>Flooded Lead Acid</i>	<i>Flooded Lead Acid</i>
<i>Nominal voltage</i>	4 V	2 V
<i>Rated capacity</i>	1.460 Ah	1.425 Ah

**Tabel 4.11** Perbandingan baterai *Surrette 4SK27P* dan *BAE Sureca BAT-B1500* (Lanjutan)

<b>Spesifikasi</b>	<b>4KS27P</b>	<b><i>BAE SECURA SOLAR 19 PVS 3610</i></b>
<i>Capacity</i>	8,4 kW	6,8 kW
<i>Dimensions</i>	15 3/4" x 10 5/8" x 24 3/4"	215(L) x 490(W) x 815(H)
<i>Weight</i>	154 Kg	183,6 Kg
<i>Warranty</i>	3 year	2 year
<i>Price</i>	US\$1,182	US\$809,71

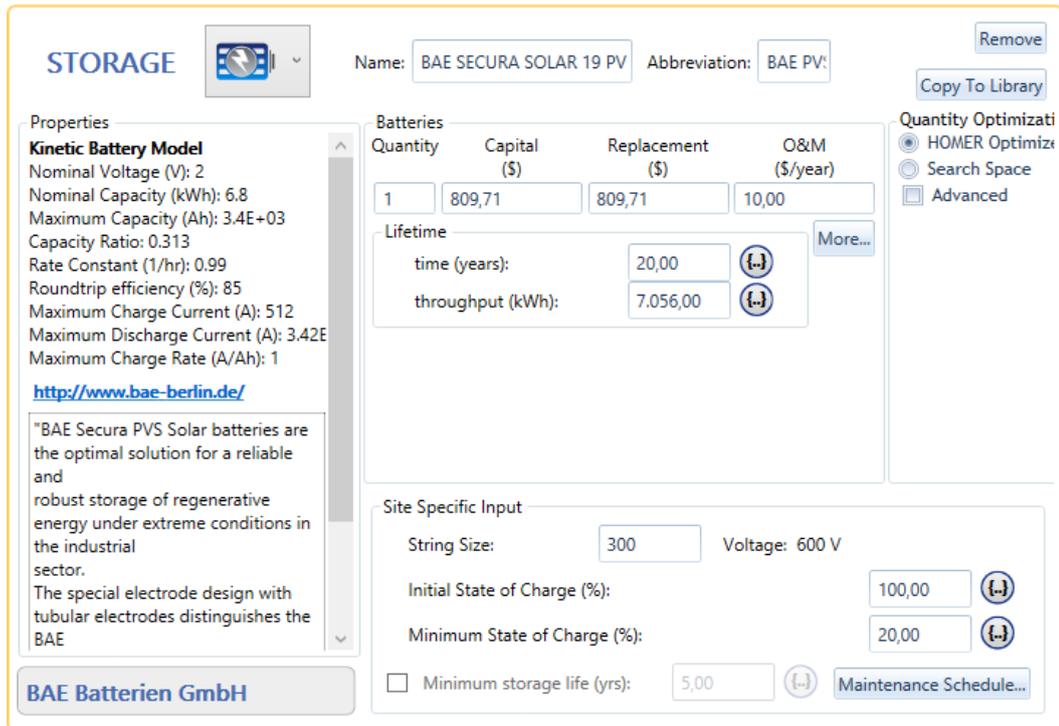
Dapat dilihat pada perbandingan 2 tipe baterai pada tabel 4.11 nilai kapasitas Ah nya yang tidak begitu jauh berbeda. Namun, bila dilihat dari harga baterai jenis *Surrette BAE SECURA SOLAR 19 PVS 3610* jauh lebih murah dan memiliki kapasitas daya tampung yang lebih besar juga. Dalam perencanaan PLTH sangat membutuhkan baterai dengan kapasitas yang besar dan jumlah yang banyak guna mendapatkan simulasi terbaik pada HOMER dengan kapasitas beban yang harus dipenuhi. Sehingga pada perencanaan PLTH ini penulis memilih baterai jenis *BAE SECURA SOLAR 19 PVS 3610* seperti pada gambar 4.14 berikut.



**Gambar 4.14** BAE SECURA SOLAR 19 PVS 3610

(sumber: e-solare.com)

Pada inputan *quantity optimization* kita masukan banyaknya baterai yang akan digunakan. Nantinya simulasi HOMER akan memilih jumlah yang tepat untuk dipakai sesuai kapasitas yang ada. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.15 untuk desain sistem baterai pada HOMER.



**Gambar 4.15** Desain teknis sistem baterai

(Sumber: HOMER)

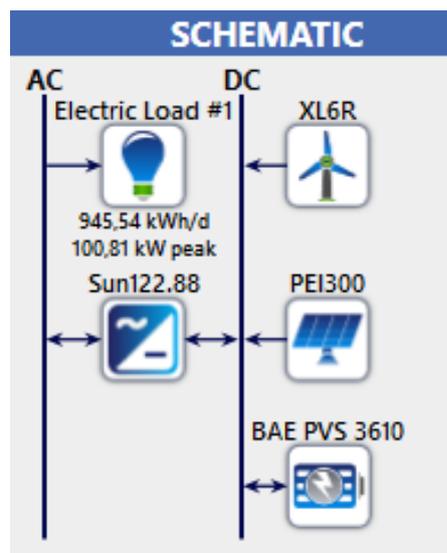
#### 4.4.5 Desain Teknis Untuk Konfigurasi *Grid*

Pada *software* HOMER, simulasi dalam perancangan sistem ini tidak menggunakan koneksi *Grid* atau jaringan listrik. Penulis memilih sistem *Off-Grid* karena jika terjadi gangguan pada jaringan listrik PLN tidak akan berpengaruh pada penggunaan listrik warga sekitar PLTH. Hal ini dikarenakan jumlah kelebihan energi listrik yang didapatkan dari pembangkit ditampung pada baterai yang menjadi tempat penyimpanan semua hasil energi yang didapatkan. Sehingga saat terjadi pemadaman warga masih dapat menggunakan peralatan listrik tanpa harus menunggu sistem jaringan PLN kembali bekerja.

Sewaktu-waktu sistem *Off-Grid* bisa berubah menjadi *On-Grid* atau menjual berapa persen energi listrik ke PLN jika energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit terdapat banyak kelebihan. Sistem *On-Grid* sebenarnya banyak keuntungan, karena bisa mendapat penghasilan dari penjualan listrik pada perusahaan negara untuk mengembalikan modal investasi awal perancangan sistem PLTH. Selain itu sistem *On-Grid* sepenuhnya dikelola oleh Badan Usaha Milik Negara (BUMN), sehingga untuk segala kerusakan yang terjadi juga biaya operasional dan pemeliharaan seluruhnya ditanggung oleh pihak penyuplai daya listrik, yaitu PLN. Tetapi kembali pada pengelola setempat sistem PLTH nantinya. Penulis hanya mengasumsikan alasan sesuai perencanaan penelitian ini dengan sistem *Off-Grid*.

#### 4.5 Simulasi Sistem Pada aplikasi HOMER

Setelah melakukan pemilihan komponen terhadap sistem konfigurasi yang telah ditentukan, HOMER akan mensimulasikan konfigurasi tersebut mendapatkan banyak hasil konfigurasi sistem dan salah satunya adalah konfigurasi sistem terbaik menurut HOMER. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di gambar 4.16 mengenai data beban dan pemilihan komponen perencanaan PLTH pada HOMER.



**Gambar 4.16** Data beban dan pemilihan komponen

(Sumber: HOMER)

Dapat dilihat pada gambar 4.16, dalam perencanaan sistem PLTB dengan beban primer yang tercatat sebesar 856.05 kWh/d dan 89,49 kWh/d, menggunakan turbin angin XL6R dan panel surya SG300MBF sebagai sumber penghasil energi listrik, kemudian ada baterai dengan tipe BAE PVS 3610 sebagai penyimpanan cadangan energi listrik, selanjutnya ada *converter SUNGROW* 125 kW sebagai pengubah arus DC dari baterai menjadi arus AC pada *outputnya*.

Setelah memasukkan nilai beban dan pemilihan komponen, HOMER dapat mensimulasi hasil dari konfigurasi tersebut. Lebih dari 1.003 simulasi untuk dapat menampilkan hasil dari konfigurasi tadi. Sehingga dapat diketahui hasil sistem terbaik sesuai dengan yang di tetapkan HOMER. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.17 berikut ini.

The screenshot shows the 'RESULTS' window of the HOMER software. It contains two main tables: 'Sensitivity Cases' and 'Optimization Results'.

**Sensitivity Cases Table:**

Architecture				Cost				System			
PEI300 (kW)	XL6R	BAE PVS 3610	Sun122.88 (kW)	Dispatch	COE (\$)	NPC (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Cap
280	12	600	125	CC	\$0,190	\$1,19M	\$14,755	\$923,786	100	0	16C

**Optimization Results Table:**

Architecture				Cost				System		
PEI300 (kW)	XL6R	BAE PVS 3610	Sun122.88 (kW)	Dispatch	COE (\$)	NPC (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)
280	12	600	125	CC	\$0,190	\$1,19M	\$14,755	\$923,786	100	0
280	12	600	125	CC	\$0,190	\$1,19M	\$14,755	\$923,786	100	0
280	12	600	125	CC	\$0,190	\$1,19M	\$14,755	\$923,786	100	0
280	12	600	125	CC	\$0,190	\$1,19M	\$14,755	\$923,786	100	0
280	12	600	125	CC	\$0,190	\$1,19M	\$14,755	\$923,786	100	0
280	12	600	125	CC	\$0,190	\$1,19M	\$14,755	\$923,786	100	0
280	12	600	125	LF	\$0,190	\$1,19M	\$14,755	\$923,786	100	0
280	12	600	125	LF	\$0,190	\$1,19M	\$14,755	\$923,786	100	0

**Gambar 4.17** Hasil simulasi konfigurasi terbaik

(Sumber: HOMER)

Pada gambar 4.17 dapat dilihat beberapa hasil kalkulasi oleh aplikasi HOMER yaitu pada bagian atas tepatnya pada tabel *sensitivity cases*, dan pada tabel *optimization result* itu merupakan hasil konfigurasi rekomendasi lainnya dari HOMER. Jadi, HOMER menetapkan konfigurasi dengan sistem terbaik yaitu

dengan nilai *Net Present Cost* (NPC) dan *Cost Of Energy* (COE) terendah. Maka dari itu untuk desain perencanaan sistem PLTH yang terbaik di daerah pantai Indrayanti berdasarkan hasil dari simulasi HOMER yaitu dengan arsitektur 12 turbin angin jenis *Bergey Excel 6-R*, 280 panel surya jenis SG300MBF , 600 buah baterai jenis BAE SECURA SOLAR 19 PVS 3610, dan *converter SUNGROW* dengan kapasitas 125 kW.

#### 4.6 Analisis Konfigurasi Sistem Terbaik

Dari beberapa kali konfigurasi yang telah dilakukan penulis memilih untuk mengambil hasil konfigurasi terbaik dari HOMER seperti yang telah dilihat pada gambar 4.17 dengan kombinasi menggunakan 100 turbin angin, 280 panel surya, 600 baterai dan *converter* 100 kW. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.18 dan tabel 4.12 yang merupakan konfigurasi sistem pilihan optimal dalam perencanaan sistem PLTH ini.

Architecture		Cost				System				
PEI300 (kW)	XL6R	BAE PVS 3610	Sun122.88 (kW)	Dispatch	COE (\$)	NPC (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)
280	12	600	125	CC	\$0,190	\$1,19M	\$14,755	\$923,786	100	0

**Gambar 4.18** Pilihan konfigurasi optimal

(Sumber: HOMER)

**Tabel 4.12** Tabel pilihan konfigurasi optimal

	Konfigurasi	Keterangan
Wind turbine (units)	12	Jumlah turbin XLR6 yang digunakan sebanyak 12 unit.
PV (units)	280	Jumlah PV yang digunakan 280 buah dengan type SG300MBF
Battery (units)	600	Konfigurasi dengan 600 unit yang disusun secara paralel sebanyak 3 strings.
Converter (kW)	100	Konfigurasi dengan 100 kW guna memenuhi kapasitas beban puncak sebesar 88 kW
<i>Net Present Cost (NPC)</i>	US\$1,191,534	Total biaya pengeluaran dikurangi surplus.
<i>Cost Of Energy (COE)</i>	US\$0,1903	Rata-rata harga per kWh dari energi listrik yang dihasilkan pembangkit.
Operating cost (US\$/yr)	US\$14,755	Total biaya operasional untuk pemeliharaan seluruh komponen setiap tahun.
Initial capital (US\$)	US\$923,786	Total biaya investasi yang dikeluarkan untuk sistem PLTH.
Renewable fraction (%)	100%	Energi yang dikirim ke beban 100% menggunakan energi terbarukan.

#### 4.7 Analisis Biaya PLTH

Berdasarkan dari harga yang telah dimasukkan pada satuan komponen-komponen yang digunakan, perangkat lunak HOMER akan secara otomatis menghitung total dari setiap komponen. Biaya yang akan dianalisis pada penelitian ini ialah biaya pada konfigurasi terbaik pada sistem paling optimal menurut penulis.

##### 4.7.1 Berdasarkan Komponen

Dalam menganalisis biaya sistem PLTH berdasarkan komponen ini, HOMER akan mengalkulasikan seluruh jumlah komponen yang telah dipilih

kemudian akan dikalikan dengan harga persatu komponen. Dapat dilihat pada gambar 4.19.



**Gambar 4.19** Biaya berdasarkan komponen

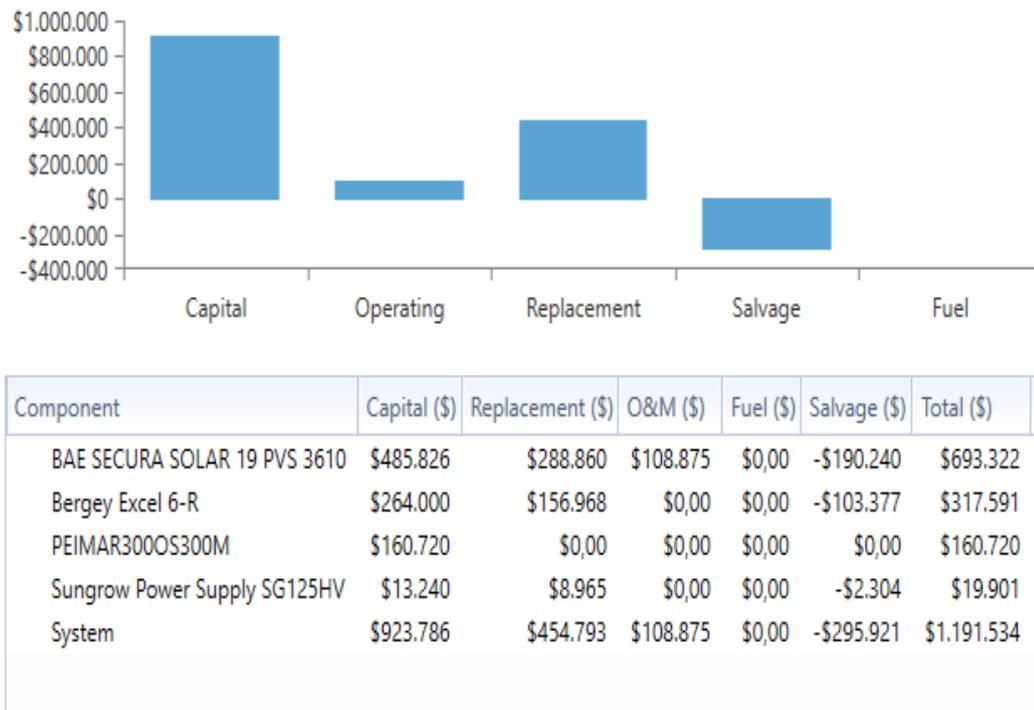
(Sumber: HOMER)

Dapat dilihat pada gambar 4.19 mengenai total biaya tiap komponen. Dimana tercatat biaya terbesar dalam sistem ini yaitu pada baterai BAE SECURA SOLAR 19 PVS 3610 sebesar US\$693.322 jumlah tersebut merupakan kalkulasi penjumlahan dari biaya *capital*, *replacement*, dan O&M lalu dikurangi dengan biaya *salvage* atau harga jual ulang komponen setelah dipakai senilai US\$190.240. Total biaya komponen pada sistem turbin angin, panel surya, dan *converter* yang diperoleh dalam total *Net Present Cost* (NPC) tercatat sebesar US\$1.191.534. Jika di konversi ke dalam rupiah dengan nilai tukar rupiah pada tanggal 10 Agustus 2019 adalah 1 USD = Rp. 14.190 menjadi Rp. 16.907.867.460.

#### 4.7.2 Berdasarkan Tipe

Pada biaya berdasarkan tipe ini seperti yang telah dikalkulasikan oleh HOMER, dapat dilihat pada gambar 4.20 dimana total biaya seluruh komponen sebesar US\$1.191.534. *Capital* merupakan modal awal dari seluruh komponen pembuatan PLTH sebesar US\$923.786. Untuk biaya *fuel* tidak dikenakan biaya

karena dalam sistem PLTH ini seluruh komponen ini tidak menggunakan bahan bakar (*fuel*).



**Gambar 4.20** Biaya berdasarkan tipe

(Sumber: HOMER)

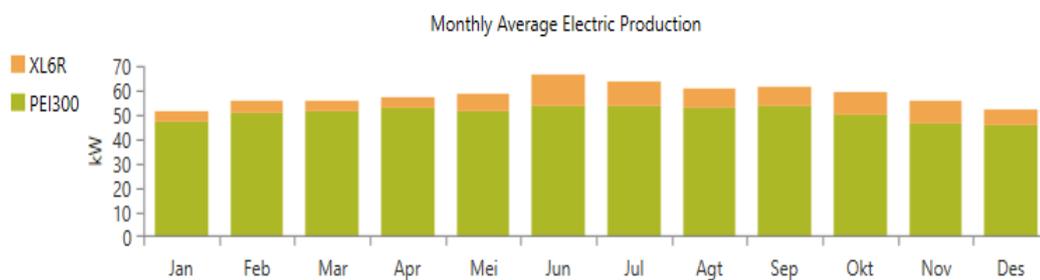
#### 4.8 Analisis Hasil Sistem PLTH

Dari percobaan oleh aplikasi Homer dengan komponen-komponen dan biaya yang telah di analisa di atas, PLTH ini dapat menghasilkan energi 509.052 kW/tahun dari total konsumsi sebesar 345.121 kW/tahun, dimana 87,4 % diproduksi dari panel surya sebesar 445.052 kWh/tahun dan 12,6% diproduksi oleh turbin angin sebesar 64.208 kWh/tahun. Energi sisa sebesar 130.173 kW/tahun atau 25,6% dari total produksi. Dapat dilihat pada gambar 4.21 tentang hasil produksi dan konsumsi listrik selama 1 tahun.

Production			Consumption			Quantity		
	kWh/yr	%		kWh/yr	%		kWh/yr	%
PEIMAR3000S300M	445.052	87,4	AC Primary Load	345.121	100	Excess Electricity	130.173	25,6
Bergey Excel 6-R	64.208	12,6	DC Primary Load	0	0	Unmet Electric Load	0	0
Total	509.260	100	Total	345.121	100	Capacity Shortage	0	0

Quantity	Value
Renewable Fraction	100
Max. Renew. Penetration	1.708



**Gambar 4.21** Hasil produksi dan konsumsi listrik selama 1 tahun

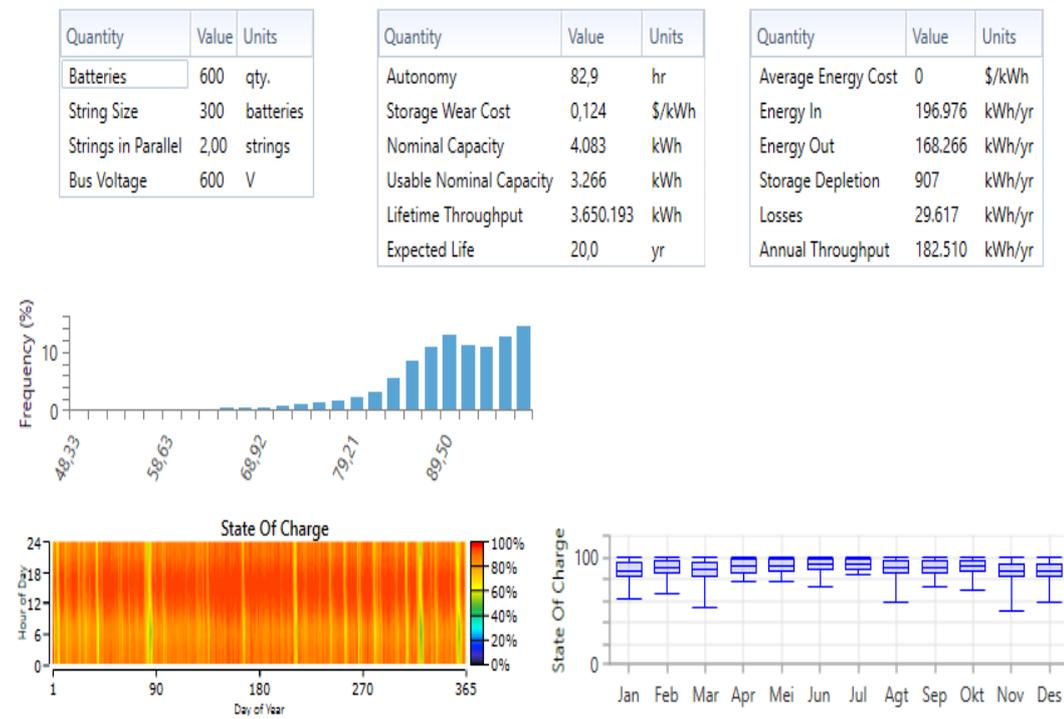
(Sumber: HOMER)

Pada gambar 4.21 juga menampilkan grafik hasil dari rata-rata produksi energi listrik setiap bulannya. Hasil produksi yang didapatkan setiap bulannya bersifat fluktuatif. Hal ini dikarenakan rata-rata kecepatan angin dan iradiasi matahari yang berbeda setiap bulannya. Pada bulan Maret produksi dari turbin sangat kecil dikarenakan rata-rata laju angin pada titik terkecil di tahun 2018.

Pada gambar 4.21 juga terlihat *Unmet Electrical load* yang bernilai 0 kWh/tahun, *Unmet Electrical load* ini merupakan beban listrik yang tidak bisa di suplai oleh sistem pembangkit PLTH selama kurun waktu 1 tahun. *Unmet Electrical load* ini terjadi saat permintaan listrik melebihi jumlah yang dapat di suplai oleh sistem. Jadi sistem pembangkit yang memiliki *Unmet Electrical load* dengan nilai 0 kWh/tahun merupakan sistem pembangkit yang paling baik karena tidak ada permintaan listrik yang tidak bisa di suplai oleh sistem dalam waktu 1 tahun.

Selain itu *Capacity Shortage* juga perlu diperhitungkan. *Capacity Shortage* adalah kekurangan yang terjadi antara kapasitas operasi yang diperlukan dan

jumlah kapasitas operasi sebenarnya yang dapat disuplai oleh sistem selama 1 tahun. Jadi sistem pembangkit yang memiliki *Capacity Shortage* dengan nilai 0 kWh/tahun merupakan sistem pembangkit yang paling baik karena tidak ada permintaan listrik yang tidak bisa di suplai oleh sistem dalam waktu 1 tahun. Dapat dilihat pada gambar 4.22 tentang hasil produksi dan konsumsi listrik selama 1 tahun.



**Gambar 4.22** Hasil produksi dan konsumsi listrik selama 1 tahun

(Sumber: HOMER)

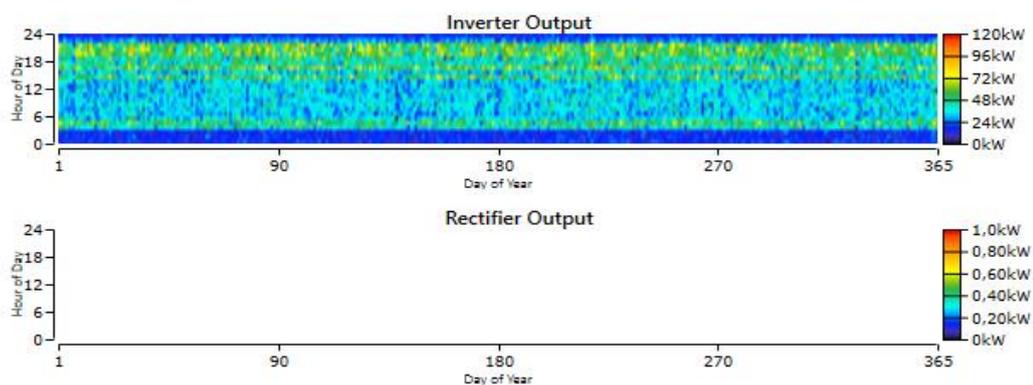
Pada gambar 4.22 memperlihatkan hasil analisis dari Homer untuk baterai yang digunakan, berupa banyaknya baterai yang dipakai pada PLTH pantai Indrayanti sebanyak 600 yang disusun paralel 2. Pada gambar juga tertera rasio penyimpanan baterai sebesar 82,9 jam. *Storage wear cost* sebesar 0,124 US\$/kWh merupakan biaya perbaikan energi, seperti biaya penggantian baterai. *Nominal capacity* sebesar 4.084 kWh merupakan jumlah energi yang dapat ditarik dari baterai pada arus konstan tertentu, mulai dari keadaan terisi penuh.

Pada sistem PLTH, energi listrik yang dihasilkan tidak bisa dipakai 100%. Hal ini dikarenakan adanya rugi-rugi daya atau *losses* yang terjadi pada sistem baterai maupun pada converternya. Seperti pada gambar 4.22 pada sistem baterai energi yang masuk sebesar 196.926 kWh/tahun sedangkan energi yang dapat dikeluarkan hanya sebesar 168.266 kWh/tahun. Tercatat rugi-rugi yang terjadi pada sistem baterai sebesar 29.442 kWh/tahun.

Sementara pada hasil analisis homer untuk *Converter* seperti pada gambar 4.23 kapasitas *inverter* sebesar 125 kW. *Minimum Output inverter* sebesar 1,84 kW dan *Maximum Output* sebesar 101 kW. Sehingga tidak ada daya yang melebihi kapasitas dari inverter yang digunakan. Sistem konverter mengalami rugi-rugi sebesar 5.256 kWh/tahun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.23 berikut.

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Capacity	125	0	kW
Mean Output	39,4	0	kW
Minimum Output	1,84	0	kW
Maximum Output	101	0	kW
Capacity Factor	31,5	0	%

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Hours of Operation	8.760	0	hrs/yr
Energy Out	345.121	0	kWh/yr
Energy In	350.377	0	kWh/yr
Losses	5.256	0	kWh/yr



**Gambar 4.23** Rugi-rugi *converter* selama 1 tahun

(Sumber: HOMER)