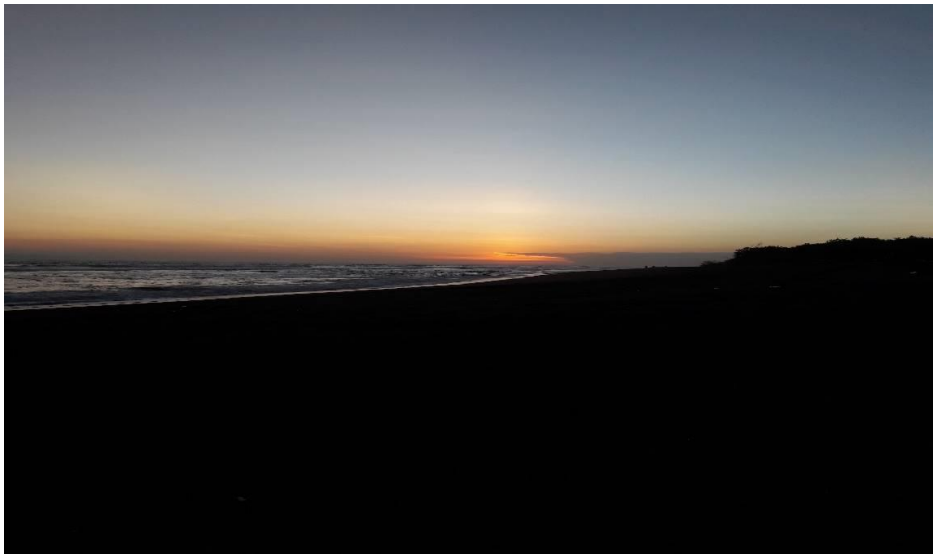
BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Wilayah

Penelitian ini dilakukan di Pantai Samas, Desa Srigading, Kecamatan Sanden, Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta, yang merupakan daerah pesisir pantai selatan jawa. Pantai Samas berada di Kecamatan Sanden yang memiliki dataran rendah dengan ketinggian 10m diatas permukaan laut. Letak pantai selatan pesisir jawa ini berjarak 15km dari pusat Kota Bantul dan 24 km dari Ibukota Yogyakarta, merupakan daerah dataran rendah yang memiliki angin kencang, dan lahan yang luas untuk pembangunan pembangkit listrik. Oleh karena itu penelitian ini dilaksanakan guna mengetahui potensi energi angin yang ada untuk menjadi energi alternatif dalam penyediaan energi listrik yang optimal khususnya di daerah sekitar pantai.



Gambar 4.1 Kondisi Pantai Samas, Bantul

4.2 Analisa Perkiraan Beban

Potensi energi angin pada penelitian ini, sistem pembangkit listrik tenaga bayu digunakan untuk menyediakan energi listrik alternatif untuk daerah sekitar,

yaitu daerah yang terletak di Pantai Samas, Desa Srigading, Kecamatan Sanden, Kabupaten Bantul. Namun jika memang dapat di optimalkan maka dapat digunakan untuk menyuplai hingga seluruh Kecamatan Sanden. Berikut adalah salah satu sampel rumah penduduk yang disuplai oleh PLN dengan beban yang cukup besar. Peralatan listrik yang digunakan pada penduduk sekitar cukup sederhana, lampu penerangan, TV, pompa air, setrika, magicjar, radio/tape merupakan peralatan yang sering dijumpai di daerah tersebut, ada pula yang menggunakan kulkas, kipas angin, dan komputer/laptop. Hasil peralatan listrik yang dijumpai pada daerah tersebut diambil survey dari 10 rumah dan rata-rata penggunaan listrik rumah tangga dengan total 53 rumah di sekitar Pantai Samas.

Berdasarkan survei yang dilakukan dilapangan dengan tujuan untuk mendapatkan informasi penggunaan listrik di sekitar Pantai Samas dengan wawancara langsung ke warga penduduk sekitar Pantai Samas. Penjelasan mengenai rata-rata pemakaian listrik dijelaskan pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Rata – rata pemakaian listrik 10 rumah

Waktu	Rata-rata (kW)	Waktu	Rata-rata (kW)
00.00-01.00	0.0345	12.00-13.00	0.0421
01.00-02.00	0.0345	13.00-14.00	0.0523
02.00-03.00	0.0345	14.00-15.00	0.0401
03.00-04.00	0.0345	15.00-16.00	0.0502
04.00-05.00	0.0865	16.00-17.00	0.0611
05.00-06.00	0.0735	17.00-18.00	0.0671
06.00-07.00	0.0635	18.00-19.00	0.1504
07.00-08.00	0.0372	19.00-20.00	0.1656
08.00-09.00	0.0372	20.00-21.00	0.1559
09.00-10.00	0.0372	21.00-22.00	0.1085
10.00-11.00	0.0385	22.00-23.00	0.0767
11.00-12.00	0.0451	23.00-00.00	0.0611

Pada Tabel 4.1 diatas merupakan rata – rata pemakaian listrik harian per 1 rumah. Dengan data yang diperoleh dari 10 sampel rumah yang diambil pada daerah yang merupakan perencanaan pembangunan PLTB. Kemudian untuk 53 rumah, hasil rata – rata pemakaian listriknya dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut :

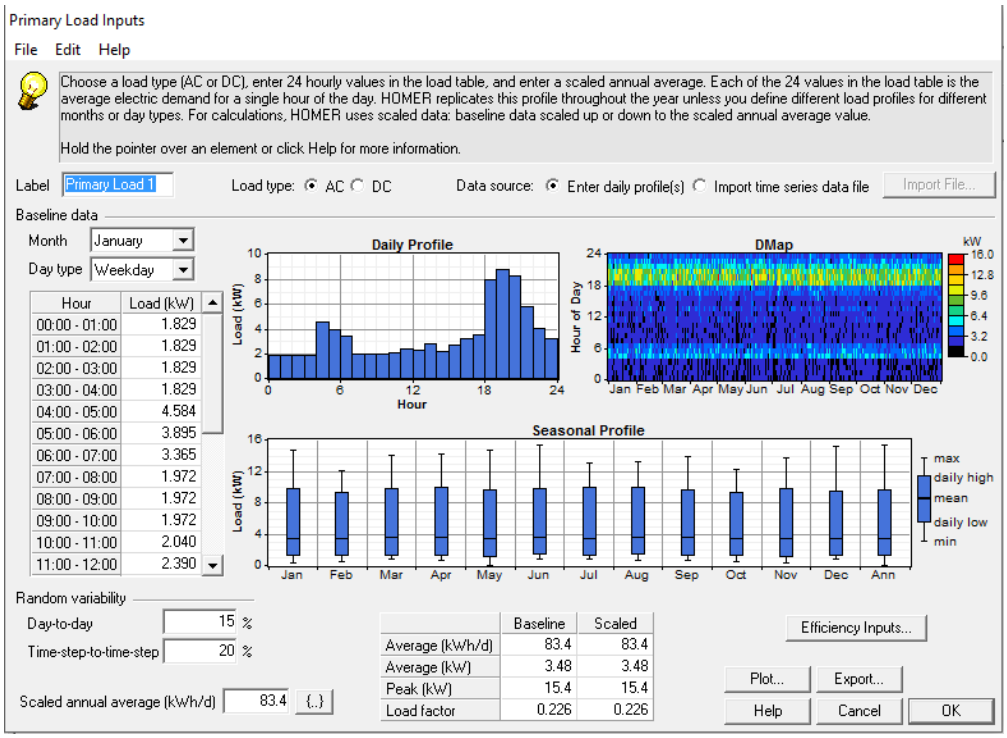
Tabel 4.2 Rata – rata pemakaian listrik untuk 53 rumah

Waktu	Rata-rata (kW)	Waktu	Rata-rata (kW)
00.00-01.00	1.8285	12.00-13.00	2.2313
01.00-02.00	1.8285	13.00-14.00	2.7719
02.00-03.00	1.8285	14.00-15.00	2.1253
03.00-04.00	1.8285	15.00-16.00	2.6606
04.00-05.00	4.5845	16.00-17.00	3.2383
05.00-06.00	3.8955	17.00-18.00	3.5563
06.00-07.00	3.3655	18.00-19.00	7.9712
07.00-08.00	1.9716	19.00-20.00	8.7768
08.00-09.00	1.9716	20.00-21.00	8.2627
09.00-10.00	1.9716	21.00-22.00	5.7505
10.00-11.00	2.0405	22.00-23.00	4.0651
11.00-12.00	2.3903	23.00-00.00	3.2383

Pada data tabel 4.2 diatas, pola pemakaian beban listrik harian pada 53 rumah terjadi beban puncak satu kali pada malam hari mulai pukul 19.00 WIB hingga pukul 21.00 WIB, hal ini terjadi dikarenakan kebiasaan harian pada masyarakat sekitar yang beraktivitas hiburan pada malam hari seperti menonton televisi, mendengarkan radio, bermain video game, dan mengerjakan pekerjaan rumah dengan laptop maupun PC. Untuk mengetahui pemakaian rata – rata beban listrik harian serta beban puncak yang mungkin terjadi pada daerah Pantai Samas maka perlunya input data ke perangkat lunak Homer yang merupakan data rata – rata beban listrik 53 rumah yang kemudian di inputkan pada data beban Homer.

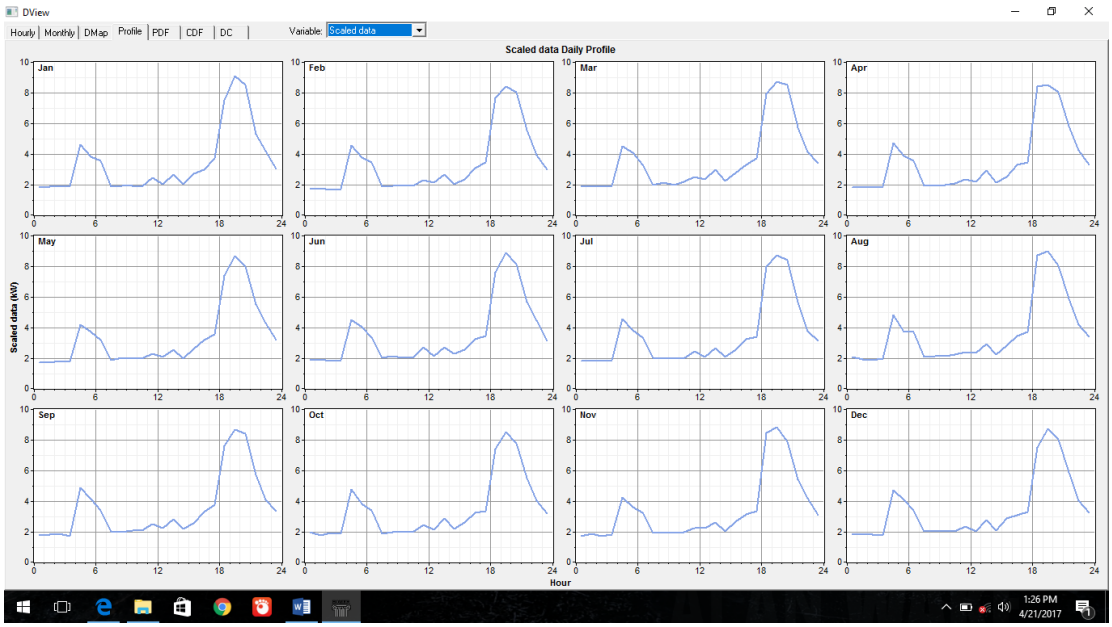
Perangkat lunak Homer dapat mensimulasikan perubahan pemakaian daya listrik setiap bulan. Berikut merupakan beban *primary load* untuk mensimulasikan di

perangkat lunak Homer pada Dusun Samas, Desa Srigading, Kecamatan Sanden, Kabupaten Bantul dalam satu tahun per bulannya.



Gambar 4.3 Perancangan primary load pada perangkat lunak Homer

Pada simulasi perangkat lunak Homer, beban yang dibutuhkan merupakan daya aktif. Dalam sistem pembangkit ini diasumsikan *random variability* harian atau *day-to-day* 15%, dengan *time to step* sebesar 20% sesuai dengan tutorial penggunaan perangkat lunak Homer. Sehingga sesuai dengan gambar diatas, didapatkan rata-rata energi listrik yang digunakan perharinya adalah 83.4 kWh/hari, rata-rata beban listrik sebesar 3.48 kW, dan memiliki beban puncak yang dapat terjadi sebesar 15.4 kW dalam waktu 1 tahun. Sehingga faktor beban yang terjadi sebesar 0.226.



Gambar 4.4 Profil beban listrik per bulan dalam waktu satu tahun

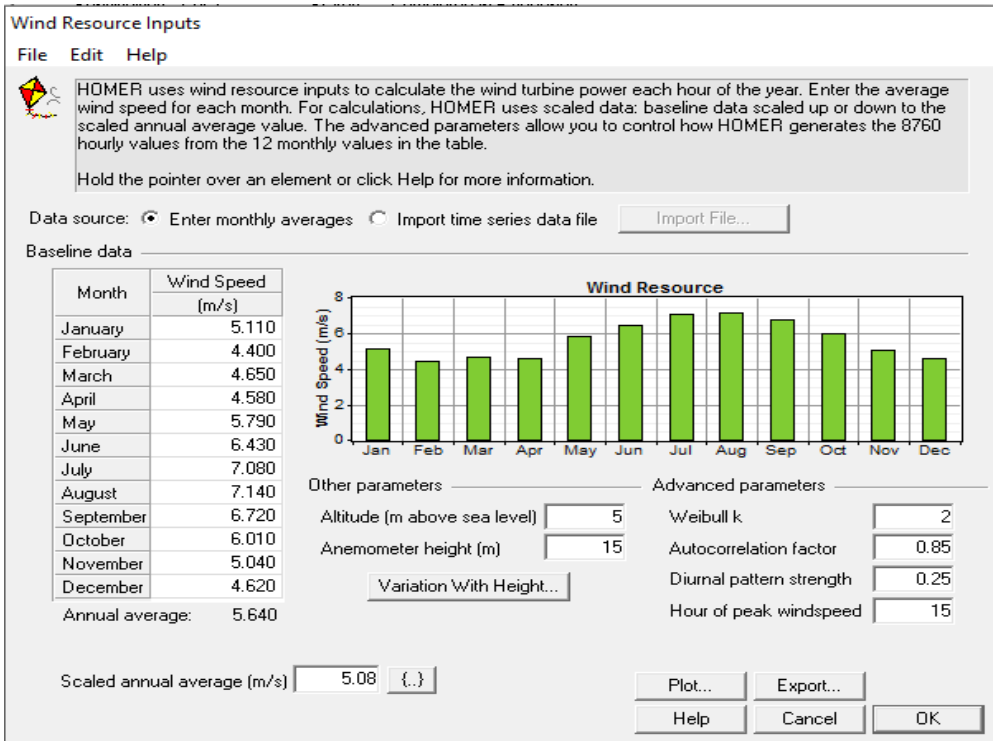
Profil beban merupakan perkiraan beban listrik dalam setiap bulannya. Profil beban listrik pada Dusun Samas, Desa Srigading, Kecamatan Sanden, Kabupaten Bantul tidak mengalami perubahan yang signifikan yang disebabkan karena tingkat ekonomi penduduk di daerah tersebut cenderung stabil, sehingga tidak ada perubahan pemakaian beban listrik yang signifikan.

4.3 Potensi Energi Angin

Menurut LAPAN pada tahun 2006 potensi energi angin di Indonesia menurut skalanya dibagi menjadi 3, yaitu skala kecil dengan kecepatan angin 2,5 – 4,0 m/s dengan kapasitas (kW) sampai dengan 10kW yang berlokasi di wilayah Jawa, NTT, NTB, Maluku, dan Sulawesi. Skala menengah dengan kecepatan angin 4,0 – 5,0 m/s dengan kapasitas (kW) sampai dengan 10 – 100kW yang berlokasi di wilayah NTT, NTB dan Sulawesi Utara. Skala besar dengan kecepatan angin lebih dari 5,0 m/s dengan kapasitas (kW) hingga lebih dari 100kW yang berlokasi di wilayah Sulawesi Selatan, NTB, NTT dan Pantai Selatan Jawa.

4.3.1 Data Kecepatan Angin Pantai Samas

Berdasarkan data yang didapat dari Sekretariat *Workshop* PLTH Pantai Baru pada tahun 2016. Rata – rata kecepatan angin di Pantai Samas mencapai 5.64 m/s. Dengan kecepatan rata – rata mencapai 5.64 m/s dari data yang di dapat dari *logger* anemometer Pantai Samas tahun 2015 skala yang dimiliki pada Pantai Samas termasuk angin dengan skala besar dengan perkiraan dapat membangkitkan 10 – 100kW.



Gambar 4.5 Kecepatan rata – rata logger anemometer Pantai Samas

Berdasarkan Gambar 4.5 diatas maka untuk potensi kecepatan angin di Pantai Samas sebagai pembangkit listrik tenaga bayu sangat cocok untuk didirikannya turbin angin, sebagai alternatif dalam penyediaan energi listrik untuk masyarakat sekitar.

4.4 Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dengan Homer

Perancangan Sistem PLTB dilakukan pemodelan dengan perangkat lunak Homer sebagai simulasi atau alat bantu dalam energi terbarukan. Perangkat lunak Homer mampu memodelkan sebuah sistem pembangkit skala kecil yang optimal. Homer dengan konfigurasi yang tepat dapat mengetahui kelayakan teknis, analisa beban terpasang, dan daya yang mampu dihasilkan dari sistem pembangkit.

4.4.1 Desain Sistem Turbin Angin

Pada desain sistem turbin angin Homer memerlukan masukan data yang meliputi biaya kapital, kecepatan angin, dan ketinggian. Untuk perhitungan biaya Homer akan menghitung meliputi biaya pembangunan turbin angin dan harga turbin angin. Dengan kecepatan angin yang di input, Homer akan menghitung daya yang dapat dikeluarkan oleh trubin angin. Dengan kecepatan angin rata – rata pada pantai samas mencapai 5.64 m/s maka pemilihan turbin pada Homer ditujukan ke turbin angin jenis SouthWest Whisper 200 1 kW dengan kecepatan angin yang dibutuhkan untuk menggerakan turbin sebesar 3.1 m/s atau 7mph, sedangkan kecepatan rata – rata pada Pantai Samas 5.64 m/s dengan demikian maka turbin angin dapat berputar dan menghasilkan daya

Tabel 4.3 Spesifikasi SW Whisper 200 1 kW

Rated Power	1000watts at 11.6 m/s (26 mph)
Monthly Energy	200 kWh/mo at 5.4 m/s (12 mph)
Start-Up Wind Speed	3.1 m/s (7 mph)
Rotor Diameter	2.7 m (9 ft)
Voltage	12, 24, 48 VDC ; HV Available at 120v, 230v
Overspeed Protection	Patented side-furling
Turbine Controller	Whisper controller (Optional with all Units)
Mount	6.35 cm pipe (2.5 in schedule 40)
Body	Cast alumunium with corrosion resistan finish
Blades	Carbon reinforced fiberglass
Survival Wind Speed	55 m/s (120 mph)
Weight	30 kg (65 lb) box: 39.46 kg (87 lb)
Shipping Wind Speed	1295 x 508 x 30 mm (51 x 20 x 13 in)
Warraanty	5 year limited warranty

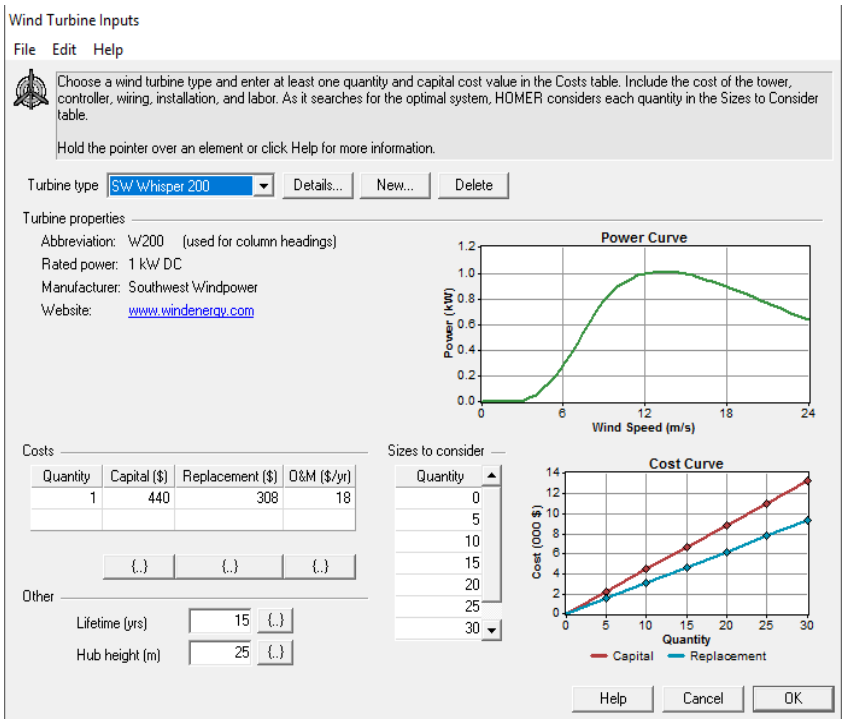
Sumber : www.windenergy.com

Turbin angin SW Whisper 200 1 kW merupakan tipe turbin angin dengan kapasitas daya rendah yang cocok digunakan sebagai penyuplai energi listrik rumah tangga di daerah Pantai Samas. Turbin angin SW Whisper tetap berjalan dengan optimal di daerah Pantai Samas dikarenakan turbin angin ini mampu mulai bekerja pada kecepatan angin minimal yaitu 3.1 m/s dan mampu tetap bertahan dengan kecepatan angin sebesar 55 m/s. Turbin jenis SW Whisper 200 1 kW juga sangan ideal untuk dipasang pada daerah pesisir pantai dikarenakan bagian turbin terbuat dari alumunium dengan tahan terhadap korosi.

Berdasarkan pada data kecepatan angin di Pantai Samas Bantul, pada daerah pesisir ini cocok untuk dibangun turbin angin dengan skala kecil dan menengah sebagai energi alternativ penyediaan listrik bagi warga sekitar dan membantu peranan pemerintah dalam membuat energi terbarukan.

Gambar 4.6 Turbin Angin SW Whisper 200 1 kW

Sumber: www.sc02.alicdn.com



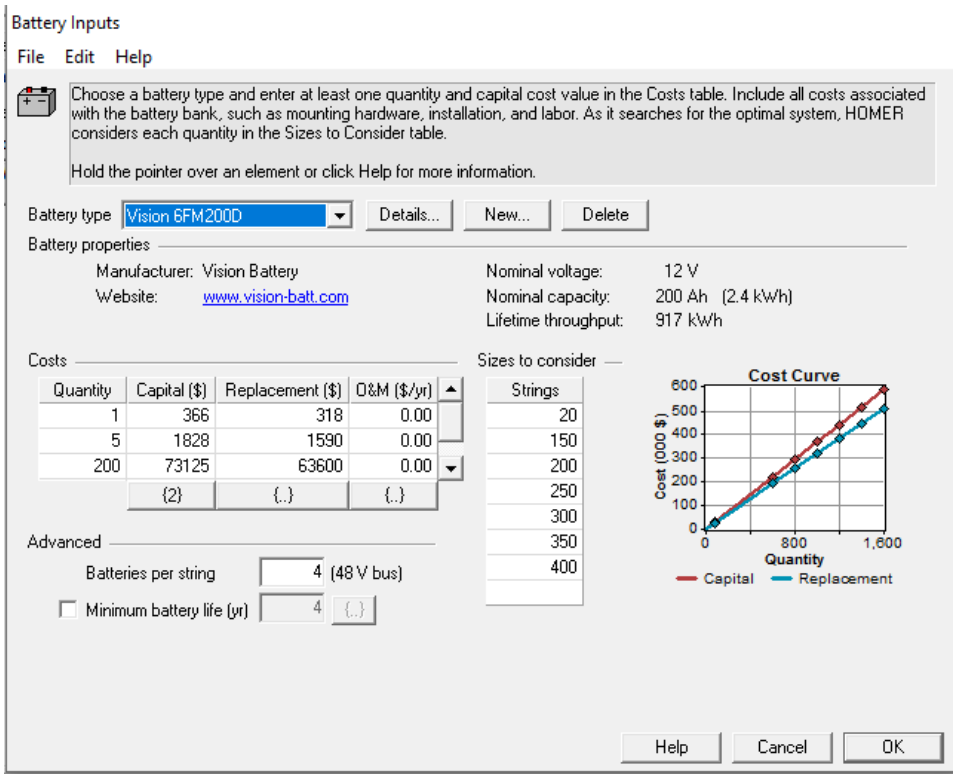
Gambar 4.7 Konfigurasi sistem turbin angin SW Whisper 200

Turbin angin jenis SW Whisper 200 1 kW memiliki harga untuk satu turbinnya adalah sebesar $ 440, harga yang di inputkan dengan satuan Dollar ($) dikarenakan pada perangkat lunak HOMER yang dibutuhkan adalah harga dalam satuan Dollar ($). Sehingga untuk biaya perbaikan atau *replacement* sebesar 70% dari harga awal turbin SW Whisper 200 1 kW yaitu sekitar $ 308. Pada hal ini dikarenakan setiap turbin angin yang mengalami kerusakan tidak semua komponen pada turbin angin tersebut diganti, sehingga masih ada komponen yang dapat digunakan kembali jika mengalami kerusakan, namun jika memang tidak dapat digunakan kembali dan mengalami kerusakan parah maka kerusakan harus segera diganti maupun diperbaiki agar turbin angin dapat berfungsi dengan normal kembali. Biaya penggantian atau *replacement cost* akan dikenakan pada pengoperasian yang telah berjalan selama 15 tahun.

Turbin angin pada skala kecil sekitar dibawah 10 kW pada umumnya biaya *operational & maintenance* tidak diperlukan, namun jika *blade* pada turbin menerima angin terlalu kencang maka turbin dapat rusak ketika menggunakan pengereman mendadak dan darurat. Sehingga biaya *operational & maintenance* pada teknologi turbin angin yang baru ataupun lama rata – rata sebesar 4%. Meskipun turbin angin yang digunakan merupakan skala kecil pada umumnya biaya operasional dan pemeliharaan tetap ada untuk perbaikan, pergantian dan pemeliharaan komponen pada turbin angin yang telah rusak. Pemeliharaan pada turbin skala kecil meliputi pengecekan bilah turbin, pembersihan dan pengecekan kotoran yang melekan pada bilah turbin maupun pada generator, pemeriksaan terhadap korosi dan pemeriksaan ekor turbin sebagai pengubah arah.

4.4.2 Desain Sistem Baterai

Pada pemilihan baterai menggunakan baterai dengan jenis Vision 6FM200D, dengan tegangan normal yang dimiliki sebesar 12 volt, dengan kapasitasnya 200 Ah atau sebesar 2,4 kWh. Harga baterai Vision 6FM200D $366 dengan biaya penggantian yang sama yaitu sebesar $366 dikarenakan untuk sistem baterai jika terjadi kerusakan harus diganti dengan baterai yang baru dengan pergantian seluruh baterai. Sehingga biaya operasional dan pemeliharaan pada sistem baterai sebesar $0. Perancangan sistem baterai yang digunakan adalah 4 buah baterai pada setiap 1 turbinnya yang disusun secara seri agar mendapatkan sistem pembangkit yang optimal, sesuai dengan output dari turbin yaitu 48 volt.



Gambar 4.7 Konfigurasi sistem baterai Vision 6FM200D

Gambar 4.9 Jenis Baterai Vision 6FM200D
Sumber: www.osibatteries.com

4.4.3 Desain Sistem Converter

Pada pemilihan untuk perancangan sistem converter ini menggunakan merek TF, dengan tipe TF5k dari dc ke ac dengan kapasitas 5 kW frekuensi 50 Hz dan memiliki harga sebesar $723. Berikut merupakan spesifikasi dari converter yang digunakaan untuk sistem pada turbin angin.

Tabel 4.4 Spesifikasi Converter 5 kW

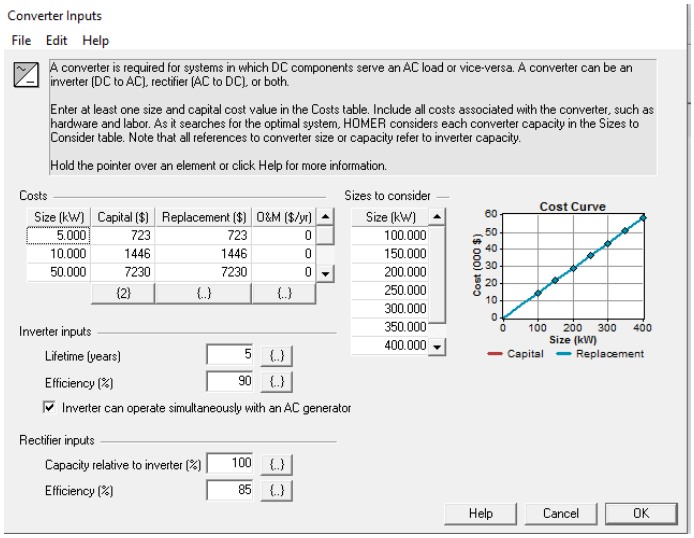
Brand Name	TF
Model Number	TF5K
Rated Power (W)	5000 Watt
Size	473 x 230 x 421 mm
Weight	45 kg
Input Voltage	48/96 VDC
Output Voltage	110V/220V/230V/240V AC
Type	DC/AC Inverters
Output Frequency	50 Hz/60 Hz
Max. Output AC Current	15 - 25A
Display	LED, LCD display
Working Way	Home/Solar/Wind System
Transfer Efficiency	87% - 90%

Sumber: www.alibaba.com

Converter Tanfon TF5K merupakan converter dengan daya 5000 Watt atau 5 kW dengan berat sekitar 45 kg. Memiliki tegangan input mulai dari 48 V atau 96 V dengan arus DC, memliki tegangan keluar dari

110 V, 220 V, 230 V hingga mencapai 240 V dengan arus AC. *Converter* ini memiliki efisiensi transfer sebesar 87% - 90%. Pada perencanaan *converter* di perangkat lunak Homer harga converter dimasukan seharga $723 dan biaya operasi dan pemeliharaan $0, sehingga biaya penggantiannya sama dengan biaya awal investasi. Hal ini dikarenakan jika *converter* mengalami kerusakan sulit untuk diperbaiki sehingga *converter* yang telah rusak harus diganti keseluruhan.

Gambar 4.10 Converter Pascal BG5KTL
Sumber: www.alibaba.com

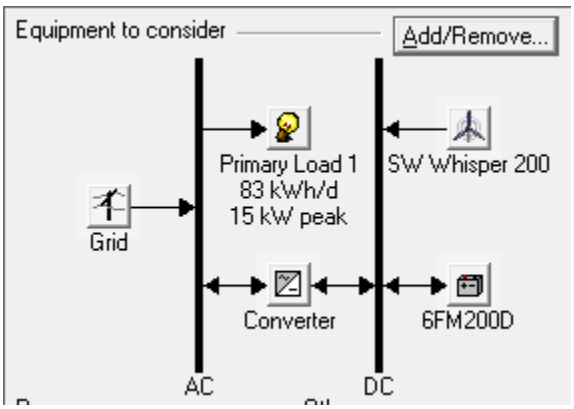


Gambar 4.11 Konfigurasi sistem converter pada Homer Energy

4.4.4 Sistem Konfigurasi Grid

Pada simulasi Homer digunakannya sistem terkoneksi dengan grid, hal ini bertujuan untuk mengantisipasi jika terjadinya kelebihan energi listrik yang dapat dijual ke PLN. Hal ini disebutkan dalam peeraturan menteri ESDM nomor 04 tahun 2012 bahwa PLN wajib menggunakan energi terbarukan dari badan usaha milik negara, badan usaha milik daerah, badan usaha swasta, koperasi dan swadaya masyarakat dengan skala kecil hingga skala menegah dengan kapasitas mencapai 10 MW atau kelebihan dari tenaga listrik (*excess power*) untuk memperkuat sistem penyediaan listrik pada tempat tersebut.

Tarif pemakaian biaya listrik menurut data PLN untuk keperluan rumah tangga dibagi menjadi 3 jenis daya dan tarifnya. Untuk daya listrik dengan 900 VA tarifnya Rp. 605/kWh, untuk 1300 VA tarifnya Rp 1410 /kWh dan yang terakhir untuk daya 2200 VA tarifnya sama dengan 1300 VA yaitu Rp 1410 /kWh, sedangkan untuk pembelian energi listrik oleh PLN sebesar Rp 1004 kWh.



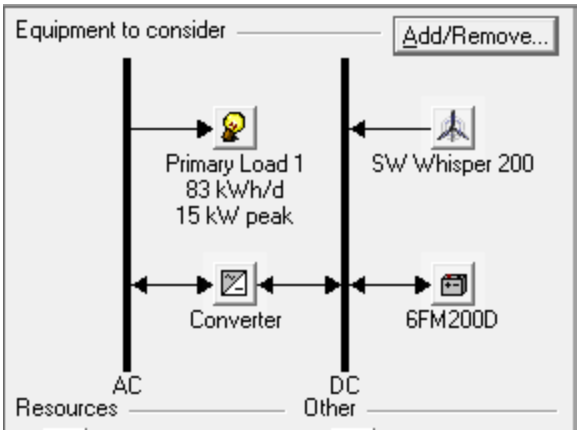
Gambar 4.12 Konfigurasi sistem grid

Pada simulasi ini konfigurasi sistem grid untuk pembelian dari sistem grid sebesar 16 kW, hal ini dikarenakan untuk membandingkan

sebuah sistem on grid dengan sistem pembangkit listrik tenaga angin dalam penyediaan energi listrik di daerah pesisir pantai, sehingga dapat diketahui mana sistem yang lebih baik dan lebih murah, serta mengetahui kerugian dan keutungan kedua sistem tersebut. Sehingga simulasi ini benar – benar mampu sebagai penyuplai energi listrik terbarukan. Untuk penjualan kepada PLN sebesar $0, karena pada sistem perencanaan turbin angin ini tidak dijual dan untuk konsumsi sendiri.

4.5 Simulasi Sistem pada Homer Energy

Dengan sistem konfigurasi yang telah ditentukan maka dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak Homer. Dari hasil yang disimulasikan dengan menggunakan Homer didapatkan beberapa data yaitu kelistrikan dan biaya atau ekonomi. Perangkat lunak Homer mensimulasikan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) seperti gambar.



Gambar 4.13 Simulasi pada Homer

Pada perencanaan PLTB, didapatkan beban primer sebesar 83 kW, dengan suplai energi dari turbin amgin berjenis SW Whisper 200 1 kW per satu turbin angin. Perangkat lunak Homer mensimulasikan sekitar 900 konfigurasi sistem yang terbaik. Pada simulasi Homer konfigurasi terbaiknya adalah yang memiliki nilai NPC *(Net Present Cost)* paling rendah. Berikut gambar hasil perhitungan dari simulasi perangkat lunak Homer dengan nilai NPC paling rendah.

Sensitivity variables

W200 Capital Multiplier 1 | 6FM200D Capital Multiplier 1 | Conv. Capital Multiplier 1

Double click on a system below for simulation results.

W200	6FM200D	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.
			16	$ 0	4,292	$ 61,725	0.141	0.00
30		50	16	$ 20,430	3,616	$ 72,432	0.165	0.86
30	20	50	16	$ 27,742	4,055	$ 86,051	0.197	0.86
	20	50	16	$ 14,542	5,889	$ 99,227	0.227	0.00

Gambar 4.14 Hasil perhitungan simulasi Homer

Sistem perencanaan pembangkit listrik tenaga bayu yang terbaik untuk daerah Pantai Samas, Desa Srigading, Kecamatan Sanden, Kabupaten Bantul dengan 30 buah turbin angin berjenis SW Whisper 200 1 kW, 80 buah baterai Vision, dan *converter* dengan kapasitas sebesar 50 kW. Dengan penggunaan suplai listrik dari PLN sebesar 16 kW.

4.6 Analisis Konfigurasi Terbaik

Pada konfigurasi dengan komponen dan spesifikasi yang telah di input pada perangkaat lunak Homer dapat diketahui total biaya untuk pembangunan PLTB untuk penyuplai energi listrik di Pantai Samas. Pembangunan PLTB di Pantai Samas untuk konsumsi listrik rumah tangga mencapai $ 27.742, dengan biaya operasi pertahun mencapai $ 4.055. Pada sistem ini pembelian listrik dari grid adalah 16 kW sehingga pasokan listrik 86% disuplai dari turbin angin yang dibangun untuk rumah tangga. Sehingga pembangunan PLTB ini menjadi energi alternatif untuk pasokan energi listrik warga di sekitar Pantai Samas.

Dari simulasi Homer didapatkan hasil pembangkit listrik tenaga bayu sebesar 73.647 kWh pertahun. Dengan *grid* sebesar 14% atau setara dengan 11.818 kWh pertahun, konsumsi beban AC sebesar 30.441 kWh pertahun, sistem ini memiliki kelebihan energi yang mampu mensuplai beban lain maupun dijual ke PLN sebesar 52.955 kWh pertahun. Sistem konfigurasi pada pembangkit listrik tenaga bayu dengan menggunakan 30 turbin berjenis SW Whisper 200 dengan rangkaian serial,

baterai berjumlah 20 buah yang berkapasitas 12 volt dirangkai secara serial, dan konverter berkapasitas 50 kW sebagai pengubah arus DC menjadi AC dari baterai.

Tabel 4.5 Konfigurasi terbaik pada simulasi Homer

Turbin angin SW Whisper 200	Turbin menggunakan jenis SW Whisper 200, berjumlah 30 turbin angin
Baterai Vision (buah)	1 string 1 buah baterai dengan total baterai berjumlah 20 buah dirangkai serial
Converter	Kapasitas converter yang digunakan 50 kW
Grid	Grid terhubung 16 kW, sebagai pembantu dalam penyediaan listrik
Biaya investasi	Biaya investasi awal untuk pembangunan PLTB sebesar $ 27.742
Biaya operasional	Biaya operasional per tahun sebesar $ 4.055
NPC	Pada hasil simulasi, besar NPC bernilai $ 86.051 dengan hasil yang digunakan untuk pemakaian sendiri
Renewable Fraction	*Renewable Fraction* dalam simulasi ini adalah 0.86, merupakan 86% menggunakan energi terbarukan, menandakan sistem berjalan dengan baik

4.7 Analisis Hasil Pembangkit

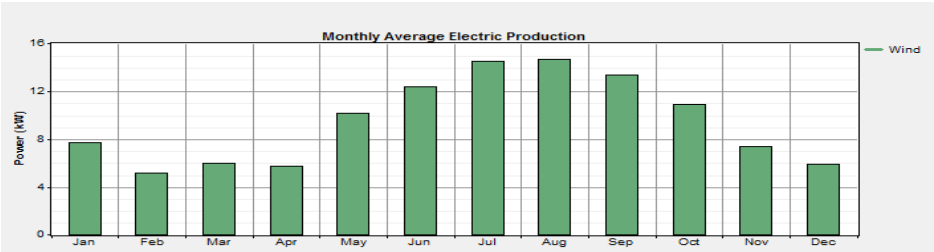
Dalam sistem pembangkit listrik tenaga bayu yang telah disimulasikan oleh perangkat lunak Homer, didapatkan data bahwa konsumsi listrik rumah tangga di daerah Pantai Samas dapat menggunakan energi kecepatan angin sebagai energi pengganti atau alternatif dari PLN. Pembangkit listrik tenaga bayu mampu mensuplai daya energi listrik yang dibutuhkan, sehingga mampu mengurangi emisi gas rumah kaca dan mengatasi masalah yang akan terjadi tentang kelangkaan energi fosil. Hasil pembangkit listrik tenaga bayu pada simulasi perangkat lunak Homer dapat dilihat pada gambar 4.15 berikut.

Production	kWh/yr	%
Wind turbines	73,647	86
Grid purchases	11,818	14
Total	85,466	100

Consumption	kWh/yr	%
AC primary load	30,441	100
Total	30,441	100

Gambar 4.15 Daya yang dihasilkan oleh PLTB

Dari data simulasi yang dihasilkan perangkat lunak Homer didapatkan hasil pembangkitan energi listrik sebesar 85.466 kWh/tahun dari hasil turbin angin dengan bantuan sistem *grid*. Hal ini dikarenakan perencanaan pembangunan pembangkit memang bertujuan untuk mampu melayani beban listrik dengan energi terbarukan yaitu angin, jika sistem *grid* mengalami pemadaman. Dengan konsumsi daya listrik beban primer sebesar 30.441 kWh/tahun dan sisa energi listrik dari hasil turbin angin tidak dijual ke PLN, maka jika ada kelebihan daya energi listrik yang tidak terpakai daya mampu digunakan untuk menyuplai daya lain selain rumah tangga.



Gambar 4.16 Rata – rata produksi energi listrik setiap bulan

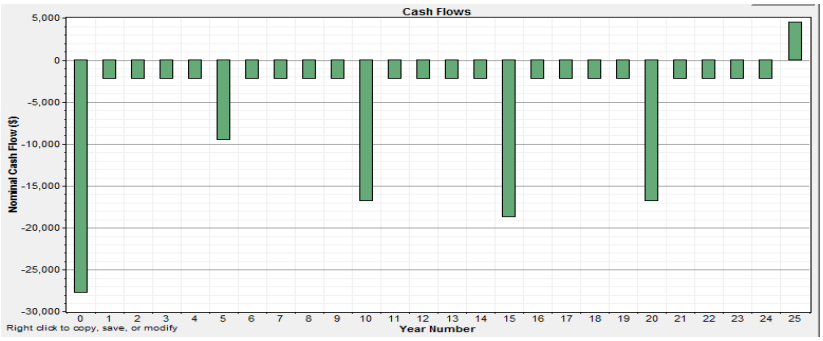
Dari gambar diatas produksi *wind turbin* mengalami fluktuasi yang dikarenakan kecepatan angin yang berhembus memutar bilah turbin tidak selalu dalam kecepatan konstan. Pada bulan Februari produksi energi listrik merupakan yang terendah dari bulan lainnya, sedangkan pada bulan Juli dan Agustus produksi listrik dari turbin angin mampu menghasilkan daya yang paling besar dalam satu tahun, dengan kecepatan angin rata – rata pada bulan Juli sebesar 7.08 m/s sedangkan pada bulan Agustus sebesar 7.14 m/s dan mampu menghasilkan daya paling besar dibandingakn dengan bulan lain.

Perencanaan pembangkit listrik tenaga bayu pada pantai samas untuk konsumsi rumah tangga sangat berpotensi sebagai energi alternatif pengganti energi yang hampir habis. Dengan pembangunan 30 turbin angin jenis whisper 200 mampu membangkitkan daya 73.647 kWh/tahun, dan 11.818 kWh pertahun dari *grid* dengan beban primer konsumsi rumah tangga sekitar pantai sebesar 30,441 kWh/tahun. Namun daya listrik sebesar 85.466 kWh/tahun tidak dapat semua terpakai karena adanya rugi – rugi daya atau *losses* yang terjadi pada sistem baterai maupun konverternya. Energi masuk pada konverter sebesar 20.692 kWh/tahun, dan energi yang dapat dikeluarkan oleh konverter sebesar 18.263 kWh/tahun, sehingga konverter mengalami rugi – rugi daya sebesar 3.069 kWh/tahun. Hal yang sama terjadi pada baterai, energi masuk pada per satu string sebesar 14.457 kWh/tahun, dan energi yang dapat di keluarkan sebesar 11.581 kWh/tahun, sehingga pada sistem baterai mengalami rugi – rugi daya sebesar 2.859 kWh/tahun. Kelebihan listrik yang terjadi dalam satu tahun sebesar 52.955 kWh/tahun yang berarti 62% daya listrik menjadi energi listrik cadangan dalam baterai atau digunakan untuk suplai beban lainya.

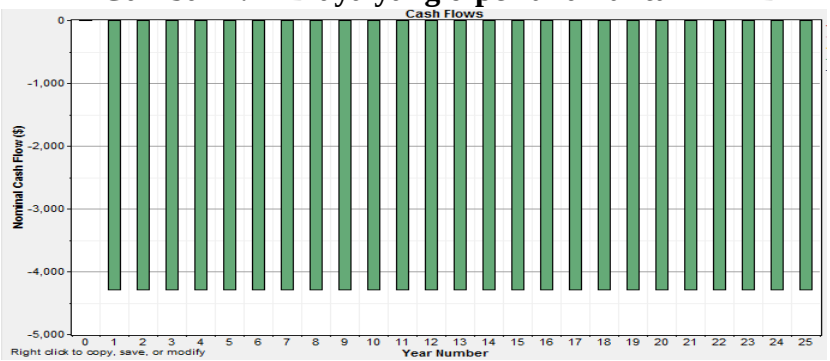
4.8 Analisa perbandingan sistem PLTB dengan on grid

4.8.1 Perbandingan biaya yang diperlukan

Pada sistem simulasi perangkat lunak Homer, didapatkan data perbandingan antara sistem PLTB dengan sistem on grid. Homer membandingkan biaya yang diperlukan untuk pembangunan, perbaikan, operasional dan pemeliharaan dari sistem PLTB dengan biaya yang harus dibayarkan ketika menggunakan sistem on grid. Berikut gambar perbandingan biaya antara sistem PLTB dengan sistem on grid.



Gambar 4.17 Biaya yang diperlukan untuk PLTB



Gambar 4.18 Biaya yang diperlukan untuk sistem *on grid*

Dengan data yang didapatkan dari simulasi perangkat lunak Homer, biaya yang diperlukan terlihat perbedaan yang signifikan, biaya yang diperlukan atau dibayarkan untuk sistem PLTB seperti pembangunan, penggantian komponen, operasional dan pemeliharaan mencapai total sebesar $86.051 per tahun, sedangkan jika

menggunakan sistem *on grid* biaya yang diperlukan sebesar $54.896 per tahun. Hal ini dikarenakan pembangunan PLTB harus membangun pembangkit dimulai dari awal, dan biaya operasional, pemeliharaan serta penggantian komponen yang menelan biaya mahal, sedangkan sistem *on grid*, warga sekitar hanya membayar $54.896 per tahun, dikarenakan sistem in *grid* dikelola oleh Badan Usaha Milik Negara, sehingga segala kerusakan, operasional, dan pemeliharaan ditanggung oleh pihak penyuplai daya listrik yaitu PLN, sedangkan dapat terlihat bahwa setiap 5 tahun sekali sistem PLTB mengalami perbaikan dan perawatan.

4.8.2 Perbandingan Emisi yang dihasilkan

Dari data emisi yang didapatkan dari PLN, sistem *on grid* menghasilkan emisi dengan gas karbondioksida yang dihasilkan dari data RUPTL PLN sebesar 854 gram per kWh selama tahun 2016 dan akan terus meningkat untuk beberapa tahun kedepan. Sehingga emisi yang dihasilkan per tahun untuk gas karbon dioksida menurut perangkat lunak Homer sebesar 25.997 kg per tahun. Dengan data emisi yang cukup besar hal ini dapat mengakibatkan pemanasan global yang semakin meningkat, dan diperkirakan emisi gas rumah kaca akan terus meningkat setiap tahun. Pebedaan terjadi dengan sistem pembangkit dengan menggunakan eneregi terbarukan seperti PLTB.

Pollutant	Emissions (kg/yr)
Carbon dioxide	25,997
Carbon monoxide	0
Unburned hydrocarbons	0
Particulate matter	0
Sulfur dioxide	0
Nitrogen oxides	0

Gambar 4.19 Emisi yang dihasilkan on grid

Pada sistem PLTB yang telah disimulasikan pada perangkat lunak Homer, emisi yang terjadi untuk semua gas rumah kaca adalah 0 kg per tahun, hal ini dikarenakan energi yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik adalah energi angin yang merupakan energi ramah lingkungan dan tidak menggandung gas rumah kaca ketika dikonversikan menjadi energi listrik. Dengan perbandingan yang terjadi tersebut maka untuk mengurangi gas rumah kaca dari pembangkit maka PLTB adalah alternatif pembangkit listrik tersebut dengan keuntungannya yaitu energi angin yang termasuk energi bersih dalam menghasilkan energi listrik, dan emisi gas rumah kaca 0 kg per tahunnya.

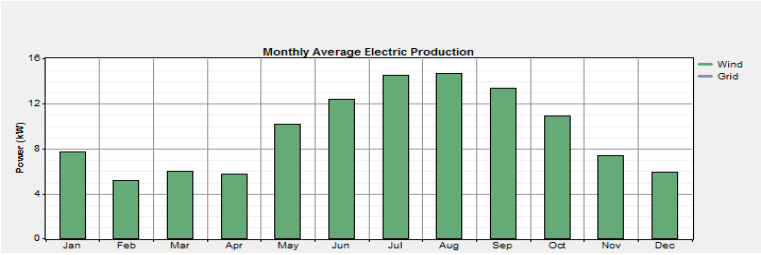
Pollutant	Emissions (kg/yr)
Carbon dioxide	0
Carbon monoxide	0
Unburned hydrocarbons	0
Particulate matter	0
Sulfur dioxide	0
Nitrogen oxides	0

Gambar 4.20 Emisi yang dihasilkan PLTB

4.8.3 Perbandingan energi listrik yang dihasilkan

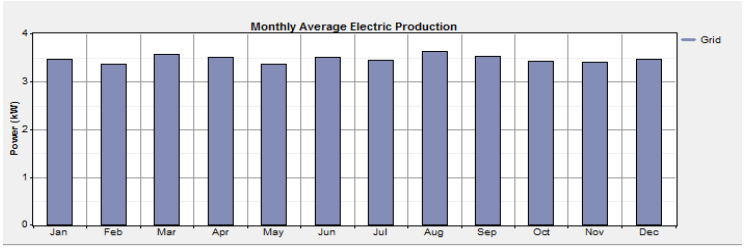
Dalam perangkat lunak Homer disimulasikan perbandingan energi listrik antara PLTB dengan pembelian dari grid PLN. Dalam simulasinya Homer mendapatkan energi listrik yang dapat diproduksi dari turbin angin untuk suplai daya energi listrik pemakaian rumah tangga mampu membangkitkan hingga 73.567 kWh per tahun, dengan bantuan dari sistem *grid* sebesar 11.818 kWh pertahun, dengan pemakaian energi listrik untuk rumah tangga sebesar 30.441 kWh per tahun, memiliki sisa energi sebesar 52.955 kWh pertahun yang mampu disimpan dalam baterai. Namun, pada sistem pembangkit PLTB yang

disimulasikan oleh Homer, produksi listrik setiap bulan tidak stabil, dikarenakan produksi listrik ini tergantung dari kecepatan angin yang berhembus pada turbin, dan energi listrik tetap diproduksi walaupun pemakaian energi listrik di rumah tangga tidak sebesar produksi energinya, sehingga cadangan energi listrik yang dapat digunakan menjadi keuntungannya.



Gambar 4.21 Energi listrik yang dihasilkan PLTB

Pada sistem *on grid*, perangkat lunak Homer mensimulasikan dengan perkiraan pembelian dari grid PLN sebesar 16 kW sesuai dengan perkiraan beban puncak yang di simulasikan oleh perangkat lunak Homer. Dengan pembelian dari sistem *grid* adalah 16 kW maka grid melayani konsumsi listrik rumah tangga untuk di daerah pantai samas sesuai dengan kebutuhan saja. Pembelian dari sistem *on grid* produksinya terbilang stabil dikarenakan sistem ini melayani sesuai pembelian dan sesuai konsumsi listrik. Produksi listrik sebesar 30.441 kWh per tahun dan konsumsi energi listriknya juga sama, sehingga tidak terjadi kelebihan energi yang sia-sia, dan hanya melayani sesuai dengan permintaan.



Gambar 4.22 Energi listrik yang dihasilkan sistem *on grid*

4.9 Analisis Akhir

Pembangkit listrik tenaga angin pada pantai samas sebagai energi alternatif dalam penyediaan energi listrik di sekitar pantai, mampu menjadi penyuplai daya kebutuhan listrik di Desa Samas, namun perencanaan pembangkit ini memiliki kelebihan dan kekurangannya. Kelebihan dari pembangkit ini adalah tidak adanya emisi gas CO_2 yang dihasilkan dari sistem pembangkit. Sumber energi sebagai pembangkit listrik akan terus terbaharui dikarenakan menggunakan energi angin yang merupakan energi terbarukan yang timbul akibat perpindahan panas dari daratan dan lautan. Mampu menyimpan energi listrik dalam baterai yang dipasang sebagai energi cadangan jika angin tidak dapat memutar turbin. Kekurangan pada sistem ini adalah energi listrik yang dihasilkan sesuai dengan kecepatan angin yang memutar turbin, biaya yang diperlukan untuk membangun, memelihara dan perbaikan sangat mahal.

Pada sistem *on grid* untuk penyuplai daya memiliki kelebihan yaitu suplai energi yang konstan dan optimal, biaya masyarakat sekitar untuk membayar lebih murah. Kekurangan pada sistem *on grid* adalah energi yang digunakan adalah energi konvensional seperti minyak bumi dan batu bara, sehingga diperkirakan akan habis. Emisi gas CO_2 yang dihasilkan dalam sistem *on grid* sangat tinggi, yang memicu penyebab meningkatnya pemanasan global. Sehingga ketika pembangunan PLTB terealisasi, maka emisi gas rumah kaca setiap tahunnya akan berkurang dengan adanya suplai energi listrik dari PLTB.

Dengan turbin angin sebagai pembangkit listrik, dengan sistem pembangkitan melauli energi angin yang memutar bilah turbin, turbin beruputar menghasilkan energi kinetik yang kemudian dirubah menjadi energi listrik pada generator, generator menyuplai tegangan ke baterai 48 volt per busnya dirangkai secara serial, sedangkan turbin dirangkai secara parallel. Tegangan DC dari beterai dikonversikan oleh konverter menjadi tegangan AC dan menghasilkan tegangan keluaran 220 volt AC.

Pembangunan PLTB pada pantai samas terbilang sangat mahal dibandingkan dengan membeli daya listrik dari PLN. Dengan demikian diharapkan pemerintah dapat mensubsidi pembangunan turbin angin sebagai pembangkit listrik jika memang menghendaki untuk mengurangi emisi CO_2 dan untuk merealisasikan perencanaan pembangunan energi baru dan terbarukan. Mengacu pada pembangunan

Sensitivity variables

W200 Capital Multiplier 0.75 6FM200D Capital Multiplier 0.75 Conv. Capital Multiplier 0.75

Double click on a system below for simulation results.

W200	6FM200D	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.
			16	$ 0	4,292	$ 61,725	0.141	0.00
30		50	16	$ 15,323	3,616	$ 67,325	0.154	0.86
30	20	50	16	$ 20,807	4,055	$ 79,115	0.181	0.86
	20	50	16	$ 10,907	5,889	$ 95,591	0.218	0.00

Gambar 4.19 Hasil simulasi Homer dengan dana subsidi pemerintah

Terlihat dari hasil simulasi perangkat lunak Homer yang mensimulasikan dengan dana insentif dari pemerintah sebesar 25% dengan mengacu pada *Database of State Incentives for Renewables & Efficiency (DSIRE)* di Amerika yang mengatur tentang insentif energi terbarukan untuk pertanian dan usaha kecil maupun pedesaan, mampu mengurangi nilai biaya investasi dan perbaikan untuk para investor yang ingin membangun PLTB Samas. Jika dibandingkan dengan sistem pembelian dari grid memang berselisih sangat besar, namun dibandingkan dengan seluruh biaya ditanggung oleh investor mampu lebih murah dengan bantuan insentif dari pemerintah. Tanpa biaya insentif pemerintah, *initial capital* untuk pembangunan sebesar $20.807 dan untuk total NPC sebesar $79.155. Jika dana insentif dari pemerintah dapat direalisasikan maka biaya pembangunan dapat berkurang untuk pembangunan sebesar $6.935 dan total NPC berkurang sebesar $6.936. Jumlah *Operating Cost* PLTB dibandingkan dengan *Operating Cost* dari PLN berbeda jauh, sebesar $4.055 pertahun untuk PLTB dengan bantuan *grid* dan $4,292 untuk PLN. Keunggulan dari sistem PLTB dari sistem *on grid* PLN, sistem PLTB memberikan energi bersih ketika menghasilkan listrik dan terbarukan, mampu menekan emisi CO_2 dan energi angin yang akan tersedia untuk sistem yang berkelanjutan. Maka dari itu,

diharapkan pemerintah mampu memberikan subsidi atau dana insentif dalam pembangunan PLTB Samas sebesar 25% seperti yang dilansir oleh *USDA Rural Energy for America Program (REAP)* dari *Database of State Incentives for Renewables & Efficiency (DSIRE*) Amerika atau bahkan lebih besar, sehingga mampu menekan harga pengeluaran dalam pembangunan pembangkit listrik energi terbarukan. Sehingga masyarakat akan menggunakan energi listrik dari sistem pembangkit listrik tenaga bayu untuk kebutuhan sehari-hari mereka, dikarenakan lebih murah, lebih bersih, dan mampu membantu mengurangi emisi gas CO_2 dibangingkan dengan sistem on grid dari PLN.