

BAB IV

ANALISIS DATA

A. Data Wilayah

Penelitian ini dilakukan di Pantai Setro jenar, Kec.Bulus Pesantren, Kebumen, Jawa Tengah. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui potensi dari kecepatan angin. Letak pantai didaerah selatan Kebumen memiliki angin cukup kencang memungkinkan untuk menjadi energi alternatif pembantu industri mikro warga sekitar, memiliki lahan landai yang luas bisa digunakan untuk pembangunan Pembangkit Listrik Energi Angin/Bayu.



Gambar 4.1 Kondisi Pantai Setro Jenar

B. Profil Beban

Potensi energi angin di Desa Bulus Pesantren Kebumen ini digunakan untuk mensuplai industri mikro yang ada di sekitar desa tersebut. satu sampel industri mikro yang cukup besar memakai beban listrik dari PLN. Berikut industri mikro yang memiliki beban cukup besar untuk menjalankan usahanya :

Tabel 4.1 Konsumsi listrik 1 rumah industri mikro

Beban	Jumlah	Daya(kW)	Waktu
Adaptor	1	0,45	4 jam
Motor 1	1	0,37	4jam
Motor 2	1	0,125	4jam
Motor 3	1	0,125	4jam
Mesin Plastik Kecil	3	0,06	8jam
Kipas Angin	3	0,18	8jam
Lampu (12W)	12	0,144	10jam
Kulkas	1	0,1	24jam
Tv	1	0,12	7jam
Ac	1	0,4	8jam
Pompa Air	1	0,125	3jam
Mesin cuci	1	0,23	1jam

Data berikut dapat diambil kesimpulan jumlah total daya yang di gunakan dalam 1 hari adalah 15,776 kW penggunaan peralatan listrik pada industri mikro. Penggunaan daya tersebut bebarengan dengan penggunaan kebutuhan daya rumah setiap harinya. Berikut konsumsi daya listrik rata-rata perjam :

Tabel 4.2 Konsumsi listrik rata-rata perjam dari beban

Waktu	Rata- Rata Pemakaian (Kwh)
00.00-01.00	0.548
01.00-02.00	0.548
02.00-03.00	0.548
03.00-04.00	0.148
04.00-05.00	0.136
05.00-06.00	0.676
06.00-07.00	0.664
07.00-08.00	1.151
08.00-09.00	1.274
09.00-10.00	1.262
10.00-11.00	1.322
11.00-12.00	1.31
12.00-13.00	0.981
13.00-14.00	0.312
14.00-15.00	0.192
15.00-16.00	0.204
16.00-17.00	0.748
17.00-18.00	0.736
18.00-19.00	0.861
19.00-20.00	1.136
20.00-21.00	1.136
21.00-22.00	0.572
22.00-23.00	0.56
23.00-00.00	0.56

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa pemakaian beban paling banyak terjadi pada pagi kesiang hari dengan jangka waktu pemakaian mesin selama 4 jam perhari.



Gambar 4.2 Mesin pres plastik

C. Potensi Angin

Berdasarkan data potensi angin yang didapatkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Rata-rata kecepatan angin di pantai khususnya daerah Desa Bulus Pesantren, Kebumen, Jawa Tengah adalah 4,79 m/s. Data

kecepatan angin di lokasi pembangkit selama satu tahun dapat di lihat pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Data kecepatan angin perbulan

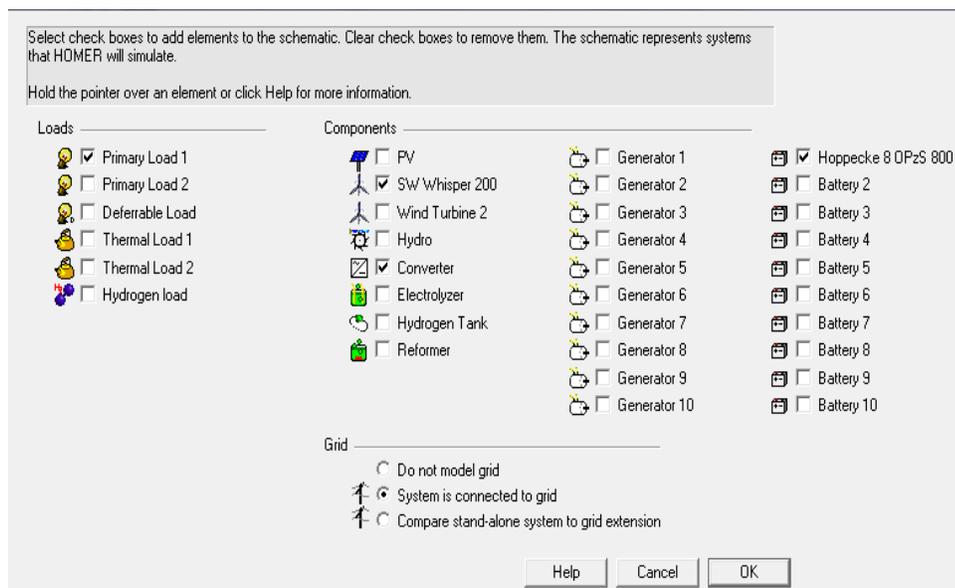
Bulan	Kecepatan angin m/s
Januari	4,86
Februari	3,61
Maret	4,92
April	4,11
Mei	4,27
Juni	5,52
Juli	6,20
Agustus	5,17
September	5,21
Oktober	5,77
November	3,86
Desember	4,02

(Sumber : BMKG, 2016)

D. Perancangan Homer

Pemodelan sistem PLTB dengan sumber energi terbarukan dapat dilakukan melalui pemodelan komputer. HOMER merupakan simulasi atau alat bantu pemodelan dalam energi terbarukan dengan mengetahui sumber energi yang tersedia dan kebutuhan beban yang dipakai.

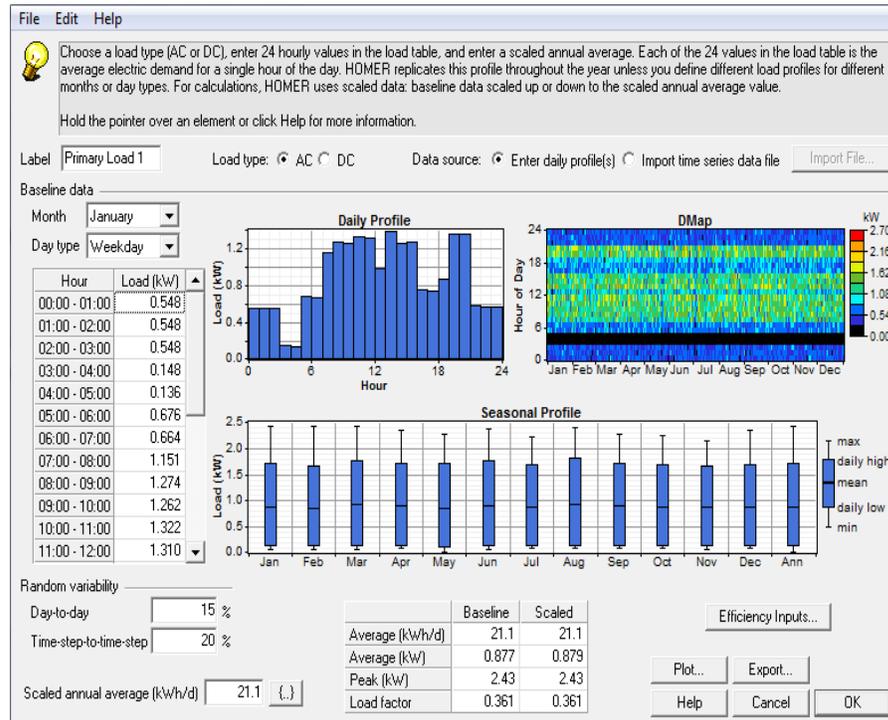
HOMER mampu memodelkan sistem pembangkit skala kecil yang optimal, dengan demikian kelayakan teknis dan analisa tentang beban yang terpasang, daya yang dapat dihasilkan dari sistem dapat ditentukan melalui simulasi menggunakan HOMER yang didasarkan pada konfigurasi sistem yang tepat. Berikut komponen awal dari program HOMER yang digunakan.



Gambar 4.3 Komponen awal simulasi Homer

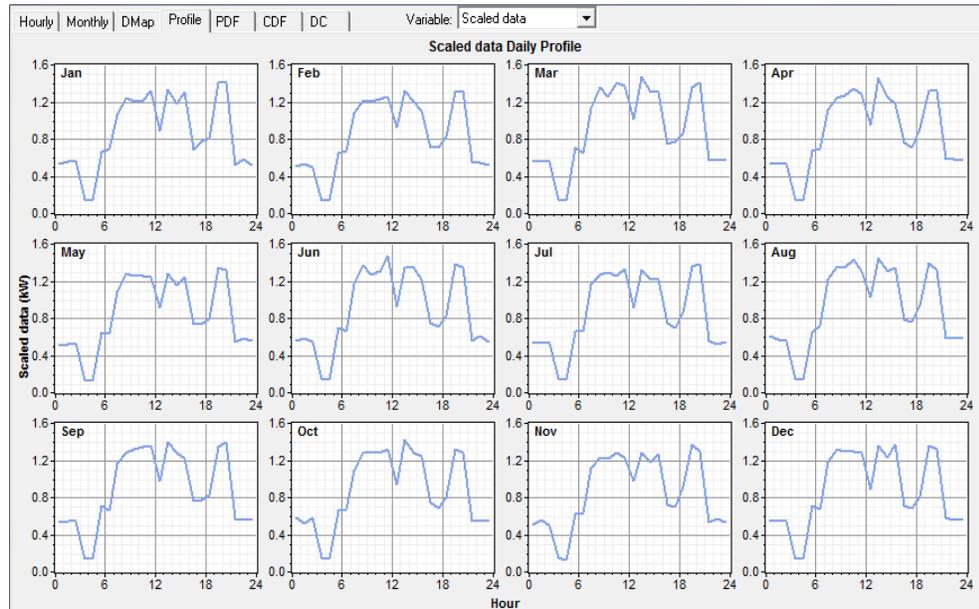
1. Pemasukan Data Beban

HOMER dapat mengakomodasi perubahan profil beban listrik setiap bulan. Profil beban listrik di industri mikro Desa Muktisari, Kebumen, Jawa Tengah. Berikut adalah beban primary load yang digunakan untuk mensimulasikan beban listrik.



Gambar 4.4 Perancangan beban primer Homer

Dalam simulasi program Homer diatas didapatkan berupa beban daya aktif. Kemudian untuk *random variability* harian yang digunakan sebesar 15% dengan *time to step* sebesar 20% sesuai dengan petunjuk homer yang ada. Berdasarkan simulasi program didapatkan rata-rata energi listrik perhari sebesar 21,1 kWh/ hari, rata-rata beban listrik 0,877 kW dan beban puncak yang terjadi pada kisaran 2,43kW dalam satu tahun. Sehingga faktor beban merupakan perbandingan rata-rata beban listrik dan beban puncak adalah 0,361 KW.

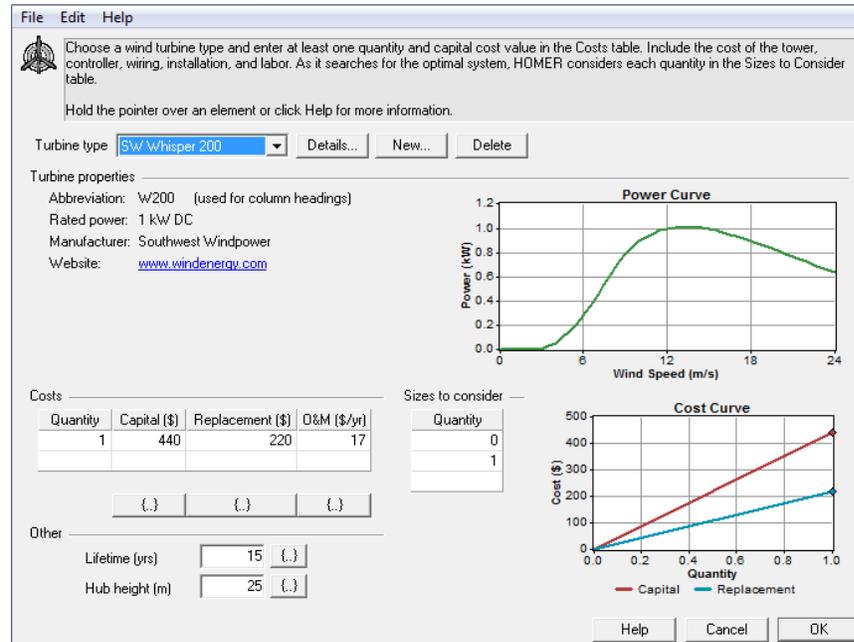


Gambar 4.5 Profil listrik bulanan dalam satu tahun

Profil beban ini merupakan perkiraan beban dalam satu tahun penggunaan, namun terlihat tidak ada yang mencolok dari grafik karena Indonesia merupakan negara tropis yang hanya memiliki dua musim sehingga dapat dikatakan beban listrik hampir sama disetiap bulannya.

2. Desain Sistem Wind Turbin

Inputan yang di butuhkan software HOMER dalam instalasi *wind turbine* ini meliputi biaya Kapital, kecepatan angin, dan ketinggian. Untuk perhitungan ekonomi meliputi biaya konstruksi pembangunan *wind turbine*, harga *wind turbine*. Homer akan menghitung daya keluaran *wind turbine* dari kecepatan angin.



Gambar 4.6 Perancangan wind turbine

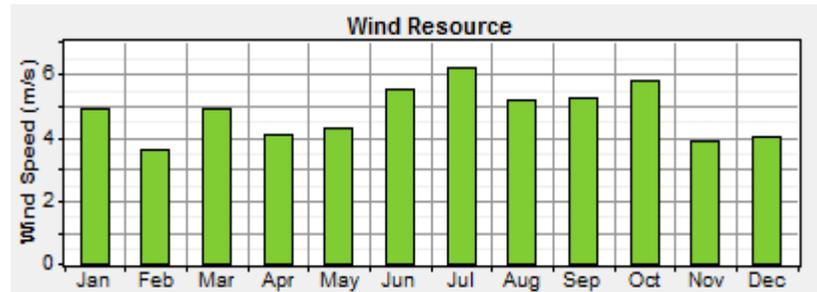
Dalam penentuan turbin angin dilakukan dengan menggunakan data sheet dari berbagai macam turbin, dan di putuskan menggunakan SW Whisper 200. Pada data sheet turbin SW Whiper 200 1 kW didapatkan nominal kecepatan angin yang di butuhkan untuk menggerakkan turbin sebesar 3,1 m/s dan untuk desa Bulus pesantren sendiri memiliki kecepatan rata-rata 4,78m/s sehingga dapat dipastikan *wind turbine* bisa berputar dan menghasilkan daya.

Tabel 4.4 Spesifikasi turbin angin

Star-up wind speed	3,1 m/s (7mph)
Rotor diameter	9 feet (2,7m)
Voltage	24,36,48 VDC
Rated power	100watt at 26 mph (11,6 m/s)
Turbine controller	Whisper controller
Body	Cast alumunium
Blades	3-Carbon reinforced fiberglass
Overspeed protection	Patented side-furling
Survival wind speed	200kWh /mo at 12 mph (5,4 m/s)
Warranty	5 years limted warranty

(Sumber : <https://indonesian.alibaba.com>)

Turbin ini digolongkan memiliki kapasitas daya yang rendah dan cocok digunakan sebagai pembantu industri mikro di sekitar pantai selatan Kebumen. Biaya pembangunan yang tidak terlalu besar sehingga analisa ini dilakukan dengan maksud membantu industri mikro pada saat listrik PLN padam sehingga produksi tetap bisa berjalan lancar. Sesuai digunakan dengan kecepatan angin Indonesia khususnya tepi pantai yang memiliki kecepatan angin rata-rata dibawah 5m/s turbin ini tetap masih bisa bekerja dengan optimal.



Gambar 4.7 Potensi kecepatan angin

Dari data angin tersebut dapat dilihat potensi angin pesisir pantai selatan Kebumen cukup bagus untuk pembuatan *wind turbine* skala kecil hingga menengah ini membantu peranan pemerintah daerah untuk membuat suatu energi terbarukan khususnya tepi pantai dan dapat dimanfaatkan warga sekitar agar lebih maju.



Gambar 4.8 Turbin SW Whisper 200 (Sumber : <https://indonesian.alibaba.com>)

Dalam pengisian harga di homer, harga didapatkan dari harga untuk satu turbine tipe SW Whipper 200 1 kW DC adalah sebesar \$ 440, kemudian untuk biaya replacement sebesar 50% dari biaya investasi pembangunan awal. Hal ini di karenakan pada sistem turbin angin ini apabila mengalami kerusakan, biaya penggantian komponen yang rusak harus segera dilakukan penggantian agar turbin kembali bekerja dengan baik. *Replacement cost* dikenakan setelah penggunaan wind turbin ini telah bekerja selama 15 tahun dan perawatan turbin dilakukan dengan jangka waktu 5 tahun sekali.

Sementara untuk biaya *operational & maintenance* (O&M), *wind turbine* dengan skala kecil yaitu di bawah 10 kW (<10 kW) umumnya tidak memerlukan biaya O&M, hal ini dikarenakan pengoperasian cukup dengan mengaktifkan turbin angin (bila sebelumnya dimatikan) dan melakukan pengereman darurat bila terjadi angin yang sangat kencang yang mungkin merusak tubin angin.

Namun dijelaskan bahwa biaya pemeliharaan tahunan pada turbin angin dengan teknologi baru atau lama rata-rata sebesar 4% dari biaya awal turbin. Turbin dengan teknologi modern atau baru biasanya memiliki substansial lebih besar dan memiliki perkembangan material baru sehingga biaya pemeliharaan dan operasionalnya lebih kecil. Biaya operasional dan pemeliharaan ini tetap ada karena meskipun turbin angin yang di gunakan adalah skala kecil namun tetap memerlukan pemeliharaan, yang umumnya adalah pergantian komponen yang aus atau rusak, pengecekan terhadap debu

atau kotoran yang melekat terutama di bagian yang berputar atau bergerak, pemeriksaan ekor pengarah, pemeriksaan karat, dll.

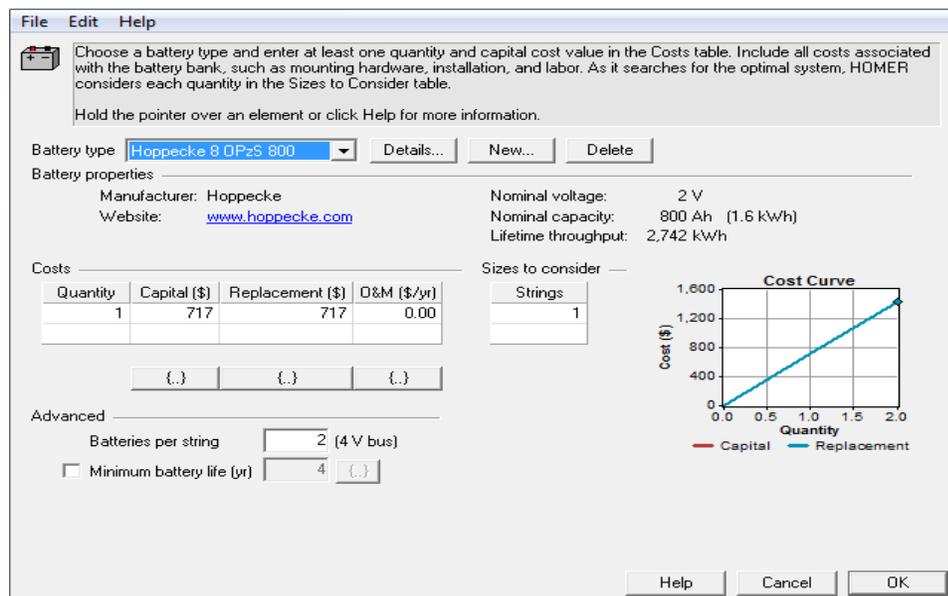
3. Desain Baterai

Sama seperti perancangan pada turbin, baterai juga memiliki 3 inputan yang harus di masukkan yaitu *string*, *cost*, dan baterai per *string*. Untuk *cost* terbagi menjadi 3 bagian yaitu *capital*, *replacement* dan *O&M capital* ini adalah harga pembelian baterai, kemudian *replacement* adalah biaya penggantian baterai dan yang terakhir O&M (*operasional* dan *maintenance*), O&M ini memiliki nilai 0 karena pada baterai perawatannya hanya berupa pengukuran pada baterai saja.



Gambar 4.9 Batteries Hoppecke OPzS 800 (www.hoppecke.com)

Baterai yang di gunakan dalam simulasi sistem ini adalah baterai tipe battery Hoppecke OPzS 800 yang mempunyai tegangan normal 2 volt, kapasitas 800 Ah atau 1,6 KWh. Kemudian string adalah jumlah baterai yang di gunakan sementara baterai perstring adalah baterai yang disusun secara seri agar mendapatkan komposisi tegangan sesuai dari pembangkit. Pada simulasi digunakan ini dalam satu stringnya terdapat 2 buah baterai karena mengingat kecilnya turbin angin yang dipakai dan harga dari 1 buah batereainya adalah \$ 717.



Gambar 4.10 Perancangan baterai

Kemudian biaya perawatan baterai sama dengan harga pembelian karena di asumsikan bila terjadi kerusakan harus mengganti keseluruhan dari baterai tersebut karena batrei yang memang sulit untuk diperbaiki.

4. Desain Converter

Pada perancangan sistem *converter* ini menggunakan home power inverter Pwg 4 kW yang di jual dengan harga \$ 366. Berikut spesifikasi dari converter yang digunakan pada sistem.



Gambar 4.11 Converter pada sistem (Sumber : <https://indonesian.alibaba.com>)

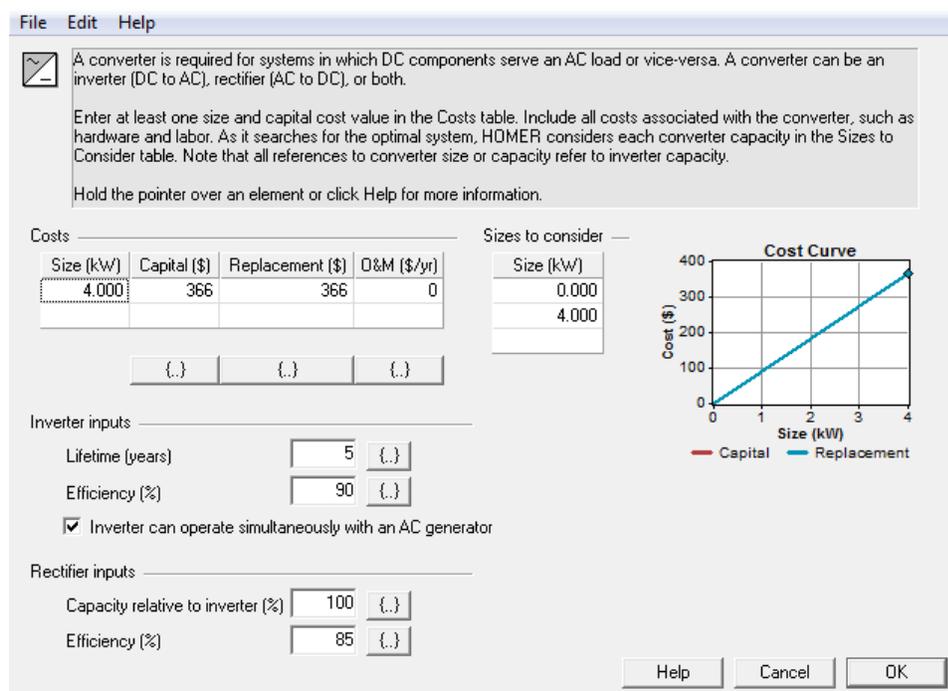
Tabel 4.5 Spesifikasi Converter

Brand Name	Pwg
Model Number	NC1522
Capacity(W)	4000 watt
Size	580*290*430mm
Weight	23,6kg
Input Voltage	90-280VDC
Output Voltage	110V/120V/220V/230V/240V
Type	DC/AC Inverters

(Lanjutan)Tabel 4.5 Spesifikasi Converter

Output Frequency	50 hz
Output Current	15-25A
Material	copper transformer with charger
working way	home/wind system
Display	LED,LCD display

Kemudian untuk *replacement* biayanya sama seperti biaya pembelian karena apabila terjadi kerusakan pada komponen, maka komponen tersebut harus di ganti satu set secara keseluruhan. Kemudian untuk ukuran *converter* sendiri bisa di rancang sesuai dengan konfigurasi yang optimal.



Gambar 4.12 Perancangan converter

5. Grid

Simulasi perancangan sistem ini menggunakan koneksi ke *grid*, hal ini bertujuan apabila ada kelebihan energi listrik, energi listrik tersebut dapat di jual ke PLN. Menggunakan energi terbarukan skala kecil sampai dengan menengah dengan kapasitas sampai dengan 10 MW atau kelebihan tenaga listrik (*excess power*) dari badan usaha milik negara, badan usaha milik daerah, badan usaha swasta, koperasi dan swadaya masyarakat guna memperkuat sistem penyediaan tenaga listrik setempat (Peraturan Menteri ESDM Nomor 04 Tahun 2012 PLN). Hasil dari pembangkitan ini mungkin tidak akan dijual karena kapasitas daya yang kecil tidak memungkinkan sehingga lebih baik digunakan untuk kebutuhan industri mikro itu sendiri.

Sementara itu dari data PLN tentang Tarif Tenaga Listrik Yang disediakan oleh PT Perusahaan Listrik Negara, tarif listrik untuk keperluan rumah tangga ditetapkan seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.6 Tarif listrik /kWh

Daya Listrik	Tarif listrik	Keterangan
900 VA	Rp 605 /kWh	Bersubsidi
1300 VA	Rp 1410 /kWh	Non-Subsidi
2200 VA	Rp 1410 /kWh	Non-Subsidi

(Sumber : PLN)

Enter a name for this rate period, and the corresponding power price, sellback rate, and demand rate.
Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Label Color

Grid power price (\$/kWh)

Sellback rate (\$/kWh)

Demand rate (\$/kW/month)

This rate applies:

Months	Days	Hours
Jan-Dec	All week	00:00-24:00

Gambar 4.13 Perancangan grid

File Edit Help

Click Add to add as many rates as necessary. Select a rate and click on the diagram to indicate when each rate applies.
Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Rates | Emissions | Advanced | Forecasting

Additional charges

Interconnection charge (\$)

Standby charge (\$/yr)

Purchase and sales capacities

Sale capacity (kW)

Purchase capacity (kW)
2200.000

Constraints

Maximum net grid purchases (kWh/yr)

Control parameters

Prohibit grid from charging battery above power price of (\$/kWh)

Prohibit any battery charging above power price of (\$/kWh)

Prohibit battery from discharging below power price of (\$/kWh)

Prohibit grid sales from battery below sellback rate of (\$/kWh)

Prohibit any grid sales below sellback rate of (\$/kWh)

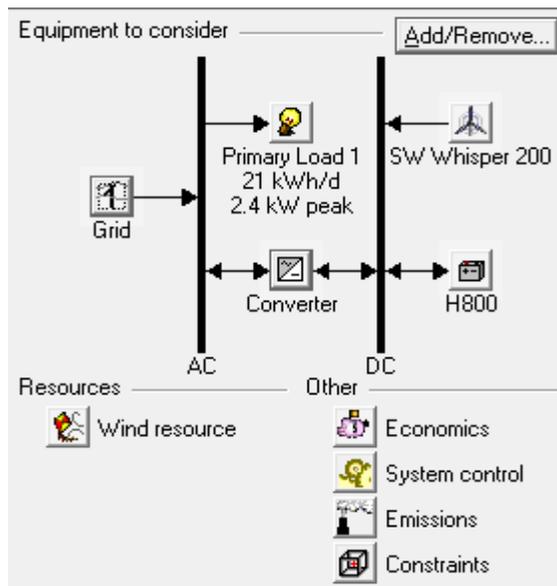
Gambar 4.14 Kapasitas grid

Purchase diisi dengan kapasitas daya yang industri mikro yang menggunakan listrik PLN sebesar 2.200 VA dan *sellback* kapasitasnya di kosongkan karena hasil yang didapatkan *wind turbine* tidak dijual melainkan

hanya untuk pemakaian sendiri dan *grid power price* nya diisi sesuai dengan ketentuan harga kWh yang ada sebesar \$ 0,141.

E. Hasil Simulasi Homer

Dari penentuan beberapa konfigurasi yang telah dijelaskan selanjutnya dilakukan simulasi konfigurasi menggunakan Homer. Dari hasil simulasi tersebut didapatkan hasil kelistrikan dan hasil keluaran ekonomi. Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Homer didapatkan perencanaan sistem PLTA (Angin) seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.15 Konfigurasi Homer

Dalam perencanaan PLTA (Angin) menggunakan beban 21 kW. Untuk pemasok energi listrik didapat dari sumber yaitu turbin angin. Sumber turbin angin

yaitu turbin angin SW Whisper 200 dengan nominal daya 1 kW per turbin angin. Didapatkan 8 simulasi yang di hasilkan oleh Homer. simulasi yang paling bagus adalah konfigurasi yang memiliki nilai NPC (*Net Present Cost*) paling kecil, sama halnya dengan *net present value* (NPV), perbedaannya hanya jika NPV di lihat dari nilai yang besar, sedangkan NPC sebaliknya. NPC sendiri merupakan nilai dari semua biaya yang muncul selama masa pakai di kurangi dengan semua pendapatan yang diperoleh selama masa pakai. Selain itu NPC juga bisa digunakan untuk mengetahui biaya investasi yang paling optimal dari segi keluaran ekonomi dari sebuah pembangkit, sedangkan kriteria pada NPV untuk menentukan kelayakan pengembangan suatu proyek dilihat dari hasil NPV Apabila $NPV > 0$ suatu proyek layak untuk dilaksanakan, $NPV < 0$ suatu proyek tidak layak untuk dilaksanakan, dan $NPV = 0$ proyek layak untuk di kembangkan tapi tidak menguntungkan dan tidak mengalami kerugian.

	W200	H800	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
	1		4	2200	\$ 806	907	\$ 12,400	0.126	0.27
				2200	\$ 0	1,086	\$ 13,882	0.141	0.00
	1	2	4	2200	\$ 2,240	922	\$ 14,031	0.143	0.27
		2	4	2200	\$ 1,800	1,160	\$ 16,623	0.169	0.00

Gambar 4.16 Hasil perhitungan Homer

Selain NPC, terdapat juga *Cost of Energy* (COE). COE ini merupakan rata-rata harga per kWh dari energi listrik yang di hasilkan oleh sistem. Dari NPC dan CEO itulah didapatkannya desain dari sistem pembangkit yang terbaik untuk industri

mikro di sekitar pantai selatan Kebumen. Dari hasil simulasi terdapat beberapa hasil dan diambil hasil pada simulasi pertama yang menggunakan *Grid*, *Wind Turbine*, dan *Converter* serta simulasi kedua dengan *grid* kemudian kedua hasil itu dibandingkan mana yang lebih optimal.

Tabel 4.7 Konfigurasi terbaik

Jenis	Keterangan
Turbin SW Whisper 200	Turbin yang di gunakan berjumlah 1 buah dengan masing-masing turbin memiliki kapasitas 1 kW
Baterai Hoppecke OPzS 800	Baterai yang di gunakan berjumlah 1 string baterai dengan satu stringnya berisi 2 buah baterai yang di rangkai secara seri untuk menaikkan tegangan
Converter	Total kapasitas konverter yang di gunakan adalah 4 kW
Grid	Grid bernilai 2,2 kW karena konfigurasi ini menggunakan listrik PLN sebagai pembantu dalam penyediaan listrik
Initial Capital	Initial capital adalah biaya investasi yang di keluarkan untuk membangun konfigurasi tersebut
Operating Cost	Operating cost adalah biaya operasional yang di gunakan dalam setiap tahunnya
NPC	Untuk NPC hasil dari konfigurasi yang di pakai adalah bernilai \$ 12,400 hal ini menandakan hasil digunakan untuk pemakaian sendiri

(Lanjutan) **Tabel 4.7** Konfigurasi terbaik

COE	Rata-rata listrik yang di hasilkan dalam setahun bernilai sebesar 0,126 \$/kWh
Ren frac	Ren frac ini bernilai 0,27 hal ini menandakan bahwa sistem berjalan dengan baik dengan menggunakan energi terbarukan

1. Analisa Sistem Teroptimal

Pada analisa sistem yang telah disimulasikan dengan program Homer didapat bahwa industri mikro di pantai selatan Kebumen menggunakan energi angin sebagai pengganti listrik PLN jika mengalami pemadaman sewaktu-waktu, mengingat proses produksi yang harus terus berjalan. Sehingga untuk mengoptimalkan sistem pada industri mikro memanfaatkan potensi angin mengingat lokasi desa yang berdekatan dengan pantai di selatan Kebumen.

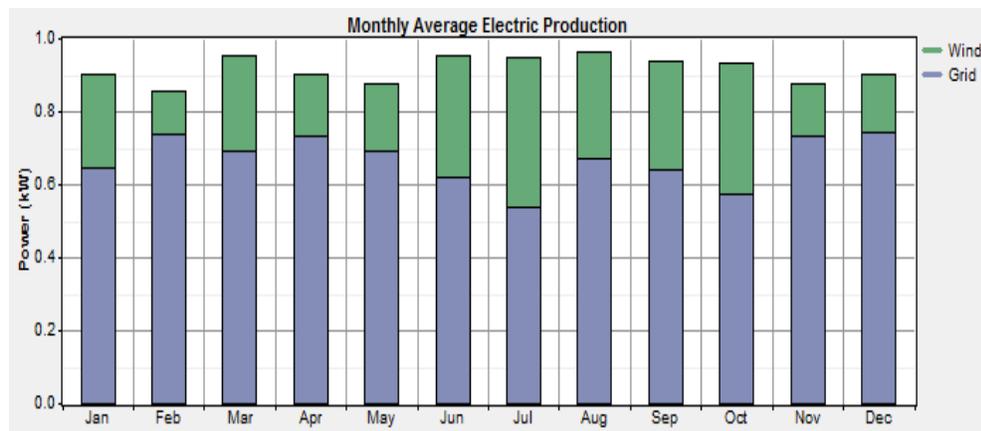
2. Hasil Pembangkitan Sistem Produksi Listrik

Production	kWh/yr	%	Consumption	kWh/yr	%
Wind turbine	2,184	27	AC primary load	7,702	100
Grid purchases	5,857	73	Total	7,702	100
Total	8,042	100			

Gambar 4.17 Hasil daya yang dibangkitkan

Dari simulasi Homer didapatkan hasil pembangkitan listrik total dengan bantuan *grid* sebesar 8,042 kWh/tahun tertera pada gambar diatas dan nilai *wind turbine* sebesar 2.184 kWh/tahun (27%) dari keseluruhan produksi pembangkitan yang ada, kemudian *grid* 5,857 kWh/tahun(73%). Hasil yang agak besar terjadi di *grid* karena sistem hanya sebagai penyedia listrik disaat PLN mengalami pemadaman.

Kemudian konsumsi beban penggunaan beban primer AC (beban penduduk) sebesar 7.702 kWh/tahun atau setara dengan nilai 100% karena semua daya yang dihasilkan digunakan untuk produksi industri mikro atau pemakaian sendiri.

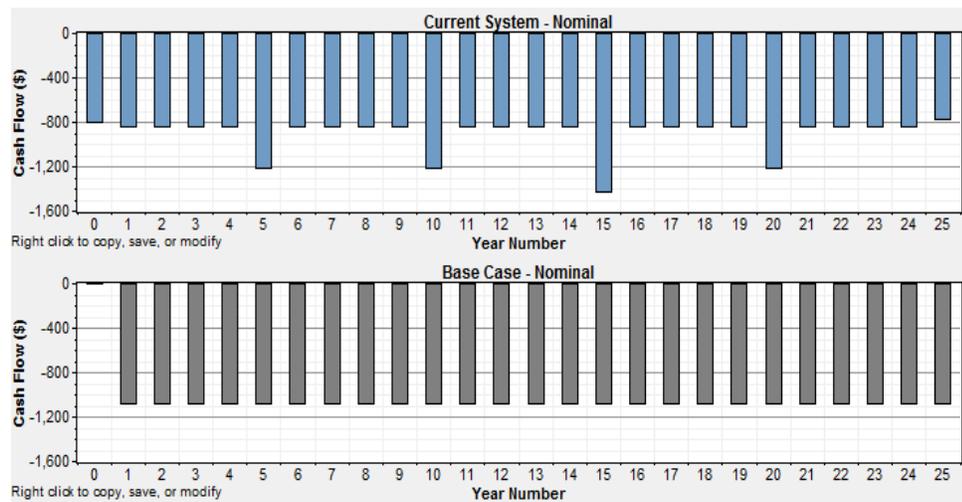


Gambar 4.18 Rata-rata produksi setiap bulan

Dari gambar di atas bahwa pada bulan juli dan oktober *wind turbine* mengalami produksi yang cukup baik ini di karena angin bertiup secara stabil dalam menghasilkan daya listrik. Namun pemakaian *grid* terbesar terlihat

pada bulan februari, november dan oktober ini karena angin yang bertiup memiliki nilai yang cukup kecil sekitar 3 m/s sedangkan pada bulan lainnya kecepatan angin di anggap sedang sehingga masih dianggap baik dalam membantu proses industri mikro yang rata-rata kecepatannya 4 m/s.

3. Perbandingan Sistem Optimal Wind Turbine dengan Grid

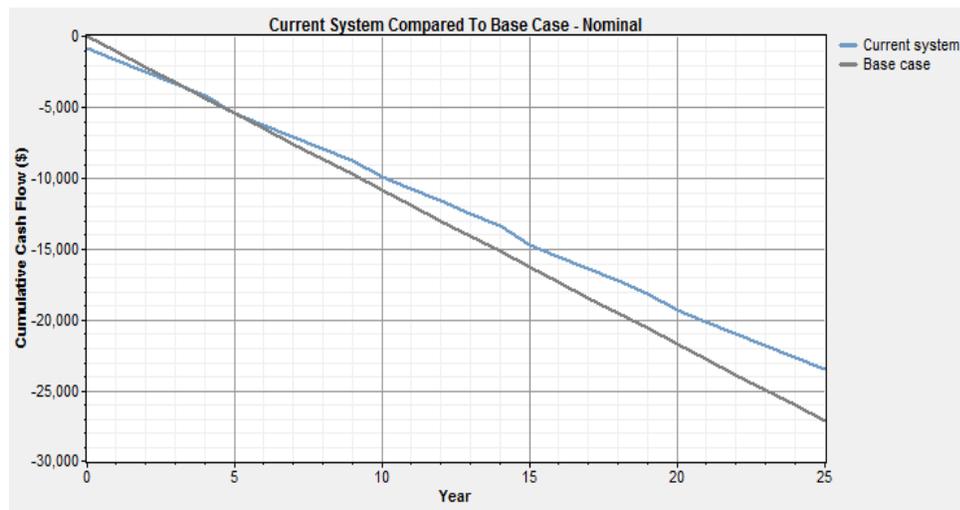


Gambar 4.19 Perbandingan *current system* dengan *grid*

Sistem pembangkit ini selalu di bandingkan dengan *grid* yang telah lama teruji menjadi kebutuhan energi listrik untuk pelanggan dan dapat diketahui nilai NPC tanpa *wind turbine* sebesar \$ 13,882. Nilai ini mengartikan bahwa apabila industri mikro hanya berlangganan PLN maka harus membayar sebesar \$ 8,258 setiap tahunnya.

Pada dasarnya industri mikro tidak mencari untung dengan menjual listrik ke PLN namun hanya untuk pemakaian sendiri dan laba didapat dari hasil penjualan produk yang dihasilkan. Dapat dilihat pada setiap 5 tahun sekali wind turbin mengalami perbaikan tahunan dan pada tahun ke-15 *wind turbine* harus diganti dengan yang baru (penggantian total) sesuai dengan spesifikasi masa pakai agar tetap optimal dalam menghasilkan daya serta pada tahun ke-25 sudah dianggap sudah memberikan keuntungan pemakaian.

4. Perbandingan Biaya Pengoperasian Wind Turbine dengan Grid



Gambar 4.20 Perbandingan current system dengan base case

Dari homer energi dapat dijelaskan dijelaskan bahwa biaya pengoperasian *wind turbine* dengan *base case* relatif lebih murah dibanding dengan *current system* dalam 25 tahun. Biaya terlihat lebih irit diawal

pemasangan sistem namun mengalami kenaikan di awal tahun ke-4. Tahun ke-5 industri mengalami perbaikan pada *Current system*. Nilai dari *Current system* pada tahun ke-25 sebesar \$ 23,489 sedangkan *Base case* pada tahun ke-25 memiliki nilai sebesar \$27,148.

Pada grafik juga menjelaskan *cumulative cash flows* yaitu kenaikan harga pada tahun 0 *current system* dengan modal US\$ 806 sedangkan pada *base case* pada tahun ke 0 US\$ 0. Pada tahun ke-1 industri mikro sudah dapat menikmati hasil dari *current system*, dengan *base case* yang selalu meningkat setiap tahunnya dan industri mikro akan mengalami keuntungan ditahun ke-25.