

## OPTIMASI OPERASIONAL PEMBANGKIT LISTRIK BIOGAS PTPN 5

**Adisastra Pengalaman Tarigan**  
Email: Adisastra\_tarigan@yahoo.co.id  
Fakultas Sains Dan Teknologi  
Universitas Pembangunan Panca Budi

### ABSTRAKSI

Dalam rangka optimalisasi operasional tenaga listrik Bio Gas Plan di PTPN 5, perlu diadakan perbaikan system distribusi yang ada, sehingga semua unit operasi menjadi satu Link Interkoneksi yang dapat saling mendukung operasi satu samalainnya. Dimana Bio Gas Plan membutuhkan External Power  $\pm 30$  KW untuk Gas Purification Dryer diperoleh dari sebuah Genset, setelah pembangkit biogas normal maka akan didistribusikan ke PPKO untuk membantu operasinal pabrikasi dengan menggantikan operasional Diesel Generator sehingga bahan bakar minyak (solar) dapat dihemat. Sisa power dari pembangkit Bio gas akan didistribusikan ke PKS dengan memisahkan beban operasional dan beban domestik, karena masalah sinkronisasi. Dari permasalahan ini penulis mencoba menganalisa optimasi operasional tenaga listrik di PTPN V dengan mengoptimalkan pembangkit listrik bio gas dengan bantuan simulasi *HOMER*

**Kata Kunci :** *Optimasi, Operasional, Tenaga listrik, Biogas*

### PENDAHULUAN

Di PKS Tandun telah dibangun pembangkit tenaga listrik Bio Gas Plan dengan kapasitas terpasang 1025 KW. Bio Gas Plan initalah beroperasi  $\pm 7$  tahun dengan output power rata-rata 830 KW yang disalurkan dengan Sistem Distribusi melalui saluran udara tegangan menengah 20KV untuk mendukung operasional PPKO dengan total kebutuhan power  $\pm 2000$  KW. Untuk operasional PPKO didukung dengan Main Power dari 4 unit Diesel Generator dengan kapasitas masing-masing  $\pm 1029$  KVA dan satu unit genset 110KVA untuk kebutuhan penerangan dan emplasment apabila PPKO tidak beroperasi pada saat maintenance.

Untuk Bio Gas Plan dapat dioperasikan dengan 3 sistem operasi, yaitu:

#### 1. Start From Zero

Bio Gas Plan dengan system start from zero tidak dapat dilaksanakan karena tidak adanya stok gas atau Gas Storage untuk starting awal Bio Gas Engine.

Solusi untuk hal ini perlu ditambah instalasi untuk gas storage yang dapat dimanfaatkan untuk start awal dan apabila ada trouble atau gangguan pada gas Purification Dryer.

#### 2. Paralel to Main

System ini dapat beroperasi dengan baik (operasi saat ini) dengan Diesel Engine Generator dari PPKO sebagai Main Power. Untuk mendukung operasi ini, Bio Gas Plan membutuhkan External Power  $\pm 30$  KW untuk Gas Purification Dryer.

Solusi untuk external power dapat dilakukan Bio Gas Plan sendiri dengan menggunakan 1 unit genset sebagai external power.

#### 3. Single Run/ island Mode

Untuk operasi Single Run / Island Mode masih belum bias terlaksana karena masih ada masalah pada external power dari main power 1 Phasa 220V, 50Hz untuk mengaktifkan Relay pada Main Panel Bio Gas Plan, supaya apabila ada gangguan pada PPKO Station dapat diantisipasi pada Control Panel Bio Gas Plan sehingga Engine tidak sampai shut down.

### RUMUSAN MASALAH

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ;

1. Bagaimana kondisi eksisting ketenagalistrikan di PTPN V Propinsi Riau
2. Bagaimana analisis ekonomi setelah setelah pembangkit biogas beroperasi membantu operasional PPKO dengan

menggantikan diesel generator sebagai power utama

3. Bagaimana membuat simulasi distribusi tenaga listrik dalam perhitungan analisis ekonomi operasional tenaga listrik di PPKO yang dimiliki oleh PTPN V dengan menggunakan simulasi HOMER
4. Bagaimana kondisi sebelum dan sesudah pembangunan PLT Biogas

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pembangkit Listrik Tenaga Bio Gas

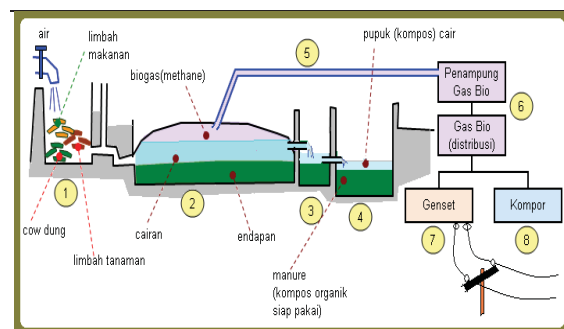
Biogas merupakan sebuah proses produksi gas bio dari material organik dengan bantuan bakteri. Proses degradasi material organik ini tanpa melibatkan oksigen disebut anaerobik digestion gas yang dihasilkan sebagian besar (lebih 50 %) berupa metana. material organik yang terkumpul pada digester (reaktor) akan diuraikan menjadi dua tahap dengan bantuan dua jenis bakteri. Tahap pertama material organik akan didegradasi menjadi asam lemak dengan bantuan bakteri pembentuk asam. Bakteri ini akan menguraikan sampah pada tingkat hidrolisis dan asidifikasi.

Hidrolisis yaitu penguraian senyawa kompleks atau senyawa rantai panjang seperti lemak, protein, karbohidrat menjadi senyawa yang sederhana. Sedangkan asidifikasi yaitu pembentukan asam dari senyawa sederhana. Setelah material organik berubah menjadi asam lemak, maka tahap kedua dari proses anaerobik digestion adalah pembentukan gas metana dengan bantuan bakteri pembentuk metana seperti *methanococcus*, *methanosarcina*, *methanobacterium*. Biogas sebagian besar mengandung gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dan beberapa kandungan yang jumlahnya kecil diantaranya hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dan ammonia ( $\text{NH}_3$ ) serta hidrogen ( $\text{H}_2$ ), nitrogen yang kandungannya sangat kecil. Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana semakin kecil nilai kalor. Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter yaitu: Menghilangkan hidrogen sulphur, kandungan air dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ).

### Sistem Kerja Sebuah Instalasi Biogas

Pada sebuah instalasi biogas, selalu terdapat reaktor atau digester. Reaktor adalah ruang tertutup yang digunakan sebagai media penyimpanan kotoran selama beberapa hari untuk menghasilkan gas yang tersimpan bersama kotoran yang kemudian disebut biogas. Dari beberapa jenis digester biogas yang sering digunakan adalah jenis kubah tetap (Fixed-dome) dan jenis Drum mengambang (Floating drum).

Menurut Andi Hanif [1] Sistem produksi biogas dibedakan menurut cara pengisian bahan bakunya, yaitu pengisian curah dan pengisian kontinyu. Yang dimaksud dengan sistem pengisian curah (SPC) adalah cara pengisian bahan yang dilakukan dengan mengeluarkan sisa bahan yang sudah dicerna dari tangki pencerna setelah produksi biogas berhenti, dan selanjutnya dilakukan pengisian bahan baku yang baru. Sedangkan yang dimaksud dengan pengisian kontinyu (SPK) adalah pengisian bahan baku ke dalam tangki pencerna dilakukan secara kontinyu (setiap hari) tiga hingga empat minggu sejak pengisian awal, tanpa harus mengeluarkan bahan yang sudah dicerna



Gambar 1 Skema Pemanfaatan Biogas dari Kotoran Sapi<sup>1</sup>

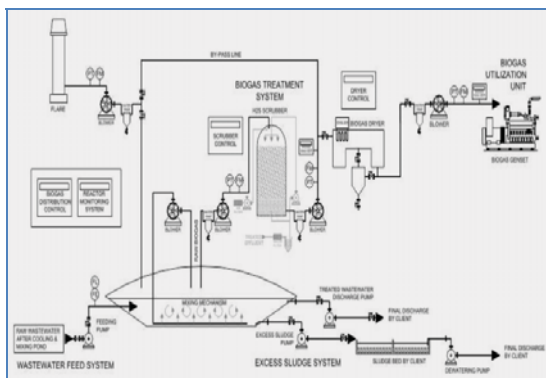
### Konversi Energi Listrik Bio Gas

Konversi energi biogas untuk pembangkit tenaga listrik dapat dilakukan dengan menggunakan gas turbine, microturbines dan Otto Cycle Engine. Pemilihan teknologi ini sangat dipengaruhi potensi biogas yang ada seperti konsentrasi gas metana maupun tekanan biogas, kebutuhan beban dan ketersediaan dana yang ada.

Secara alami, sampah organik dengan bantuan bakteri pengurai menghasilkan gas metana sebagai hasil sampingan dari kegiatan degradasi penguraian sampah. Gas metana (combustible gas) ini menurut para peneliti, jika terbuang di alam berpotensi sebagai

perusak lapisan ozon dan meningkatkan efek global warming. Untuk itulah menjadi penting pemanfaatan gas metana menjadi listrik karena selain dapat mengurangi dampak pemanasan global, juga dapat menambah suplai listrik di daerah. Secara umum, unsur dalam sampah yang dapat dimanfaatkan menjadi biogas adalah sebesar 69% yaitu 42% sampah organik dan 27% sampah sisa makanan (Mauliva, 2009). Untuk mempercepat terjadinya biogas dalam proses fermentasi sampah organik, biasanya digunakan katalisator berupa penambahan bakteri pengurai sampah yaitu bakteri saprofit (wikipedia). Teknologi konversi biogas menjadi listrik yang digunakan misalnya adalah PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap) yang bekerja berdasar siklus kombinasi (siklus Rankine dan Brayton) yang merupakan sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan sejumlah panas terbuang (*exhaust gas*) di turbin gas PLTG yang temperaturnya relatif tinggi untuk menghasilkan uap pada turbin uap (Rais, 2006).

Menurut Syafrizal [4] Potensi biogas yang dihasilkan dari 1 ton POME sebesar 27.22 m<sup>3</sup> dan di dalamnya 60% -nya merupakan gas metana. Berdasarkan rasio perhitungan di atas didapatkan 1 ton POME dapat menghasilkan listrik sebesar 53,89 kW. Selanjutnya dilakukan perhitungan parameter input yang menghitung besarnya POME yang dihasilkan per hari oleh PKS berdasarkan kapasitas pabrik serta jam kerja untuk memperoleh berapa listrik yang mampu dihasilkan dalam 1 jam. Dengan asumsi jam kerja efektif per hari 20 jam, didapat potensi listrik yang dihasilkan oleh limbah cair sebesar 3,15 MW/ jam.



Gambar 2. Proses konversi bio gas ke listrik

Potensi listrik tersebut merupakan potensi yang dihitung secara teori sebelum pipa gas. Untuk menghitung berapa daya listrik yang dihasilkan dengan memperhitungkan efisiensi kerja, dilakukan estimasi persentase efisiensi operasi mesin dan pipa gas, mulai proses pengolahan limbah cair, kemudian menjadi gas metana, sampai menjadi energi listrik, efisiensi metana yang dihasilkan dari proses pengolahan biogas sebesar 87 % - 90 %.

Dengan teknologi, *Covered Lagoon* akan dihasilkan biogas sebanyak  $\pm 20 \text{ m}^3/\text{ton TBS}$ . Jadi jika kapasitas PKS sebesar 30 ton TBS/jam akan menghasilkan biogas  $\pm 600 \text{ m}^3/\text{jam}$ , atau setara dengan 5.044 MJ/jam, atau setara dengan energi sebesar 3.720 kWh. Jika energi tersebut digunakan untuk membangkitkan listrik dengan menggunakan gas engine (efisiensi 35%) maka akan dapat dibangkitkan listrik sebesar 1.303 kWh atau 1,3 MW.

Secara ekonomi, asumsi pembangkit beroperasi selama 300 hari/tahun dan 24 jam/hari dan harga ditetapkan Rp. 975/kWh, sesuai permen ESDM (04/2012) untuk pulau Jawa, terdapat potensi pendapatan sebesar Rp. 9,15 M/tahun

Potensi biogas untuk dikonversi menjadi energi listrik mempunyai prospek yang menjanjikan. Setiap 1 m<sup>3</sup> biogas dapat menghasilkan 3 kWh. 1 m<sup>3</sup> gas metan dapat diubah menjadi energi sebesar 4.700 – 6.000 kkal atau 20 - 24 MJ Energi sebesar itu setara dengan energi yang dihasilkan oleh 0.48 kg gas Elpiji (LPG). Pengembangan klaster industri kelapa sawit dengan kapasitas produksi 30 Ton TBS/jam akan menghasilkan limbah cair 330 m<sup>3</sup>/hari setara 990 kWh. potensi biogas 58,2 milyar kWh (energi) pertahun dapat membangkitkan listrik berbasis kontinue sepanjang tahun dengan daya 3.600 MW.

### Potensi PLBG Tandun

Perkiraan jumlah energi biogas yang dapat dihasilkan dari kapasitas Pabrik KelapaSawit (PKS) Tandun diperlihatkan pada tabel 1 berikut :

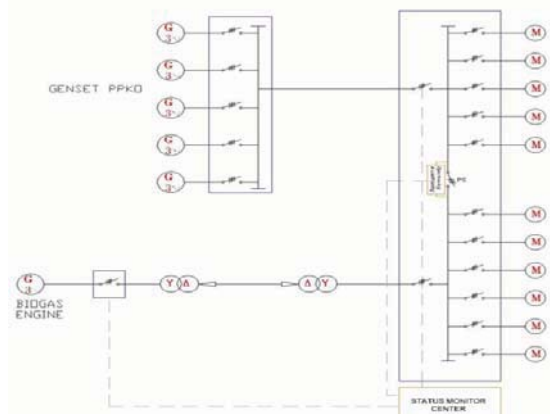
No	Parameter	Kapasitas produksi kelapa sawit		
		30 ton/jan TBS	30 ton/jan TBS	30 ton/jan TBS
1	Perkiraan keluaran digester biogas	20 m <sup>3</sup> /jam	30 m <sup>3</sup> /jam	40 m <sup>3</sup> /jam
2	Penurunan COD/BOD	90 %	90 %	90 %
3	Perkiraan produksi biogas	500-815 Nm <sup>3</sup> /jam	815-1000 Nm <sup>3</sup> /jam	1000-1320 Nm <sup>3</sup> /jam

4	Nilai energi	4.204-6.852 MJ/jam	6.852-8.400 MJ/jam	8.400-11.088 MJ/jam
5	Ekivalensijumlahbahan bakar dari Shell	0,8-1,3 ton/jam	1,3-1,6 ton/jam	1,6-2,1 ton/jam
6	Potensi energi listrik	1000 MW	1500 MW	2000 MW

Gas metan tersebutdidapat dari pengolahan limbah cair atau PalmOil Mill Effluent (POME). Limbah cair kelapasawit sisa hasil pengolahan dari PKS ditampung dihomogenization pond. Kolam ini dilengkapi dengan filter mekanis yang berfungsi untukmengurangi jumlah limbah padat (serat, sampah,dll) dan juga dengan agitator untukmenghomogenisasi atau menyetarakan kualitasPOME sebelum masuk ke dalam reaktor.

### Desain optimalisasi distribusi listrik Biogas ke PPKO

Diagram satu garis Main Line feeder biogas - ppko dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini. Saat ini operasional pembangkit listrik biogas di PPKO mempunyai ouput daya rata-rata 830 MW, namun belum bisa dipergunakan secara optimal oleh PPKO. Sedangkan beban yang dibutuhkan oleh PPKO sendiri adalah ±2000 KW yang disuplai oleh 4 diesel generator dengan masing-masing ±1029 KVA dansatu unit genset 110KVA untuk kebutuhan penerangan dan emplasment apabila PPKO tidak beroperasi pada saat maintenance.



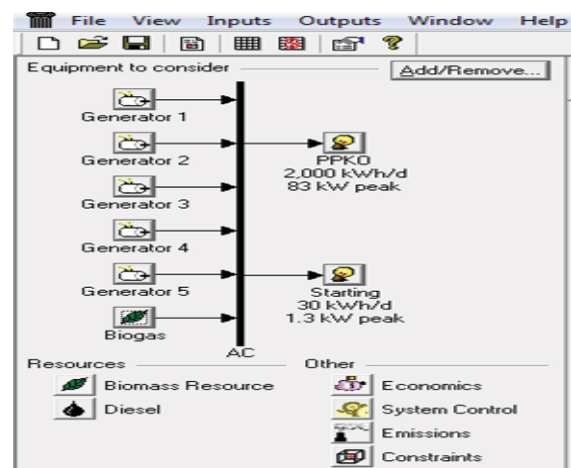
Blok diagram optimasi distribusi listrik biogas-PPKO

Kondisi awal (existing) pada PPKO dengan sistem operasi *paralel to main*, System ini dapat beroperasi dengan baik (operasisaatini) dengan Diesel Engine Generator dari PPKO sebagai Main Power. Untukmendukungoperasiini, Bio Gas Plan

membutuhkan External Power ±30 KW untuk Gas Purification Dryer.Solusiuntuk external power dapat dilakukan Bio Gas Plan sendiri dengan menggunakan 1 unit genset sebagai external power.

Jika Bio gas telah beroperasi normal maka output dapat didistribusikan ke PPKO melalui saluran udara tegangan menengah 20 kv dengan satu unit trafo step up 400 v/20.000 V kapasitas 1600 KVA dan satu unit tafo step down 2000/400/50Hz.

Dengan menggunakan HOMER sistem distribusi digambarkan sebagai berikut :



Gambar konfigurasi pembangkit Biogas-PPKO

### TEKNIK PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

Setelah data hasil observasi dan wawancara diperoleh dari lapangan, maka selanjutnya data akan diolah menurut kondisi sebelum dan sesudah pengoperasian Pembangkit listrik tenaga Biogas pada PPKO

#### Kondisi Awal

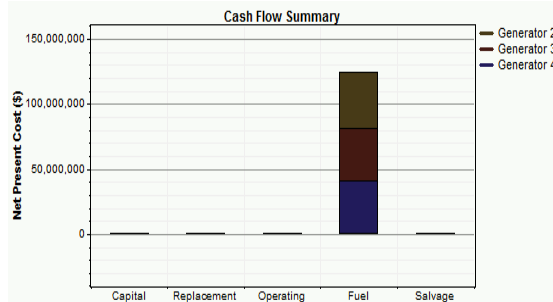
Kondisi awal disini merupakan kondisi saat sebelum ada penambahan operasional Biogas. Simulasi ini digunakan sebagai pembanding antara sebelum adanya penambahan PLTBS. Kondisi awal ini sistem PLTD terdiri dari 4 unit PLTD dengan kapasitas 1029 kW untuk mengoperasikan Pengolahan kernel di PPKO dan 2 diesel generator kapasitas 1029 untuk mebanu operasional 1 unit diesel generator 110 KW untuk kebutuhan penerangan jika PPKO tidak beroperasi. Analisa data dilakukan dengan menghitung biaya operasional diesel generator untuk kedua pabrik antara lain :

#### a. Produksi listrik

Produksi listrik dihitung berdasarkan data pemakaian selama satu tahun.



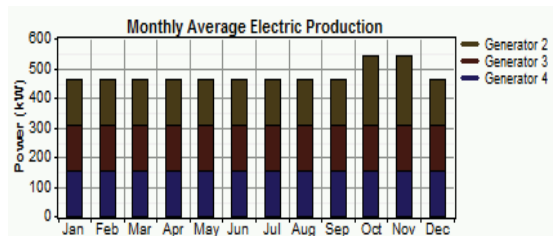
Kondisi awal disini merupakan kondisi saat sebelum ada penambahan Biomassa. Simulasi ini digunakan sebagai pembandingan antara sebelum adanya penambahan PLTBS. Kondisi awal ini sistem PLTD terdiri dari 4 unit PLTD dengan kapasitas 1029 kW (Nigata), dengan hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.2 Hasil simulasi kondisi awal

**1. Produksi Listrik**

Produksi listrik dihitung berdasarkan data pemakaian selama satu tahun dimana dalam satu tahun didapatkan kebutuhan listrik sebesar 16,148,330 kWh dengan kontribusi generator 2 Niigata sebesar 35% atau 1,465,128 kWh dan Generator 3 sebesar 32 % atau 1,352,125kWh dan generator 4 sebesar 32 % atau 1,352,125kWh jumlah daya listrik yang dihasilkan pertahun adalah 4,169,378 kWh



Data listrik yang dihasilkan oleh masing-masing PLTD untuk menyuplai beban rata-rata 2mW adalah :

Component	Production	Fraction
	(kWh/yr)	
Generator 2	1,465,128	35%
Generator 3	1,352,125	32%
Generator 4	1,352,125	32%
Total	4,169,378	100%

**2. Konsumsi BBM**

Kebutuhan BBM selama satu tahun adalah sebesar 12,161,680 liter, dimana penggunaan terbesar terdapat pada generator 2

Niigata 1MW sebesar 4,273,482liter dan Generator3Mw sebesar 3,943,899liter serta Generator 4 sebanyak 3,943,899

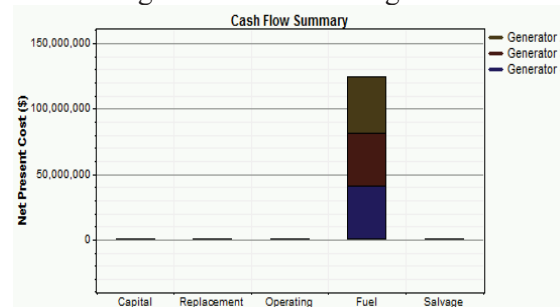
Generator	Konsumsi BBM L/yr	Specific fuel consumption L/kWh	Efisiensi %
G2	4,273,482	2.917	3,5
G3	3,943,899	2.917	3,5
G4	3,943,899	2,917	3,5
Total	12,161,680		

**3. Biaya-biaya**

Biaya – biaya yang didapatkan dari hasil simulasi sistem kondisi awal ini meliputi Biaya pembangkitan (COE) sebesar \$ 0.600 per kWh, Nilai bersih sekarang (Net Present Cost) sebesar \$ 124,607,480dan biaya pengoperasian sebesar \$ 9,746,461 pertahun

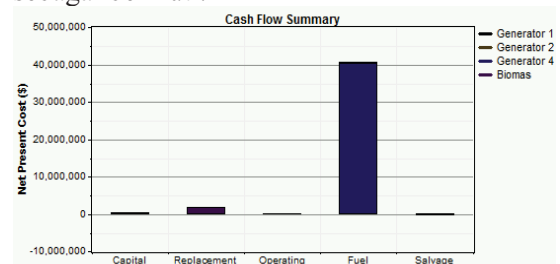
**4. Emisi**

Polusi yang diakibatkan oleh Pembangkit listrik tenaga diesel adalah sebagai berikut



**Hasil Simulasi Kondisi Akhir**

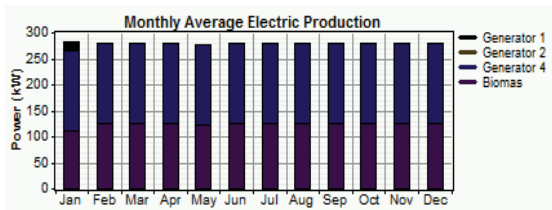
HOMER mensimulasikan sistem PLTBS dan mengurutkannya dengan skala prioritas bertumpu pada NPC dan biaya pembangkitan serta emisi terendah. Simulasi ini digunakan sebagai pembandingan antara setelah adanya penambahan PLTBS. Kondisi akhir ini sistem PLTD terdiri dari 4 unit PLTD dengan kapasitas 1029 kW (Nigata) dan satu unit PLTBS, dengan hasil simulasi sebagai berikut :



**1. Produksi Listrik**

Produksi listrik dihitung berdasarkan data pemakaian selama satu tahun dimana dalam satu tahun didapatkan kebutuhan listrik

sebesar 16,148,330 kWh dengan kontribusi generator 1 Niigata sebesar 1% atau 12,965kWh dan Generator 2 sebesar 0 % dan generator 4 sebesar 55 % atau 1,352,125 dan Generator Biomasa 44 % atau 1,079,913 kWh jumlah daya listrik yang dihasilkan pertahun adalah 2,445,004kWh



Data listrik yang dihasilkan oleh masing-masing PLTD dan PLTBS untuk menyuplai beban rata-rata 2mW adalah :

Component	Production (kWh/yr)	Fraction
Generator 1	12,965	1%
Generator 2	0	0%
Generator 4	1,352,125	55%
Biomass	1,079,913	44%
Total	2,445,004	100%

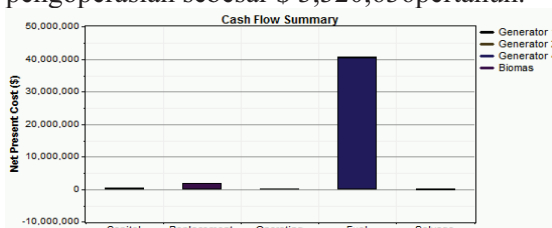
**2. Konsumsi BBM**

Kebutuhan BBM selama satu tahun adalah sebesar 3,981,715liter, dimana penggunaan terbesar terdapat pada generator 1 Niigata 1,MW sebesar 37,816liter dan 3 1Mw sebesar 3,943,899liter sedangkan untuk generator Biomasa penggunaan Bio. feedstockconsumpsebanyak 797 ton pertahun

Generator	Konsumsi BBM L/yr	Specific fuel consumption L/kWh	Efisiensi %
G1	37,816	2.917	3,5
G3	3,943,899	2.917	3,5
G5 PLTBS	0	0.517	126,7
Total	3,981,715		

**3. Biaya-biaya**

Biaya – biaya yang didapatkan dari hasil simulasi sistem kondisi akhir ini meliputi Biaya pembangkitan (COE) sebesar \$ 0.400 per kWh, Nilai bersih sekarang (Net Present Cost) sebesar \$ 42,963,876dan biaya pengoperasian sebesar \$ 3,320,636pertahun.



**4. Emisi**

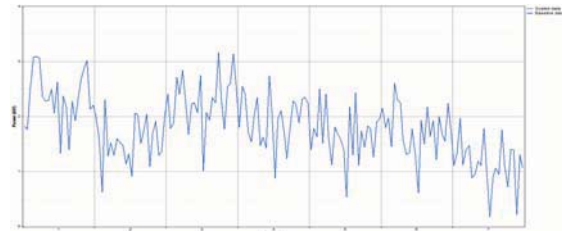
Polusi yang diakibatkan oleh Pembangkit listrik tenaga diesel adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.6 Emisi yang dihasilkan PLTD dan PLTBS**

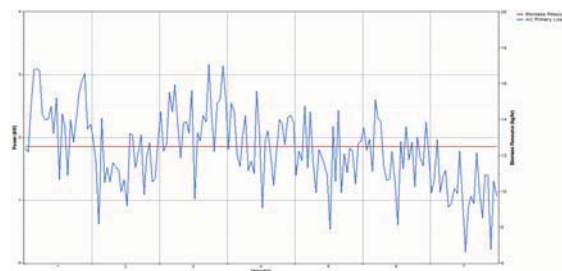
Pollutant	Emissions (kg/yr)
Carbon dioxide	10,485,302
Carbon monoxide	25,886
Unburned hydrocarbons	2,867
Particulate matter	1,951
Sulfur dioxide	21,056
Nitrogen oxides	230,986

**Dispatch Strategy**

Pada kondisi optimum didapatkan bahwa beban disuplai oleh Biomassa, diesel generator Niigata. Kurva beban dan kontribusi dari masing-masing pembangkit pada 1 januari seperti pada gambar di bawah.



Kontribusi Pembangkit listrik biogas ini memberikan suplay energi pada sistem secara riell time, berikut adalah kurva suplai daya listrik untuk membantu persediaan energi harian



**Jumlah Emisi**

Jumlah emisi pada saat awal atau sebelum penggunaan biomasa dan sesudah penggunaan biomasa mengalami perubahan yang cukup drastic, terlihat seperti pada tabel di bawah ini.

Pollutant	Emissions (kg/yr)	
	Sebelum	Sesudah
Carbon dioxide	32,024,648	10,485,302
Carbon monoxide	79,048	25,886
Unburned hydrocarbons	8,756	2,867
Particulate matter	5,959	1,951
Sulfur dioxide	64,311	21,056
Nitrogen oxides	705,354	230,986

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan rata – ratasebesar 67,25 % antara kondisi sebelum optimasi dan sesudah optimasi dengan perincian jumlah emisi CO2 sebesar 21.539.346kg/tahun, CO sebesar 53.162kg/tahun, HC sebesar 5.889kg/tahun, Particulate matter sebesar 4.008kg/tahun, SOx sebesar 43.255kg/thun dan NOx sebesar 474.368 kg/tahun.

### KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada saat kondisi optimal yaitu penggabungan antara pembangkit listrik tenaga biomasa (PLTBS) dan pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) dengan pembagian kontribusi sebagai berikut : PLTBS terhadap sistem sebesar 44 % sedangkan sisanya sebesar 46 % di suplai oleh PLTD.
2. Dengan optimasi menggunakan HOMER jumlahproduksi energi listrik PLTD mengalami penurunan sebesar 44 % dari sebelumnya sebesar 4,169,378 kWh/tahun menjadi 1.365.090 kWh/tahun.
3. Konsumsi BBM mengalami penurunan dari sebelumnya sebesar 12,161,680liter/tahun menjadi sebesar 3,981,715liter/tahun.
4. Pembangunan PLTBS dapat mengurangi jumlah emisi CO2 sebesar21.539.346 ton/tahun atau sebesar 67 % dari kondisi awal PLTD yaitu sebesar 32.024.648ton/tahun.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andi Hanif, *Studi Pemanfaatan Biogas Sebagai Pembangkit Listrik 10 KW Kelompok tani Mekarsari Desa Dander Bojonegoro Menuju Desa*, ITS 2015
- [2] Septian Dani Prasetyo, (2008), *Biogas sebagai Energi Alternatif Terbarukan*
- [3] Edwi mahajoeno,(2008), *Potensi Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit untuk Produksi Biogas* B I O D I V E R S I T A Volume 9, Nomor 1 Januari 2008 Halaman: 48-52

- [4] Safrizal (2015), *Small Renewabel Energy Biogas limbah Cair (POME)Pabrik Kelapa sawit Menggunakan Tipe Covered Lagon Solusi Alternatif Defisit Listrik Propinsi Riau*. Volume 6 No 1
- [5] Abrar tanjung (2012) *Analisis Sistem Distribusi 20 kV Untuk Memperbaiki Kinerja Dan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Electrical Transient Analisis Program*. Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri (SNTIKI) 4
- [6] Fery Jusmedy (2007), *Studi Aliran Daya Sistem 115 kv PT. Chevron Pacific Indonesia*, USU Repository © 2009
- [7] Fauziah, Adi Soeprijanto, Ontoseno Penangsang (2012) *Studi Perbaikan Keandalan Jaringan Distribusi Primer Dengan Pemasangan Gardu Induk Sisipan Di Kabupaten Enrekang Sulawesi Selatan*. JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, (Sept, 2012) ISSN: 2301-9271
- [8] Ismail (2013). *Analisis Ekonomi Energi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Meragun*. Jurnal ELKHA Vol.5, No 1, Maret 2013
- [9] Sony Gunawan, Yadi Mulyadi, Jaja Kustija (2014) *Optimasi penjadwalan Pembangkit thermal Sistem 500 KV Jawa-Bali Berbasis komputasi*. Electrans, Volume 13, No.1 hal 77-88