

## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pengambilan Data**

Pengumpulan data dilaksanakan di PT. Madukismo (PG/PS Madukismo) di Desa Padokan, Tirtonirmolo, Kasihan, Bantul, Yogyakarta. Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari pabrik tersebut baik dari segi sumber energi listrik yang di konsumsi, apabila nantinya terjadi pemadaman listrik, atau kelebihan beban, konsumsi daya kelistrikan, instalasi kelistrikan, hingga komposisi kelistrikan yaitu antara generator biomassa dengan listrik PLN.

#### **4.2 Kelistrikan di PG. Madukismo**

PG. Madukismo tetap berlangganan langsung dengan listrik dari PLN dan di bantu dengan sistem pembangkit listrik yang mampu menampung total beban keseluruhan industri. Adapun sektor produksi dan pabrik pengolahan tebu di suplai melalui 3 generator dengan kapasitas 1280 KW untuk menampung beban sektor produksi dan sektor domestik sebesar 3000 KW. Pabrik Gula Madukismo ini memproduksi selama 24 jam di saat bulan Mei sampai Oktober. Di saat musim tidak giling maupun musim giling pabrik Madukismo memakai daya PLN 4000 KW dan di tambah memakai generator biomassa, dikarenakan daya dari PLN belum bisa mencukupi. Generator ini bekerja dengan uap yang di hasilkan dari pembakaran di boiler dengan bahan ampas tebu dan kayu.

### **4.3 Konsumsi Daya Kelistrikan**

Untuk mendapatkan data data kelistrikan, dengan melakukan kunjungan menganalisa segala aktifitas di PG Madukismo (PG/PS Madukismo), menganalisa data manual perusahaan dan mengolah secara langsung data yang diperoleh.

Adapun sektor produksi dan pabrik pengolahan tebu di *supply* melalui 3 generator dengan kapasitas 1280 KW untuk menampung beban sektor produksi dan domestik sebesar 3000 KW. Pabrik Gula Madukismo ini memproduksi selama 24 jam di saat Mei sampai dengan Oktober. Di saat musim tidak giling maupun musim giling Pabrik Gula Madukismo memakai daya PLN sebesar 4000 KW dengan ditambah memakai generator biomassa, dikarenakan daya dari PLN belum bisa mencukupi. Generator ini bekerja dengan uap yang dihasilkan dari pembakaran di boiler dengan bahan ampas tebu dan kayu.

Pada saat musim giling PG Madukismo menggunakan 3 buah generator dengan spesifikasi 1280 KW dan tetap berlangganan dan bekerja terus saat musim giling di PG Madukismo berlangsung. Akan tetapi akan menggunakan listrik PLN kembali pada saat tidak musim giling.

Tabel 4.1 Konsumsi Daya Beban PG. Madukismo bulan November s/d April

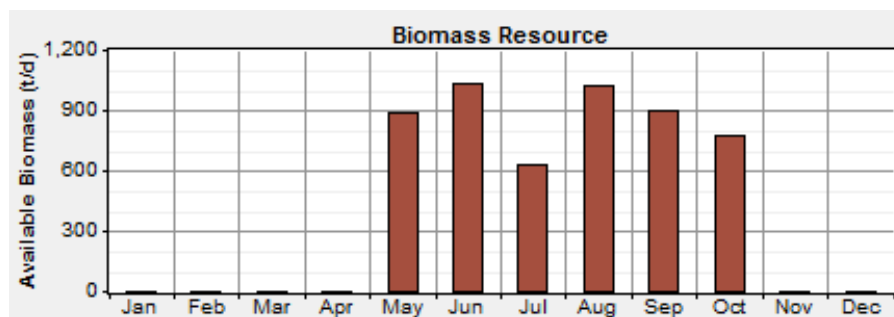
Jam Pemakaian	Total Beban (KW)
00.00 - 01.00	116
01.00 - 02.00	113
02.00 - 03.00	113
03.00 - 04.00	113
04.00 - 05.00	109
05.00 - 06.00	106
06.00 - 07.00	82
07.00 - 08.00	109
08.00 - 09.00	249
09.00 - 10.00	249
10.00 - 11.00	255
11.00 - 12.00	249
12.00 - 13.00	151
13.00 - 14.00	159
14.00 - 15.00	328
15.00 - 16.00	210
16.00 - 17.00	91
17.00 - 18.00	91
18.00 - 19.00	113
19.00 - 20.00	112
20.00 - 21.00	111
21.00 - 22.00	113
22.00 - 23.00	111
23.00 - 00.00	109

Tabel 4.2 Konsumsi Daya Beban PG. Madukismo Musim Giling Mei s/d Oktober

Jam Pemakaian	Total Beban (KW)
00.00 - 01.00	3.150
01.00 - 02.00	3.180
02.00 - 03.00	3.180
03.00 - 04.00	3.180
04.00 - 05.00	3.190
05.00 - 06.00	3.190
06.00 - 07.00	3.330
07.00 - 08.00	3.330
08.00 - 09.00	3.370
09.00 - 10.00	3.440
10.00 - 11.00	3.430
11.00 - 12.00	3.320
12.00 - 13.00	3.300
13.00 - 14.00	3.340
14.00 - 15.00	3.270
15.00 - 16.00	3.290
16.00 - 17.00	3.300
17.00 - 18.00	3.280
18.00 - 19.00	3.240
19.00 - 20.00	3.270
20.00 - 21.00	3.180
21.00 - 22.00	3.180
22.00 - 23.00	3.140
23.00 - 00.00	3.070

Pada Tabel 4.1 menunjukkan daya beban yang relatif rendah itu dikarenakan pada bulan November sampai dengan April Pabrik Gula Madukismo sedang tidak memproduksi tebu/ tidak musim giling. Sedangkan pada tabel 4.2 menunjukkan daya beban yang relatif besar, karena pada bulan Mei sampai dengan Oktober Pabrik Gula Madukismo sedang memproduksi tebu artinya sedang musim Giling.

#### 4.4 Potensi Feedstock Biomassa



Gambar 4.1 Jumlah rata - rata feedstock biomassa dalam setahun

Pada gambar 4.1 menunjukkan jumlah rata rata feedstock biomassa dalam setahun. Feedstock yaitu bahan baku massal yang merupakan masukan utama untuk proses industri. Feedstock disini adalah limbah tebu. Dapat dilihat paling tinggi pada bulan Juni dan terendah bulan Juli. Berdasarkan potensi biomassa di PG Madukismo (PG/PS Madukismo), rata-rata jumlah feedstock diambil 30% dari produksi harian selama satu tahun. Pada bulan November sampai April tidak ada musim giling , jadi tidak ada proses produksi dan *feedstock* biomassa kosong.

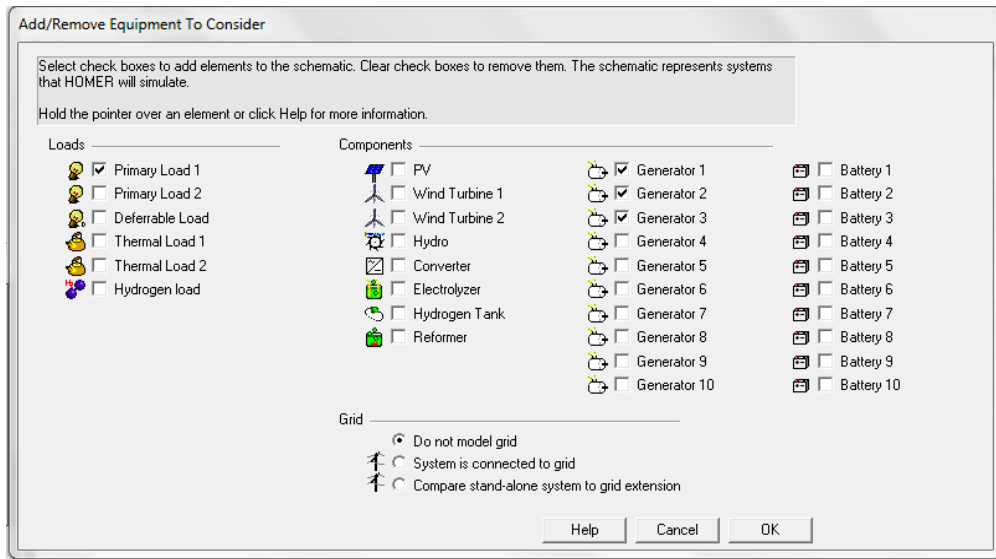
Month	Available Biomass (tonnes/day)
January	0.000
February	0.000
March	0.000
April	0.000
May	892.440
June	1,034.950
July	628.110
August	1,019.310
September	898.230
October	773.980
November	0.000
December	0.000
Annual average:	440.349

Gambar 4.2 Hasil produksi biomassa perbulan dalam setahun

Pada gambar 4.2 menjelaskan data ampas tebu yang sudah dihitung 30% dari produksi harian selama satu tahun. Pada bulan November sampai April tidak ada musim giling, jadi tidak ada proses produksi dan feedstock biomassa kosong. Dapat dilihat pada bulan Juni ampas tebu sampai 1,034.950 ton/hari. Dan stok terendah yaitu pada bulan Juli, hanya menghasilkan ampas tebu sebesar 628.110 ton/hari.

#### 4.5 Perancangan Homer

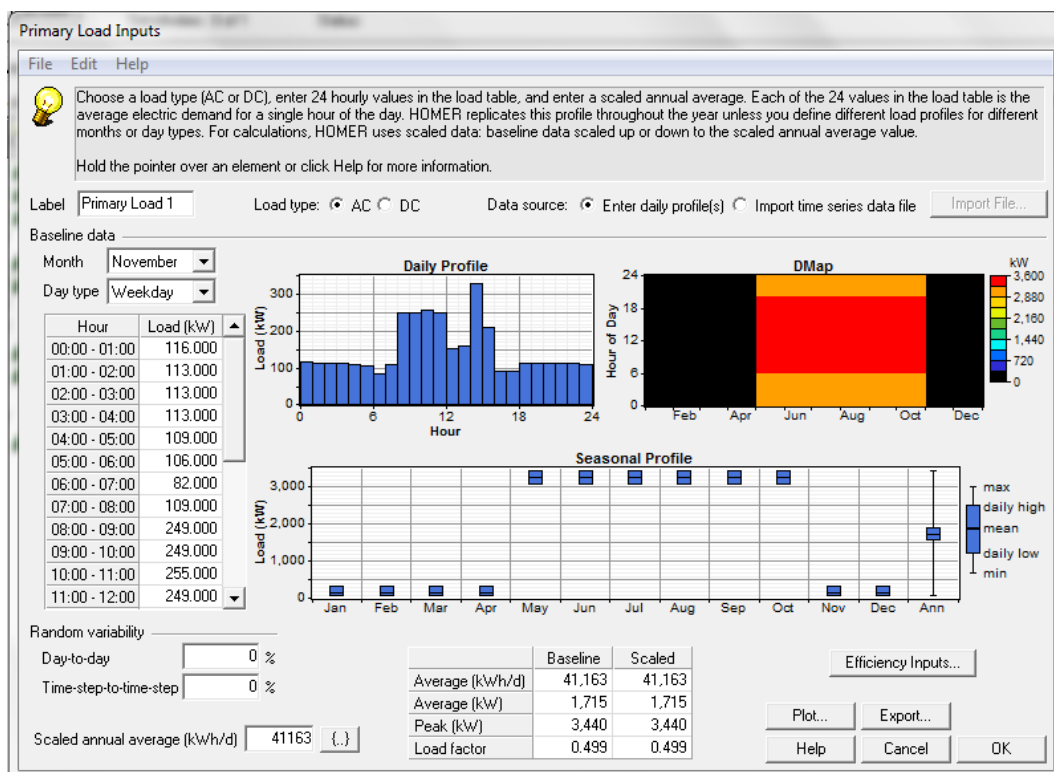
Pada perancangan sistem Homer akan menganalisa rancangan yang terhubung ke grid PLN. Gambar yang tersedia dibawah ini menunjukkan window komponen Homer yang dipakai pada penelitian ini. Berbagai komponen khusus sistem yang dipilih, yaitu beban primer 1, Generator 1 (*setting fuel curve* sebagai biomassa), Generator 2 (*setting fuel curve* sebagai biomassa), dan Generator 3 (*setting fuel curve* sebagai biomassa).



Gambar 4.3 Pemilihan Komponen pada Homer Energy

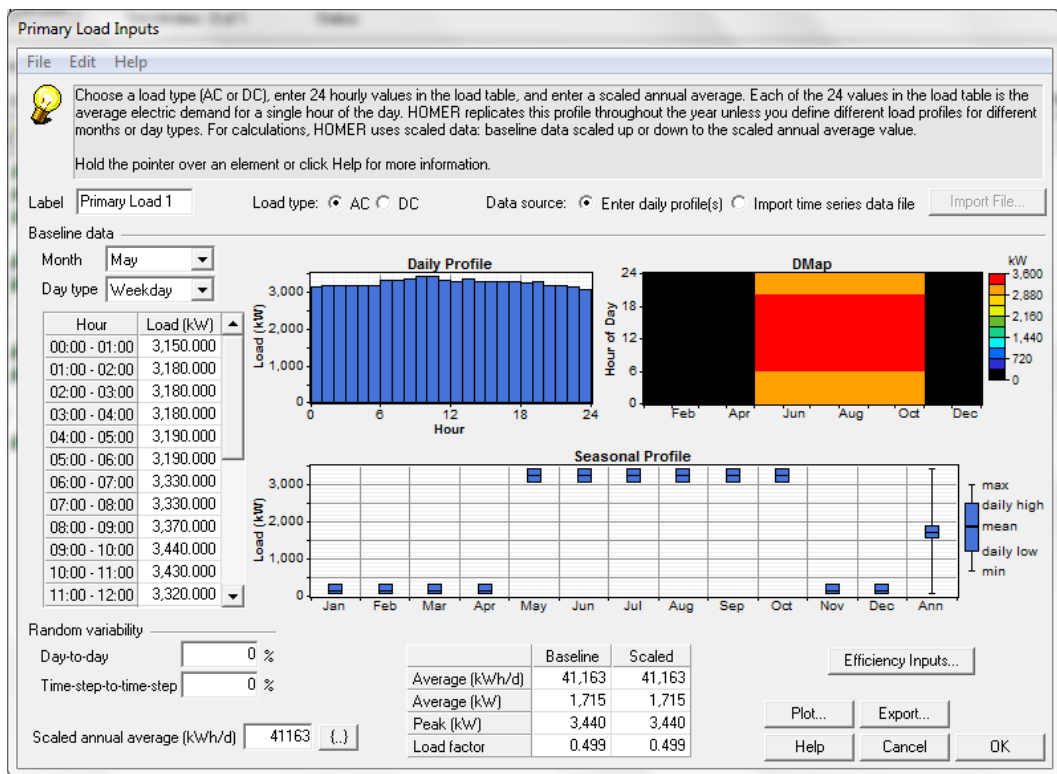
#### 4.5.1 Simulasi Primary Load

Simulasi primary load adalah simulasi beban kelistrikan dalam tugas akhir ini di PG Madukismo



Gambar 4.4 Perancangan Primary Load pada bulan November s/d April

Pada gambar 4.4 menunjukkan gambar simulasi primary load pada bulan november sampai dengan april pada *Homer Energy* dimana daya yang digunakan relatif kecil karena pada bulan tersebut PG Madukismo tidak sedang berproduksi. Pengambilan data tiap jam nya pada bulan November sampai dengan April. Jadi pada bulan November sampai dengan April di ansumsikan beban industri rata rata yaitu 148 KW.



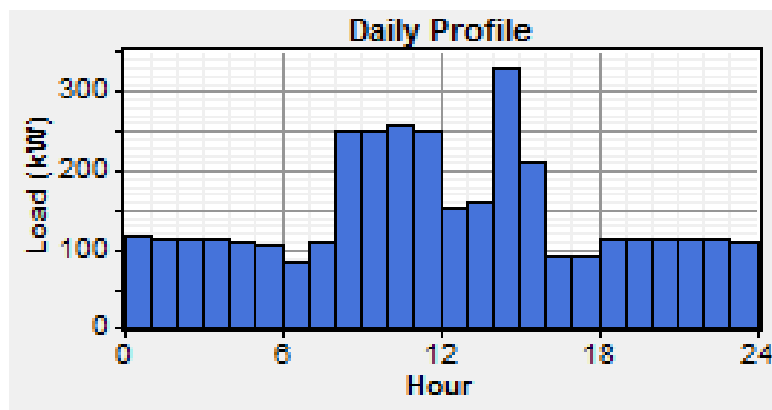
Gambar 4.5 Perancangan Primary Load pada bulan Mei s/d Oktober

Pada gambar 4.5 menunjukkan hasil simulasi primary load pada bulan Mei sampai dengan Oktober dimana pada bulan tersebut PG Madukismo sedang berproduksi dan beban day aang dipakai cukup besar. Jadi Homer dapat mengkomodasi perubahan profil benban listrik setiap bulannya. Namun pada penelitian ini, profil beban untuk daerah tropis dapat dianggap sama untuk setiap

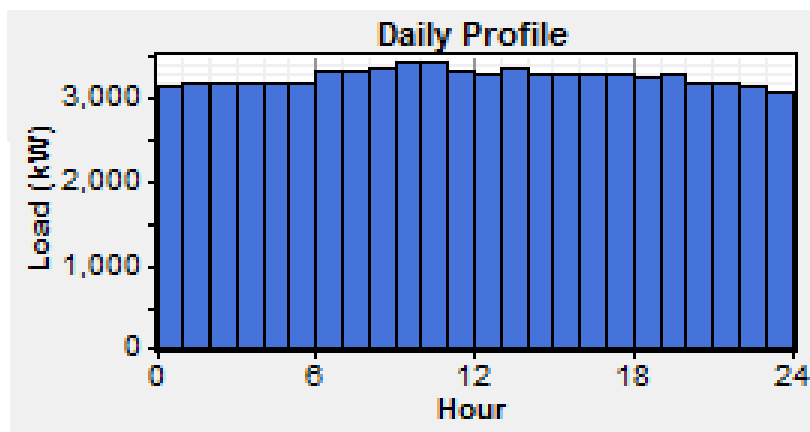


bulannya. Hal ini disebabkan karena tidak adanya perbedaan iklim yang mencolok dalam periode satu tahun.

Didalam simulasi daya, Software Homer Energy hanya membutuhkan data daya aktif total. Simulasi beban listrik yang digunakan di dalam sistem pembangkit ini di ansumsikan random variability 15% dan time to step 20% sesuai dengan ketentuan yang dipakai.

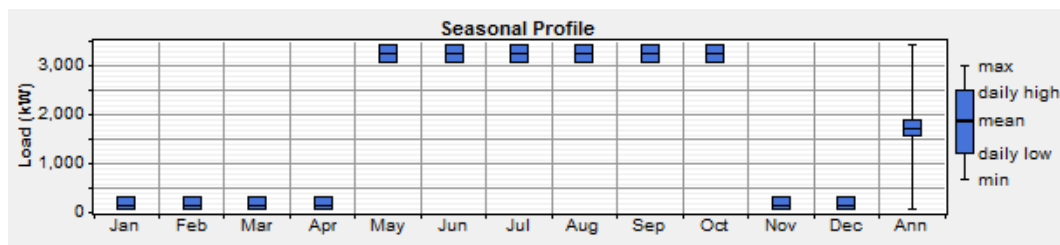


Gambar 4.6 Grafik penggunaan energi listrik setiap jam dalam bulan November s/d April

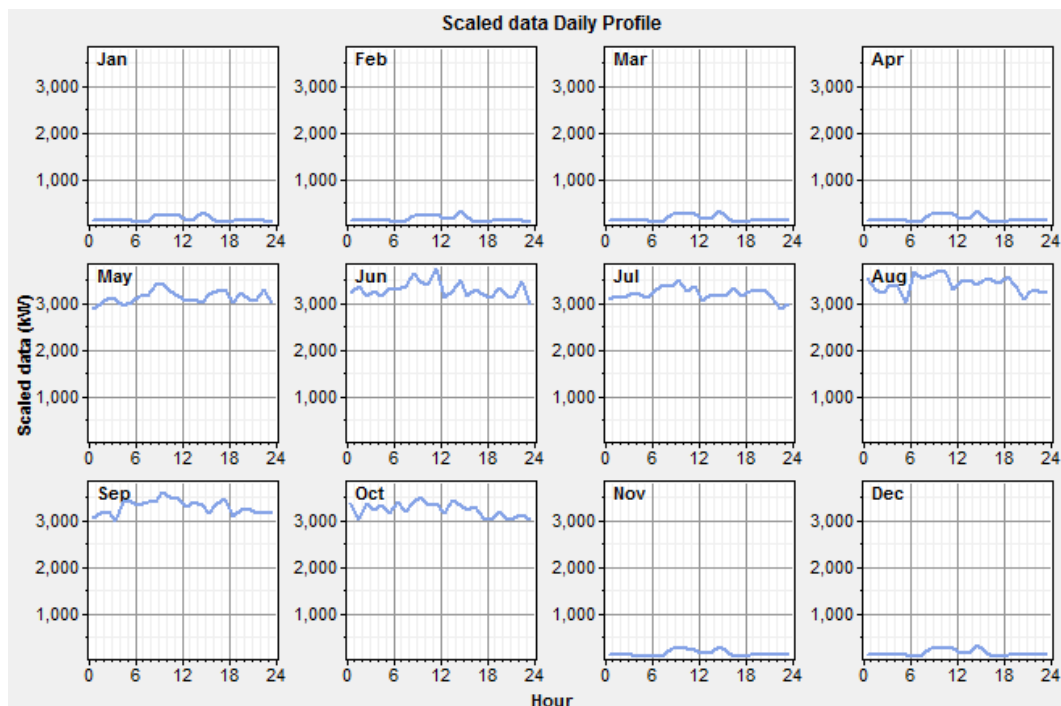


Gambar 4.7 Grafik penggunaan energi listrik setiap jam dalam bulan Mei s/d Oktober

Pada gambar 4.8 dan gambar 4.9 pada bulan November sampai dengan April perusahaan ini tidak ada proses penggilingan tebu dan tidak produksi. Jadi, pada bulan November sampai April diasumsikan beban industri rata rata, yaitu 148 KW. Sedangkan pada bulan Mei Sampai dengan sampai dengan Oktober perusahaan ini ada proses penggilingan tebu dan berproduksi. Jadi pada bulan Mei sampai dengan Oktober diasumsikan beban industri rata rata, yaitu 3256 KW.



Gambar 4.8 Grafik daya listrik setiap bulan selama satu tahun

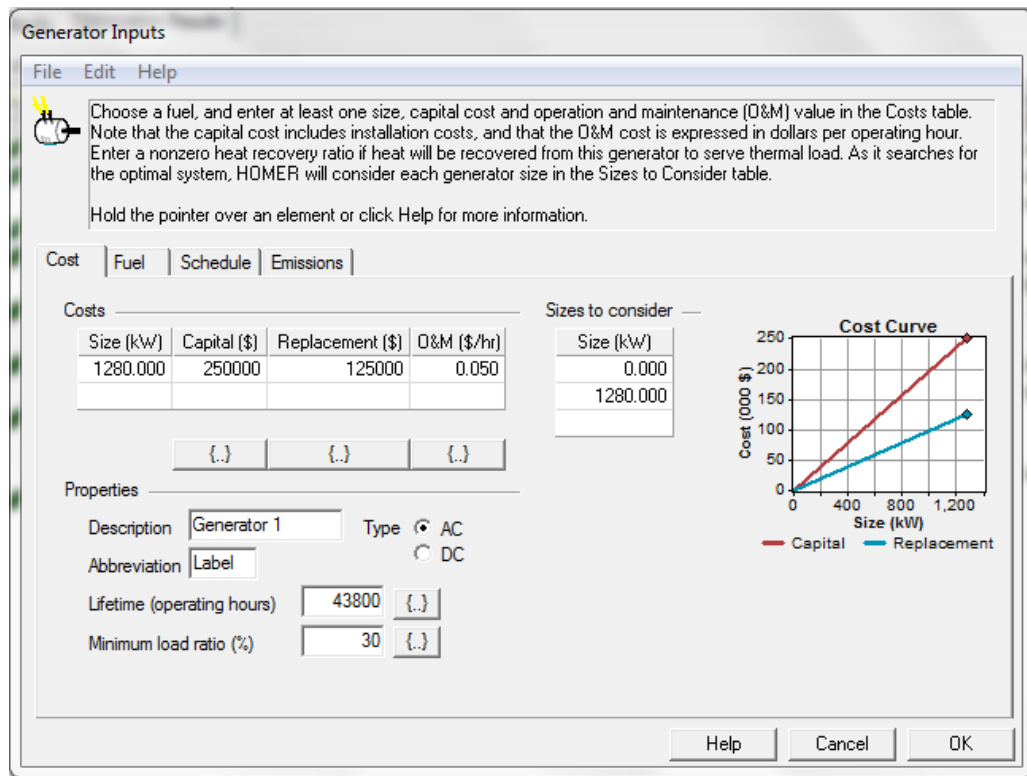


Gambar 4.9 Grafik profil beban listrik per jam tiap bulan dalam satu tahun

Profil harian kelistrikan industri menurut Homer Energy secara keseluruhan hampir sama, akan tetapi tetap bervariasi. Begitupun untuk profil setiap bulannya dalam satu tahun juga bervariasi namun besarnya beberapa sama.

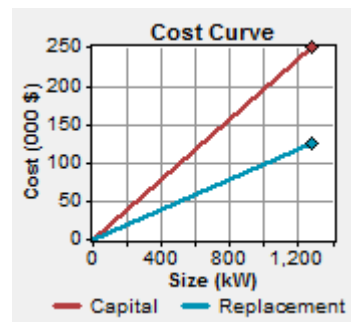
#### **4.5.2 Generator 1 (*Biomass Resource*)**

Simulasi generator 1 (biomass resource-ampas tebu) adalah simulasi penyediaan daya kelistrikan dan suatu alat yang dapat mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Energi yang dihasilkan oleh steam turbin turbo alternator uap penggerak steam turbin dari boiler dengan bahan bakar ampas tebu. Pemanfaatan ampas tebu sebesar 30%. Hal tersebut tergantung dari konstruksi generator yang dipakai pembangkit tenaga listrik. Dalam penelitian ini generator digunakan menggunakan arus AC. Generator ini memiliki kapasitas daya 1280 KW. Generator ini memiliki daya 1600 KW/2000kva



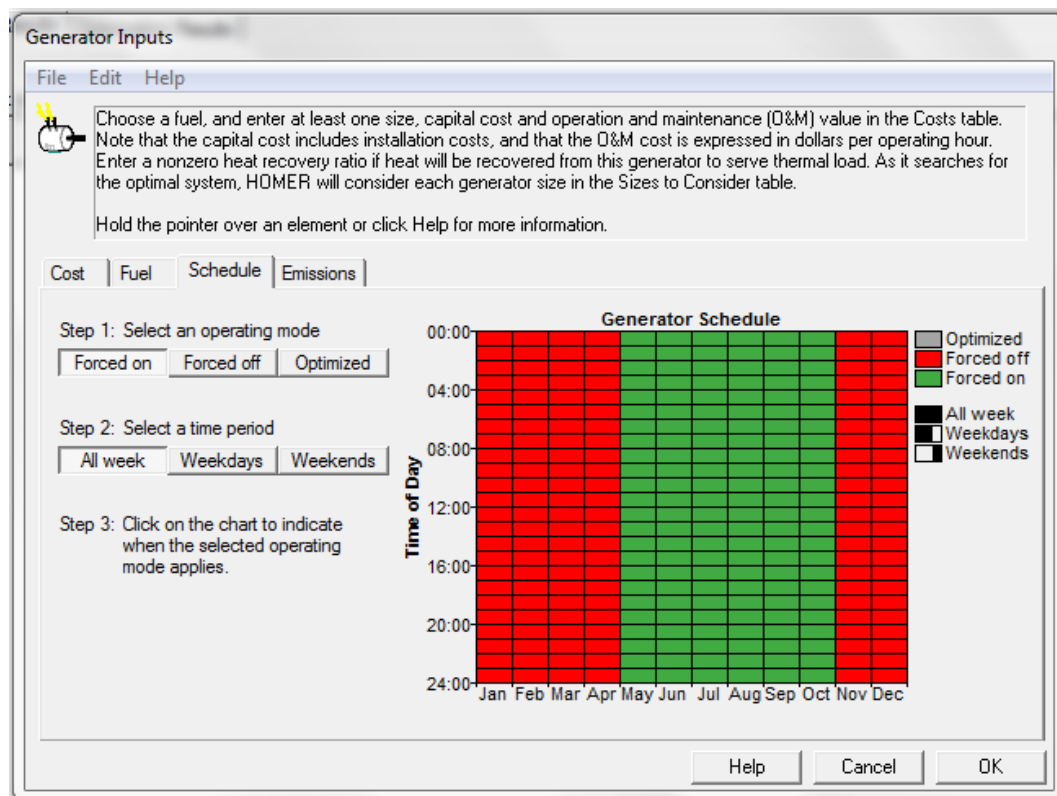
Gambar 4.10 Perancangan sistem generator 1

Pada gambar 4.10 perancangan sistem homer juga diterangkan bahwasanya kecapaian efisiensi 50% dan untuk biaya replacement diansumsikan sebesar 50% atau \$ 125000 dari harga pembelian dan biaya O&M \$0.050 per jam.



Gambar 4.11 Cost curve generator 1

Pada gambar 4.11 menjelaskan tentang harga pembelian awal (capital) generator 1280 KW sebesar US \$ 250.000 dan untuk biaya penggantian sebesar US \$ 125.000



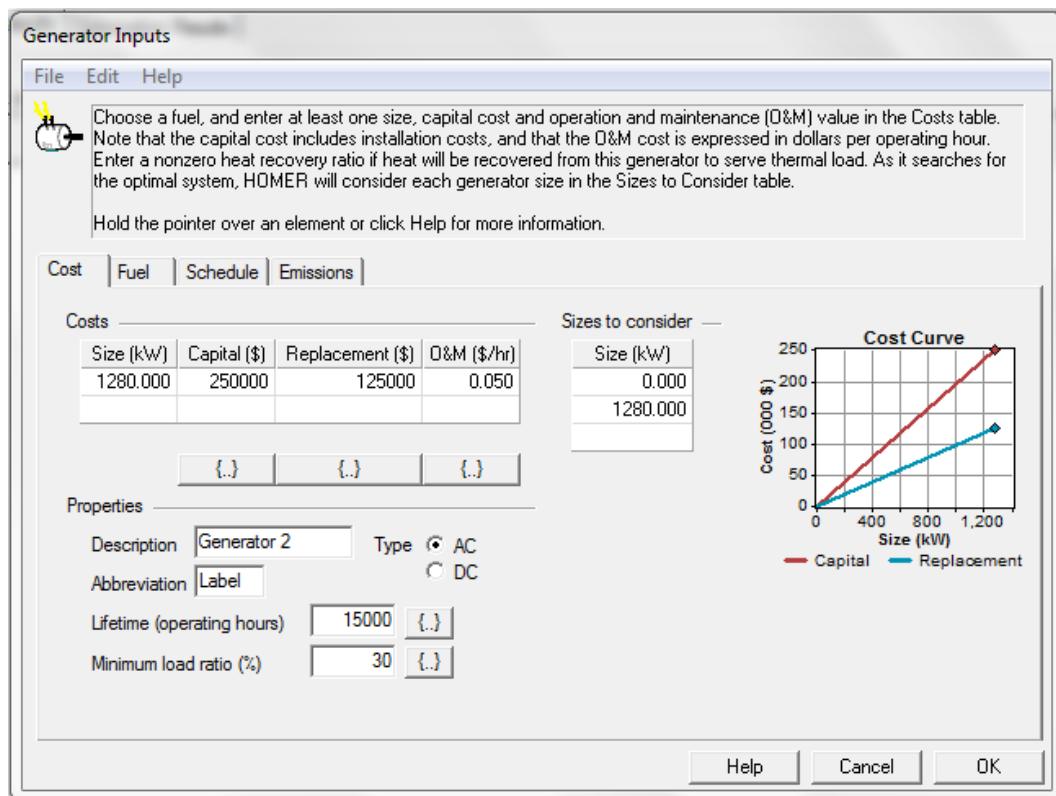
Gambar 4.12 Jadwal kerja generator 1

Pada gambar 4.12 menjelaskan bahwa jadwal kerja generator 1, 2, 3 hanya pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober selama 24 jam. Dikarenakan pada bulan tersebut perusahaan sedang berproduksi.

#### 4.5.3 Generator 2 dan Generator 3 (*Biomass Resource*)

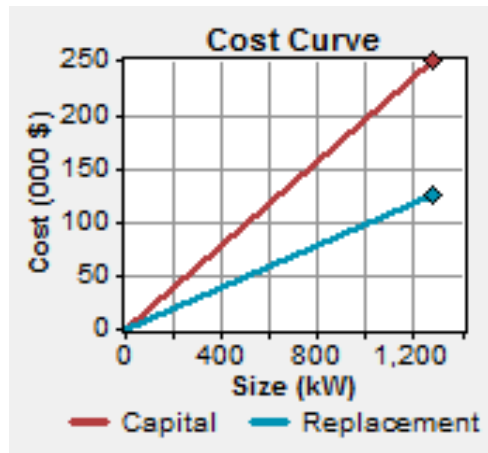
Simulasi generator 2 (biomass resource-ampas tebu) adalah simulasi penyediaan daya kelistrikan dan suatu alat yang dapat mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh stim turbin turbo

alternator uap penggerak steam turbin dari boiler dengan bahan bakar ampas tebu. Pemanfaatan ampas tebu sebesar 30 %. Hal tersebut tergantung dari konstruksi generator yang dipakai pembangkit tenaga listrik. Dalam penelitian ini generator digunakan menggunakan arus AC. Generator ini memiliki kapasitas daya 1280 KW.



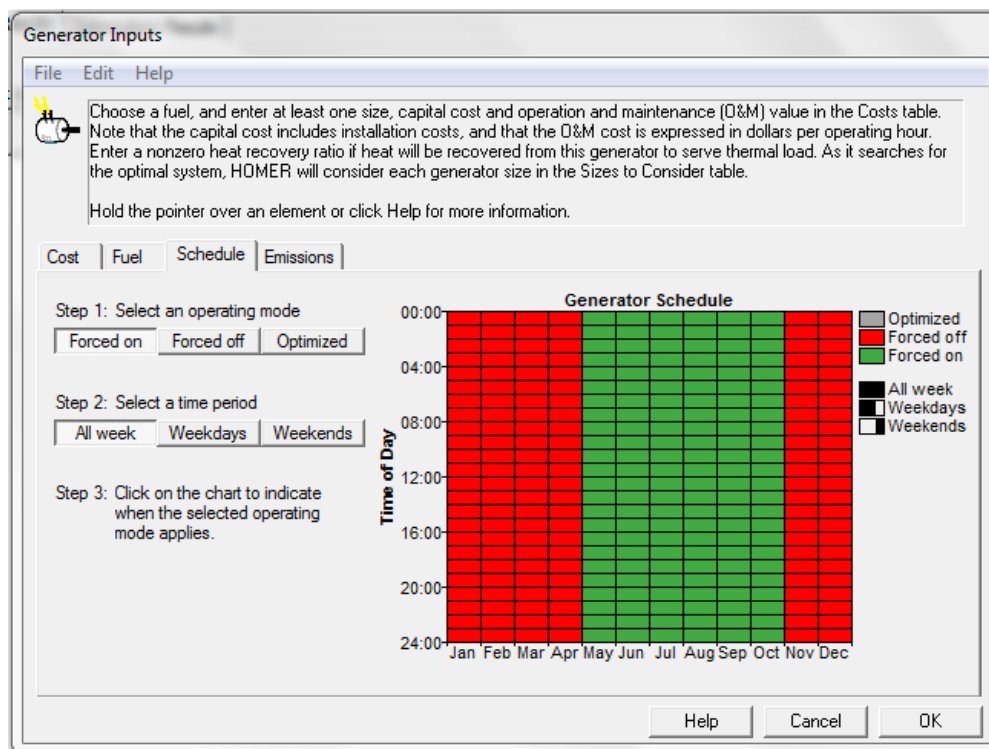
Gambar 4.13 perancangan sistem generator 2 dan 3

Pada gambar 4.13 perancangan sistem homer juga diterangkan bahwasanya kecapaian efisiensi maksimal 50% dan untuk biaya *replacement* diasumsikan sebesar 50% atau \$ 125.000 dari harga pembelian. Dan biaya perawatan rutin O&M sebesar \$ 0.050 per jam.



Gambar 4.14 Cost curve generator 2 dan 3

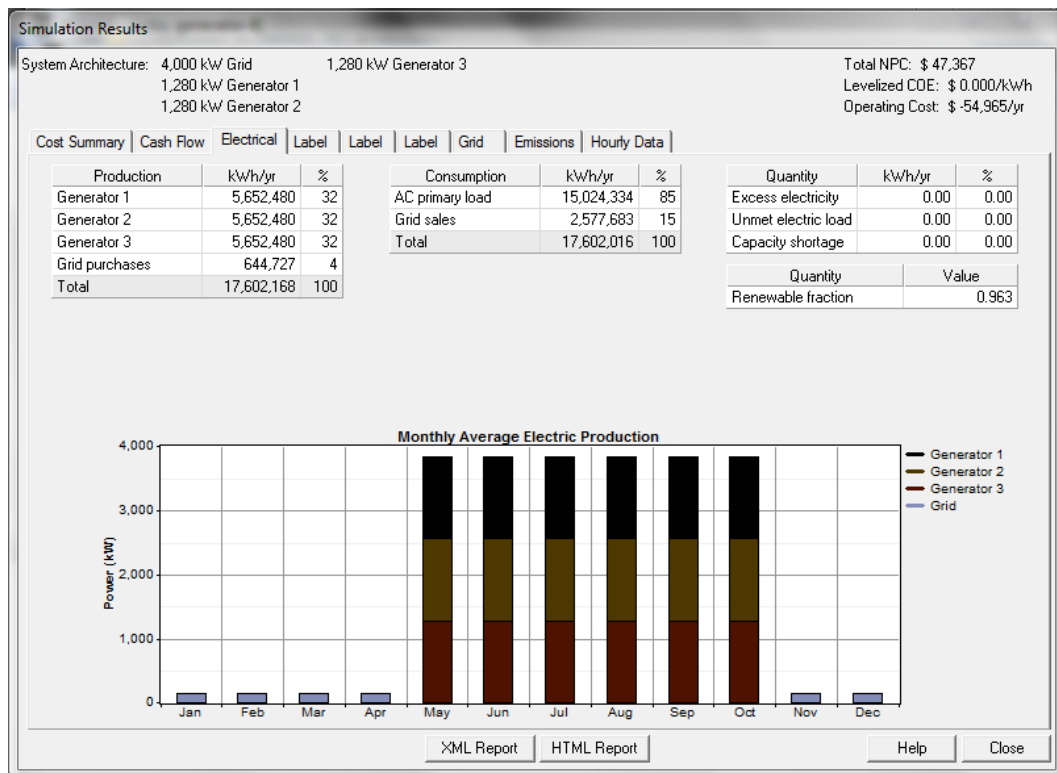
Pada gambar 4.11 menjelaskan tentang harga pembelian awal (*capital*) generator 1280 KW sebesar US \$ 250.000 dan untuk biaya pergantian (*replacement*) adalah sebesar US \$ 120.000



Gambar 4.15 Jadwal kerja generator 2 dan 3

Pada perancangan sistem homer ditentukan pengoperasian generator 1, 2, dan 3 bekerja pada bulan Mei sampai dengan Oktober selama 24 jam dikarenakan pabrik sedang proses giling dan memproduksi. Dari sistem produksi tersebut menghasilkan daya untuk memenuhi kelistrikan di PG. Madukismo pada bulan tersebut. Sedangkan di bulan November sampai dengan April generator tidak bekerja dikarenakan di bulan tersebut memakai daya dari PLN.

#### 4.5.4 Hasil Daya Generator



Gambar 4.16 Hasil Simulasi daya yang dihasilkan generator

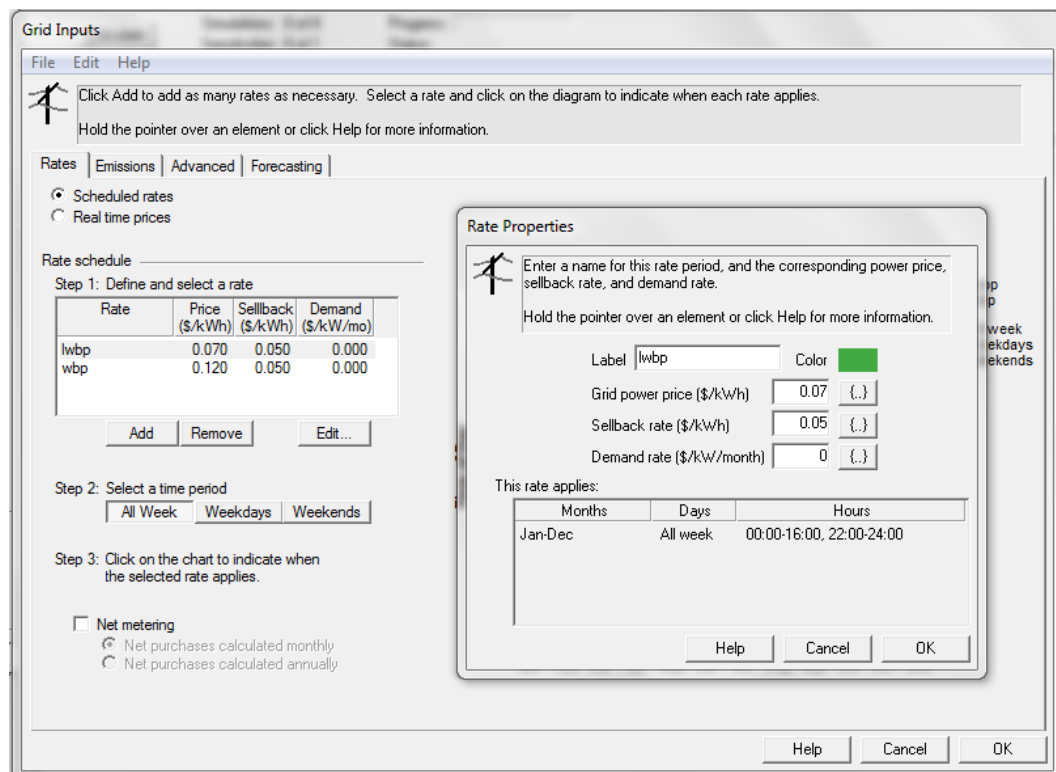
Pada gambar 4.16 Pengolahan data dengan menggunakan *software Homer* mendapatkan hasil daya yang dihasilkan generator 1 biomasa yang 1280 KW sebesar 5.652.480 kWh/yr, generator 2 dan 3 biomasa 1280 KW 5,652,480



kWh/yr dan 5.652.480 kWh/yr dengan total generator produksi perusahaan sebesar 17.602.168 kWh/yr. Dengan pembelian daya dari PLN sebesar 644,727 kWh/yr. Kapasitas yang dihasilkan generator biomasa sebesar 1280 KW, 1280 KW dan 1280 KW.

Software Homer Energi tidak membutuhkan sampling beban setiap menitnya, akan tetapi setiap jam nya saja. Data beban ini diambil dari wawancara dengan pegawai pabrik Madukismo. Kemudian, dimasukkan di software Homer.

#### 4.5.5 Grid

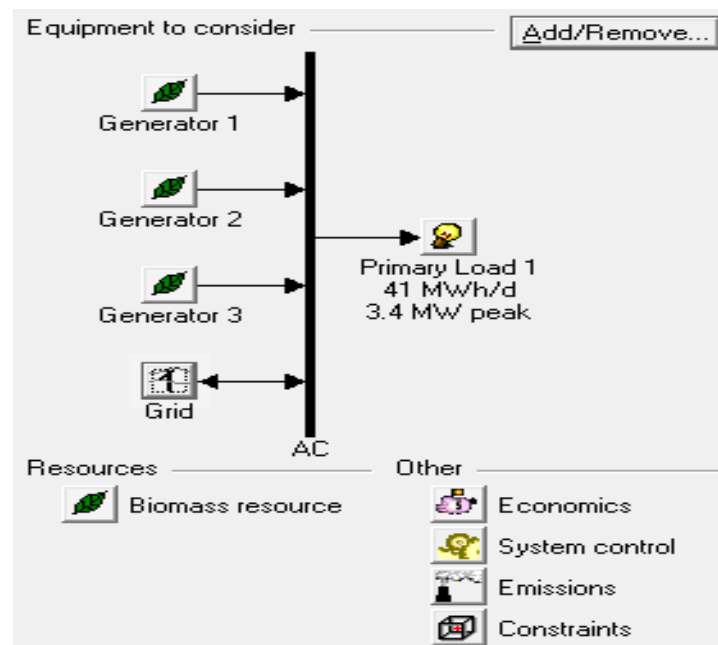


Gambar 4.17 Perancangan sistem grid

Pada gambar 4.17 Grid adalah jaringan penyedia energi listrik dari PLN, untuk sistem yang terhubung dengan Grid akan memperoleh suplai energi listrik. Pada simulasi dan perancangan sistem ini yang diinterkoneksi ke Grid adalah PG Maduksimo untuk memenuhi kebutuhan pada bulan November sampai bulan April. Harga pembelian energi listrik dari PLN untuk LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) adalah sebesar US\$ 0.070/kWh sedangkan untuk WBP (Waktu Beban Puncak) adalah sebesar US\$ 0.12/kWh dan untuk penjualan ke PLN perusahaan mengeluarkan harga sebesar US\$ 0.05/kWh namun pada simulasi ini perusahaan tidak menjual ke PLN.

## 4.6 Analisis Optimasi Homer

### 4.6.1 Hasil konfigurasi Homer



Gambar 4.18 Perancangan konfigurasi Homer Energy

Sensitivity Results		Optimization Results																
Double click on a system below for simulation results.													Categorized	Overall	Export...	Details...		
		Label (kW)	Label (kW)	Label (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Biomass (t)	Label (hrs)	Label (hrs)	Label (hrs)				
		1280	1280	1280	4000	\$ 750,000	-54,965	\$ 47,367	0.000	0.96	15,695	4,416	4,416	4,416				
		1280	1280		4000	\$ 500,000	319,093	\$ 4,579,075	0.024	0.75	10,465	4,416	4,416					
		1280		1280	4000	\$ 500,000	319,093	\$ 4,579,075	0.024	0.75	10,465	4,416		4,416				
			1280	1280	4000	\$ 500,000	319,093	\$ 4,579,075	0.024	0.75	10,461		4,416	4,416				
			1280		4000	\$ 250,000	777,732	\$ 10,192,022	0.053	0.38	5,234	4,416						
				1280	4000	\$ 250,000	777,732	\$ 10,192,022	0.053	0.38	5,231		4,416					
					1280	4000	\$ 250,000	777,732	\$ 10,192,022	0.053	0.38	5,231			4,416			
					4000	\$ 0	1,236,365	\$ 15,804,892	0.082	0.00								

Gambar 4.19 Hasil kalkulasi konfigurasi Homer Energy

Homer telah melakukan beberapa simulasi terhadap 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 yg dihasilkan oleh sistem.

Desain sistem pembangkit yang terbaik untuk PG Madukismo adalah dengan generator biomasa dengan spesifikasi 1280 KW sebanyak 3 buah dengan terhubung ke grid 4000 KW.

Pada gambar 4.19 dapat dilihat pada saat menggunakan 3 generator total NPC (*Net Present Cost*) yaitu paling kecil adalah \$ 47.367 dibandingkan apabila menggunakan 2 generator saja dilai NPC nya masih 4.579.075 . Jadi konfigurasi yang baik disini adalah menggunakan 3 generator

Tabel 4.3 Hasil konfigurasi sistem paling optimal Homer Energi

Komponen	Konfigurasi (KW)	Keterangan
Generator 1 (KW)	1280	Konfigurasi menggunakan 1280 KW
Generator 2 (KW)	1280	Konfigurasi menggunakan 1280 KW
Generator 3 (KW)	1280	Konfigurasi menggunakan 1280 KW
Grid	4000	Konfigurasi berlangganan PLN 4000
Initial Capital (\$)	750.000	Keseluruhan biaya investasi sebesar \$750.000
Operating Cost (\$/thn)	-54.955	Biaya Operasional setiap tahun sebesar -\$ 54.955

Tabel 4.3 Hasil konfigurasi sistem paling optimal Homer Energi

(Lanjutan)

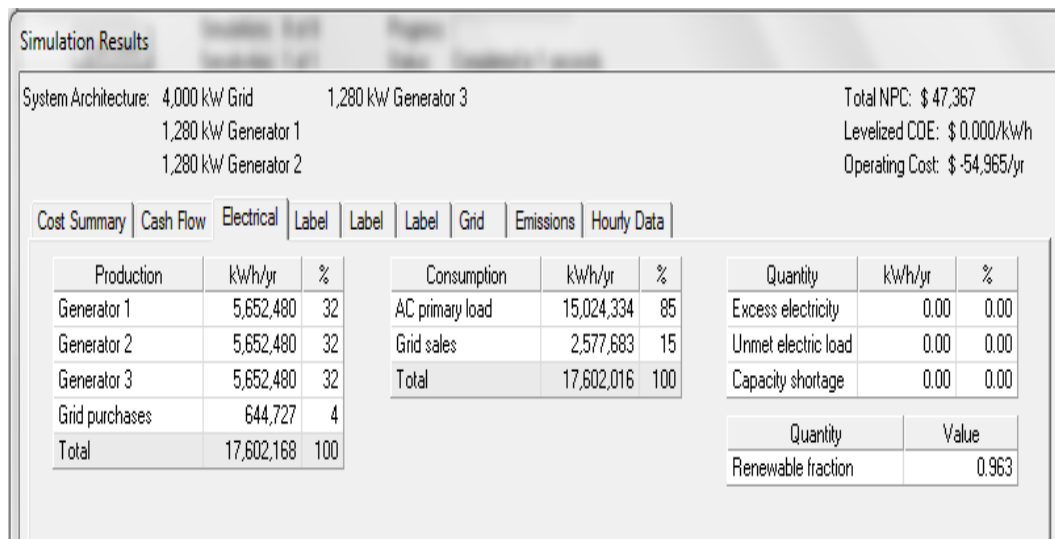
Total NPC (\$)	47.367	Dana pengeluaran dikurangi surplus sebesar \$ 47.367
COE (\$/kWh)	0.000	Rata- rata listrik yang dihasilkan sebesar \$ 0.000
Biomass (t)	4.890.272	Produksi Biomassa 4.890,272/t
Label 1 (hrs)	4.416	Label biomassa 4.416/jam
Label 2 (hrs)	4.416	Label biomassa 4.416/jam
Label 3 (hrs)	4.416	Label biomassa 4.416/jam

Tabel diatas adalah konfigurasi sistem pembangkit industri paling optimal. Kelebihan konfigurasi diatas pada saat ini adalah lebih baik dan menghasilkan kapasitas produksi lebih tinggi. Kapasitas generator 1, 2, dan 3 mampu menampung kapasitas energi sebesar 1280 KW dan 1280 KW dengan terhubung grid sebesar 4000 KW.

#### 4.6.2 Analisa Konfigurasi Sistem Teroptimal

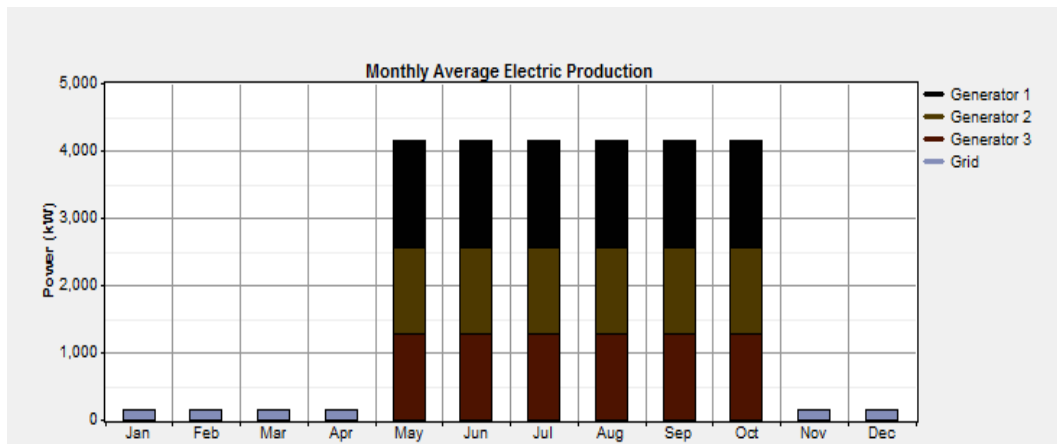
Pada analisis sistem yang telah diasumsikan dengan program Homer didapat bahwa pada sistem PG Madukismo untuk bulan Mei sampai dengan bulan Oktober dengan produksi energi logistik memanfaatkan ampas tebu dapat memenuhi kebutuhan energi listrik secara optimal pada bulan tersebut. Sedangkan untuk bulan November sampai dengan April untuk memenuhi kebutuhan energi listrik perusahaan mendapatkan suplai energi listrik dari pihak PLN. Sehingga untuk mengoptimalkan sistem pada perusahaan tersebut diperoleh dari pemanfaatan ampas tebu yang diproses menjadi energi listrik dan suplai dari PLN.

#### 4.6.3 Hasil Pembangkitan Sistem Produksi Listrik



Gambar 4.20 Daya yang dibangkitkan konfigurasi generator biomasa 1, 2, 3

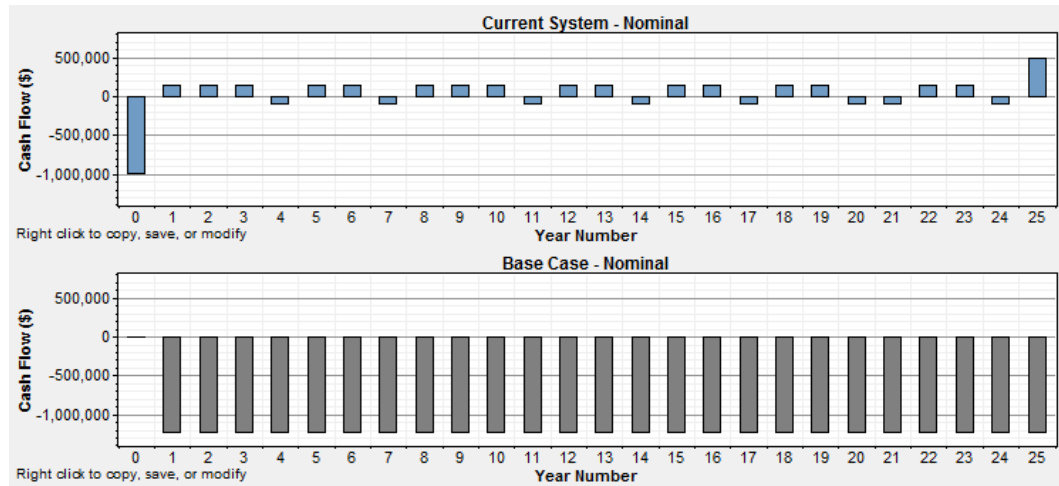
Pada gambar 4.20 diatas nampak bahwa total daya yang dihasilkan pembangkit sebesar 17.602.168 kWh /yr. Dengan konsumsi listrik industri sebesar 15,024,334 kWh/yr (85%). Penjualan ke PLN sebesar 2.577.683 kWh/yr (15%) biaya pengoperasiannya atau *operating cost* sebesar \$ - 54.965 per tahun, dan *quantity renewable fraction* sebesar 0.963



Gambar 4.21 Produksi listrik per bulan hasil konfigurasi generator biomassa kondisi optimum

Bagan yang ditunjukkan pada gambar 4.23 menjelaskan bahwasanya dalam setahun produksi listrik hanya pada bulan mei sampai Oktober. Karena pada bulan tersebut PG. Madukismo sedang musim giling tebu dan produksi. Sedangkan bulan November sampai April PG. Madukismo tidak berproduksi dan suplai daya memakai PLN.

#### 4.6.4 Pebandingan Sitem Optimal Generator Biomassa dengan Grid



Gambar 4.22 Grafik *current system* perbandingan sistem optimal dengan grid

Pada gambar 4.23 dan 4.24 suatu sistem pembangkit baru akan dibandingkan dengan sistem grid yang telah lama ada dan terbukti mampu memberikan kebutuhan energi listrik pelanggan. Pada gambar 4.18 diketahui nilai dari total NPC untuk grid sebesar US\$ 15.804.892 . Nilai ini apabila industri berlangganan ke PLN dengan tagihan yang harus dibayar sebesar US\$ 47.367 setiap tahunnya setelah menggunakan 3 generator.

Pada dasarnya PG Madukismo tidak mencari untung dari penjualan energi listrik ke PLN melainkan daya energi listrik hanya dipakai sendiri



Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased	Sold	Purchases	Demand	Charge	Charge
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kW)	(\$)	(\$)
Jan	110,423	0	110,423	328	8,708	0
Feb	99,737	0	99,737	328	7,865	0
Mar	110,423	0	110,423	328	8,708	0
Apr	106,861	0	106,861	328	8,427	0
May	0	434,284	-434,284	0	-21,714	0
Jun	0	420,274	-420,274	0	-21,014	0
Jul	0	434,284	-434,284	0	-21,714	0
Aug	0	434,284	-434,284	0	-21,714	0
Sep	0	420,274	-420,274	0	-21,014	0
Oct	0	434,284	-434,284	0	-21,714	0
Nov	106,861	0	106,861	328	8,427	0
Dec	110,423	0	110,423	328	8,708	0
Annual	644,727	2,577,683	-1,932,955	328	-78,043	0

Gambar 4.23 Data penjualan dan pembelian listrik

Gambar 4.23 menunjukkan bahwa PG. Madukismo dapat memenuhi kebutuhan listriknya secara mandiri dan tidak memerlukan pasokan energi listrik dari PLN serta dapat menjual energi listrik yang tidak digunakan sebesar 2.577.683 kWh per tahun dengan nilai jual sebesar \$78.043 per tahun. Dapat dilihat pada gambar 4.23 bahwa bulan Januari sampai dengan April PG Madukismo menggunakan listrik PLN, pada bulan Mei sampai dengan Oktober menggunakan generator biomassa, dan selanjutnya pada bulan November sampai dengan Desember menggunakan listrik PLN lagi.

#### 4.6.5 Analisis Biaya Sistem Pembangkit

Berdasarkan data dari parameter-parameter yang digunakan, berupa komponen, penggantian, operasional, dan perbaikan dari tiap-tiap komponen pada simulasi Homer yang telah dimasukkan, perangkat Homer akan mengkalkulasi seluruh biaya yang ada pada sistem sehingga mendapatkan rincian biaya yang

muncul pada sistem PLT Biogas. Adapun biaya yang dibahas pada analisis tugas akhir ini adalah analisis teknis biaya dari sistem paling optimal.

- Biaya Tiap Komponen

Biaya ini di dapat dari komponen – komponen yang di gunakan dalam perancangan sistem Homer. Harga setiap komponen akan di kalkulasi oleh perangkat Homer berdasarkan jumlah yang di butuhkan oleh sistem Homer dikali dengan harga masing – masing komponen seperti dapat dilihat pada gambar

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
Generator 1	250,000	109,479	2,823	0	-13,964	348,338
Generator 2	250,000	109,479	2,823	0	-13,964	348,338
Generator 3	250,000	109,479	2,823	0	-13,964	348,338
Grid	0	0	-997,647	0	0	-997,647
System	750,000	328,438	-989,179	0	-41,892	47,367

Gambar 4.24 Biaya tiap komponen

Generator 1 memiliki harga beli sebesar \$250.000, biaya penggantian sebesar \$109.479, biaya O&M sebesar \$2.823, biaya bahan bakar dianggap \$0 karena bahan bakar utama yang digunakan merupakan biomassa, biomassa pada PG Madukismo dihasilkan dari limbah ampas tebu, sisa dari penggilingan tebu. Harga jual sebesar - \$13.964, sehingga total biaya yang di perlukan untuk generator 1 sebesar \$348.338

Generator 2 memiliki harga beli sebesar \$250.000, biaya penggantian sebesar \$109,479, biaya O&M sebesar \$2.823, biaya bahan bakar juga dianggap \$0 karena bahan bakar utama yang digunakan merupakan biomassa, biomassa pada PG Madukismo dihasilkan dari limbah ampas tebu, sisa dari penggilingan

tebu. Harga jual sebesar - \$13.964, sehingga total biaya yang di perlukan untuk generator 1 sebesar \$348,338. Pada generator 3 juga sama dengan generator 2

*Grid* memerlukan biaya O&M sebesar \$-1.900 selama masa operasi. Besarnya nilai O&M pada *grid* sebagian besar berasal dari penjualan energi listrik pada *grid* PLN.

- Biaya Berdasarkan Tipe

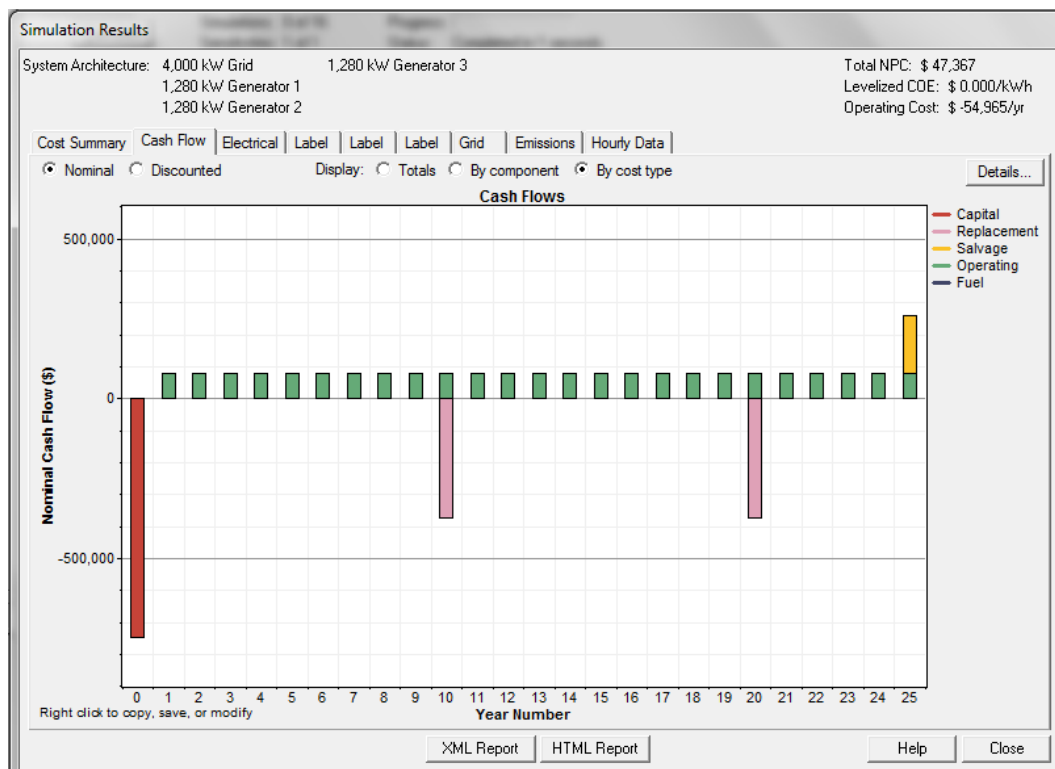
Biaya ini didapat dari hasil penjumlahan masing-masing tipe yang ada dalam perangkat homer diantaranya biaya modal (*Capital*), pergantian (*replacement*), dan harga jual setelah pakai (*salvage*) pada tiap komponen. Dari hasil penjumlahan setiap tipe tersebut didapatkan biaya keseluruhan masing-masing tipe.

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
Generator 1	250,000	109,479	2,823	0	-13,964	348,338
Generator 2	250,000	109,479	2,823	0	-13,964	348,338
Generator 3	250,000	109,479	2,823	0	-13,964	348,338
Grid	0	0	-997,647	0	0	-997,647
System	750,000	328,438	-989,179	0	-41,892	47,367

Gambar 4.25 Gambar keseluruhan berdasarkan tipe

Pada gambar 4.25 memperlihatkan modal awal yang di keluarkan untuk perancangan simulasi Homer ini pada PG Madukismo sebesar \$1.000.000 sedangkan untuk biaya penggantian komponen berupa tiga buah generator sebesar \$328.438. untuk biaya perawatan generator biomassa di PG Madukismo akan

memakan biaya sebesar \$-989.179 . Harga jual komponen setelah pakai sebesar \$-41.892 sehingga total NPC (*Net Present Cost*) sebesar \$47.367 . Hal tersebut menandakan pembangunan sistem ini pada PG Madukismo dapat dikatakan baik dan menguntungkan karena nilai NPC mendekati \$0.

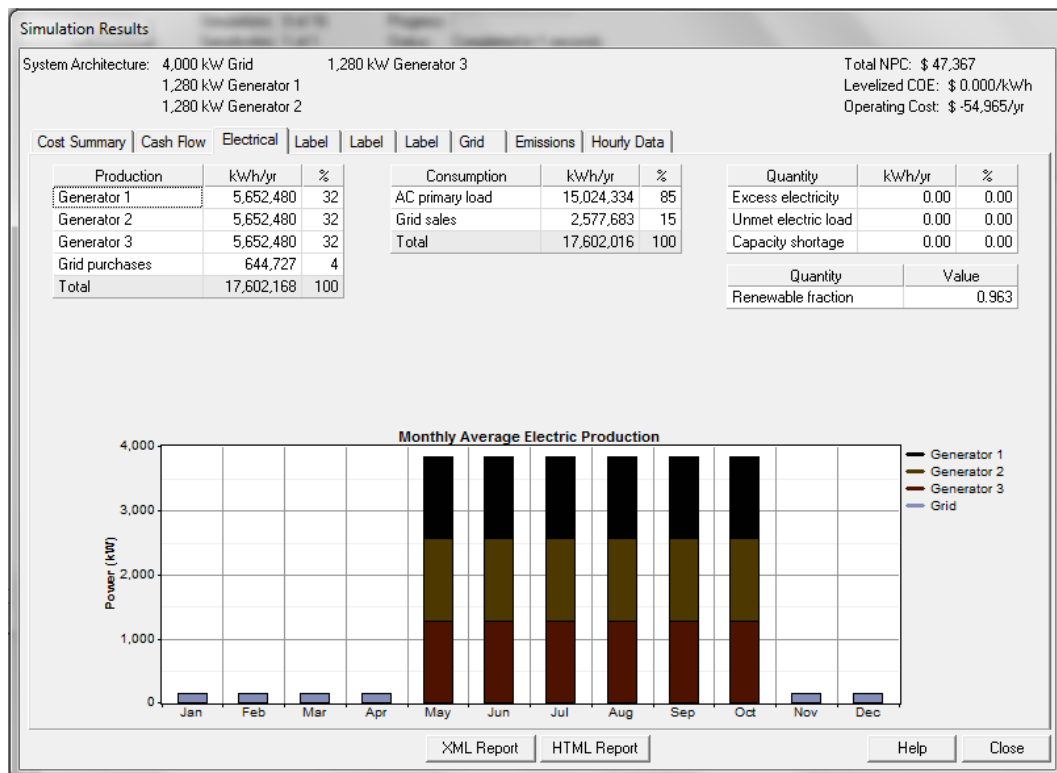


Gambar 4.26 Grafik biaya pengeluaran dan pemasukan pada sistem

Dari gambar 4.26 menunjukkan bahwa modal awal untuk dilakukan perancangan generator biomassa ini adalah sebesar \$750.000 dan beroperasi 10 tahun dan harus ada penggantian komponen setiap 10 tahun sekali dan setelah 2 kali penggantian komponen dan beroperasi selama 5 tahun dengan total perjalanan/ beroperasi selama 25 tahun maka PG Madukismo akan balik modal.

#### 4.6.6 Analisis Kelistrikan

Dari kalkulasi perangkat Homer yang telah didapat berdasarkan input data pada perancangan sistem Homer ini, didapatkan hasil sistem pembangkit 3 buah generator yang berkapasitas: generator 1 1600KW, generator 2 dan 3 sebesar 1280KW yang terhubung ke grid PLN 4000 KW dari hasil tersebut didapat hasil kelistrikan berupa listrik, konsumsi energi listrik, dan kualitas (*quality*) energi listrik yang diperoleh.



Gambar 4.27 Daya dan produksi energi listrik

Pada gambar 4.27 dapat diketahui bahwa produksi listrik pada generator biomassa di Homer ini sebesar 17.602.168 kWh per tahun yang dihasilkan oleh tiga buah generator dan grid PLN. Generator 1 menghasilkan energi sebesar

5.652.480 kWh per tahun, sedangkan generator 2 dan 3 masing – masing sebesar 5.652.480 kWh per tahun dan dari grid PLN sebesar 644.727 kWh per tahun. Dengan konsumsi listrik sebesar 15.024.334 kWh per tahun

#### 4.7 Perbandingan Menggunakan 3 Generator dan 4 Generator

Pada simulasi Homer juga disimulasikan menggunakan 4 Generator dan hasilnya akan mempengaruhi daya listrik yang di keluarkan semakin besar. Tapi pada modal awal pembelian generator juga bertambah banyak yaitu

Sensitivity Results		Optimization Results																		
Double click on a system below for simulation results.																<input type="radio"/> Categorized	<input checked="" type="radio"/> Overall			
☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺		
Label (kW)	Label (kW)	Label (kW)	Label (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Biomass (t)	Label (hrs)	Label (hrs)	Label (hrs)	Label (hrs)						
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 1,000,000	-329,894	\$ -3,217,154	-0.017	0.97	20,926	4,416	4,416	4,416	4,416						
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 750,000	-54,965	\$ 47,367	0.000	0.96	15,695	4,416	4,416	4,416	4,416						
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 750,000	-54,965	\$ 47,367	0.000	0.96	15,695	4,416	4,416		4,416						
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 750,000	-54,965	\$ 47,367	0.000	0.96	15,695	4,416		4,416	4,416						
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 750,000	-54,965	\$ 47,367	0.000	0.96	15,692		4,416	4,416	4,416						
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 500,000	319,093	\$ 4,579,075	0.024	0.75	10,465	4,416	4,416								
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 500,000	319,093	\$ 4,579,075	0.024	0.75	10,465	4,416		4,416							
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 500,000	319,093	\$ 4,579,075	0.024	0.75	10,465	4,416			4,416						
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 500,000	319,093	\$ 4,579,075	0.024	0.75	10,461		4,416	4,416							
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 500,000	319,093	\$ 4,579,075	0.024	0.75	10,461		4,416		4,416						
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 500,000	319,093	\$ 4,579,075	0.024	0.75	10,461			4,416	4,416						
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 250,000	777,732	\$ 10,192,022	0.053	0.38	5,234	4,416									
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 250,000	777,732	\$ 10,192,022	0.053	0.38	5,231		4,416								
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 250,000	777,732	\$ 10,192,022	0.053	0.38	5,231			4,416							
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 250,000	777,732	\$ 10,192,022	0.053	0.38	5,231				4,416						
☺	☺	☺	☺	☺	\$ 0	1,236,365	\$ 15,804,892	0.082	0.00											

Gambar 4.28 Hasil optimalisasi menggunakan 4 generator

Pada gambar 4.28 dapat diketahui ketika menggunakan 4 buah generator biomassa total NPC (*Net Present Cost*) adalah sebesar \$-3.217.154 itu berarti untung dari penjualan ke Grid PLN.

Total *Net Present Cost* (NPC) dari suatu sistem adalah nilai sekarang dari semua biaya yang dikeluarkan sistem selama masa hidupnya, dikurangi nilai

sekarang dari semua pendapatan yang dihasilkannya selama masa pakainya. Biaya meliputi biaya modal, biaya penggantian, biaya O&M, biaya bahan bakar, denda emisi, dan biaya daya beli dari jaringan. Pendapatan meliputi nilai penyelamatan dan pendapatan penjualan grid.

Pada saat menggunakan 3 generator total (*Net Present Cost*) NPC adalah sebesar \$ 47.367, berarti masih mengeluarkan biaya namun relatif lebih kecil. Dapat dilihat juga saat menggunakan 2 buah generator akan mendapatkan total (*Net Present Cost*) NPC \$ 4.579.075 ini berarti generator masih kurang dalam menyediakan energi listrik. Maka generator ideal yang di digunakan adalah 3 buah.