



**OPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS KOTORAN  
SAPI DI PT. GREENFIELDS INDONESIA**

**SKRIPSI**

Oleh

**Nurakhmad Nova Pratama  
NIM 141910201060**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**OPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS KOTORAN  
SAPI DI PT. GREENFIELDS INDONESIA**

**SKRIPSI**

**diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat untuk  
menyelesaikan Program Studi S1 Teknik Elektro  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik**

Oleh

**Nurakhmad Nova Pratama  
NIM 141910201060**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Atas berkat rahmat Allah Subhanahu Wa Ta'ala sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati saya persembahkan skripsi ini kepada.

1. Kedua orangtua, Bapak Suyadi Dwi Pranoto dan Ibu Endang Isdrijatilowati;
2. Keluarga besar Bapak Iskandar dan Bapak Suwari;
3. Guru-guru dan dosen sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
4. Almamater tercinta, Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
5. Himpunan Mahasiswa Elektro;
6. Keluarga Besar Teknik Elektro 2014;
7. Manajer dan Staf Karyawan PT. Gunung Kawi Biogas

### MOTTO

Dan ketika dia telah cukup dewasa Kami berikan kepadanya hikmah dan ilmu.

Demikianlah kami memberi balasan kepada orang-orang yang berbuat baik.

(Q.S Yusuf : 1)

Bila kau tak tahan menanggung lelahnya Belajar maka kau harus tahan

menanggung pahitnya Kebodohan

(Imam Syafi'i)

Jika Kamu benar dalam suatu perkara jangan pernah takut melawan, Namun jika

Kamu salah dalam suatu perkara maka diamlah dan jangan takut untuk meminta

maaf

(Suyadi Dwi Pranoto)

Pertahankan prinsip dan keyakinan anda, jangan mudah untuk dipengaruhi orang.

Apalagi sampai dikendalikan. Sebab anda bebas untuk menentukan sendiri

kebebasan anda

(Nurakhmad Nova Pratama)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nurakhmad Nova Pratama

NIM : 141910201060

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Kotoran Sapi di PT Greenfields Indonesia” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, November 2018

Yang menyatakan

Nurakhmad Nova Pratama

NIM 141910201060

**SKRIPSI**

**OPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS KOTORAN  
SAPI DI PT. GREENFIELDS INDONESIA**

Oleh

Nurakhmad Nova Pratama

NIM 141910201060

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Suprihadi Prasetyono, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Triwahju Hardianto, S.T.,M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul "Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Kotoran Sapi di PT Greenfields Indonesia" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Senin  
Tanggal : 26 November 2018  
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

**Suprihadi Prasetyono, ST., MT**

NIP 197004041996011001

**Dr. Triwahju Hardianto, ST., MT**

NIP 197008261997021001

Penguji I,

Penguji II,

**Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.**

NIP 196312011994021002

**RB. Moch. Gozali, ST., MT**

NIP 196906081999031002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik

**Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.**

NIP 196612151995032001

## RINGKASAN

**Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Kotoran Sapi di PT Greenfields Indonesia;** Nurakhmad Nova Pratama; 141910201060; 2018; 88 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pada era modern ini energi sangat diperlukan di kehidupan sehari-hari. Sumber energi yang dapat digunakan bisa berasal dari matahari, bahan bakar minyak, gas alam dan kayu bakar. Energi itu digunakan untuk kebutuhan sehari-hari dalam rumah tangga seperti memasak dan penerangan rumah. Usaha untuk penghematan energi bahan bakar seharusnya telah dikerjakan sejak dahulu karena pasokan bahan bakar yang berasal dari fosil seperti minyak bumi, gas maupun batu bara adalah sumber energi yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable*), sedangkan permintaan untuk energi terus naik, demikian pula dengan harga dari sumber energinya sehingga tidak ada stabilitas keseimbangan antara permintaan dan penawaran. Salah satu jalan agar dapat menghemat bahan bakar fosil dan sumber energi yang *unrenewable* adalah dengan memanfaatkan sumber energi alternatif yang dapat diperbarui (*renewable*).

Pemanfaatan limbah peternakan (kotoran ternak) merupakan salah satu alternatif yang sangat tepat untuk mengatasi kelangkaan bahan bakar minyak. Apalagi pemanfaatan kotoran ternak sebagai sumber bahan bakar dalam bentuk biogas ini dapat mengurangi konsumsi bahan bakar fosil. Salah satu karakteristik yang menarik adalah biogas dapat diproduksi mendekati titik konsumsinya sehingga sangat ideal untuk pembangkit listrik yang terdesentralisasi di daerah pedesaan terpencil. Di sisi lain, biogas juga dapat diproduksi pada skala yang lebih besar dari bahan limbah perkotaan dan digunakan untuk menghasilkan listrik bertenaga biogas atau PLTBG bagi masyarakat setempat



Pada penelitian ini akan dilakukan optiasi pada pembangkit listrik tenaga biogas yang sudah ada pada PT Greenfields Indonesia. Dimana pada perusahaan ini bekerja sama dengan PT Gunung Kawi Biogas untuk membangun PLTBG. Kedua perusahaan ini berada pada desa Babadan kecamatan Ngajum Malang dibawah kaki gunung kawi. Pembangkit listrik biogas ini menggunakan bahan dasar kotoran sapi, dikarenakan pada perusahaan merupakan penghasil susu perah. Penelitian ini mengoptimalkan potensi pembangkit yang ada dengan berbagai aspek yaitu dengan mengoptimalkan pada potensi seluruh kotoran sapi yang ada untuk dimanfaatkan dan dikonversikan menjadi listrik. Serta mengoptimalkan sistem pembangkit biogas yang sudah berjalan serta melihat spesifikasi generator. Pada pengoptimalan pada penelitian ini juga menggunakan aplikasi Homer untuk melihat potensi biogas yang dihasilkan supaya digunakan secara optimal untuk sistem pembangkit listrik.

Tahapan yang dilakukan pada penelitian kali ini melakukan pengambilan data pada perusahaan dan langsung melihat real lapangan disana. Terdapat 13.200 ekor sapi di perusahaan dimana kotoran sapi tersebut yaitu bahan baku dari pembangkit listrik biogas ini. Proses pengolahan kotoran sapi yang akan dikonversikan ke listrik yaitu melalui tahapan-tahapan dan beberapa peralatan penunjang pada sistem. Pada tahap pertama kotoran sapi akan masuk ke *sandtrap*, kemudian ke *ghater*, setelah itu akan masuk ke *open channel* kemudian akan masuk ke *mixing tank* untuk proses pengadukan dan dicatat oleh *flow meter*. Kemudian limbah kotoran sapi akan disedot *feedpam* untuk dilairkan ke *digester* untuk proses *fermentasi anaerob* selama 4-7 hari. Kemudian setelah gas terbentuk akan diteruskan menuju *scrubber* untuk ditampung dan diproses penurunan kadar  $H_2S$ , setelah itu akan masuk ke *ciller* untuk didinginkan lalu akan diteruskan ke *blower*. Pada *blower* gas akan disalurkan menuju generator biogas dengan tekanan dorongan gas 130 mbar.

Generator yang digunakan yaitu generator biogas tipe MJB 450 MB4 dimana generator ini mempunyai spesifikasi keluaran daya 800 kW dan 400 volt. Generator yang ada di perusahaan yaitu 2 generator dengan perhari

mengonsumsi 6000 m<sup>3</sup> untuk setiap generatornya. Keluaran daya setiap generator yaitu 12500 kWh perhari.

Pada penelitian ini dilakukan beberapa analisis yaitu analisis teknis, analisis ekonomi, analisis pengujian bioelektrik, analisis efisiensi generator, dan pengoptimalan sistem pembangkit yang sudah ada dengan menggunakan aplikasi Homer dan pengoptimalan seluruh potensi kotoran sapi yang ada pada perusahaan menggunakan perhitungan dan aplikasi Homer. Untuk analisis teknis menjelaskan tentang proses limbah kotoran sapi masuk kesistem sampai dikonversikan menjadi listrik. Untuk analisa ekonomi yaitu menganalisa antara 2 sistem pembangkit yaitu sistem yang sudah ada dan dengan sistem dengan pengoptimalan potensi seluruh kotoran sapi serta pengembalian modal awal investasi pembangkit oleh perusahaan. Untuk analisis pengujian bioelektrik yaitu menghitung perbandingan antara sistem bioga dengan supplay dari PLN baik daya yang dihasilkan untuk memnuhi kebutuhan permintaan beban perusahaan serta pembayaran perusahaan ke pihak PLN setelah dihemat dengan adanya pembangkit biogas. Untuk analisis efisiensi yaitu untuk menghitung efisiensi generator yang terpasang dan sudah beroperasi serta dengan jika ada penambahan generator untuk mengoptimalkan potensi kotoran sapi.

Aplikasi Homer ini digunakan untuk menyimulasikan sistem pembangkit yang sudah ada dan berjalan dengan sistem pembangkit biogas jika mengoptimalkan seluruh potensi kotoran sapi yang ada dengan penambahan generator. Aplikasi Homer ini juga dapat mengetahui kisaran keluaran daya generator yang sudah berjalan maupun yang akan ditambahkan selama setahun beserta biaya operasi, pembangunan, dan sebagainya. Pada aplikasi Homer ini hanya membantu untuk perkiraan dan pengoptimalan serta pembangunan pada sistem pembangkit listrik tenaga biogas sehingga perusahaan jika tidak menggunakan supplay listrik dari PLN akan menggunakan potensi limbah kotoran sapi yang dihasilkan dari sapi perah di perusahaan PT Greenfields Indonesia.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang maha kuasa atas segalanya, karena dengan ridho, hidayah dan petunjuk-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak yang turut memberikan bantuan berupa motivasi, inspirasi, bimbingan, doa, fasilitas dan dukungan lainnya yang membantu memperlancar pengerjaan skripsi ini. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan rizki-Nya serta memberi kelancaran dan kemudahan sehingga terselesaikannya skripsi ini.
2. Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita ke peradaban manusia yang lebih baik.
3. Kedua Orangtua saya Bapak Suyadi Dwi Pranoto dan Ibu Endang Isdrijatilowati, serta keluarga besar Bapak Iskandar dan Bapak Suwari yang telah memberikan dukungan baik dukungan psikis maupun dukungan materil.
4. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
5. Bapak Dr. Bambang Srikaloko, S.T., M.T., Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
6. Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T.,M.T. dan bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Sujarnako, M.M. dan Bapak H.R.B. Moch. Ghozali S.T.,M.T. selaku dosen penguji yang sudah memberikan kritik serta saran yang membangun dalam pengerjaan skripsi ini.
8. Bapak Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik (DPA) yang telah memberikan bimbingan dan pengarahannya.

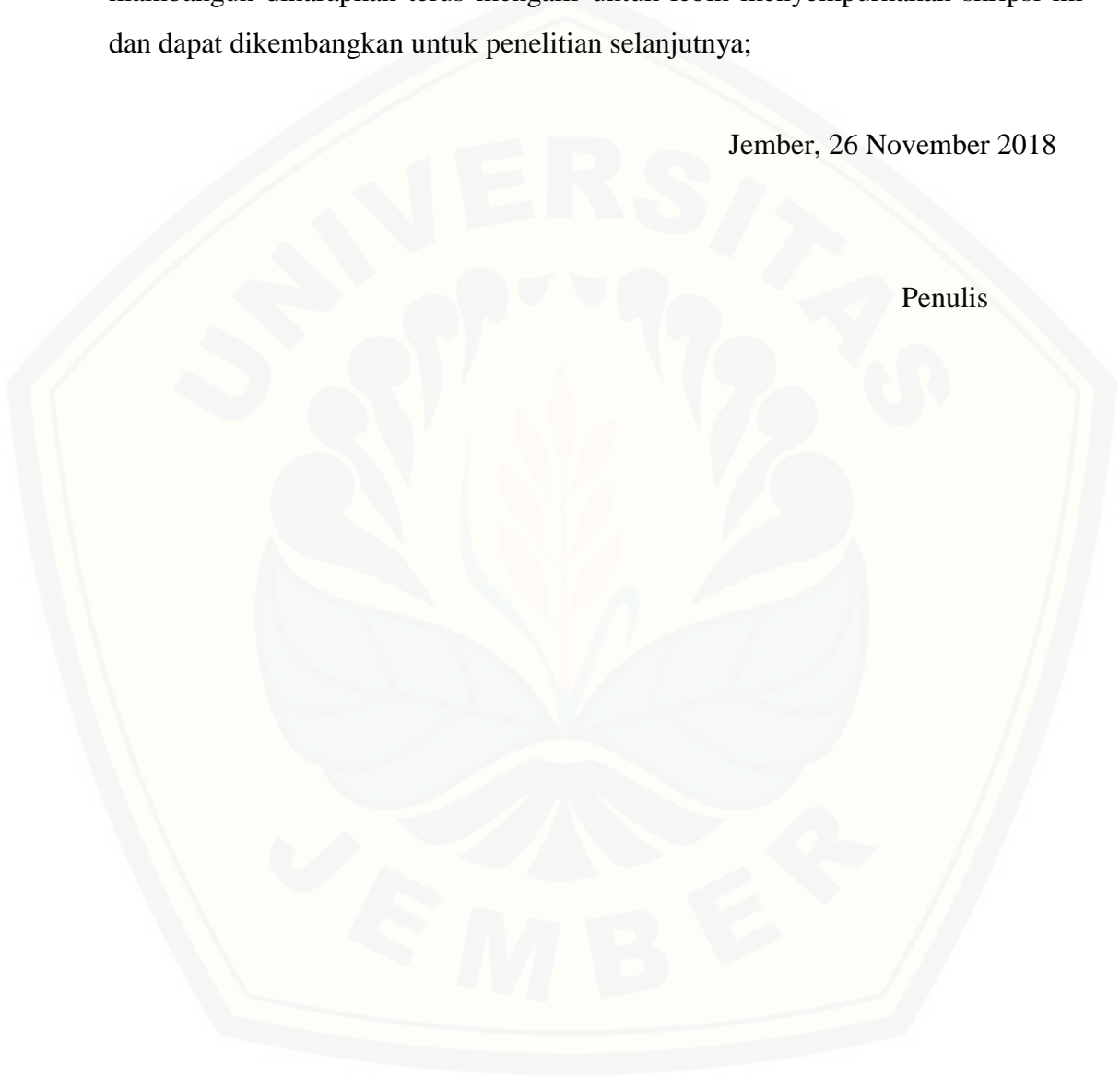
9. Bapak Ade, Bapak Panji, Bapak Poltak selaku pembimbing dalam berjalannya penelitian ini serta Karyawan dan staf yang sudah membantu dalam proyek penelitian ini
10. Keluarga Besar Himpunan Mahasiswa Elektro Univeristas Jember yang telah mengajarkan saya menjadi arti Mahasiswa yang sebenarnya dari pengalaman berorganisasi. Tetap jaya Himpunan Mahasiswa Elektro Universitas Jember terus berkarya.
11. Keluarga Besar “BOF” yang sudah mengajarkan saya arti sahabat yang sesungguhnya dan selalu memberi semangat dan dukungan moril untuk menyelesaikan skripsi ini.
12. Keluarga besar Teknik Elektro 2014 yang telah banyak membantu dalam pengerjaan skripsi ini dan sebagai keluarga baru diperantuan.
13. Keluarga Besar Mahadelta Jember yang telah menjadi teman curhatan hati saat pengerjaan skripsi ini sampai selesai dan selalu memberi semangat.
14. Mochammad Arif, Irfan Kurnianto, Ahmad Nurhidayatullah yang telah membantu untuk meminjamkan laptop untuk setiap proses pengerjaan skripsi ini sampai selesai.
15. Saiful rizky, Dhamas Pribadi, Joni Pranata, Apik Hidayat, Rizky Dwi Prawira, Lukman Hakim, Purwadiharja, Iqbal Hardiyansyah, M. Al Aziz, Raka Sukma, Fabian Baihaqi, Mutiara N.L, Hanifatus S, Deny P, Edwin Andy yang telah mau meluangkan waktunya untuk teman bertukar pikiran dan beradu argumen untuk penyelesaian skripsi ini.
16. Keluarga KKN 45 Desa Dukuhdempok Wuluhan. Terimakasih atas pengalaman yang telah diberikan serta semangat yang diberikan secara tidak langsung, semoga kekeluargaan ini masih bisa terjalin sampai nanti.
17. Seluruh Dosen yang ada di Fakultas Teknik khususnya Teknik Elektro beserta karyawan.
18. Keluarga besar Teknik Elektro angkatan 2013, 2015, 2016, 2017, dan 2018 terimakasih atas dukungan dan motivasi yang kalian berikan.
19. Eka Fardiana Zulfa sebagai orang terdekat saya yang selalu memberi dukungan dan motivasi serta meluangkan waktu untuk membantu saya.

20. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan dan motivasi kalian dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya;

Jember, 26 November 2018

Penulis



**DAFTAR ISI**

**Contents**

SKRIPSI.....	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO .....	iii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iv
SKRIPSI.....	v
PENGESAHAN .....	vi
RINGKASAN .....	vii
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xix
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Manfaat .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Pengertian Energi .....	6
2.2 Pengertian Energi Baru Terbarukan.....	6
2.3 Biogas.....	7
2.4 Proses Pembentukan Biogas .....	8

2.5 Sistem Kerja Sebuah Instalasi Biogas (Aspek Teknis).....	9
2.6 Komponen Utama dan Aspek-Aspek Lain dari Pembangkit Listrik Tenaga Biogas.....	13
2.6.1 Kotoran Ternak ( <i>wastewater</i> ) .....	13
2.6.2 Bak Pemasukan ( <i>inlet</i> ) .....	14
2.6.3 Saluran Masuk <i>Slurry</i> (Kotoran Segar dan Air ).....	14
2.6.4 Sistem Pengaduk .....	15
2.6.5 Reaktor ( <i>Digester</i> ).....	15
2.6.6 Saluran Keluaran <i>Residu</i> .....	16
2.6.7 Katup Pengaman Tekanan ( <i>Control Valve</i> ) .....	17
2.6.8 Saluran Gas .....	17
2.6.9 Penampungan Gas ( <i>Scrubber</i> ) .....	18
2.6.10 Generator (Genset) Biogas.....	18
2.6.11 PT. GREENFIELD INDONESIA Malang .....	20
2.6.12 Pengujian <i>Bioelektrik</i> .....	22
2.7 HOMER .....	23
2.7.1 Prinsip Kerja .....	23
2.7.2 Simulasi ( <i>simulation</i> ) .....	23
2.7.3 Optimisasi ( <i>Optimization</i> ).....	24
2.7.4 Analisis sensitifitas ( <i>Variablety Analysis</i> ) .....	24
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....	25
3.2 Metode Pengumpulan Data.....	26
3.3 Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas.....	26
3.4 Tahapan Penelitian.....	27

3.5 <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian .....	29
3.6 Blok Diagram Proses Biogas.....	30
3.7 Perancangan sistem pada HOMER .....	31
3.8 Input Nilai Homer .....	32
3.8.1 Penentuan Kapasitas Pembangkit <i>Biomassa</i> .....	33
3.8.2 Menggunakan 2 <i>Engine</i> + PLN.....	34
3.8.3 Menggunakan 5 <i>Engine</i> atau Generator.....	37
BAB 4. ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN .....	40
4.1 Analisis Pengolahan Kotoran Sapi menjadi Biogas.....	40
4.2 Analisis Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas.....	41
4.2.1 Analisis Teknis.....	41
4.2.2 Analisis Ekonomi.....	45
4.3 Analisis <i>Bioelektrik</i> yang di Hasilkan oleh Kotoran Sapi.....	53
4.3.1 Analisis Penggunaan <i>Bioelektrik</i> untuk Substitusi Listrik PLN .....	55
4.3.2 Analisis Efisiensi Generator Biogas .....	64
4.4 Optimasi biogas kotoran sapi menggunakan aplikasi HOMER.....	68
4.4.1 Sistem dengan 2 <i>Engine</i> + PLN .....	68
4.4.2 Sistem dengan 5 <i>Engine</i> .....	76
4.4.3 Analisis Perbandingan Aplikasi Homer dan Perhitungan.....	86
BAB 5 PENUTUP .....	88
5.1 KESIMPULAN .....	88
5.2 SARAN .....	88
DAFTAR PUSTAKA .....	89
Lampiran .....	92



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2. 1 Tahap Pembentukan Biogas (FAO, 1978) .....	9
Gambar 2. 2 Pemanfaatan Biogas dari Kotoran Sapi.....	10
Gambar 2. 3 Bak Pemasukan ( <i>Inlet</i> ) .....	14
Gambar 2. 4 Saluran Masuk <i>Slurry</i> .....	15
Gambar 2. 5 Sistem Pengaduk ( <i>adictator</i> ).....	15
Gambar 2. 6 <i>Digester</i> pada PT Gunung Kawi Biogas ( <i>C.I.G.A.R</i> ).....	16
Gambar 2. 7 Saluran Keluaran <i>Residu</i> .....	17
Gambar 2. 8 Katup Penutup Gas atau Pengaman Tekanan Gas .....	17
Gambar 2. 9 Saluran Gas .....	18
Gambar 2. 10 Penampung Gas.....	18
Gambar 2. 11 Generator Biogas.....	19
Gambar 2. 12 Peta PT Greenfields Indonesia .....	20
Gambar 3. 1 Rencana Instalasi Pembangkit Biogas .....	26
Gambar 3. 2 Diagram Alur Pengambilan Keputusan Seluruh Penelitian Pemanfaatan Biogas sebagai Pembangkit Listrik. ....	29
Gambar 3. 3 Blok Diagram Proses Pembentukan Biogas.....	30
Gambar 3. 4 Rangkaian HOMER 2 <i>Engine</i> + PLN.....	31
Gambar 3. 5 Rangkaian HOMER 5 <i>Engine</i> .....	31
Gambar 3. 6 Rangkaian PLTBG dengan Homer .....	33
Gambar 3. 7 Masukan 2 <i>Engine</i> atau Generator .....	34
Gambar 3. 8 Masukkan Data Limbah Kotoran Sapi.....	35
Gambar 3. 9 Kurva Masukkan Data Limbah Kotoran Sapi.....	35
Gambar 3. 10 <i>Input</i> Beban Perusahaan.....	36
Gambar 3. 11 Grafik dan Rata-Rata <i>Input</i> Beban Perusahaan.....	36
Gambar 3. 12 Masukan 5 Generator Biogas .....	37
Gambar 3. 13 Masukkan Data Limbah Kotoran Sapi.....	38
Gambar 3. 14 Kurva Masukkan Data Limbah Kotoran Sapi.....	38

Gambar 3. 15 <i>Input</i> Beban Perusahaan.....	39
Gambar 3. 16 Grafik dan Rata-Rata <i>Input</i> Beban Perusahaan.....	39
Gambar 4. 1 Proses Pengolahan Limbah Kotoran Sapi.....	40
Gambar 4. 2 <i>Sandtrap</i> dan <i>Gather</i> .....	41
Gambar 4. 3 <i>Open Channel</i> dan <i>Flowmeter</i> .....	42
Gambar 4. 4 <i>Mixing Tank</i> dan <i>Feedpam</i> .....	42
Gambar 4. 5 <i>CIGAR</i> dan <i>Overflow</i> .....	43
Gambar 4. 6 <i>Scrubber</i> , <i>Liquid Pam</i> , dan <i>Tritid Pam</i> .....	44
Gambar 4. 7 <i>Blower</i> dan <i>Buffer Tank</i> .....	44
Gambar 4. 8 Gas <i>Trand</i> dan Generator Biogas.....	45
Gambar 4. 9 Grafik Pengembalian Modal Awal 2 <i>Engine</i> .....	49
Gambar 4. 10 Grafik Pengembalian Modal Awal 5 <i>Engine</i> .....	53
Gambar 4. 11 Diagram Konsumsi Biogas pada Beban Listrik Berbeda.....	55
Gambar 4. 12 Pengembalian Modal Awal.....	63
Gambar 4. 13 Rangkaian Sistem Biogas 2 <i>Engine</i> + PLN pada Aplikasi Homer	69
Gambar 4. 14 Diagram Biogas yang Dikonsumsi.....	70
Gambar 4. 15 Diagram Permintaan Beban Perjamnya.....	70
Gambar 4. 16 Diagram Permintaan Beban Perbulannya.....	71
Gambar 4. 17 Hasil Menjalankan Sistem 2 <i>Engine</i> + PLN pada Homer.....	71
Gambar 4. 18 Diagram Hasil <i>Calculate</i> 2 <i>Engine</i> + PLN sesuai dengan Komponen .....	73
Gambar 4. 19 Diagram Hasil <i>Calculate</i> 2 <i>Engine</i> + PLN sesuai Tipe Biaya.....	73
Gambar 4. 20 Daya Beban yang Dibutuhkan Perusahaan Perbulannya.....	74
Gambar 4. 21 Grafik Perbandingan Beban, Biogas, dan <i>Supplay</i> PLN.....	75
Gambar 4. 22 Perbandingan antara Biogas dan PLN.....	76
Gambar 4. 23 Rangkaian Sistem Biogas 5 <i>Engine</i> pada Aplikasi Homer.....	77
Gambar 4. 24 Diagram Biogas yang Dikonsumsi.....	77
Gambar 4. 25 Diagram Permintaan Beban Perjamnya.....	78
Gambar 4. 26 Diagram Permintaan Beban Perbulannya.....	79

Gambar 4. 27 Hasil Menjalankan Sistem 5 <i>Engine</i> pada Homer.....	79
Gambar 4. 28 Diagram Hasil <i>Calculate 5 Engine</i> sesuai dengan Komponen .....	82
Gambar 4. 29 Diagram Hasil <i>Calculate 5 Engine</i> sesuai Tipe Biaya .....	82
Gambar 4. 30 Grafik Perbandingan 5 Generator Biogas .....	83
Gambar 4. 31 Perbandingan Konsumsi Biogas dengan Setiap Generator .....	85



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1 Komposisi Utama pada Biogas .....	7
Tabel 2. 2 Kandungan Bahan Kering Jenis Kotoran.....	12
Tabel 2. 3 Kandungan Unsur Hara Hewan Ternak .....	14
Tabel 3. 1 Waktu dan Kegiatan Selama Penelitian .....	25
Tabel 4. 1 Biaya Investasi PLTBG PT Greenfields Indonesia .....	46
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Biaya PLTBG Suku Bunga 6%, 9%, 12% .....	46
Tabel 4. 3 Perbandingan Analisis Menggunakan Suku Bunga.....	48
Tabel 4. 4 Biaya Investasi PLTBG PT Greenfields Indonesia dengan Asumsi 5 <i>Engine</i> .....	50
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Biaya PLTBG dengan Asumsi 5 <i>Engine</i> .....	50
Tabel 4. 6 Perbandingan Analisis Menggunakan Suku Bunga Asumsi 5 <i>Engine</i>	52
Tabel 4. 7 Perbandingan Konsumsi Biogas pada Generator.....	54
Tabel 4. 8 Analisis Perhitungan <i>Bioelektrik</i> .....	61
Tabel 4. 9 Perbandingan Analisis Menggunakan Suku Bunga Asumsi 5 <i>Engine</i>	62
Tabel 4. 10 Data Masukkan Biogas yang Dikonsumsi .....	69
Tabel 4. 11 Data Masukkan Biogas yang Dikonsumsi .....	77
Tabel 4. 12 Perbandingan antara Aplikasi Homer dan Perhitungan .....	86

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era modern ini energi sangat diperlukan di kehidupan sehari-hari. Sumber energi yang dapat digunakan bisa berasal dari matahari, bahan bakar minyak, gas alam dan kayu bakar. Energi itu digunakan untuk kebutuhan sehari-hari dalam rumah tangga seperti memasak dan penerangan rumah. Usaha untuk penghematan energi bahan bakar seharusnya telah dikerjakan sejak dahulu karena pasokan bahan bakar yang berasal dari fosil seperti minyak bumi, gas maupun batu bara adalah sumber energi yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable*), sedangkan permintaan untuk energi terus naik, demikian pula dengan harga dari sumber energinya sehingga tidak ada stabilitas keseimbangan antara permintaan dan penawaran. Salah satu jalan agar dapat menghemat bahan bakar fosil dan sumber energi yang *unrenewable* adalah dengan memanfaatkan sumber energi alternatif yang dapat diperbarui (*renewable*).

Bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batubara merupakan sumber energi utama yang digunakan di Indonesia, akan tetapi sumber energi tersebut berdampak merusak lingkungan diantaranya pencemaran udara, emisi gas rumah kaca dan pemanasan global. Permasalahan lain dari energi fosil ini adalah tingginya harga bahan bakar fosil tersebut, kenaikan jumlah impor minyak bumi akibat konsumsi bahan bakar nasional yang tiap tahunnya meningkat, serta cadangan minyak bumi yang ada semakin menipis. Kebutuhan energi nasional diketahui bahwa lebih dari 50% penggunaannya didominasi oleh bahan bakar fosil, untuk itu pengembangan energi alternatif menjadi pilihan yang penting. Sudah saatnya semua negara memutuskan ketergantungan terhadap sumber energi fosil beralih ke sumber energi alternatif berbahan baku nabati yang sifatnya terbarukan (Hambali et al. 2007). Industri peternakan merupakan industri yang menghasilkan limbah padat dan cair dalam jumlah yang besar dengan konsentrasi karbon antara 8000-10000 mg (Mahajoeno, 2009), sehingga industri tersebut berpotensi mencemari lingkungan, jika tidak dilakukan pengelolaan lebih lanjut.

Limbah peternakan khususnya kotoran sapi merupakan bahan buangan dari usaha peternakan sapi yang selama ini juga menjadi salah satu sumber masalah dalam kehidupan.

Pada umumnya limbah peternakan hanya digunakan untuk pembuatan pupuk organik. Oleh karena itu, sudah seyakinya perlu adanya usaha pengolahan limbah peternakan menjadi suatu produk yang bisa digunakan manusia dan bersifat ramah lingkungan.

Pengolahan limbah peternakan melalui proses *anaerob* atau *fermentasi* perlu digalakkan karena pengolahan limbah dengan proses itu dapat menghasilkan biogas yang menjadi salah satu jenis sumber energi. Pengolahan limbah peternakan menjadi biogas ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak yang mahal dan terbatas, mengurangi pencemaran lingkungan dan menjadikan peluang usaha bagi peternak karena produknya terutama pupuk kandang banyak dibutuhkan masyarakat. Prospek pengembangan teknologi biogas dari pengolahan limbah peternakan ini sangat besar terutama di daerah pedesaan dimana sebagian besarnya masyarakat bekerja dibidang peternakan dan pertanian.

Potensi limbah peternakan sebagai salah satu bahan baku pembuatan biogas dapat ditemukan di tempat-tempat peternakan, terutama di peternakan dengan skala besar yang menghasilkan limbah dalam jumlah besar dan rutin. Penggunaan biogas telah mampu mengurangi emisi gas rumah kaca sebagai akibat dari pengurangan penggunaan energi fosil. Penyediaan air bersih masyarakat juga terjamin disebabkan biogas mampu mereduksi dampak pencemaran air oleh limbah peternakan dan rumah tangga.

Pemanfaatan limbah peternakan (kotoran ternak) merupakan salah satu alternatif yang sangat tepat untuk mengatasi kelangkaan bahan bakar minyak. Apalagi pemanfaatan kotoran ternak sebagai sumber bahan bakar dalam bentuk biogas ini dapat mengurangi konsumsi bahan bakar fosil. Salah satu karakteristik yang menarik adalah biogas dapat diproduksi mendekati titik konsumsinya sehingga sangat ideal untuk pembangkit listrik yang terdesentralisasi di daerah pedesaan terpencil. Di sisi lain, biogas juga dapat diproduksi pada skala yang

lebih besar dari bahan limbah perkotaan dan digunakan untuk menghasilkan listrik bertenaga biogas atau PLTBG bagi masyarakat setempat. PLTBG adalah instalasi pembangkit listrik dengan pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar yang dapat diperbaharui. Kotoran sapi sebagai media penghasil biogas dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar PLTBG sehingga mengurangi pencemaran lingkungan terhadap masyarakat sekitar peternakan dan efek rumah kaca. Di Jawa Timur terdapat lebih dari 10 lokasi yang memiliki peternakan dengan kepemilikan hewan ternak yang relatif banyak, diantaranya Sumenep, Malang, Kota Batu, Blitar, Kediri, Tulungagung, Probolinggo, Lumajang, Bondowoso, Bojonegoro dan Mojokerto (Andi Hanif, 2008). Penelitian ini sudah pernah dilakukan namun dengan tempat yang berbeda, seperti artikel Pengembangan Biogas Dalam Rangka Pemanfaatan Energi Terbarukan Di Desa Jetak Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang (Wahyu Febriyanita, 2015) dan Studi Pemanfaatan Biogas Sebagai Pembangkit Listrik 10 KW Kelompok Tani Mekarsari Desa Dander Bojonegoro Menuju Desa Mandiri Energi (Andi Hanif, 2008).

Salah satunya pemanfaatan peternakan sapi sebagai energi terbarukan biogas dari kotoran ternak di Desa Babadan Kecamatan Ngajum Malang tepatnya di PT. Greenfields Indonesia. Desa Babadan merupakan salah satu dari 9 Desa yang terletak wilayah administrasi Kecamatan Ngajum kabupaten Malang. Wilayah Desa Babadan terletak pada wilayah dataran tinggi dengan kordinat antara 700 s/d. 900 meter, dengan luas 11.718.640 km<sup>2</sup> atau 1.171.864. ha. Berbekal dengan latar belakang permasalahan diatas maka akan melakukan penelitian yang berjudul **“OPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS KOTORAN SAPI DI PT. GREENFIELDS INDONESIA”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan diatas dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis teknis, ekonomi, bioelektrik, dan efisiensi PLT Biogas di Desa Babadan Kecamatan Ngajum Malang?
2. Bagaimana optimasi biogas kotoran sapi menggunakan aplikasi Homer?

## 1.3 Tujuan

Dalam penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengkaji proses pengolahan kotoran sapi menjadi energi biogas di desa Babadan.
2. Mengidentifikasi secara teknis, ekonomi, dan efisiensi terhadap pemanfaatan PLT biogas di desa Babadan.
3. Menganalisis hasil biogas di desa Babadan menjadi tenaga listrik dengan pengujian *bioelektrik*.
4. Mengetahui optimasi menggunakan aplikasi Homer.

## 1.4 Manfaat

Berdasarkan tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat. Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan untuk pengembangan energi biogas dalam memenuhi kebutuhan energi masyarakat.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan memahami pemanfaatan energi biogas yang digunakan untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat.
3. Dengan adanya penelitian di harapkan pemerintah dapat berperan serta dalam memperhatikan biaya pembuatan instalasi biogas. Sehingga akan semakin terealisasikan pembangkit listrik tenaga biogas dengan skala yang cukup besar.



### 1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian, dimana batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Menggunakan sumber daya kotoran sapi.
- b) Proses pembuatan biogas sampai di konversikan menjadi listrik.
- c) Penelitian ini merupakan analisa data dari pembangkit listrik biogas.
- d) Menjelaskan mengenai proses pembuatan biogas.
- e) Aspek ekonomi, sosial dan efisiensi sekitar tentang pembangunan PLTBG.
- f) Melakukan analisa *bioelektrik* terhadap biogas yang dihasilkan.
- g) Penelitian ini berada pada PT Greenfields Indonesia di Desa Babadan, Kecamatan Ngajum, Malang.
- h) Optimasi terhadap PLT biogas pada PT Greenfields Indonesia dengan menggunakan aplikasi HOMER.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Energi

Menurut Undang-undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika. Energi merupakan kebutuhan manusia yang paling dasar. Energi dimanfaatkan dalam berbagai bidang untuk menunjang berbagai aktivitas dalam kehidupan sehari-hari. Energi yang paling banyak dimanfaatkan dalam pemenuhan kebutuhan manusia yakni energi minyak bumi (Wahyuni, 2009). Jenis energi ini merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui, sehingga dalam rentang waktu tertentu akan terjadi kekurangan energi.

Terdapat dua jenis energi yaitu energi terbarukan dan energi yang tidak terbarukan. Energi terbarukan merupakan sumber energi yang bisa diperbarui lagi atau bisa digunakan secara berulang. Di sisi lain, sumber energi tak terbarukan tidak bisa digunakan terus menerus serta akan habis pada satu titik.

### 2.2 Pengertian Energi Baru Terbarukan

Dalam buku panduan tentang Energi Baru Terbarukan yang diterbitkan oleh Kementerian Dalam Negeri, definisi energi baru terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti matahari, angin, dan air dan dapat dihasilkan lagi dan lagi. Sumber akan selalu tersedia dan tidak merugikan lingkungan. Energi terbarukan berasal dari elemen-elemen alam yang tersedia di bumi dalam jumlah besar, contoh energi matahari, angin, sungai, tumbuhan, dan sebagainya. Energi terbarukan merupakan sumber energi paling bersih yang ada di planet ini. Ada beragam jenis energi terbarukan, namun tidak semuanya dapat digunakan di daerah-daerah terpencil dan pedesaan.

Tenaga surya, tenaga angin, *biomassa* dan tenaga air adalah teknologi yang paling sesuai untuk menyediakan energi di daerah-daerah terpencil dan pedesaan. Energi terbarukan lainnya termasuk panas bumi dan pasang surut air laut adalah

teknologi yang tidak dapat dilakukan di semua tempat, karena energi tersebut hanya bisa di aplikasikan di tempat yang ada sumber energi yang bersangkutan.

### 2.3 Biogas

Biogas merupakan bahan bakar gas (*biofuel*) dan bahan bakar yang dapat diperbaharui (*renewable fuel*) yang dihasilkan secara *anaerobic digestion* atau *fermentasi anaerob* dari bahan organik dengan bantuan bakteri metana seperti *Methanobacterium sp.* Bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas yaitu *biodegradable* seperti biomassa (bahan organik bukan fosil), kotoran, sampah padat hasil aktivitas perkotaan dan lain-lain.

Akan tetapi, biogas biasanya dibuat dari kotoran ternak seperti sapi, kerbau, kambing, kuda, dan lain-lain. Kandungan utama dalam biogas adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ). Gas dalam biogas yang dapat berperan sebagai bahan bakar yaitu gas metana ( $\text{CH}_4$ ), gas Hidrogen ( $\text{H}_2$ ), dan gas Karbon monoksida ( $\text{CO}$ ).

Metana ( $\text{CH}_4$ ) adalah komponen penting dan utama dari biogas karena merupakan bahan bakar yang berguna dan memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, mempunyai sifat tidak berbau dan tidak berwarna. Jika gas yang dihasilkan dari proses *fermentasi anaerob* ini dapat terbakar, berarti mengandung sedikitnya 45% gas methan. Untuk gas murni (100%) mempunyai nilai kalor 8900 kkal/m<sup>3</sup>. Nilai kalor yang tinggi, biogas dapat digunakan untuk keperluan memasak, penerangan dan sumber pada penggerak mula (*prime mover*).

Tabel 2. 1 Komposisi Utama pada Biogas

No	Nama Gas	Rumus Kimia	Jumlah (%)
1	Methan	$\text{CH}_4$	60-70
2	Karbon Diokasida	$\text{CO}_2$	30-40
3	Nitrogen	$\text{N}_2$	3
4	Hidrogen	$\text{H}_2$	1-10
5	Oksigen	$\text{O}_2$	3
6	Hidrogen Sulfida	$\text{H}_2\text{S}$	5

Sumber : Meynel, 1976

## 2.4 Proses Pembentukan Biogas

Prinsip kerja dari pembentukan biogas adalah pengumpulan kotoran ternak ke dalam suatu tangki kedap udara yang disebut dengan digester (pencerna). Didalam digester tersebut kotoran dicerna dan *difermentasi* oleh bakteri menghasilkan gas metana dan juga gas – gas lainnya dengan bantuan *substrat*. Kemudian gas tersebut ditampung di dalam suatu *digester*. Penumpukan produksi gas akan menimbulkan tekanan sehingga dapat disalurkan menuju suatu pipa (selang) kemudian diteruskan menuju tabung penampung gas yang dilengkapi dengan regulator tekanan. Gas yang dihasilkan ini sangat baik untuk pembakaran karena mampu menghasilkan panas yang cukup tinggi, apinya berwarna biru, tidak berbau, dan tidak berasap.

Proses pembentukan biogas terbagi menjadi dua, yaitu :

1. Proses degradasi bahan organik menjadi gas *methane*

2. Proses dekomposisi *anaerobic*, terdiri dari :

a. Tahap pelarutan bahan organik ke fase cair.

Pada tahap ini bahan yang tidak larut seperti *selulosa*, *polisakarida*, dan lemak diubah menjadi bahan yang larut dalam air seperti karbohidrat dan asam lemak. Tahap pelarutan berlangsung pada suhu 25<sup>0</sup>C di digester.

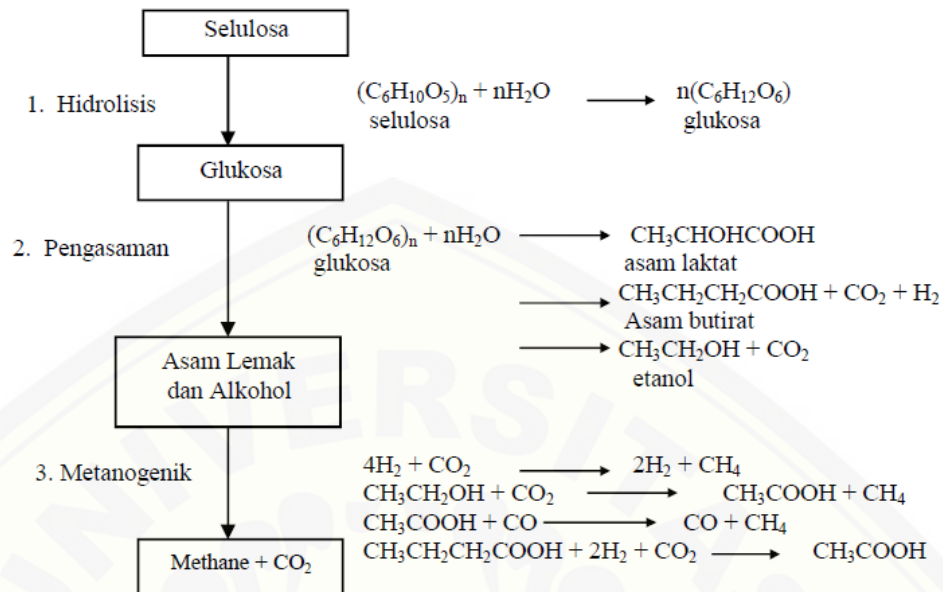
b. Tahap *asidifikasi*, merupakan tahap pembentukan asam-asam organik untuk pertumbuhan dan perkembangan sel bakteri.

Pada tahap ini, bakteri asam menghasilkan asam asetat dalam suasana *anaerob*. Tahap ini berlangsung pada suhu 25<sup>0</sup>C di digester.

c. Tahap *methanogenik*, merupakan tahap pembentukan gas *methane*.

Pada tahap ini, bakteri metana membentuk gas metana secara perlahan secara *anaerob*. Proses ini berlangsung selama 14 hari dengan suhu 25<sup>0</sup>C di dalam digester. Pada proses ini akan dihasilkan 70% CH<sub>4</sub>, 30% CO<sub>2</sub>, sedikit H<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S (Fahad Priyadi dan Erfan Subiyanta, 2009).

Bagan Pembentukan Gasbio dapat diilustrasikan sebagai berikut :



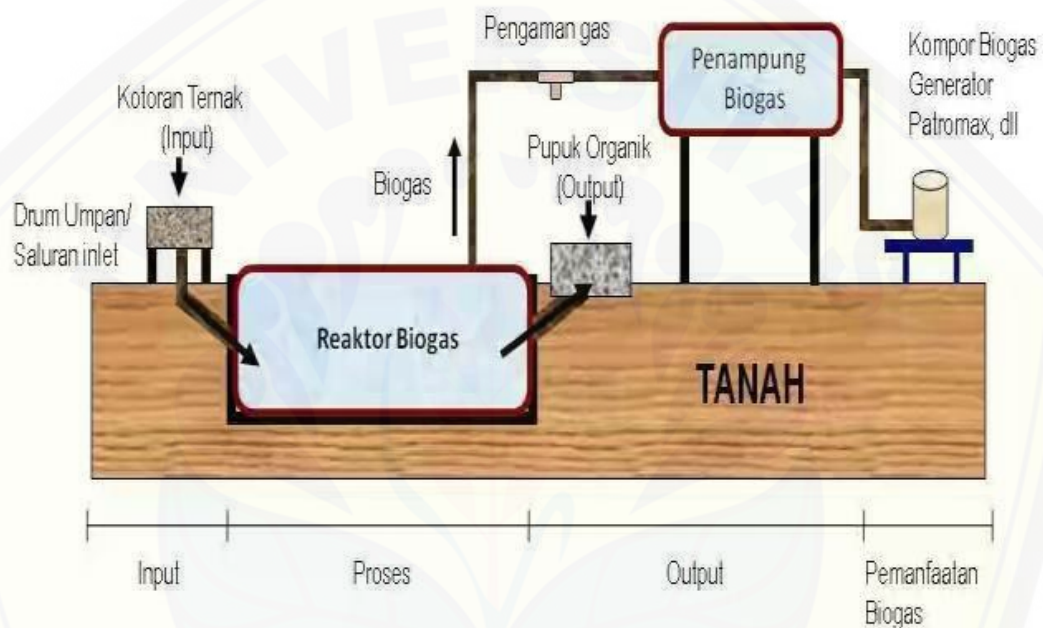
Gambar 2. 1 Tahap Pembentukan Biogas (FAO, 1978)

## 2.5 Sistem Kerja Sebuah Instalasi Biogas (Aspek Teknis)

Pada sebuah instalasi biogas, selalu terdapat reaktor atau digester. Reaktor adalah sebuah 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*).

Sistem produksi biogas dibedakan menurut cara pengisian bahan bakunya, yaitu pengisian curah dan bahan bakunya, yaitu pengisian curah dan pengisian kontinyu. Yang dimaksud dengan sistem pengisian curah (SPC) adalah cara penggantian 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. Proses pembentukan biogas dilakukan secara *fermentasi* yaitu proses terbentuknya gas metana dalam kondisi *anaerob* di dalam suatu *digester*

sehingga akan dihasilkan gas Metana ( $\text{CH}_4$ ) dan gas Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang volumenya lebih besar dari gas Hidrogen ( $\text{H}_2$ ), gas Nitrogen ( $\text{N}_2$ ), dan gas Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Proses *fermentasi* memerlukan waktu 7 sampai 10 hari untuk menghasilkan biogas dengan suhu optimum  $35^\circ\text{C}$  dan pH *optimum* pada range 6,4 - 7,9. Bakteri pembentuk biogas yang digunakan yaitu bakteri *anaerob* seperti *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus*, dan *Methanosarcina*.



Gambar 2. 2 Pemanfaatan Biogas dari Kotoran Sapi

Pada Gambar di atas dapat dilihat Skema Pemanfaatan Biogas dari Kotoran Sapi. Baik penggunaan untuk keperluan rumah tangga, pertanian maupun sebagai sumber energi listrik. Penjelasan singkat dari rancangan instalasi di atas adalah :

1. Kotoran ternak dialirkan menuju Reaktor (*Digester*) melalui saluran masuk (*inlet*).
2. Sebelum masuk digester, kotoran ternak dicampur dengan air dengan perbandingan 1:1 dengan menggunakan pengaduk mekanik.
3. Kemudian gas yang dihasilkan dari campuran kotoran dan air dialirkan menuju penampung gas, dengan diatur oleh *valve* pengatur tekanan.
4. Penampung gas dibuat lebih dari satu agar biogas yang dihasilkan bisa digunakan untuk lebih dari satu fungsi.

5. Biogas dari penampung gas bisa digunakan untuk menyalakan lampu petromaks, kompor gas, dan generator biogas untuk kemudian menyalakan peralatan listrik.
6. Zat sisa proses *Digesterisasi* dapat digunakan langsung sebagai pupuk kandang atau diolah menjadi pupuk urea kemasan yang siap dijual.

Cara Pengoperasian Unit Pengolahan (*Digester*) Biogas seperti terjabar dalam Seri Bioenergi Pedesaan Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian Departemen Pertanian tahun 2009, sebagai berikut :

- 1) Buat campuran kotoran ternak dan air dengan perbandingan 1 : 2 (bahan biogas).
- 2) Masukkan bahan biogas ke dalam *digester* melalui lubang pengisian (*inlet*) hingga bahan yang dimasukkan ke *digester* ada sedikit yang keluar melalui lubang pengeluaran (*outlet*), selanjutnya akan berlangsung proses produksi biogas di dalam *digester*.
- 3) Setelah kurang lebih 8 hari biogas yang terbentuk di dalam *digester* sudah cukup banyak. Pada sistem pengolahan biogas yang menggunakan bahan plastik, penampung biogas akan terlihat mengembung dan mengeras karena adanya biogas yang dihasilkan. Biogas sudah dapat digunakan sebagai bahan bakar, kompor biogas dapat dioperasikan,
- 4) Pengisian bahan biogas selanjutnya dapat dilakukan setiap hari, yaitu sebanyak kira-kira 10% dari volume *digester*. Sisa pengolahan bahan biogas berupa *sludge* secara otomatis akan keluar dari lubang pengeluaran (*outlet*) setiap kali dilakukan pengisian bahan biogas. Sisa hasil pengolahan bahan biogas tersebut dapat sebagai pupuk kandang/pupuk organik, baik dalam keadaan basah maupun kering.

Pembangunan *digester* atau *C.I.G.A.R* yang ada di PT Greenfields Indonesia dengan ukuran 73 x 83 x 13.

Dengan asumsi generator biogas akan dioperasikan selama 24 jam sehari, maka energi keluaran dari pembangkit listrik tenaga biogas ini adalah:

$$\text{Energi} = \text{Daya} \times \text{waktu (t)}$$

$$\text{Digester dapat menampung gas metana selama} = \frac{\text{total daya keluaran}}{\text{keluaran daya generator}}$$

Adapun biogas yang dibutuhkan untuk menyalakan genset selama 24 jam berdasarkan minimal konsumsi biogas yang tertera pada spesifikasi genset adalah

$$24 \text{ jam} \times \text{minimal konsumsi biogas} = \text{biogas yang dibutuhkan}$$

Jadi proses pembentukan biogas untuk menghasilkan sumber penggerak generator minimal pemakaian 24 jam diperlukan waktu selama:

$$\frac{\text{biogas yang dibutuhkan}}{\text{Produksi Biogas}}$$

Lamanya generator set (genset) beroperasi untuk volume produksi biogas dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut

$$\frac{\text{Produksi Biogas}}{\text{Biogas untuk Genset}}$$

Untuk mengetahui proses konversi kotoran sapi menjadi biogas dapat dilihat dari tabel berikut yang didapatkan dari Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.

Tabel 2. 2 Kandungan Bahan Kering Jenis Kotoran

Jenis	Banyak Tinja (Kg/hari)	Kandungan Bahan Kering – BK (%)	Biogas yang Dihasilkan (m <sup>3</sup> / kg.BK)
Gajah	30	18	0,018 – 0,025
Sapi / Kerbau	25 – 30	20	0,023 – 0,040
Kambing/ Domba	1,13	26	0,040 – 0,059
Ayam	0,18	28	0,065 – 0,116
Itik	0,34	38	0,065 – 0,116
Babi	7	9	0,040 – 0,059
Manusia	0,25 – 0,4	23	0,020 – 0,028



Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa melalui perhitungan jumlah potensi biogas yang dapat dihasilkan oleh limbah kotoran sapi sebagai berikut :

Jumlah hewan ternak x Banyaknya kotoran perhari = Jumlah Kotoran kg / hari

Kandungan bahan kering untuk kotoran sapi adalah 20 %, maka kandungan bahan kering total adalah :

Jumlah Kotoran x % kandungan bahan kering = Kandungan Bahan Kering Total kg.BK

Sehingga, potensi biogas dari kotoran sapi perhari yaitu:

Kandungan Bahan Kering Total X Biogas yang Dihasilkan = Jumlah Potensi Biogas m<sup>3</sup> / hari

Berdasarkan sumber Departemen Pertanian, untuk konversi biogas menjadi energi listrik : 1 m<sup>3</sup> biogas = 4,7 kWh energi listrik.

Potensi energi listrik yang dihasilkan dari limbah kotoran sapi :

Jumlah Potensi Biogas m<sup>3</sup>/hari x Energi listrik/m<sup>3</sup> biogas kWh = Jumlah Potensi Energi Listrik kWh / hari

## **2.6 Komponen Utama dan Aspek-Aspek Lain dari Pembangkit Listrik Tenaga Biogas**

### **2.6.1 Kotoran Ternak (*wastewater*)**

Limbah kotoran ternak adalah salah satu jenis limbah yang dihasilkan dari kegiatan peternakan, limbah ini mempunyai andil dalam pencemaran lingkungan karena limbah kotoran ternak sering menimbulkan masalah lingkungan yang mengganggu kenyamanan hidup masyarakat disekitar peternakan, gangguan itu berupa bau yang tidak sedap yang ditimbulkan oleh gas yang berasal dari kotoran ternak, terutama gas amoniak (NH<sub>3</sub>) dan gas hidrogen (H<sub>2</sub>S) (<http://www.peternakankita.com> diakses 12 Januari 2015).

Pemanfaatan kotoran ternak sebagai sumber pupuk organik sangat mendukung usaha pertanian. Dari sekian banyak kotoran ternak yang terdapat di daerah sentra produksi ternak banyak yang belum dimanfaatkan secara optimal, sebagian di antaranya terbuang begitu saja, sehingga sering merusak lingkungan yang akibatnya akan menghasilkan bau yang tidak sedap.

Tabel 2. 3 Kandungan Unsur Hara Hewan Ternak

Jenis Ternak	Unsur Hara (kg/ton)		
	N	P	K
Sapi perah	22,0	2,6	13,7
Sapi potong	26,7	4,5	13,0
Domba	50,6	6,7	39,7
Unggas	65,8	13,7	12,8

Sumber: <http://www.disnak.jabarprov.go.id/data/arsip/> diakses 9 November 2014.

### 2.6.2 Bak Pemasukan (*inlet*)

Bak yang berguna sebagai penampung kotoran ternak (sapi) sebelum dimasukkan di dalam *digester*. Bak pemasukan ini dilengkapi dengan penyaring agar sisa rumput atau benda lain yang tidak dikehendaki masuk ke dalam *digester* dapat tersaring dan dibersihkan.

Gambar 2. 3 Bak Pemasukan (*Inlet*)

### 2.6.3 Saluran Masuk *Slurry* (Kotoran Segar dan Air )

Saluran ini digunakan untuk memasukkan *slurry* sebagai bahan utama ke dalam reaktor (*digester*). Saluran masuk dibuat dari pipa paralon dengan diameter 10 cm dengan melubangi *digester* sebesar diameter pipa dengan jarak 30 cm dari dasar bak. Lubang tersebut dihubungkan dengan pipa paralon sampai setinggi permukaan atas bak dengan kemiringan 400. Pada ujung pipa dibuat corong untuk

penampungan dan penyaringan umpan biogas. Corong pada *inlet* dibuat dengan ukuran 30 X 30 X 50 cm yang langsung dihubungkan pada saluran yang berasal dari kandang. (<https://bertani.wordpress.com/peternakan/biogas/>)



Gambar 2. 4 Saluran Masuk *Slurry*

#### 2.6.4 Sistem Pengaduk

Sistem pengadukan yang paling mungkin dilakukan agar kotoran segar dan air tercampur secara sempurna adalah dengan pengadukan mekanis.



Gambar 2. 5 Sistem Pengaduk (*adictator*)

#### 2.6.5 Reaktor (*Digester*)

Untuk menghasilkan biogas, dibutuhkan wadah untuk proses biogas yang disebut *digester*. Pada *digester* terjadi proses penguraian material organik yang terjadi secara *anaerob* (tanpa oksigen). Reaktor biogas dapat diklasifikasikan berdasarkan susunan konstruksi penampung gas yaitu :

- 1) Kombinasi reaktor / penampung gas : *fixeddome* dan *fleksible bag*.
- 2) Penampung gas terapung terdiri dari : tanpa sekat air dan dengan sekat air.
- 3) Penampung gas terpisah.

Reaktor yang digunakan untuk pembangkitan biogas menggunakan Tipe Kubah (*fixed dome*) dikarenakan model ini merupakan model yang paling populer

di Indonesia, dimana instalasi digester dibuat di dalam tanah dengan konstruksi permanen. Selain menghemat tempat/lahan, pembuatan *digester* di dalam tanah juga berguna mempertahankan suhu *digester* stabil dan mendukung pertumbuhan bakteri *methanogen*, tekanan yang dihasilkan lebih stabil, dan mempunyai harga yang relatif lebih murah dan umurnya cukup panjang.

Pembangunan *digester* yang ada di PT Greenfields Indonesia desa Babadan, Ngajum, Malang dengan ukuran panjang, lebar, dan tinggi atau kedalaman digester 73 x 83 x 9.



Gambar 2. 6 *Digester* pada PT Gunung Kawi Biogas (C.I.G.A.R)

#### 2.6.6 Saluran Keluar *Residu*

Saluran ini digunakan untuk mengeluarkan kotoran yang telah *difermentasi* oleh bakteri. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan tekanan *hidrostatik*. Residu yang keluar pertama kali merupakan *slurry* masukan yang pertama setelah waktu *retensi*. Sisa pengolahan kotoran ini masih bisa digunakan sebagai pupuk kompos yang baik bagi tanaman karena terjadi penurunan *COD* sehingga kotoran mengandung lebih sedikit bakteri *patogen* sehingga aman untuk pemupukan sayuran atau buah, terutama untuk konsumsi segar.

Saluran keluar (*outlet*) berbentuk teras yang berfungsi mengalirkan sluri menuju pipa saluran pembuangan. Teras pada saluran *outlet* dibuat dengan ketinggian 50 cm dan lebar 25 cm. Pada bagian atas lubang outlet diberi pintu sebagai tempat aliran limbah. Corong penampungan pada *outlet* lebih rendah dibanding pada *inlet*. Hal ini dibuat agar kotoran pada *inlet* tidak tersembur keluar

dan limbah biogas dapat mengalir menuju saluran pembuangan pada pintu *outlet*.  
(<https://bertani.wordpress.com/peternakan/biogas/>)



Gambar 2. 7 Saluran Keluaran *Residu*

### 2.6.7 Katup Pengaman Tekanan (*Control Valve*)

Katup pengaman ini digunakan sebagai pengatur tekanan gas dalam biodigester yang akan masuk ke penampung gas.



Gambar 2. 8 Katup Penutup Gas atau Pengaman Tekanan Gas

### 2.6.8 Saluran Gas

Saluran gas ini disarankan terbuat dari *polimer* untuk menghindari *korosi*. pipa dengan diameter  $\frac{3}{4}$  inchi setinggi 25 cm dari permukaan dinding. Pada ujung pipa dipasang kran gas yang berfungsi membuka/menutup aliran gas dari *digester*.



Gambar 2. 9 Saluran Gas

### 2.6.9 Penampungan Gas (*Scrubber*)

Penampung gas adalah sebuah ruang kedap udara yang digunakan sebagai tempat penyimpanan biogas yang telah dihasilkan oleh proses *biodigester* sebelum disalurkan ke kompor atau genset biogas. Sebelum gas masuk ke dalam penampung gas ada proses pendinginan pada *ciller* sehingga gas yang dihasilkan lebih bagus. Kemudian jika gas diperlukan maka katup gas akan dibuka menuju genset biogas melalui gas filter untuk memfilter unsur selain gas seperti air, debu, dll. Sehingga gas yang disalurkan ke genset berupa gas murni.



Gambar 2. 10 Penampung Gas

### 2.6.10 Generator (*Genset*) Biogas

Generator Set (*Genset*) biogas yang terdiri dari sebuah Mesin Gas sebagai motor penggerak sebuah Generator. Mesin Gas tersebut menggunakan Oksigen dengan kadar sekitar 1-2% (dari udara bebas), karena jika kurang atau lebih dari

itu genset tidak bekerja dan biogas sebagai bahan bakar proses pembakaran, dan menghasilkan karbondioksida dan uap air sebagai zat hasil pembakaran. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator dapat segera digunakan oleh penduduk/industri. Mesin gas ini pada dasarnya adalah mesin diesel dengan pemantik percikan, berbeda sekali dengan mesin diesel sejati, yang menggunakan kompresi untuk memantik campuran bahan bakar/udara. Mesin gas tersedia dalam ukuran relatif kecil, tetapi harganya cenderung lebih mahal dan sulit dicari dibandingkan mesin diesel biasa. Karena mesin gas memiliki sistem pemantik, maka mesin tersebut cenderung lebih kompleks.

Di PT Gunung Kawi Biogas terdapat 2 generator biogas dengan masing-masing kapasitasnya 800 kW sehingga total sebesar 1,6 MW, genset ini masih beroperasi bergantian, namun jika permintaan beban tinggi maka 2 generator berfungsi. Pasokan listrik dari biogas ini pada PT Greenfields Indonesia belum penuh dari biogas, hanya sekitar 50% dan sisanya menggunakan *supply* dari PLN. Tegangan listrik tersebut cukup untuk memasok kebutuhan listrik pada sebagian perusahaan PT Greenfields Indonesia khususnya di kandang GF 1. Permintaan daya keluaran biogas tergantung dari beban yang dibutuhkan oleh perusahaan.



Gambar 2. 11 Generator Biogas

Dengan asumsi generator biogas akan dioperasikan selama 24 jam sehari, maka energi keluaran dari pembangkit listrik tenaga biogas ini adalah:

$$\text{Energi} = \text{Daya} \times \text{waktu (t)}$$

$$\text{Digester dapat menampung gas metana selama} = \frac{\text{total daya keluaran}}{\text{keluaran daya generator}}$$

Adapun biogas yang dibutuhkan untuk menyalakan genset selama 24 jam berdasarkan minimal konsumsi biogas yang tertera pada spesifikasi genset adalah

$$24 \text{ jam} \times \text{minimal konsumsi biogas} = \text{biogas yang dibutuhkan}$$

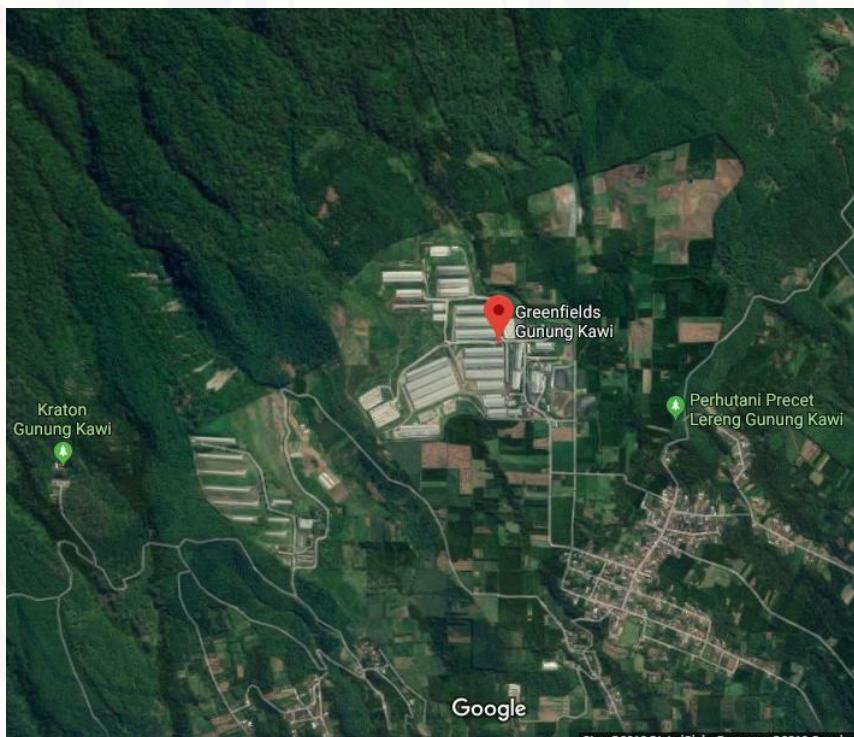
Jadi proses pembentukan biogas untuk menghasilkan sumber penggerak generator minimal pemakaian 24 jam diperlukan waktu selama:

$$\frac{\text{biogas yang dibutuhkan}}{\text{Produksi Biogas}}$$

Lamanya generator set (genset) beroperasi untuk volume produksi biogas dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut

$$\frac{\text{Produksi Biogas}}{\text{Biogas untuk Genset}}$$

#### 2.6.11 PT. GREENFIELD INDONESIA Malang



Gambar 2. 12 Peta PT Greenfields Indonesia

Pada tanggal 14 Maret 1997, PT Greenfields Indonesia dilahirkan oleh sekelompok usahawan Australia dan Indonesia yang memiliki latar belakang, keahlian dan pengalaman kuat di bidang agrobisnis. Perusahaan dimulai dengan mengembangkan tanah peternakan di Desa Babadan, Gunung Kawi, Jawa Timur,



suatu tempat dengan lingkungan yang sangat ideal untuk sapi-sapi perah khusus yang didatangkan dari Australia.

Di bulan April 1999 dimulailah *konstruksi* fasilitas pengolahan susu yang kemudian mulai beroperasi pada bulan Juni 2000. Susu yang dihasilkan oleh peternakan ini merupakan susu dengan mutu sangat tinggi serta memenuhi syarat terketat dunia dalam *mikrobiologi*. PT Greenfields Indonesia memproduksi susu *pasteurisasi* dan susu *UHT* dalam beberapa jenis, rasa, dan ukuran kemasan yang berbeda. Saat ini, peternakan Greenfields memiliki lebih dari 13.200 ekor sapi *Holstein* yang menghasilkan sekitar 20 juta liter susu murni setiap tahunnya. Di samping melayani pasar domestik, lebih dari 50% hasil produksi PT Greenfields Indonesia dipasarkan di Singapura, Malaysia, Hong Kong, Phillipina dan negara-negara lain di kawasan ini.

Pada awal berdirinya PT. Greenfields Indonesia ini hanya memiliki sekitar 100 ekor sapi saja. Pada tahun 2010 PT. Greenfields Indonesia ini telah memiliki 4000 ekor sapi, dan hingga sekarang telah ada 13.200 ekor sapi. Diketahui bahwa seekor sapi dengan bobot 450 kg dapat menghasilkan limbah berupa *feses* dan *urine* lebih kurang 25 kg/hr. Maka sapi-sapi yang dikelola oleh PT. Greenfields Indonesia ini dapat menghasilkan 330.000 kg kotoran sapi per hari. Dan apabila tidak dilakukan penanganan secara baik maka akan menimbulkan masalah pencemaran lingkungan udara, tanah dan air serta menyebarkan penyakit menular. Salah satu penyelesaiannya adalah dengan mengolah limbah tersebut menjadi biogas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar generator biogas untuk menghasilkan energi listrik. Adapun anak perusahaan dari PT. Greenfields Indonesia yang mengurus tentang pengolahan kotoran sapi menjadi biogas dan dijadikan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Biogas yaitu PT. Gunung Kawi Biogas. Dalam pengelolaan biogas ini pada setiap harinya didapatkan hasil biogas dari kotoran sapi sebesar 2.640 m<sup>3</sup>. Untuk pengkonverisan dari biogas tersebut setiap harinya dapat menghasilkan tenaga listrik sebesar 12.408 kWh dengan daya keluaran 517 kW dari kapasitas yang dihasilkan generator sebesar 800 kW. Di PT Gunung Kawi Biogas terdapat 2 generator biogas dengan masing-masing kapasitasnya 800 kW sehingga total sebesar 1,6 MW, genset ini masih beroperasi

bergantian, namun jika permintaan beban tinggi maka 2 generator berfungsi. Pasokan listrik dari biogas ini pada PT Greenfields Indonesia belum penuh dari biogas, hanya sekitar 50% dan sisanya menggunakan *supplay* dari PLN. Tegangan listrik tersebut cukup untuk memasok kebutuhan listrik pada sebagian perusahaan PT Greenfields Indonesia khususnya di kandang GF 1. Permintaan daya keluaran biogas tergantung dari beban yang dibutuhkan oleh perusahaan.

### 2.6.12 Pengujian Bioelektrik

*Bioelektrik* adalah listrik yang dihasilkan dari genset dengan bahan bakar biogas. Pengujian *bioelektrik* terhadap konsumsi biogas dilakukan dengan mengukur debit biogas yang masuk kedalam ruang bakar genset. Biogas yang tertampung dalam penampungan disalurkan dengan pipa menuju genset. Sebelum masuk genset, biogas terlebih dahulu masuk kedalam biogas *flowmeter* yang berfungsi untuk mengetahui debit biogas yang masuk kedalam genset persatuan waktu. Untuk menyalakan genset selama 24 jam adalah

$$24 \times 60 \text{ menit} \times \text{biogas yang digunakan pada genset}$$

Analisis bioelektrik bertujuan untuk mengetahui penghematan yang dapat diperoleh jika *bioelektrik* dari biogas digunakan untuk substitusi listrik PLN. Penggunaan *bioelektrik* dari biogas diharapkan dapat mengurangi pengeluaran dari penggunaan listrik PLN. Penggunaan *bioelektrik* dari biogas diutamakan pada saat beban puncak yaitu pada pukul 16:00-22:00, karena pada waktu tersebut biaya listrik per kWh paling tinggi sehingga memungkinkan untuk lebih menghemat biaya pengeluaran. Untuk mengetahui lama genset beroperasi dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Lama Genset Beroperasi} = \frac{\text{Produksi Biogas}}{\text{biogas untuk genset}}$$

Sehingga penggunaan listrik PLN yang dapat dihemat dari listrik yang dihasilkan biogas yaitu:

$$\text{Beban listrik} \times \text{lama genset beroperasi (perhari)}$$

Dan biaya listrik dari PLN dapat di hemat sebesar :

$$\text{pengunaan listrik biogas/hari} \times 30 \text{ hari} \times \text{tarif PLN / kWh}$$

## 2.7 HOMER

HOMER singkatan dari *Hybrid Optimization Model of Electric Renewable* adalah sebuah perangkat lunak yang dikembangkan oleh *U.S National renewable energy laboratory* (NREL) berkerjasama dengan Mistaya Engineering, yang dilindungi hak ciptanya oleh *Midwest Research Institute* (MRI) dan digunakan oleh Departemen Energi Amerika Serikat (DOE). HOMER memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan perangkat lunak yang serupa seperti *hybrid*, *retscreen*, *PV SOL*, dan lain-lain. ( Bahari, 2015)

Keunggulan HOMER:

1. Dapat mengetahui hasil yang optimal dari konfigurasi sistem (mensimulasikan beberapa konfigurasi sistem berdasarkan *Net Present Cost*).
2. Dapat menunjukkan analisis nilai sensitifitas.
3. Dapat memodelkan sistem jaringan transmisi listrik.
4. Komponen-komponen *hybrid* yang akan digunakan lengkap.
5. Dapat memodelkan sumber daya alam yang tersedia.
6. Parameter-parameter *input* (masukan) sangat terperinci, seperti sumber daya alam, emisi, harga bahan bakar, faktor ekonomi, dan lain-lain.

### 2.7.1 Prinsip Kerja

HOMER bekerja berdasarkan 3 hal, yaitu simulasi, optimisasi, dan analisis sensitifitas. Ketiga hal tersebut bekerja secara berurutan, dan memiliki fungsi masing-masing sehingga didapatkan hasil yang optimal.

### 2.7.2 Simulasi (*simulation*)

Proses simulasi menentukan bagaimana konfigurasi dari sistem, kombinasi dari besarnya kapasitas komponen-komponen sistem, dan strategi operasi yang menentukan bagaimana komponen-komponen tersebut dapat bekerja bersama dalam periode waktu tertentu. HOMER dapat mensimulasikan berbagai macam konfigurasi sistem tenaga mikro, yang berisikan beberapa kombinasi dari *photovoltaic*, turbin angin, turbin air, generator, hidrogen, baterai, *converter*, dan

lain-lain. Sistem 3 tersebut dapat terhubung ke jaringan transmisi ataupun terpisah, digunakan untuk melayani beban AC ataupun DC dan beban *thermal*.

### 2.7.3 Optimisasi (*Optimization*)

Proses optimisasi dilakukan setelah proses simulasi dilakukan simulasi memodelkan dan merancang konfigurasi sistem secara khusus, maka proses optimasi dilakukan untuk menentukan kemungkinan teroptimal dalam konfigurasi sistem. Pada daftar hasil optimisasi, HOMER menggunakan nilai NPC yang terendah hingga tertinggi. Sistem dikatakan optimal, apabila salah satu konfigurasi sistem menunjukkan NPC terendah untuk jangka waktu yang telah ditentukan.

Tujuan dari proses optimisasi adalah menentukan nilai optimal dari konfigurasi sistem dimana *variabel* nilai masukan dapat diubah-ubah sesuai keinginan pengguna.

### 2.7.4 Analisis sensitifitas (*Variablety Analysis*)

Tahap selanjutnya adalah tahap analisis sensitifitas. Analisis sensitifitas ini akan menunjukkan bagaimana hasil konfigurasi arial yang optimal apabila nilai parameter masukan (*input*) berbeda-beda. Pengguna dapat menunjukkan analisis sensitifitas dengan memasukan beberapa nilai *variabel* sensitifitas. Pada tahap ini, pengguna HOMER dapat memasukan rentang nilai untuk nilai *variabel* tunggal ataupun nilai *variabel* ganda yang dinamakan *varibel* sensitifitas. Contohnya termasuk harga tenaga listrik pada jaringan transmisi, harga bahan bakar, suku bunga per tahun, dan lain-lain.

**BAB 3 METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian optimasi dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas yang berada pada PT Greenfields Indonesia yang bekerjasama dengan PT Gunung Kawi Biogas. Dimana akan dilakukan pengambilan data berupa daya keluaran dari PLTBG untuk *supplay* ke PT Greenfields Indonesia dengan menyesuaikan beban yang di butuhkan. Serta melakukan penelitian tentang proses pembentukan biogas sampai menjadi tenaga listrik. Kemudian analisa kinerja optimasi sistem PLTBG yang sudah ada menggunakan aplikasi HOMER. HOMER yang digunakan yaitu HOMER pro versi terbaru. Disini akan dilakukan 2 rangkaian sistem pada HOMER, yang pertama yaitu 2 *engine* + PLN terhadap PT Greenfields Indonesia dan yang kedua menggunakan 5 *engine* untuk pengoptimalan potensi limbah kotoran sapi.

**3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan**

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Greenfields Indonesia dan PT Gunung Kawi Biogas Desa Babadan Kecamatan Ngajum Malang. Waktu penelitian dilaksanakan kurang lebih selama 2 bulan. Pada bulan Juli 2018 sampai Agustus 2018. Adapun kegiatan yang dilakukan selama waktu penelitian yaitu seperti berikut.

Tabel 3. 1 Waktu dan Kegiatan Selama Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke-/Minggu							
		Bulan 1				Bulan 2			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	Survey tempat dan potensi sumber daya pembangkit listrik.	■							
2	Mempelajari proses pengolahan kotoran ternak menjadi biogas hingga di konversikan ke listrik.		■	■	■				
3	Proses pengambilan dan pengumpulan data.				■	■	■		
4	Analisa Data					■	■	■	
5	Penyusunan Laporan							■	■

Keterangan: 

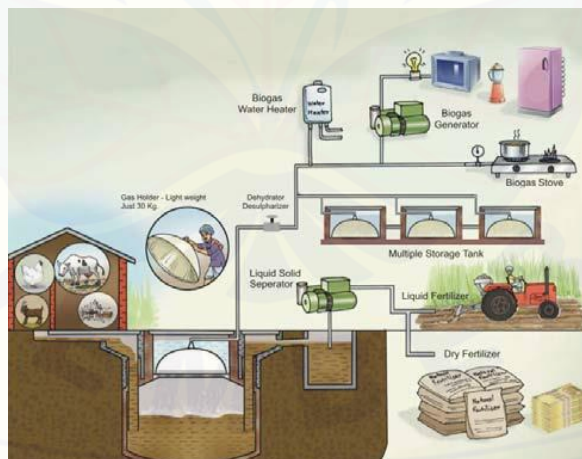
### 3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam proses penelitian tugas akhir ini dengan judul OPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DI PT. GREENFIELDS INDONESIA DESA BABADAN KECAMATAN NGAJUM MALANG. Adapun langkah-langkah penelitian yaitu:

- a. Studi *Literatur*.
- b. Melakukan *survey* tempat dan sumber daya biogas.
- c. Melakukan proses pembentukan kotoran sapi sampai menjadi biogas.
- d. Melakukan pengkonversian energi biogas menjadi pembangkit listrik.
- e. Melakukan simulasi sistem biogas yang ada pada aplikasi HOMER untuk menganalisa optimalisasi sitem biogas.
- f. Menganalisa data yang telah diperoleh saat pengujian dan simulasi.
- g. Menyusun laporan penelitian.

### 3.3 Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas

Pada gambar di bawah ini, dapat dilihat *layout* rancangan sederhana dari instalasi pembangkit listrik biogas.



Gambar 3. 1 Rencana Instalasi Pembangkit Biogas

Penjelasan singkat dari rancangan instalasi di atas adalah :

1. Kotoran ternak dialirkan menuju Reaktor (*Digester*) melalui saluran masuk (*inlet*) dan di tampung pada bak tampung (*sandtrap*) kemudian diteruskan ke *gatter* dan masuk ke *flowmeter* untuk diukur *watewater* yang masuk dan keluar.

2. Sebelum masuk *digester*, kotoran ternak dicampur dengan air dengan perbandingan sekitar 1:1 dengan menggunakan pengaduk mekanis atau *adictator* pada *mixing tank* setelah itu di pompa dengan *feedpam* menuju *digester* dengan kapasitas pompa 80m<sup>3</sup>/jam.
3. Dalam *digester* terjadi *fermentasi* kotoran menjadi gas, dan gas tersebut keluar dari *digester* melalui pipa yang disebut *ring gas*. Kemudian gas yang dihasilkan dari campuran kotoran dan air dialirkan menuju penampung gas, dengan diatur oleh *valve* pengatur tekanan.
4. Penampung gas dibuat lebih dari satu agar biogas yang dihasilkan bisa digunakan untuk lebih dari satu fungsi.
5. Biogas dari penampung gas bisa digunakan untuk menyalakan lampu petromaks, kompor gas, dan generator biogas untuk kemudian menyalakan peralatan listrik.
6. Zat sisa proses *Digesterisasi* dapat digunakan langsung sebagai pupuk kandang atau diolah menjadi pupuk urea kemasan yang siap dijual.

### 3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan, sehingga dapat tersusun secara sistematis. Tahapan dalam penelitian ini meliputi:

a. Tahap persiapan

Tahap ini meliputi studi kepustakaan dan konsultasi ahli untuk studi pendahuluan dan kajian pustaka, penyusunan proposal penelitian serta bimbingan terkait proposal maupun tahap penelitian selanjutnya. Melakukan *survey* tempat dan sumber daya.

b. Tahap penelitian

Pada tahapan ini melakukan pengamatan, pencatatan, dan pengambilan data dilapangan. Data dikumpulkan melalui teknik dokumentasi, wawancara, dan *observasi* lapangan.

c. Tahap pasca lapangan

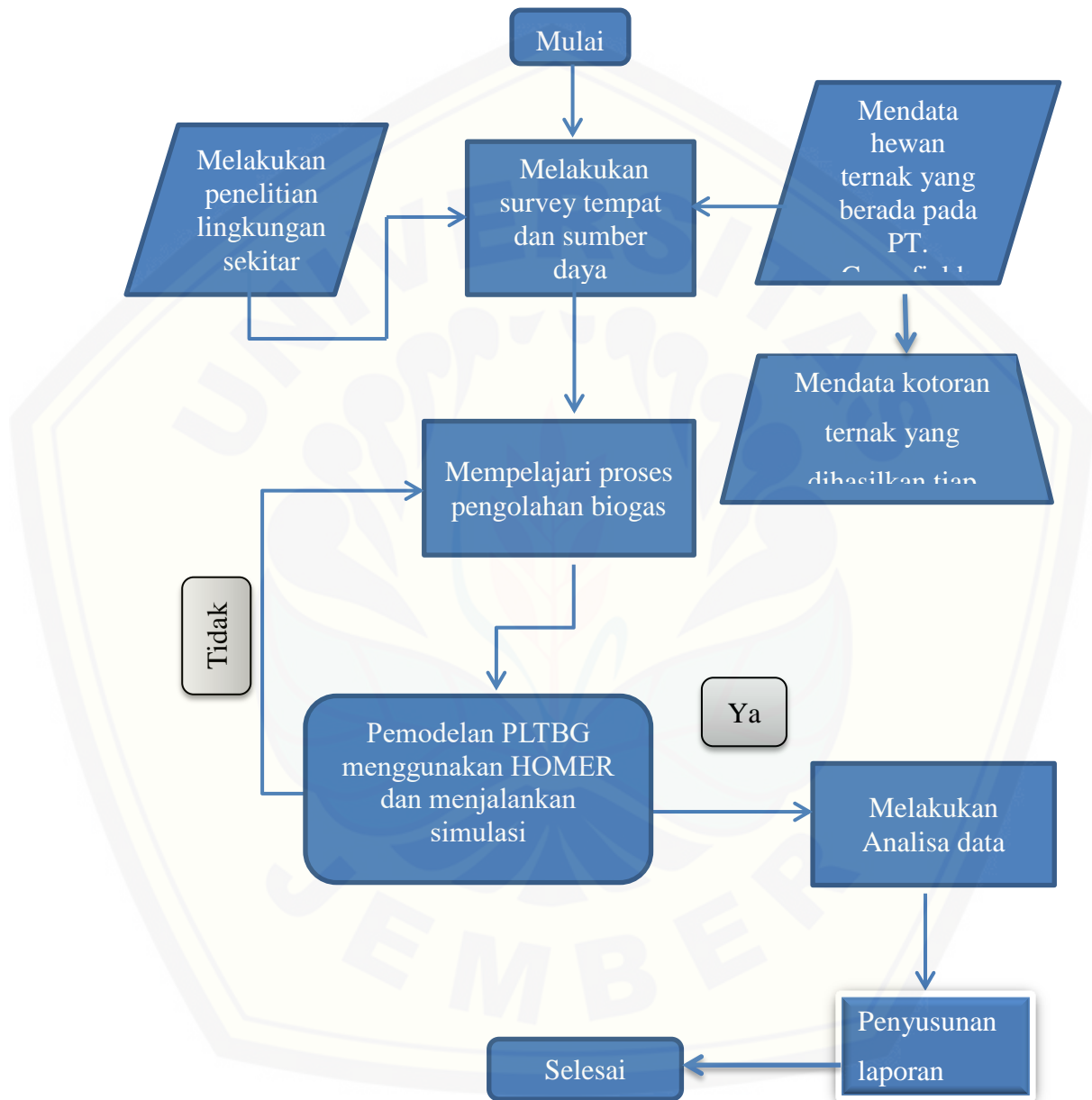
*Inventarisasi*, wawancara warga sebagai aspek lingkungan dan sosial, analisis data dari penelitian, dan penyusunan hasil data dan pembahasan serta kesimpulan penelitian.





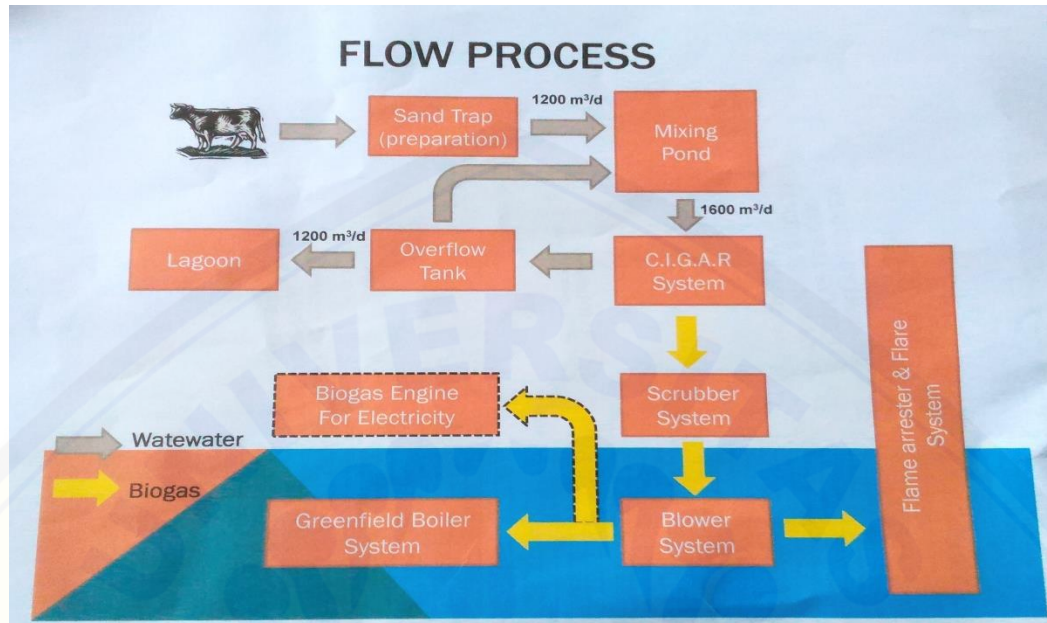
### 3.5 Flowchart Tahapan Penelitian

Adapun Tahapan penelitian dan penyusunan laporan ini secara keseluruhan dapat dinyatakan dalam diagram alir sebagaimana terlihat dalam gambar 3.1



Gambar 3. 2 Diagram Alur Pengambilan Keputusan Seluruh Penelitian Pemanfaatan Biogas sebagai Pembangkit Listrik.

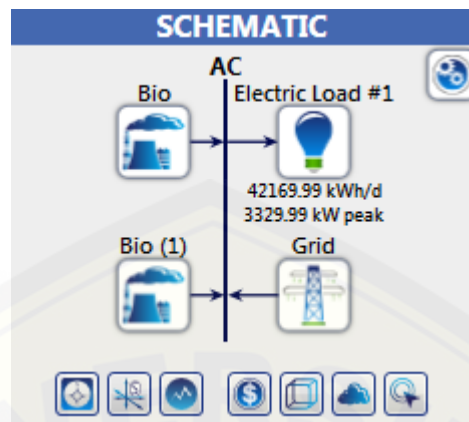
### 3.6 Blok Diagram Proses Biogas



Gambar 3. 3 Blok Diagram Proses Pembentukan Biogas

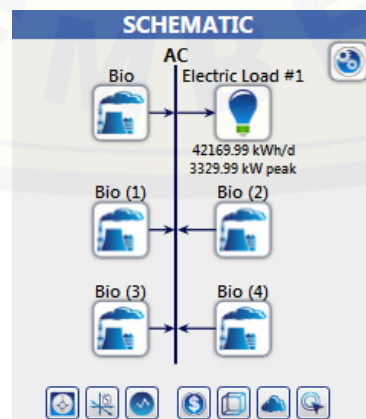
Pada blok diagram proses pembentukan biogas diatas dapat dilihat dari *wastewater* atau kotoran sapi masuk kedalam *sandtrap* untuk penyaringan materi yang kasar sehingga yang masuk dalam sistem hanya air dan saripati dari kotoran sapi. Kemudian diteruskan masuk ke dalam *Mixing pond (mixing tank)* untuk diaduk supaya materi yang kasar tertinggal dan air yang bercampur dengan sari kotoran dapat diteruskan menuju ke *CIGAR* atau *digester* untuk proses *anaerob* menjadi gas. Kemudian jika kapasitas *wastewater* pada *CIGAR* penuh maka akan di buang menuju ke *overflow* untuk ditampung atau sebagai cadangan ketika *CIGAR* membutuhkan kembali. Namun jika pada *overflow* kelebihan maka akan dibuang ke *lagoon*. Kemudian dari *CIGAR* akan masuk ke penampung gas atau *Scrubber*. Lalu setelah itu menuju ke *blower* untuk ditransferkan menuju *engine* atau generator biogas untuk dikonversikan menjadi listrik dan di *supplay* kan ke perusahaan.

### 3.7 Perancangan sistem pada HOMER



Gambar 3. 4 Rangkaian HOMER 2 *Engine* + PLN

Rangkaian HOMER ini menggunakan 2 *engine* + PLN atau generator biogas dengan langsung *supply* menuju beban yang dibutuhkan perusahaan. Pada rangkaian ini generator biogas yang digunakan ini cara kerjanya seperti mesin dengan kemampuan 4 tak sehingga tanpa menggunakan baterai penyimpan, untuk menyimpan daya lebih. Karena generator ini langsung mengkonversi biogas menjadi listrik dan langsung disalurkan ke beban yang dibutuhkan perusahaan. Pada 2 *engine* ini kapasitas keluaran daya yang dihasilkan maksimal 1600 Kw, dengan tegangan yang dihasilkan yaitu 800 volt. Sedangkan untuk daya *supply* dari PLN yaitu sisanya dari beban total yang kurang lebih sebesar 3500 Kw yaitu 1900 Kw. Dari sistem 2 *engine* ini masih kurang dalam memaksimalkan potensi kotoran sapi menjadi listrik dan hanya dapat menyuplai listrik perusahaan kurang lebih setengahnya jadi membutuhkan daya tambahan dari PLN.



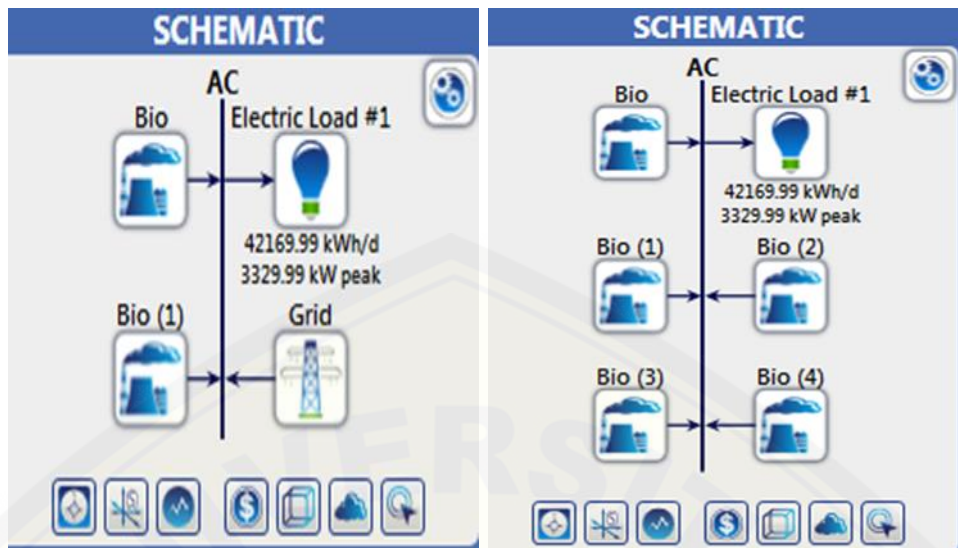
Gambar 3. 5 Rangkaian HOMER 5 *Engine*

Rangkaian HOMER ini menggunakan 5 *engine* atau generator biogas dengan langsung supply menuju beban yang dibutuhkan perusahaan. Pada rangkaian ini generator biogas yang digunakan ini cara kerjanya seperti mesin dengan kemampuan 4 tak sehingga tanpa menggunakan baterai penyimpan, untuk menyimpan daya lebih. Karena generator ini langsung mengkonversi biogas menjadi listrik dan langsung disalurkan ke beban yang dibutuhkan perusahaan. Pada 2 *engine* ini kapasitas keluaran daya yang dihasilkan maksimal 4000 kw, dengan tegangan yang dihasilkan yaitu 2000 volt. Dari penggunaan 5 *engine* ini dapat memaksimalkan potensi limbah kotoran sapi yang ada tanpa membuang kotoran sapi. Sehingga dalam sistem sesungguhnya diperlukan 5 *engine* atau generator untuk memenuhi beban perusahaan yang sebesar 3500 Kw. Dalam aplikasi homer ini sistem dengan menggunakan 5 *engine* ini sangat optimal dan dapat menggunakan energi mandiri dari biogas tanpa menggunakan bantuan PLN. Dengan harga per unit generatornya sekitar 16.500 USD (machinio.com, marelligenerators). Sehingga dapat lebih menghemat biaya pengeluaran dari pemenuhan beban listrik yang ada pada perusahaan.

### 3.8 Input Nilai Homer

Langkah-langkah dalam membuat pemodelan PLTBG yang ada dengan menggunakan *software* Homer adalah sebagai berikut:

1. Buka *software* HOMER.
2. Kemudian klik *add/remove* pada menu bar diatas
3. Pilih komponen apa saja yang dibutuhkan untuk membangun PLTBG. Dalam Hal ini komponen yang diperlukan adalah 1 buah beban dan 1 buah generator untuk pembangkit biogas.
4. Setelah semua komponen yang diperlukan telah dimasukkan, kemudian masukkan data yang telah diperoleh seperti data spesifikasi dan harga dari masing-masing komponen PLTBG dengan cara klik pada komponen yang akan dimasukkan datanya.



Gambar 3. 6 Rangkaian PLTBG dengan Homer

Setelah semua komponen terhubung, jalankan HOMER dengan klik pada bagian calculate. Tunggu sampai hasil perhitungan HOMER selesai.

### 3.8.1 Penentuan Kapasitas Pembangkit *Biomassa*

Pada pembangkit biogas, kapasitas pembangkit harus dapat dipenuhi oleh potensi energi listrik dari kotoran sapi yang dihasilkan. Serta dapat memenuhi beban puncak dalam waktu 1 tahun. Pada *software* HOMER kapasitas beban pembangkit harus 175 KW lebih besar dari beban puncak selama satu tahun. Dalam pengembangan teknologi pembangkitan ditinjau dari aspek ekonomi terdiri dari 3 hal yaitu:

- a. Biaya modal
- b. Biaya bahan bakar
- c. Biaya operasi dan perawatan
  - Biaya Modal (*Capital Cost*)

Biaya modal adalah biaya pembangunan dari pembangkit listrik. Dimana besarnya biaya pembangunan dipengaruhi oleh nilai daya yang terpasang, serta dipengaruhi oleh nilai tukar US dolar terhadap rupiah.

- Biaya Operasional dan Perawatan

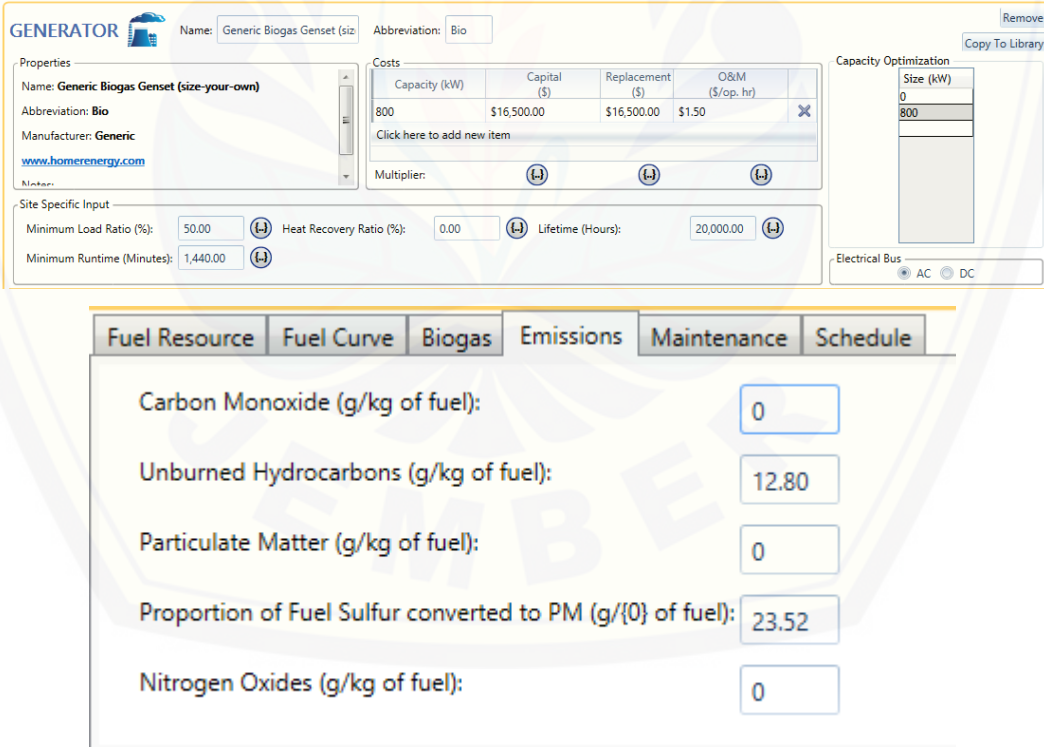
Biaya operasional dan perawatan adalah semua biaya yang digunakan selama pembangkit beroperasi. Biaya operasional dan

perawatan meliputi biaya tetap (*fixed cost*) yaitu biaya yang tidak berhubungan terhadap besar tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga dan biaya tidak tetap (*variable cost*) yaitu biaya yang berkaitan dengan pengeluaran untuk alat-alat dan perawatan yang dipakai dalam periode pendek dan tergantung pada besar tenaga listrik yang dihasilkan.

- **Biaya Bahan Bakar**

Pada pembangkit ini menggunakan bahan bakar dari kotoran sapi PT Greenfields Indonesia. Oleh sebab itu pada pembangkit ini tidak dikenakan biaya bahan bakar. Akan tetapi biaya bahan bakar dimasukkan ke dalam biaya operasional, yaitu bagaimana untuk mengubah limbah kotoran sapi tersebut menjadi biogas.

### 3.8.2 Menggunakan 2 *Engine* + PLN



The screenshot displays the HOMER software interface for configuring a generator. The main window is titled "GENERATOR" and shows the following details:

- Name:** Generic Biogas Genset (size-your-own)
- Abbreviation:** Bio
- Manufacturer:** Generic
- Website:** www.homerenergy.com
- Capacity (kW):** 800
- Capital (\$):** 16,500.00
- Replacement (\$):** 16,500.00
- O&M (\$/op. hr):** 1.50
- Site Specific Input:**
  - Minimum Load Ratio (%): 50.00
  - Heat Recovery Ratio (%): 0.00
  - Lifetime (Hours): 20,000.00
  - Minimum Runtime (Minutes): 1,440.00
- Capacity Optimization:** Size (kW) 800
- Electrical Bus:** AC (selected), DC

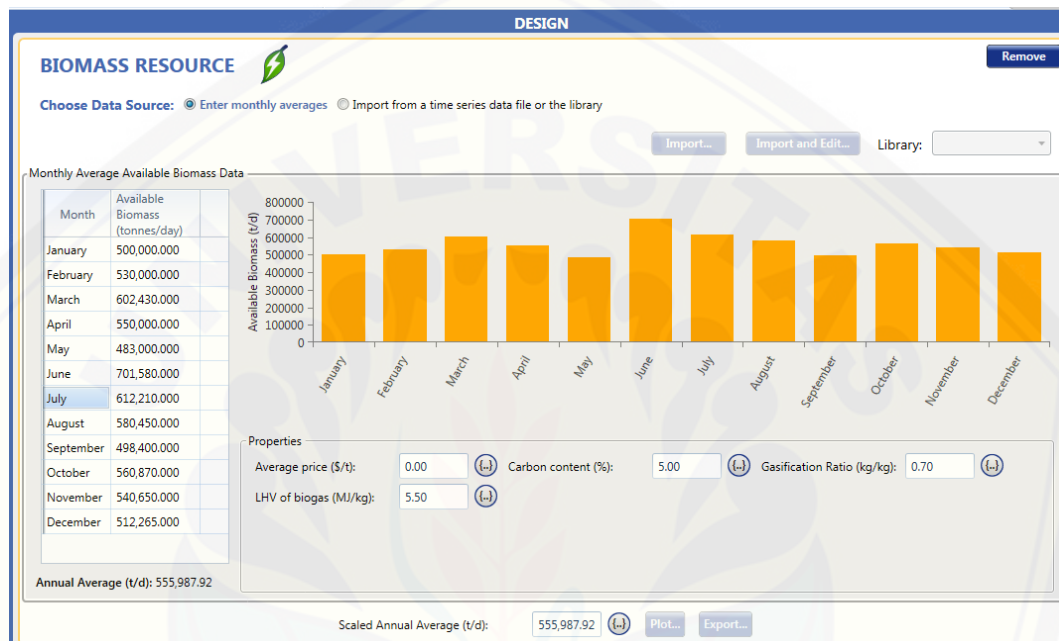
The "Biogas" tab is selected, showing the following emission values:

Parameter	Value
Carbon Monoxide (g/kg of fuel):	0
Unburned Hydrocarbons (g/kg of fuel):	12.80
Particulate Matter (g/kg of fuel):	0
Proportion of Fuel Sulfur converted to PM (g/{0} of fuel):	23.52
Nitrogen Oxides (g/kg of fuel):	0

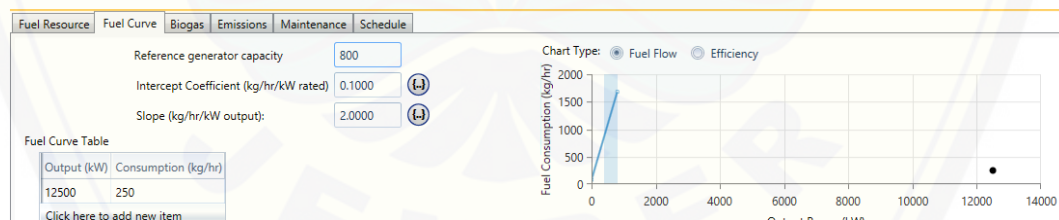
Gambar 3. 7 Masukan 2 *Engine* atau Generator

Untuk pemodelan sistem pembangkit dengan menggunakan pembangkit listrik biogas, HOMER memerlukan data berupa Jumlah limbah kotoran sapi

(wastewater) yang tersedia setiap bulan selama satu tahun. Dimana satuan input limbah kotoran sapi yang dimasukkan yaitu ton/hari. Hal ini bertujuan untuk memprediksi cukup tidaknya kotoran sapi yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan daya yang terpasang pada pembangkit listrik biogas. Untuk input jumlah limbah kotoran sapi pada HOMER dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. 8 Masukkan Data Limbah Kotoran Sapi

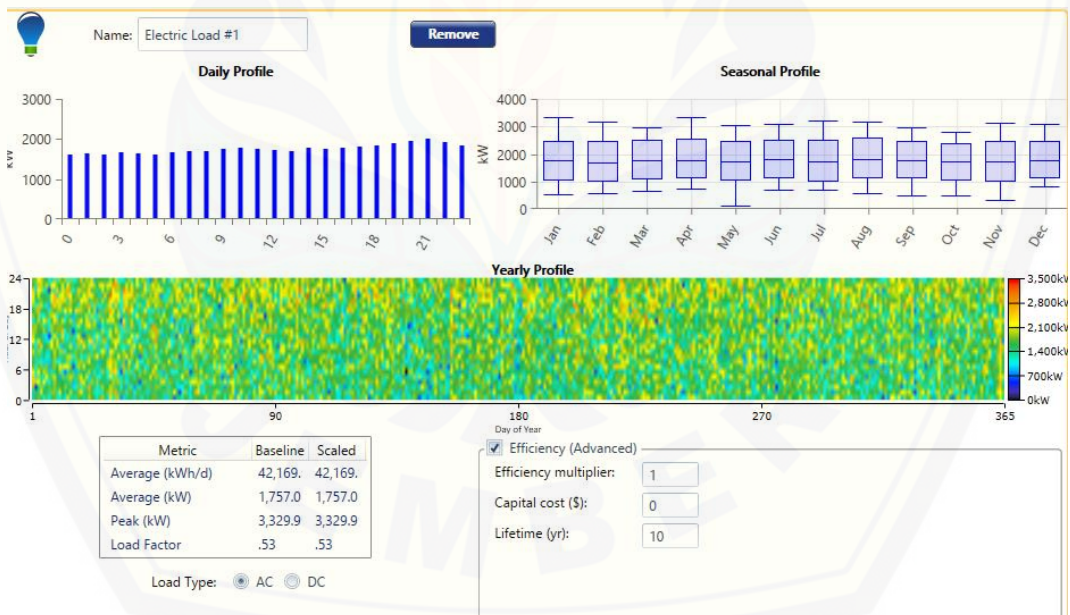


Gambar 3. 9 Kurva Masukkan Data Limbah Kotoran Sapi

Pada penelitian ini beban yang digunakan adalah beban harian setiap jamnya dari PT Greenfields Indonesia. Dimana pemasukan nilai beban pada HOMER menggunakan besar beban harian dalam waktu 24 Jam. Dengan demikian dapat diketahui nilai beban minimal dan beban puncak dari PT Greenfields Indonesia. Masukkan beban yaitu sama untuk membandingkan sistem biogas yang ada pada perusahaan antara yang menggunakan bantuan *supply* PLN dan penuh menggunakan biogas.

Hour	Load (kW)	Hour	Load (kW)
0	1,600.000	11	1,750.000
1	1,650.000	12	1,720.000
2	1,600.000	13	1,700.000
3	1,680.000	14	1,780.000
4	1,650.000	15	1,760.000
5	1,620.000	16	1,790.000
6	1,680.000	17	1,800.000
7	1,690.000	18	1,850.000
8	1,700.000	19	1,900.000
9	1,750.000	20	1,950.000
10	1,780.000	21	2,000.000
		22	1,920.000
		23	1,850.000

Gambar 3. 10 *Input* Beban Perusahaan.



Gambar 3. 11 Grafik dan Rata-Rata *Input* Beban Perusahaan



### 3.8.3 Menggunakan 5 *Engine* atau Generator

Untuk masukkan pada 5 *engine* atau generator masing masing dari generator sama dengan 2 *engine* + PLN namun menggunakan 5 generator biogas seperti rangkaian homer diatas.

**GENERATOR** Name: Generic Biogas Genset (size-your-own) Abbreviation: Bio

Properties  
Name: **Generic Biogas Genset (size-your-own)**  
Abbreviation: **Bio**  
Manufacturer: **Generic**  
[www.homerenergy.com](http://www.homerenergy.com)

Costs

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/op. hr)
800	\$16,500.00	\$16,500.00	\$1.50

Click here to add new item

Multipliers: [ ] [ ] [ ]

Site Specific Input

Minimum Load Ratio (%): 50.00 Heat Recovery Ratio (%): 0.00 Lifetime (Hours): 20,000.00  
Minimum Runtime (Minutes): 1,440.00

Capacity Optimization

Size (kW)
0
800

Electrical Bus:  AC  DC

**Fuel Resource | Fuel Curve | Biogas | Emissions | Maintenance | Schedule**

Carbon Monoxide (g/kg of fuel): 0

Unburned Hydrocarbons (g/kg of fuel): 12.80

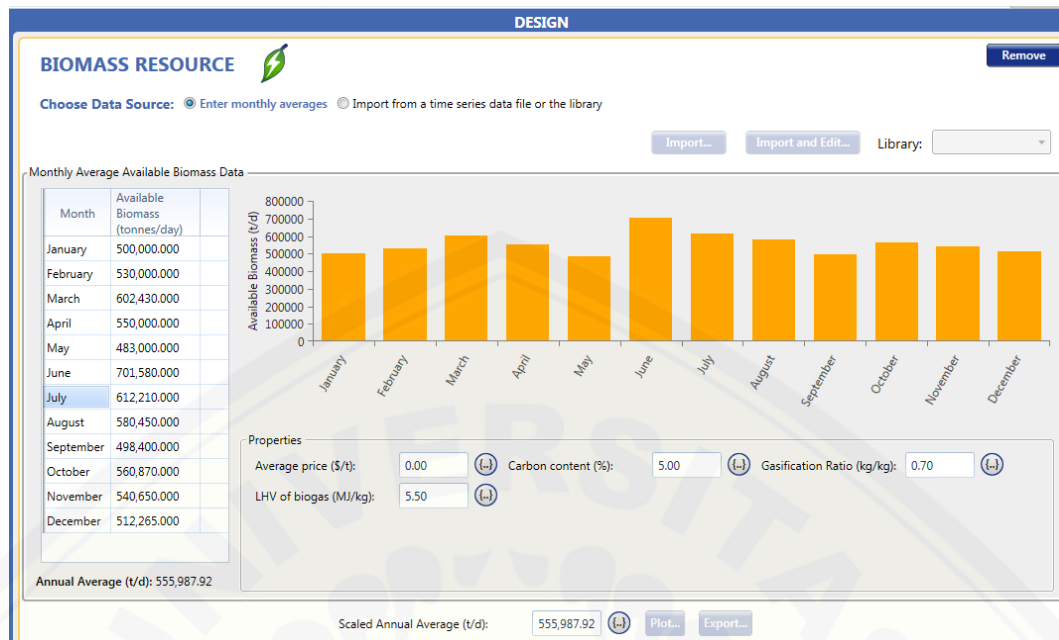
Particulate Matter (g/kg of fuel): 0

Proportion of Fuel Sulfur converted to PM (g/{0} of fuel): 23.52

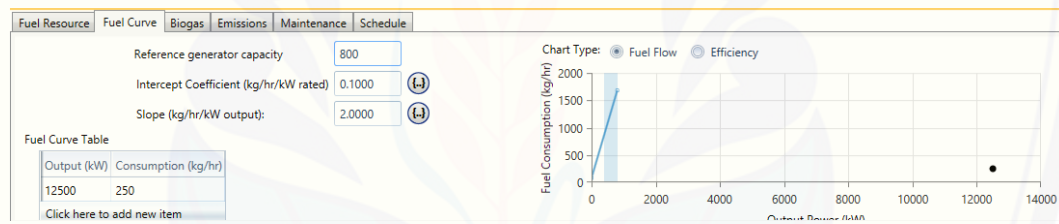
Nitrogen Oxides (g/kg of fuel): 0

Gambar 3. 12 Masukan 5 Generator Biogas

Untuk pemodelan sistem pembangkit dengan menggunakan pembangkit listrik biogas, HOMER memerlukan data berupa Jumlah limbah kotoran sapi (*wastewater*) yang tersedia setiap bulan selama satu tahun. Dimana satuan input limbah kotoran sapi yang dimasukkan yaitu ton/hari. Hal ini bertujuan untuk memprediksi cukup tidaknya kotoran sapi yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan daya yang terpasang pada pembangkit listrik biogas. Untuk input jumlah limbah kotoran sapi pada HOMER dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. 13 Masukkan Data Limbah Kotoran Sapi

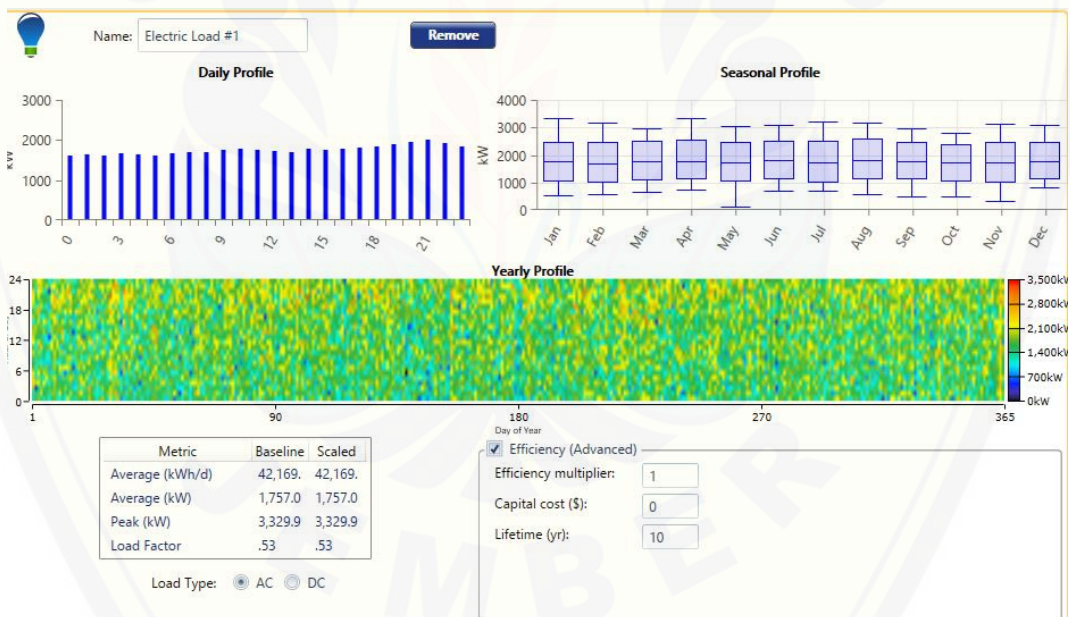


Gambar 3. 14 Kurva Masukkan Data Limbah Kotoran Sapi

Pada penelitian ini beban yang digunakan adalah beban harian setiap jamnya dari PT Greenfields Indonesia. Dimana pemasukan nilai beban pada HOMER menggunakan besar beban harian dalam waktu 24 Jam. Dengan demikian dapat diketahui nilai beban minimal dan beban puncak dari PT Greenfields Indonesia. Masukkan beban yaitu sama untuk membandingkan sistem biogas yang ada pada perusahaan antara yang menggunakan bantuan *supply* PLN dan penuh menggunakan biogas.

Hour	Load (kW)	Hour	Load (kW)
0	1,600.000	11	1,750.000
1	1,650.000	12	1,720.000
2	1,600.000	13	1,700.000
3	1,680.000	14	1,780.000
4	1,650.000	15	1,760.000
5	1,620.000	16	1,790.000
6	1,680.000	17	1,800.000
7	1,690.000	18	1,850.000
8	1,700.000	19	1,900.000
9	1,750.000	20	1,950.000
10	1,780.000	21	2,000.000
		22	1,920.000
		23	1,850.000

Gambar 3. 15 *Input* Beban Perusahaan.



Gambar 3. 16 Grafik dan Rata-Rata *Input* Beban Perusahaan

## BAB 5 PENUTUP

### 5.1 KESIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan pada Pembangkit Listrik Tenaga Biogas di PT Greenfields Indonesia dan PT gunung Kawi Biogas, serta simulasi pada aplikasi Homer dapat disimpulkan bahwa :

1. Biogas yang dihasilkan pada sistem bergantung pada banyaknya jumlah sapi dan kotoran sapi yang dihasilkan setiap harinya. Proses pembentukan biogas dipengaruhi oleh kadar gas  $CH_4$  dan  $O_2$ . Setiap unit generator biogas mengkonsumsi biogas sebesar  $6000 \text{ m}^3/\text{hari}$  dan Keluaran daya generator biogas sebesar  $12500 \text{ kWh/harinya}$ .
2. Biaya pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas yaitu sebesar  $2.812,5 \text{ USD/kW}$  dan pengembalian dana investasi paling cepat terjadi pada suku bunga 6% di tahun ke-6 sejak pembangkit beroperasi. Efisiensi Pembangkit Listrik Biogas untuk 1 generator 81,24%, 2 generator 90,58%, dan 5generator 94,86%.
3. Pada aplikasi homer digunakan 5 generator biogas untuk simulasi dikarenakan menyesuaikan keluaran daya total per generator yaitu 800 kW. Sehingga menghasilkan daya keluaran total 4000 kW untuk mencukupi daya permintaan perusahaan.

### 5.2 SARAN

Karena sistem pembangkit PLT Biogas ini masih kurang untuk memenuhi kebutuhan beban perusahaan PT Greenfields Indonesia, maka Daya dari PLN harus tetap terpasang. Hal ini untuk mengatasi apabila terjadi permintaan beban yang melebihi kapasitas sistem PLT Biogas PT Gunung Kawi Biogas. Serta perlu penambahan generator biogas untuk dapat menyukupi permintaan beban perusahaan serta pembaruan peralatan pada proses pembentukan biogas.

DAFTAR PUSTAKA

- Febriyanita, W. 2005. Pengembangan Biogas Dalam Rangka Pemanfaatan Energi Terbarukan Di Desa Jetak Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang. *Skripsi*. Semarang: Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Semarang.
- Priyadi, F., dan Subiyanta E. Studi Potensi Biogas dari Kotoran Ternak Sapi sebagai Energi Alternatif untuk Penerangan. Cirebon: Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 (UNTAG '45).
- Hanif, A. 2010. Studi Pemanfaatan Biogas Sebagai Pembangkit Listrik 10 KW Kelompok Tani Mekarsari Desa Dander Bojonegoro Menuju Desa Mandiri Energi. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Arifin, M., Saepudin, A., dan Santosa A. 2011. Kajian Biogas Sebagai Sumber Pembangkit Tenaga Listrik di Pesantren Saung Balong Al-Barokah, Majalengka, Jawa Barat. *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*. 2(2) : 73-78.
- Minalisa, M. 2011. Pembangkit Listrik Tenaga Biogas. <http://medyaminalisa.blogspot.co.id/2011/12/pembangkit-listrik-tenaga-biogas.html>. [Diakses pada 2 Juni 2017].
- Akaibara. Agustus 3, 2016. Profil Kecamatan Ngajum, Kabupaten Malang. <http://ngalam.co/2016/08/03/profil-kecamatan-ngajum-kabupaten-malang/>. [Diakses pada 2 Juni 2017].
- Rasyidi Fachry, H.A., Rinenda, dan Gustiawan. 2004. Penentuan Nilai Kalorifik yang Dihasilkan dari Proses Pembentukan Biogas. Jl. Raya Prabumulih KM. 32 Inderalaya 30662 : Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Unsri. *Jurnal Teknik Kimia*. 5(2) : 7-12.
- Lukmana, R. Teknologi Digester Biogas UPT Fakultas Peternakan Universitas Andalas Padang. [https://www.academia.edu/9528385/Teknologi\\_Hasil\\_Ternak](https://www.academia.edu/9528385/Teknologi_Hasil_Ternak). [Diakses pada 2 Juni 2017].

- R. Saragih, B. 2010. Analisis Potensi Biogas untuk menghasilkan energy listrik dan termal pada gedung komersil di daerah perkotaan. *Thesis*. Jakarta : Universitas Indonesia,
- Widodo, T W., Asari, A., Ana, N, dan Erlita.R, 2006. Rekayasa dan Pengujian Reaktor Biogas Skala Kelompok Tani Ternak.
- Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2016. Kajian Indonesia Energy Outlook.
- Waskito, D. 2011. Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dengan Kotoran Sapi di Kawasan Ternak Sapi. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Website Resmi Desa Babadan Kecamatan Ngajum Kabupaten Malang. 2016. Gambaran Umum Desa.  
<http://desa-babadan.malangkab.go.id/read/detail/798/gambaran-umum-desa.html> [Diakses pada 6 Juni 2017].
- Bag. Pengelola Data Elektronik Malang. 2011. Selayang Pandang Kecamatan Ngajum. <http://ngajum.malangkab.go.id/?s=selayang+pandang> [Diakses pada 6 Juni 2017].
- Kencana Online. 2017. Generator Biogas 200 KW.  
[http://kencanaonline.com/index.php?route=product/product&product\\_id=360](http://kencanaonline.com/index.php?route=product/product&product_id=360) [Diakses pada 12 Juni 2017].
- Guangdong Honny Power-tech Co., Ltd. 2010. Googol 200kW Power Generator set 250 kVA ATS Diesel Generator.  
<http://honnypower.gmc.globalmarket.com/products/details/googol-200kw-power-generator-set-250kva-ats-diesel-generator-9509261.html> [Diakses pada 12 Juni 2017].
- Hirst, G. 2013. Biogas sebagai Bahan Bakar Mesin Diesel. ECHO Asia Note #19. Vientiane, Laos. Chief Engineer di Lao Institute for Renewable Energy (LIRE),
- Yahya, Sean Yudha. 2013. *Analisis Pembangkit Listrik Hibrida (PLH), Diesel dan Energi Terbarukan di Pulau Mandangin, Sampang, Madura Menggunakan software HOMER*. Universitas Brawijaya
- Contaned Energy Indonesia. 2010. *Buku Panduan Energi yang Terbarukan*. PNPM Mandiri.

Dictio. 2017 Rumus Biaya Modal.

<https://www.dictio.id/t/apa-yang-dimaksud-dengan-biaya-modal-cost-of-capital/8183/4.html> [Diakses pada 18 Agustus 2018].

Tarif dasar Listrik. 2018. Biaya tarif PLN

<http://www.obengplus.com/articles/4518/1/Daftar-tarif-dasar-listrik-PLN-2018-dan-Cek-Tagihan-Listrik-Online.html>

[Diakses pada 18 Agustus 2018]

MarelliGenerators. 2016. Spesifikasi Generator

<http://rcipower.com/1037454663631001B>

[Diakses pada 18 Agustus 2018]

machinio.com. 2010. Harga generator biogas mjb 450 mb4

<https://www.machinio.com/listings/28484665-2010-marelli-mjb-450-lb4-b24-in-poland> [Diakses pada 18 Agustus 2018]

Lampiran

1. Data yang diperoleh dari perusahaan PT Gunung Kawi Biogas

No.	Data yang dibutuhkan	Keterangan
1	Proses kotoran sapi menjadi biogas	Sudah
2	Proses konversi biogas menjadi listrik	Sudah
3	Nilai atau persentase rata-rata standart gas untuk di konversikan menjadi listrik	CH <sub>4</sub> > 50% O <sub>2</sub> diantara 1-2%
4	Nilai <i>wastewater</i> setiap harinya	1200 m <sup>3</sup> - 1500 m <sup>3</sup>
5	Nilai pada <i>flowmeter</i> untuk mengukur <i>wastewater</i> yg masuk dan keluar pada sistem setiap jam selama tgl 1-10	1500 m <sup>3</sup> /day
6	Spesifikasi CIGAR	Uk. 73 m x 83 m x 13 m
7	Energi total dan energi tiap jamnya yang dihasilkan tiap harinya	Hitung sendiri
8	Keluaran daya generator tiap harinya di bulan juli selama tanggal 1-10	12500 kwh/day untuk 1 unit <i>engine</i>
	Keluaran daya generator tiap jamnya di bulan juli selama tanggal 1-10	520,83 kw
9	Minimal konsumsi biogas oleh generator tiap harinya dibulan juli tgl 1-10	6000 m <sup>3</sup> /day untuk 1 unit <i>engine</i>
	Minimal konsumsi biogas oleh generator tiap jamnya dibulan juli tgl 1-10	250 m <sup>3</sup>
10	Produksi biogas tiap harinya selama bulan juli di tgl 1-10	16100 m <sup>3</sup> /day (dengan asumsi <i>flow wastewater</i> 1500 m <sup>3</sup> dengan <i>CODin</i> 35800 mg/L)
	Produksi biogas tiap jamnya selama bulan juli	670,83 m <sup>3</sup>



	di tgl 1-10	
11	Total biogas yang dibutuhkan genset tiap harinya selama bulan juli tgl 1-10	6000 m <sup>3</sup> /day untuk 1 unit <i>engine</i>
12	Jumlah hewan ternak yang ada di greenfield	13200
13	Biaya investasi instalasi <i>plant</i>	4,5 juta USD
14	Harga total investasi plant biogas	Estimasi 4,5 juta USD
15	Beban listrik yang dibutuhkan GF setiap jamnya pada tanggal 1-10 menggunakan biogas	DF 1 = 1500 A Df 2 = 800 A UPS = 350 A
16	Modal awal <i>plant</i>	± 10% dari nilai investasi
17	Data penggunaan <i>supplay</i> listrik dari PLN tiap harinya	Total beban- rata-rata <i>supplay</i> biogas tiap hari

## 2. Tarif PLN tahun 2018



**PT PLN (Persero)**

Jalan Trunojoyo Blok M II/135 Kebayoran Baru – Jakarta 12160

Telepon : (021) 7261875, 7261122, 7262234

Facsimile : (021) 7221330

Website : www.pln.co.id

(021) 7251234, 7250550

### PENETAPAN PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT)

#### BULAN APRIL - JUNI 2018

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.467,28	1.467,28
2	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.467,28	1.467,28
3	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.467,28	1.467,28
4	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*)	1.467,28	1.467,28
5	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
6	B-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
7	I-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
8	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***)	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 kVArh = 996,74 ****)	-
9	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
10	P-2/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
11	P-3/TR		*)	1.467,28	1.467,28
12	L/TR, TM, TT		-	1.644,52	-

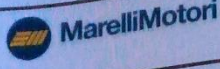
**Catatan**

- \*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):  
RM1 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian.
- \*\*\*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):  
RM2 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian LWBP.  
Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.
- \*\*\*\*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):  
RM3 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian WBP dan LWBP.  
Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.
- \*\*\*\*\*) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dan 0.85 (delapan puluh lima per seratus).
- K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat (1,4 ≤ K ≤ 2), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.

WBP : Waktu Beban Puncak

LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

3. Spesifikasi Generator

		TEST REPORT FOR SINCHRONOUS GENERATOR		mjb450mb4_MD16117-33380 sheet 1 of 9	
PURCHASER	<u>MWM</u>				
PURCHASER ORDER	<u>MWM</u>				
M.M. ORDER	<u>//</u>				
Q.C.P.	<u>F96833</u>				
INTERNAL PROCEDURE	<u>PO 96550 / F 96432 / F 96433 / F96932 / F 96933</u>				
GENERATOR TYPE	<u>MJB 450 MB4</u>	SERIAL N°	<u>MD16117</u>		
CODE	<u>MJB4542K33380</u>				
POWER	kva	<u>1250</u>			
STATOR VOLT	volt	<u>400</u>			
STATOR CURRENT	amp	<u>1804</u>			
STAT. CONNECTION	<u>STAR</u>		<input checked="" type="checkbox"/> It verifies mechanical execution		
POWER FACTOR	<u>0,8</u>		<input checked="" type="checkbox"/> It verifies execution wirings		
SPEED RPM	rpm	<u>1500</u>			
FREQUENCY	hz	<u>50</u>			
VOLT EXCITATION	volt	<u>34</u>			
AMPER EXCITATION	amp	<u>5,6</u>			
INSULATION CLASS	<u>H overt. cl. F</u>				
MEC. PROTECTION	<u>IP 23</u>				
DUTY	<u>S 1</u>				
AMB. TEMPERATURE	C°	<u>40</u>			
ROTATION DIRECT	<u>Clockwise</u>				
A.V.R. CODE	<u>M71FA320A</u>				
STANDARDS	<u>IEC 34-1</u>				
TEST BENCH	<u>B4C</u>				



**THREE PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR  
MJB 450 MB4**

CONTINUOUS DUTY

**4 poles  
50 Hz - 1500 rpm / 60 Hz - 1800 rpm**

<b>AMBIENT TEMPERATURE</b>	40°C	<b>WINDING DATA</b>							Winding code	80
<b>TEMPERATURE RISE</b>	H								Number of leads	6
<b>INSULATION CLASS</b>	H								Winding pitch	2/3
<b>POWER FACTOR</b>	0,8									
<b>FREQUENCY</b>	Hz	50 Hz			60 Hz					
<b>VOLTAGE</b>	Star V	380	400	415	416	440	460	480		
<b>RATING</b>	kVA kW	1460 1168	1500 1200	1500 1200	1620 1296	1720 1376	1800 1440	1800 1440		
<b>EFFICIENCY [%] @ 0,8 p.f.</b>	4/4	95,7	95,9	96,0	96,0	96,1	96,3	96,3		
	3/4	95,8	96,0	96,0	96,2	96,3	96,4	96,4		
	2/4	95,9	96,1	95,8	96,2	96,3	96,4	96,4		
<b>EFFICIENCY [%] @ 1 p.f.</b>	4/4	96,6	96,8	96,8	96,8	96,9	97,1	97,1		
	3/4	96,7	96,8	96,8	97,0	97,1	97,2	97,2		
	2/4	96,8	96,9	96,7	97,0	97,1	97,2	97,2		
<b>SHORT CIRCUIT RATIO</b>	SCR	0,34	0,37	0,40	0,31	0,33	0,34	0,37		
<b>REACTANCES [%]</b>										
Direct axis synchronous	X <sub>d</sub>	348	323	300	387	367	352	323		
Quadrature axis synchronous	X <sub>q</sub>	194	180	167	216	205	196	180		
Direct axis transient	X' <sub>d</sub>	34,1	31,6	29,4	37,9	35,9	34,4	31,6		
Direct axis subtransient	X'' <sub>d</sub>	16,0	14,8	13,7	17,7	16,8	16,1	14,8		
Quadrature axis subtransient	X'' <sub>q</sub>	16,4	15,2	14,1	18,2	17,3	16,6	15,2		
Negative sequence	X <sub>2</sub>	16,2	15,0	13,9	18,0	17,1	16,3	15,0		
Zero sequence	X <sub>0</sub>	4,4	4,1	3,8	4,9	4,7	4,5	4,1		
<b>TIME CONSTANTS [s]</b>										
Open circuit	T' <sub>do</sub>							3,37		
Transient	T' <sub>d</sub>							0,33		
Subtransient	T'' <sub>d</sub>							0,02		
Armature	T <sub>a</sub>							0,36		

**MECHANICAL CHARACTERISTICS**

D-end bearing/Lubrication	6326 C3 / With grease nipple
N-end bearing/Lubrication	6320 C3 / With grease nipple
Overspeed [r.p.m.]	2250
Inertia (J) [kgm <sup>2</sup> ]	29 Refer to B34 construction
Weight [kg]	3200 Refer to B34 construction
Method of cooling	IC01
Cooling air required [m <sup>3</sup> /s] @ 50/60 Hz	1,50 / 1,80
Degree of protection	IP23
Types of construction available	B2 (SAE) - IM B34 - IM B20
Direction of rotation (Standard)	CW

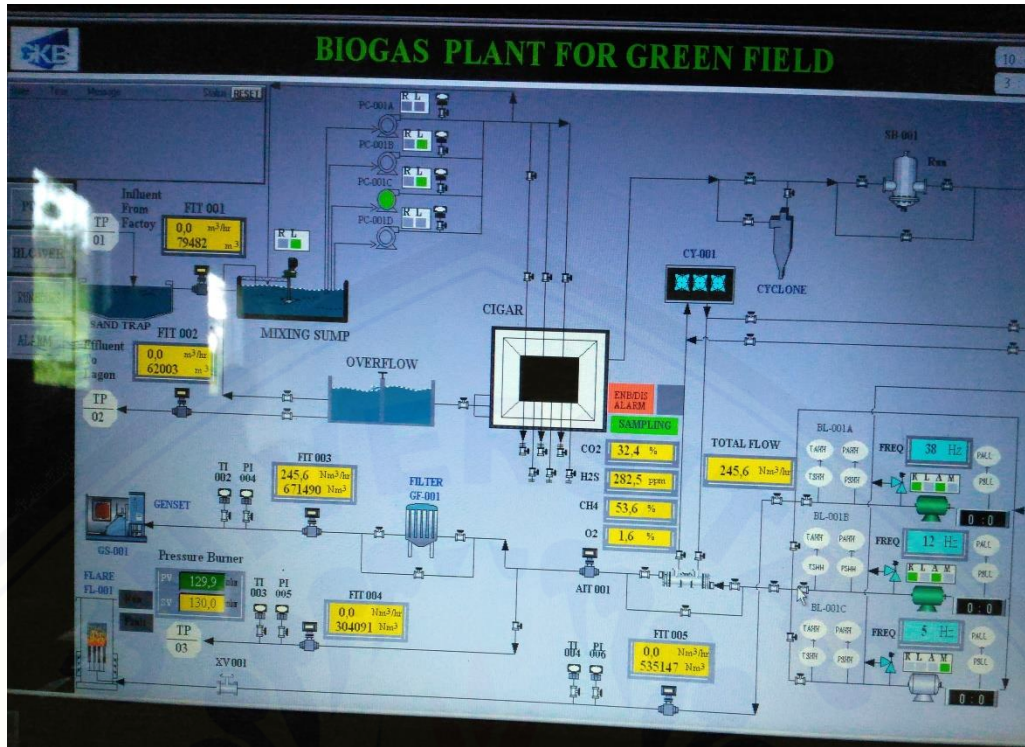
**OTHER DATA**

Phase resistance [Ω] @ 20 °C - Star series	1,6
Overloads	10% for 1 hour every 12 hours
3-phase short circuit sustained current	≥ 300 % (3 I <sub>n</sub> ) with auxiliary winding
Voltage regulation accuracy	± 0,5 % In steady state condition
Radio interference	EN 55011 - Class B Group 1
Wave form THF	< 2%
Total harmonic content	< 2% - At no load

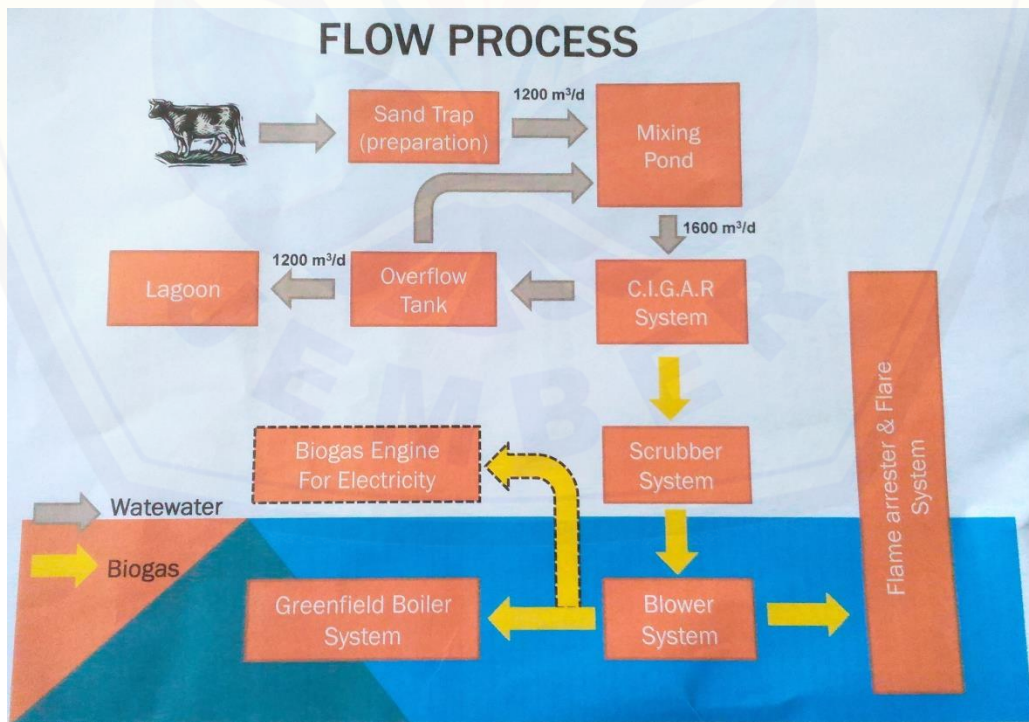
**STANDARDS**

IEC 60034-1; CEI 2-3; BS 4999-5000; VDE 0530; NF 51-100,111; OVE M-10, NEMA MG 1.22.

4. sistem SCADA pada PLT Biogas PT Gunung Kawi Biogas



5. Bagan atau Blok diagram Proses Biogas



6. Foto Komponen Sistem PLT Biogas PT Gunung Kawi Biogas







Ket :

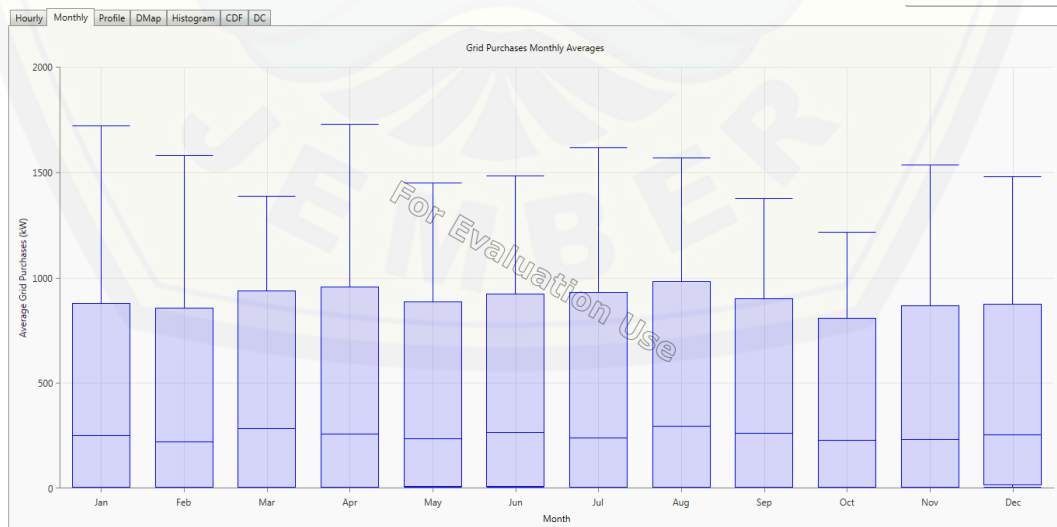
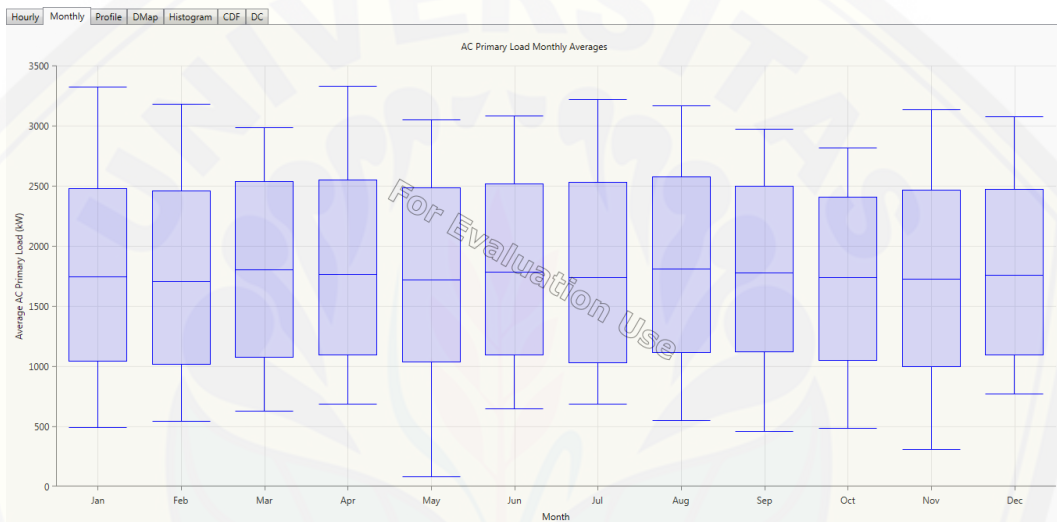
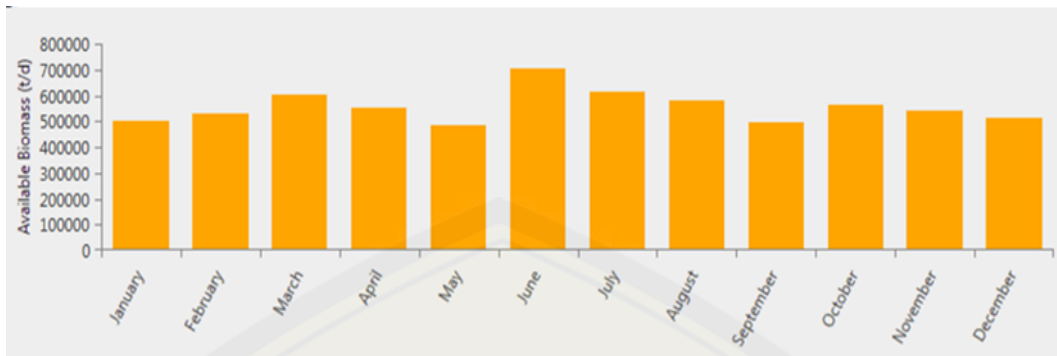
1. *Liquid Pam*
2. *Tritid Pam*
3. Panel kontrol
4. *Gas Trand*
5. Trafo 20 kV
6. *CIGAR* atau *Digester*
7. *Scrubber*
8. MUW 1 dan MUW 2
9. *Ciller*
10. *Blower*
11. *Feedpam*
12. *Flare*
13. *Overflow*
14. *Gas Analyzer*
15. *Gas Filter*



7. Foto Generator Biogas

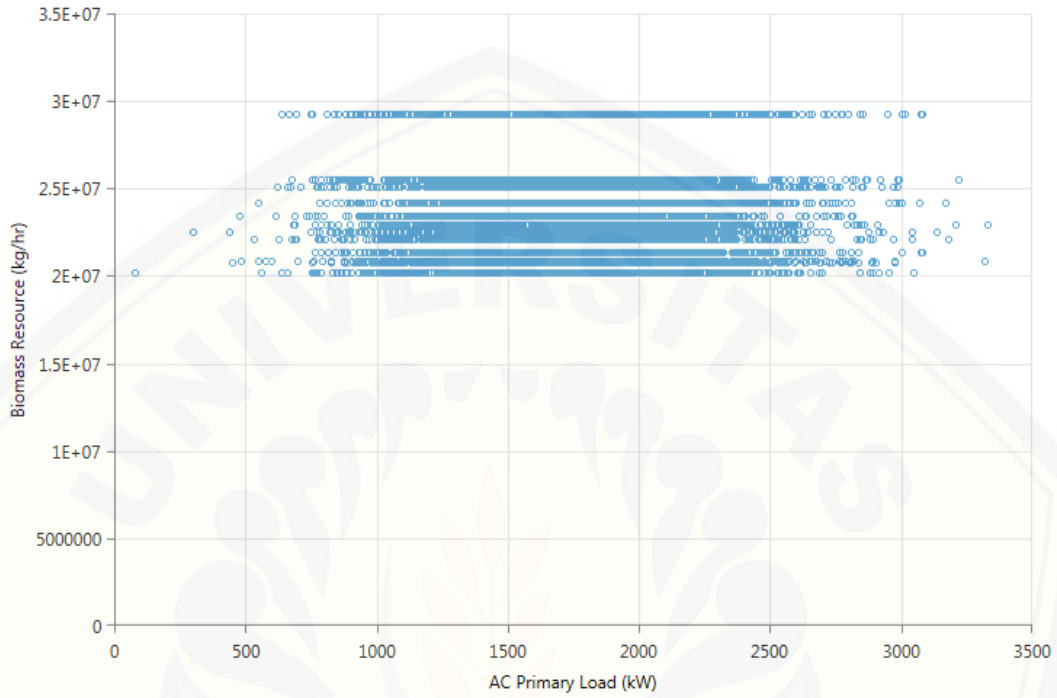


8. Grafik Biogas, Beban Listrik, PLN perbulan serta perbandingannya satu sama lain.



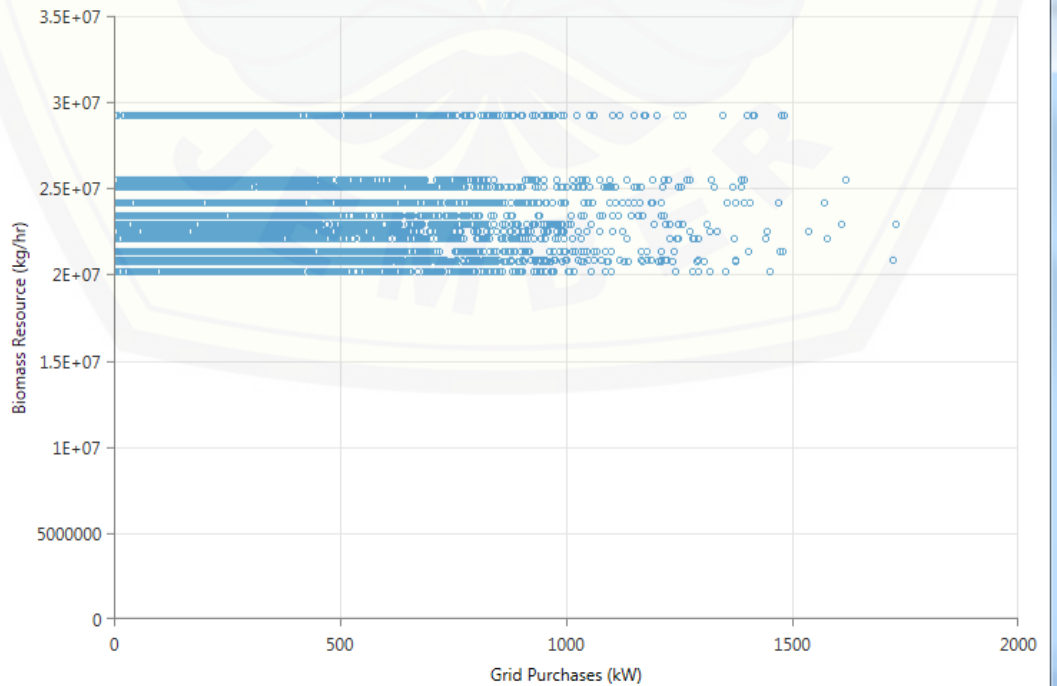
Plot: Biomass Resource Filter by:  Month  Data Column: Biomass Resource  
versus: AC Primary Load January  Min: 0.0  Max: 1000.0

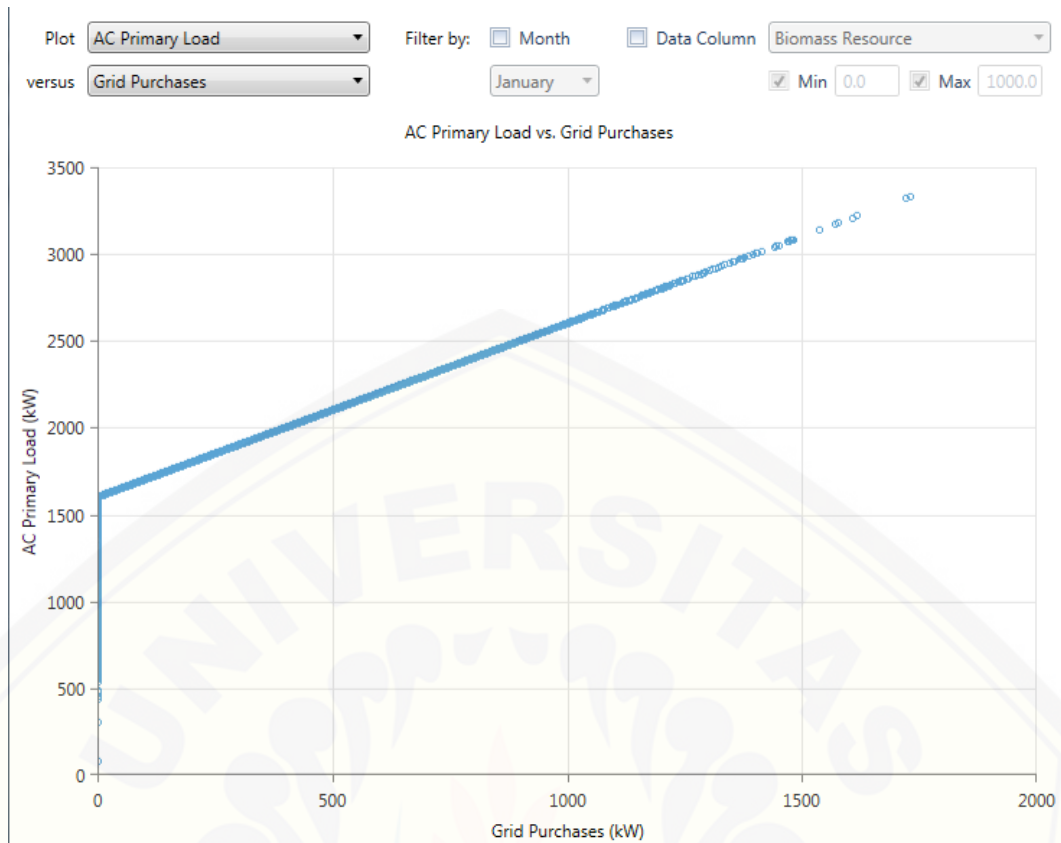
Biomass Resource vs. AC Primary Load



Plot: Biomass Resource Filter by:  Month  Data Column: Biomass Resource  
versus: Grid Purchases January  Min: 0.0  Max: 1000.0

Biomass Resource vs. Grid Purchases

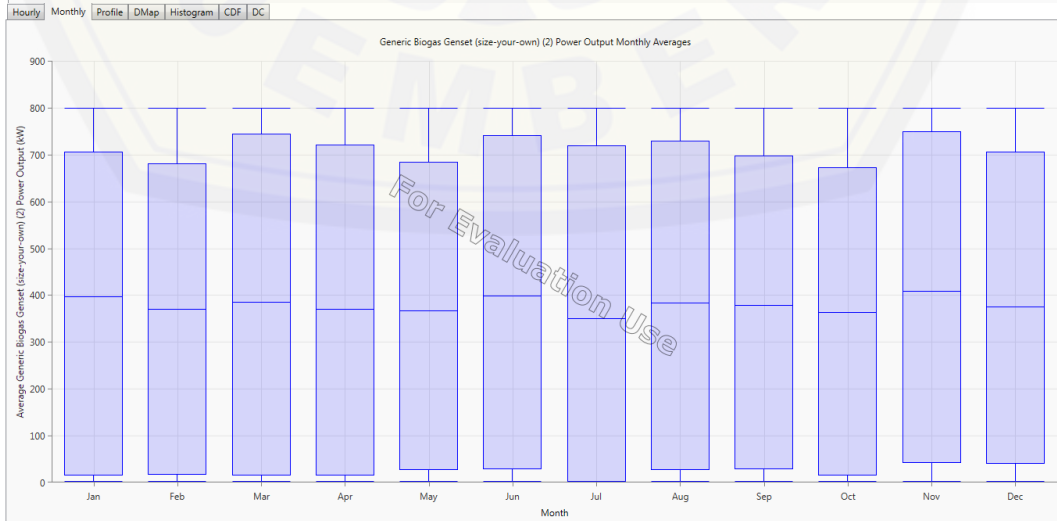
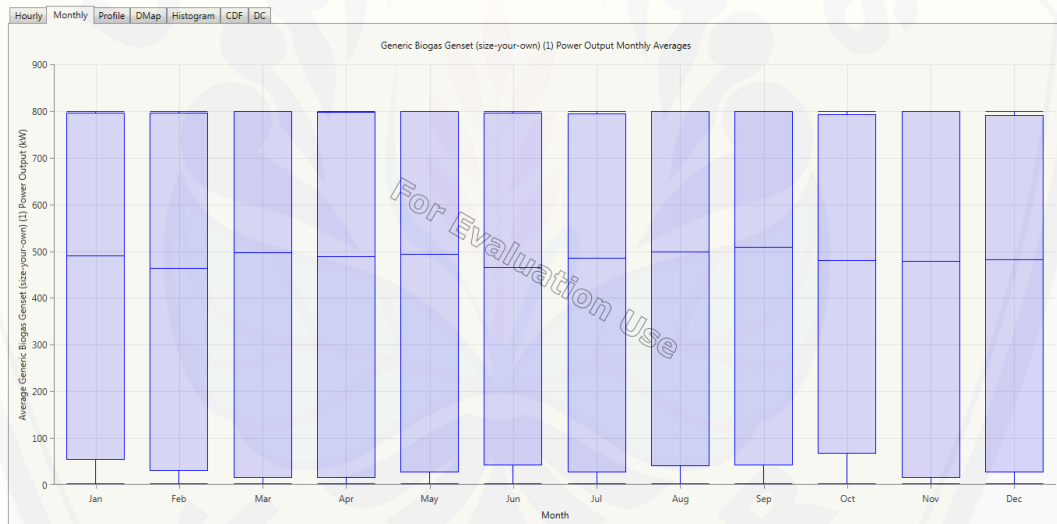
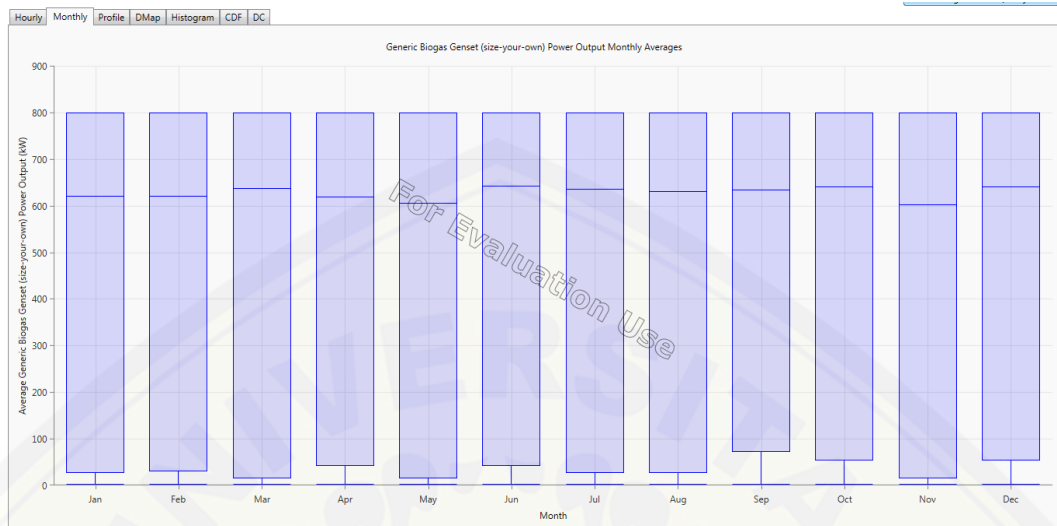


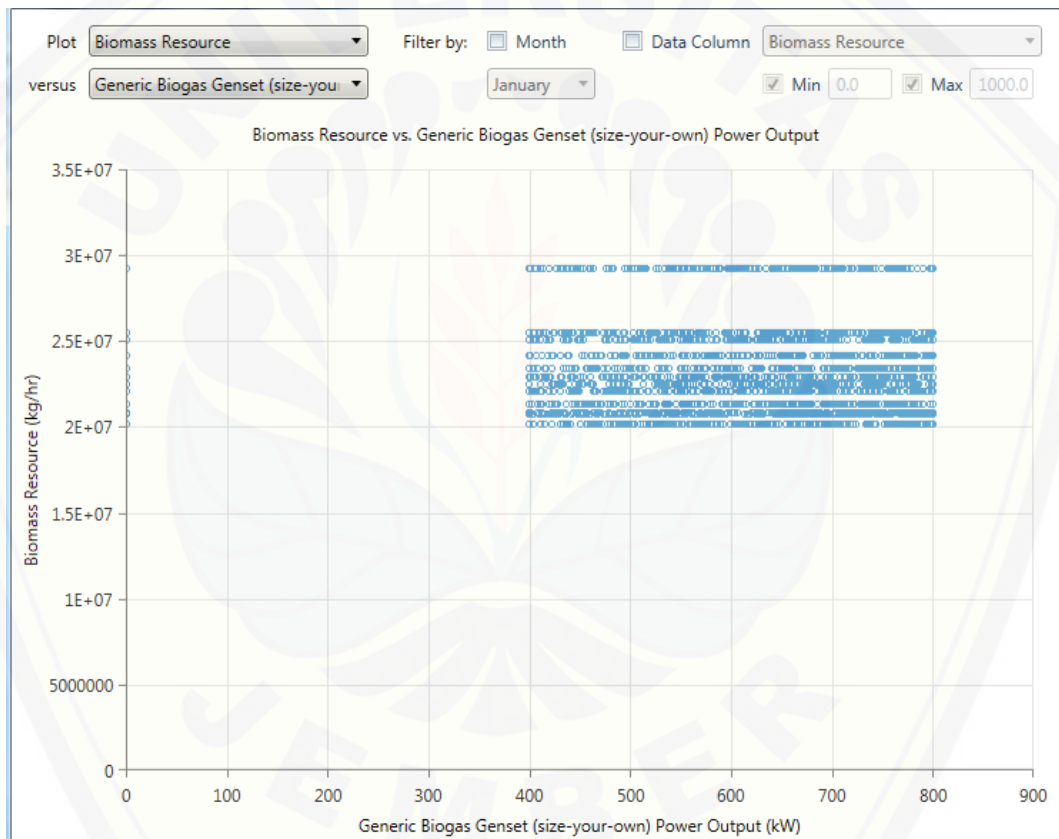
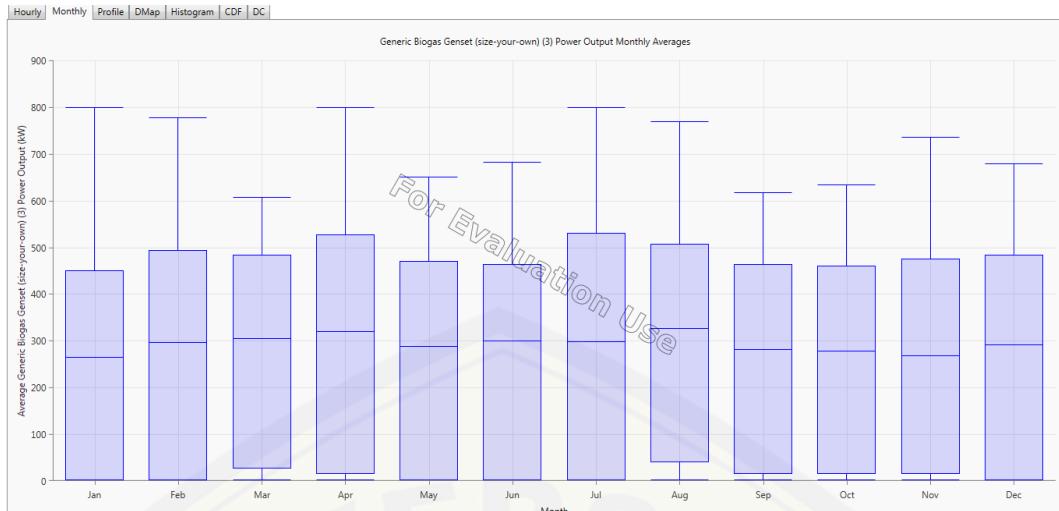


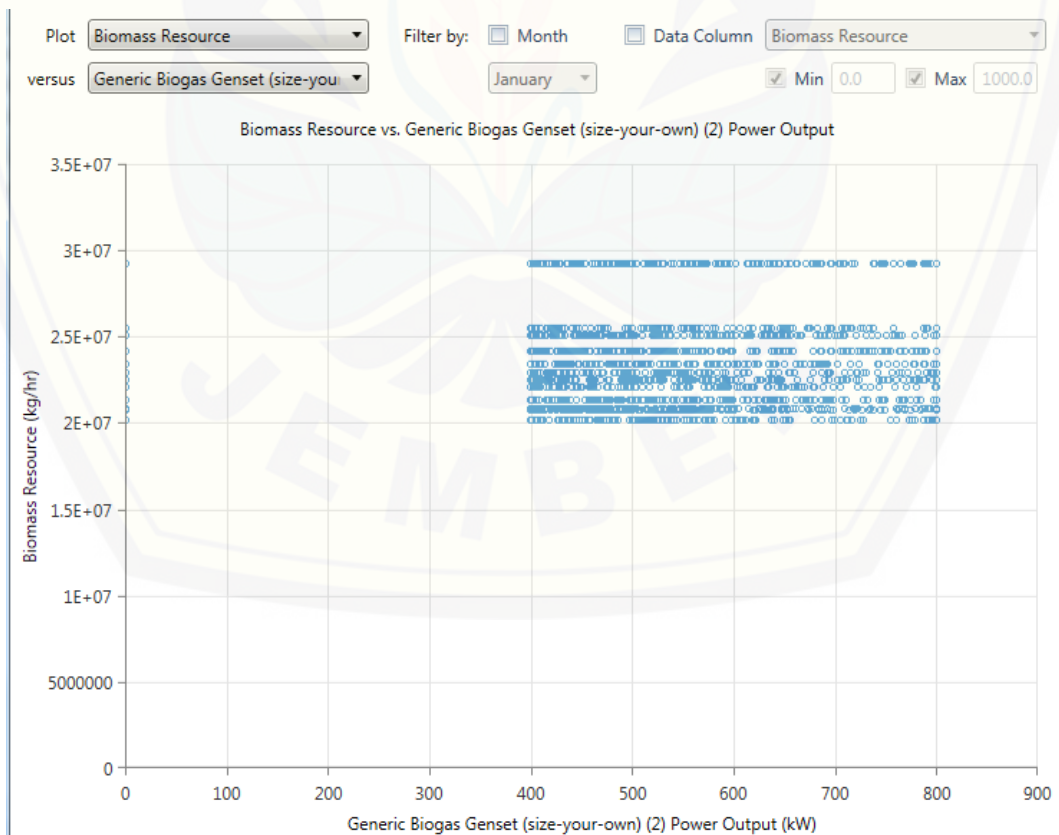
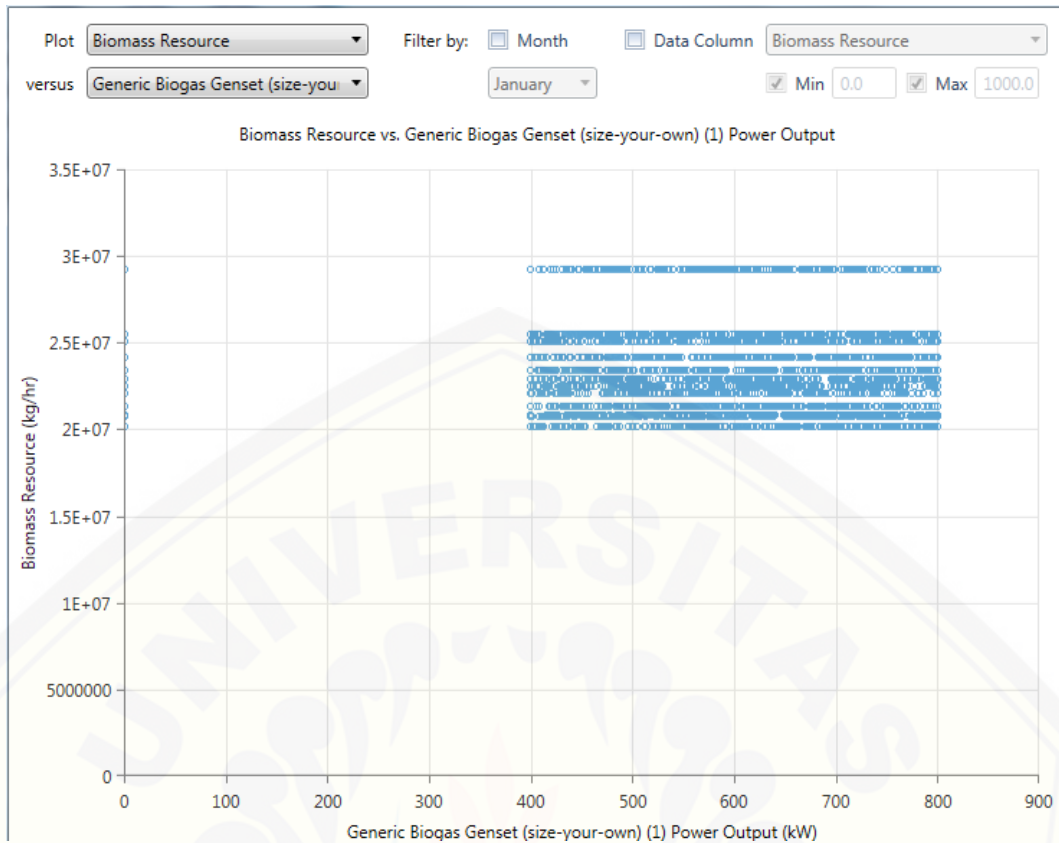
Ket :

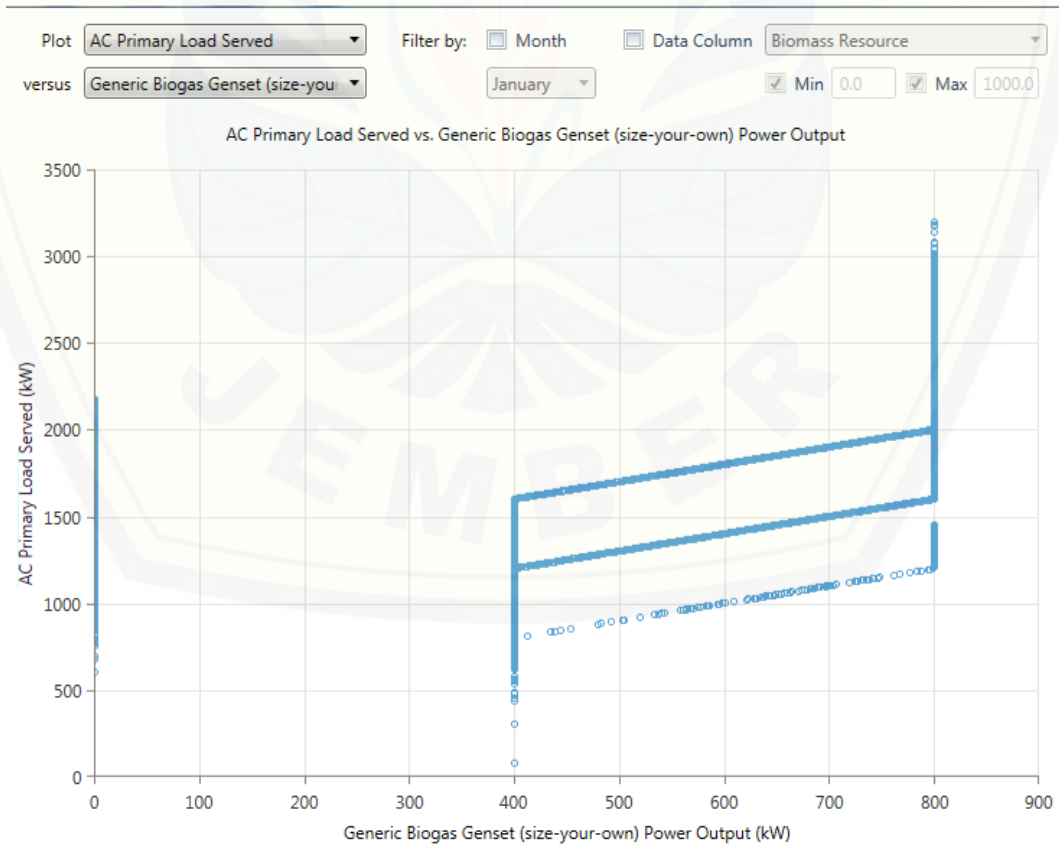
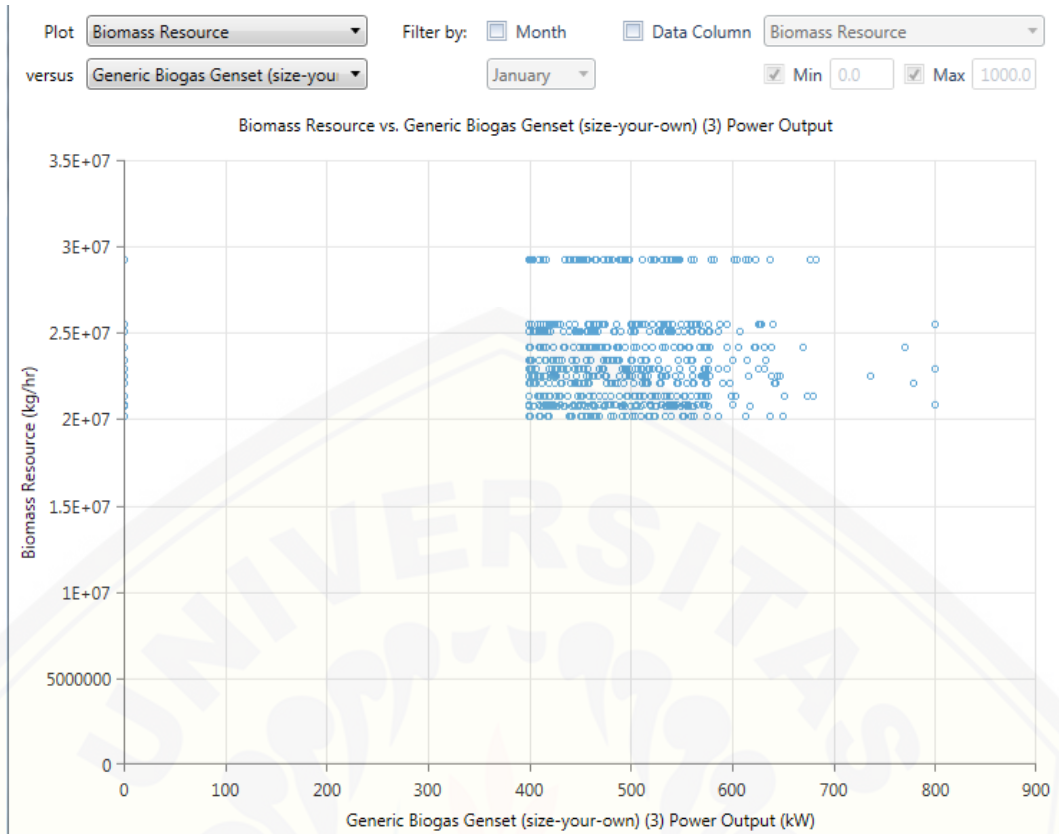
1. Grafik konsumsi Biogas
2. Grafik beban permintaan perusahaan
3. Grafik *supplay* daya dari PLN untuk perusahaan
4. Grafik perbandingan biogas dengan beban
5. Grafik perbandingan biogas dengan daya *supplay* PLN
6. Grafik perbandingan beban dengan daya *supplay* PLN

9. Grafik 4 generator pada program sistem 5 engine perbulannya serta perbandingan setiap generator dalam pengkonsumsian biogas dan pada beban.





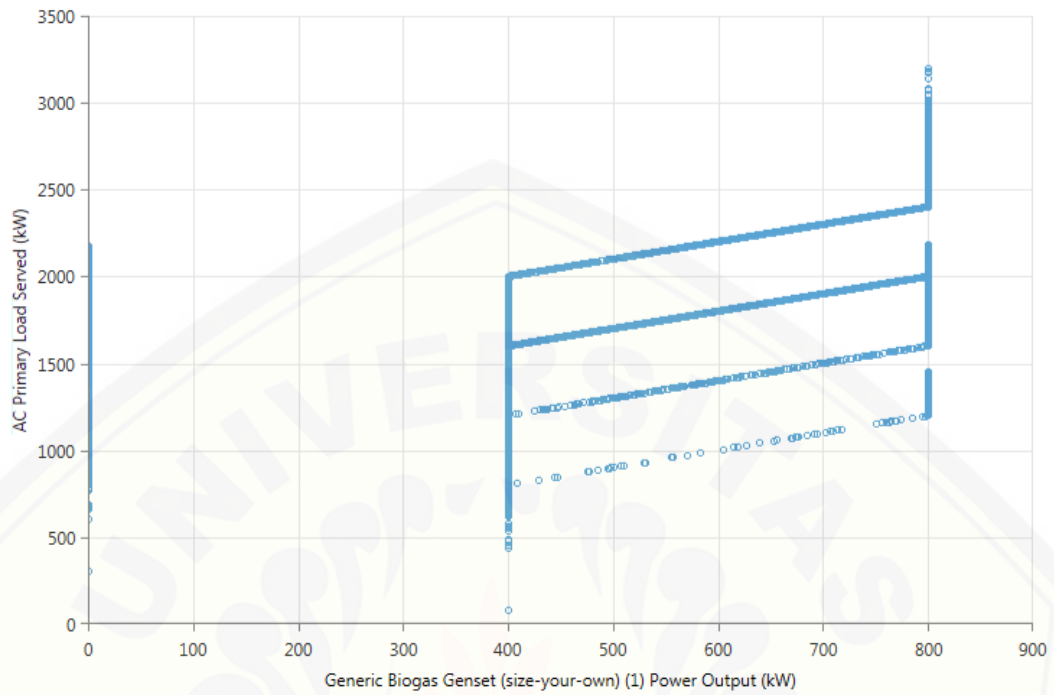






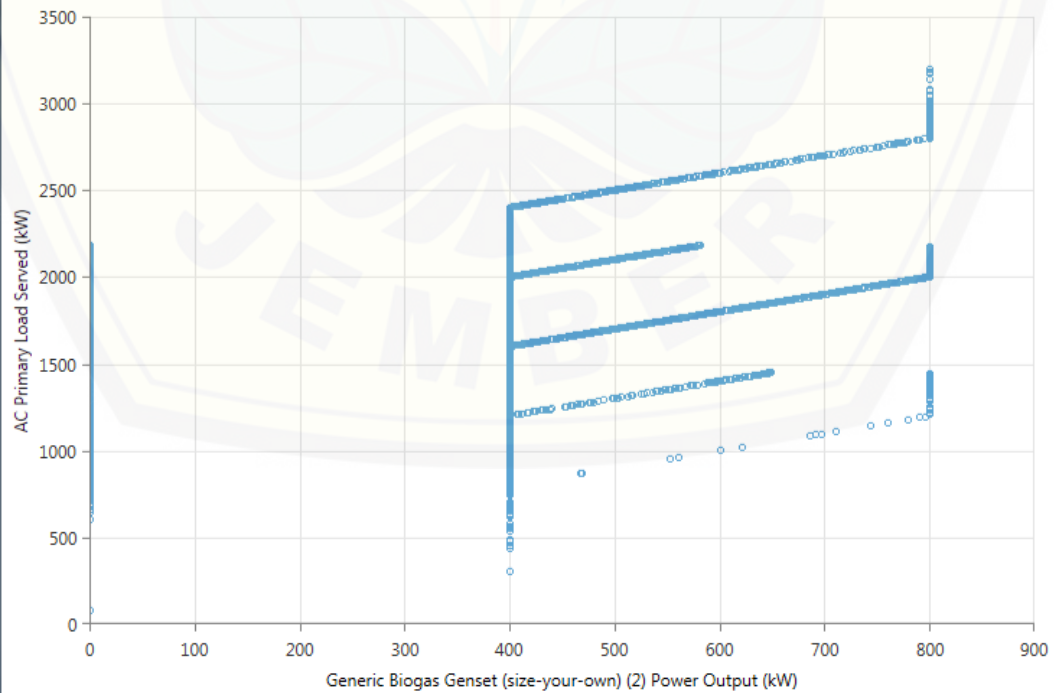
Plot: AC Primary Load Served Filter by:  Month  Data Column: Biomass Resource  
versus: Generic Biogas Genset (size-you) January  Min: 0.0  Max: 1000.0

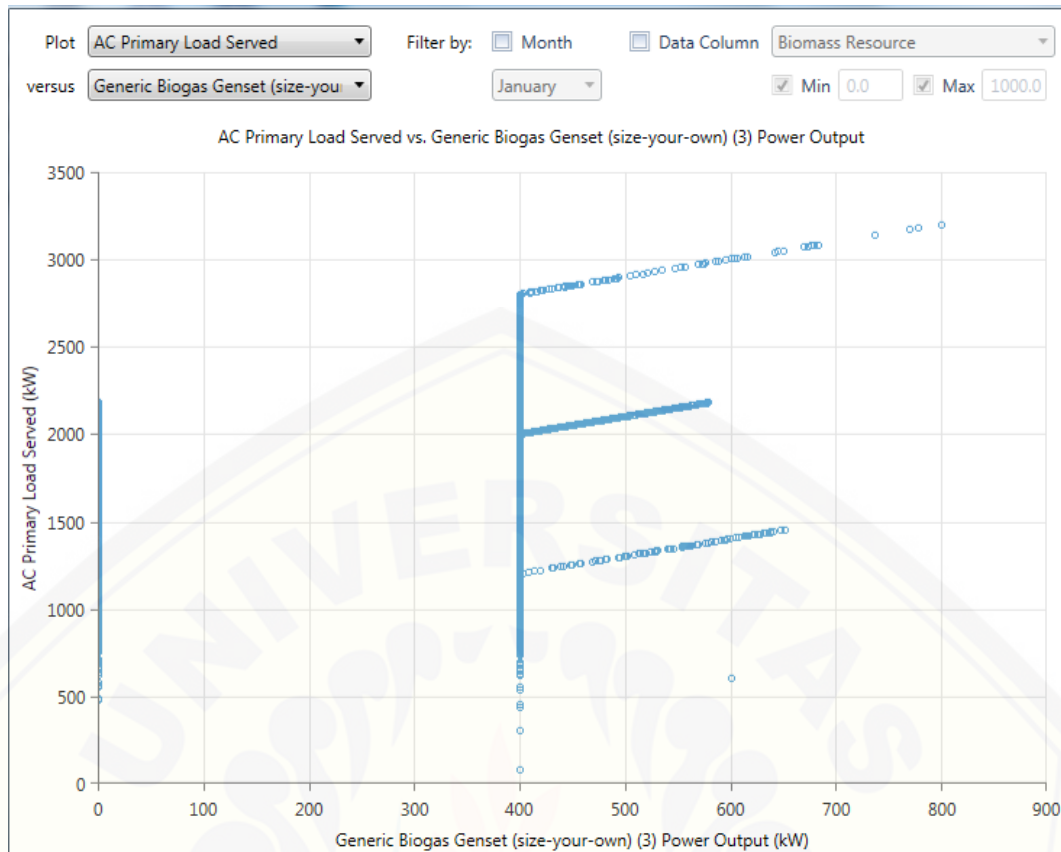
AC Primary Load Served vs. Generic Biogas Genset (size-your-own) (1) Power Output



Plot: AC Primary Load Served Filter by:  Month  Data Column: Biomass Resource  
versus: Generic Biogas Genset (size-you) January  Min: 0.0  Max: 1000.0

AC Primary Load Served vs. Generic Biogas Genset (size-your-own) (2) Power Output





Ket :

1. Grafik daya yang dihasilkan pada generator 1
2. Grafik daya yang dihasilkan pada generator 2
3. Grafik daya yang dihasilkan pada generator 3
4. Grafik daya yang dihasilkan pada generator 4
5. Grafik perbandingan biogas dengan generator 1
6. Grafik perbandingan biogas dengan generator 2
7. Grafik perbandingan biogas dengan generator 3
8. Grafik perbandingan biogas dengan generator 4
9. Grafik perbandingan beban dengan generator 1
10. Grafik perbandingan beban dengan generator 2
11. Grafik perbandingan beban dengan generator 3
12. Grafik perbandingan beban dengan generator 4



11. Tabel hasil running sistem 5 engine pada aplikasi homer perjamnya

Date	Time	Biomass Resource (kg/hr)	AC Primary Load (kW)	AC Primary Load Served (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) Power Output (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) Operating Status (status)	Generic Biogas Genset (size-your-own) Fuel (kg)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (1) Power Output (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (1) Operating Status (status)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (1) Fuel (kg)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (2) Power Output (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (2) Operating Status (status)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (2) Fuel (kg)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (3) Power Output (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (3) Operating Status (status)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (3) Fuel (kg)
Jul 1	12:00 AM	29,230,870.00	1,220.18	1,220.18	420.17	2.00	920.35	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	1:00 AM	25,507,330.00	1,114.10	1,114.10	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	2:00 AM	25,507,330.00	952.95	952.95	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	3:00 AM	25,507,330.00	863.83	863.83	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	4:00 AM	25,507,330.00	1,506.50	1,506.50	706.50	2.00	1,493.01	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	5:00 AM	25,507,330.00	1,161.76	1,161.76	761.76	0.00	1,603.52	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jul 1	6:00 AM	25,507,330.00	1,564.14	1,564.14	764.14	0.00	1,608.27	400.00	2.00	880.00	400.00	0.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 1	7:00 AM	25,507,330.00	930.03	930.03	0.00	0.00	0.00	530.03	2.00	1,140.06	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 1	8:00 AM	25,507,330.00	898.19	898.19	0.00	0.00	0.00	498.19	2.00	1,076.38	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 1	9:00 AM	25,507,330.00	1,419.80	1,419.80	0.00	0.00	0.00	800.00	2.00	1,680.00	619.80	2.00	1,319.60	0.00	0.00	0.00
Jul 1	10:00 AM	25,507,330.00	1,689.85	1,689.85	800.00	0.00	1,680.00	489.85	2.00	1,059.71	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 1	11:00 AM	25,507,330.00	1,486.03	1,486.03	686.03	2.00	1,452.06	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 1	12:00 PM	25,507,330.00	2,409.23	2,409.23	800.00	2.00	1,680.00	800.00	2.00	1,680.00	409.23	2.00	898.46	400.00	0.00	880.00
Jul 1	1:00 PM	25,507,330.00	885.63	885.63	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	2:00 PM	25,507,330.00	1,395.04	1,395.04	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	3:00 PM	25,507,330.00	1,323.02	1,323.02	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	4:00 PM	25,507,330.00	1,239.15	1,239.15	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	5:00 PM	25,507,330.00	1,323.04	1,323.04	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	6:00 PM	25,507,330.00	1,113.90	1,113.90	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	7:00 PM	25,507,330.00	1,336.62	1,336.62	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	8:00 PM	25,507,330.00	2,392.43	2,392.43	800.00	2.00	1,680.00	792.43	2.00	1,664.86	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00

Total Electrical Load Served (kW)	Renewable Penetration (%)	Excess Electrical Production (kW)	Unmet Electrical Load (kW)	Total Renewable Power Output (kW)	AC Required Operating Capacity (kW)	DC Required Operating Capacity (kW)	AC Operating Capacity (kW)	DC Operating Capacity (kW)
1,220.18	0.00	0.00	0.00	0.00	1,342.19	0.00	2,400.00	0.00
1,114.10	0.00	85.90	0.00	0.00	1,225.51	0.00	2,400.00	0.00
952.95	0.00	247.05	0.00	0.00	1,048.24	0.00	2,400.00	0.00
863.83	0.00	336.17	0.00	0.00	950.21	0.00	2,400.00	0.00
1,506.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1,657.15	0.00	2,400.00	0.00
1,161.76	0.00	0.00	0.00	0.00	1,277.94	0.00	1,600.00	0.00
1,564.14	0.00	0.00	0.00	0.00	1,720.55	0.00	2,400.00	0.00
930.03	0.00	0.00	0.00	0.00	1,023.03	0.00	1,600.00	0.00
898.19	0.00	0.00	0.00	0.00	988.01	0.00	1,600.00	0.00
1,419.80	0.00	0.00	0.00	0.00	1,561.78	0.00	1,600.00	0.00
1,689.85	0.00	0.00	0.00	0.00	1,858.84	0.00	2,400.00	0.00
1,486.03	0.00	0.00	0.00	0.00	1,634.63	0.00	2,400.00	0.00
2,409.23	0.00	0.00	0.00	0.00	2,650.16	0.00	3,200.00	0.00
885.63	0.00	714.37	0.00	0.00	974.19	0.00	3,200.00	0.00
1,395.04	0.00	204.96	0.00	0.00	1,534.54	0.00	3,200.00	0.00
1,323.02	0.00	276.98	0.00	0.00	1,455.33	0.00	3,200.00	0.00
1,239.15	0.00	360.85	0.00	0.00	1,363.07	0.00	3,200.00	0.00
1,323.04	0.00	276.96	0.00	0.00	1,455.34	0.00	3,200.00	0.00
1,113.90	0.00	486.10	0.00	0.00	1,225.29	0.00	3,200.00	0.00
1,336.62	0.00	263.38	0.00	0.00	1,470.28	0.00	3,200.00	0.00
2,392.43	0.00	0.00	0.00	0.00	2,631.68	0.00	3,200.00	0.00

Date	Time	Biomass Resource (kg/hr)	AC Primary Load (kW)	AC Primary Load Served (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) Power Output (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) Operating Status	Generic Biogas Genset (size-your-own) Fuel (kg)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (1) Power Output (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (1) Operating Status	Generic Biogas Genset (size-your-own) (1) Fuel (kg)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (2) Power Output (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (2) Operating Status	Generic Biogas Genset (size-your-own) (2) Fuel (kg)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (3) Power Output (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (3) Operating Status	Generic Biogas Genset (size-your-own) (3) Fuel (kg)
Jul 1	9:00 AM	25,507,330.00	1,419.80	1,419.80	0.00	0.00	0.00	800.00	2.00	1,680.00	619.80	2.00	1,319.60	0.00	0.00	0.00
Jul 1	10:00 AM	25,507,330.00	1,689.85	1,689.85	800.00	0.00	1,680.00	489.85	2.00	1,059.71	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 1	11:00 AM	25,507,330.00	1,486.03	1,486.03	686.03	2.00	1,452.06	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 1	12:00 PM	25,507,330.00	2,409.23	2,409.23	800.00	2.00	1,680.00	800.00	2.00	1,680.00	409.23	2.00	898.46	400.00	0.00	880.00
Jul 1	1:00 PM	25,507,330.00	885.63	885.63	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	2:00 PM	25,507,330.00	1,395.04	1,395.04	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	3:00 PM	25,507,330.00	1,323.02	1,323.02	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	4:00 PM	25,507,330.00	1,239.15	1,239.15	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	5:00 PM	25,507,330.00	1,323.04	1,323.04	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	6:00 PM	25,507,330.00	1,113.90	1,113.90	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	7:00 PM	25,507,330.00	1,336.62	1,336.62	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	8:00 PM	25,507,330.00	2,392.43	2,392.43	800.00	2.00	1,680.00	792.43	2.00	1,664.86	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	9:00 PM	25,507,330.00	2,167.34	2,167.34	800.00	2.00	1,680.00	567.33	2.00	1,214.67	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	10:00 PM	25,507,330.00	2,042.40	2,042.40	800.00	2.00	1,680.00	442.40	2.00	964.79	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 1	11:00 PM	25,507,330.00	1,133.25	1,133.25	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 2	12:00 AM	25,507,330.00	1,482.33	1,482.33	682.33	2.00	1,444.66	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 2	1:00 AM	25,507,330.00	1,350.14	1,350.14	550.14	2.00	1,180.28	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 2	2:00 AM	25,507,330.00	1,448.82	1,448.82	648.82	2.00	1,377.64	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 2	3:00 AM	25,507,330.00	1,372.21	1,372.21	572.21	2.00	1,224.42	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 2	4:00 AM	25,507,330.00	1,568.82	1,568.82	788.82	2.00	1,617.63	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00
Jul 2	5:00 AM	25,507,330.00	1,499.27	1,499.27	699.27	2.00	1,478.55	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00

Total Electrical Load Served (kW)	Renewable Penetration (%)	Excess Electrical Production (kW)	Unmet Electrical Load (kW)	Total Renewable Power Output (kW)	AC Required Operating Capacity (kW)	DC Required Operating Capacity (kW)	AC Operating Capacity (kW)	DC Operating Capacity (kW)
1,419.80	0.00	0.00	0.00	0.00	1,561.78	0.00	1,600.00	0.00
1,689.85	0.00	0.00	0.00	0.00	1,858.84	0.00	2,400.00	0.00
1,486.03	0.00	0.00	0.00	0.00	1,634.63	0.00	2,400.00	0.00
2,409.23	0.00	0.00	0.00	0.00	2,650.16	0.00	3,200.00	0.00
885.63	0.00	714.37	0.00	0.00	974.19	0.00	3,200.00	0.00
1,395.04	0.00	204.96	0.00	0.00	1,534.54	0.00	3,200.00	0.00
1,323.02	0.00	276.98	0.00	0.00	1,455.33	0.00	3,200.00	0.00
1,239.15	0.00	360.85	0.00	0.00	1,363.07	0.00	3,200.00	0.00
1,323.04	0.00	276.96	0.00	0.00	1,455.34	0.00	3,200.00	0.00
1,113.90	0.00	486.10	0.00	0.00	1,225.29	0.00	3,200.00	0.00
1,336.62	0.00	263.38	0.00	0.00	1,470.28	0.00	3,200.00	0.00
2,392.43	0.00	0.00	0.00	0.00	2,631.68	0.00	3,200.00	0.00
2,167.34	0.00	0.00	0.00	0.00	2,384.07	0.00	3,200.00	0.00
2,042.40	0.00	0.00	0.00	0.00	2,246.64	0.00	3,200.00	0.00
1,133.25	0.00	66.75	0.00	0.00	1,246.57	0.00	2,400.00	0.00
1,482.33	0.00	0.00	0.00	0.00	1,630.57	0.00	2,400.00	0.00
1,350.14	0.00	0.00	0.00	0.00	1,485.16	0.00	2,400.00	0.00
1,448.82	0.00	0.00	0.00	0.00	1,593.70	0.00	2,400.00	0.00
1,372.21	0.00	0.00	0.00	0.00	1,509.43	0.00	2,400.00	0.00
1,568.82	0.00	0.00	0.00	0.00	1,725.70	0.00	2,400.00	0.00
1,499.27	0.00	0.00	0.00	0.00	1,649.20	0.00	2,400.00	0.00

Date	Time	Biomass Resource (kg/hr)	AC Primary Load (kW)	AC Primary Load Served (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) Power Output (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) Operating Status (status)	Generic Biogas Genset (size-your-own) Fuel (kg)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (1) Power Output (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (1) Operating Status (status)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (1) Fuel (kg)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (2) Power Output (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (2) Operating Status (status)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (2) Fuel (kg)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (3) Power Output (kW)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (3) Operating Status (status)	Generic Biogas Genset (size-your-own) (3) Fuel (kg)
Jul 2	6:00 AM	25,507,330.00	1,591.77	1,591.77	791.77	2.00	1,663.55	400.00	0.00	880.00	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00
Jul 2	7:00 AM	25,507,330.00	755.23	755.23	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00
Jul 2	8:00 AM	25,507,330.00	1,308.46	1,308.46	508.46	2.00	1,096.91	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00
Jul 2	9:00 AM	25,507,330.00	1,075.75	1,075.75	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00
Jul 2	10:00 AM	25,507,330.00	1,645.50	1,645.50	800.00	0.00	1,680.00	445.50	2.00	971.01	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00
Jul 2	11:00 AM	25,507,330.00	786.50	786.50	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00	400.00	2.00	880.00
Jul 2	12:00 PM	25,507,330.00	1,079.90	1,079.90	679.90	0.00	1,439.80	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jul 2	1:00 PM	25,507,330.00	1,433.43	1,433.43	800.00	2.00	1,680.00	633.43	2.00	1,346.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jul 2	2:00 PM	25,507,330.00	1,661.04	1,661.04	800.00	2.00	1,680.00	461.04	2.00	1,002.08	400.00	0.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 2	3:00 PM	25,507,330.00	1,034.63	1,034.63	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 2	4:00 PM	25,507,330.00	1,313.12	1,313.12	513.12	2.00	1,106.24	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 2	5:00 PM	25,507,330.00	1,598.66	1,598.66	798.66	2.00	1,677.32	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 2	6:00 PM	25,507,330.00	1,758.73	1,758.73	800.00	2.00	1,680.00	558.73	2.00	1,197.47	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 2	7:00 PM	25,507,330.00	1,096.43	1,096.43	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 2	8:00 PM	25,507,330.00	1,565.70	1,565.70	765.70	2.00	1,611.41	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 2	9:00 PM	25,507,330.00	1,189.23	1,189.23	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 2	10:00 PM	25,507,330.00	1,803.47	1,803.47	800.00	2.00	1,680.00	603.47	2.00	1,286.95	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00
Jul 2	11:00 PM	25,507,330.00	1,263.18	1,263.18	463.18	2.00	1,006.35	400.00	2.00	880.00	400.00	2.00	880.00	0.00	0.00	0.00

Total Electrical Load Served (kW)	Renewable Penetration (%)	Excess Electrical Production (kW)	Unmet Electrical Load (kW)	Total Renewable Power Output (kW)	AC Required Operating Capacity (kW)	DC Required Operating Capacity (kW)	AC Operating Capacity (kW)	DC Operating Capacity (kW)
1,591.77	0.00	0.00	0.00	0.00	1,750.95	0.00	2,400.00	0.00
755.23	0.00	444.77	0.00	0.00	830.75	0.00	2,400.00	0.00
1,308.46	0.00	0.00	0.00	0.00	1,439.30	0.00	2,400.00	0.00
1,075.75	0.00	124.25	0.00	0.00	1,183.32	0.00	2,400.00	0.00
1,645.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1,810.06	0.00	2,400.00	0.00
786.50	0.00	13.50	0.00	0.00	865.15	0.00	1,600.00	0.00
1,079.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1,187.89	0.00	1,600.00	0.00
1,433.43	0.00	0.00	0.00	0.00	1,576.77	0.00	1,600.00	0.00
1,661.04	0.00	0.00	0.00	0.00	1,827.15	0.00	2,400.00	0.00
1,034.63	0.00	165.37	0.00	0.00	1,138.09	0.00	2,400.00	0.00
1,313.12	0.00	0.00	0.00	0.00	1,444.43	0.00	2,400.00	0.00
1,598.66	0.00	0.00	0.00	0.00	1,758.52	0.00	2,400.00	0.00
1,758.73	0.00	0.00	0.00	0.00	1,934.61	0.00	2,400.00	0.00
1,096.43	0.00	103.57	0.00	0.00	1,206.08	0.00	2,400.00	0.00
1,565.70	0.00	0.00	0.00	0.00	1,722.28	0.00	2,400.00	0.00
1,189.23	0.00	10.77	0.00	0.00	1,308.15	0.00	2,400.00	0.00
1,803.47	0.00	0.00	0.00	0.00	1,983.82	0.00	2,400.00	0.00
1,263.18	0.00	0.00	0.00	0.00	1,389.50	0.00	2,400.00	0.00
1,294.20	0.00	0.00	0.00	0.00	1,423.62	0.00	2,400.00	0.00
1,172.74	0.00	27.26	0.00	0.00	1,290.01	0.00	2,400.00	0.00
890.34	0.00	309.66	0.00	0.00	979.38	0.00	2,400.00	0.00

12. Perhitungan yang digunakan untuk Proses Biogas menjadi listrik

- a) Perhitungan Produksi biogas menurut kandungan gas penyusunnya melihat dari nilai *COD* nya yaitu.

$$\text{Produksi Biogas} = \frac{(\text{kg } COD_{in} \times 0,35) \left( \frac{\text{efisiensi}}{100} \right)}{\%CH_4}$$

Dimana,  $\text{kg } COD_{in} = \text{Flow } W_{Win} \times COD_{in} / 1000$

$$\text{kg } COD_{out} = \text{Flow } W_{wout} \times COD_{out} / 1000$$

Dimana rumus efisiensi yaitu

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{kg } COD_{in} - \text{kg } COD_{out}}{\text{kg } COD_{in}}$$

Contoh perhitungan, dimana diketahui *COD<sub>in</sub>* 35800mg/l, *COD<sub>out</sub>* 9000 mg/l. *Flow wastewater* 1500 m<sup>3</sup> baik *in* atau *out*, kandungan CH<sub>4</sub> sebesar 55%. Berapa produksi biogas yang dihasilkan.

$$\text{kg } COD_{in} = 1500 \text{ m}^3 \times \frac{35800 \text{ mg/l}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 53.700 \text{ kg}$$

$$\text{kg } COD_{out} = 1500 \text{ m}^3 \times \frac{9000 \text{ mg/l}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 13.500 \text{ kg}$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{53.700 \text{ kg} - 13.500 \text{ kg}}{53.700 \text{ kg}} = 0,75 \text{ (75\%)}$$

$$\text{Produksi Biogas} = \frac{(53.700 \text{ kg} \times 0,35) \left( \frac{75\%}{100} \right)}{\frac{55\%}{100}} = 25.629,5 \text{ m}^3$$

Jadi produksi Biogas yang dihasilkan sekitar 25.629,5 m<sup>3</sup>

- b) Perhitungan analisis *Bioelektrik*

- kebutuhan biogas untuk menyalakan genset selama 24 jam  
= 24 x 60 menit x biogas yang digunakan pada genset  
= 24 x 60 menit x 10,75 m<sup>3</sup>/menit = 15.480
- Lama Genset Beroperasi = (Produksi Biogas)/(biogas untuk genset)
- Lama Genset Beroperasi = (16100 m<sup>3</sup>)/(10,75 m<sup>3</sup>/menit) = 1498 menit  
listrik yang dapat dihemat = Beban listrik x genset beroperasi/hari  
500 kW x 24 jam = 12.000 kWh