

Analisa Ekonomis Pemanfaatan Limbah Organik Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Pada Pasar Tradisional

Jeral H. Lontoh, Meita Rumbayan, Glanny M. Ch. Mangindaan.

Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115,

Email: jeral.hendra@gmail.com, meitarumbayan@yahoo.com, glanny_m@unsrat.ac.id

Abstract— *The needs of renewable energy is highly required this time to replace fossil energy as a source of electricity. The utilization of environment friendly renewable energy continue to be developed in order to face the energy crisis and create a healthy environment. The purpose of writing this last task is to analyze the potential of organic waste and economical calculations from the development of a power plant in gas fuel that obtained from organic waste, so that can produce alternative energy and can maintain environmental sustainability. In this last task, the potential of organic waste is calculated from the volume of garbage that produce heat energy kilo kalori and converted into electrical power units kilo Watt hour. The location of the research potential of organic waste is found in the traditional market pinasungkulan karombasan. The volume of organic waste produced by the market pinasungkulan is 20 m³ each day so it can produce 124.600 kcal heat energy every day, then from that heat energy it can be converted into electrical energy of 144,81 kWh. Therefore the author assume that plant equipment used is PLTG with a capacity of 150 kW.*

Keywords: *economical calculations, kilo kalori, organic waste, renewable energy.*

Abstrak— *Kebutuhan energi terbarukan sangat di perlukan saat ini untuk menggantikan energi fosil sebagai sumber pembangkit listrik. Pemanfaatan energi terbarukan yang ramah lingkungan terus dikembangkan guna menghadapi krisis energi dan menciptakan lingkungan yang sehat. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk menganalisa potensi limbah organik serta perhitungan ekonomis dari pembangunan suatu pembangkit berbahan bakar gas yang di dapatkan dari limbah organik, sehingga bisa menghasilkan energi alternatif dan bisa menjaga kelestarian lingkungan. Dalam tugas akhir ini, potensi limbah organik dihitung dari volume sampah yang menghasilkan energi panas kilo kalori dan dikonversi menjadi satuan daya listrik kilo Watt hour. Lokasi penelitian potensi limbah organik ini terdapat di pasar tradisional pinasungkulan karombasan. Dari volume sampah organik yang dihasilkan pasar pinasungkulan sebesar 20 m³ setiap harinya sehingga dapat menghasilkan energi kalor sebesar 124.600 kcal setiap hari, maka dari energi kalor tersebut dapat dikonversikan menjadi energi listrik sebesar 144,81 kWh. Oleh karena itu penulis*

mengansumsikan peralatan pembangkit yang digunakan adalah PLTG dengan kapasitas 150 kW.

Kata kunci: *energi terbarukan, kilo kalori, limbah organik, perhitungan ekonomis,*

I. PENDAHULUAN

Saat ini pemanfaatan energi terbarukan sangat dibutuhkan untuk menggantikan pemanfaatan energi yang menggunakan energi fosil. Penggantian energi fosil ini diperlukan karena semakin berkurangnya sumber energi fosil dan mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan energi fosil sebagai bahan bakar pembangkit tenaga listrik.

Pemanfaatan *supply* energi baru terbarukan ramah lingkungan untuk menghasilkan energi listrik, harus segera diwujudkan. Tujuannya untuk pencegahan krisis energi, penghematan biaya dan kelestarian lingkungan. Hal ini dapat membawa dampak positif apabila dikelola dengan serius dan berkelanjutan antara masyarakat yang terkoordinasi dengan pemerintah.

Keberadaan pasar tradisional masih merupakan suatu fenomena yang sampai saat ini tetap eksis di antara pasar-pasar maupun supermarket modern. Namun, keberadaan pasar tradisional terkadang membawa berbagai permasalahan mengenai sampah baik sampah organik maupun anorganik. Manajemen lingkungan yang kurang diperhatikan oleh pasar tradisional mengakibatkan sampah tidak dapat ditangani sehingga volume sampah pasar tradisional mengalami peningkatan. Hal-hal tersebut dapat mengganggu estetika dan mendatangkan pencemaran lingkungan.

Permasalahan mengenai limbah organik merupakan masalah serius yang harus ditangani mengingat volume limbah organik yang dapat dihasilkan oleh pasar tradisional sangatlah besar. Disisi lain, limbah organik memiliki manfaat yang cukup besar sebagai bahan penghasil biogas.

A. Sampah

Sampah bisa digolongkan menjadi sampah organik dan anorganik. Sampah anorganik seperti plastik dan logam tidak dapat diolah dengan cara

memanfaatkan aktifitas organisme hidup lainnya. Sehingga sampah anorganik juga disebut sebagai non-biodegradable waste. Beberapa jenis sampah yang termasuk organik atau biodegradable waste adalah sisa makanan, tumbuhan, hewan, kertas, dan *manure* (pupuk yang berasal dari kotoran hewan).

Sumber sampah yang terbanyak dari pemukiman dan pasar tradisional. Sampah pasar seperti sayur mayur, buah-buahan, ikan, dan lain-lain, sebagian besar (95%) berupa sampah organik sehingga lebih mudah untuk ditangani dan bisa diurai oleh mikroba. Sedangkan sampah yang berasal dari pemukiman umumnya sangat beragam, tetapi secara umum minimal 75% terdiri dari sampah organik dan sisanya anorganik.

- 1) Sampah organik, yaitu sampah yang mudah membusuk seperti sisa makanan, sayuran, daun-daun kering, dan sebagainya. Di negara-negara berkembang komposisi sampah terbanyak adalah sampah organik, yaitu sebesar 60 – 70 %, dan sampah anorganik \pm 30%. Sampah memiliki potensi untuk memberi sumbangan terhadap meningkatnya emisi gas rumah kaca, peristiwa ini terjadi pada penumpukan sampah tanpa diolah yang melepaskan gas *metan*/methane (CH_4). Manusia dalam setiap kegiatannya hampir selalu menghasilkan sampah. Sampah memiliki daya dukung yang besar terhadap emisi gas rumah kaca yaitu gas *metan* (CH_4). Gas CH_4 memiliki potensi merusak 20 kali lebih besar dari gas CO_2 terhadap global warming.
- 2) Selain dimanfaatkan sebagai kompos, sampah organik dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif, seperti biogas dan briket. Sampah organik memiliki dampak yang besar terhadap *global warming*. Dengan dijadikan bahan bakar padat seperti briket, maka gas *metan* yang merupakan memiliki dampak negatif terhadap global warming, maka pada saat terjadi pembakaran gas *metan* (CH_4) tersebut akan berubah menjadi gas CO_2 dan energi panas yang dapat dimanfaatkan sebagai pemanas untuk memasak ataupun kebutuhan skala industri sedang, menengah, ataupun besar.

B. Limbah Organik Pasar Tradisional

Beberapa ciri yang dapat terlihat pada pasar tradisional yaitu:

- 1) Proses jual beli barang dan lain-lain melalui proses tawar menawar harga.
- 2) Barang yang dijual umumnya keperluan memasak, dapur dan rumah tangga.
- 3) Harga barang yang diperjual-belikan relative murah dan terjangkau.
- 4) Area pasar tradisional biasanya di tempat yang terbuka.

C. Energi Biomassa

Biomassa adalah proses daur ulang pada tumbuhan melalui fotosintesis dimana energi surya memegang peranan. Daun menyerap energi surya untuk proses pertumbuhannya dan mengeluarkan gas CO_2 . Pada tumbuh-tumbuhan, energi surya diproses menjadi energi kimia sebagai energi dalam bentuk tersimpan. Tumbuh-tumbuhan tersebut akan mengeluarkan energi tersimpannya pada proses pengeringan maupun saat dibakar langsung atau dapat pula melalui berbagai proses pengeringan maupun saat dibakar langsung atau dapat pula melalui berbagai proses untuk menghasilkan bahan bakar yang cukup potensial seperti etanol, *metana*, atau gas lain, bahan bakar dalam bentuk cair (minyak nabati). Nilai kalor bahan bakar dari tumbuh-tumbuhan kering dapat mencapai 4800 kkal/kg.

Sifat-sifat fisika dan kimia komponen terbesar yang terdapat pada biogas umumnya gas *metan* (CH_4) dan CO_2 . Gas *methan* merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, mudah terbakar, dan dalam pengapian berwarna biru. Karbon dioksida merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan bukan gas yang mudah terbakar.

- 1) Mekanisme Pembentukan Biogas, Sampah organik sayur-sayuran dan buah-buahan seperti layaknya kotoran ternak adalah substrat terbaik untuk menghasilkan biogas. Proses pembentukan biogas melalui pencernaan anaerobic merupakan proses bertahap, dengan tiga tahap utama, yakni *hidrolisis*, *asidogenesis*, dan *metanogenesis*. Pada dasarnya efisiensi produksi biogas sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor meliputi: suhu, derajat keasaman (pH), konsentrasi asam-asam lemak *volatile*, nutrisi (terutama nisbah karbon dan nitrogen), zat racun, waktu retensi hidrolis, kecepatan bahan organik, dan konsentrasi ammonia seperti pada kondisi optimum biogas pada tabel I.
- 2) Nilai potensial biogas, Biogas yang bebas pengotor (H_2O , H_2S , CO_2 , dan partikulat lainnya)

TABEL I KONDISI OPTIMUM PRODUKSI BIOGAS

Parameter	Kondisi Optimum
Suhu	35°C
Derajat Keasaman	7-7,2
Nutrient Utama	Karbon dan Nitrogen
Nisbah Karbon dan Nitrogen	20/1 sampai 30/1
Sulfida	< 200 mg/L
Logam-logam Berat Terlarut	< 1 mg/L
Sodium	< 5000 mg/L
Kalsium	< 2000 mg/L
Magnesium	< 1200 mg/L
Amonia	< 1700 mg/L

TABEL II KESETARAAN BIOGAS DENGAN SUMBER ENERGI LAIN

Bahan Bakar	Jumlah
Biogas	1 m ³
Elpiji	0,46 kg
Minyak Tanah	0,62 liter
Minyak Solar	0,52 liter
Bensin	0,80 liter
Gas kota	1,50 m ³
Kayu bakar	3,50 kg

dan telah mencapai kualitas *pipeline* adalah setara dengan gas alam. Dalam bentuk ini, gas tersebut dapat digunakan sama seperti penggunaan gas alam. Pemanfaatannya pun telah layak sebagai bahan baku pembangkit listrik, pemanas ruangan, dan pemanas air. Jika dikompresi, biogas dapat menggantikan gas alam terkompresi yang digunakan pada kendaraan. Di Indonesia nilai potensial pemanfaatan biogas ini akan terus meningkat antara energi biogas dan energi minyak bumi yang menjanjikan. Berdasarkan sumber Departemen Pertanian, nilai kesetaraan biogas dengan sumber energi lain lihat tabel II.

D. Aspek ekonomi pembangkit

Untuk mengetahui berapa besarnya biaya untuk membangkitkan tenaga listrik per kWh, perlu diketahui terlebih dahulu jumlah biaya yang telah dikeluarkan atau diperkirakan akan dikeluarkan untuk kurun waktu tertentu, misalnya satu tahun. Kemudian jumlah biaya pembangkitan satu tahun ini dibagi dengan produksi atau jumlah tenaga listrik yang dibangkitkan selama satu tahun. Untuk mengetahui biaya pembangkitan selama satu tahun, bisa didapat melalui laporan keuangan yang biasa disebut rancangan anggaran biaya (RAB) selama periode tertentu. Contoh perhitungan RAB secara garis besar adalah sebagai berikut:

1) Pendapatan:

Pendapatan penjualan kWh	A1
Pendapatan lain-lain	A2+
Jumlah pendapatan	A

2) Biaya Operasi:

Biaya bahan bakar	B1
Biaya pemeliharaan	B2
Biaya pegawai	B3
Biaya takterduga	B4+
Jumlah biaya operasi	B

3) Penyusutan

C
Untuk menghitung penyusutan dari suatu anggaran harus menentukan nilai residu yang dapat dihitung

dari 10% investasi awal. Dan rumus untuk menentukan penyusutan adalah ;

$$\text{penyusutan} = \frac{\text{investasi awal} - \text{residu}}{\text{umur ekonomis pembangkit}} \quad (1)$$

- 4) *Laba Sebelum Pajak* = A - (B + C)
- 5) *Pajak* = D
- 6) *Laba bersih* = A - (B + C + D)

Berdasarkan perhitungan tersebut di atas dan catatan (produksi) pembangkitan tenaga listrik selama satu periode (satu tahun) sebanyak P kWh, maka didapat:

$$\text{Biaya produksi satu tahun} = \frac{B+C}{P} \text{ rupiah/kWh} \quad (2)$$

dimana:

- B = jumlah biaya operasi
C = jumlah penyusutan

Aspek ekonomi dari pembangkit yang akan dibahas dari:

- 1) Biaya modal (*capital cost*)
- 2) Biaya bahan bakar
- 3) Biaya operasi dan perawatan (*O&M cost*)
- 4) Biaya pembangkitan total
- 5) Nilai awal proyek
- 6) *Break Event Point*

E. Proses Pembangkitan

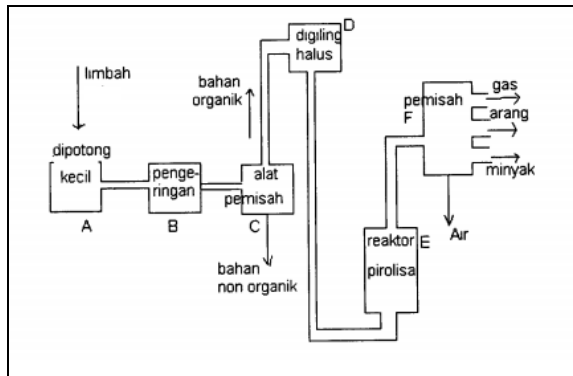
Pembangkitan tenaga listrik sebagian besar dilakukan dengan cara memutar generator sinkron sehingga didapat tenaga listrik dengan tegangan bolak-balik tiga fasa. Energi mekanik yang diperlukan untuk memutar generator sinkron didapat dari mesin penggerak generator atau biasa disebut penggerak mula (*primer mover*). Mesin penggerak generator yang banyak digunakan dalam praktik, yaitu: mesin diesel, turbin uap, turbin air, dan motor bakar. Mesin-mesin penggerak generator ini mendapat energi dari :

- 1) Proses pembakaran bahan bakar
- 2) Air terjun (turbin air).

Diperlukan suatu proses instalasi dari sampah sebagai bahan pokok untuk diubah menjadi bahan bakar gas yang akan langsung digunakan sebagai bahan bakar untuk menggerakkan suatu generator set. Proses yang ditentukan oleh penulis adalah proses pirolisa, dimana penulis berharap bisa menghasilkan gas dengan kualitas yang baik sebagai bahan bakar karena proses pirolisa bukanlah proses yang baru.

1) Proses pirolisa

Pirolisa merupakan suatu proses detilasi *destruktif* bahan organik. *Destilasi* ini dilaksanakan dalam



Gambar 1 Proses pirolisa

sebuah bejana tertutup dengan atmosfer tanpa oksigen, dan dipanaskan hingga suhu 500 sampai 900 °C. Gas – gas yang dihasilkan pirolisa dari bahan organik umumnya campuran *methane*, karbon monoksida, karbon dioksida, *hydrogen* dan hidrokarbon dan bahan padat berupa arang kayu. Limbah dimasukkan di tempat A dan dipotong hingga mencapai ukuran kecil. Kemudian bahan baku dibawa ke tempat B untuk dikeringkan. Di tempat C dilakukan pemisahan, semua bahan non-organik disisihkan, sedangkan bahan organik dibawa ke tempat D untuk digiling halus. Bejana E merupakan reaktor pirolisa. Di tempat F hasil-hasil pirolisa berupa gas, minyak dan arang dipisahkan. Jika suhu dalam reaktor dinaikkan, komponen gas akan menjadi lebih besar, lihat gambar 1.

2) *Anaerobic digestion*

Biogas merupakan proses produksi gas bio dari material organik dengan bantuan bakteri. Proses degradasi material organik ini tak melibatkan oksigen, atau disebut *anaerobic digestion*. Sebagian besar (50% lebih) gas yang dihasilkan berupa *metana*.

Material organik yang terkumpul pada digester (reaktor) akan diuraikan menjadi dua tahap, dengan bantuan dua jenis bakteri. Tahap pertama, material organik akan didegradasi menjadi asam-asam lemah, dengan bantuan bakteri pembentuk asam.

Bakteri ini akan mengurai sampah pada tingkat hidrolisis dan asidifikasi. Hidrolisis adalah penguraian senyawa kompleks / senyawa rantai panjang (seperti lemak, protein, dan karbohidrat) menjadi senyawa sederhana. Sedangkan asidifikasi adalah pembentukan asam dari senyawa sederhana.

Setelah material organik berubah menjadi asam, maka tahap kedua dari proses *anaerobic digestion* adalah pembentukan gas *metana* dengan bantuan bakteri pembentuk *metana* seperti

Methanacoccus, *Methanosarcina*, dan *Methanobacterium*.

Proses *anaerobic digestion* berhasil diaplikasikan dalam berbagai bidang. Proses ini memiliki kemampuan mengolah sampah menjadi produk yang lebih bernilai. *Anaerobic digestion* berhasil diterapkan untuk pengolahan sampah industry, sampah pertanian, sampah peternakan, dan *municipal solid waste* (MSW).

Solusi yang dikembangkan saat ini adalah membawa sampah organik menjadi bahan bakar yang bersih berupa gas hasil dari proses anaerobik seperti di atas. Konsepnya mirip dengan sistem biogas konvensional, yaitu mengumpulkan sampah makanan ke dalam sebuah digester, atau ruangan tertutup tanpa tersentuh oksigen sama sekali.

F. *Konversi Gas Menjadi Listrik*

Perencanaan teknik PLTG lebih banyak harus mengikuti produk standar dari pabrik jika dibandingkan dengan perencanaan teknik PLTU, karena unit PLTG umumnya berbentuk kompak (suatu kesatuan) dengan ukuran standar.

Hasil dari proses pirolisa merupakan gas yang dapat di gunakan menjadi bahan bakar motor bakar yang dapat menggerakkan generator, sehingga dapat menghasilkan listrik.

Generator yang dimaksud penulis untuk membangkitkan listrik pada analisa tugas akhir ini adalah generator yang sudah dimodifikasi sekaligus dengan motor bakar sehingga bisa beroperasi dengan lebih efisien dan yang telah dijual di pasaran. Generator tersebut biasa disebut dengan generator set yang berbahan bakar biogas. Pemeliharaan dari generator tersebut sangatlah mudah dan diperlukan pengontrolan input dari biogas maupun output listrik secara rutin, sehingga hasil dari pembangkitan sangat efisien dan bisa bertahan dengan waktu yang cukup lama sesuai waktu masa efektivitas dari alat tersebut.

G. *Contoh Penerapan PLTG Berbasis Sampah Organik*

Salah satu contoh pemanfaatan gas *metan* yang dihasilkan dari sampah untuk menjadi energi listrik sudah diterapkan di Bantar Gebang sejak tahun 2008 yang dikelola oleh PT. Godang Tua Jaya, perusahaan rekanan Jakarta yang bekerjasama dengan Pertamina.

Setiap hari tidak kurang 5000 sampai 6000 ton sampah dari DKI Jakarta di olah menjadi energi listrik menggunakan generator yang memanfaatkan gas *metan*. Sampah yang ada di TPA Bantar gebang bisa diubah menjadi energi listrik. Listrik yang dihasilkan oleh TPA Bantar gebang adalah sebesar 10 MW yang disalurkan kepada masyarakat melalui PLN, dan direncanakan akan terus berkembang hingga 100 MW.

TABEL III SPESIFIKASI PRODUK ORGANIC TRASH CRUSHER

Type	MPO-B18T
Capacity	500 kg/hour
Dimension	1500 x 1000 x 1400 mm
Blade	Hardened Steel, 18 Blade
Motor	Yanmar TF 6.5

TABEL IV SPESIFIKASI BIOGAS DIGESTER

Brand Name	Teenwin
Model Number	TY-20m ³
Type	Organic waste treatment
Product Name	Teenwin China biogas digester
Fermentation Material	Organic waste
Biogas yield	10 – 12 m ³ biogas
Success Rate	100% guaranteed
Digester Capacity	Can be <i>costumized</i>
SystemMaintenance	Easy and simple
Construction time	2 days
Technical training	Yes
Service Lifespan	30 year

TABEL V DETAIL PRODUK BIOGAS PURIFIER

Brand Name	Holly Power
Place of Origin	China (Mainland)
Application	Industry Fuel
Calori (J)	21500
Hydrogen Content (%)	1
Methane Content (%)	55
Nitrogen Content (%)	5
Sulphur Content (%)	3
Application	Biogas purification
Material	Fe2O3
Type	one or two desulfurizing tower
Function	Remove H2S
Lifetime	Over 20 years
Color	Customerized
Installation	easy to install by customer
Fe2O3 change time	more than 10000 hours
Control system	automatic control
Capacity	More than 40M3

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Setting Penelitian

1) Tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Pasar Pinasungkulan Karombasan. Peneliti melaksanakan penelitian di tempat tersebut dengan alasan peneliti salah satunya adalah karena lokasi pasar tersebut sangat strategis untuk peneliti dan tidak terlalu jauh dari kampus peneliti sehingga dapat menghemat waktu dan biaya bagi peneliti

Lokasi pasar pinasungkulan terletak di Karombasan utara kecamatan wanea, kota Manado, provinsi Sulawesi Utara

2) Subjek penelitian

Dalam penelitian ini yang menjadi subjek penelitian adalah volume sampah organik pasar tradisional. Sampah yang di hasilkan pasar tradisional sangatlah banyak. Sehingga peneliti hanya mengambil sampel volume selama 1 minggu dan menghitung rata-rata volume sampah yang di hasilkan setiap hari.

3) Waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 1 minggu pada tanggal 1 April sampai 8 April 2016

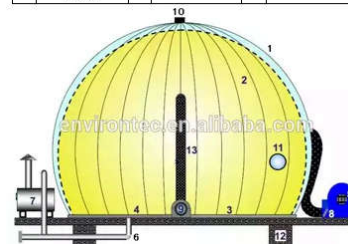
B. Komponen Utama yang Digunakan

Data dan harga komponen - komponen yang di gunakan pada pembangunan pembangkit ini bersumber dari media internet:

http://www.alibaba.com/Electrical-Equipment-Supplies_p5

1) Organic Trash Crusher

1	External membrane	6	Gas pipes	10	Level measurement
2	Internal membrane	7	Safety device	11	Inspection window
3	Bottom membrane	8	Non return valve	12	Foundation
4	Anchoring	9	Pressure regulating valve	13	Air-hose
5	Air support blower				



Gambar 2 sketsa beserta keterangan biogas storage

Alat ini berfungsi untuk menghancurkan sampah organik sebelum dimasukkan ke tangki digester sehingga sampah organik dapat terurai dengan baik. Dan tabel spesifikasi organic trash crusher dapat dilihat pada tabel III.

2) Biogas Digester

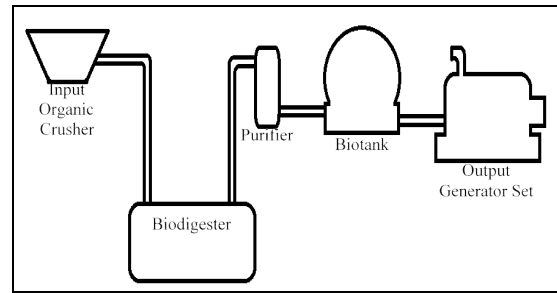
Biogas digester berfungsi sebagai tempat reaktor pemanas sekaligus tangki pencampur agar bisa menghasilkan biogas dengan tekanan yang baik. Dan spesifikasi produk biogas digester dapat dilihat pada tabel IV.

3) Biogas Purifier

Biogas purifier / biogas purification system adalah wadah untuk menampung gas metana selanjutnya melakukan purifikasi untuk meningkatkan efisiensi gas metana sehingga dihasilkan gas metana dengan efisiensi tinggi. Detail produk biogas purifier yang digunakan dapat dilihat pada tabel V.

TABEL VI SPESIFIKASI GENERATOR SET BIOMASSA

Gas Genset	Genset model	SD-75	
	Rated power (kW/kVA)	75/94	
	Engine model	6126	
	Rated power (kW/kVA)	85/106	
	BorexStroke(mm)	126*130	
	Rated speed (rpm)	1500	
	Starting system	Electric starting (DC24V)	
	Governing method	Electrical	
	Cooling system	Closed water-cooled	
	No of cylinder	6 cylinder in-line	
Gas Engine	Inspiration method	Turbo-charged	
	Gas consumption (m ³ /kwh)	0.32	
	Alternator model	Stamford or other	
	Excitation mode	brushless	
	AC Alternator	Insulation class	H
		Protection class	IP22
		Factor	0.8 (Lagging)
		Phase/Wire	3 phase 4 wire
	Gas Genset	Net weight (kg)	1850
		Overall dimation (LxWxH) (mm)	2650x1000x1500
Efficiency (%)		92.2	



Gambar 3 siklus PLTG

Tabel VII rancangan anggaran biaya PLTG

No	Uraian Diperlukan	Volume	Satuan	Harga satuan (US\$)	Jumlah harga (US\$)
1	Organic trash crusher	1	Unit	2,000	2,000
2	Biogas digester	1	Unit	5,000	5,000
3	Biogas purifier	1	Set	1,000	1,000
4	Biogas storage	1	Set	46,000	46,000
5	Generator set Gas	2	Set	9,000	18,000
6	Biaya Instalasi	-	-	-	1,500
7	Biaya pembangunan	-	-	-	30,000
8	Biaya Peralatan Tambahan	-	-	-	2,000
Sub total					105,500

set yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel VI.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tinjauan Teknis Limbah Organik Pasar Tradisional

Berdasarkan hasil survey wawancara dan visual yang dilakukan di pasar Pinasungkulan karombasan, volume sampah yang di hasilkan setiap hari bervariasi, dan selama 1 minggu total sampah yang di hasilkan ± 175 m³ sampah organik dan non-organik dengan presentase 80% sampah organik dan 20% sampah non-organik.

Limbah organik yang dihasilkan setiap hari adalah 25 m³ x 80% = 20 m³/hari. Untuk gas metan murni (100%) mempunyai nilai kalor 8.900 kcal/m³, per m³ sampah organik dalam reaktor sampah menghasilkan ±70% metana (CH₄).

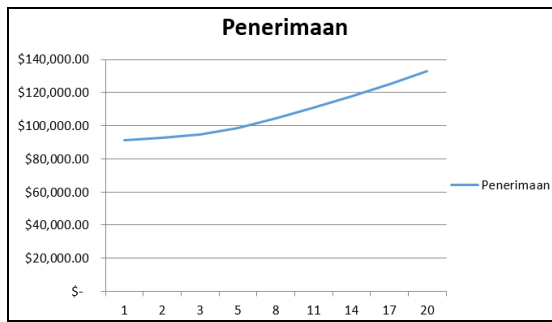
Maka kalor yang dihasilkan 70% x 8.900 = 6.230 kcal/m³. Dan energi panas yang di hasilkan setiap hari adalah 6230 kcal/m³ x 20 m³ = 124.600 kcal/hari. Jika di konversi dari energi panas ke energi listrik (1 kcal =

4) Biogas Storage

Biogas storage berfungsi sebagai tempat penampung gas metana yang akan di pakai sebagai bahan bakar generator set untuk menghasilkan energi listrik. Sketsa dan keterangan biogas storage dapat dilihat pada gambar 2.

5) Generator Set Bahan Bakar Biomassa

Generator set yang digunakan untuk membangkitkan listrik adalah generator yang memanfaatkan gas biomassa sebagai bahan bakar untuk menghasilkan listrik. Spesifikasi generator



Gambar 4 grafik penerimaan

0.0011622 kWh), maka dihasilkan 144.81 kWh. Siklus PLTG yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar 3.

B. RAB PLTG dari Limbah Organik

Rancangan anggaran biaya yang diperlukan untuk membangun suatu pembangkit listrik tenaga gas dengan limbah organik sebagai sumber penghasil gas dapat dilihat pada tabel VII.

C. Analisa Ekonomis

Analisa ekonomis dari pembangunan pembangkit listrik tenaga gas dengan limbah organik sebagai penghasil gas adalah sebagai berikut :

1) Performa Cash Flow

Penyusutan performa *cashflow* menggunakan asumsi (tingkat inflasi = 4 %; suku bunga = 10 %; kenaikan tarif dasar listrik per tahun = 2 %; umur ekonomis pembangkit = 20 tahun; pajak = 30 %)

2) Investasi Awal

Biaya investasi yang diperlukan untuk membuat pembangkit listrik dengan bahan bakar gas hasil dari pengolahan sampah organik sebesar US\$ 105,500, dan dapat menghasilkan daya sebesar 144,8 kW \approx 150 kW.

3) Penerimaan

Dengan mengasumsikan kapasitas daya PLTG dari limbah organik yang di hasilkan dari generator set ialah sebesar 92.2 % dan jam operasi 18 jam per hari dan tiap tahun memiliki 20 hari waktu untuk *full servis* sehingga pembangkit tidak beroperasi dan pendapatan dalam satu tahun dapat dihitung; 92.2 % x 1467 (Rp/kWh) x 144,8 (kW) x 6210 (jam operasi selama 1 tahun) = Rp 1,216,245,361.39 atau US\$ 91,118.17

Dengan catatan perhitungan konversi dilakukan pada tanggal 22 februari 2017 dengan nilai dolar terhadap rupiah Rp 13,348,-.

Gambar grafik penerimaan selama 20 tahun dapat dilihat pada gambar 4.

4) Pengeluaran atau Biaya Bulanan

Biaya pengeluaran didapatkan dari perhitungan biaya operasional, biaya upah pekerja (operator) serta biaya lain yang diperlukan suatu waktu, dimana dapat dilihat dalam perhitungan.

$$\begin{aligned}
 1. \quad & \text{Biaya operasional} = 12 \times 3.000.000,- \\
 & = \text{Rp } 36.000.000,00/\text{th} \\
 2. \quad & \text{Gaji} \\
 & \bullet \text{Manajer} = 12 \times 5.000.000,- \\
 & \bullet \text{Pegawai operator} = 12 (6 \times 3.000.000,-) \\
 & \bullet \text{Security} = 12 (3 \times 2.500.000,-) \\
 & = \text{Rp } 296.000.000,00/\text{th} \\
 3. \quad & \text{Lain-lain} = 12 \times 2.000.000,- \\
 & = \text{Rp } 24.000.000,00/\text{th} \\
 \text{Total Pengeluaran} & = \text{Rp } 426.000.000,00/\text{th} \\
 & = \text{US\$ } 31,914.89
 \end{aligned}$$

5) Penyusutan dan nilai residu

Perhitungan nilai residu didapatkan dari biaya investasi awal dikali dengan 10%, Sedangkan biaya penyusutan di dapatkan dari biaya investasi awal dikurangi nilai residu dan dibagi berdasarkan umur ekonomis yang dimiliki pembangkit tersebut.

1. Residu

$$\begin{aligned}
 \text{Investasi awal} & = \text{US\$ } 105,500,- \\
 \text{Nilai residu} & = 10\% \times \text{US\$ } 105,500,- \\
 & = \text{US\$ } 10,550,-
 \end{aligned}$$

2. Penyusutan

$$\begin{aligned}
 \text{Penyusutan} & = \frac{\text{Investasi} - \text{residu}}{\text{umur ekonomis pembangkit}} \\
 & = \frac{105,500 - 10,550}{20} \\
 & = \text{US\$ } 4,747.5
 \end{aligned}$$

6) Net Present Value (NPV)

NPV adalah merupakan selisih antara *benefit* (penerimaan) dengan *cost* (pengeluaran) yang telah dipresent-valuekan.

Perhitungan faktor diskonto (DF) :

Diketahui : i (tingkat suku bunga) = 10 %

$$\text{Tahun ke-0} = \frac{1}{(1+i)^0} = \frac{1}{(1+0.10)^0} = 1 \quad (3)$$

Benefit = (0 + 0) x 1 = 0 (belum memperoleh *benefit*)

$$\text{Tahun ke-1} = \frac{1}{(1+i)^1} = \frac{1}{(1+0.10)^1} = 0,909090909$$

Perhitungan *Benefit* didapatkan dari penjumlahan antara penerimaan tiap tahun dengan penyusutan dan dikali dengan DF yang diketahui dari tingkat suku bunga.

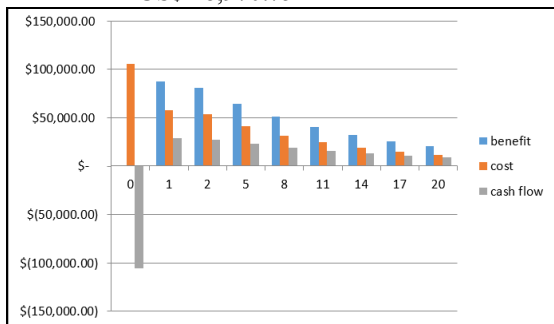
$$\begin{aligned}
 \text{Benefit} & = (\text{US\$ } 91,118.17 + \text{US\$ } 4,747.5) \times \\
 & \quad 0,909090909 \\
 & = \text{US\$ } 87,150.61
 \end{aligned}$$

Perhitungan *Cost* diketahui dari hasil penjumlahan antara total pengeluaran tiap tahun, penyusutan, dan pajak dari penerimaan dikali dengan DF.

$$\begin{aligned} \text{Cost} &= (\text{US\$ } 31,914.89 + \text{US\$ } 4,747.5 + \\ &\quad \text{US\$ } 27,335.45) \times 0,909090909 \\ &= \text{US\$ } 58,179.86 \end{aligned}$$

Dan cash flow didapatkan dari biaya *benefit* dikurangi biaya *cost*. Cash flow tahun pertama sebesar.

$$\begin{aligned} &= \text{US\$ } 87,150.61 - \text{US\$ } 58,179.86 \\ &= \text{US\$ } 28,970.75 \end{aligned}$$



Gambar 5 grafik *Net Present Value*

Untuk grafik dari *Net Present Value* selama 20 tahun dapat dilihat pada gambar 5.

7) Break Event Point

Break Event Point adalah waktu dimana biaya investasi awal telah dikembalikan dari penerimaan (*cash in*) yang di dapatkan setelah pembangkit beroperasi, di kurangi pengeluaran (*cash out*). Dan grafik dari *break event point* dapat dilihat pada gambar 6.

Perhitungan BEP ;

Tahun ke-3 : Net cashflow = US\$ -23,280.09

Tahun ke-4 : Net cashflow = US\$ 1,158.73

$$\frac{\text{US\$ } -23,280.09}{\text{US\$ } 1,158.73} = \frac{x}{(x+1)} \quad (4)$$

$$-23,280.09 - 23,280.09x = 1,158.73x$$

$$-23,280.09 = 24,438.82x$$

$$\frac{-23,280.09}{24,438.82} = x \approx x = 0.95$$

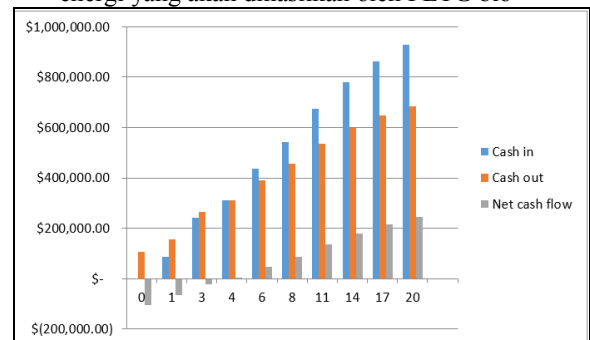
BEP = 3 + 0.95 (tahun) atau 3 tahun 11 bulan

Waktu break event point yang diperlukan dari pembangunan pembangkit listrik tenaga gas dengan limbah organik sebagai penghasil gas ialah 3 tahun 11 bulan.

A. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa dan pembahasan diperoleh kesimpulan adalah sebagai berikut :

- 1) Pasar Pinasungkulan karombasan dapat menghasilkan sampah sebesar 25 m3 sampah, dimana sebagian besar sampah tersebut adalah sampah organik yang diperkirakan sekitar 80%, sehingga dapat di simpulkan menjadi 20 m3 sampah organik setiap hari.
- 2) Berdasarkan perhitungan konversi yang dihasilkan dari 20 m3 sampah organik yaitu 124.600 kcal/hari, maka didapatkan nilai energi yang akan dihasilkan oleh PLTG bio



Gambar 6 grafik *break event point*

adalah sebesar 144.81 kWh hasil dari konversi 1 kcal = 0.0011622 kWh.

- 3) Total anggaran yang diperlukan untuk membuat PLTG dengan bahan bakar sampah organik adalah sebesar US\$ 105,500.00 dengan daya 150 kW.
- 4) Rancangan anggaran biaya ini dibuat tanpa menghitung biaya investasi lahan, dikarenakan harga lahan dapat berubah dengan pesat sesuai pembangunan yang terjadi disekitar lahan tersebut.

B. Saran

- 1) Pembangkit listrik dengan memanfaatkan sampah organik sebaiknya terus dikembangkan sebagai solusi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sekaligus mengurangi pembuangan sampah ke tempat pembuangan akhir.
- 2) Pemanfaatan limbah organik sangat bermanfaat untuk kesejahteraan masyarakat di sekitar tempat pembuangan limbah organik tersebut, sehingga pemerintah seharusnya memperhatikan potensi dari limbah organik sebagai proyek prioritas untuk kesejahteraan masyarakat.
- 3) Untuk itu diperlukan peran pemerintah agar dapat membuat pembangkit listrik tenaga gas dengan sampah organik sebagai sumber

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

penghasil gas untuk mengurangi limbah organik pasar tradisional.

- 4) Studi analisa ekonomi ini dapat dijadikan dasar informasi untuk perencanaan pembangkit listrik dengan pemanfaatan limbah organik pada pasar tradisional pinasungkulan karombasan ataupun pasar tradisional lainnya.

KUTIPAN

- [1] A. Hanif. Studi Pemanfaatan Biogas sebagai Pembangkit Listrik 10 kW Kelompok Tani Mekarsari Desa Dander Bojonegoro Menuju Desa Mandiri Energi, Surabaya, *Jurnal Institut Teknologi Surabaya*.
- [2] A. Nazlie. Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah di Kota Banjarmasin. Semarang. *Jurnal Universitas Diponegoro*. 2012.
- [3] A. Pudjanarsa , D. Nursuhud, *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta, Penerbit ANDI, 2006.
- [4] anonym. Produksi Biomassa Menjadi Biogas Dengan Cara Penguraian Anaerobic [online] Tersedia di <http://www.indoenergi.com/2012/04/produksi-biomassa-menjadi-biogas-dengan.html?m=1> Tanggal akses : 10 juli 2016
- [5] C. Sucipto, *Teknologi Pengolahan Daur Ulang Sampah*, Yogyakarta, Gosyen Publishing, 2012.

- [6] Febriansyah, Kapasitas Pembangkitan dan Rancangan Anggaran Biaya Pembangunan PLTM di Sungai Damar, *Jurnal Universitas Diponegoro*, 2012.



Jeral Hendra Lontoh, anak ke tiga dari empat bersaudara. Lahir dari pasangan suami istri Johny Lontoh (ayah) dan Deetje Lumantak (ibu), di Kota Manado 1 Juli 1993. Sebelum menempuh jenjang pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, penulis telah menempuh pendidikan secara berturut-turut di TK Ikip Kleak Manado (1997-1998), SD Negeri 36 Manado (1998-2004), SMP Katholik St. Rafael Manado (2004-2007), SMA Negeri 9 Manado (2007-2010). Pada tahun 2010, penulis memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi minat Tenaga Listrik. Dalam menempuh pendidikan penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi di luar lingkungan kampus. Penulis juga mengikuti pelatihan yang diadakan pada lingkungan konsentrasi minat tenaga listrik Training GEPS-2000 (2013-2013). Penulis juga melaksanakan Kerja Praktek di Kantor AP2B Tomohon dan GIS Sawangan. Dan penulis selesai melaksanakan pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Jurusan Teknik Elektro pada tanggal 20 Maret 2017.