

## **BAB IV**

### **ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Pengambilan Data**

Pada penelitian ini penulis mengambil data di PT. Perkebunan Nusantara Pabrik Gula Pangka di Jalan Raya Pangka Slawi, Kecamatan Pangkah, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah yang berlangsung selama tujuh hari yaitu pada tanggal 24 Juli 2017 sampai 30 Juli 2017. Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui sistem kelistrikan dari pabrik tersebut, seperti sumber energi listrik, konsumsi daya listrik, instalasi kelistrikan, hingga komposisi kelistrikan.

#### **4.2. Sumber Kelistrikan Pabrik Gula Pangka**

Sumber kelistrikan di Pabrik Gula Pangka berasal dari suplai PLN dan dibantu dengan sistem pembangkit listrik yang mampu menopang total beban keseluruhan industri. Sistem pembangkit tersebut menggunakan generator dengan daya 2.000 KW. Generator ini bekerja dengan uap yang dihasilkan dari pembakaran ampas tebu di boiler. Pabrik Gula Pangka memproduksi selama 24 jam di saat musim giling yaitu pada bulan Juni sampai November. Di saat pabrik tidak memproduksi atau bukan musim giling pabrik mendapat suplai listrik dari PLN 101 KW.

#### **4.3. Konsumsi Daya Listrik**

Untuk mendapatkan data-data kelistrikan dalam hal ini berupa konsumsi daya listrik perusahaan, penulis melakukan penelitian langsung ke pabrik, mengamati segala aktifitas di Pabrik Gula Pangka, menganalisa data perusahaan, dan mengolah secara langsung data yang diperoleh tersebut.



Gambar 4.1 Generator Biomassa 2.000 KW di PG. Pangka

Pada gambar 4.1 tersebut merupakan generator biomassa 2.000 KW yang terdapat di Pabrik Gula Pangka. Gambar tersebut diperoleh saat penulis melakukan penelitian secara langsung.

Berikut ini merupakan tabel data beban yang didapatkan dari pengambilan data konsumsi energi di PG. Pangka :

Tabel 4.1 Konsumsi Daya Beban PG. Pangka Bulan Juni s/d November 2016

<b>Jam Pemakaian</b>	<b>Total Beban (KW)</b>
00.00 – 01.00	1150
01.00 – 02.00	1100
02.00 – 03.00	1200
03.00 – 04.00	1250
04.00 – 05.00	1150
05.00 – 06.00	1150
06.00 – 07.00	1100
07.00 – 08.00	1100
08.00 – 09.00	1050

Tabel 4.1 Konsumsi Daya Beban PG. Pangka Bulan Juni s/d November 2016  
(Lanjutan)

<b>Jam Pemakaian</b>	<b>Total Beban (KW)</b>
09.00 – 10.00	1100
10.00 – 11.00	1100
11.00 – 12.00	1100
12.00 – 13.00	850
13.00 – 14.00	1100
14.00 – 15.00	900
15.00 – 16.00	1100
16.00 – 17.00	1200
17.00 – 18.00	1250
18.00 – 19.00	1250
19.00 – 20.00	1300
20.00 – 21.00	1200
21.00 – 22.00	1150
22.00 – 23.00	1100
23.00 – 00.00	1200

Konsumsi daya listrik oleh beban di PG. Pangka pada musim giling dapat dilihat pada tabel 4.1 yang berlangsung pada bulan Juni sampai November.

Tabel 4.2 Konsumsi Daya Beban PG. Pangka Bulan Desember s/d Mei 2016

<b>Jam Pemakaian</b>	<b>Total Beban (KW)</b>
00.00 – 01.00	32
01.00 – 02.00	31
02.00 – 03.00	31
03.00 – 04.00	31
04.00 – 05.00	29
05.00 – 06.00	28
06.00 – 07.00	27
07.00 – 08.00	31
08.00 – 09.00	56
09.00 – 10.00	57
10.00 – 11.00	60
11.00 – 12.00	59
12.00 – 13.00	45
13.00 – 14.00	46
14.00 – 15.00	71
15.00 – 16.00	50
16.00 – 17.00	28
17.00 – 18.00	28
18.00 – 19.00	31
19.00 – 20.00	30
20.00 – 21.00	31
21.00 – 22.00	31
22.00 – 23.00	30
23.00 – 00.00	29

Pada tabel 4.2 menunjukkan data beban di PG. Pangka pada bulan Desember sampai Mei yang sedang tidak dalam musim giling sehingga konsumsi daya berbilang kecil.

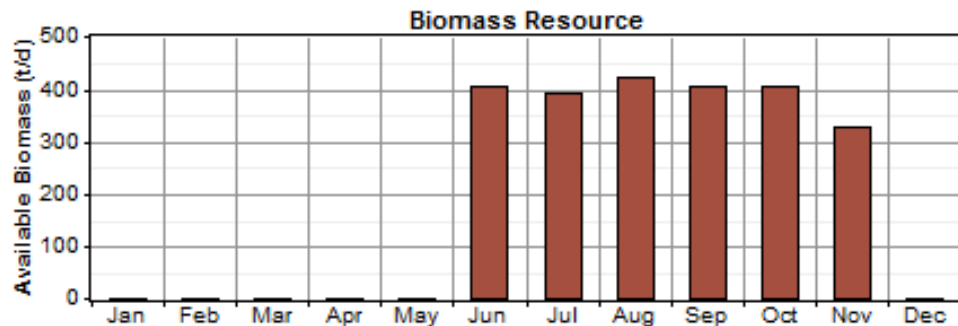
#### 4.4. Potensi *Feedstock* Biomassa

Data jumlah tebu yang digiling tiap bulannya dapat dilihat pada tabel 4.3. Pada tabel tersebut juga tercantum jumlah produksi biomassa yang sudah dihitung 30% dari produksi harian selama satu tahun atau satu musim giling. Pada tabel 4.3 dapat dilihat dari jumlah biomassa tertinggi mencapai 422.945 ton/hari pada bulan Agustus dan yang terendah hanya 328,050 ton/hari pada bulan November. Pada bulan Januari sampai Mei dan bulan Desember produksi biomassa 0 karena pada bulan tersebut sedang tidak musim panen.

Tabel 4.3 Hasil Produksi Biomassa per Bulan dalam Setahun Tahun 2016

<b>Bulan</b>	<b>Produksi Biomassa (ton/hari)</b>
Januari	0
Februari	0
Maret	0
April	0
Mei	0
Juni	403,365
Juli	391,440
Agustus	422.945
September	406,814
Oktober	406,022
November	328,050
Desember	0

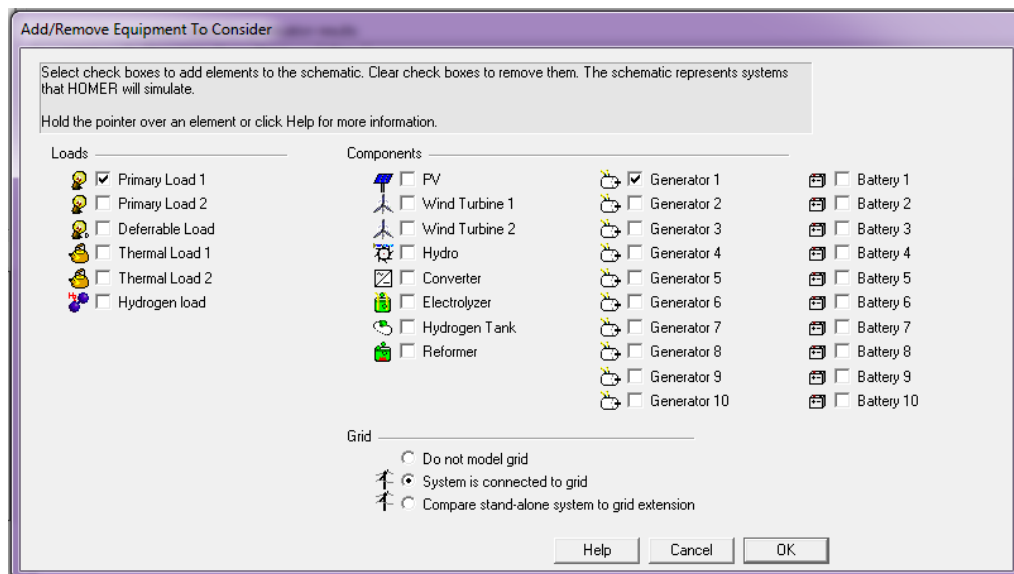
Secara garis besar jumlah rata-rata *feedstock* biomassa di PG. Pangka dalam setahun dapat dilihat pada grafik di bawah ini. Dapat dilihat bahwa jumlah produksi tertinggi yaitu pada bulan Agustus, sedangkan jumlah terendah yaitu bulan November karena pada bulan November proses giling tidak sampai akhir bulan.



Gambar 4.2 Grafik Jumlah Rata-rata *Feedstock* Biomassa dalam Setahun

#### 4.5. Perancangan Homer

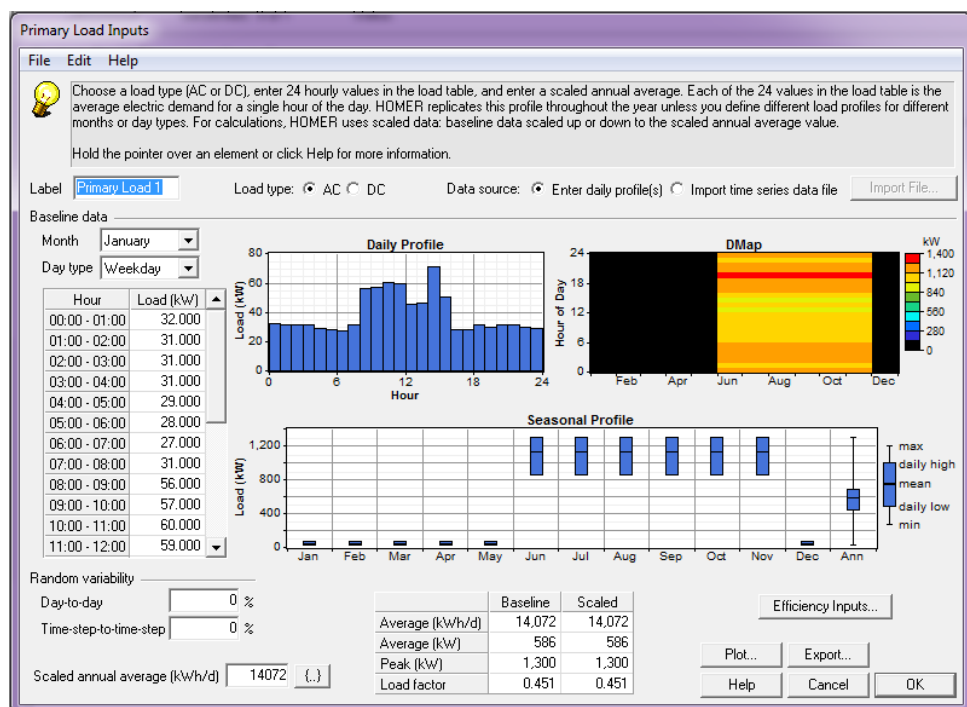
Pada perancangan sistem pembangkit listrik energi biomassa ini HOMER akan menganalisis rancangan yang terhubung ke *grid* PLN. Gambar di bawah ini menunjukkan tampilan komponen Homer yang tersedia. Pada perancangan sistem ini, komponen yang dipakai adalah Generator 1 yang selanjutnya diatur bahan bakarnya menggunakan biomassa dan beban yang dipilih adalah *Primary Load 1*.



Gambar 4.3 Pemilihan Komponen pada Software Homer Energy

#### 4.5.1. Simulasi *Primary Load*

Simulasi Primary Load merupakan simulasi beban kelistrikan, dalam penelitian tugas akhir ini adalah beban kelistrikan Pabrik Gula Pangka. Data kelistrikan Pabrik Gula Pangka yang telah didapat dimasukkan ke dalam sistem perancangan.

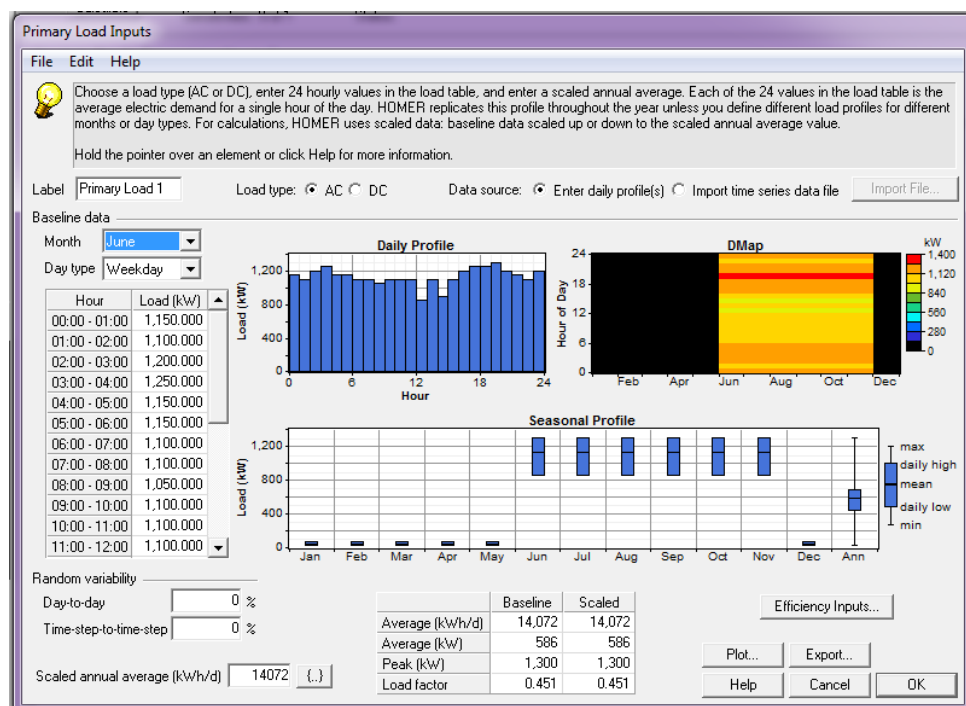


Gambar 4.4 Perancangan Load pada Bulan Desember s/d Mei pada Homer Energy

Pada gambar 4.4 diatas menunjukkan hasil simulasi pada bulan Desember sampai bulan Mei. Dimana pada bulan tersebut bukan musim giling Pabrik Gula Pangka atau dengan kata lain sedang tidak berproduksi sehingga daya yang terpakai untuk beban hanya sedikit. Jadi pada bulan Desember sampai Mei diasumsikan beban industri rata-rata adalah 38,250 KW.

Sedangkan untuk hasil simulasi pada bulan Juni sampai bulan November ditunjukkan oleh gambar 4.5 berikut. Dimana pada bulan

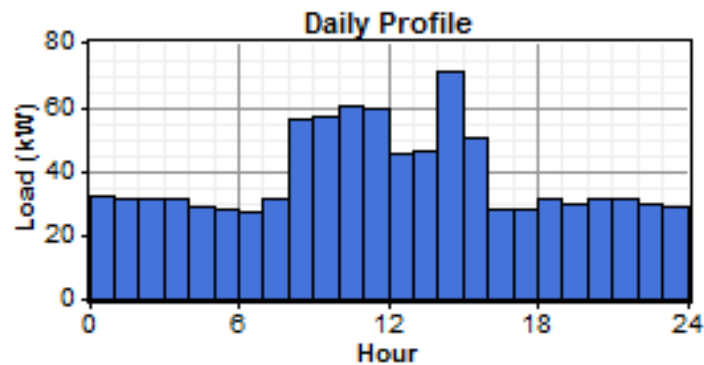
tersebut merupakan musim giling Pabrik Gula Pangka atau dengan kata lain sedang pabrik memproduksi sehingga daya yang terpakai untuk beban cukup besar. Sehingga Homer dapat mengakomodasi perubahan profil beban listrik untuk setiap bulannya. Namun, pada penelitian ini profil beban listrik untuk daerah tropis dapat dianggap sama untuk setiap bulannya. Hal ini disebabkan karena tidak adanya perbedaan iklim yang sangat mencolok dalam periode satu tahun.



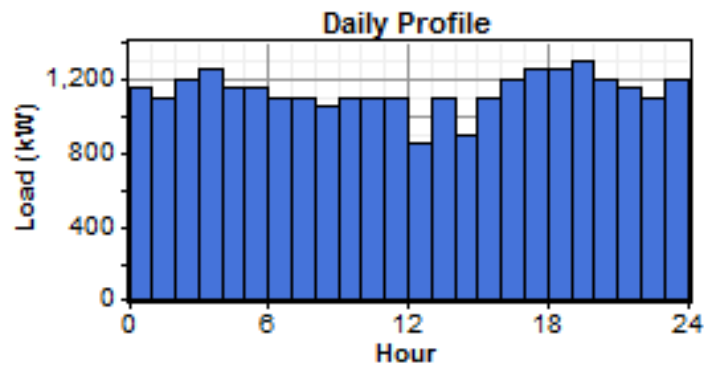
Gambar 4.5 Perancangan Load pada Bulan Juni s/d November pada Homer Energy

Software Homer Energy hanya menggunakan data daya aktif total saja dalam melakukan simulasi daya. Simulasi beban listrik yang digunakan di dalam sistem pembangkit ini diasumsikan random variability 0% dan time to step 0% sesuai ketentuan yang dipakai.



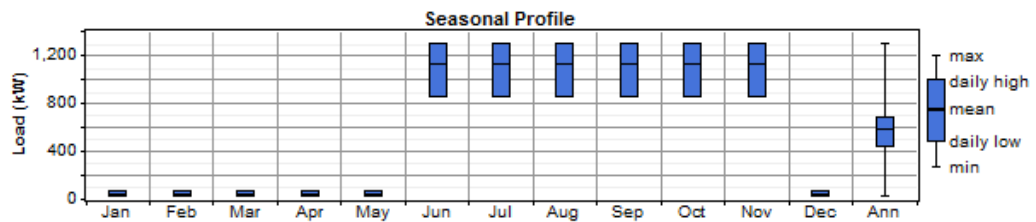


Gambar 4.6 Grafik Penggunaan Energi Listrik Setiap Jam pada Bulan Desember Sampai dengan Mei Tahun 2016



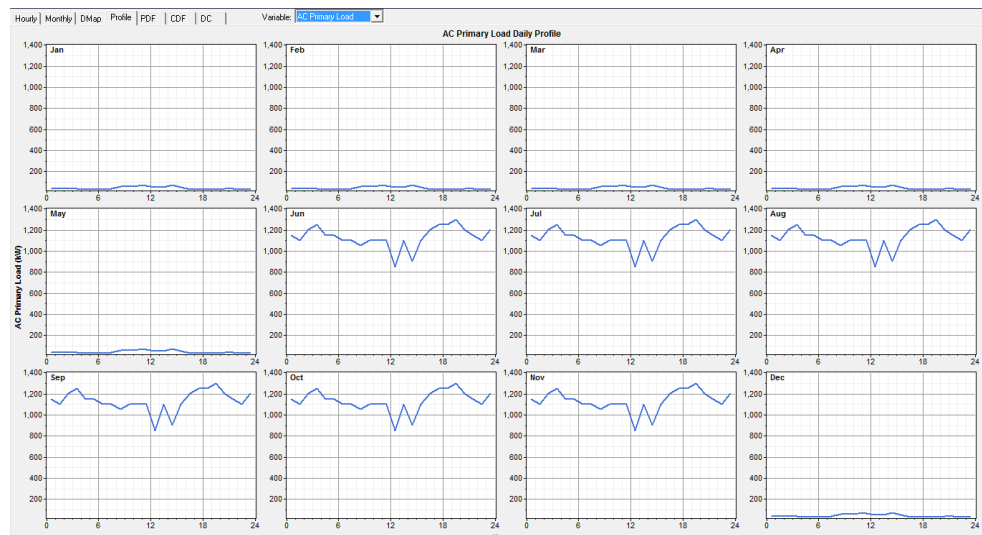
Gambar 4.7 Grafik Penggunaan Energi Listrik Setiap Jam pada Bulan Juni Sampai dengan November Tahun 2016

Pada gambar 4.6 menunjukkan grafik penggunaan energi listrik setiap jam selama pabrik tidak sedang berproduksi. Sehingga pada bulan Desember sampai Mei beban industri diasumsikan sebesar 38,250 KW. Sedangkan gambar 4.7 merupakan grafik penggunaan energi listrik setiap jam selama proses penggilingan atau pabrik sedang berproduksi. Jadi pada bulan Juni sampai November diasumsikan beban industri rata-rata adalah 1.131,25 KW



Gambar 4.8 Grafik Profil Daya Listrik Setiap Bulan Selama Setahun

Profil harian kelistrikan industri berdasarkan simulasi Homer Energy secara keseluruhan hampir sama seperti terlihat pada gambar 4.8 dan 4.9, walaupun tetap ada variasi meski sedikit.



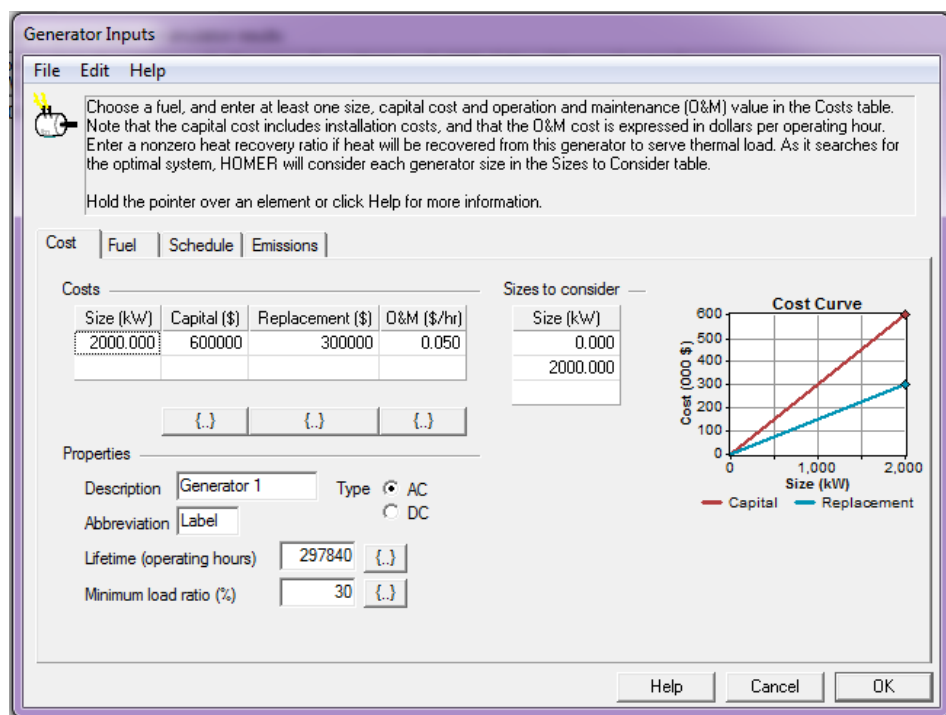
Gambar 4.9 Grafik Profil Beban Listrik per Jam Setiap Bulan dalam Setahun

#### 4.5.2. Generator Biomassa

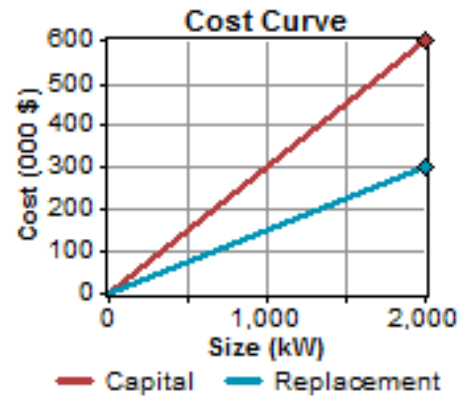
Generator merupakan sebuah mesin yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pada penelitian ini generator menggunakan limbah ampas tebu sebagai bahan bakarnya. Energi listrik yang dihasilkan dari serangkaian proses. Boiler menghasilkan uap panas dari pembakaran ampas tebu, uap tersebut digunakan untuk menggerakkan turbin alternator (generator) yang akhirnya menghasilkan energi listrik.

Pemanfaatan ampas tebu lebih kurang 30% sampai 40% dari total produksi harian, bergantung dari konstruksi generator yang dipakai untuk pembangkit listrik. Generator yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan arus AC. Generator ini memiliki kapasitas daya 2000 kW/ 2500 kVA.

Perancangan spesifikasi generator dapat dilihat pada gambar 4.10. Pada perancangan tersebut dipilih beberapa spesifikasi untuk generator seperti efisiensi maksimal untuk generator 50%, biaya *replacement* diasumsikan sebesar 50% dari harga pembelian atau \$ 300.000, dan untuk biaya perawatan rutin O&M sebesar \$ 0.050 per jam.

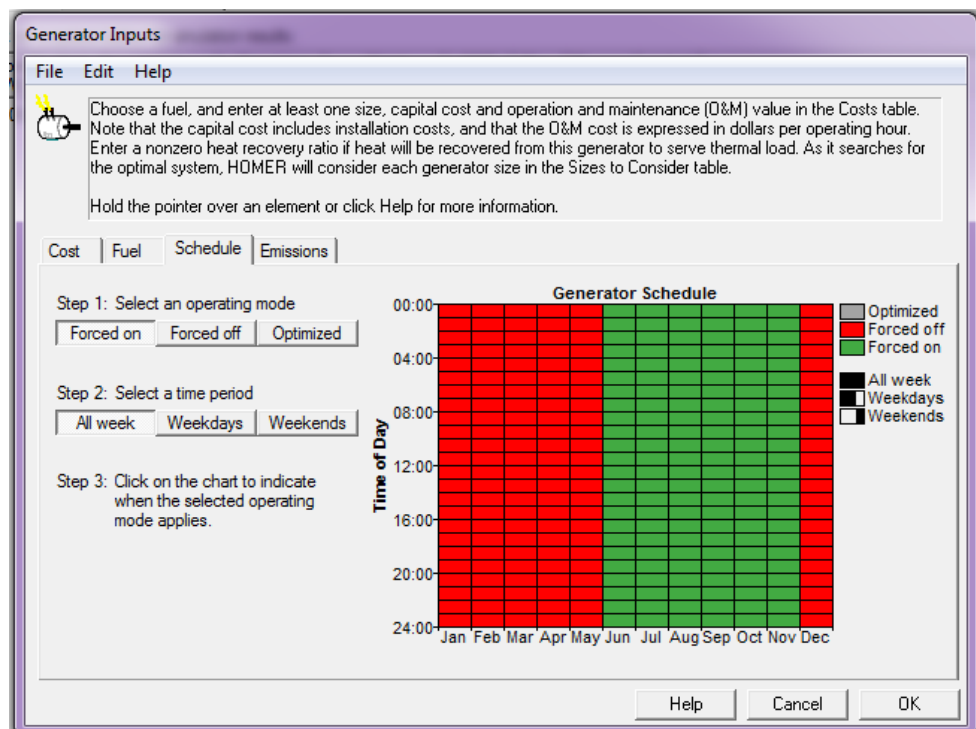


Gambar 4.10 Perancangan Sistem Generator pada Homer



Gambar 4.11 *Cost Curve Generator*

Kurva pada gambar 4.11 menjelaskan tentang harga pembelian awal (*capital*) generator 2.000 KW seharga \$ 600.000 dan biaya pergantian (*replacement*) dengan harga sebesar \$ 300.000



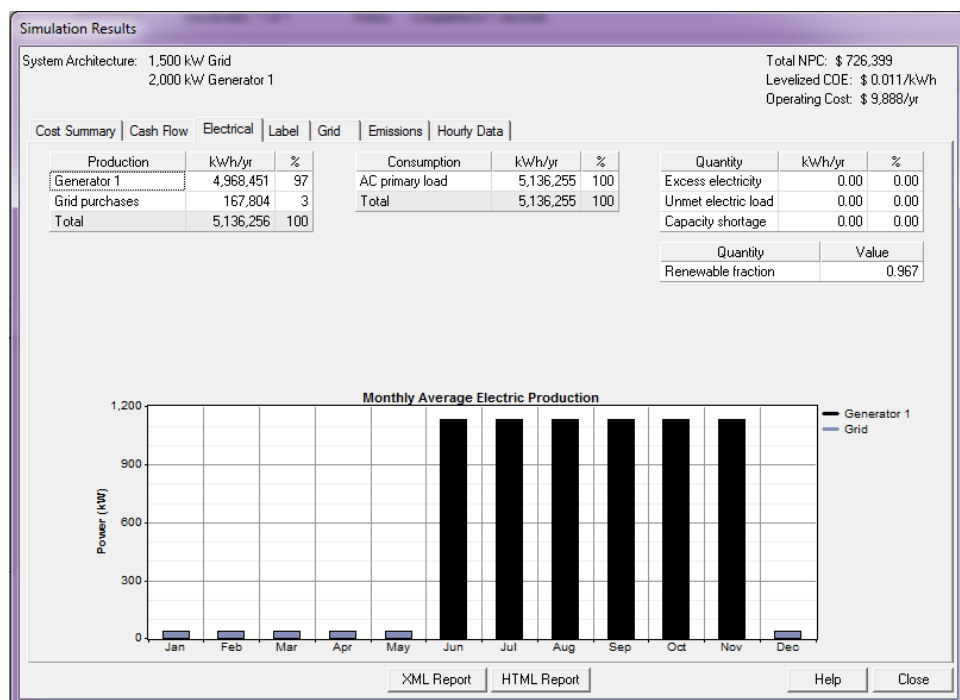
Gambar 4.12 Jadwal Kerja Generator

Gambar 4.12 merupakan gambar yang menjelaskan tentang jadwal kerja generator. Jadwal kerja generator yang tampak dalam gambar hanya pada bulan Juni sampai November, di mana pada kurun waktu tersebut pabrik sedang dalam masa giling atau berproduksi.

Dari proses produksi tersebut menghasilkan daya untuk memenuhi kebutuhan listrik di Pabrik Gula Pangka pada bulan Juni sampai November. Sedangkan pada bulan Desember sampai Mei saat generator tidak bekerja atau dengan kata lain tidak dalam masa produksi sehingga kebutuhan listrik pabrik disuplai dari PLN.

#### 4.5.3. Hasil Daya Generator

Daya yang dihasilkan generator biomassa 2.000 KW adalah 4,968,451 kWh/yr dengan penggunaan beban produksi perusahaan sebesar 5,136,255 kWh/yr. Sedangkan pembelian daya dari PLN sebesar 167,804 kWh/yr. Hasil tersebut didapat dari pengolahan data menggunakan *software* Homer yang ditunjukkan pada gambar 4.13 berikut.

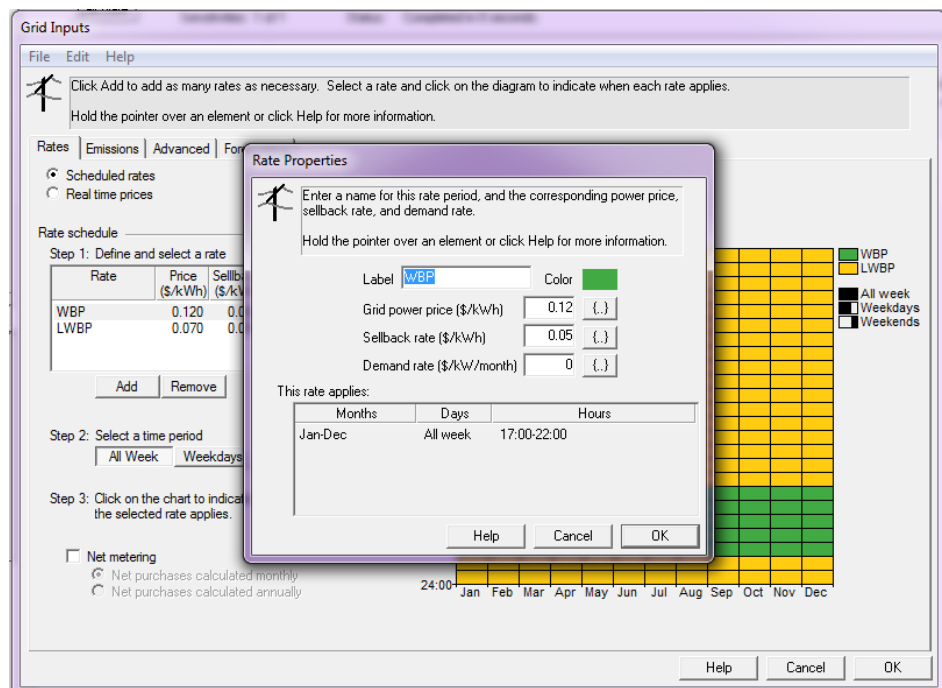


Gambar 4.13 Data Daya yang dihasilkan Generator Biomassa

Software Homer Energy tidak membutuhkan *sampling* beban setiap menit, tetapi hanya membutuhkan data beban setiap jamnya saja. Data beban diperoleh dari catatan yang ada di Pabrik Gula Pangka, data tersebut selanjutnya dimasukkan pada software Homer.

#### **4.5.4. Grid**

Grid adalah jaringan penyedia energi listrik dari PLN. Pada simulasi perancangan sistem ini seperti ditunjukkan gambar 4.14 berikut yang dihubungkan ke grid PLN adalah pembangkit listrik tenaga uap Pabrik Gula Pangka dengan menggunakan bahan bakar ampas tebu untuk memenuhi kebutuhan listrik pada bulan Juni sampai November. Tujuan simulasi perancangan sistem ini dikoneksikan ke grid adalah agar dapat diketahui komposisi yang baik antara suplai listrik dari PLN dan generator, serta membuat analisis cadangan sisa energi listrik yang diproduksi apabila ada sehingga dapat dijual ke PLN sesuai dengan Peraturan Menteri ESDM Nomor 04 Tahun 2012 tentang Harga Pembelian Tenaga Listrik Oleh Pt Pln (Persero) Dari Pembangkit Tenaga Listrik yang Menggunakan Energi Terbarukan Skala Kecil Dan Menengah Atau Kelebihan Tenaga Listrik.



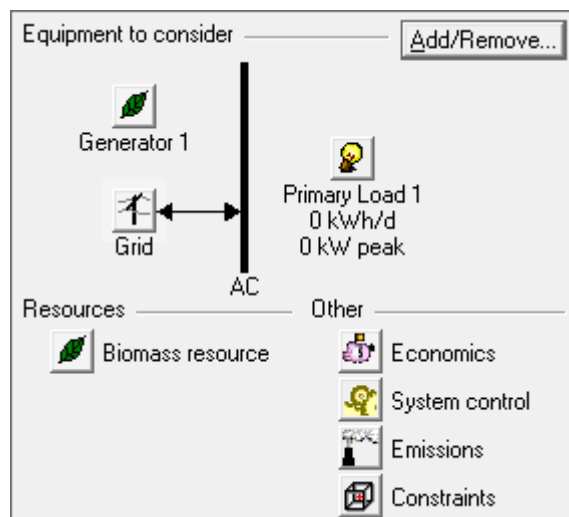
Gambar 4.14 Perancangan Sistem Grid

Harga pembelian energi listrik dari PLN untuk LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) adalah \$ 0.070 /kWh sedangkan untuk WBP (Waktu Beban Puncak) adalah sebesar \$ 0.120 /kWh dan untuk penjualan ke PLN, perusahaan mengeluarkan harga sebesar \$ 0.050 /kWh namun pada simulasi ini perusahaan tidak menjual kepada PLN.

## 4.6. Analisis Optimasi Homer

### 4.6.1. Hasil Konfigurasi Homer

HOMER telah melakukan simulasi lebih dari 6 konfigurasi sistem. Konfigurasi yang terbaik adalah konfigurasi yang memiliki *Net Present Cost* (NPC) paling kecil. NPC merupakan nilai saat ini dari semua biaya yang muncul selama masa pakai dikurangi dengan semua pendapatan yang diperoleh selama masa pakai. Sedangkan *Cost Of Energy* (COE) merupakan rata-rata per kWh dari energi listrik yang dihasilkan oleh sistem



Gambar 4.15 Perancangan Konfigurasi pada Homer Energy

Calculate Simulations: 6 of 6 Progress:  Status: Completed in 1 seconds.  
Sensitivities: 1 of 1

Sensitivity Results Optimization Results

Double click on a system below for simulation results.

	Label (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Biomass (t)	Label (hrs)
	2000	1500	\$ 600,000	9,888	\$ 726,399	0.011	0.97	21,535	4,392
		1500	\$ 0	417,185	\$ 5,333,029	0.081	0.00		

Gambar 4.16 Hasil Kalkulasi Konfigurasi Homer Energy



Desain sistem pembangkit untuk Pabrik Gula Pangka yang terbaik adalah dengan generator biomassa dengan spesifikasi 2.000 KW dan terhubung ke grid 1.500 KW

Tabel 4.4 Hasil Konfigurasi Sistem Teroptimal Homer Energy

	Konfigurasi	Keterangan
Generator (KW)	2000	Konfigurasi menggunakan 2000 KW
Grid (KW)	1500	Konfigurasi berlangganan 1000 KW
Initial Capital (\$)	600.000	Keseluruhan biaya investasi sebesar \$ 600.000
Operating Cost (\$)	9.888	Biaya Operasional setiap tahun sebesar \$ 9.888
Total NPC (\$)	726.399	Dana pengeluaran dikurangi surplus sebesar \$ 726.399
COE (\$/kWh)	0.011	Rata-rata listrik yang dihasilkan sebesar \$ 0.011
Biomassa (t)	21.353	Produksi biomassa ampas tebu 21.353 ton
Label (hours)	4.392	Label Biomassa 4.392 jam

Tabel 4.4 di atas merupakan konfigurasi sistem pembangkit listrik untuk industri paling optimal di Pabrik Gula Pangka. Kelebihan konfigurasi di atas pada saat ini adalah lebih baik dari yang lain karena menghasilkan kapasitas produksi lebih tinggi. Kapasitas generator yang ada mampu menampung kapasitas energi sebesar 2.000 KW dengan terhubung ke grid sebesar 1.500 KW.

#### 4.6.2. Analisis Konfigurasi Sistem Teroptimal

Dari hasil simulasi sistem pembangkit dengan program Homer Energy menjelaskan bahwa sistem kelistrikan di Pabrik Gula Pangka pada bulan Juni sampai bulan November dengan memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik tenaga uap dapat memenuhi kebutuhan listrik secara optimal pada bulan tersebut. Sedangkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada bulan Desember sampai bulan Mei perusahaan mendapat suplai daya dari PLN. Sehingga untuk mengoptimalkan sistem pada perusahaan tersebut diperoleh dari pemanfaatan ampas tebu sebagai bahan bakar pembangkit listrik dan suplai dari PLN.

#### 4.6.3. Hasil Pembangkitan Sistem Produksi Listrik

Simulation Results

System Architecture: 1,500 kW Grid  
2,000 kW Generator 1

Total NPC: \$ 726,399  
Levelized COE: \$ 0.011/kWh  
Operating Cost: \$ 9,888/yr

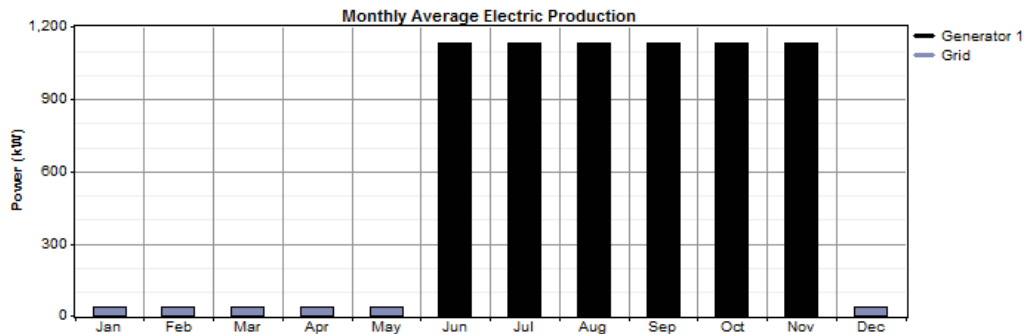
Production			Consumption			Quantity		
	kWh/yr	%		kWh/yr	%		kWh/yr	%
Generator 1	4,968,451	97	AC primary load	5,136,255	100	Excess electricity	0.00	0.00
Grid purchases	167,804	3	Total	5,136,255	100	Unmet electric load	0.00	0.00
Total	5,136,256	100				Capacity shortage	0.00	0.00

Quantity	Value
Renewable fraction	0.967

Gambar 4.17 Daya yang dihasilkan dari Konfigurasi Generator Biomassa

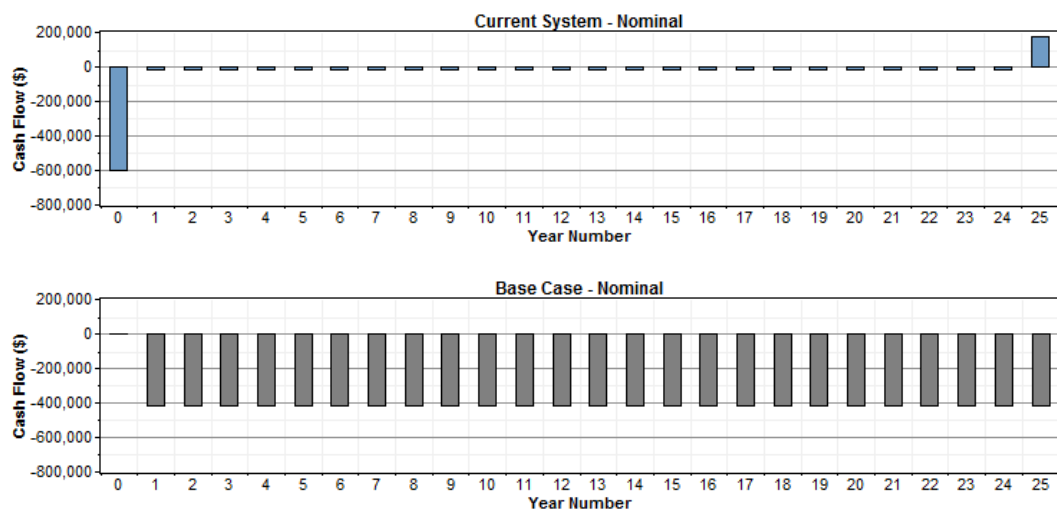
Pada gambar 4.17 tampak bahwa total daya yang dihasilkan pembangkit sebesar 5.136.256 kWh/tahun. Dengan konsumsi energi listrik industri sebesar 5.136.255 kWh/tahun (100%).



Gambar 4.18 Produksi Listrik per bulan dari hasil Konfigurasi Generator Biomassa Kondisi Optimal

Bagan yang ditunjukkan pada gambar 4.18 menjelaskan bahwa dalam setahun produksi listrik hanya pada bulan Juni sampai November. Karena pada bulan tersebut Pabrik Gula Pangka sedang proses penggilingan dan berproduksi. Sedangkan pada bulan Desember sampai Mei Pabrik Gula Pangka tidak berproduksi sehingga suplai daya berasal dari PLN.

#### 4.6.4. Perbandingan Sistem Optimal Generator Biomassa dengan Grid



Gambar 4.19 Grafik Current System Perbandingan Sistem Optimal dengan Grid

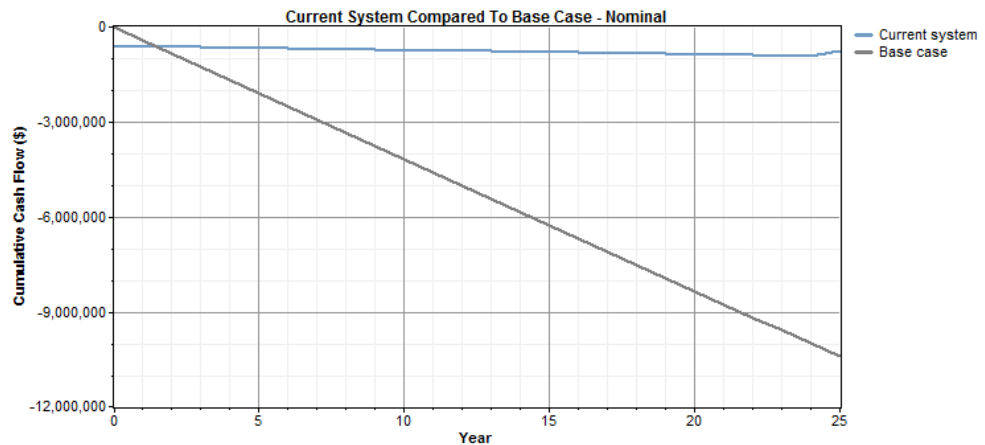
Grafik *current system* perbandingan sistem optimal dengan grid merupakan grafik yang menunjukkan perbandingan sistem pembangkit baru dengan sistem grid yang telah ada selama beberapa tahun. Perbandingan tersebut akan membuktikan bahwa sistem pembangkit tersebut mampu memberikan kebutuhan energi listrik kepada pelanggan.

Nilai total NPC untuk grid sebesar \$ 726,399 yang dapat dilihat pada Gambar 4.16 mengartikan bahwa apabila industri hanya berlangganan listrik dari PLN maka tagihan yang harus dibayar Pabrik Gula Pangka sebesar \$ 417,185 setiap tahunnya.

Pada dasarnya Pabrik Gula Pangka tidak berorientasi untuk mencari keuntungan dari penjualan energi listrik ke PLN, melainkan daya energi listrik hanya dipakai sendiri untuk keperluan produksi.

#### **4.6.5. Perbandingan Biaya Pengoperasian Generator Biomassa dengan Grid**

Dari hasil simulasi sistem pembangkit menggunakan Homer Energy menunjukkan bahwa biaya pengoperasian biomassa dengan *base case* relatif lebih mahal dibandingkan dengan *current system*, dalam 25 tahun Pabrik Gula Pangka lebih irit jika memakai generator biomassa karena biaya \$ 500.000 sampai \$ 1.000.000. Sedangkan pada *base case* sendiri dalam 25 tahun mengalami kenaikan harga per tahunnya dengan biaya sampai \$ -10.000.000 lebih.



Gambar 4.20 Grafik Perbandingan *Current System* dengan *Base Case*

Grafik *cumulative cash flows* ditunjukkan oleh gambar 4.20. Dalam grafik tersebut dijelaskan mengenai kenaikan harga pada tahun 0 atau waktu mulai *current system* dengan modal \$ 600.000, sedangkan *base case* untuk waktu tersebut adalah \$ 0. Pada waktu kurang dari dua tahun perusahaan sudah bisa balik modal. Setiap tahunnya biaya pada *current system* cenderung tetap. Sedangkan pada *base case* mengalami kenaikan harga setiap tahunnya. Jadi perusahaan lebih untung dengan menggunakan generator biomassa dari pada berlangganan dengan PLN selama 25 tahun.