

## **BAB IV**

### **ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pengumpulan Data**

Pada penelitian ini diperlukan beberapa data untuk kelancaran perencanaan sistem PLTB. Kecepatan angin rata-rata merupakan data utama yang dibutuhkan untuk mendukung penelitian ini. Data kecepatan angin yang dibutuhkan berupa data sekunder dari berbagai sumber, seperti data pada website NASA SSE atau bisa juga data dari BMKG.

##### **4.1.1 Lokasi Penelitian Potensi Sumber Daya Angin**

Pengambilan data untuk penelitian ini dilaksanakan di Pantai Parangtritis, Kabupaten Bantul, DIY. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui kondisi pantai, mendapatkan *sample* kecepatan angin dan catatan untuk konsumsi listrik masyarakat setempat. Letak pantai selatan pesisir jawa ini berjarak  $\pm 15$  km dari pusat Kota Bantul dan  $\pm 24$  km dari Ibukota Yogyakarta, Pantai Parangtritis memiliki garis pantai yang sangat panjang dan arus laut yang besar serta didukung oleh lahan landai dan kosong, sehingga mendukung pembangunan pembangkit listrik dengan mengandalkan angin sebagai unsur energi utamanya.



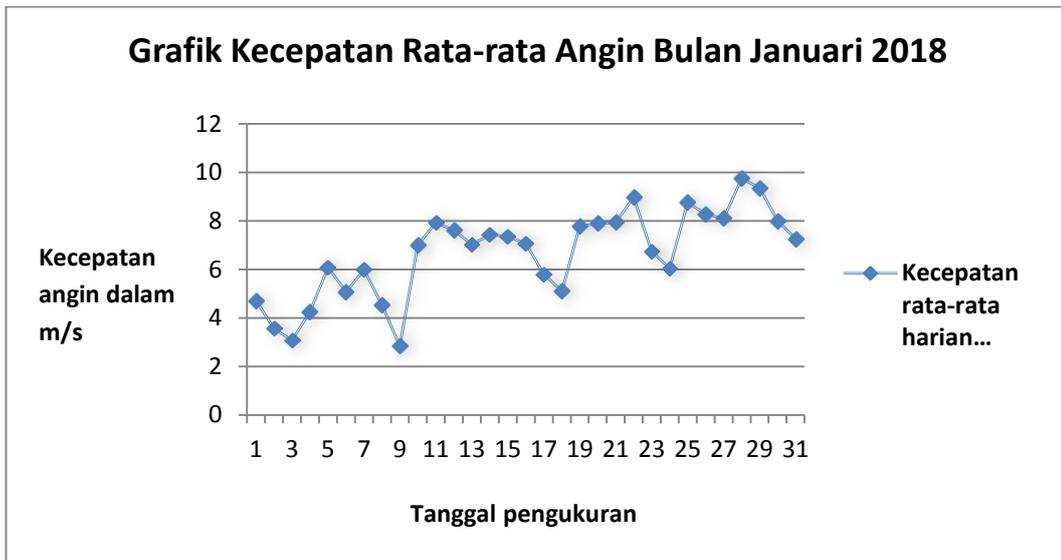
**Gambar 4.1** Kondisi Pantai Parangtritis

#### 4.1.2 Data Kecepatan Angin

Data kecepatan angin dibutuhkan untuk mendapatkan kapasitas angin yang akan dijadikan penghasil energi listrik pada perencanaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu di Pantai Parangtritis, Bantul. Tabel 4.1 merupakan data kecepatan rata-rata angin sepanjang bulan Januari 2018 di Pantai Parangtritis yang didapatkan dari website NASA SSE.

**Tabel 4.1** Tabel Data Kecepatan Rata-rata Angin Bulan Januari 2018

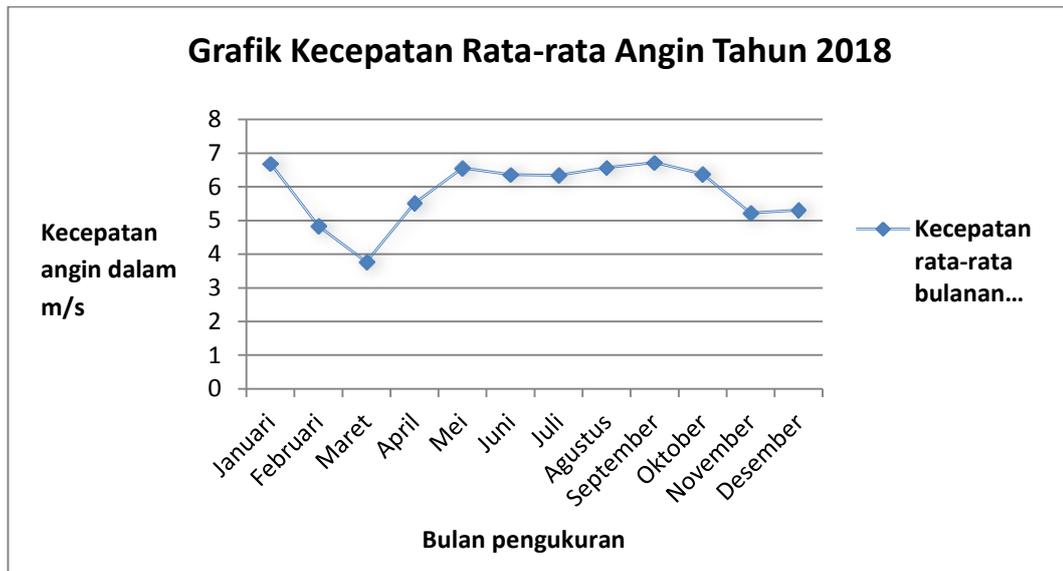
<b>Tanggal</b>	<b>Kecepatan m/s</b>	<b>Tanggal</b>	<b>Kecepatan m/s</b>
1-1-2018	4.72	17-1-2018	5.80
2-1-2018	3.57	18-1-2018	5.11
3-1-2018	3.08	19-1-2018	7.78
4-1-2018	4.26	20-1-2018	7.90
5-1-2018	6.08	21-1-2018	7.94
6-1-2018	5.08	22-1-2018	8.98
7-1-2018	5.99	23-1-2018	6.74
8-1-2018	4.53	24-1-2018	6.05
9-1-2018	2.85	25-1-2018	8.77
10-1-2018	7.00	26-1-2018	8.28
11-1-2018	7.93	27-1-2018	8.11
12-1-2018	7.62	28-1-2018	9.76
13-1-2018	7.03	29-1-2018	9.36
14-1-2018	7.44	30-1-2018	8.01
15-1-2018	7.36	31-1-2018	7.26
16-1-2018	7.07		



**Gambar 4.2** Grafik Kecepatan Rata-rata Angin Bulan Januari 2018

**Tabel 4.2** Tabel Kecepatan Rata-rata Angin Tahun 2018

Bulan	Kecepatan Dalam m/s
Januari	6.69
Februari	4.84
Maret	3.77
April	5.51
Mei	6.56
Juni	6.36
Juli	6.34
Agustus	6.57
September	6.72
Oktober	6.38
November	5.22
Desember	5.31



**Gambar 4.3** Grafik Kecepatan Rata-rata Angin Tahun 2018

Berdasarkan data dari NASA SSE seperti pada tabel 4.1 dan 4.2 serta grafik 4.2 dan 4.3, penulis mendapatkan kecepatan rata-rata angin harian pada bulan januari dan kecepatan rata-rata angin setiap bulan sepanjang tahun 2018. Lokasi sistem PLTB dengan titik koordinat -8.0246944,110.3352957 di daerah pantai parangtritis tercatat kecepatan rata-rata angin harian pada bulan januari 2018 adalah 6,69 m/s dan angin sepanjang tahun 2018 adalah 5,86 m/s.

#### 4.2 Analisa Perkiraan Daya Listrik

Umumnya daya efektif yang dapat dihasilkan oleh sebuah turbin angin hanya sebesar 40%-70%. Jadi berdasarkan rumus perhitungan daya listrik pada persamaan 2.2 dapat dikalikan 0,7 untuk mendapatkan hasil yang maksimal, karena pada teknologi turbin angin yang sekarang efisiensi dapat mencapai 80%. Sebagai contoh dari data yang didapatkan dengan menggunakan turbin angin BWC Excel-R yang berdiameter R=7 dan kerapatan angin rata-rata Indonesia sebesar 1,2 kg/m<sup>3</sup>, daya (P) yang dihasilkan pada bulan Januari dan Maret 2018 adalah:

$$P \text{ bulan Januari} = 0,7 \times 0,5 \times (1,2)\pi \times (3,5)^2 \times (6,69)^3 = 4.841,59 \text{ Watt}$$

$$P \text{ bulan Maret} = 0,7 \times 0,5 \times (1,2) \pi \times (3,5)^2 \times (3,77)^3 = 866,43 \text{ Watt}$$

(P) bulan Januari dan Maret hanya merupakan rata-rata dari total keseluruhan jumlah hari pada bulan tersebut. Jadi hasil daya yang didapatkan perlu dikalikan lagi dengan banyaknya jumlah hari. Kemudian dikalikan lagi 24 jam dalam sehari, karena (P) pada persamaan rumus daya listrik 2.3 hanyalah daya perjam yang dihasilkan oleh sebuah turbin. Sehingga untuk bulan Januari dan Maret total daya yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$4.841,59 \times 31 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} = 3.602.142,96 \text{ W atau } \pm 3.602 \text{ kW}$$

$$866,43 \times 31 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} = 644.623,92 \text{ W atau } \pm 645 \text{ kW}$$

Perbedaan daya yang dihasilkan bulan Januari dan Maret sangat jauh berbeda. Hal ini karena pada bulan Maret merupakan bulan dimana kecepatan angin dilokasi terbilang dengan rata-rata paling rendah di tahun 2018. Dalam perancangan sistem PLTB, hasil yang didapatkan tidak ada yang optimal atau bisa mencapai 100%. Selalu ada kerugian energi saat energi kinetik angin dirubah menjadi energi listrik. Besarnya kerugian energi yang hilang biasanya dipengaruhi oleh komponen dari sistem PLTB itu sendiri, beberapa diantaranya seperti:

- a. Desain blade
- b. Turbelensi angin
- c. Gaya gesek turbin
- d. Efisiensi turbin
- e. Efisiensi konstruksi turbin
- f. Efisiensi trafo
- g. Efisiensi generator dan efisiensi baterai

#### **4.3 Perhitungan Kebutuhan Beban**

Perhitungan kebutuhan beban mencakup peralatan listrik yang sering digunakan masyarakat sepanjang hari dan banyaknya konsumsi listrik rata-rata atau beban harian warga sekitar lokasi sistem PLTB. Beberapa data yang dibutuhkan akan digunakan sebagai acuan atau sebagai data sekunder yang akan dijadikan input pada software HOMER.

### 4.3.1 Analisa Perkiraan Beban

Pada penelitian ini, sistem PLTB diproyeksikan untuk menyediakan daya listrik pada daerah sekitar pembangkit dengan sistem yang digunakan adalah sistem *Off-Grid*. Dengan sistem *Off-Grid* ini pemanfaatan energi terbarukan mengharuskan kita secara bijak untuk menghitung kebutuhan energi harian pada lokasi penelitian. Dalam melakukan pemilihan kuota energi listrik dapat menggunakan standar SNI 04-6394-2000, yang mengatur perihal *minimum daily energy services* yang dapat disuplai oleh sistem. Untuk pemilihan kuota energi listrik dapat terdiri dari kelompok rumah tangga dan kelompok fasilitas umum seperti warung dan pertokoan. Peralatan listrik yang sering digunakan umumnya terbilang sederhana. Lampu penerangan, televisi, pompa air, magic jar, dan setrika merupakan peralatan listrik yang sering kita temui disetiap rumah di daerah tersebut.

Untuk total penggunaan rata-rata peralatan listrik seluruh bangunan penulis mengambil sampel dari 10 rumah dan warung yang ada di Pedukuhan Mancingan Pantai Parangtritis, lokasi yang dijadikan untuk penelitian sistem PLTB. Penggunaan rata-rata peralatan listrik dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

**Tabel 4.3** Penggunaan Peralatan Listrik Rata-rata Rumah Tangga

No	Barang Elektronik	Daya (watt)	Jumlah	Durasi Penggunaan per Hari (jam)	Energy (Wh)
1	Lampu 1	12	5	6	360
2	Lampu 2	10	2	12	240
3	Tv	100	1	8	800
4	Pompa air	250	1	3	750
5	Magic jar	350	1	1	350
6	Setrika	300	1	1	300
7	Kulkas	125	1	12	1500
<b>Total</b>					<b>4300</b>

Pada tabel 4.3 tercatat kuota energi untuk penggunaan listrik rata-rata rumah tangga dan fasilitas umum dalam 1 hari menghabiskan 4300 Wh. Penggunaan peralatan listrik diatas merupakan survey yang dilakukan di Pedukuhan Mancingan Pantai Parangtritis pada bulan januari 2019. Pola penggunaan peralatan listrik diatas akan digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan kapasitas energi listrik yang digunakan dalam satu hari dan besar energi listrik tiap harinya.

#### **4.3.2 Konsumsi Listrik Rata-rata**

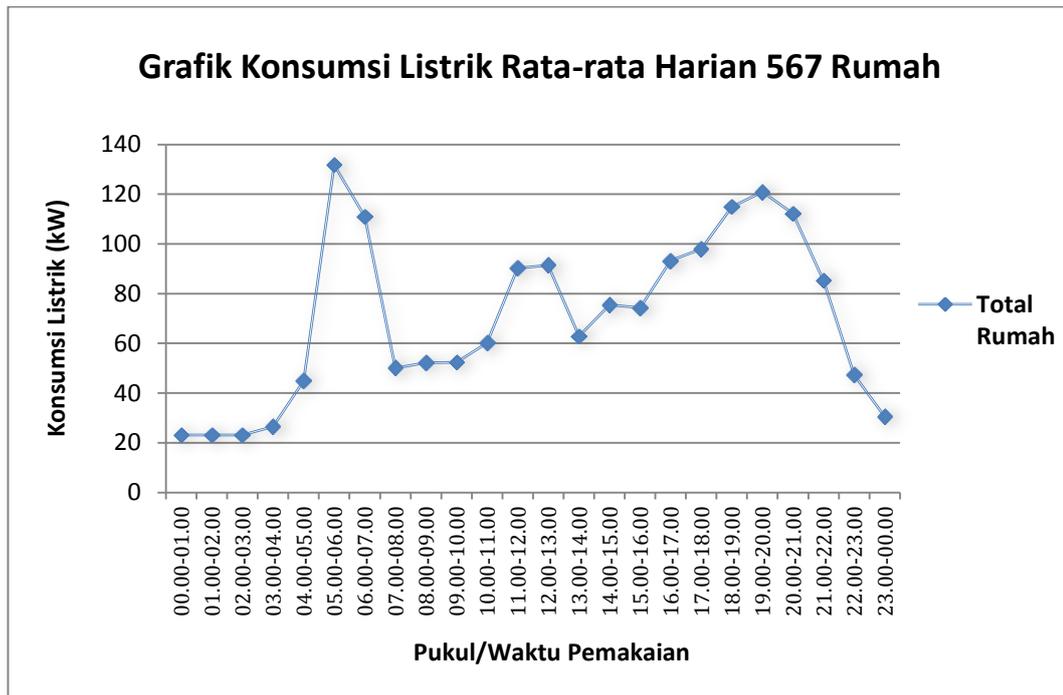
Untuk mendapatkan data penggunaan rata-rata energi listrik di lokasi yang akan dijadikan PLTB kita membutuhkan total jumlah rumah dan bangunan fasilitas umum seperti warung dan pertokoan yang terdapat dilokasi tersebut. Jumlah rumah akan dijadikan total kapasitas dalam penyediaan energi listrik yang dibutuhkan. Dari total jumlah rumah yang ada kita mengambil sampel 5 rumah untuk kemudian kita kalkulasikan seluruh kapasitas penggunaan listrik seluruh rumah. Berdasarkan data di kantor Desa Parangtritis tidak ada catatan untuk jumlah rumah setiap pedukuhan, data terkecil yang ada hanya jumlah KK pada setiap pedukuhan. Untuk mendapatkan data jumlah rumah lebih detail penulis melakukan wawancara dengan kepala desa dan salah satu dukuh di Desa Parangtritis. Menurut kepala desa Parangtritis bahwa jumlah rumah yang ada tidak jauh dari jumlah KK yang tercatat atau 90% dari jumlah KK. Menurut kepala dukuh setempat bahwa setiap bangunan rumah ada yang terdiri dari 2 KK tetapi tidak lebih dari 10% dan yang terdiri dari 3 KK tidak lebih dari 5%. Sehingga untuk menentukan jumlah rumah penulis mengambil persentasi dengan adanya 2 hingga 3 KK dalam 1 rumah, yaitu 90% dari jumlah KK yang tercatat. Berdasarkan data terbaru kantor Desa Parangtritis tercatat jumlah KK yang ada di Pedukuhan Mancingan berjumlah 630 KK. Untuk jumlah bangunan rumah berarti 90% dari jumlah KK atau  $630 \times 0.9$ , dengan total hasil 567 bangunan rumah yang ada. Data penggunaan rata-rata energi listrik dari 567 rumah dan warung berdasarkan 5 sampel yang penulis ambil untuk di jadikan acuan keseluruhan penggunaan listrik rata-rata dapat dilihat pada tabel 4.4, 4.5 dan grafik 4.4.

**Tabel 4.4** Tabel Konsumsi Listrik Rata-rata Harian 5 Rumah

<b>Waktu</b>	<b>Rata-rata/rumah (kW)</b>	<b>Waktu</b>	<b>Rata-rata/rumah (kW)</b>
00.00-01.00	0.0408	12.00-13.00	0.1613
01.00-02.00	0.0408	13.00-14.00	0.1108
02.00-03.00	0.0408	14.00-15.00	0.1332
03.00-04.00	0.0467	15.00-16.00	0.1310
04.00-05.00	0.0793	16.00-17.00	0.1646
05.00-06.00	0.2324	17.00-18.00	0.1728
06.00-07.00	0.1958	18.00-19.00	0.2027
07.00-08.00	0.0883	19.00-20.00	0.2132
08.00-09.00	0.0921	20.00-21.00	0.1978
09.00-10.00	0.0924	21.00-22.00	0.1504
10.00-11.00	0.1061	22.00-23.00	0.0835
11.00-12.00	0.1592	23.00-00.00	0.0538

**Tabel 4.5** Tabel Konsumsi Listrik Total Harian 567 Rumah

<b>Waktu</b>	<b>Total (kW)</b>	<b>Waktu</b>	<b>Total (kW)</b>
00.00-01.00	23.134	12.00-13.00	91.457
01.00-02.00	23.134	13.00-14.00	62.827
02.00-03.00	23.134	14.00-15.00	75.524
03.00-04.00	26.479	15.00-16.00	74.277
04.00-05.00	44.963	16.00-17.00	93.328
05.00-06.00	131.771	17.00-18.00	97.978
06.00-07.00	111.019	18.00-19.00	114.931
07.00-08.00	50.066	19.00-20.00	120.884
08.00-09.00	52.221	20.00-21.00	112.153
09.00-10.00	52.391	21.00-22.00	85.277
10.00-11.00	60.159	22.00-23.00	47.345
11.00-12.00	90.266	23.00-00.00	30.505



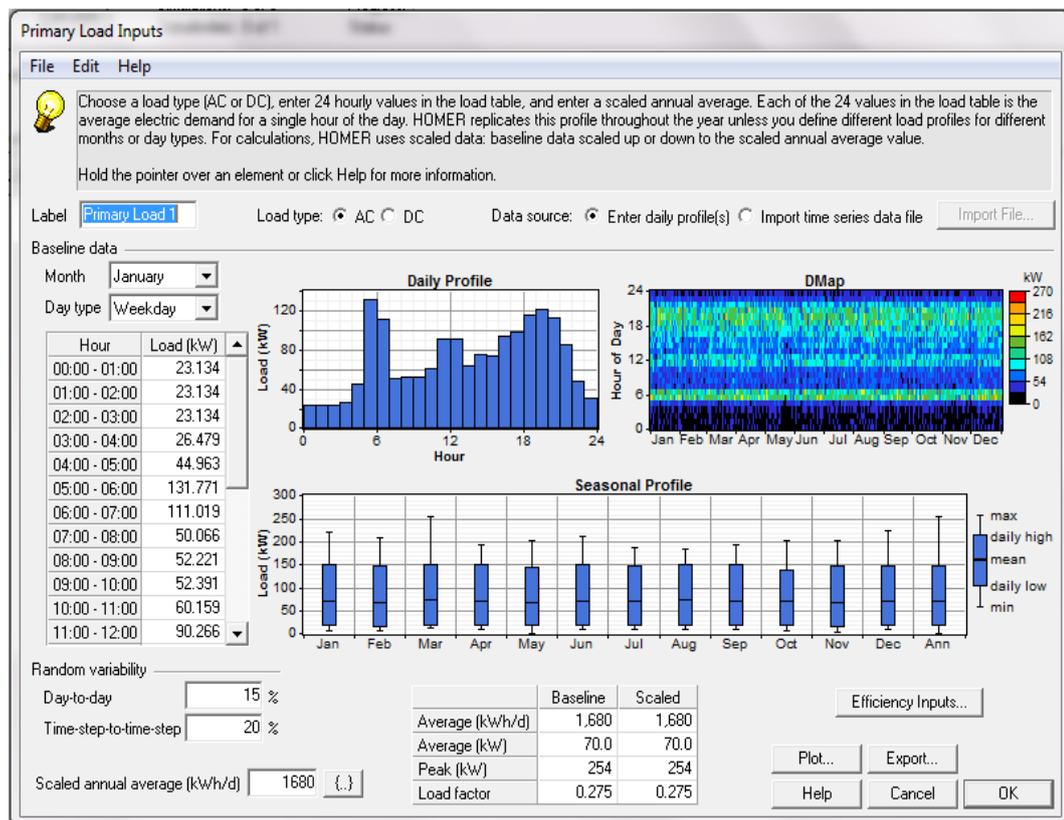
**Gambar 4.4** Grafik Konsumsi Listrik Rata-rata Harian 567 rumah

Dari grafik pola beban pemakaian listrik rumahan diatas tercatat terjadi beban puncak 2 kali dalam sehari. Beban puncak maksimal terjadi pagi hari pada pukul 05:00-06:00 dan malam hari pukul 19:00-20:00. 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, mendengarkan radio, bermain video game, dan mengerjakan tugas di laptop secara bersamaan.

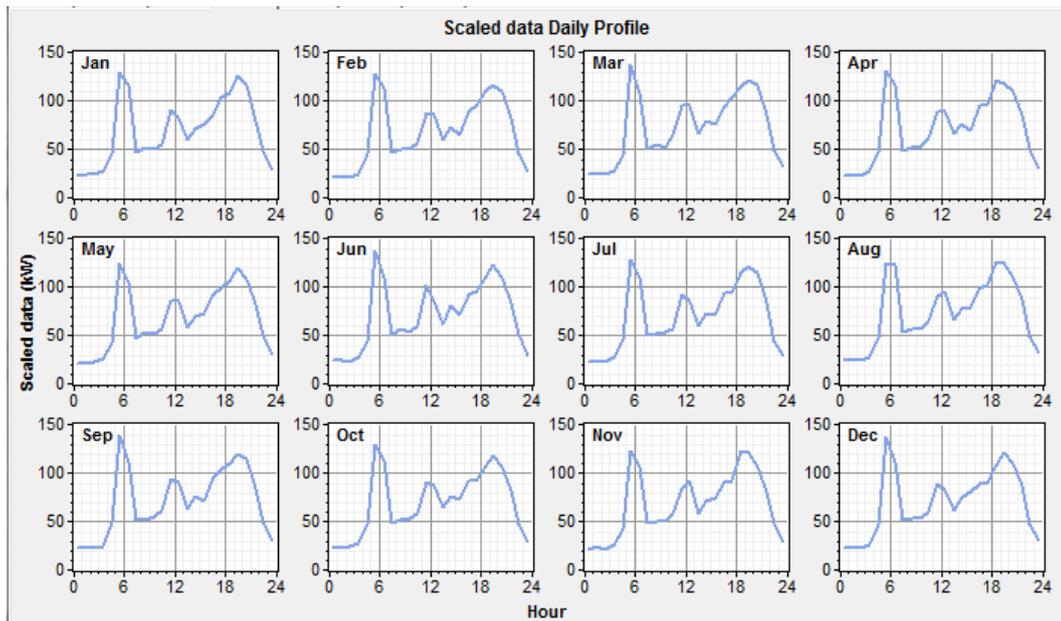
Penggunaan listrik mulai meningkat sejak pukul 15:00 hingga malam hari dikarenakan pada sore hari daerah pantai parangtritis banyak dikunjungi oleh wisatawan. Banyaknya wisatawan membuat fasilitas umum seperti warung dan pertokoan banyak dikunjungi sehingga peralatan listrik seperti kulkas dan tv lebih sering aktif. Kamar kecil lebih sering digunakan untuk pengguna pantai yang ingin membilas dengan air bersih sehingga pompa air juga lebih sering diaktifkan.

### 4.3.3 Simulasi Beban Listrik

Dalam simulasi software HOMER beban yang dibutuhkan merupakan data daya aktif harian. Dalam sistem Pembangkit ini diasumsikan *random variability* harian atau (Day-to-day) 15% dengan (Time-step-to-time-step) sebesar 20% sesuai dengan petunjuk yang ada pada HOMER. Berdasarkan simulasi dengan input beban daya aktif harian didapatkan rata-rata penggunaan energi listrik sebesar 1.680 kWh/hari, rata-rata beban listrik tiap jam 70 kW dan kemungkinan beban puncak yang dapat terjadi dalam kurun waktu 1 tahun 254 kW, sehingga tercatat faktor beban yang terjadi sebesar 0,275. Hasil simulasi konsumsi listrik dan beban tiap bulan dalam setahun dapat dilihat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6



Gambar 4.5 Perancangan Beban Primer Pada Software HOMER



**Gambar 4.6** Profil Beban Listrik Perbulan Dalam 1 Tahun

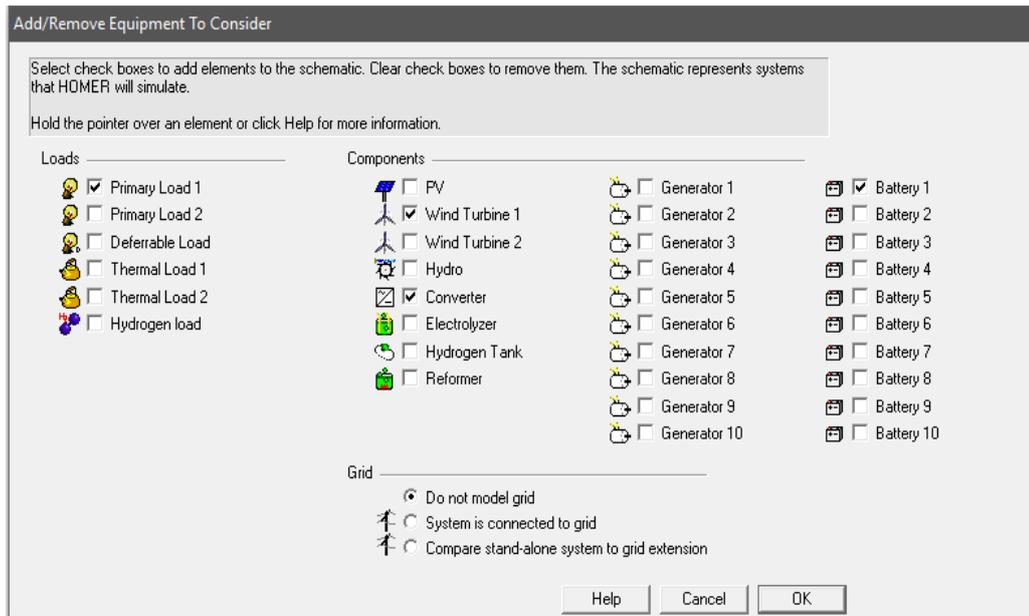
Gambar 4.6 merupakan grafik perkiraan penggunaan listrik rata-rata tiap bulan dalam 1 tahun oleh masyarakat pedukuhan Mancingan Desa Parangtritis yang disimulasikan oleh perangkat lunak HOMER. Terlihat pada grafik bahwa profil beban listrik setiap bulannya hampir terlihat sama dan tidak terlalu mengalami perubahan yang signifikan, hal ini dikarenakan tingkat ekonomi warga sekitar yang terbilang stabil sehingga pemakaian listrik mereka tidak begitu mengalami perubahan.

#### 4.4 Perancangan Sistem Pembangkit pada Homer

Pemodelan sistem PLTB dengan sumber energi terbarukan dapat dilakukan melalui pemodelan komputer dengan aplikasi bantu seperti HOMER. HOMER dapat memodelkan sistem pembangkit skala tertentu dengan optimal. Dengan konfigurasi yang tepat HOMER akan menghasilkan daya keluaran *wind turbine* dari kecepatan angin, efisiensi *wind turbine*, kelayakan teknis dan daya yang mampu dihasilkan oleh pembangkit. Pada homer juga dapat mengevaluasi sitem pada kondisi *Off-Grid* atau *On-Grid*.

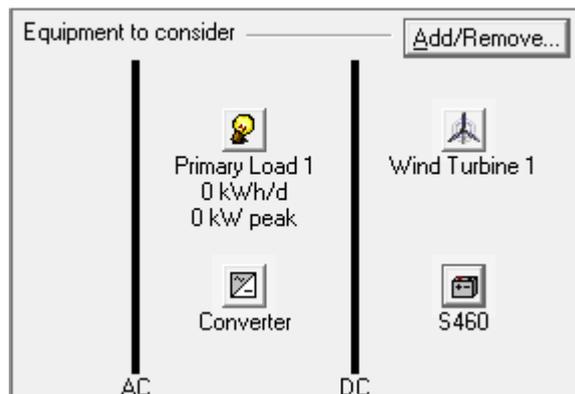
#### 4.4.1 Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Gambar 4.7 Dibawah ini merupakan tampilan awal HOMER yang akan digunakan pada sistem pembangkit listrik tenaga bayu dengan pemilihan beban yang terdiri dari, beban primer, *wind turbine*, *converter* dan *battery*.



**Gambar 4.7** Pemilihan Komponen Pada HOMER

Setelah pemilihan komponen kemudian HOMER akan mengkondisikan sistem pembangkit sesuai dengan simulasi komponen seperti pada gambar 4.8.



**Gambar 4.8** Pemodelan Sistem PLTB

#### 4.4.2 Desain Sistem Turbin Angin

Dalam menentukan sebuah turbin angin yang akan digunakan untuk sebuah pembangkit ada beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan. Hal tersebut meliputi performa sebuah turbin seperti, *star-up wind speed*, *rated power* atau *rated output*, dan biaya operasional setiap komponen pendukungnya. Lokasi perencanaan sebuah PLTB juga mempengaruhi kondisi sebuah turbin, seperti *rated wind speed* dan temperatur di lokasi tersebut. Tabel 4.6 merupakan perbandingan 2 spesifikasi turbin angin dengan type berbeda untuk memilih turbin yang tepat digunakan pada perencanaan PLTB di pantai Parangtritis.

**Tabel 4.6 Spesifikasi BWC XL.1 dan Whisper 200**

<b>Spesifikasi</b>	<b>BWC XL.1</b>	<b>Whisper 200</b>
Rated power	1.000 watts	1.000 watts
Start-up wind speed	3 m/s (6.7 mph)	3,1 m/s (7 mph)
Rated wind speed	11 m/s (24.6 mph)	11,6 m/s (26 mph)
Type	3 Blade Upwind	3 Blade Polypro
Rotor diameter	2,5 m (8.2 ft.)	2,7 m (9 ft)
Maksimum design wind Speed	54 m/s (120 mph)	55 m/s (120 mph)
Blade pitch control	None, Fixed Pitch	Whisper controller
Over speed protection	AutoFurl	Patended side-furling
Output	24 VDC	24 VDC
Price/unit	\$4.450	\$3.425

Jika melihat perbandingan 2 tipe turbin pada tabel 4.6 keuntungan dan keunggulan komponen lebih kepada turbin tipe Whisper, karena harga yang jauh murah dibandingkan turbin tipe Bergey. Tetapi untuk menentukan pilihan kita tidak bisa hanya melihat dari segi biaya sebuah produk, disini lain perlu untuk mempertimbangkan kualitas dan keunggulan lainnya. Pemilihan komponen harus disesuaikan juga dengan kebutuhan atau kapasitas listrik yang akan di pasok nantinya. Turbin angin BWC XL.1 hanya membutuhkan kecepatan 3 m/s untuk

dapat menggerakkan turbinnya, sedangkan turbin whisper membutuhkan 3.1 m/s agar turbinnya dapat bekerja. Perbedaan ini mungkin karena lebar diameter rotor BWC XL.1 lebih kecil dibanding Whisper 200, sehingga sedikit lebih dahulu bekerja saat kecepatan angin masih 3 m/s. Selain itu, turbin angin Whisper dengan *Rated Power* tertinggi hanya dapat menghasilkan 3.000 *watts*, setingkat diatas Whisper 200, yaitu Whisper 500. Sedangkan untuk Bergey masih ada BWC Excel-R dengan *rated power* 7,5 kW dan BWC Excel-S dengan *rated power* 10 kW. Jika memilih turbin tipe Whisper maka akan sangat banyak turbin yang diperlukan untuk memenuhi target kapasitas listrik. Penyediaan bidang lahan yang luas diperlukan untuk pemasangan semua turbin angin tersebut. Sehingga pada perencanaan sistem PLTB ini penulis memilih turbin angin BWC Excel-R 7,5 kW DC. Karena jika dikalkulasikan penggunaan jumlah turbin Bergey tidak akan sebanyak jumlah turbin Whisper. Gambaran dari turbin angin BWC Excel-R 7,5 kW dapat dilihat pada gambar 4.9 berikut.

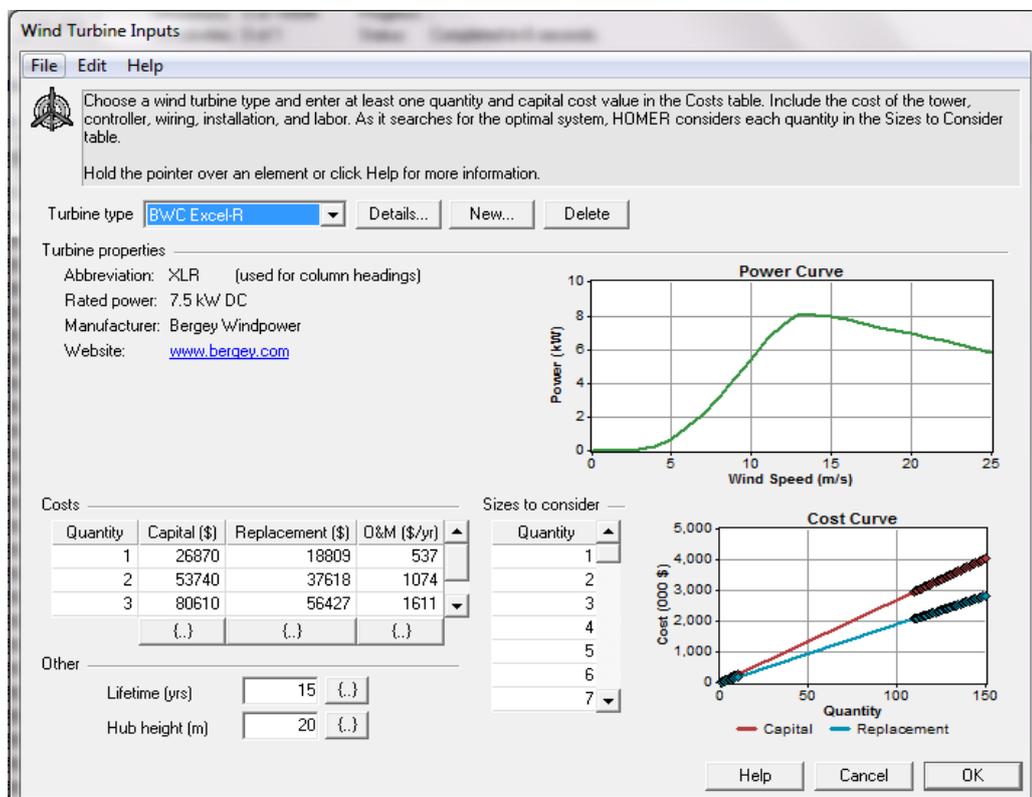


**Gambar 4.9** Turbin Angin BWC Excel-R

Dalam software 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 BWC Excel-R sebesar \$26.870 dengan estimasi biaya *replacement* sebesar 70% dari harga investasi awal yaitu \$18.809. 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 15 tahun seperti yang telah diklaim oleh perusahaan pengembangnya.

Untuk nilai O&M menurut Rislina Sitompul untuk sebuah wind turbin 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 memasukan biaya 2% dari harga turbin untuk nilai O&M, yaitu sebesar \$537. Hal ini dikarenakan jangka waktu 15 tahun bukanlah waktu yang singkat. Tidak menutup kemungkinan selama 15 tahun komponen dan alat lainnya bekerja tanpa pemeriksaan dan tidak mengeluarkan biaya untuk operasionalnya. Pemeliharaan kecil seperti mengganti komponen yang sudah aus atau rusak, pengecekan abu dan kotoran pada bagian yang berputar seperti *blade* dan *rotor* atau pemeriksaan karat pada bagian turbin lainnya.



**Gambar 4.10** Desain Sistem Turbin Angin

#### 4.4.3 Desain Sistem Baterai

Sama seperti pertimbangan spesifikasi pada turbin angin, sistem baterai juga perlu dilakukan perbandingan dalam memilih berbagai jenis yang ada. Biaya dan kualitas merupakan aspek utama dalam menentukan suatu komponen, tetapi kita perlu menyesuaikan dengan jumlah yang dibutuhkan. Tabel 4.7 merupakan perbandingan 2 baterai dengan tipe berbeda sebagai pembanding total biaya yang akan dikeluarkan dengan jumlah kapasitas yang dibutuhkan.

**Tabel 4.7** Spesifikasi Baterai Surrette 4KS25P dan Hoppecke 16OpzS 2000

Spesifikasi	4KS25P	16 OPzS 2000
Manufacturer	Surrette/Rolls	Hoppecke
Type	Flooded Deep Cycle Batteries	Sealed Lead
Nominal voltage	4 V	2 V
Nominal capacity	1.900 Ah	2.090 Ah
Capacity	7,6 kW	4 kW
Dimensions	156mm*107mm*248mm	215mm*400mm*815mm
Weight	142,9 Kg	151,5 Kg
Warranty	3 year	1 year
Price	\$1.190	\$1.590

Jika melihat pada perbandingan 2 tipe baterai pada tabel 4.7 keuntungan lebih besar ada pada baterai tipe Surrette. Dengan harga jauh lebih murah \$1.190 dapat menampung 7,6 kW untuk satu unit baterainya. Dalam perencanaan PLTB ini memang membutuhkan baterai dengan kapasitas besar dalam jumlah yang banyak karena untuk simulasi beban pada software HOMER kapasitas yang didapatkan adalah 1.680 kWh/d. Jaminan atau garansi yang diberikan oleh pihak perusahaan juga lebih menguntungkan baterai jenis Surrette dibanding jenis Hoppecke. Rolls-Surrette memberikan jangka waktu selama 3 tahun untuk ganti rugi jika terjadi kerusakan pada baterai yang digunakan oleh konsumen. Untuk ukuran pada HOMER, baterai yang tersedia dengan kapasitas paling besar yang

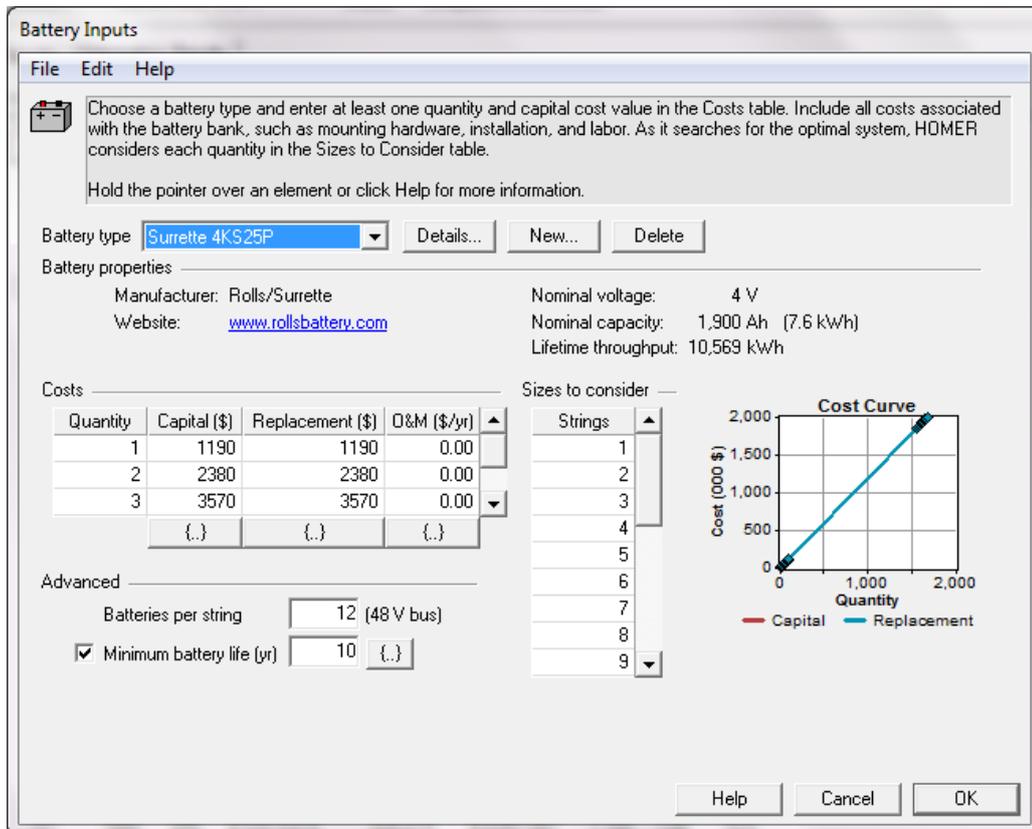
memungkinkan hanya tipe Surrrette 4KS25P. Baterai tipe Hoppecke 16 OpzS 2000 sendiri menurut data dan spesifikasi yang penulis dapatkan dari [biotechx.com/](http://biotechx.com/) lebih tepat digunakan pada sistem PLTS dengan photovoltaic. Jadi untuk perencanaan sistem PLTB ini penulis memilih baterai jenis Surrrette tipe 4KS25P seperti pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Baterai Rolls-Surrrette 4KS25P

Perancangan sistem baterai pada software HOMER sama seperti pada sistem turbin angin. Ada 3 inputan nilai yang harus dimasukkan pada sistem baterai yaitu, *cost*, *sizes to consider* dan baterai per string. Pada *cost* nilai yang dimasukkan meliputi nilai *capital* atau harga satuan baterai, *replacement* atau biaya pergantian dan ada nilai O&M atau nilai operasional dan pemeliharaan. Berdasarkan harga yang kita dapatkan dari web [ecodirect.com/](http://ecodirect.com/) untuk harga satu baterai Surrrette 4KS25P senilai \$1.190 dengan tegangan nominal 4V dengan kapasitas 1.900 Ah atau 7,6 kWh. Untuk nilai *replacement* sama seperti harga satuan baterainya, karena untuk kerusakan atau pergantian harus mengganti keseluruhan komponennya. Pada baterai nilai O&M tidak perlu diisi atau masukan nilai \$0, karena perawatan pada baterai hanya pengecekan tegangan baterai saja.

Pada inputan *size to consider* kita memasukan input banyaknya baterai yang akan digunakan. Nantinya simulasi HOMER akan memilih jumlah yang tepat untuk dipakai sesuai kapasitas yang ada. Gambar 4.12 merupakan desain sistem baterai pada software HOMER.

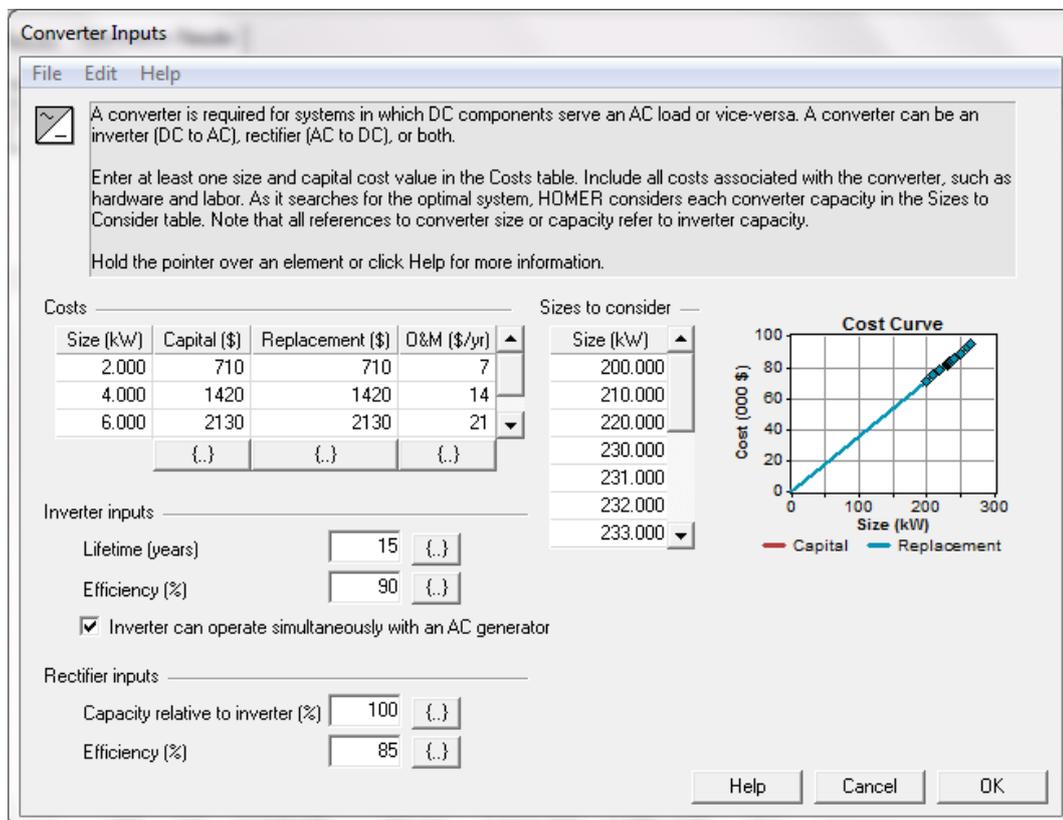


Gambar 4.12 Desain Sistem Baterai

#### 4.4.4 Desain Sistem Converter

Sama seperti desain sistem turbin angin dan baterai, pada desain converter juga terdapat 3 input nilai yang harus dimasukkan meliputi *cost*, *sizes to consider* dan *inverter input*. Tetapi ada yang berbeda dari sistem converter dengan desain sistem turbin angin dan baterai. Pada aplikasi HOMER tidak terdapat pilihan tipe converter yang akan kita gunakan seperti pada saat kita memilih tipe turbin dan baterai. HOMER tidak memasukkan input tipe dan jenis baterai sehingga untuk menentukan converter yang akan kita gunakan hanya dengan memasukkan besar kapasitas yang berkisar antara nilai beban puncak seperti yang telah kita dapatkan pada simulasi beban primer pada gambar 4.5 sebelumnya. Untuk nilai *cost* kita input harga mulai dari converter 2 kW yang dikalkulasikan dari harga converter 266 kW senilai \$94.287 yang didapatkan dari situs [www.freecleansolar.com/](http://www.freecleansolar.com/), sehingga didapatkan \$710 setiap kelipatan 2 kW. Nilai *replecement* sama seperti

harga investasi awal. Sebab jika terjadi kerusakan pada converter maka komponen lainnya tidak dapat digunakan lagi sehingga harus diganti secara menyeluruh. Pada nilai *sizes to consider* kita masukan nilai yang berkisar pada beban puncak (254 kWp), yaitu input dari 180 kW hingga 300 kW. Pada nilai *sizes to consider* ini lah HOMER akan menentukan konfigurasi dengan kapasitas converter terbaik yang nantinya akan digunakan. Pada *inverter inputs*, nilai *lifetime* atau lamanya penggunaan inverter sebesar 15 tahun dan nilai *efficiency* 90% sesuai dengan nilai yang sudah ditentukan oleh HOMER. Desain sistem converter bisa dilihat pada gambar 4.13 berikut.



**Gambar 4.13** Desain Sistem Converter

Setelah penentuan komponen keseluruhan selesai, kemudian dilakukan simulasi guna mencari konfigurasi terbaik. Untuk perencanaan sistem PLTB ini HOMER mensimulasikan konfigurasi terbaik dengan menggunakan converter kapasitas 238 kW seperti pada gambar 4.16 Tercatat minimal converter yang bisa

digunakan mulai dari 238 kW ke atas. Tetapi berdasarkan beban primer yang ada pada gambar 4.5 tercatat beban puncak bisa mencapai hingga 254 kW. Sehingga jika menggunakan converter 238 kW, sewaktu-waktu saat kebutuhan listrik mencapai beban puncak bisa terjadi trip tegangan bahkan sampai merusak converter tersebut. Hal ini disebabkan kapasitas converter yang tidak sesuai dengan input yang masuk. Selain itu, untuk ukuran kapasitas converter tidak ditemukan converter yang dijual dengan kapasitas 238 kW. Maka untuk mencegah terjadinya kerusakan pada komponen penulis memilih converter dengan kapasitas diatas beban puncak, yaitu tipe Solectria SGI 266 kW. Karena kapasitas converter setingkat diatas beban primer hanya tersedia pada pilihan converter Solectria SGI dengan kapasitas 266 kW. Spesifikasi dan tampilan converter Solectria SGI 266 kW bisa dilihat pada tabel 4.8 dan gambar 4.14.

**Tabel 4.8** Spesifikasi Converter Solectria SGI 226 kW

Minimum input voltage	48 VDC
Maximum input voltage	625 VDC
Input voltage range	300-500 VDC
Maximum operating input current	908 A
Nominal Output Voltage	480 or 600 VAC, 3-Ph
Output power (480/600 VAC)	266 kW
Temperature (full power)	-40°F to +122°F (-40°C to +50°C)
Dimensions (H x W x D)	2007mm*2769mm*1041mm
Weight	2568 Kg
Warranty	5 year
Price	\$94.287

Berdasarkan data spesifikasi yang penulis dapatkan dari [solectria.com](http://solectria.com), sebuah converter Solectria SGI 266 kW dapat menerima input hingga 625 VDC dengan minimal input 48 VDC dan rata-rata input antara 300-500 VDC. Nominal output voltage untuk satu unit converter Solectria ini sebesar 480 hingga 600

VAC atau output power sebesar 266 kW. Dengan ukuran 200x277x104 Cm dan berat 2568 Kg converter Solectria ini bisa bertahan pada suhu hingga 70°C saat digunakan dengan kapasitas rata-rata. Saat digunakan pada kapasitas maksimalnya converter ini masih bisa bertahan pada suhu 50°C dengan jaminan atau garansi selama 5 tahun yang diberikan pihak perusahaan jika terjadi kerusakan atau ada yang bermasalah dengan converter tersebut.



**Gambar 4.14** Converter Solectria SGI 266 kW

#### **4.4.5 Sistem Konfigurasi Grid/Off-Grid**

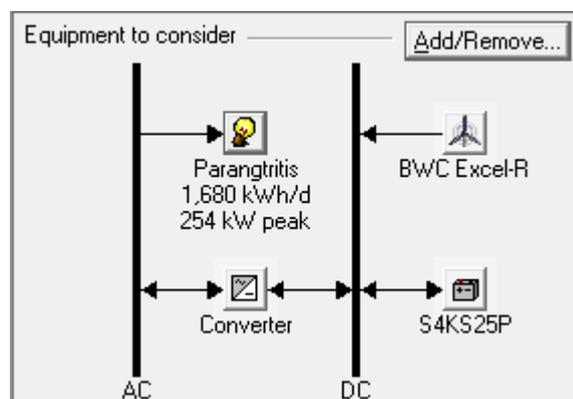
Pada software HOMER, simulasi dalam perancangan sistem ini tidak menggunakan koneksi *Grid* atau jaringan listrik. Penulis memilih sistem *Off-Grid* karena jika terjadi gangguan pada jaringan listrik PLN tidak akan berpengaruh pada penggunaan listrik warga sekitar PLTB. Hal ini dikarenakan jumlah kelebihan 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 PLTB. 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 PLTB nantinya. Penulis hanya mengasumsikan alasan sesuai perencanaan penelitian ini dengan sistem *Off-Grid*.

#### 4.5 Simulasi Sistem Pada Homer Energy

Setelah pemilihan komponen dengan sistem konfigurasi yang telah ditentukan maka selanjutnya adalah melihat hasil simulasi yang didapatkan dengan menggunakan software HOMER. Data beban dan pemilihan komponen dapat dilihat pada gambar 4.15



**Gambar 4.15** Beban dan Pemilihan Komponen

Pada perencanaan sistem PLTB ini seperti pada gambar 4.15 tercatat beban primer sebesar 1.680 kWh/d, dengan turbin angin BWC Excel-R yang digunakan sebagai penghasil energi listrik dan cadangan penyimpanan energi listrik pada baterai Surrette S4KS25P. Adapun converter digunakan untuk merubah arus DC dari baterai menjadi arus AC pada output converter hingga ke konsumen adalah tipe Solectria SGI 266 kW.

Setelah beban dan komponen diinput, HOMER kemudian melakukan simulasi lebih dari 2000 konfigurasi yang mungkin terjadi dengan sistem terbaik. Konfigurasi sistem yang dikatakan terbaik adalah konfigurasi dengan nilai *Net Present Cost* (NPC) paling kecil atau dengan biaya keseluruhan paling murah. Desain perencanaan sistem PLTB yang terbaik di daerah Pantai Parangtritis, Bantul berdasarkan hasil simulasi HOMER adalah dengan kombinasi 141 turbin angin jenis BWC Excel-R, 1.656 buah baterai jenis Surrette S4KS25P, dan converter sebesar 238 kW. Hasil perhitungan HOMER dapat dilihat pada gambar 4.16

	XLR	S4KS25P	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)
	141	1656	238	\$ 5,843,800	231,008	\$ 8,796,859	1.123	1.00	12.0
	141	1656	240	\$ 5,844,510	231,034	\$ 8,797,899	1.123	1.00	12.0
	141	1656	250	\$ 5,848,060	231,163	\$ 8,803,102	1.124	1.00	12.0
	141	1656	260	\$ 5,851,610	231,293	\$ 8,808,305	1.125	1.00	12.0
	141	1656	266	\$ 5,853,740	231,370	\$ 8,811,427	1.125	1.00	12.0
	142	1644	238	\$ 5,856,390	231,452	\$ 8,815,127	1.125	1.00	12.0
	142	1644	240	\$ 5,857,100	231,478	\$ 8,816,168	1.126	1.00	12.0
	141	1668	235	\$ 5,857,015	231,562	\$ 8,817,152	1.126	1.00	12.0
	141	1668	238	\$ 5,858,080	231,601	\$ 8,818,712	1.126	1.00	12.0
	141	1668	240	\$ 5,858,790	231,626	\$ 8,819,753	1.126	1.00	12.0
	142	1644	250	\$ 5,860,650	231,607	\$ 8,821,371	1.126	1.00	12.0
	141	1668	250	\$ 5,862,340	231,756	\$ 8,824,956	1.127	1.00	12.0
	142	1644	260	\$ 5,864,200	231,737	\$ 8,826,574	1.127	1.00	12.0
	142	1644	266	\$ 5,866,330	231,814	\$ 8,829,695	1.127	1.00	12.0
	141	1668	260	\$ 5,865,890	231,885	\$ 8,830,159	1.127	1.00	12.0
	141	1668	266	\$ 5,868,020	231,963	\$ 8,833,280	1.128	1.00	12.0
	143	1632	238	\$ 5,868,980	231,896	\$ 8,833,395	1.128	1.00	12.0
	143	1632	240	\$ 5,869,690	231,922	\$ 8,834,436	1.128	1.00	12.0
	142	1656	235	\$ 5,869,605	232,006	\$ 8,835,420	1.128	1.00	12.0
	142	1656	238	\$ 5,870,670	232,045	\$ 8,836,980	1.128	1.00	12.0
	142	1656	240	\$ 5,871,380	232,071	\$ 8,838,021	1.128	1.00	12.0
	141	1680	235	\$ 5,871,295	232,154	\$ 8,839,006	1.128	1.00	12.0
	143	1632	250	\$ 5,873,240	232,052	\$ 8,839,639	1.129	1.00	12.0
	141	1680	238	\$ 5,872,360	232,193	\$ 8,840,566	1.129	1.00	12.0
	141	1680	240	\$ 5,873,070	232,219	\$ 8,841,607	1.129	1.00	12.0
	142	1656	250	\$ 5,874,930	232,200	\$ 8,843,224	1.129	1.00	12.0
	143	1632	260	\$ 5,876,790	232,181	\$ 8,844,843	1.129	1.00	12.0

Gambar 4.16 Simulasi Konfigurasi Terbaik

Hasil simulasi HOMER pada gambar 4.16 terbilang cukup mahal dari segi biaya investasinya. Hal ini dikarenakan aplikasi HOMER yang digunakan adalah HOMER keluaran pertama atau HOMER268Beta. Sehingga untuk mendapatkan konfigurasi optimal HOMER mensimulasikan kapasitas penghasil yang jauh lebih besar diatas kapasitas yang dibutuhkan. Hal ini menyebabkan banyaknya energi yang tersisa atau tidak terpakai. Seperti yang terlihat pada gambar 4.21 dimana energi yang disisakan atau tidak terpakai sebesar 1.813.958 kWh/tahun. Jika dibandingkan dengan HOMER PRO keluaran terbaru, kapasitas penghasil akan menyesuaikan sedikit lebih besar dari kapasitas yang dibutuhkan. Dari segi biaya juga sedikit lebih murah dibanding HOMER268Beta. Seperti yang terlihat pada gambar 4.17, biaya investasi untuk sistem PLTB di Pantai Parangtitis membutuhkan biaya sebesar \$5.051.228. Dengan energi yang tersisa tidak sebanyak pada HOMER268Beta, yaitu 1.207.236 kWh/year.

Architecture						Cost					System	
	XL6R	S4KS25P	Sol269.8 (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (\$/yr)		
	104	1,380	270	LF	\$5.05M	\$0.638	\$102,306	\$3.73M	100	0		
	104	1,380	270	CC	\$5.05M	\$0.638	\$102,306	\$3.73M	100	0		
	105	1,368	270	LF	\$5.07M	\$0.639	\$102,749	\$3.74M	100	0		
	105	1,368	270	CC	\$5.07M	\$0.639	\$102,749	\$3.74M	100	0		
	104	1,404	270	LF	\$5.08M	\$0.641	\$102,577	\$3.75M	100	0		
	104	1,404	270	CC	\$5.08M	\$0.641	\$102,577	\$3.75M	100	0		

System Architecture: Solectria Renewables SGI 266-480 (270 kW)		Total NPC: \$5,051,228.00															
Bergey Excel 6-R (104) HOMER Cycle Charging		Levelized COE: \$0.6376															
Surrette 4 KS 25P (115 strings)		Operating Cost: \$102,306.30															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Production</th> <th>kWh/yr</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bergey Excel 6-R</td> <td>1,872,264</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>1,872,264</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>			Production	kWh/yr	%	Bergey Excel 6-R	1,872,264	100	Total	1,872,264	100						
Production	kWh/yr	%															
Bergey Excel 6-R	1,872,264	100															
Total	1,872,264	100															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Consumption</th> <th>kWh/yr</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AC Primary Load</td> <td>612,801</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>DC Primary Load</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Deferrable Load</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>612,801</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>			Consumption	kWh/yr	%	AC Primary Load	612,801	100	DC Primary Load	0	0	Deferrable Load	0	0	Total	612,801	100
Consumption	kWh/yr	%															
AC Primary Load	612,801	100															
DC Primary Load	0	0															
Deferrable Load	0	0															
Total	612,801	100															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Quantity</th> <th>kWh/yr</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Excess Electricity</td> <td>1,207,236</td> <td>64.5</td> </tr> <tr> <td>Unmet Electric Load</td> <td>399</td> <td>0.0651</td> </tr> <tr> <td>Capacity Shortage</td> <td>513</td> <td>0.0837</td> </tr> </tbody> </table>			Quantity	kWh/yr	%	Excess Electricity	1,207,236	64.5	Unmet Electric Load	399	0.0651	Capacity Shortage	513	0.0837			
Quantity	kWh/yr	%															
Excess Electricity	1,207,236	64.5															
Unmet Electric Load	399	0.0651															
Capacity Shortage	513	0.0837															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Quantity</th> <th>Value</th> <th>Units</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Renewable Fraction</td> <td>100</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>			Quantity	Value	Units	Renewable Fraction	100	%									
Quantity	Value	Units															
Renewable Fraction	100	%															

**Gambar 4.17** Konfigurasi Terbaik dan Hasil Energi HOMER PRO

Dari gambar 4.16 dan 4.17 kedua konfigurasi menggunakan kombinasi yang hampir sama. Hanya saja yang membedakannya adalah pada penggunaan turbin angin. Pada HOMER PRO tidak terdapat turbin angin BWC Excel-R 7,5 kW, sehingga pada percobaan dengan HOMER PRO penulis menggunakan turbin BWC Excel 6 kW yang memiliki selisih paling sedikit dari BWC Excel 7,5 kW.

#### 4.6 Analisis Konfigurasi Sistem Terbaik

Berdasarkan gambar 4.16 konfigurasi terbaik dari simulasi HOMER dengan kombinasi 141 turbin angin, 1656 baterai dan converter 238 kW. Tetapi karena tidak tersedianya converter 238 kW dan untuk menghindari terjadinya trip sewaktu-waktu maka penulis mengambil pilihan pada converter 266 kW dengan jumlah turbin dan baterai yang sama. Alasannya jelas untuk menghindari trip atau masalah kerusakan converter karena beban puncak yang bisa saja terjadi saat kapasitas beban primer 254 kW. Alasan lain karena converter yang tersedia setingkat lebih besar dari kapasitas beban puncak hanya ada converter 266 kW tipe Colectria SGI. Gambar 4.18 merupakan konfigurasi sistem paling optimal pilihan penulis dalam sistem PLTB ini.

XLR	S4KS25P	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)
141	1656	266	\$ 5,853,740	231,370	\$ 8,811,427	1.125	1.00	12.0

**Gambar 4.18** Pilihan Konfigurasi Optimal

**Tabel 4.9** Tabel Konfigurasi Optimal

	Konfigurasi	Keterangan
Wind turbine Bergey (units)	141	Jumlah turbin BWC Excel-R 7,5 kW yang digunakan sebanyak 141 buah.
Battery (units)	1656	Konfigurasi dengan 1656 yang disusun secara seri sebanyak 138 strings. Setiap string terdiri dari 12 baterai 4V untuk mendapatkan tegangan output 48V sesuai dengan spesifikasi input DC pada converter.
Converter (kW)	266	Konfigurasi dengan 266 kW converter untuk memenuhi kapasitas beban puncak sebesar 254 kW.
Initial capital (\$)	\$5.853.740	Total biaya investasi yang dikeluarkan untuk sistem PLTB.

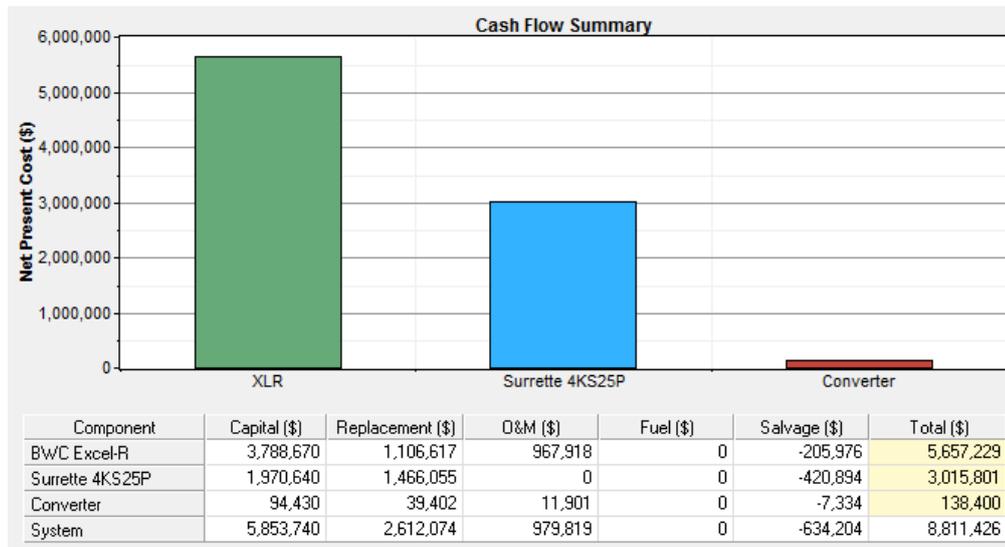
Operating cost (\$/yr)	\$231.370	Total biaya operasional yang digunakan untuk pemeliharaan seluruh komponen setiap tahun.
Total NPC	\$8.811.427	Total biaya pengeluaran dikurangi surplus.
COE (\$/kWh)	\$1.125	Rata-rata harga per kWh dari energi listrik yang dihasilkan pembangkit.
Renewable fraction	1	Rasio pembangkit energi terbarukan, artinya 100% pembangkit menggunakan energi terbarukan sebagai sumber energinya.

#### 4.7 Analisis Biaya Sistem Pembangkit

Berdasarkan harga yang diinput pada biaya satuan komponen-komponen yang digunakan, perangkat lunak HOMER juga mengkalkulasikan hasil dari total biaya setiap komponennya. Biaya yang dianalisis pada penelitian ini adalah biaya dengan konfigurasi terbaik pada sistem paling optimal menurut penulis.

##### 4.7.1 Biaya Berdasarkan Komponen

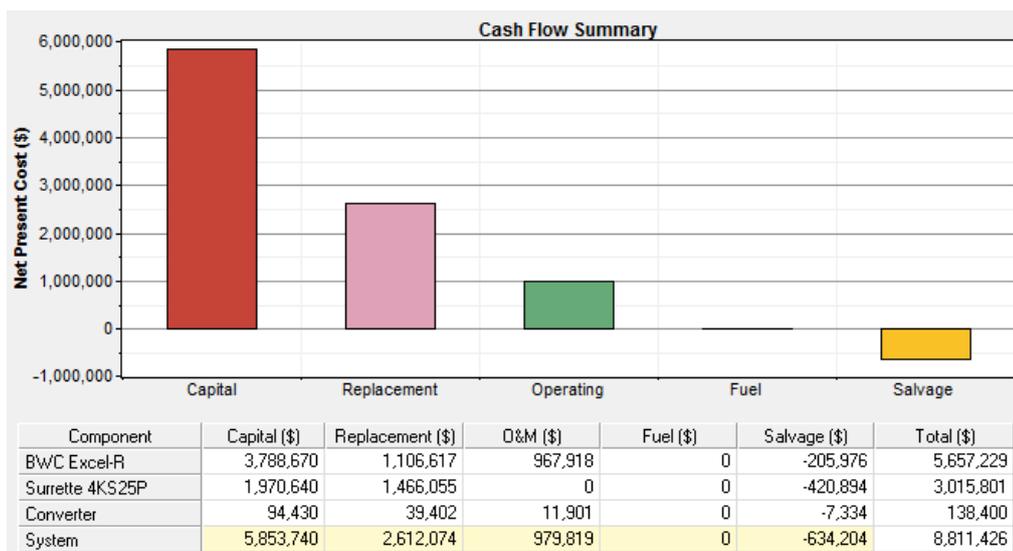
Pada biaya komponen ini adalah biaya yang dikalkulasikan HOMER dengan menghitung jumlah komponen yang dibutuhkan kemudian dikalikan dengan harga satuan komponen. Hasil perhitungan HOMER pada gambar 4.19 tercatat biaya paling mahal dalam sistem ini adalah untuk komponen turbin angin yang melebihi 50% dari total biaya investasi, yaitu sebesar \$5.657.229. HOMER mengkalkulasikan dengan menjumlahkan biaya *capital*, *replacement* dan O&M kemudian dikurangi biaya *salvage* atau harga jual ulang komponen setelah dipakai sebesar \$205.876. Sama seperti perhitungan pada komponen turbin angin, untuk biaya komponen seluruh baterai dan converter tercatat sebesar \$3.015.801 dan \$138.400 dengan harga jual ulang baterai dan converter saat sudah tidak terpakai sebesar \$420.894 dan \$7.334.



Gambar 4.19 Biaya Tiap Komponen

#### 4.7.2 Biaya Berdasarkan Tipe

Seperti yang terlihat pada gambar 4.20, biaya investasi awal untuk seluruh komponen adalah sebesar \$5.853.74. Dengan biaya *replacement* sebesar \$2.612.074, biaya O&M sebesar \$979.819 dan biaya *salvage* sebesar \$-634.204 untuk penjualan komponen yang sudah terpakai. Nilai *Fuel* tidak dikenakan biaya karena untuk seluruh komponen tidak menggunakan bahan bakar. Sehingga total seluruh biaya untuk sistem ini didapatkan sebesar \$8.811.426.



Gambar 4.20 Biaya Berdasarkan Tipe

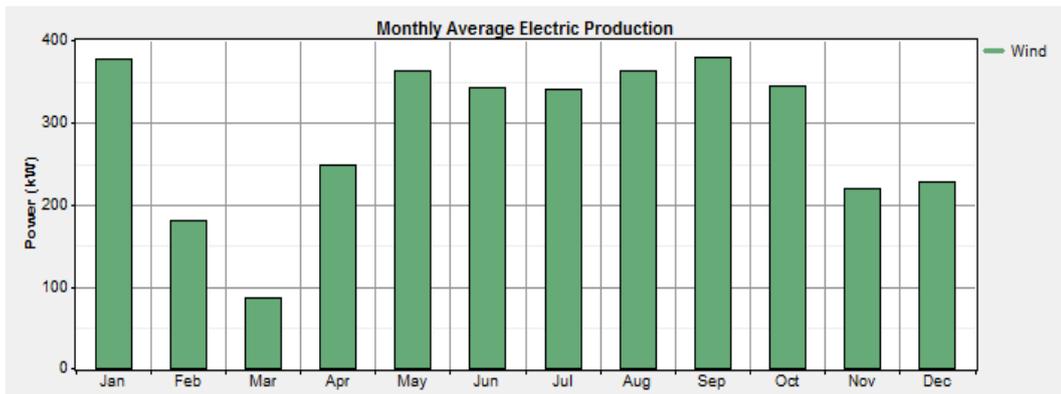
#### 4.8 Analisis Hasil Pembangkitan Energi

Dari simulasi HOMER dengan konfigurasi optimal yang di kombinasi dari 141 turbin, 1656 baterai dan 266 kW converter untuk sistem PLTB ini dapat menghasilkan total energi sebesar 2.540.787 kWh/tahun. Dengan konsumsi beban AC sebesar 612.734 kWh/tahun. *Excess electricity* atau Kelebihan energi listrik dari pembangkit ini sebesar 1.813.958 kWh/tahun. Kelebihan beban yang tidak terpakai bisa digunakan untuk menyuplai daya listrik lain selain kebutuhan rumah tangga atau hasil dari pembangkit bisa dijual ke perusahaan listrik negara untuk pengembalian dana investasi awal perencanaan sistem PLTB ini.

Production	kWh/yr	%	Consumption	kWh/yr	%	Quantity	kWh/yr	%
Wind turbines	2,540,787	100	AC primary load	612,734	100	Excess electricity	1,813,958	71.4
Total	2,540,787	100	Total	612,734	100	Unmet electric load	467	0.1
						Capacity shortage	571	0.1
						Quantity	Value	
						Renewable fraction	1.00	

**Gambar 4.21** Produksi dan Konsumsi Energi Listrik 1 Tahun

Produksi listrik setiap bulan tidak selalu sama dan selalu mengalami naik turun. Hal ini disebabkan oleh rata-rata kecepatan angin yang berbeda setiap bulannya karena perubahan iklim dan cuaca. Pada grafik 4.22, terjadi penurunan produksi energi listrik pada bulan februari hingga maret karena kecepatan angin rata-rata turun hingga hanya 3,77 m/s. Penurunan rata-rata kecepatan angin ini disebabkan karena akan terjadinya pergantian musim dari angin muson barat menjadi angin muson timur. Seperti yang kita ketahui angin muson timur siklusnya berlangsung dari bulan April hingga Oktober. Angin muson timur bertiup dari Benua Australia ke Benua Asia yang menyebabkan Indonesia mengalami musim kemarau. Sehingga angin yang bertiup dari benua Australia pada bulan April hingga Oktober memberi efek besar dalam penghasilan energi listrik sistem PLTB. Karena pantai Parangtritis yang berbatasan langsung dengan Samudra Hindia menerima hembusan angin yang cukup besar sepanjang musim. Grafik produksi listrik sepanjang tahun bisa dilihat pada gambar 4.22



**Gambar 4.22** Grafik Produksi Listrik Tiap Bulan

Pada sistem PLTB, 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. Dari hasil simulasi HOMER, pada sistem baterai energi yang masuk dari turbin sebesar 230.316 kWh/tahun sedangkan energi yang dapat dikeluarkan sebesar 184.304 kWh/tahun. Tercatat *losses* yang terjadi pada sistem baterai sebesar 45.955 kWh/tahun atau 20% dari energi yang diterima. Begitu juga yang terjadi pada sistem converter, saat energi yang masuk 680.816 kWh/tahun, energi yang dapat dikeluarkan berkurang menjadi 612.734 kWh/tahun atau 90% dari total energi yang diterima. Sehingga tercatat pada sistem converter mengalami *losses* sebesar 68.082 kWh/tahun. Rugi-rugi daya pada sistem baterai dan converter bisa dilihat pada gambar 4.23.

Quantity	Value	Units
Energy in	230,316	kWh/yr
Energy out	184,304	kWh/yr
Storage depletion	57	kWh/yr
Losses	45,955	kWh/yr
Annual throughput	206,058	kWh/yr
Expected life	12.0	yr

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Hours of operation	8,757	0	hrs/yr
Energy in	680,816	0	kWh/yr
Energy out	612,734	0	kWh/yr
Losses	68,082	0	kWh/yr

**Gambar 4.23** Rugi-rugi Daya Baterai dan Converter