

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

4.1.1 Data Beban

Data beban penggunaan energi listrik di dapat dari survei yang telah dilakukan ke pasar buah gemah ripah gamping, data yang diperoleh merupakan data penggunaan beban sehari-hari yang digunakan di area pasar baik oleh pedagang kios maupun pengurus koperasi pasar buah gemah ripah. Sebagian besar penggunaan energi listrik digunakan untuk penerangan, mengingat keadaan pasar yang kurang terkena sinar matahari.

Tabel 4.1 Data Beban pasar buah gemah ripah 2017

Beban	Beban Per Unit	Beban Listrik Satuan (W)	Beroperasi
Lampu 5 W	12	5	17.00-06.00
Lampu 5 W	12	5	24 Jam
Lampu Led	13	8	17.00-06.02
Lampu 15w	12	15	17.00-06.00
Lampu 15w	24	15	24 Jam
Lampu Led	7	20	17.00-06.01
Lampu 30 W	6	30	17.00-06.00
Lampu 45 W	139	45	17.00-06.00
Lampu 45 W	86	45	24 Jam
Lampu Led	15	50	17.00-06.00
Lampu TL Panjang	104	40	17.00-06.00
Lampu TL Panjang	170	40	24 Jam
Tv Tabung	3	85	12.00-15.00
Tv Tabung	20	85	10.00-14.00

Terusan Tabel 4.1 Data Beban pasar buah gemah ripah 2017

Beban	Beban Per Unit	Beban Listrik Satuan (W)	Beroperasi
Tv Tabung	15	85	17.00-23.00
Tv Tabung	4	85	24 Jam
Tv led	3	40	12.00-15.00
Tv led	6	40	10.00-14.00
Tv led	2	40	24 Jam
Kulkas	12	220	24 Jam
Kipas	59	22	10.00-16.00
Kipas	8	22	24 Jam
Pompa Air	35	125	Sesuai Kebutuhan
Ac	1	735	19.00-05.00
Ac	5	1470	11.00-03.00
Ac	5	735	11.00-03.01
Crusher	1	2200	08.00-16.00
Dewatering Unit	2	375	08.00-16.00
Kompresor	1	200	08.00-16.00
Lampu	20	36	17.00-06.00
Lampu	2	25	17.00-06.00

Dari data beban penggunaan energi listrik diatas akan diolah dalam progam HOMER. Dari data diatas akan diperoleh data yang lebih optimal tentang penggunaan enegri listrik pada area pasar buah gemah ripah.

4.1.2 Data Konsumsi Listrik Perhari

Dari data beban penggunaan listrik, didapatkan data konsumsi listrik perhari pada area pasar buah gemah ripah. Data tersebut diperoleh dari hasil perhitungan daya aktif yang digunaka

Tabel 4.2 konsumsi energi listrik di area pasar buah gemah ripah

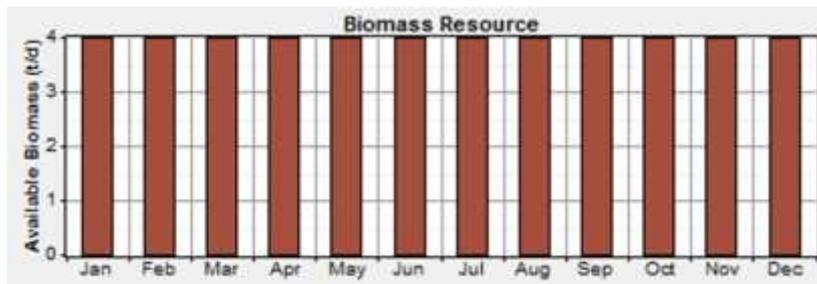
Waktu	Rata-rata (KWh)
00.00-01.00	27.6
01.00-02.00	27.6
02.00-03.00	27.6
03.00-04.00	27.6
04.00-05.00	27.6
05.00-06.00	26.9
06.00-07.00	14.3
07.00-08.00	14.3
08.00-09.00	17.4
09.00-10.00	17.4
10.00-11.00	20.7
11.00-12.00	31.7
12.00-13.00	32.1
13.00-14.00	32.1
14.00-15.00	30.1
15.00-16.00	18.7
16.00-17.00	14.3
17.00-18.00	28.2
18.00-19.00	28.2
19.00-20.00	28.9
20.00-21.00	28.9
21.00-22.00	28.9
22.00-23.00	28.9
23.00-24.00	27.6

Dari tabel 4.2 diatas diketahui bahwa beban puncak terjadi pada pukul 12.00 sampai 14.00. Hal tersebut terjadi karena penggunaan AC (air conditioning) pada kantor koperasi di pasar buah gemah ripah. Seperti di ketahui AC

Merupakan salah satu peralatan listrik yang memerlukan daya listrik yang cukup besar. Kemudian beban puncak kedua terjadi pada pukul 17.00 sampai 23.00. pada jam tersebut kebanyakan energi listrik digunakan untuk penerangan.

4.2 Potensi Biogas Di Area Pasar Buah Gemah Ripah

Data yang di masukan pada *biomass resource* merupakan data sampah buah yang akan diolah menjadi biogas. Seperti dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2 sampah sisa buah yang ada di pasar buah gemah ripah mencapai empat ton perhari.



Gambar 4.1 Jumlah rata-rata feedstock biomass dalam setahun

Month	Available Biomass (tonnes/day)
January	4.000
February	4.000
March	4.000
April	4.000
May	4.000
June	4.000
July	4.000
August	4.000
September	4.000
October	4.000
November	4.000
December	4.000
Annual average:	4.000

Gambar 4.2 Produksi biogas per hari dalam setahun

Properties		
Average price (\$/t)	0	(.)
Carbon content (%)	5	(.)
Gasification ratio (kg/kg)	0.086	(.)
LHV of biogas (MJ/kg)	24.9	(.)

Gambar 4.3 massa biogas yang dihasilkan per kg

Gambar 4.3 merupakan data yang menunjukkan hasil produksi biogas dalam hitungan hari. Setiap harinya pasar buah gemah ripah menghasilkan sampah buah sebesar 4000 kg. Dari 4000 kg sampah buah dapat menghasilkan 300 m³ biogas per hari. berdasarkan buku yang dikutip dari Peter Jacob Jørgensen, Plan Energi and Researcher for a Day – Faculty of Agricultural Sciences, Aarhus University 2009 bahwa massa jenis biogas 1.15 kg/m³ maka biogas yang dihasilkan dalam kg adalah 1.15 kg/m³ x 300 m³ /hari = 345 kg/hari. dari perhitungan tersebut maka diketahui nilai rasio gasifikasi adalah $\frac{345 \text{ kg/hari}}{4000 \text{ kg/hari}} = (0.086 \text{ kg biogas/ kg sampah buah})$. Nilai rasio gratification berdasarkan jenis feedstock yang digunakan, dalam analisis yang dilakukan feedstock yang digunakan adalah sampah buah. Sedangkan LVH (Low Heating Value) atau nilai pembakaran rendah dan jumlah panas yang dihasilkan 1 kg bahan bakar tersebut dapat dilihat pada http://www.engineeringtoolbox.com/heating-values-fuel-gases-d_823.html (diakses pada 22 april 2017) bahwa biogas memiliki nilai energi sebesar 11.316 Btu/lb, untuk mencari nilai LHV dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

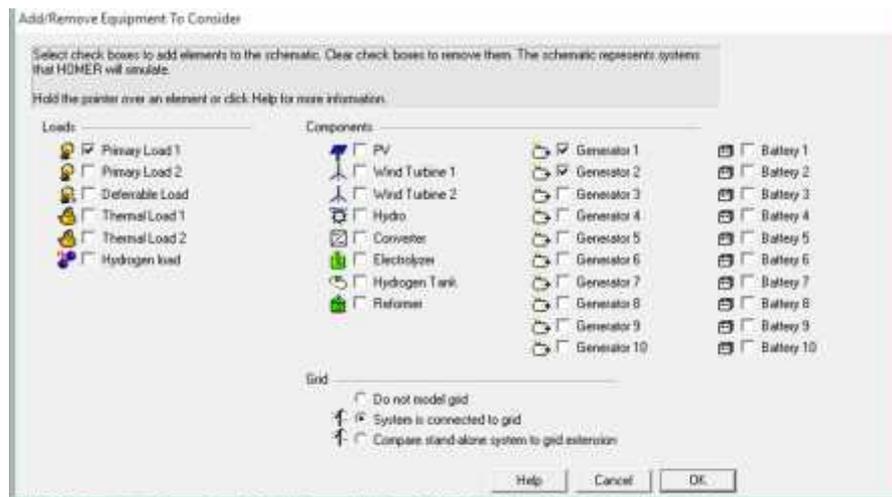
$$11.316 \times \frac{0.001 \text{ MJ}}{20.453} = 24,98 \text{ MJ/Kg}$$

Keterangan: nilai 0,001 MJ di dapat dari konversi Btu ke MJ sedangkan 20.453 di dapat dari konversi Btu ke Kg.

4.3 Perancangan PLT Biogas

Perancangan sistem PLT Biogas pada pasar buah gemah ripah menggunakan *software homer*. Homer digunakan untuk melakukan pemodelan pada energi terbarukan dengan kebutuhan beban dan sumber potensi energi terbarukan yang ada serta melakukan simulasi perhitungan operasi energi dan ekonomi secara seimbang dalam jangka waktu satu tahun.

Pada perancangan PLT Biogas pada pasar buah gemah ripah komponen yang di butuhkan adalah *primary load* dan juga generator. PLT Biogas pada pasar buah gemah ripah menggunakan dua buah generator yang menggunakan bahan bakar biogas. sistem pada PLT Biogas terhubung dengan *grid* PLN. Hal ini dilakukan agar dapat memberikan pilihan lebih pada simulasi yang dilakukan dan juga dapat dijadikan acuan dalam perbandingan simulasi terbaik.

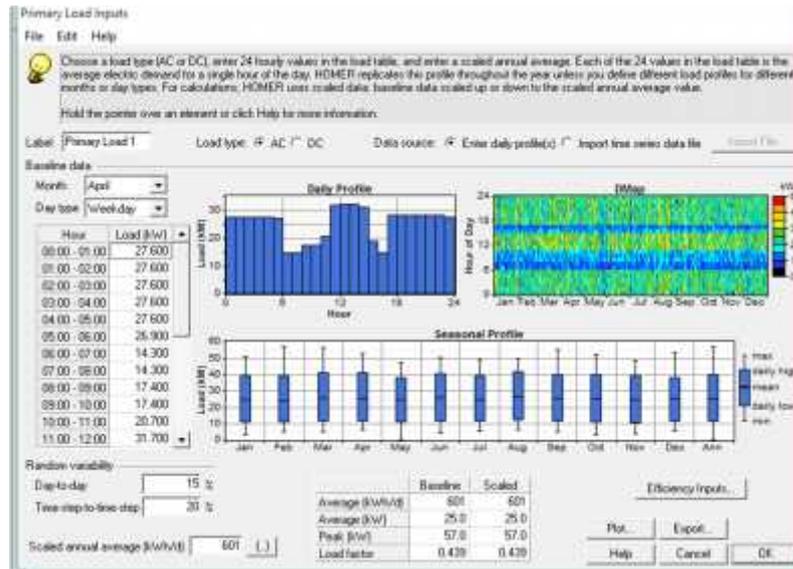


Gambar 4.4 Pemilihan komponen pada Homer

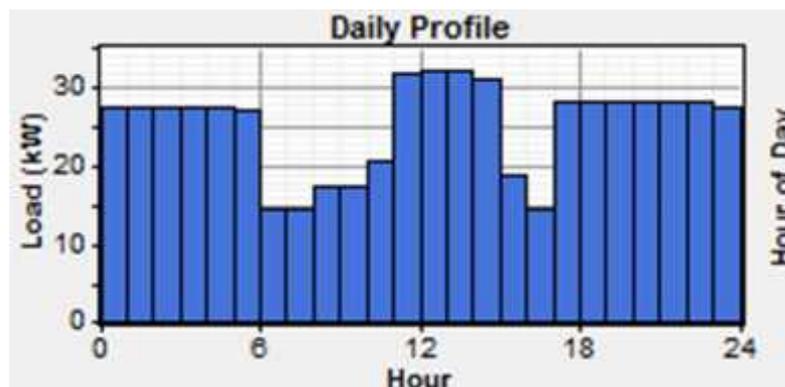
4.4 Data Beban

Data beban yang dimasukkan pada simulasi Homer merupakan data kelistrikan beban yang terdapat pada pasar buah gemah ripah. Seperti terdapat pada tabel 4.2. Data tersebut berisi konsumsi energi listrik perhari yang digunakan pada area pasar buah gemah ripah.

Gambar 4.5 menunjukkan hasil pada simulasi *primary load* 1 pada bulan april dengan rata-rata beban listrik perhari sebesar 25 KW dengan konsumsi rata-rata energi listrik sebesar 601 KWh per hari. beban puncak yang mungkin terjadi adalah sebesar 57 KW dalam jangka satu tahun.



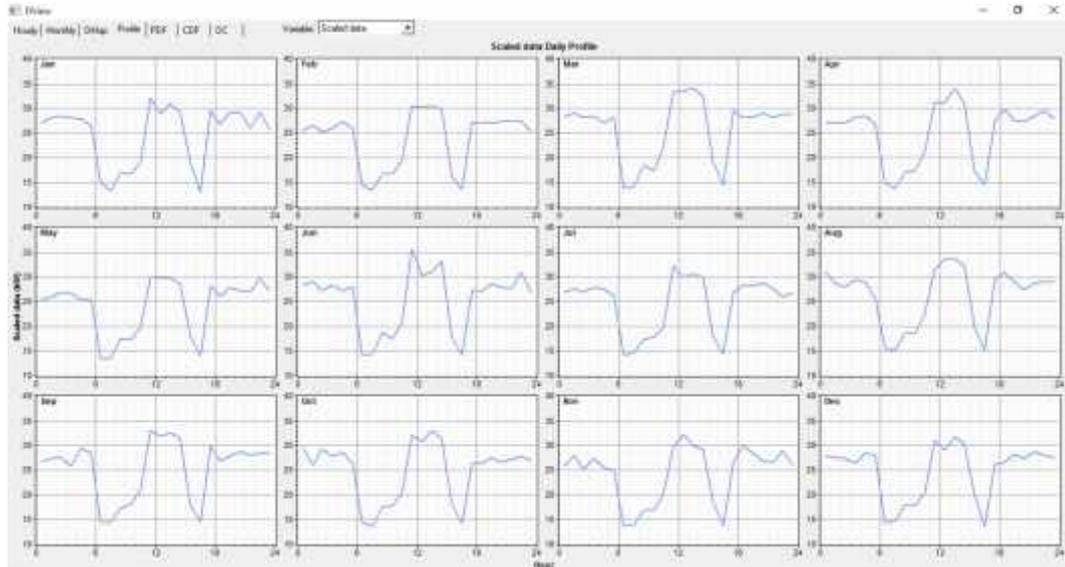
Gambar 4.5 Simulasi beban menggunakan homer energi.



Gambar 4.6 konsumsi energi listrik pada pasar buah gemah ripah.

Pasar buah gemah ripah merupakan salah satu pasar buah terbesar di Indonesia, pasar ini beroperasi selama 24 jam dalam sehari sehingga konsumsi

listrik yang digunakan cukup besar. Seperti dapat dilihat pada gambar 4.6 konsumsi energi listrik terbesar pada pasar buah gemah ripah terjadi pada siang hari.



Gambar 4.7 Penggunaan energy listrik per jam untuk tiap bulan dalam waktu satu tahun

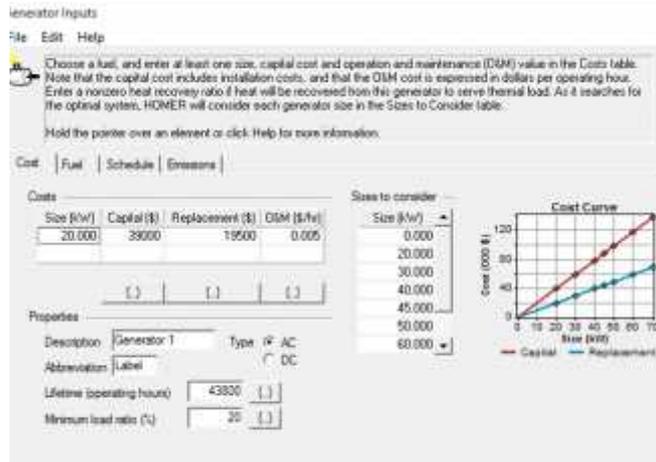
Dari gambar 4.7 dapat dilihat bahwa konsumsi energi listrik pada pasar buah gemah ripah tidak terdapat perbedaan yang terlalu jauh pada setiap bulanya.

4.5 Pengaturan Generator 1 Dan 2

Generator yang digunakan dalam perencanaan PLT Biogas menggunakan biogas sebagai bahan bakar penghasil energi listrik. Generator merupakan perangkat yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator berupa arus bolak-balik (AC). Rancangan PLT Biogas pada pasar buah gemah ripah menggunakan arus AC. Hal tersebut dipilih karena kebanyakan beban yang ada pada pasar buah gemah ripah berupa beban dengan arus AC.

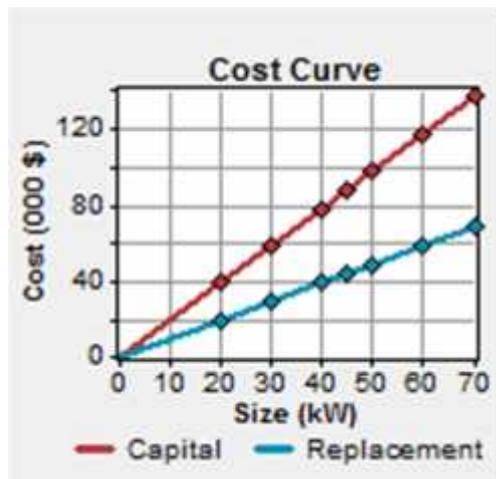
Dalam melakukan pengaturan generator menggunakan Homer terdapat empat menu *input* yaitu *cost* (biaya), *fuel* (bahan bakar), *schedule* (Jadwal), dan *Emissions* (emisi). *Cost* digunakan untuk memasukkan biaya pembelian generator, *fuel* digunakan untuk menentukan jenis bahan bakar dan efisiensi bahan bakar

generator, *schedule* digunakan untuk mengatur jadwal pemakaian generator, dan *Emissions* digunakan untuk mengatur nilai emisi yang dikeluarkan generator.

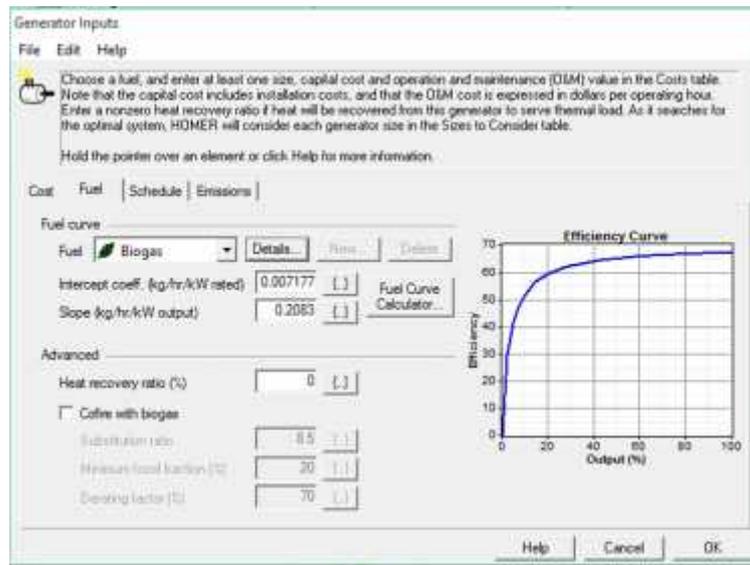


Gambar 4.8 Perancangan biaya generator 1 dan 2

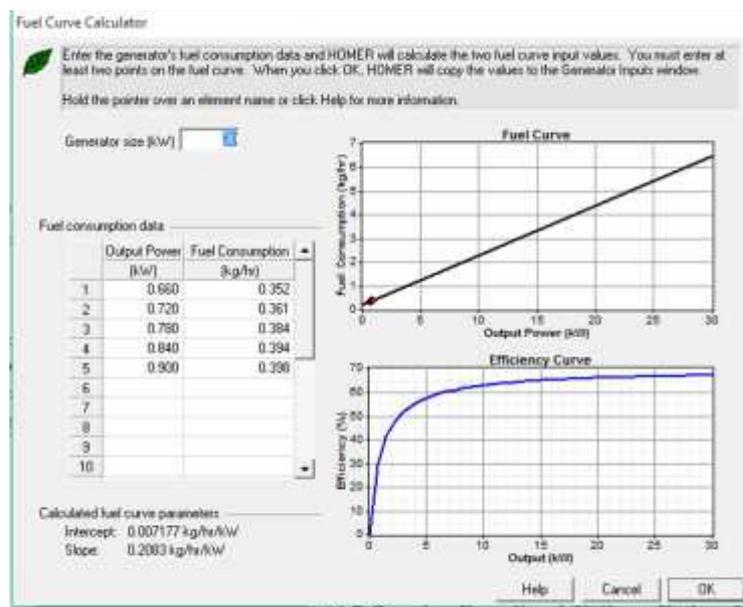
Pada perancangan Generator yang digunakan pada PLT Biogas pasar buah gema ripah diambil contoh generator AC berkapasitas 20 KW dengan harga beli sebesar \$39000 harga tersebut diambil dari *website* <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/iso9001-approved-20kw-biogas-generator-price-783248735.html> dengan biaya replacement diasumsikan setengah dari harga beli generator. Sedangkan biaya O&M sebesar \$0.005. Untuk pengaturan *lifetime* atau operasi pemakaian generator di buat 5 tahun atau 43800 jam. Lima tahun merupakan umur rata-rata operasional genset.



Gambar 4.9 cost curve generator



Gambar 4.10 *Input* fuel generator

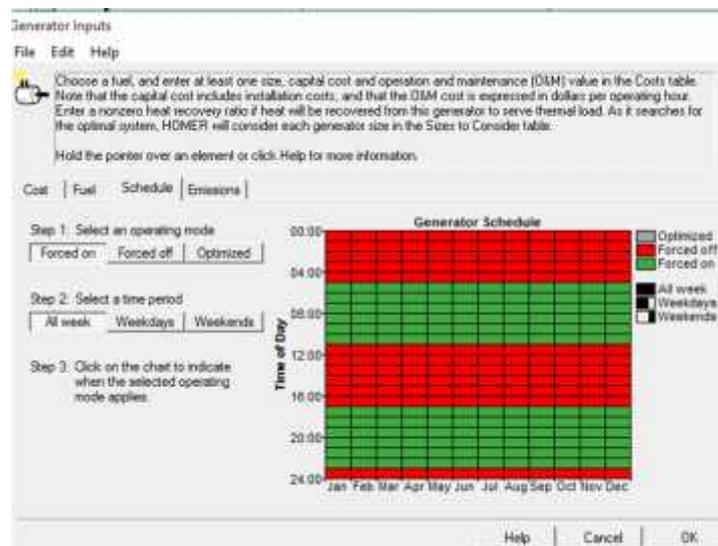


Gambar 4.11 Fuel curve generator

Pada Gambar 4.10 menunjukkan pengaturan *intercept coeff* biogas pada generator. *Intercept coeff* merupakan konsumsi penggunaan bahan bakar pada generator ketika keadaan berbaban. Dengan penjelasan bahwa 1m^3 biogas setara dengan dengan 22 MJ, sedangkan 1KWh setara dengan 3,6 MJ. Jadi 1m^3 biogas

setara dengan 6.1 KWh. Perhitungan *intercept coeff* dan *slope* pada software homer dilakukan dengan melakukan *input* dapat pada *fuel curve generator* seperti dapat dilihat pada gambar 4.11. *fuel curve generator* merupakan kalkulasi yang digunakan untuk mengetahui jumlah biogas yang di gunakan untuk menghasilkan energi listrik (KW). Data tersebut di ambil dari Tugas Akhir yang ditulis oleh Risky Sulistyو mahasiswa Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Software homer akan menganalisi data yang ada sehingga mengetahui jumlah biogas yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan listrik pasar buah gemah ripah.

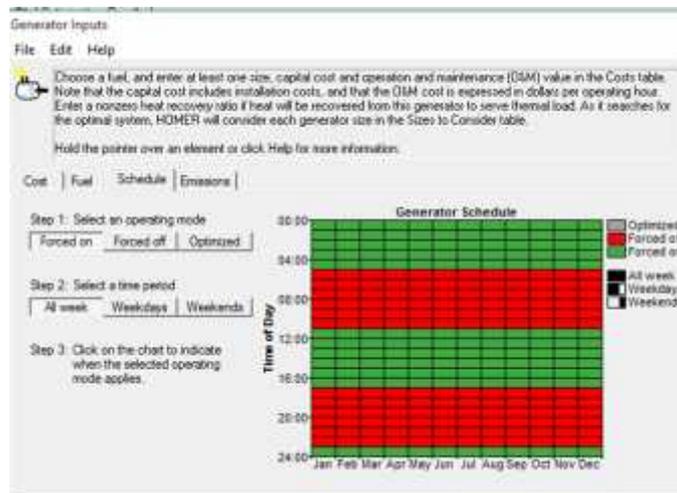
Hal selanjutnya yang perlu dilakukan adalah setting jadwal generator. Perancangan sistem PLT Biogas pada pasar buah gemah ripah menggunakan dua buah generator. Pada aplikasi homer dapat dilaukan penganturan jadwal pada generator. Pengaturan jadwal generator bertujuan agar generator bertahan lama dan tidak mudah mengalami kerusakan.



Gambar 4.12 *input schedule* pada generator 1

Gambar 4.12 menunjukkan jadwal yang digunakan pada generator 1. Warna hijau menunjukkan generator sedang dalam keadaan hidup, sedangkan warna merah menunjukkan generator sedang dalam keadaan mati. Generator 1 dan 2 bekerja bergantian dalam rentan 6 jam. generator 1 bekerja dua kali dalam sehari yaitu pada pukul 05.00 sampai 11.00 dan 17.00 sampai 23.00. Sedangkan

generator 2 bekerja pada pukul 23.00 sampai 05.00 dan akan bekerja lagi pada pukul 12.00 samapai pukul 17.00 seperti dapat dilihat pada gambar 4.13



Gambar 4.13 *Input schedule* pada generator 2

4.6 Pengaturan *Grid*

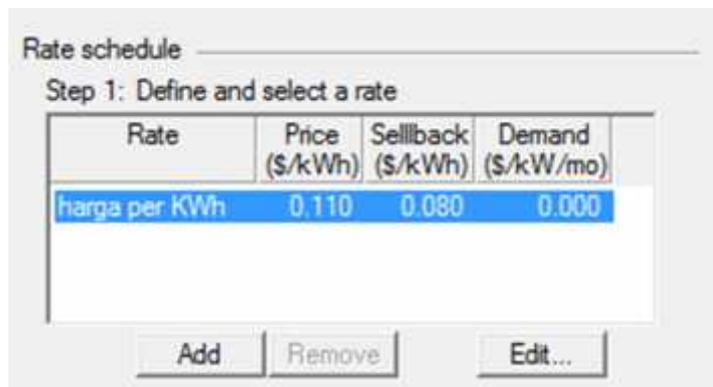
Perancangan PLT Biogas pasar buah gemah ripah yang terhubung ke *grid* bertujuan agar homer dapat melakukan lebih banyak simulasi dan apabila terdapat kelebihan energi listrik, energi tersebut dapat di jual ke PLN. Seperti tertulis dalam peraturan Peraturan Menteri ESDM Nomor 04 Tahun 2012. PLN wajib 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 (BUMN), badan usaha milik daerah, badan usaha swasta, koperasi dan swadaya masyarakat guna memperkuat sistem penyediaan tenaga listrik setempat. Tujuan lain dari penyambungan PLT Biogas dengan *grid* adalah untuk membantu unit PLT Biogas dalam memenuhi kebutuhannya apabila PLT Biogas tidak dapat memenuhi kebutuhan listrik pada area Pasar Buah Gemah Ripah.

Terdapat tiga pengaturan yang ada dalam *Input Grid* yaitu *Rates*, emisi, *advance*. Menu *Rates* digunakan untuk melakukan input biaya (harga per KWH) dan *rate schedule*, pengaturan pada *rate schedule* digunakan untuk mengatur jadwal *rates* yang ada .Menu emisi digunakan untuk memasukan data emisi yang

dihasilkan oleh *grid*, serta menu advance untuk memasukan nilai *purchase capacity* dan *sale capacity*.

a. Pengaturan *Rates*

Pada menu *input Rates* dilakukan pengaturan harga beli (*price*), harga jual listrik ke *Grid* PLN (*sellback*) dan pengaturan *rate schedule*. Dikutip dari <http://listrik.org/pln/tarif-dasar-listrik-pln/> (diakses pada 1 mei 2017) tarif dasar listrik yang berlaku di indonesia untuk golongan B-2/TM (daya 6.600 KVA sampai dengan 200 KVA) adalah Rp 1.467,28/KWh atau \$0.11/KWh. sedangkan harga jual listrik ke PLN adalah Rp 1.150,00/Kwh atau \$0.080/KWh berdasarkan peraturan menteri ESDM no 27 tahun 2014 tentang pembelian listrik dari PLTb dan PLTg. Nilai- nilai tersebut kemudian dimasukan pada tabel *input rate schedule* seperti terlihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Pengaturan *rates* pada *grid*

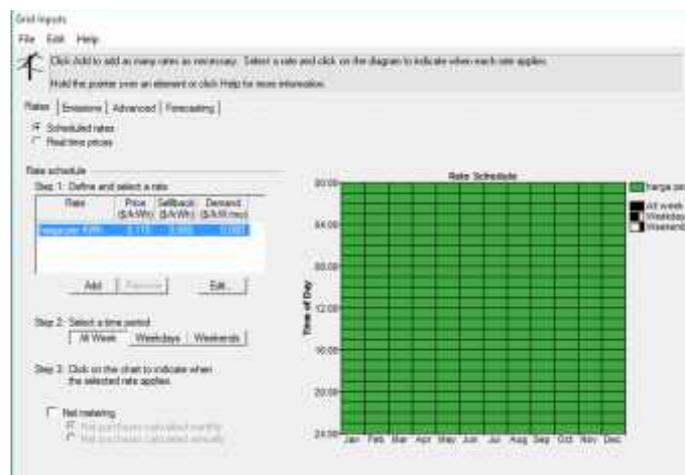
Tabel 4.3 Tarif dara listri 2017

Golongan Tarif	Daya Listrik	Tarif Daya Listrik
R-1/TR	1.300 VA	Rp 1467,28
R-1/TR	2.200 VA	Rp 1467,28
R-2/TR	3.500 s.d. 5.500 VA	Rp 1.467.28

Terusan Tabel 4.3 Tarif daya listrik 2017

Golongan Tarif	Daya Listrik	Tarif Daya Listrik
R-3/TR	6.600 VA ke ats	Rp 1467,28
B-2/tr	6.600 s.d. 200 KVA	Rp 1467,28
B-3/T	Diatas 200 KVA	Blok WBP = k x Rp 1035,78 Blok LWBP= Rp 1035,78 KWARh = Rp 1114,74

Pasar buah gemah ripah termasuk dalam golongan R-1/TR dan R-2/TR. Sehingga tarif yang di gunakan merupakan tarif dasar non-subsidi sebesar Rp 1467,28.KWh dan tidak perlu menggunakan tarif beban WBP (waktu beban puncak) dan LWBP (luar waktu beban puncak). Sehingga pengaturan pada *Rate schedule* hanya sebatas pengaturanwaktu penggunaan dan biaya tarif dasar listrik.



Gambar 4.15 Rate schedule

b. Pengaturan emisi

Dalam simulasi perancangan PLT Biogas pada pasar buah gemah ripah ini menggunakan nilai emisi karbon dioksida (CO₂) PLN daerah Jawa-Bali sebesar 0,854 Kg/kWh. nilai emisi ini di dapat dari peraturan Menteri ESDM Nomor 5899 K/20/MEM/2016 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. Perusahaan Listrik Negara (PERSERO) tahun 2016 sampai dengan 2025 yang

berisi bahwa *grid emission factor* akan meningkat dari 0,854 KgCO₂/kWh pada tahun 2016 menjadi 0,871 KgCO₂/kWh pada tahun 2022. Namun selanjutnya akan menurun hingga 0,759 KgCO₂/kWh pada tahun 2025. Kemudian untuk nilai *sulfur dioxide* dan *nitrogen oxide* sudah diatur oleh *software homer*. Karena itu pada simulasi ini hanya memasukan nilai emisi karbon dioksida saja seperti dapat dilihat pada gambar 4.16.

Emissions factors for grid power		
Carbon dioxide (g/kWh)	0.854	{ }
Carbon monoxide (g/kWh)	0	{ }
Unburned hydrocarbons (g/kWh)	0	{ }
Particulate matter (g/kWh)	0	{ }
Sulfur dioxide (g/kWh)	2.74	{ }
Nitrogen oxides (g/kWh)	1.34	{ }

Gambar 4.16 Pengaturan gas emisi pada simulasi homer

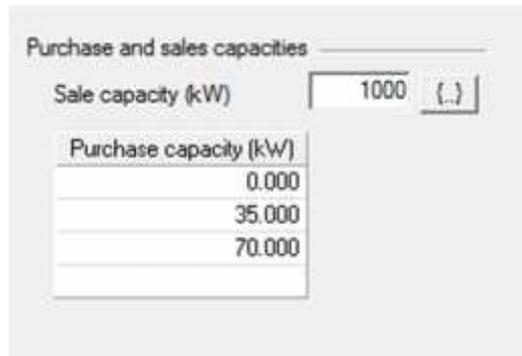
c. Pengaturan *Advance*

Pengaturan *advanced* merupakan bagian yang digunakan untuk mengatur kebutuhan pembelian dan penjualan listrik pada *grid*. Nilai yang dimasukkan merupakan nilai yang digunakan sebagai nilai acuan, sehingga homer dapat melakukan simulasi dengan berbagai pilihan.

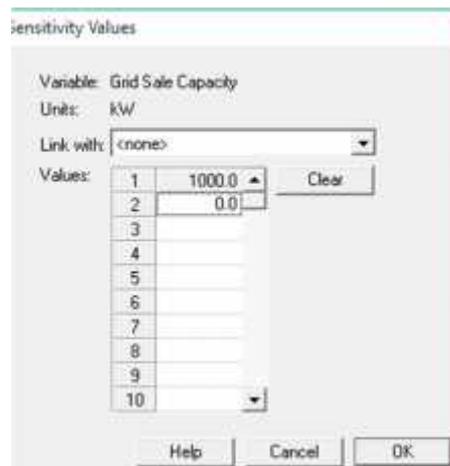
Pada kolom *purchase capacity* (pembelian ke *grid* PLN) nilai yang dimasukkan merupakan pilihan nilai kapasitas yang dapat dibeli dari *grid* PLN. Dapat dilihat pada gambar 4.17 pada *input* dimasukkan pada kolom *purchase capacity* sebesar 0 KW, 35 KW, dan 70 KW.

Sedangkan pada kolom *sale capacity* nilai yang dimasukkan merupakan nilai kapasitas yang dapat dijual ke *grid* PLN. Pada kolom tersebut nilai yang dimasukkan adalah 1000 KW hal ini berarti listrik yang dapat dijual ke PLN terbatas sebesar 1000 KW. Pada pengaturan *sale capacity* terdapat pilihan

sensitivity value, dapat dilihat pada gambar 4.18 pengaturan *sensitivity value* nilai yang dimasukkan adalah angka 0. Angka 0 digunakan untuk memberikan opsi pada simulasi homer ketika PLT Biogas tidak menjual listrik ke *grid* PLN.



Gambar 4.17 Pengaturan *advanced* pada perancangan *grid*

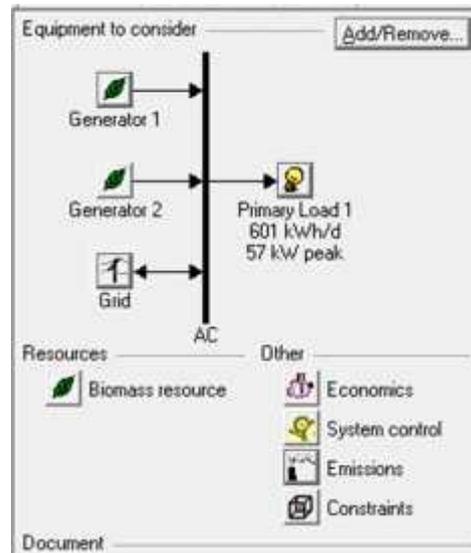


Gambar 4.18 Pengaturan *sensitivity value*

4.7 Hasil Hasil Simulasi Homer Homerh

Setelah melakukan pemilihan dan konfigurasi komponen yang akan digunakan dalam simulasi perancangan PLT Biogas, langkah selanjutnya adalah kalkulasi dari masing-masing konfigurasi kompenen yang telah dilakukan. Homer akan melakukan kalkulasi sehingga memperoleh hasil yang paling optimal. Hasil yang di dapat dari kalkulasi ini berupa jumlah data kelistrikan dan data yang menyangkut perekonomian PLT Biogas pasar buah gemah ripah. Dapat dilihat pada gambar 4.19 PLT Biogas pasar buah gemah ripah menggunakan dua buah

generator dengan bahan bakar biogas dan terhubung dengan *grid* PLN. Berikut merupakan skematik perancangan sistem PLT Biogas:



Gambar 4.19 Skematik perancangan setelah konfigurasi

4.8 Hasil Simulasi Terbaik

Hasil simulai yang paling baik didapat dari nilai NPC (*Net Present Cost*) dan nilai COE (*Cost of Energy*) yang kecil. NPC merupakan biaya yang muncul selama masa pemakaian di kurangi dengan pendapatan yang diperoleh selama masa pemakaian. NPC juga digunakan untuk mengetahui biaya investasi yang paling optimal dari segi *output* perekonomian pada sebuah pembangkit. Sedangkan CEO merupakan harga rata-rata per KWh dari energi listrik yang dihasilkan oleh sistem pembangkit.

Dapat dilihat pada gambar 4.20 dan 4.21 dari hasil kalkulasi yang telah dilakukan, di dapatkan 144 kali simulasi dan 8 kali *sensitivitie* yang di hasilkan oleh Homer. Terdapat pula hasil simulasi pada *senitibity variables*. Ketika nilai pada *senitibity variables* di ganti maka nilai simulasi yang ditampilkan akan berubah. Pada gambar 4.20 merupakan hasil simulasi ketika harga beli energi listrik pada *grid* sebesar \$0.11/ KWh dengan penjualan listrik ke *grid* PLN sampai dengan 1000 KW. Sedakan gambar 4.21 menunjukkan hasil simulasi dari harga

beli energi listrik pada *grid* PLN sebesar \$0.11/KWh dengan penjualan listrik ke PLN sebesar 0 KW.

Simulation: 0 of 144
Sensitivities: 0 of 8
Progress: Status:

Sensitivity Results Optimization Results |

Sensitivity variables
 Price per kWh Power Price (\$/kWh) 0.11 Grid Sale Capacity (kW) 1,000 Interest Rate (%) 5

Double click on a system below for simulation results.

Label (kW)	Label (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Fac.	Biomass (\$)	Label (kWh)	Label (kWh)
70	40	35	\$ 253,500	-20,278	\$ -32,296	-0.010	1.00	1,438	4,380	4,380
60	40	70	\$ 234,000	-17,368	\$ -10,784	-0.003	1.00	1,328	4,380	4,380
60	40	35	\$ 234,000	-17,368	\$ -10,784	-0.003	1.00	1,328	4,380	4,380
70	50	70	\$ 234,000	-17,367	\$ -10,767	-0.003	1.00	1,326	4,380	4,380
70	50	35	\$ 234,000	-17,367	\$ -10,767	-0.003	1.00	1,326	4,380	4,380
50	40	70	\$ 214,500	-14,458	\$ 10,727	0.003	1.00	1,218	4,380	4,380
50	40	35	\$ 214,500	-14,458	\$ 10,727	0.003	1.00	1,218	4,380	4,380
60	50	70	\$ 214,500	-14,457	\$ 10,743	0.003	1.00	1,216	4,380	4,380
60	50	35	\$ 214,500	-14,457	\$ 10,743	0.003	1.00	1,216	4,380	4,380
70	40	70	\$ 214,500	-14,428	\$ 11,142	0.004	1.00	1,214	4,380	4,380
70	40	35	\$ 214,500	-14,428	\$ 11,142	0.004	1.00	1,214	4,380	4,380
45	40	70	\$ 204,750	-13,002	\$ 21,501	0.007	1.00	1,163	4,380	4,380
45	40	35	\$ 204,750	-13,002	\$ 21,501	0.007	1.00	1,163	4,380	4,380
50	50	70	\$ 185,000	-11,547	\$ 32,254	0.010	1.00	1,107	4,380	4,380
50	50	35	\$ 185,000	-11,547	\$ 32,254	0.010	1.00	1,107	4,380	4,380
40	40	70	\$ 185,000	-11,538	\$ 32,309	0.010	1.00	1,108	4,380	4,380
40	40	35	\$ 185,000	-11,538	\$ 32,309	0.010	1.00	1,108	4,380	4,380
50	40	70	\$ 185,000	-11,519	\$ 32,652	0.011	1.00	1,105	4,380	4,380
60	40	35	\$ 185,000	-11,519	\$ 32,652	0.011	1.00	1,105	4,380	4,380
70	30	70	\$ 185,000	-11,271	\$ 36,146	0.012	0.96	1,103	4,380	4,380
70	30	35	\$ 185,000	-11,271	\$ 36,146	0.012	0.96	1,103	4,380	4,380
40	50	70	\$ 185,250	-10,091	\$ 43,028	0.014	1.00	1,052	4,380	4,380

Gambar 4.20 Hasil simulasi konfigurasi menggunakan homer

Sensitivity Results Optimization Results |

Sensitivity variables
 Price per kWh Power Price (\$/kWh) 0.11 Grid Sale Capacity (kW) 1,000 Interest Rate (%) 5

Double click on a system below for simulation results.

Label (kW)	Label (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Fac.	Biomass (\$)	Label (kWh)	Label (kWh)
20	30	70	\$ 97,500	6,337	\$ 196,808	0.060	0.87	488	4,380	4,745
20	30	35	\$ 97,500	6,337	\$ 196,808	0.060	0.87	488	4,380	4,745
30	30	70	\$ 117,000	5,252	\$ 191,023	0.062	0.94	528	4,380	4,745
30	30	35	\$ 117,000	5,252	\$ 191,023	0.062	0.94	528	4,380	4,745
20	20	35	\$ 78,000	8,470	\$ 197,374	0.064	0.75	420	4,380	4,745
20	20	70	\$ 78,000	8,470	\$ 197,381	0.064	0.75	420	4,380	4,745
30	20	35	\$ 97,500	7,380	\$ 201,511	0.065	0.82	461	4,380	4,745
30	20	70	\$ 97,500	7,380	\$ 201,518	0.065	0.82	461	4,380	4,745
20	40	70	\$ 117,000	6,102	\$ 203,002	0.066	0.91	514	4,380	4,745
20	40	35	\$ 117,000	6,102	\$ 203,002	0.066	0.91	514	4,380	4,745
30	40	70	\$ 136,500	5,018	\$ 207,217	0.067	0.98	554	4,380	4,745
30	40	35	\$ 136,500	5,018	\$ 207,217	0.067	0.98	554	4,380	4,745
40	30	70	\$ 136,500	5,451	\$ 213,330	0.069	0.96	541	4,380	4,745
40	30	35	\$ 136,500	5,451	\$ 213,330	0.069	0.96	541	4,380	4,745
40	20	35	\$ 117,000	7,579	\$ 223,819	0.072	0.84	473	4,380	4,745
40	20	70	\$ 117,000	7,580	\$ 223,826	0.072	0.84	473	4,380	4,745
45	30	70	\$ 146,250	5,719	\$ 226,850	0.073	0.96	543	4,380	4,745
45	30	35	\$ 146,250	5,719	\$ 226,850	0.073	0.96	543	4,380	4,745
40	40	70	\$ 156,000	5,217	\$ 229,525	0.074	0.99	567	4,380	4,745
40	40	35	\$ 156,000	5,217	\$ 229,525	0.074	0.99	567	4,380	4,745
20	50	70	\$ 136,500	6,672	\$ 230,541	0.075	0.91	522	4,380	4,745
20	50	35	\$ 136,500	6,672	\$ 230,541	0.075	0.91	522	4,380	4,745
30	50	70	\$ 156,000	5,588	\$ 234,756	0.076	0.98	563	4,380	4,745

Gambar 4.21 Hasil simulasi konfigurasi menggunakan homer

Dari hasil kalkulasi yang telah dilakukan penulis mengambil dua simulasi yang akan digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam perancangan sistem PLT Biogas pada pasar buah gemah ripah. Simulasi yang di gunakan adalah simulasi, PLT Biogas *On-grid* ketika menjual energi listrik ke *grid*, dan *PLT Biogas on-grid* ketika tidak menjual energi listrik ke *grid*,

4.8.1 Simulasi *PLT Biogas On-grid* Ketika Menjual Listrik Ke *Grid*

Label (kW)	Label (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Biomass (\$)	Label (hrs)	Label (hrs)
70	60	70	\$ 253,500	-20,278	\$ -32,295	0.010	1.00	1,438	4,380	4,380
70	60	35	\$ 253,500	-17,368	\$ -32,295	0.010	1.00	1,438	4,380	4,380
60	60	70	\$ 234,000	-17,368	\$ -10,784	0.003	1.00	1,328	4,380	4,380
60	60	35	\$ 234,000	-17,368	\$ -10,784	0.003	1.00	1,328	4,380	4,380
70	50	70	\$ 234,000	-17,367	\$ -10,767	0.003	1.00	1,326	4,380	4,380
70	50	35	\$ 234,000	-17,367	\$ -10,767	0.003	1.00	1,326	4,380	4,380
50	60	70	\$ 214,500	-14,458	\$ 10,727	0.003	1.00	1,218	4,380	4,380
50	60	35	\$ 214,500	-14,458	\$ 10,727	0.003	1.00	1,218	4,380	4,380
60	50	70	\$ 214,500	-14,457	\$ 10,743	0.003	1.00	1,216	4,380	4,380
60	50	35	\$ 214,500	-14,457	\$ 10,743	0.003	1.00	1,216	4,380	4,380
70	40	70	\$ 214,500	-14,429	\$ 11,142	0.004	1.00	1,214	4,380	4,380
70	40	35	\$ 214,500	-14,429	\$ 11,142	0.004	1.00	1,214	4,380	4,380
45	60	70	\$ 204,750	-13,002	\$ 21,501	0.007	1.00	1,163	4,380	4,380
45	60	35	\$ 204,750	-13,002	\$ 21,501	0.007	1.00	1,163	4,380	4,380
50	50	70	\$ 195,000	-11,547	\$ 32,254	0.010	1.00	1,107	4,380	4,380
50	50	35	\$ 195,000	-11,547	\$ 32,254	0.010	1.00	1,107	4,380	4,380
40	60	70	\$ 195,000	-11,538	\$ 32,389	0.010	1.00	1,108	4,380	4,380
40	60	35	\$ 195,000	-11,538	\$ 32,389	0.010	1.00	1,108	4,380	4,380
60	40	70	\$ 195,000	-11,519	\$ 32,652	0.011	1.00	1,105	4,380	4,380
60	40	35	\$ 195,000	-11,519	\$ 32,652	0.011	1.00	1,105	4,380	4,380
70	30	70	\$ 195,000	-11,271	\$ 36,146	0.012	0.98	1,103	4,380	4,380
70	30	35	\$ 195,000	-11,271	\$ 36,146	0.012	0.98	1,103	4,380	4,380
45	50	70	\$ 185,250	-10,081	\$ 43,028	0.014	1.00	1,052	4,380	4,380

Gambar 4.22 Hasil simulasi *PLT Biogas on-grid*

Pada perancangan *PLT Biogas on-grid*, didapatkan hasil simulasi terbaik ketika *PLT biogas* menggunakan dua generator dengan kapasitas 70 KW dan 60 KW yang terhubung dengan *grid* PLN dengan kapasitas 70 KW . tabel 4.4 merupakan tabel dan data konfigurasi terbaik dan optimal.

Tabel 4.4 hasil konfigurasi *PLT Biogas*

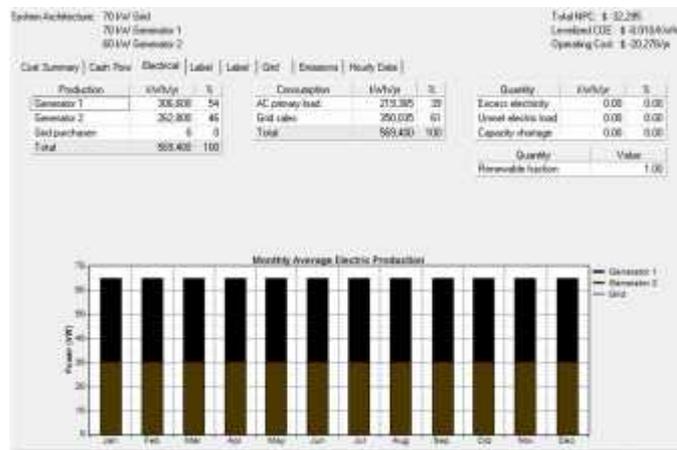
	Konfigurasi	Keterangan
Generator 1 (KW)	70	Generator 1 menggunakan kapasitas sebesar 70 KW
Generator 2 (KW)	60	Generator 2 menggunakan kapasitas sebesar 60 KW
<i>Grid</i>	70	Daya yang tersambung dengan <i>grid</i> PLN sebesar 70 KW

Terusan Tabel 4.4 hasil konfigurasi PLT Biogas

	Konfigurasi	Keterangan
Initial Capital (\$)	\$235,500	Seluruh biaya investasi perancangan PLT Biogas sebesar \$235,500
Operating cost (\$/year)	\$-20,278	Biaya operasional setiap tahun sebesar \$-21,012
NPC (\$)	\$-32,295	Dana pengeluaran dikurangi dengan pendapatan sebesar \$-32,295
CEO (\$/KWh)	\$-0.010	Harga energi listrik yang dihasilkan sebesar \$-0.010
Renewable Fraction	1	sistem PLT Biogas memasok energi listrik ke beban sebesar 100% dan tidak memerlukan energi listrik dari sumber lain.

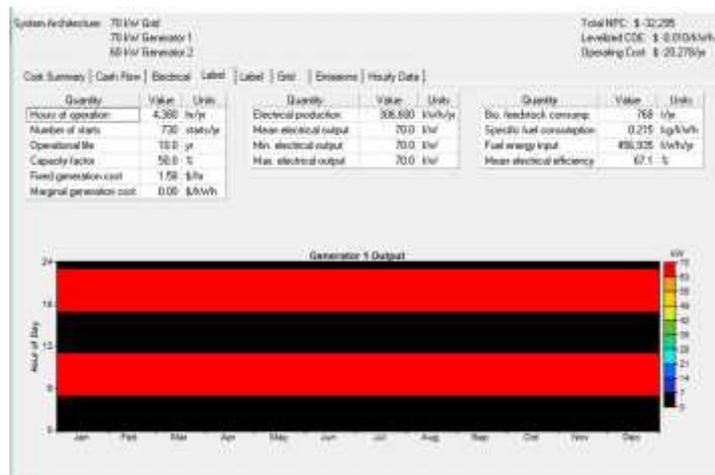
a. Analisis Kelistrikan

Dari kalkulasi perangkat homer yang telah didapat berdasarkan *input* data pada perancangan sistem PLT Biogas, didapatkan hasil sistem pembangkit dua buah generator yang masing masing berkapasitas 70 KW dan 60 KW yang terhubung dengan *grid* PLN 70 KW dari hasil tersebut di dapat hasil kelistrikan berupa produksi listrik, konsumsi energi listrik, dan *quality* (kualitas) energi listrik yang diperoleh.

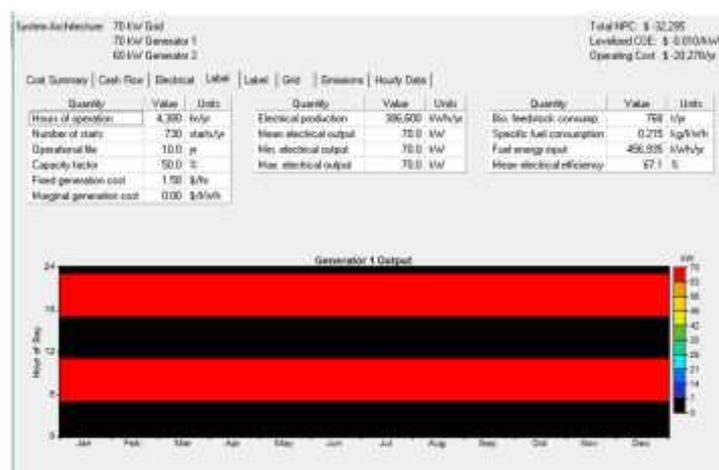


Gambar 4.23 Daya dan produksi energi listrik

Dari gambar 4.23 dapat diketahui bahwa produksi listrik pada PLT Biogas sebesar 569,400 KWh/tahun yang dihasilkan oleh dua buah generator dan *grid* PLN. Generator 1 menghasilkan energi listrik sebesar 306,600 KWh/tahun sedangkan generator 2 menghasilkan energi listrik sebesar 262,800 dan dari *grid* PLN sebesar 0 KW/tahun dengan konsumsi energi listrik sebesar 219,365 KWh/tahun. *Excess electricity* atau kelebihan energi listrik pada sistem ini sebesar 0 KWh/ Tahun (0%) karena sisa produksi energi listrik dijual ke *grid* PLN. Dari energi listrik yang dihasilkan PLT biogas dapat menjual listrik ke PLN sebesar 350,035 KW/tahun.

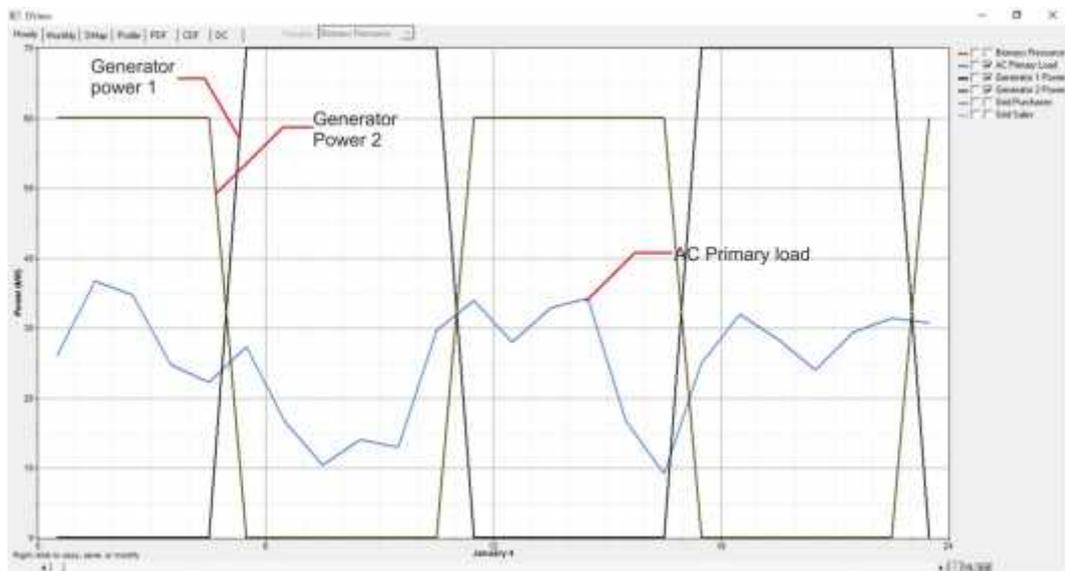


Gambar 4.24 label generator 1



Gambar 4.25 Label generator 2

Dari hasil konfigurasi yang telah dilakukan di dapatkan hasil produksi listrik yang berbeda antara generator 1 dan generator 2. Gambar 4.24 menunjukkan sistem kerja dari generator 1. Dalam waktu satu tahun generator 1 beroperasi selama 4.380 jam dan mengkonsumsi biogas sebanyak 768 ton/tahun. Untuk menghasilkan 1 KWh generator 1 membutuhkan 0.215 kg biogas. Gambar 4.25 menunjukkan sistem kerja dari generator 2. Sistem kerja dari generator 2 hampir sama dengan generator 1, generator 2 bekerja selama 4.380 jam/tahun, dalam kurun waktu tersebut generator 2 mengkonsumsi sebanyak 669 ton biogas. Sehingga untuk menghasilkan 1 KWh dibutuhkan biogas sebanyak 0.219 kg.



Gambar 4.26 Grafik produksi dan konsumsi listrik

Gambar 4.26 menunjukkan grafik produksi energi listrik dari generator dan konsumsi energi listrik di pasar buah gemah ripah. dari grafik di atas dapat dilihat bahwa listrik yang dihasilkan oleh generator 1 dan generator 2 dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik yang ada di pasar buah gemah ripah.

Gambar 4.26 juga memperlihatkan waktu kerja dari generator 1 dan generator 2. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, generator 1 dan 2 bekerja secara bergantian. Ketika genertaor 1 bekerja, generator 2 akan dimatikan, begitu pula sebaliknya, ketika generator 2 bekerja, generator 1 akan dimatikan. Generator 1

bekerja dari jam 05.00 sampai dengan jam 11.00 dan 17.00 sampai dengan 23.00 , sedangkan generator 2 bekerja dari jam 23.00 sampai dengan jam 04.00 dan 11.00 sampai dengan 17.00.

Grafik pada gambar 4.26 menunjukkan bahwa energi listrik yang dihasilkan oleh PLT Biogas lebih besar dari kebutuhan listrik yang ada pada area pasar buah gemah ripah. Kelebihan energi listrik tersebut dapat dijual ke *grid* PLN dengan rincian seperti dilihat pada gambar berikut:

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased	Sold	Purchases	Demand	Charge	Charge
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kW)	(\$)	(\$)
Jan	0	29,903	-29,903	0	-2,392	0
Feb	0	27,533	-27,533	0	-2,203	0
Mar	0	29,081	-29,081	0	-2,326	0
Apr	0	28,624	-28,624	0	-2,290	0
May	0	30,352	-30,352	0	-2,428	0
Jun	0	28,443	-28,443	0	-2,275	0
Jul	0	29,962	-29,962	0	-2,397	0
Aug	0	28,796	-28,796	0	-2,304	0
Sep	0	28,505	-28,505	0	-2,280	0
Oct	0	29,782	-29,782	0	-2,383	0
Nov	0	29,267	-29,267	0	-2,341	0
Dec	0	29,788	-29,788	0	-2,383	0
Annual	0	350,035	-350,035	0	-28,003	0

Gambar 4.27 Data penjualan dan pembelian listrik

Gambar 4.27 menunjukkan bahwa PLT Biogas dapat memenuhi kebutuhan listrik nya secara mandiri dan tidak memerlukan pasokan energi listrik dari PLN serta dapat menjual energi listrik yang tidak digunakan sebesar 350,035 KWh/tahun dengan nilai jual sebesar \$28,003/tahun.

b. 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 analisi teknis biaya dari sistem paling optimal.

- Biaya Tiap Komponen

biaya ini di dapat dari komponen-komponen yang digunakan dalam perancangan sistem PLT Biogas pada Homer. Harga setiap komponen akan di kalkulasi oleh perangkat homer berdasarkan jumlah yang dibutuhkan oleh sistem PLT Biogas di kali dengan harga masing-masing komponen seperti dapat dilihat pada gambar 4.28.



Gambar 4.28 Biaya tiap komponen

Generator 1 memiliki harga beli sebesar \$136,500, biaya pergantian sebesar \$67,622, biaya O&M sebesar \$1080, biaya bahan bakar dianggap \$0 karena bahan bakar utama yang di gunakan merupakan biogas, biogas pada pasar buah gemah ripah dihasilkan dari sampah sisa buah pada area pasar. harga jual setelah pakai sebesar -\$10,077. Sehingga total biaya yang diperukan untuk generator 1 sebesar \$195,125.

Generator 2 memiliki harga beli sebesar \$117,000 dengan biaya O&M sebesar \$926. Sedangkan biaya pergantian pada generator 2 sebesar \$57,962. Sama dengan generator 1 bahan bakar utama pada generator 2 adalah biogas yang dihasilkan oleh pasar buah gemah ripah, sehingga harga bahan bakar dapat dikatakan \$0. Harga jual setelah pakai generator 2 sebesar -\$8,638. Sehingga total biaya yang diperlukan untuk generator 2 sebesar \$167,250. Sedangkan *Grid*

memerlukan biaya O&M sebesar \$-394,670 selama masa operasi. Besarnya nilai O&M pada *grid* sebagian besar berasal dari hasil penjualan energi listrik pada *grid* PLN.

- Biaya Berdasarkan Tipe

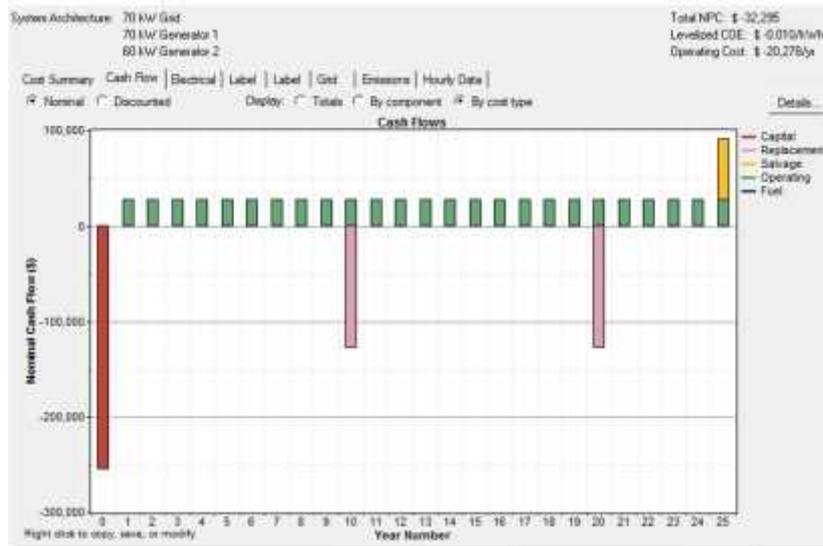
Biaya ini didapat dari hasil penjumlahan masing-masing tipe yang ada dalam perangkat homer diantaranya biaya modal (*Capital*), pergantian (*replacement*), dan harga jual setelah pakai (*salvage*) pada tiap komponen. Dari hasil penjumlahan setiap tipe tersebut didapatkan biaya keseluruhan masing-masing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



Gambar 4.29 Biaya keseluruhan berdasarkan tipe.

Pada gambar 4.29 memperlihatkan modal awal yang dikeluarkan untuk perancangan PLT Biogas pada pasar buah gemah ripah sebesar \$253,500, sedangkan untuk biaya untuk pergantian komponen berupa dua buah generator sebesar \$125,584. Untuk biaya perawatan PLT Biogas di pasar buah gemah ripah akan memakan biaya sebesar \$-392,664. Harga jual komponen setelah pakai sebesar \$-18,715 sehingga total nilai NPC (*Net Present Cost*) sebesar \$-32,295. Hal tersebut menandakan pembangunan PLT Biogas pada pasar Buah gemah dapat dikatakan baik dan menguntungkan karena nilai NPC kurang dari \$0.

Gambar 4.30 menunjukkan grafik biaya yang digunakan dalam masa operasi selama 25 tahun.



Gambar 4.30 Grafik biaya pengeluaran dan pemasukan sistem *PLT Biogas on-grid*

4.8.2 Simulasi *PLT Biogas on-grid* ketika tidak menjual energi listrik ke *grid* PLN

Sensitivity Results: Optimization Results

Sensitivity variables
 Price per kWh Power Price (\$/kWh) 0.11 Grid Sale Capacity (kW) 0 Interest Rate (%) 5

Double click on a system below for simulation results.

	Label (kW)	Label (kW)	Grid (kW)	Initial Capital (\$)	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC (\$)	CDE (\$/kWh)	Ren. Fac.	Business (\$)	Label (hrs)	Label (hrs)
	70	30	35	\$ 97,500	6,453	\$ 188,450	0.061	0.86	478	4,380	4,380
	30	30	70	\$ 117,000	5,292	\$ 188,767	0.061	0.84	525	4,380	4,380
	30	30	35	\$ 117,000	5,292	\$ 188,767	0.061	0.84	525	4,380	4,380
	20	20	35	\$ 78,000	8,661	\$ 200,666	0.065	0.74	411	4,380	4,380
	20	20	70	\$ 78,000	8,661	\$ 200,674	0.065	0.74	411	4,380	4,380
	30	20	35	\$ 97,500	7,300	\$ 200,383	0.065	0.82	458	4,380	4,380
	30	20	70	\$ 97,500	7,300	\$ 200,390	0.065	0.82	458	4,380	4,380
	20	40	70	\$ 117,000	6,139	\$ 203,516	0.066	0.89	504	4,380	4,380
	20	40	35	\$ 117,000	6,139	\$ 203,516	0.066	0.89	504	4,380	4,380
	30	40	70	\$ 136,500	4,777	\$ 203,833	0.066	0.97	551	4,380	4,380
	30	40	35	\$ 136,500	4,777	\$ 203,833	0.066	0.97	551	4,380	4,380
	40	30	70	\$ 136,500	5,217	\$ 210,024	0.068	0.96	539	4,380	4,380
	40	30	35	\$ 136,500	5,217	\$ 210,024	0.068	0.96	539	4,380	4,380
	40	20	35	\$ 117,000	7,424	\$ 221,640	0.072	0.84	472	4,380	4,380
	40	20	70	\$ 117,000	7,425	\$ 221,647	0.072	0.84	472	4,380	4,380
	45	30	70	\$ 145,250	5,479	\$ 223,472	0.072	0.96	542	4,380	4,380
	45	30	35	\$ 145,250	5,479	\$ 223,472	0.072	0.96	542	4,380	4,380
	40	40	70	\$ 156,000	4,902	\$ 225,050	0.073	0.95	565	4,380	4,380
	40	40	35	\$ 156,000	4,902	\$ 225,050	0.073	0.95	565	4,380	4,380
	20	50	70	\$ 136,500	6,629	\$ 229,927	0.074	0.90	512	4,380	4,380
	20	50	35	\$ 136,500	6,629	\$ 229,927	0.074	0.90	512	4,380	4,380
	30	50	70	\$ 156,000	5,258	\$ 230,244	0.074	0.98	559	4,380	4,380

Gambar 4.31 Hasil simulasi *PLT Biogas on-grid*

Pada perancangan PLT Biogas *on-grid*, didapatkan hasil simulasi terbaik ketika PLT biogas menggunakan generator dua dengan kapasitas 20 KW dan 30 KW yang terhubung dengan *grid* PLN dengan kapasitas 70 KW . tabel 4.4 merupakan tabel dan data konfigurasi terbaik dan optimal.

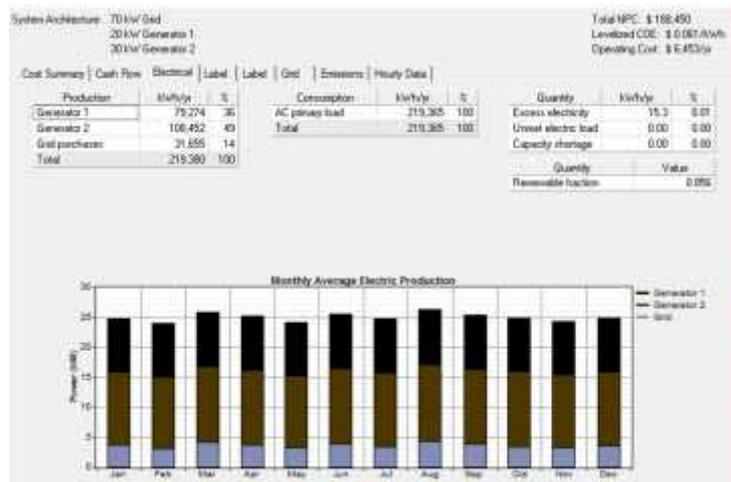
Tabel 4.5 hasil konfigurasi PLT Biogas

	Konfigurasi	Keterangan
Generator 1 (KW)	20	Generator 1 menggunakan kapasitas sebesar 20KW
Generator 2 (KW)	30	Generator 2 menggunakan kapasitas sebesar 30 KW
<i>Grid</i>	70	Daya yang tersambung dengan <i>grid</i> PLN sebesar 70 KW
Initial Capital (\$)	\$97,500	Seluruh biaya investasi perancangan PLT Biogas sebesar \$97,500
Operating cost (\$/year)	\$6,453	Biaya operasional setiap tahun sebesar \$6,453
NPC (\$)	\$188,450	Dana pengeluaran dikurangi dengan pendapatan sebesar \$188,450
CEO (\$/KWh)	\$0.0061	Harga energi listrik yang dihasilkan sebesar \$0.0061
<i>Renewable Fraction</i>	0.86	sistem PLT Biogas memasok energi listrik ke beban sebesar 86% dan sisanya 14% dilayani oleh <i>grid</i> PLN

c. Analisis Kelistrikan

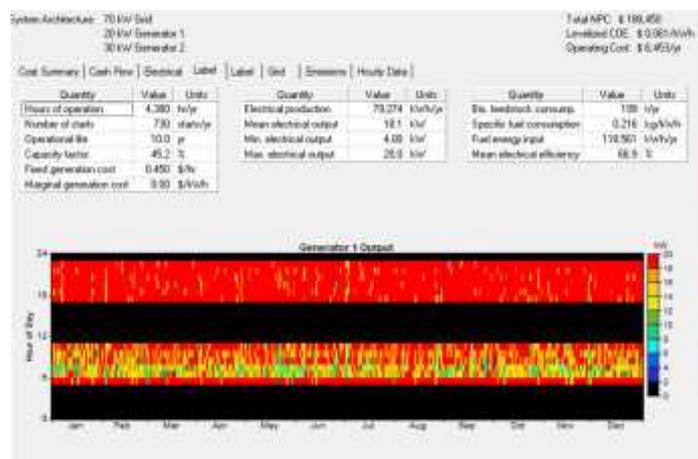
Dari kalkulasi perangkat homer yang telah didapat berdasarkan *input* data pada perancangan sistem PLT Biogas, didapatkan hasil sistem pembangkit dua buah generator yang masing masing berkapasitas 20 KW dan 30 KW yang terhubung dengan *grid* PLN 70 KW dari hasil tersebut di dapat hasil kelistrikan

berupa produksi listrik, konsumsi energi listrik, dan *quality* (kualitas) energi listrik yang diperoleh.

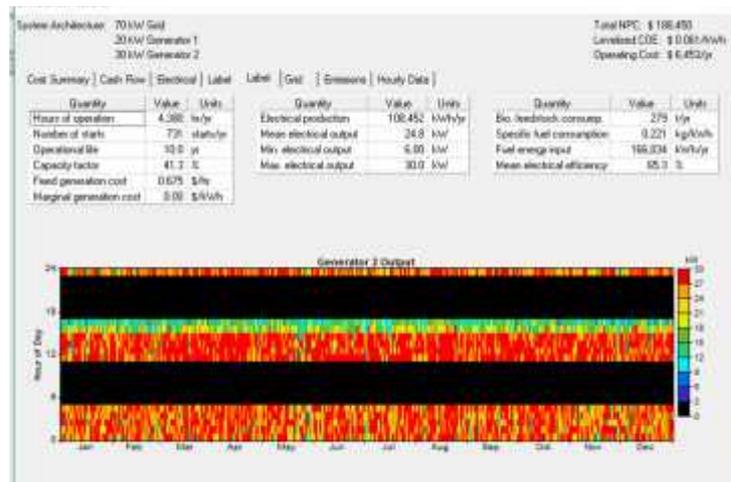


Gambar 4.32 Daya dan produksi energi listrik

Dari gambar 4.32 dapat diketahui bahwa produksi listrik pada PLT Biogas sebesar 219,380 KWh/tahun yang dihasilkan oleh dua buah generator dan *grid* PLN. Generator 1 menghasilkan energi listrik sebesar 79,274 KWh/tahun sedangkan generator 2 menghasilkan energi listrik sebesar 108,452 dan dari *grid* PLN sebesar 31,655 KW/tahun dengan konsumsi energi listrik sebesar 219,365 KWh/tahun. *Excess electricity* atau kelebihan energi listrik pada sistem ini sebesar 15.3 KWh/ Tahun (0.01%).

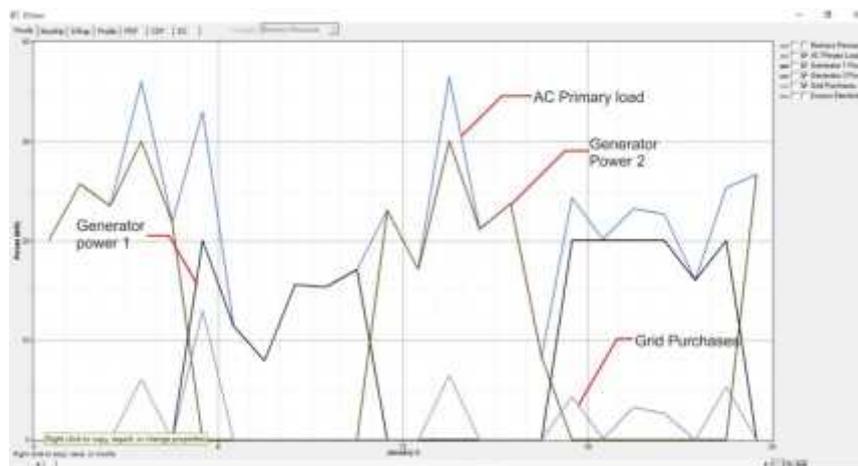


Gambar 4.33 label generator 1



Gambar 4.34 Label generator 2

Dari hasil konfigurasi yang telah dilakukan di dapatkan hasil produksi listrik yang berbeda antara generator 1 dan generator 2. Gambar 4.33 menunjukkan sistem kerja dari generator 1. Dalam waktu satu tahun generator 1 beroperasi selama 4.380 jam dan mengkonsumsi biogas sebanyak 199 ton/tahun. Untuk menghasilkan 1 KWh generator 1 membutuhkan 0.216 kg biogas. Gambar 4.34 menunjukkan sistem kerja dari generator 2. Sistem kerja dari generator 2 hampir sama dengan generator 1, generator 2 bekerja selama 4.380 jam/tahun, dalam kurun waktu tersebut generator 2 mengkonsumsi sebanyak 279 ton biogas. Sehingga untuk menghasilkan 1 KWh dibutuhkan biogas sebanyak 0.221 kg.



Gambar 4.35 Grafik produksi dan konsumsi listrik

Gambar 4.35 menunjukkan grafik produksi energi listrik dari generator, pembelian listrik dari *grid* PLN, dan konsumsi energi listrik di pasar buah gemah ripah.

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa listrik yang dihasilkan oleh generator 1 dan generator 2 belum dapat mencukupi kebutuhan listrik pada pasar buah gemah ripah. Sehingga untuk memenuhi kebutuhannya PLT Biogas harus membeli listrik dari *grid* PLN.

Gambar 4.35 juga memperlihatkan waktu kerja dari generator 1 dan generator 2. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, generator 1 dan 2 bekerja secara bergantian. Ketika generator 1 bekerja, generator 2 akan dimatikan, begitu pula sebaliknya, ketika generator 2 bekerja, generator 1 akan dimatikan. Generator 1 bekerja dari jam 05.00 sampai dengan jam 11.00 dan 17.00 sampai dengan 23.00, sedangkan generator 2 bekerja dari jam 23.00 sampai dengan jam 04.00 dan 11.00 sampai dengan 17.00.

Pada gambar 4.35 dapat dilihat bahwa terdapat label *grid purchase*. Label tersebut menunjukkan jumlah energi listrik yang dibeli dari *grid*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased	Sold	Purchases	Demand	Charge	Charge
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kW]	(\$)	(\$)
Jan	2,697	0	2,697	30	297	0
Feb	2,114	0	2,114	27	233	0
Mar	3,099	0	3,099	32	341	0
Apr	2,656	0	2,656	29	292	0
May	2,414	0	2,414	27	266	0
Jun	2,815	0	2,815	29	310	0
Jul	2,512	0	2,512	26	276	0
Aug	3,158	0	3,158	26	347	0
Sep	2,735	0	2,735	25	301	0
Oct	2,464	0	2,464	25	271	0
Nov	2,376	0	2,376	28	261	0
Dec	2,614	0	2,614	29	288	0
Annual	31,655	0	31,655	32	3,482	0

Gambar 4.36 Data penjualan dan pembelian listrik

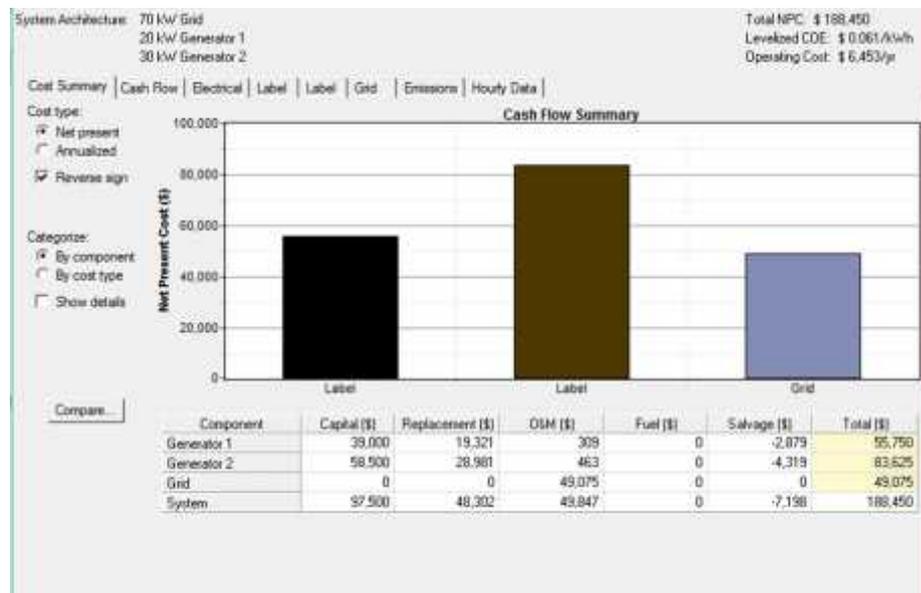
Gambar 4.36 menunjukkan bahwa PLT Biogas membeli energi listrik dari *grid* PLN sebesar 31,655KWh/tahun dengan dengan biaya sebesar \$3,482/tahun.

d. 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 adalah analisis teknis biaya dari sistem paling optimal.

- Biaya Tiap Komponen

biaya ini di dapat dari komponen-komponen yang digunakan dalam perancangan sistem PLT Biogas pada Homer. Harga tiap komponen akan di kalkulasi oleh perangkat homer berdasarkan jumlah yang dibutuhkan oleh sistem PLT Biogas di kali dengan harga masing-masing komponen seperti dapat dilihat pada gambar 4.37.



Gambar 4.37 Biaya tiap komponen

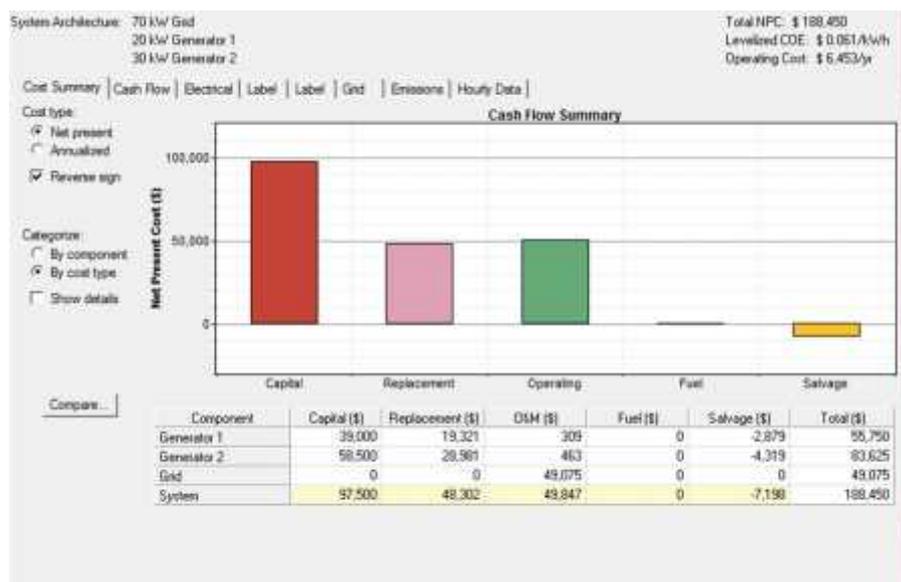
Generator 1 memiliki harga beli sebesar \$39,000, biaya pergantian sebesar \$19,321, biaya O&M sebesar \$309 biaya bahan bakar dianggap \$0 karena bahan

bakar utama yang di gunakan merupakan biogas, biogas pada pasar buah gemah ripah dihasilkan dari sampah sisa buah pada area pasar. harga jual setelah pakai - \$-2879. Sehingga total biaya yang diperukan untuk generator 1 sebesar \$55,750.

Generator 2 memiliki harga beli sebesar \$58,500 dengan biaya O&M sebesar \$463. Sedangkan biaya pergantian pada generator 2 sebesar \$28,981. Sama dengan generator 1 bahan bakar utama pada generator 2 adalah biogas yang dihasilkan oleh pasar buah gemah ripah, sehingga harga bahan bakar dapat dikatakan \$0. Harga jual setelah pakai generator 2 sebesar -\$4,319. Sehingga total biaya yang diperlukan untuk generator 2 sebesar \$83,625. Sedangkan *Grid* memerlukan biaya O&M sebesar \$49,075 selama masa operasi. Besarnya nilai O&M pada *grid* sebagian besar berasal dari hasil pembelian enegri listrik pada *grid* PLN.

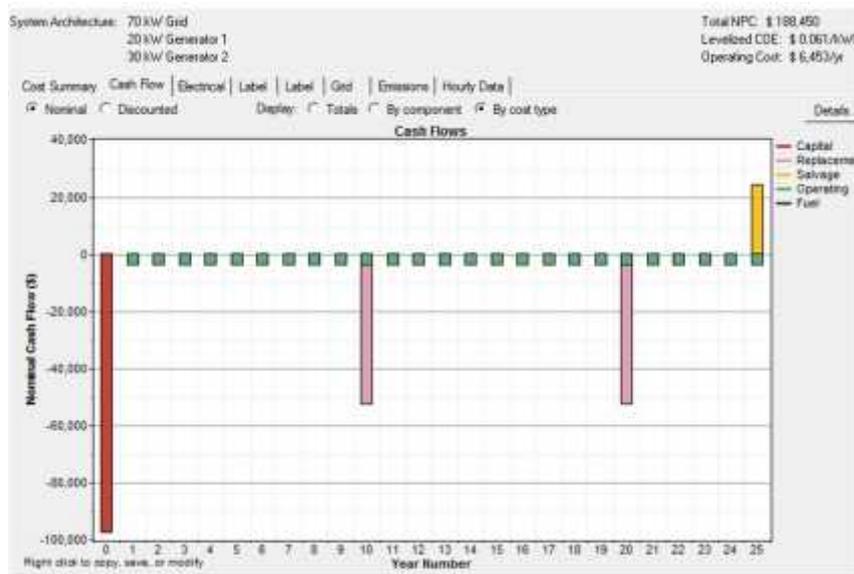
- Biaya Berdasarkan Type

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.



Gambar 4.38 Biaya keseluruhan berdasarkan type.

Pada gambar 4.38 memperlihatkan modal awal yang dikeluarkan untuk perancangan PLT Biogas pada pasar buah gemah ripah sebesar \$97,500, sedangkan untuk biaya untuk pergantian komponen berupa dua buah generator sebesar \$48,302. Untuk biaya perwatan PLT Biogas di pasar buah gemah ripah akan memakan biaya sebesar \$49,847. Harga jual komponen setelah pakai sebesar \$-7,198 sehingga total nilai NPC (*Net Present Cost*) sebesar \$188,450. Hal tersebut menandakan pembangunan PLT Biogas pada pasar Buah tidak menguntungkan karena nilai NPC kurang dari \$0. Gambar 4.39 menunjukkan grafik biaya yang digunakan dalam masa operasi selama 25 tahun. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa setiap tahunnya PLT Biogas mengeluarkan biaya biaya operasional serta setiap 10 tahun terdapat biaya *replacement* yang digunakan untuk mengganti generator dengan biaya setengah dari harga pembelian generator.



Gambar 4.39 Grafik biaya pengeluaran dan pemasukan sistem *PLT Biogas on-grid*

4.9 Perbandingan Simulasi *PLT Biogas On-grid* Ketika Menjual Listrik Ke *Grid* Dengan Simulasi *PLT Biogas On-grid* Ketika Tidak Menjual Listrik Ke *Grid*

Pada perbandingan simulasi *PLT Biogas on-grid* ketika menjual listrik ke *grid* dengan simulasi *PLT Biogas on-grid* ketika tidak menjual listrik ke *grid* terdapat beberapa acuan yang dijadikan perbandingan untuk menentukan jenis *PLT* paling baik. Hal yang menjadi acuan dalam perbandingan adalah periode *payback*. Periode *payback* merupakan waktu pengembalian modal selama masa operasi.

Perbandingan dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi masing-masing dengan keadaan ketika beban dilayani oleh *grid* secara penuh. Sebagai pembanding berikut merupakan simulasi ketika beban di layani oleh *grid* secara penuh

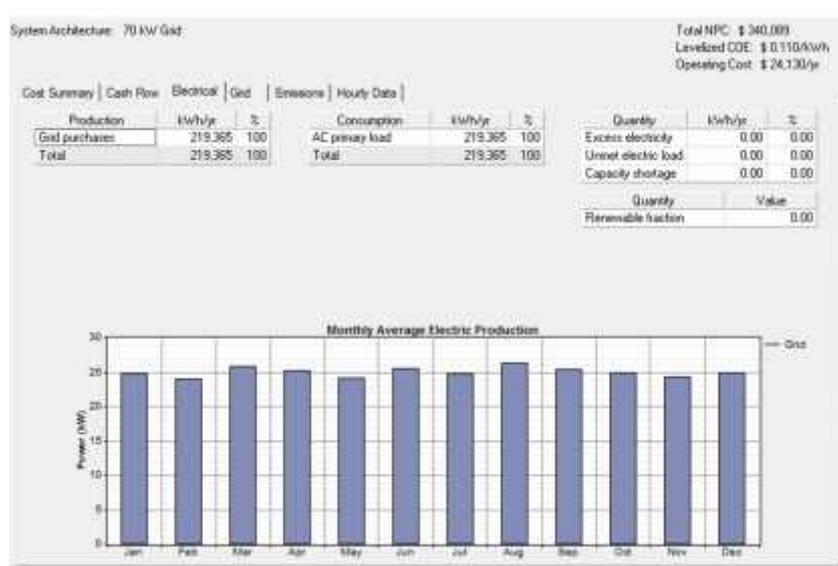
Sensitivity variables
 harga per kWh Power Price (\$/kWh) 0.11 Grid Sale Capacity (kW) 0 Interest Rate (%) 5
 Double click on a system below for simulation results.

	Label (kW)	Label (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Biomass (t)	Label (hrs)	Label (hrs)
☙	50	50	0	\$ 214,500	6,537	\$ 306,626	0.099	1.00	582	4,380	4,380
☙	50	60	0	\$ 214,500	6,537	\$ 306,626	0.099	1.00	584	4,380	4,380
☙	50	60	70	\$ 214,500	6,537	\$ 306,629	0.099	1.00	584	4,380	4,380
☙	50	60	35	\$ 214,500	6,537	\$ 306,629	0.099	1.00	584	4,380	4,380
☙	60	50	70	\$ 214,500	6,541	\$ 306,589	0.099	1.00	582	4,380	4,380
☙	60	50	35	\$ 214,500	6,541	\$ 306,689	0.099	1.00	582	4,380	4,380
☙	45		70	\$ 87,750	15,625	\$ 307,968	0.100	0.46	263		4,380
☙	70	40	70	\$ 214,500	6,645	\$ 308,153	0.100	1.00	580	4,380	4,380
☙	70	40	35	\$ 214,500	6,645	\$ 308,153	0.100	1.00	580	4,380	4,380
☙		50	70	\$ 97,500	15,917	\$ 321,836	0.104	0.46	265		4,380
☙		60	70	\$ 117,000	14,750	\$ 324,882	0.105	0.54	319		4,380
☙	70	50	0	\$ 234,000	7,131	\$ 334,501	0.108	1.00	588	4,380	4,380
☙	60	60	70	\$ 234,000	7,131	\$ 334,501	0.108	1.00	589	4,380	4,380
☙	60	60	35	\$ 234,000	7,131	\$ 334,501	0.108	1.00	589	4,380	4,380
☙	60	60	0	\$ 234,000	7,131	\$ 334,501	0.108	1.00	589	4,380	4,380
☙	70	50	70	\$ 234,000	7,135	\$ 334,564	0.108	1.00	588	4,380	4,380
☙	70	50	35	\$ 234,000	7,135	\$ 334,564	0.108	1.00	588	4,380	4,380
☙			70	\$ 0	24,100	\$ 340,385	0.110	0.00			
☙	60		70	\$ 117,000	16,511	\$ 349,707	0.112	0.47	270		4,380
☙	70	60	70	\$ 253,500	7,725	\$ 362,376	0.117	1.00	594	4,380	4,380
☙	70	60	35	\$ 253,500	7,725	\$ 362,376	0.117	1.00	594	4,380	4,380
☙	70	60	0	\$ 253,500	7,725	\$ 362,376	0.117	1.00	594	4,380	4,380
☙	70		70	\$ 136,500	17,105	\$ 377,583	0.122	0.47	276		4,380

Gambar 4.40 Simulasi ketika beban dilayani oleh *grid* secara penuh

Tabel 4.6 Hasil konfigurasi ketika beban dilayani *grid*

<i>Grid</i>	70	Daya yang tersambung dengan <i>grid</i> PLN sebesar 70 KW
Initial Capital (\$)	\$0	Seluruh biaya investasi perancangan PLT Biogas sebesar \$0
Operating cost (\$/year)	\$ 24,130	Biaya operasional setiap tahun sebesar \$ 24,130
NPC (\$)	\$340,089	Dana pengeluaran dikurangi dengan pendapatan sebesar \$340,089
CEO (\$/KWh)	\$0.110	Harga energi listrik yang dihasilkan sebesar \$0.110
<i>Renewable Fraction</i>	0	Sistem secara penuh dilayani oleh <i>grid</i> PLN



Gambar 4.41 Kebutuhan listrik pada sistem yang di suplay oleh *grid* PLN secara penuh

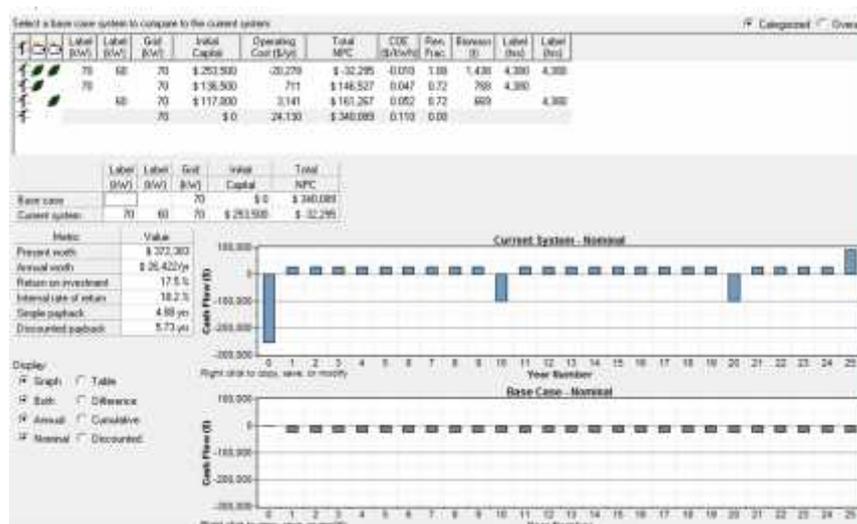
Pada gambar 4.41 dapat dilihat bahwa kebutuhan listrik pada area pasar buah gemah ripah mencapai 219,365 KW/tahun dan seluruh kebutuhan listrik tersebut di suplay oleh *grid* PLN. Pada gambar 4.41 dapat dilihat bahwa dengan

tidak adanya suplay listrik dari sistem PLT Biogas maka pasar buah gemah ripah harus membayar listrik sebesar \$24,130/tahun.

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased	Sold	Purchases	Demand	Charge	Charge
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kW]	(\$)	(\$)
Jan	18,457	0	18,457	51	2,030	0
Feb	16,147	0	16,147	57	1,776	0
Mar	19,279	0	19,279	56	2,121	0
Apr	18,176	0	18,176	53	1,999	0
May	18,008	0	18,008	47	1,981	0
Jun	18,357	0	18,357	50	2,019	0
Jul	18,398	0	18,398	49	2,024	0
Aug	19,564	0	19,564	50	2,152	0
Sep	18,295	0	18,295	55	2,012	0
Oct	18,578	0	18,578	52	2,044	0
Nov	17,533	0	17,533	48	1,929	0
Dec	18,572	0	18,572	53	2,043	0
Annual	219,365	0	219,365	57	24,130	0

Gambar 4.41 Pembelian listrik pada *grid* PLN

4.9.1 Perbandingan Simulasi *PLT Biogas On-grid* Ketika Menjual Listrik dengan sistem *grid* PLN



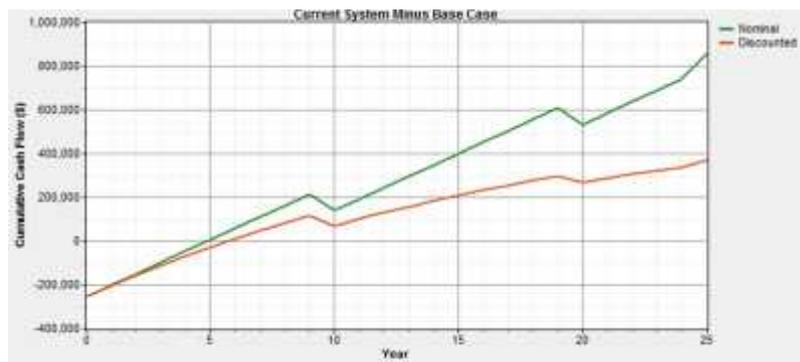
Gambar 4.42 perbandingan antara PLT Biogas dengan *Grid* PLN

Dapat dilihat pada gambar 4.42 sistem PLT Biogas *on-grid* ketika menjual energi listrik ke PLN akan mendapatkan kembali modal pembangunan PLT Biogas pada tahun ke 4,88 atau dibulatkan ke tahun ke lima setelah PLT Biogas beroperasi. besarnya nilai jual energi listrik ke *grid* berpengaruh terhadap kecepatan *simple payback* (periode perbandingan pengembalian modal).

Tabel 4.7 Data perbandingan menghasilkan periode payback

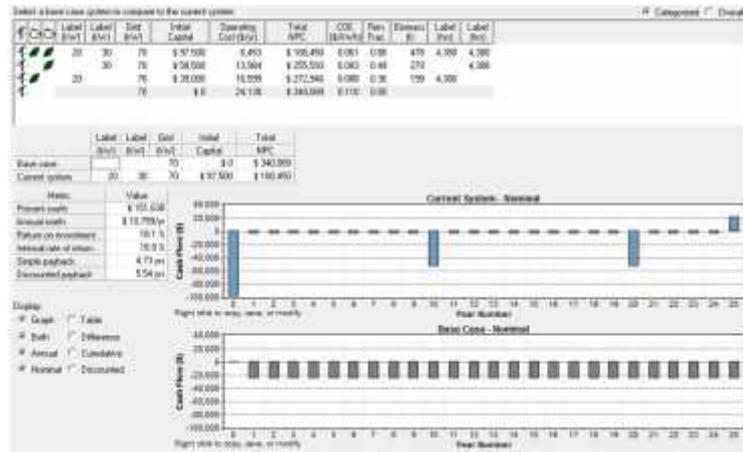
year	Nominal Cash Flows					
	Current System		Base Case		Difference	
	Annual (\$)	Cumulative (\$)	Annual (\$)	Cumulative (\$)	Annual (\$)	Cumulative (\$)
0	-253,500	-253,500	0	0	-253,500	-253,500
1	27,860	-225,640	-24,130	-24,130	51,991	-201,509
2	27,860	-197,779	-24,130	-48,260	51,991	-149,519
3	27,860	-169,919	-24,130	-72,390	51,991	-97,528
4	27,860	-142,058	-24,130	-96,520	51,991	-45,538
5	27,860	-114,198	-24,130	-120,651	51,991	6,453
6	27,860	-86,337	-24,130	-144,781	51,991	58,444
7	27,860	-58,477	-24,130	-168,911	51,991	110,434
8	27,860	-30,616	-24,130	-193,041	51,991	162,425
9	27,860	-2,756	-24,130	-217,171	51,991	214,415
10	-98,890	-101,645	-24,130	-241,301	-74,759	139,656
11	27,860	-73,785	-24,130	-265,431	51,991	191,647
12	27,860	-45,924	-24,130	-289,561	51,991	243,637
13	27,860	-18,064	-24,130	-313,692	51,991	295,628
14	27,860	9,797	-24,130	-337,822	51,991	347,618
15	27,860	37,657	-24,130	-361,952	51,991	399,609
16	27,860	65,518	-24,130	-386,082	51,991	451,600
17	27,860	93,378	-24,130	-410,212	51,991	503,590
18	27,860	121,238	-24,130	-434,342	51,991	555,581
19	27,860	149,099	-24,130	-458,472	51,991	607,571
20	-98,890	50,209	-24,130	-482,602	-74,759	532,812
21	27,860	78,070	-24,130	-506,733	51,991	584,803
22	27,860	105,930	-24,130	-530,863	51,991	636,793
23	27,860	133,791	-24,130	-554,993	51,991	688,784
24	27,860	161,651	-24,130	-579,123	51,991	740,774
25	91,235	252,887	-24,130	-603,253	115,366	856,140

Seperti terlihat pada tabel 4.7 pada awal pembangunannya *PLT Biogas on-grid (Current System)* membutuhkan biaya yang besar. Biaya tersebut berasal dari pembelian dua unit generator dengan kapasitas 70 KW dan 60 KW. Sistem *PLT Biogas on-grid* akan mengembalikan modal pembangunannya pada tahun ke 4,88 atau dibulatkan pada tahun ke 5 setelah beroperasi dan setelah itu *PLT Biogas on-grid* akan memperoleh keuntungan pada setiap tahun pengoperasiannya sebesar \$27,860 dan pada tahun ke 25 sistem beroperasi akan memperoleh keuntungan sebesar \$252,88 . Sedangkan dalam kurun waktu 25 tahun penggunaan sistem dengan *grid PLN (Base Case)* akan memakan biaya sebesar \$603,253. Seperti dapat dilihat pada gambar 4.43 periode payback terjadi pada tahun ke 4,88 dan dari tahun ke tahun *PLT biogas* terus memperoleh keuntungan dari pengoperasian yang dilakukan.



Gambar 4.43 Grafik periode payack

4.9.2 Perbandingan PLT Biogas *On-grid* Ketika Tidak Menjual Listrik ke *Grid* PLN Dengan Sistem *Grid* PLN



Gambar 4.44 Perbandingan antara PLT Biogas dengan *Grid* PLN

Dapat dilihat pada gambar 4.44 sistem PLT Biogas *on-grid* periode *payback* akan terjadi pada tahun ke 4,73. Hal ini terjadi karena biaya yang dikeluarkan untuk biaya operasional PLT Biogas *on-grid* lebih kecil dari pada sistem yang dilayani oleh *grid* 100%. Berikut merupakan data data perbandingan antara sistem PLT Biogas *on-grid* dengan sistem *Grid* PLN.

Tabel 4.8 Data perbandingan dengan menghasilkan periode *payback*

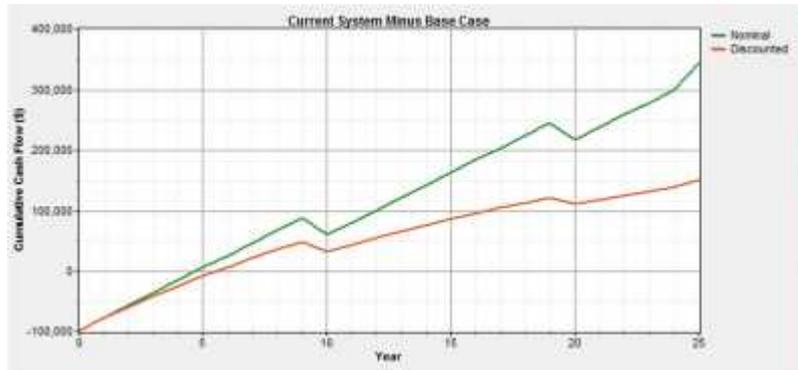
Nominal Cash Flows						
Year	Current System		Base Case		Difference	
	Annual (\$)	Cumulative (\$)	Annual (\$)	Cumulative (\$)	Annual (\$)	Cumulative (\$)
0	-97,500	-97,500	0	0	-97,500	-97,500
1	-3,537	-101,037	-24,130	-24,130	20,593	-76,907
2	-3,537	-104,574	-24,130	-48,260	20,593	-56,313
3	-3,537	-108,110	-24,130	-72,390	20,593	-35,720
4	-3,537	-111,647	-24,130	-96,520	20,593	-15,127
5	-3,537	-115,184	-24,130	-120,651	20,593	5,467
6	-3,537	-118,721	-24,130	-144,781	20,593	26,060
7	-3,537	-122,257	-24,130	-168,911	20,593	46,654
8	-3,537	-125,794	-24,130	-193,041	20,593	67,247

Terusan Tabel 4.8 Data perbandingan dengan menghasilkan periode *payback*

Nominal Cash Flows						
Year	Current System		Base Case		Difference	
	Annual (\$)	Cumulative (\$)	Annual (\$)	Cumulative (\$)	Annual (\$)	Cumulative (\$)
10	-52,287	-181,618	-24,130	-241,301	-28,157	59,684
11	-3,537	-185,154	-24,130	-265,431	20,593	80,277
12	-3,537	-188,691	-24,130	-289,561	20,593	100,871
13	-3,537	-192,228	-24,130	-313,692	20,593	121,464
14	-3,537	-195,765	-24,130	-337,822	20,593	142,057
15	-3,537	-199,301	-24,130	-361,952	20,593	162,651
16	-3,537	-202,838	-24,130	-386,082	20,593	183,244
17	-3,537	-206,375	-24,130	-410,212	20,593	203,837
18	-3,537	-209,912	-24,130	-434,342	20,593	224,431
19	-3,537	-213,448	-24,130	-458,472	20,593	245,024
20	-52,287	-265,735	-24,130	-482,602	-28,157	216,868
21	-3,537	-269,272	-24,130	-506,733	20,593	237,461
22	-3,537	-272,809	-24,130	-530,863	20,593	258,054
23	-3,537	-276,345	-24,130	-554,993	20,593	278,648
24	-3,537	-279,882	-24,130	-579,123	20,593	299,241
25	20,838	-259,044	-24,130	-603,253	44,968	344,209

Dari bel 4.8 dapat dilihat bahwa pembangunan sistem PLT Biogas *on-grid* (*Current System*) pada awalnya memerlukan biaya yang besar. Biaya tersebut di dapat dari pembelian dua buah generator. Dapat dilihat bahwa pada saat PLT Biogas bekerja selama 25 akan terus mengalami kerugian karena tidak adanya pendapatan yang dihasilkan dari penjualan listrik ke *grid* PLN.

Tetapi setelah sistem PLT Biogas dibandingkan dengan sistem *grid* PLN (*Base Case*) Didapatkan perbedaan pengeluaran biaya setiap tahunnya antara ke dua sistem ini. Dari perbedaan yang di dapat dihasilkan periode *payback* untuk untuk sistem PLT Biogas *on-grid* yang dimulai tahun ke 4,73. Grafik periode *payback* dapat dilihat pada gambar 4.45.



Gambar 4.45 Grafik periode *payback*