



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS POTENSI BIOGAS UNTUK MENGHASILKAN ENERGI
LISTRIK DAN TERMAL PADA GEDUNG KOMERSIL
DI DAERAH PERKOTAAN
(STUDI KASUS PADA MAL METROPOLITAN BEKASI)**

TESIS

BUDIMAN R. SARAGIH
07 06 17 33 13

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
FEBRUARI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS POTENSI BIOGAS UNTUK MENGHASILKAN ENERGI LISTRIK
DAN TERMAL PADA GEDUNG KOMERSIL
DI DAERAH PERKOTAAN
(STUDI KASUS PADA MAL METROPOLITAN BEKASI)**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister
Bidang Ilmu Teknik Program Studi Teknik Elektro**

BUDIMAN R SARAGIH

07 06 17 33 13

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
KEKHUSUSAN TENAGA LISTRIK DAN ENERGI
DEPOK
FEBRUARI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Budiman R Saragih

NPM : 0706173313

Tanda tangan : 

Tanggal : 19 Februari 2010

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS ini diajukan oleh :
Nama : Budiman R saragih
NPM : 0706173313
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tesis : Analisis Potensi Biogas untuk Menghasilkan Energi Listrik dan Termal pada Gedung Komersil di Daerah Perkotaan (Studi Kasus pada Mal Metropolitan Bekasi).

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Pembimbing : Prof. DR. Ir. Iwa Garniwa, M.K, MT (.....)

Penguji : Dr-Ing Eko Adi Setiawan, ST, MT (.....)

Penguji : Ir. Amien Rahardjo, MT (.....)

Penguji : Budi Sudiarto, ST, MT (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 3 Maret 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, karena atas berkat dan rahmat-Nya-lah yang memampukan saya menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Kekhususan Tenknik Tenaga Listrik, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa M.K, MT, selaku pembimbing pertama karena telah memberikan kesempatan, arahan, waktu, dan pikirannya untuk membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.
- (2) Pihak PT PLN (Persero) AJ Kramat Jati dan AP Pondok Kopi serta Manajemen PT Metropolitan Land, Manajemen PT Godang Tua Jaya (pengelola TPA Bantar Gebang) yang telah membantu dalam upaya memperoleh data yang saya butuhkan.
- (3) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, dan
- (4) Para sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Kuasa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 19 Februari 2010

Penulis

**HALAMAN PENGESAHAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Budiman R saragih
NPM : 0706173313
Program Studi : Teknik Tenaga Listrik
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tesis
Judul Tesis : Analisis Potensi Biogas untuk Menghasilkan Energi Listrik dan Termal pada Gedung Komersil di Daerah Perkotaan (Studi Kasus pada Mal Metropolitan Bekasi).

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif** (*Non – exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Analisis Potensi Biogas untuk Menghasilkan Energi Listrik dan Termal pada
Gedung Komersil di Daerah Perkotaan
(Studi Kasus pada Mal Metropolitan Bekasi)**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Depok
Pada Tanggal : 19 Februari 2010
Yang menyatakan



(Budiman R Saragih)

ABSTRAK

Nama : Budiman R Saragih
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisis Potensi Biogas untuk Menghasilkan Energi Listrik dan Termal pada Gedung Komersil di Daerah Perkotaan (Studi Kasus pada Mal Metropolitan Bekasi).

Saat ini, masih banyak potensi energi terbarukan (seperti tenaga surya, angin dan biogas) yang belum dimanfaatkan pada bangunan komersil di perkotaan. Mal atau pusat perbelanjaan, sebagai salah satu bangunan komersil memiliki potensi biogas yang cukup besar dan belum dimanfaatkan secara optimal.

Dengan jumlah sampah organik yang mencapai rata-rata 2,8 ton perhari dan penggunaan energi listrik sampai bulan Oktober 2009 telah mencapai 1.904 MWh, mal Metropolitan tentu memiliki potensi energi biogas yang layak untuk dianalisis. Potensi limbah organik yang dianalisis dalam tulisan ini adalah limbah organik yang berasal dari sanitasi toilet dan sampah organik yang berasal dari sisa supermarket atau rumah makan yang banyak terdapat di mal tersebut.

Dalam tulisan ini, dengan melakukan segmentasi beban maka dapat diperoleh kebutuhan energi termal pertahun sebesar 2.228.599 kWh_{th} dan kebutuhan energi listrik pertahun mencapai 89.628 kWh_e. Sementara itu, berdasarkan hasil kuisioner yang dilakukan terhadap pengunjung toilet dan pengukuran potensi sampah organik sisa rumah makan/super market/restoran hotel diperoleh potensi biogas pada mal sebesar 204,658.93 M³/Kg TS pertahun atau yang setara dengan 1.153.253,1 KWh. Dengan mempertimbangkan tingginya biaya pembelian energi listrik, bahan bakar solar untuk water heater serta biaya pembuangan limbah ke tempat pembuangan akhir sampah maka pemanfaatan limbah organik yang terbuang di mal sangat potensial untuk dikaji dan dianalisis.

Kajian ini merupakan studi yang akan menghitung dan menganalisis pemanfaatan energi terbarukan biogas baik dari sisi teknik maupun dari sisi ekonomi. Pembahasan-pembahasan aspek teknis seperti kebutuhan energi listrik saat ini, segmentasi beban yang ada, rancangan perangkat biogas digester anaerob, pemilihan teknologi konversi biogas menjadi energi termal dan listrik, serta potensi teknis energi terbarukan yang ada.

Pembahasan-pembahasan aspek ekonomi meliputi kelayakan investasi pembangunan pembangkit listrik tenaga biogas di lokasi mal dan manfaat ekonomi keberadaannya untuk mengurangi biaya penyediaan energi listrik dan panas pada mal Metropolitan Bekasi.

Kata kunci:

Energi Terbarukan, biogas, sanitasi toilet, sampah organik, digester anaerob, konversi energi biogas, segmentasi beban, beban termal dan listrik.

ABSTRACT

Name : Budiman R Saragih
StudyProgram : Electrical Engineering
Title : Analysis of Potency Biogas to Produce Electricity and Heat Energy at Commercial Buildings in Urban Area (Study Case in Metropolitan Mal Bekasi)

Currently, there are many potential renewable energy (such as solar, wind and biogas), which has not been used in commercial buildings in urban areas. Mall or shopping center, as one of the commercial buildings have the large potential of biogas and have not used optimally.

With the number of organic waste which reach the average 2.8 tonnes per day and use of electrical energy to October 2009 has reached 1.904 MWh, the Metropolitan mall has the potential of biogas energy is worth to analyze. The potential of organic wastes that are analyzed in this paper is organic waste from sanitation toilets and organic waste from the rest of the supermarkets or restaurants that are scattered throughout the mall

In this paper, by doing load segmentation can be obtained thermal energy needs for 2,228,599 kWh per year and electrical energy demand reached 89,628 per year kWh. Meanwhile, based on questionnaire results conducted on the measurement of visitor toilets and the potential organic waste from restaurant / super market / restaurant obtained the potential for biogas in the mall 204.658,93 per year M³/Kg TS or the equivalent of 1.153.253,1 kWh. By considering the high costs of purchasing electricity, diesel fuel for the water heater and the cost of waste disposal to garbage landfills then the utilization of organic waste at the mall is very potential to be studied and analyzed.

This study is a study that will calculate and analyze the utilization of biogas as renewable energy both from the technical and economic side. Discussions on technical aspects such as electrical energy needs at the moment, the existing load segmentation, design of anaerobic digester biogas devices, selection of biogas conversion technology into thermal energy and electricity, as well as the technical potential of renewable energy available.

Discussions on economic aspects including the feasibility of the investment economic of development Biogas power plant in the mall and existence of economic benefits to reduce the cost of providing electricity and heat energy in the mall Metropolitan Bekasi.

Keywords:

Renewable energy, biogas, sanitation toilets, organic waste, anaerobic digester, biogas energy conversion, load segmentation, thermal and electrical load

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN PERSETUJUAN PUBLIKASITUGAS AKHIR	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang dan Permasalahan.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Pembahasan	4
2 PEMBUATAN BIOGAS DARI LIMBAH ORGANIK DAN PEMANFAATANNYA	5
2.1 Biogas dari Limbah Organik.....	5
2.2 Proses Penguraian Limbah Organik.....	6
2.3 Parameter-Parameter Proses Pencernaan Limbah Organik	6
2.3.1 Suhu	6
2.3.2 Nutrisi dan Penghambat bagi Bakteri <i>Anaerob</i>	7
2.3.3 Lama Proses Pencernaan	7
2.3.4 Derajat Keasaman (pH)	8
2.3.5 Kandungan Nitrogen dan Rasio Karbon Nitrogen.....	8
2.3.6 Total Solid Content (TS)	9
2.3.7 Volatile Solids (VS).....	9
2.3.8 Pengadukan Bahan Organik.....	9
2.3.9 Pengaturan Tekanan.....	10
2.3.10 Penjernih Biogas.....	10
2.4 Persamaan-Persamaan Pembentukan Biogas.....	10
2.4.1 Persamaan Lama Waktu Penguraian	10
2.4.2 Persamaan Produksi Biogas Spesifik.....	11
2.4.3 Persamaan Produksi Gas Metan Spesifik.....	11
2.4.4 Produksi Biogas Sampah Organik.....	12
2.5 Konversi Energi Biogas dan Pemanfaatannya.....	13
2.5.1 Konversi Energi Biogas untuk Ketenagalistrikan.....	14
2.5.2 Komponen Utama PLT Biogas.....	14
2.5.2.1 Sumber Pasokan Limbah Organik (<i>Feedstock</i>).....	14
2.5.2.2 Tangki Pencernaan (<i>Digester</i>).....	15
2.5.2.3 Katub Penampung Gas (<i>Biogas Tank</i>).....	16
2.5.2.4 Generator Pembangkit Tenaga Listrik (<i>Microturbines Generator</i>)	16
2.6 Ukuran Digester Biogas.....	17

3	KONDISI ENERGI LISTRIK DAN TERMAL MAL METROPOLITAN..	20
3.1	Kondisi Eksisting Sistem Penyediaan Energi Listrik Mal	20
3.2	Alur Kerja Pemanfaatan Limbah Organik Mal sebagai Sumber Energi Listrik ... dan Termal Metropolitan	22
3.3	Potensi Energi Biogas pada Mal Metropolitan Bekasi	24
3.3.1	Potensi Sampah Buangan Mal.....	24
3.3.2	Proses Pemilahan dan Penimbangan untuk Mendapatkan Limbah Mal ...	25
3.3.3	Kondisi Toilet Mal, Proses dan Potensi Limbah Sanitasi Toilet.....	25
3.3.4	Potensi Biogas dari Sampah Organik	27
3.3.4.1	Metode Konversi Sampah Organik	27
3.3.4.2	Perhitungan Potensi Biogas dari Sampah Organik	29
3.3.5	Potensi Buiogas Limbah Toilet	30
3.3.5.1	Metode Konversi Limbah Sanitasi Toilet	30
3.3.5.2	Perhitungan Potensi Biogas dari Limbah Sanitasi Toilet	31
3.3.6	Total Potensi Biogas pada Mal Metropolitan Bekasi	32
3.4	Segmentasi Beban Mal	32
3.5	Resume Kebutuhan Beban dan Perkiraan Potensi Biogas Mal.....	34
3.6	Konvesi Energi Biogas dengan Mikroturbin	36
3.7	Perangkat Lunak <i>EconCalculator Biogas</i>	37
3.7.1	Parameter Teknis Pembangunan PLTBiogas	37
3.7.2	Data Ekonomi Pembangunan PLTBiogas.....	40
3.7.3	Manfaat Ekonomi Lain Pembangunan PLTBiogas	41
3.8	Analisis Sensitivitas Manfaat Ekonomi Pembangunan PLTBiogas.....	41
4	PERHITUNGAN DAN ANALISIS.....	43
4.1	Sistem Pemanfaatan PLTBiogas untuk Memenuhi Sebagian Kebutuhan Energi Mal	43
4.1.1	Skema Pemanfaatan PLTBiogas.....	43
4.2	Perhitungan dan Analisi Hasil Perhitungan Teknis.....	44
4.2.1	Data Input Teknis Perangkat Lunak	44
4.2.2	Hasil Perhitungan Data Teknis	45
4.2.3	Analisis Data Output Teknis PLTBiogas	45
4.3	Perhitungan dan Analisis Hasil Perhitungan Ekonomi	46
4.3.1	Data Input Ekonomi Perangkat Lunak	46
4.3.2	<i>Cash Flow</i> PLTBiogas	48
4.4	Analisis Sensitivitas	49
4.4.1	Analisis Perubahan Suku Bunga Terhadap Sensitivitas Internal Rate of Return.....	49
4.4.2	Analisis Perubahan Biaya Operasi terhadap Nilai Pulang Modal (Break Event Point-BEP).....	51
5	KESIMPULAN.....	53
5.1	Kesimpulan Teknis.....	53
5.2	Kesimpulan Ekonomi	53
	DAFTAR REFERENSI.....	55
	LAMPIRAN-LAMPIRAN	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Tiga Tahapan Proses Fermentasi Anaerob Limbah Organik	6
Gambar 2.2.	Komposisi Limbah Organik Pengujian Laboratorium	13
Gambar 2.3.	Sistem Penyaluran Tenaga Listrik dari PLTBogas	14
Gambar 2.4.	Reaktor Biogas Berdasarkan Bentuk Tangki Digester	15
Gambar 2.5.	Reaktor Biogas Berdasarkan Proses Pengolahan.....	16
Gambar 2.6.	Microturbine dengan siklus <i>Combain Heat Power- CHP</i>	17
Gambar 2.7.	Penampang <i>Digester</i> Biogas Silinder.....	18
Gambar 2.8.	Dimensi Geometrikal Tangki <i>Digester</i>	18
Gambar 3.1.	Gambar Mal Metropolitan Bekasi	20
Gambar 3.2.	Diagram Sistem Kelistrikan Eksisting pada Mal Metropolitan Bekasi .	21
Gambar 3.3.	Sistem Suplai Air Panas Hotel Horizon Bekasi.....	21
Gambar 3.4.	Kurva Beban Harian Mall Metropolitan Bekasi	22
Gambar 3.5.	Alur Kerja Pemanfaatan Limbah Organik Mal Metropolitan	23
Gambar 3.6.	Siklus Energi Panas dan Listrik pada Mikroturbin	37
Gambar 4.1.	Skema Penyaluran Tenaga Listrik	41
Gambar 4.2.	Microturbine, Ingersoll Rand IR 70 LM	47
Gambar 4.3.	Grafik Analisis Sensitifitas Internal Rate of Raturan (IRR) terhadap Perubahan Suku Bunga	50
Gambar 4.4.	Grafik Analisis Sensitivitas Break Event Point (BEP) terhadap Perubahan Biaya Operasional.....	52

DAFTAR TABEL

Table 2.1.	Komposisi Kandungan Biogas.....	5
Table 2.2.	Kandungan Mineral-Mineral yang Diiijinkan	7
Table 2.3.	Rasio C/N beberapa Material Organik yang Umum Digunakan	8
Tabel 2.4.	Potensi Produksi Gas untuk Beberapa Tipe Bahan Organik	9
Tabel 2.5.	Produksi Biogas Maximum dari Bahan Organik Kering	13
Tabel 2.6.	Dimensi Geometrika Ukuran Tangki Digester Silinder	19
Tabel 3.1.	Potensi Sampah Organik Mal	25
Tabel 3.2.	Kondisi Toilet Mal Metropolitan Bekasi.....	26
Tabel 3.3.	Potensi Limbah Sanitasi Toilet	26
Tabel.3.4.	Karakteristik Limbah MSW Pengujian Laboratorium	28
Tabel 3.5.	Pengujian Proses Pembuatan Biogas Skala Laboratorium	28
Tabel 3.6.	Potensi Energi Biogas dari Sampah Organik.....	29
Tabel 3.7.	Skema Proses Perhitungan Sampah Organik.....	30
Tabel 3.8.	Potensi Energi Biogas dari Sanitasi Toilet	30
Tabel 3.9.	Skema Proses Perhitungan Limbah Sanitasi Toilet	31
Tabel 3.10.	Total Potensi Energi Biogas Mal	32
Tabel 3.11.	Pemanfaatan Energi Listrik Bulan Oktober	32
Tabel 3.12.	Resume Kebutuhan Energi Termal dari <i>Water Heater</i>	33
Tabel 3.13.	Parameter Input Teknis Perangkat Lunak	38
Tabel 4.1.	Output Teknis PLTBiogas	45
Tabel 4.2.	Jenis dan Jumlah Tenaga Kerja Teknik PLTBiogas	48
Tabel 4.3.	Data Cash Flow PLTBiogas	49