



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA POTENSI BIOGAS DARI LIMBAH TINJA IPLT
DEPOK DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR ANAEROB
SKALA LABORATORIUM**

SKRIPSI

**HENDRI AMIRUDIN ANWAR
0806338720**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA POTENSI BIOGAS DARI LIMBAH TINJA IPLT
DEPOK DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR ANAEROB
SKALA LABORATORIUM**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

**HENDRI AMIRUDIN ANWAR
0806338720**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**BIOGAS POTENTIAL ANALYSIS OF FECAL WASTE IPLT
DEPOK USING LABORATORY SCALE ANAEROBIC
REACTOR**

FINAL REPORT

Proposed as one of the requirement to obtain a Bachelor's degree

**HENDRI AMIRUDIN ANWAR
0806338720**

**FACULTY OF ENGINEERING
STUDY PROGRAM ENVIRONMENTAL ENGINEERING
DEPOK
JULY 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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



Nama : Hendri Amirudin Anwar
NPM : 0806338720
Tanda Tangan : *Hendri*
Tanggal : 9 Juli 2012

STATEMENT OF ORIGINALITY

**This Final Test is the result of my own work,
and all sources of both quoted and referred
had I stated correctly.**

Name : Hendri Amirudin Anwar

Student Number : 0806338720

Signature : 

Date : 9nd July 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Hendri Amirudin Anwar
NPM : 0806338720
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Analisa Potensi Biogas dari Limbah Tinja IPLT Depok dengan
Menggunakan Reaktor Anaerob Skala Laboratorium

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr.Ir Firdaus Ali M.Sc
Pembimbing : Dr-Ing M. Abdul Kholiq M.Eng
Penguji : Ir. Irma Gusniani, M.Sc.
Penguji : Dr. Ir Setyo Sarwanto Moersidik, DEA



(
(
(
(

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 9 Juli 2012

STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report submitted by :

Name : Hendri Amirudin Anwar
NPM : 0806338720
Majoring : Environmental Engineering
Title : Biogas Potential Analysis of Fecal Waste IPLT Depok Using
Laboratory Scale Anaerobic Reactor

Has been successfully defended in front of the examiner and was accepted as part of the necessary requirement to obtain Engineer Bachelor Degree in Environmental Engineering Program, Engineering Faculty, Universitas Indonesia.

EXAMINERS

Adviser : Dr.Ir Firdaus Ali M.Sc
Adviser : Dr-Ing M. Abdul Kholiq M.Eng
Examiner : Ir. Irma Gusniani, M.Sc.
Examiner : Dr. Ir Setyo Sarwanto Moersidik, DEA



(
(
(
(

Decided at : Depok
Date : 9nd July 2012

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT., karena atas berkat dan rahmat dan bimbingan-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr.Ir. Firdaus Ali, MSc dan Dr-Ing M. Abdul Kholiq, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (3) Instalasi Pengolahan Limbah Terpadu Kota Depok yang telah banyak memberikan kemudahan dalam memperoleh *feedstock* biogas;
- (4) orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (5) seluruh keluarga besar Departemen Teknik Sipil, mulai dari Dosen, pegawai, staf, OB, khususnya Pak Djoko, Pak Setyo, Bu Andari, Bu Irma, Mba Wati, Mba Fitri, Mba Dian, Bang Jali, Mas Hamid, dan Mas Bambang;
- (6) sahabat-sahabat dari Fakultas Teknik dan Departemen Teknik Sipil yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini;
- (7) anak-anak KAPA FTUI yang selalu mendukung, menginspirasi dan memberi semangat, khususnya : Ucup, Arab, Bule, Tekad, Geri, Tya, Fadhli, Jejen, Tania, Asrul, Bima, Janit, Pandu, Ipenk, Omi, Imam, Harya, Fitria, Avia, Caca, Fara, Retri, Ghania, Dede, Asu, Reza, John, Iqbal, Desca, Pedro, Danu, Sam, Aca, Yasin, Faris, Gogo, Delvi, Victor, Pindo, Sekar, Purwita, Wewen, Muti, Denis, Faris, Marcel, Ginting, Hendro, Ihsan, Lamro, Ratna, Renata, Yogi, Heri, Nobel, Fahri, Sheba, Rendy, Eci, Qie, Rusdi, dan masih banyak lagi yang lainnya, maaf tidak bisa menyebutkan semua nama disini;

- (8) Breaky yang telah membantu membuat gambar desain reaktor, Lamro yang telah membantu saat pengambilan sampel, Zahra yang telah membantu dalam memperbaiki format penulisan, dan Ario dan Rio yang telah banyak membantu dalam penelitian saya, ;
- (9) teman-teman kosan, hendro, ihsan, keluarga mas arun, keluarga bang ucup yang senantiasa mendukung, mendoakan, dan mangajari saya banyak hal;
- (10) Mba Diah dan Mba Licka yang telah membantu saya di laboratorium;
- (11) Mang Ijal, Mang Jajat, dan Mas Eko (laboran T. Kimia) yang membantu saya dalam membuat reaktor dan selalu sabar dalam membantu dan mendengarkan keluhan saya.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT. berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 9 Juli 2012

Penulis

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

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

Nama : Hendri Amirudin Anwar
NPM : 0806338720
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :
Analisa Potensi Biogas dari Limbah Tinja IPLT Depok dengan Menggunakan Reaktor Anaerob Skala Laboratorium

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif 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 di : Depok
Pada tanggal : 9 Juli 2012

Yang menyatakan



(Hendri Amirudin Anwar)

STATEMENT OF AGREEMENT
OF FINAL REPORT PUBLICATION FOR ACADEMIC PURPOSES

As a civitas academica of Universitas Indonesia, I, the undersigned:

Name : Hendri Amirudin Anwar
NPM : 0806338720
Study Program: Environmental Engineering
Department : Civil Engineering
Faculty : Engineering
Type of Work : Final Report

for the sake of science development, hereby agree to provide Universitas Indonesia **Non-exclusive Royalty Free Right** for my scientific work entitled:

Biogas Potential Analysis of Fecal Waste IPLT Depok Using Laboratory Scale Anaerobic Reactor

together with the entire documents (if necessary). With the Non-exclusive Royalty Free Right, Universitas Indonesia has rights to store, convert, manage in the form of database, keep and publish my final report as long as list my name as the author and copyright owner.

I certify that the above statement is true.

Signed at : Depok
Date this : July 9, 2012

The Declarer



(Hendri Amirudin Anwar)

ABSTRAK

Nama : Hendri Amirudin Anwar
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Analisa Potensi Biogas dari Limbah Tinja IPLT Depok dengan Menggunakan Reaktor Anaerob Skala Laboratorium

IPLT Depok adalah unit pelaksana teknis instalasi pengolahan lumpur tinja pada dinas kebersihan dan pertamanan Kota Depok. Volume tinja yang masuk ke IPLT Depok per hari berjumlah minimal 60 m³. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi biogas dari limbah tinja dari IPLT Depok dengan menggunakan reaktor anaerob skala laboratorium kapasitas 5 liter tipe batch dengan pengaduk tipe *internal mechanical mixing*. Nilai potensi biogas terbaik adalah 30,9 liter biogas per kg TS, dinilai kurang berpotensi karena jauh dibawah literatur yang diketahui nilainya 250-300 L biogas/ kg TS (Xu Yang,2012) atau 380 L biogas/ kg TS (Polprasert,1989). Komposisi biogas terbaik terjadi pada reaktor 2 yaitu 68,83 % metana.Efisiensi penyisihan nilai COD terbaik adalah 32,5%.

Kata kunci :
biogas, limbah tinja, reaktor anaerob

ABSTRACT

Name : Hendri Amirudin Anwar
Study Program : Environmental Engineering
Title : Biogas Potential Analysis of Fecal Waste IPLT Depok Using Laboratory Scale Anaerobic Reactor

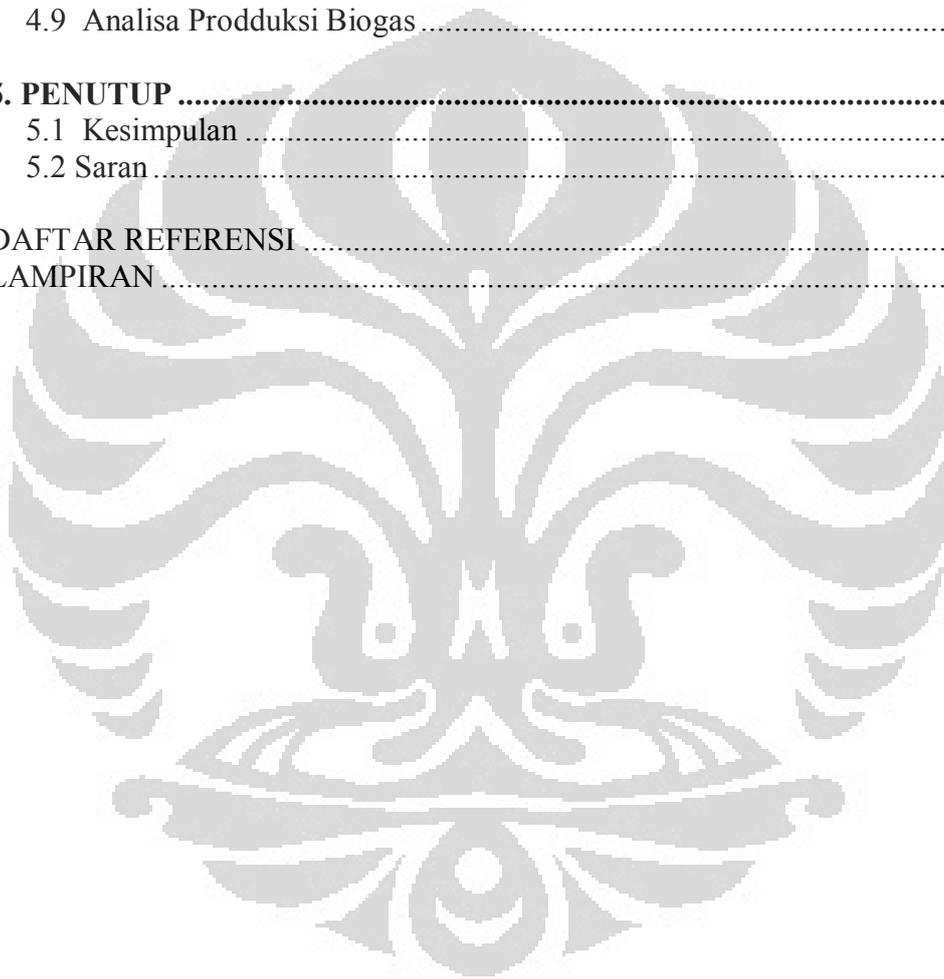
IPLT Depok is an fecal waste treatment technical unit plant in Depok cleanliness and landscaping service. Total minimum volume of feces daily get in IPLT Depok is 60 m³. This study aims to determine the potential of biogas from sludge from IPLT Depok using 5 liter capacity laboratory-scale anaerobic batch reactor with internal type mechanical stirrer mixing. The best value of the biogas potency is 30.9 liters of biogas per kg TS, it is considered less potential because the value is below the known literature value is 250-300 L biogas / kg TS (Xu Yang, 2012) or 380 L biogas / kg TS (Polprasert, 1989) . The best composition of biogas is occurred in reactor 2, it has 68.83% metana. The best efficiency of COD removal value is 32.5%.

Keyword :
biogas, fecal waste, anaerobic digester

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMAKASIH	vii
HALAMAN PENYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR PERSAMAAN	xvi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
1.6 Sistematika Penelitian	4
2. STUDI PUSTAKA	6
2.1 Potensi Biogas dari Tinja	6
2.1.1 Limbah Tinja	6
2.1.2 Biogas	7
2.1.3 Potensi Biogas dari Tinja	8
2.2 Proses Pembentukan Biogas	8
2.2.1 Proses Penguraian Bahan-Bahan Organik Menjadi Biogas.....	8
2.2.2 Kondisi Lingkungan yang Mempengaruhi Produksi Biogas.....	10
2.2.3 Parameter Operasi Dalam Produksi Biogas.....	12
2.3 Reaktor Biogas	13
2.3.1 Jenis-Jenis Reaktor Biogas	13
2.3.2 Komponen Reaktor.....	16
2.3.3 Perancangan Ukuran Reaktor	17
3. METODE PENELITIAN	18
3.1 Kerangka Penelitian.....	18
3.2 Tahapan Penelitian	20
3.2.1 Persiapan Penelitian	20
3.2.2 Prosedur Penelitian.....	23
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.4 Teknik Pengolahan dan Analisa Data.....	29

4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Proses Pembuatan Reaktor.....	30
4.2 Uji Kecedapan Reaktor.....	32
4.3 Proses Pengambilan Sampel	33
4.4 Proses Pengoperasian Reaktor	34
4.5 <i>Feedstock</i>	34
4.6 Analisa pH dan Temperatur	36
4.7 Analisa COD	38
4.8 Analisa Parameter Akhir vs Awal	38
4.9 Analisa Prodduksi Biogas.....	41
5. PENUTUP	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	46
DAFTAR REFERENSI	47
LAMPIRAN	50

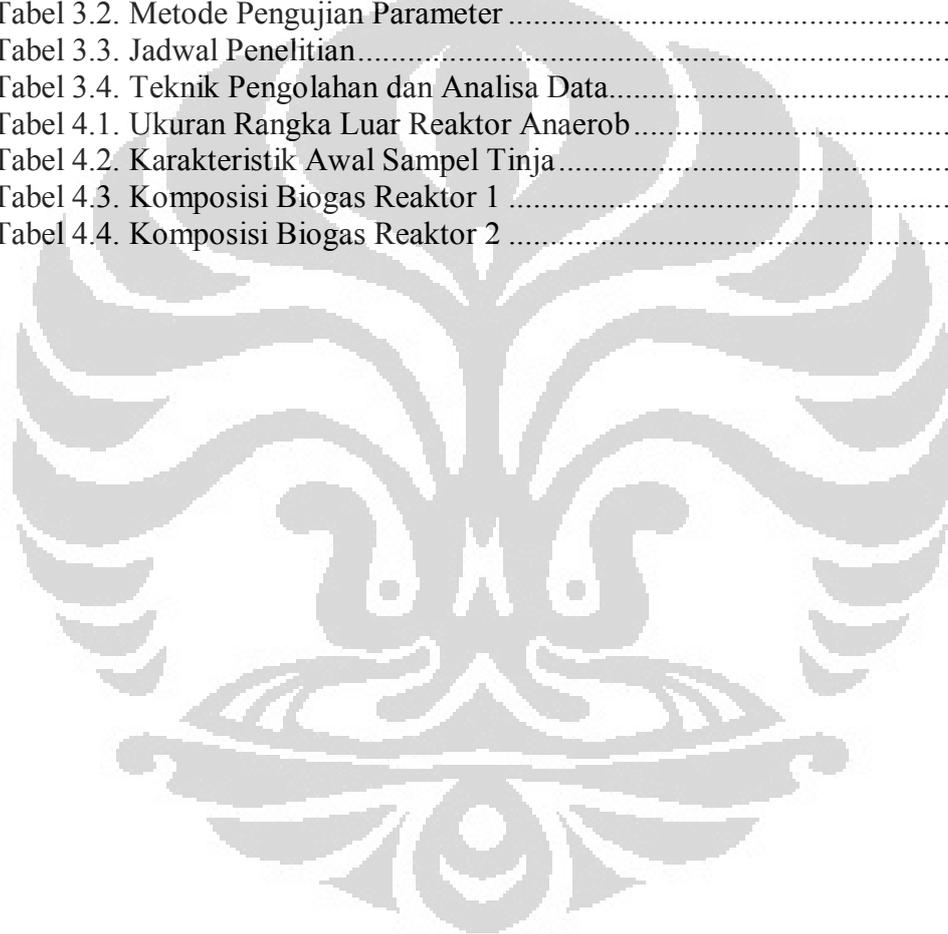


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tahapan Proses Anaerobik Limbah Organik	8
Gambar 2.2. Tipe Pengaduk	11
Gambar 3.1. Kerangka Penelitian.....	19
Gambar 3.2. Perancangan Awal Reaktor Anaerob Skala Laboratorium	21
Gambar 4.1. Proses Pembuatan Alas dan Tutup Reaktor	30
Gambar 4.2. Proses Pemasangan Pengaduk dan Motor DC	30
Gambar 4.3. Reaktor Anaerob.....	31
Gambar 4.4. Uji Kekedapan Reaktor.....	32
Gambar 4.5. Pengambilan Sampel.....	33
Gambar 4.6. Pengoperasian Reaktor.....	34
Gambar 4.7. Grafik Perubahan Nilai pH di dalam Reaktor	36
Gambar 4.8. Grafik Perubahan Temperatur di dalam Reaktor.....	37
Gambar 4.9. Grafik Perubahan Nilai COD dari kedua Reaktor	38
Gambar 4.10. Grafik Perubahan Nilai DO dari kedua Reaktor.....	39
Gambar 4.11. Grafik Perubahan Nilai VS Reaktor 1	39
Gambar 4.12. Grafik Perubahan Nilai VS Reaktor 2	40
Gambar 4.13. Grafik Perubahan Nilai TS Reaktor 1	40
Gambar 4.14. Grafik Perubahan Nilai TS Reaktor 2.....	41
Gambar 4.15. Grafik Kumulatif Volume Gas yang Dihasilkan per Hari	42
Gambar 4.16. Grafik Kecenderungan Produksi Biogas (kumulatif)	42
Gambar 4.17. Hasil Gas Chromatography Biogas dari Reaktor 1.....	44
Gambar 4.18. Hasil Gas Chromatography Biogas dari Reaktor 2.....	44

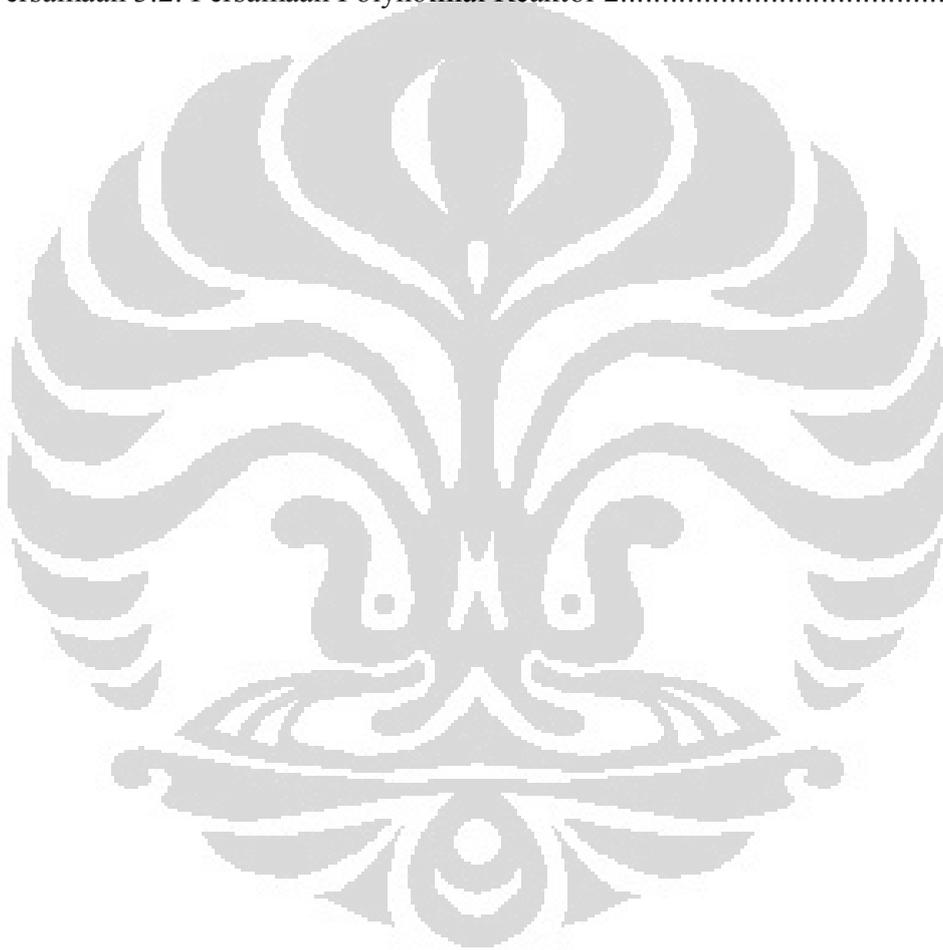
DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Lokasi Titik Pengambilan Sampel	4
Tabel 2.1. Standar Baku Mutu Kualitas Air Limbah di Indonesia	6
Tabel 2.2. Komposisi Fisik dan Kimia Limbah Tinja	7
Tabel 2.4. Komposisi Kandungan Biogas.....	7
Tabel 2.5. Kandungan Mineral yang Dijinkan dalam Pengolahan Biogas	12
Tabel 3.1. Ukuran Rangka Luar Reaktor Anaerob	22
Tabel 3.2. Metode Pengujian Parameter	26
Tabel 3.3. Jadwal Penelitian.....	28
Tabel 3.4. Teknik Pengolahan dan Analisa Data.....	29
Tabel 4.1. Ukuran Rangka Luar Reaktor Anaerob	31
Tabel 4.2. Karakteristik Awal Sampel Tinja.....	35
Tabel 4.3. Komposisi Biogas Reaktor 1	44
Tabel 4.4. Komposisi Biogas Reaktor 2	45



DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1. Rumus Empiris Degradasi Bahan Organik Menjadi Biogas.....	8
Persamaan 2.2. Persamaan Reaksi Bahan Organik Menjadi Biogas	9
Persamaan 2.3. Persamaan Reaksi Methanogenesis	10
Persamaan 2.4. Rumus Menghitung HRT.....	13
Persamaan 3.1. Persamaan Polynomial Reaktor 1.....	43
Persamaan 3.2. Persamaan Polynomial Reaktor 2.....	43



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertambahan jumlah penduduk mengakibatkan bertambahnya volume limbah tinja. Berdasarkan data BPS 2010, jumlah penduduk Indonesia Mei 2010 sebanyak 237,6 juta orang. Dibanding hasil sensus penduduk tahun 2000 terjadi pertambahan jumlah penduduk sebanyak 32,5 juta orang atau meningkat dengan laju pertumbuhan sebesar 1,49 persen per tahun. Sedangkan jumlah penduduk Kota Depok hasil Sensus Penduduk 2010 mencapai 1.736.565 jiwa². Dengan asumsi bahwa setiap orang menghasilkan tinja sebanyak 0,3 kg/hari maka jumlah timbulan tinja Indonesia tahun 2010 sebanyak 71.280 ton/hari, sedangkan jumlah timbulan tinja kota Depok mencapai 520 ton/hari dan relatif akan senantiasa bertambah seiring dengan pertambahan jumlah penduduk.

Di dalam Pasal 28 H UUD 1945 tentang prinsip pelaksanaan pembangunan berkelanjutan dan jaminan kesehatan bagi masyarakat disebutkan bahwa tinja bila tidak dikelola dengan baik, baik secara langsung maupun tidak langsung akan merugikan kesehatan masyarakat. Jadi, jumlah limbah tinja akan senantiasa bertambah dan harus diolah dengan baik agar tidak mencemari lingkungan.

Pertambahan jumlah penduduk juga berdampak pada meningkatnya kebutuhan energi. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya jumlah penduduk, maka jumlah aktivitas yang membutuhkan energi juga bertambah. Penggunaan energi terbesar berasal dari aktivitas-aktivitas yang menggunakan bahan bakar fosil, padahal bahan bakar fosil merupakan jenis sumber energi yang sulit untuk diperbaharui dan dapat habis. Dengan demikian, konsumsi energi batubara dan minyak bumi untuk jangka panjang bukan hal yang relevan.

Solusi bagi krisis energi listrik dan bahan baku fosil adalah sumber energi alternatif. Sumber energi alternatif tersebut harus bisa menjadi bahan bakar substitusi yang ramah lingkungan, efektif, efisien, dan dapat diakses oleh masyarakat luas. Selain itu, sumber energi alternatif tersebut idealnya berasal dari

sumber energi yang bisa diperbarui. Sumber energi yang bisa diperbarui relatif tidak berpotensi habis, sebaliknya, selalu tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang lebih dari cukup, energi alternatif yang sangat melimpah di Indonesia adalah energi biogas.

Biogas akan didapat ketika memproses limbah organik (termasuk tinja) melalui proses anaerob. Biogas merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui sebagai alternatif sumber energi dan sebagai pengganti sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, jika sumber energi yang tidak dapat diperbaharui telah habis. Untuk itulah penelitian di bidang energi alternatif yang dapat diperbaharui banyak dilakukan. Penelitian ini juga dilakukan agar dapat membantu menyelesaikan masalah di bidang energi dan permasalahan di bidang pengolahan limbah, khususnya limbah tinja secara bersamaan.

Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak (BBM) untuk menyelesaikan masalah krisis energi yang terjadi di Indonesia. Salah satu energi alternatif yang efisien adalah biogas. Tinja manusia dapat menjadi bahan baku untuk menghasilkan biogas. Dengan 1 m³ biogas kita dapat menyalakan lampu 60-100 watt selama 6 jam, 3 kali memasak untuk 5-6 orang, serta setara dengan listrik sebesar 1,25 kWh (Nagamani dan Ramasamy, 1999).

Tinja berasal dari sisa metabolisme tubuh manusia yang harus dikeluarkan agar tidak meracuni tubuh. Keluaran berupa feses bersama urin biasanya dibuang ke dalam tangki septik. Limbah tinja/*night soil* yang telah memenuhi tangki septik masih dapat mencemari lingkungan sehingga perlu dibawa ke Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja untuk diolah agar tidak mencemari lingkungan.

UPT IPLT adalah unit pelaksana teknis instalasi pengolahan lumpur tinja pada dinas kebersihan dan pertamanan Kota Depok. Jumlah mobil tinja yang masuk ke IPLT Depok per hari berjumlah 15 hingga 20 unit mobil tinja. Dengan kapasitas mobil tinja 4 m³ maka volume limbah tinja yang masuk ke IPLT dalam sehari minimal 60 m³ (Kepala IPLT Depok, Drs. Omo Syahromi, 2012).

IPLT Depok juga belum memiliki inovasi untuk memanfaatkan limbah tinja untuk diolah sebagai pupuk, biogas, atau produk lainnya. Jika diolah dengan baik maka tinja di IPLT dapat menghasilkan energi alternatif (biogas) yang lebih bernilai guna. Biogas yang dihasilkan diharapkan dapat digunakan untuk membantu memenuhi kebutuhan energi di IPLT Depok.

Sebelum melakukan pembangunan unit instalasi biogas diperlukan analisa potensi biogas dari limbah tinja di IPLT Depok terlebih dahulu karena limbah tinja yang masuk ke IPLT berasal dari septik tank, dimana telah terjadi proses degradasi material organik sebelumnya. Dengan mengetahui potensi biogas dari limbah tinja di IPLT Depok semoga dapat dijadikan pertimbangan dalam pemanfaatan biogas sebagai sumber energi alternatif di IPLT Depok dan semoga dapat memberikan sumbangan bagi pendidikan dan ilmu dalam bidang pengembangan sumber daya energi yang dapat diperbaharui di zaman krisis energi seperti saat ini.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa besar potensi biogas dari limbah tinja manusia IPLT Kalimulya Depok?
2. Bagaimana desain dan bentuk reaktor anaerob skala laboratorium yang akan digunakan untuk mengetahui potensi biogas limbah tinja manusia IPLT Kalimulya Depok?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui berapa besar potensi biogas dari limbah tinja manusia dari IPLT Kalimulya Depok
2. Membuat reaktor anaerob skala laboratorium kapasitas 5 liter yang akan digunakan untuk mengetahui potensi biogas limbah tinja manusia IPLT Kalimulya Depok.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui potensi biogas dari limbah tinja manusia untuk pertimbangan dalam pemanfaatan biogas sebagai sumber energi.
2. Memberikan sumbangan bagi pendidikan dan ilmu dalam bidang pengembangan sumber daya energi yang dapat diperbaharui.

1.5 Batasan Penelitian

1. Penelitian dilakukan di IPLT Depok, Laboratorium Teknik Penyehatan Lingkungan dan Laboratorium Rekayasa Produk Kimia dan Bahan Alam (RPKA), Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
2. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan reaktor anaerob skala laboratorium dengan kapasitas 5 liter.
3. Pengambilan dan pengujian sampel dari limbah yang terdapat di IPLT Depok. Titik pengambilan sampel dan parameter yang diuji pada lokasi adalah:

Tabel 1.1. Lokasi Titik Pengambilan Sampel

No.	titik pengambilan sampel	parameter yang diuji
1.	influen IPLT Depok	pH, temperatur, karbon, nitrogen, TS, VS, COD, DO

Sumber : Olahan Sendiri, 2011

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar, sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup serta manfaat penelitian.

BAB 2 STUDI PUSTAKA

Berisi teori-teori yang mendasari penelitian ini berupa teori mengenai limbah tinja, biogas, proses pembentukan biogas dari tinja, dan reaktor biogas.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Berisi langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian, mulai dari kerangka penelitian, persiapan dan prosedur penelitian, waktu dan tempat penelitian, teknik pengolahan dan analisa data

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan tentang proses, data, dan analisa penelitian mulai dari perancangan reaktor, pengambilan sampel, pengoperasian reaktor, hingga pengujian parameter.

BAB 5 KESIMPULAN

Bab ini membahas tentang kesimpulan dari analisa penelitian serta saran yang harus diperhatikan pada penelitian berikutnya.



BAB 2

STUDI PUSTAKA

2.1 Potensi Biogas dari Tinja

2.1.1 Limbah Tinja

Tinja berasal dari sisa metabolisme tubuh manusia yang harus dikeluarkan agar tidak meracuni tubuh. Keluaran berupa feses bersama urin biasanya dibuang ke dalam tangki septik. Lumpur tinja/*night soil* yang telah memenuhi tangki septik masih dapat mencemari lingkungan sehingga perlu dibawa ke Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja untuk diolah agar tidak mencemari lingkungan.

Limbah tinja maupun air limbah pada dasarnya terdiri dari kandungan zat padat dan air. Aneka ragam komposisi organik dan anorganik padat dan terlarut, bermacam bakteri (mikroorganisme) terkandung didalamnya. Untuk mudahnya karakteristik diklasifikasikan dalam kualitas fisika, kimia, dan biologi. Kualitas fisika meliputi : zat padat (TS, TSS), warna, bau, dan temperatur. Kualitas Kimia meliputi : pH, klorida, oksigen terlarut (DO), COD, logam berat, zat beracun, dan gas-gas oksigen, nitrogen, karbondioksida, hydrogen sulfide, amoniak, metana, biasanya kualitas dinyatakan dengan konsentrasi. Kualitas biologi meliputi : bakteri seperti coli tinja, dan ganggang (algae) (Balai Pelatihan Air Bersih dan Penyehatan Lingkungan Permukiman Bekasi, 2012)

Peraturan terkait limbah tinja hasil efluen dari IPLT Depok Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.112 Tahun 2003.

Tabel 2. 1. Data Standar Baku Mutu Air Limbah di Indonesia (KepMenKLH/112/2003)

Item	Unit	Standar			
		I	II	III	IV
pH	-	6-9	6-9	6-9	6-9
SS	mg/l	100	200	400	500
BOD ₅	mg/l	20	50	150	300
COD	mg/l	40	100	300	600

Sumber : Kep-03/MenKLH/II/1991

Tabel 2. 2. Komposisi Fisik dan Kimia Limbah Tinja

Parameter	Limbah Tinja (mg/l)
TS	400
TVS	25
TSS	15
VSS	10
BOD ₅	7
COD	15
TKN	700
NH ₃ -N	150
Total P	250
Alkalinitas	1000
Lemak	8000
pH	6

Sumber : EPA Hand Book-Septage treatment and disposal

2.1.2 Biogas

Biogas adalah gas yang dilepaskan jika bahan-bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam, daun-daun (hasil sortiran sayur) difermentasi atau mengalami proses metanisasi (Hambali, Eliza, dkk, (2007: 52) .

Komposisi biogas bervariasi tergantung pada limbah organik dan proses fermentasi *anaerob*, biasanya terdiri dari gas metana, gas karbon dioksida, dan gas-gas lainnya, meliputi karbon monoksida, nitrogen, hidrogen, hidrogen sulfida, dan oksigen. Karakteristik komposisi lengkap kandungan biogas dapat ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2. 3. Komposisi Kandungan Biogas

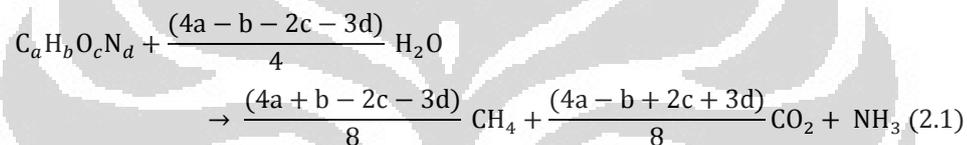
Gas	Simbol	(% volume)
Metana	CH ₄	55 – 75
Karbon Dioksida	CO ₂	25 – 45
Karbon Monoksida	CO	0 – 0,3
Nitrogen	N ₂	1 – 5
Hidrogen	H ₂	0 – 3
Hidrogen Sulfida	H ₂ S	0,1 – 0,5
Oksigen	O ₂	Sisanya

Sumber : Suyitno, dkk, 2010

Biogas dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar konvensional yang sudah umum digunakan seperti minyak tanah (kerosene) atau kayu bakar, serta penggunaan biogas juga meyelamatkan lingkungan dari pencemaran dan mengurangi kerusakan lingkungan hidup. Saat ini pemanfaatan biogas menjadi penting ditengah isu pemanasan global karena gas metan sebagai kandungan utama dalam biogas memberikan efek rumah kaca yang 21 kali lebih berdampak pada pemanasan global daripada gas CO₂

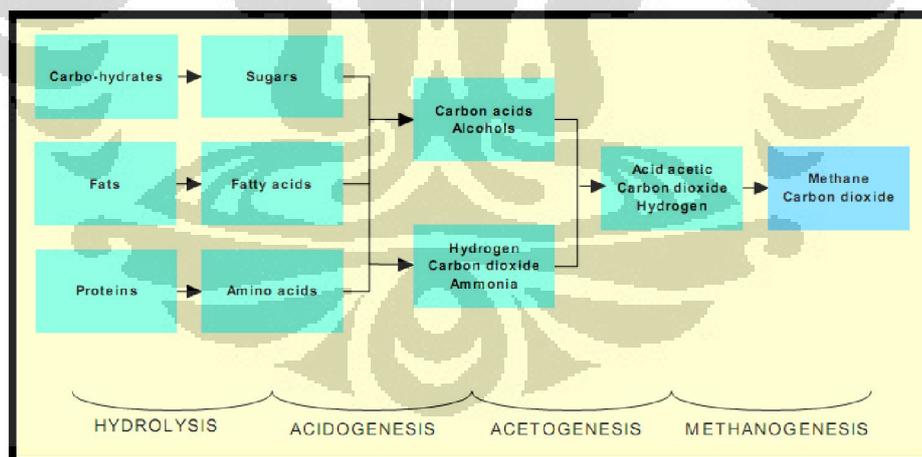
2.1.3 Potensi Biogas dari Tinja

Rumus untuk memperkirakan potensi biogas yang dihasilkan menggunakan rumus empiris bila bahan organik dianggap terdegradasi secara sempurna, maka persamaannya menjadi:



2.2 Proses Pembentukan Biogas dari Tinja

2.2.1 Proses Penguraian Bahan-Bahan Organik Menjadi Biogas



Gambar 2.1 Tahapan Proses Anaerobik Limbah Organik.

Sumber : Teodorita Al Seadi, et al. 2008

Pada umumnya penguraian bahan-bahan organik menjadi biogas dibagi menjadi empat tahap, yaitu :

- Tahap Hidrolisa

Grup mikroorganisme *hydrolytic* mengurai senyawa organik kompleks menjadi molekul-molekul sederhana, dengan rantai pendek termasuk glukosa, asam amino, asam organik, ethanol, karbondioksida dan hidrokarbon yang dimanfaatkan sebagai sumber karbon dan energi bagi bakteri yang melakukan fermentasi. Proses hidrolisis dikatalis oleh enzim yang dikeluarkan oleh bakteri seperti selulase, protease, dan lipase. Rumus kimia untuk bahan organik adalah $C_6H_{10}O_4$ (Themelis and Verma, 2004 dalam Ostream 2004). Reaksi yang terjadi selama proses hidrolisis dimana bahan organik dipecah menjadi molekul gula sederhana dapat dilihat pada reaksi 1 berikut (Ostream, 2004) :



- Tahap Acidogenesis

Tahap hidrolisis segera dilanjutkan oleh pembentukan asam pada proses *acidogenesis*. Pada proses ini, bakteri *acidogenesis* mengubah hasil dari tahap hidrolisis menjadi bahan organik sederhana yang tersedia (kebanyakan dari rantai pendek, keton, dan alkohol)

- Tahap *Acetogenesis* (Tahap Pembentukan Asam)

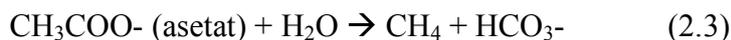
Pada tahap ini terjadi pembentukan senyawa asetat, CO_2 dan hidrogen dari molekul-molekul sederhana yang tersedia oleh bakteri aceton penghasil hidrogen. Tetapi pertumbuhan mikroorganisme ini justru akan terhambat jika terjadi akumulasi hidrogen.

- Tahap Methanogenesis

Pada tahap ini terjadi pembentukan gas metan dari senyawa asetat, ataupun hidrogen dan CO_2 oleh bakteri *methanogen*. Bakteri *methanogen* adalah bakteri anaerob yang pertumbuhannya lebih lambat dari pada bakteri yang ada pada tahap hidrolisa dan *acidogenesis*. Bakteri ini sangat tergantung pada bakteri lainnya pada tahap sebelumnya untuk menghasilkan nutrient dalam bentuk yang sesuai.

Fungsi dari bakteri *methanogen* antara lain mengurangi akumulasi hidrogen seminimal mungkin di dalam medium dengan jalan menggunakan hidrogen untuk mereduksi CO_2 menjadi produk yang inert (gas yang tidak dapat bereaksi secara kimia dengan benda lain) yaitu CH_4 . Proses ini dilakukan oleh

bakteri *methanogen* pengguna hydrogen. Reaksi yang terjadi pada tahap *methagenesis* (Polprasert, 1989) adalah pada reaksi 2 berikut ini :



2.2.2 Kondisi Lingkungan yang Mempengaruhi Produksi Biogas

- Temperatur

Temperatur sangat menentukan lamanya proses pencernaan di reaktor. Bila temperature meningkat, umumnya produksi biogas juga meningkat sesuai dengan batas-batas kemampuan bakteri mencerna sampah organik. Bakteri yang umum dikenal dalam proses fermentasi anaerob seperti bakteri Psikoprilik (10-18°C), bakteri Mesopilik (20°C – 45°C), bakteri termopilik (50-70°C) (Polprasert, 1996). Umumnya reaktor anaerob skala kecil bekerja pada temperatur mesophilic (20°C – 45°C). Dibandingkan reaktor kondisi termopilik, reaktor kondisi mesopilik pengoperasiannya lebih mudah, tapi biogas yang dihasilkan lebih sedikit dan volume reaktor lebih besar, sedangkan reaktor kondisi termopilik menghasilkan banyak biogas, tetapi biaya investasinya tinggi dan pengoperasiannya rumit.

- pH

Nilai pH optimal untuk biogas berkisar antara 7 – 7,2. Selama proses berlangsung akan terjadi penurunan pH menjadi kurang lebih 4,5 yang dapat menyebabkan terhentinya proses pembentukan gas metana dari hidrogen dan karbondioksida, sehingga perlu penambahan basa/kapur. Pada tahap awal fermentasi akan terbentuk asam sehingga pH turun oleh sebab itu perlu ditambahkan larutan kapur (CaOH₂) atau kapur (CaCO₃).

- Alkalinitas

Konsentrasi alkalinitas yang dibutuhkan pada proses anaerob berkisar antara 2000-3000 mg/l (CaCO₃), untuk menjaga kestabilan pH.

- C/N

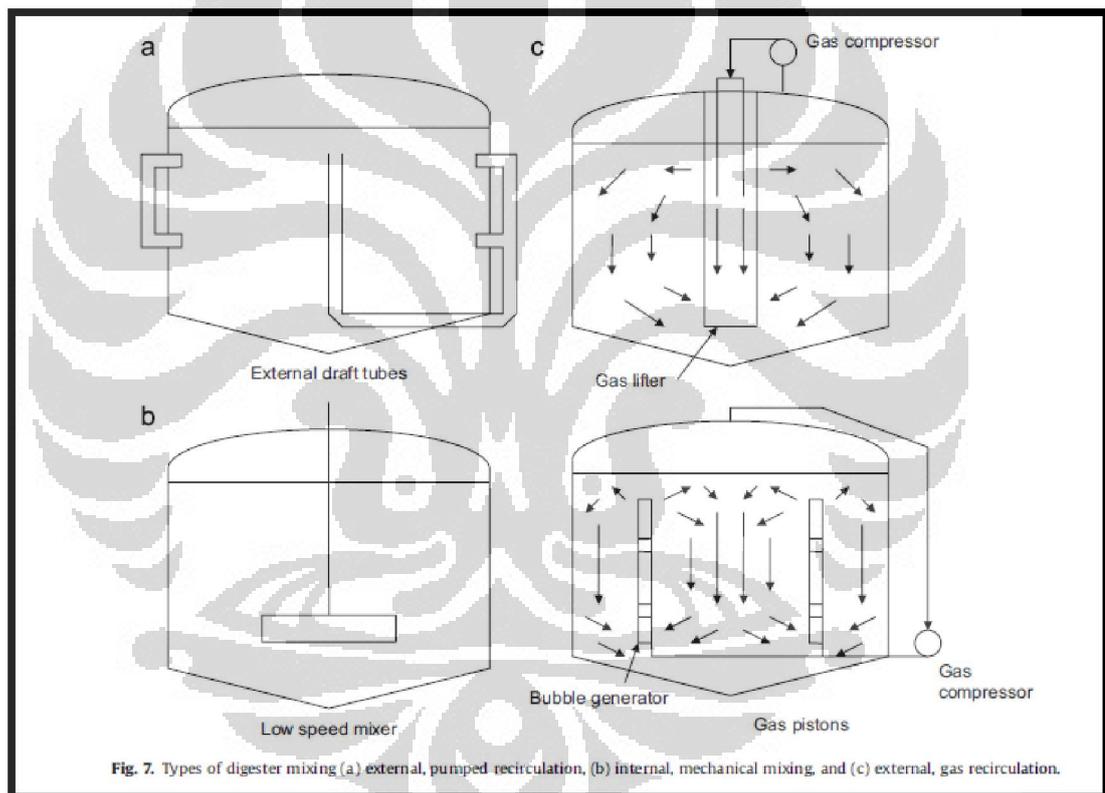
Karbon dan nitrogen adalah sumber makanan utama bagi bakteri anaerob, dimana karbon dibutuhkan untuk mensuplai energi dan nitrogen dibutuhkan untuk membentuk struktur sel bakteri. Menurut Gunnerson dan Stuckey (1986), rasio C:N yang terlalu tinggi menyebabkan kecepatan perombakan meningkat dan menghasilkan lumpur dengan kandungan nitrogen

yang sangat tinggi. Sedangkan apabila rasio C:N cukup rendah maka menghasilkan banyak nitrogen yang akan berubah menjadi amoniak dan meracuni bakteri. Menurut Hansen, keadaan optimal rasio C:N untuk biogas adalah sama dengan proses dekomposisi untuk pengomposan yaitu 25-35.

- Amonia

Amonia pada konsentrasi yang tinggi dapat menghambat proses fermentasi anaerob. Konsentrasi yang baik berkisar 200-1500 mg/l dan bila melebihi 3000 mg/l akan bersifat toksik.

- Pengadukan



Gambar 2.2 Tipe Pengaduk

(a) external pumped circulation, (b) internal, mechanical mixing and

(c) external gas circulation

Sumber : Lise Appels, 2008

Bahan baku yang sukar dicerna dalam digester akan membentuk lapisan kerak pada permukaan cairan, apabila hal ini dibiarkan maka lapisan kerak akan mengeras dan menghambat laju produksi gas. Pengadukan berfungsi untuk

mencegah lapisan kerak agar tidak terbentuk, selain itu pengadukan juga berfungsi untuk meratakan kontak antara bakteri dengan substrat, dan membantu melepaskan gelembung biogas yang terperangkap di dalam substrat.

Bakteri anaerobik membutuhkan nutrisi sebagai sumber energi untuk proses reaksi anaerob seperti mineral-mineral yang mengandung nitrogen, fosfor, magnesium, sodium, mangan, kalsium, kobalt. Nutrisi ini dapat bersifat toxic (racun) apabila konsentrasi di dalam bahan terlalu banyak. Dibawah ini tabel konsentrasi kandungan kimia mineral-mineral yang diijinkan terdapat dalam proses pencernaan/digestion limbah organik, yakni :

Tabel 2.4 Kandungan Mineral yang Diijinkan

Mineral	mg/liter
Sulphat (SO ₄ ⁻)	5000
Sodium chloride	40000
Copper	100
Chromium	200
Nickel	200-500
Cyanide below	25
Alkyl Benzena Sulfonate	40 ppm
Amonia	3000
Sodium	5500
Potasium	4500
Calcium	4500
Magnesium	1500

Sumber : Sri Wahyuni, 2008

2.2.3 Parameter Operasi Dalam Produksi Biogas

- Laju pengumpanan

Laju pengumpanan adalah jumlah bahan yang diumpankan ke dalam reaktor per unit kapasitas reaktor per hari.

- HRT

Lama proses (*hydraulic retention time*) adalah jumlah hari proses pencernaan/digesting pada tangki anaerob dihitung mulai pemasukan bahan organik sampai proses awal pembentukan biogas dalam reaktor anaerob. HRT meliputi 70-80% dari total waktu pembentukan biogas secara keseluruhan. Lamanya waktu HRT sangat tergantung dari jenis bahan organik dan perlakuan terhadap bahan organik (*feedstock substrate*) sebelum dilakukan proses pencernaan/digesting proses.

$$HRT = \frac{V_r}{V} \quad (2.4)$$

HRT: *hydraulic retention time* (days)

V_r : *reaktor volume* (m³)

V : *volume of substrate fed per time unit* (m³/d)

2.3 Reaktor Biogas

Reaktor biogas merupakan alat yang kedap udara dengan bagian-bagian pokok terdiri atas pencerna (reaktor), inlet bahan penghasil biogas dan outlet lumpur sisa hasil pencernaan (*slurry*) dan pipa penyalur biogas yang telah terbentuk. Jenis reaktor diklasifikasikan berdasarkan jenis dan proses pengolahan limbah organik.

2.3.1 Jenis-Jenis Reaktor Biogas

2.3.1.1 Berdasarkan Konstruksi

- Tipe Kubah Tetap (*fixed dome*)

Reaktor tipe ini disebut juga tipe Cina, karena tipe ini dibuat pertama kali di Cina sekitar tahun 1930-an. Reaktor tipe ini memiliki dua bagian yang kedua adalah kubah tetap (*fixed dome*). Dinamakan kubah tetap karena bentuknya menyerupai kubah dan bagian ini merupakan pengumpul gas yang tidak bergerak (*fixed*). Gas yang dihasilkan dari material organik pada reaktor akan mengalir dan disimpan di bagian bawah. Reaktor ini mewakili konstruksi reaktor yang memiliki volum tetap sehingga produksi biogas akan meningkatkan tekanan di dalam reaktor (Indartono, 2005). Biaya yang dikeluarkan sebagai operasional reaktor *fixed dome* ini dapat dikatakan rendah, karena reaktor dengan tipe seperti ini berupa bangunan permanen tidak berkarat dan dapat bertahan sampai 20 tahun.

Bangunan ini biasanya terletak di bawah tanah, sehingga dapat terhindar dari kerusakan fisik. Selain itu proses pembentukan biogas yang terjadi di dalam tanah dapat terhindar dari temperatur rendah pada malam hari, sedangkan pada siang hari sinar matahari dapat meningkatkan proses pembentukan biogas.

Reaktor *fixed dome* terdiri dari bagian pencerna yang berbentuk kubah tertutup. Di dalam reaktor terdapat ruang penampung gas dan *removal tank*. Tekanan gas di dalam reaktor akan meningkat seiring dengan meningkatnya volume gas di dalam penampung gas, bentuk *fixed dome reactor*.

Kelebihan dari reaktor ini adalah:

- Biaya perawatan murah.
- Umur reaktor lama
- Lebih stabil dan tidak mudah karat

Menghemat tempat karena dibangun dalam tanah sehingga temperatur dalam reaktor lebih stabil

Kekurangan dari reaktor ini adalah:

- Bila terjadi sedikit kebocoran pada reaktor akan mengakibatkan kehilangan gas yang cukup besar sehingga dibutuhkan pembuat reaktor yang telah terlatih
- Tekanan gas berfluktuasi tergantung dari gas yang dihasilkan
- Temperatur dalam reaktor relatif dingin
- Tipe Kubah Apung (*floating drum*)

Pada *floating drum* terdapat bagian pada konstruksi reaktor yang bisa bergerak untuk menyesuaikan dengan kenaikan tekanan reaktor. Pergerakan bagian reaktor tersebut menjadi tanda telah dimulainya produksi gas di dalam reaktor biogas (Indartono, 2005). *Floating drum* terdiri dari bagian pencerna yang berbentuk kubah atau silinder yang dapat bergerak, penahan gas atau drum. Pergerakan penahan gas dipengaruhi oleh proses fermentasi dan pembentukan gas. Bagian drum sebagai tempat penampung atau penyimpan gas yang terbentuk mempunyai rangka pengarah agar pergerakan drum stabil. Apabila reaktor sedang memproduksi biogas drum akan terangkat. Jika biogas sedang dikonsumsi, drum akan turun.

Bahan yang digunakan untuk drum adalah baja. Lembaran baja yang digunakan untuk kedua sisi drum berukuran 2,5 mm, sedangkan untuk bagian atas drum berukuran 2 mm. Drum harus dijaga agar tidak berkarat. Untuk mencegah drum berkarat dapat digunakan cat minyak, cat sintetis maupun aspal. Produksi gas dapat meningkat apabila drum dicat dengan warna merah karena temperatur dalam tangki pencerna akan meningkat ketika terkena sinar matahari. Bagian atas drum sebaiknya dibuat miring. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah air hujan masuk ke dalam drum, sehingga drum dapat mengalami korosi atau berkarat.

Dengan tipe *floating drum* tidak selalu menggunakan bahan dari baja. Bahan lain yang dapat digunakan untuk reaktor ini adalah plastik polyethilen. Biaya yang harus dikeluarkan untuk membuat reaktor dengan bahan polyethilen lebih besar daripada menggunakan bahan baja.

Kelebihan dari reaktor ini adalah:

- Mudah dipahami dan dioperasikan
- Volume gas yang terbentuk dapat dilihat dengan mudah.
- Tekanan gas yang dihasilkan relatif konstan
- Pembuatannya mudah dan bila ada sedikit kesalahan dalam pembuatannya tidak terlalu menyebabkan masalah yang besar dalam pengoperasiannya.

Kekurangan dari reaktor ini adalah :

- Korosi pada drum.
- Biaya perawatan cukup mahal
- Umur reaktor lebih pendek daripada *fixed dome*.

2.3.1.2 Berdasarkan Proses Pengolahan Limbah Organik

Berdasarkan proses pengolahan limbah organik dikenal beberapa reaktor seperti batch reaktor, plug flow reaktor dengan proses recycle, reaktor pengadukan penuh (CFSTR), dan reaktor anaerob dengan pengadukan berkala (CSTR).

Proses pengolahan limbah organik dengan reaktor tipe batch dilakukan sekali proses yakni pemasukan limbah organik, *digestion* dan penghasilan biogas dan slurry (lumpur). Reaktor tipe *plug flow* dapat melakukan proses *digestion*

(pencernaan limbah organik beberapa kali. Sementara degester tipe CFSTR dan CSTR menggunakan pengadukan untuk mempercepat waktu cerna (HRT) dalam tangki reaktor anaerob.

Berdasarkan proses pengolahan limbah organik anaerobik reaktor dibagi menjadi empat, yaitu :

- *Anaerobic suspended growth processes*

Proses ini terdiri dari : *complete-mix process, anaerobic contact process, dan anaerobic sequencing batch reactor.*

- *Anaerobic sludge blanket processes*

Proses ini terdiri dari: *upflow sludge blanket reactor process, anaerobic baffled reactor, anaerobic migrating blanket reactor.* Fraksi dari partikulat banding sCOD penting dalam menentukan beban desain dari reaktor UASB. Pada konsentrasi solid lebih dari 6 g TSS/L, *anaerobic digestion* dan *anaerobic contact processes* mungkin akan lebih tepat. Efisiensi penyisihan (90-95)% COD akan didapat ketika COD loading bernilai antara 12-20 kg COD/m³.d

- *Attached growth anaerobic processes*

Proses ini terdiri dari *upflow packed-bed attached growth reactor, upflow attached growth anaerobic expanded-bed reactor, attached growth anaerobic fluidized-bed reactor, downflow attached growth processes*

- *Other anaerobic treatment processes*

Proses ini terdiri dari: *covered anaerobic lagoon process, membrane separation anaerobic treatment process*

2.3.2 Komponen Reaktor

- Saluran masuk *slurry*

Saluran ini digunakan untuk memasukan campuran bahan baku limbah organik dengan air. Tujuan pencampuran adalah untuk memaksimalkan produksi biogas, memudahkan mengalirnya bahan baku dan mengalirnya bahan baku dan menghindari terbentuknya endapan pada saluran masuk.

- Ruang fermentasi (*digestion*)

Ruangan *digestion* berfungsi sebagai tempat terjadinya proses *digestion* dan dibuat kedap terhadap udara. Ruangan ini dapat juga dilengkapi dengan penampung biogas

- Saluran keluar residu (*sludge*)

Fungsi saluran ini adalah untuk mengeluarkan kotoran (*sludge*) yang telah mengalami proses *digestion* oleh bakteri. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan tekanan hidrostatik. Residu yang keluar pertama kali merupakan *sludge* (lumpur) masukan yang pertama setelah waktu retensi. *Sludge* yang keluar sangat baik untuk pupuk karena mengandung kadar nutrisi yang tinggi.

2.3.3 Perancangan Ukuran Reaktor

Ukuran tangki reaktor tergantung dari jumlah, kualitas, dan jenis limbah organik yang tersedia dan temperatur saat proses fermentasi anaerob, jumlah bahan baku biogas yang dimasukkan ke dalam reaktor, jenis reaktor yang dipilih.

BAB 3

METODE PENELITIAN

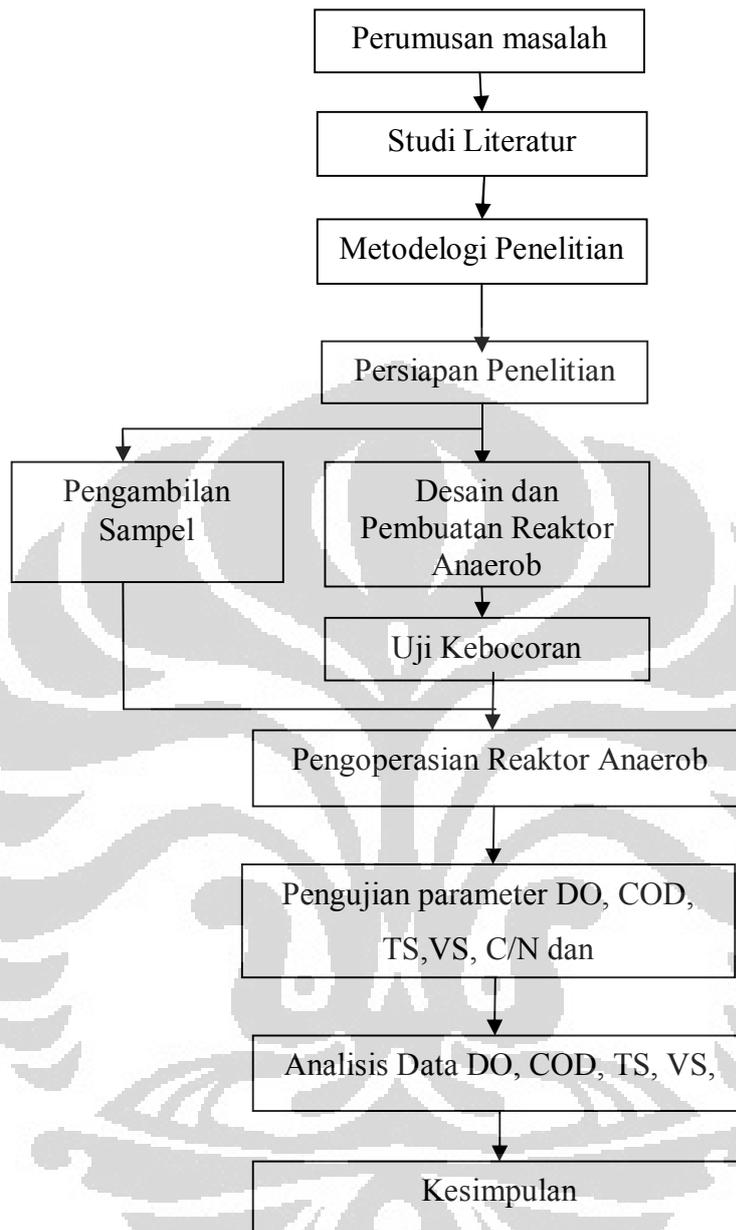
Penelitian ini menggunakan reaktor anaerob skala laboratorium untuk pengujian potensi biogas dari limbah tinja IPLT Depok menjadi biogas. Penelitian untuk analisa karakteristik dari limbah tinja dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Sementara itu, pengujian untuk analisa komposisi biogas dengan *gas chromatography* dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Produk Kimia dan Bahan Alam (RPKA) Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Penelitian ini meliputi beberapa kegiatan utama, yaitu sebagai berikut:

- Pembuatan reaktor anaerob skala laboratorium;
- Pengujian kebocoran alat,
- Pengambilan sampel
- Pengoperasian alat
- Pengolahan data, analisis, dan pembahasan.

3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan semua proses yang diperlukan dalam perencanaan dan pelaksanaan penelitian. Menurut Malhotra (2006), kerangka penelitian adalah cetak biru dalam melaksanakan suatu proyek penelitian. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi biogas dari limbah tinja IPLT Kalimulya Depok. Secara umum, alur kerangka penelitian untuk mengetahui potensi biogas dari limbah tinja IPLT Kalimulya Depok dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

3.2 Tahapan Penelitian

3.2.1 Persiapan Penelitian

3.2.1.1 Alat dan Bahan Penelitian

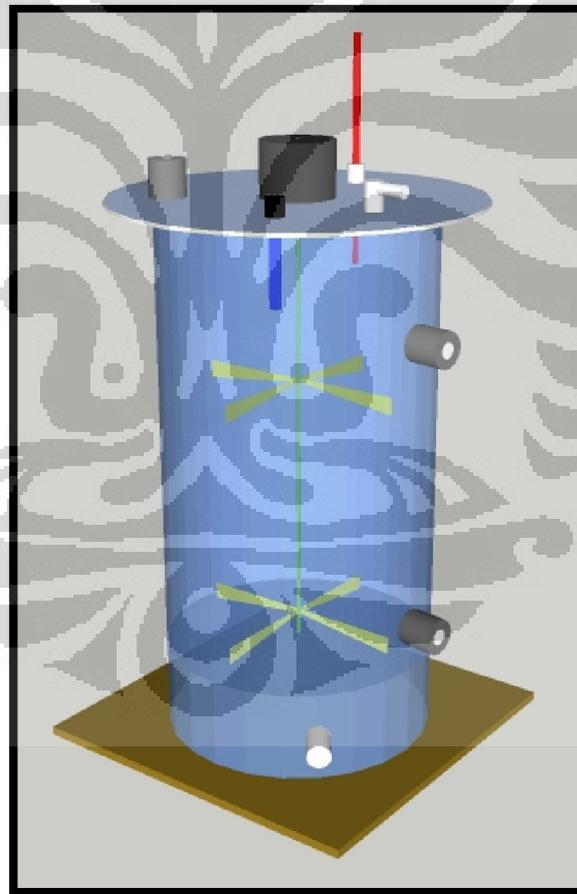
- Alat Penelitian
 - Reaktor Anaerob Skala Laboratorium
 - Akrilik silinder diameter 15 cm dengan ketebalan 4 mm
 - Akrilik pelat dengan ketebalan 5 mm.
 - Motor DC
 - Pengaduk
 - Adaptor
 - Dimmer Lampu (pengatur kecepatan)
 - Lem silicon dan lem araldite
 - Kabel
 - Mur dan Baut
 - Isolasi drat
 - Knot dan tutup pipa $\frac{3}{4}$ inch
 - Sambungan air $\frac{1}{2}$ inch
 - Karet silikon
 - Penampung Gas
 - Selang air bangunan
 - Gelas ukur volume 250 ml
 - Tupperware 30 liter
 - pH meter digital
 - Termometer
 - *Gas Chromatography*
 - Pengambilan Sampel
 - Derigen 10 liter 2 buah
 - Gayung bertungkai panjang
 - Corong air
 - Sarung tangan
 - Masker

- Bahan Penelitian

Limbah Tinja manusia yang diambil dari IPLT Kalimulya Depok

3.2.1.2 Reaktor Anaerob skala laboratorium

Penelitian ini menggunakan 2 buah reaktor anaerob yang dirancang bangun oleh penulis. Kapasitas setiap reaktor anaerob adalah 5 liter berbentuk tabung yang dilengkapi dengan motor pengaduk dan pengatur kecepatan adukan, ph meter digital, termometer, 3 titik lubang karet silikon untuk sampling, dan 1 lubang input di bagian atas reaktor. Perancangan awal reaktor anaerob skala laboratorium ini menggunakan *software* Google SketchUp sebagaimana diberikan pada Gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.2 Perancangan Awal Reaktor Anaerob Skala Laboratorium

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Tabel 3.1 Ukuran Rangka Luar Reaktor Anaerob

Komponen Rangka Luar	Diameter Dalam (cm)	Tinggi (cm)
Tutup bagian atas	15	2
Badan	15	30
Tutup bagian bawah	15	-

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

3.2.1.3 Uji Kebocoran

Persiapan peralatan ini bertujuan untuk menghindari ketidakakuratan data percobaan. Salah satu persiapan yang dilakukan ialah dengan uji kebocoran (*leakage test*) pada setiap sambungan (*injection port*, *sampling port* dan reaktor).

3.2.1.4 Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel air limbah pada IPLT Depok dilakukan berdasarkan SNI 6989.59:2008 tentang Air dan Air Limbah, bagian 59: Metode pengambilan contoh air limbah. Pengambilan sampel untuk evaluasi efisiensi instalasi pengelolaan air limbah (IPAL) dilakukan sebagai berikut:

Untuk titik lokasi pengambilan inlet dilakukan pada titik dimana terbentuk aliran berturbulensi tinggi agar terjadi pencampuran dengan baik.

3.2.1.5 Pengukuran sampel

Pengukuran sampel penelitian ini terdiri dari pengukuran parameter yang tertera sebagai berikut:

- Cek awal : pH, temperatur, C/N, DO, COD, VS, TS,
- Cek rutin : pH, temperatur, jumlah biogas
- Cek periodik : COD
- Cek akhir : temperatur, jumlah dan komposisi biogas, pH, DO, COD, VS, TS

3.2.2 Prosedur Penelitian

3.2.2.1 Prosedur Pembuatan Reaktor Anaerob Skala Laboratorium

- Membuat rangka luar reaktor anaerob berbahan dasar kaca akrilik silinder dengan ketebalan 4 mm
- Membuat lubang-lubang pada titik-titik sampling.
- Membuat bagian bawah reaktor.
- Membuat bagian tutup reaktor
- Membuat lubang pada tutup reaktor untuk penempatan ph meter, termometer, pengaduk, penyaluran gas, pemasukan sampel,
- Membuat lubang pada tutup titik pemasukan bahan dan pengambilan sampel, kemudian dimasukan karet silikon untuk pengambilan sampel dengan menggunakan suntikan.
- Memasang ph meter, termometer, pengaduk, penyaluran gas, titik pemasukan bahan dan titik sampling,
- Memasang instalasi listrik (termasuk kabel, dimer, dan adaptor) untuk motor pengaduk, kemudian menguji coba kinerja motor pengaduk.
- Memasang alat penampung biogas.

3.2.2.2 Prosedur Uji Kebocoran Reaktor

- Uji kebocoran dilakukan dengan menggunakan busa sabun dan *pressure gauge* (pengukur tekanan udara) dengan prosedur sebagai berikut :
- Menghubungkan selang penyalur biogas ke *pressure gauge*
- Mengalirkan udara kompresor ke dalam reaktor sampai tekanan tertentu
- Menunggu +/- 15 menit sambil memperhatikan apakah terjadi penurunan tekanan atau tidak,
- Jika terjadi penurunan tekanan dicari letak kebocoran dengan cara mengoleskan air sabun ke setiap sambungan pipa.
- Mengecek ada tidaknya buih sabun, apabila terbentuk buih berarti terjadi kebocoran.
- Mengencangkan kembali sambungan antar pipa dengan sampling port jika terdapat kebocoran, atau menggunakan lem silicon untuk sambungan.

- Melakukan pengecekan ulang dengan busa sabun, jika tidak terbentuk buih maka alat siap digunakan.

3.2.2.3 Prosedur Pengambilan Sampel

- Pengambilan sampel dilakukan di IPLT Depok yang berada di Kp. Kebon Duren Rt 04/06 kel. Kalimulya Kec. Cilodong Kota Depok. Prosedur pengambilan sampel di IPLT Kalimulya Depok adalah sebagai berikut:
- Menggunakan masker dan sarung tangan
- Meminta izin sama sopir mobil tinja untuk mengambil sampel tinja
- Mengambil limbah tinja yang masuk dan tercampur di bak penampung pertama
- Jumlah limbah tinja yang diambil 20 liter
- Memasukkan limbah tinja ke dalam derigen dengan menggunakan corong
- Sampel limbah tinja diambil dari 8 mobil tinja, setiap mobil tinja diambil 2,5 liter.
- Derigen air ditutup dengan lapisan plastic pada tutupnya untuk menghindari kebocoran.

3.2.2.4 Prosedur Pengoperasian Reaktor

- Pelaksanaan penelitian dilakukan di Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia. Prosedur percobaan :
- Masukan sampel melalui lubang bagian atas reaktor sampai batas ketinggian yang telah direncanakan
- ukur volume reaktor
- sementara itu sebagian sampel yang lain diukur parameter awalnya di laboratorium.
- Kemudian setiap hari sekali dilakukan pengadukan dengan menggunakan rotor, selama +/- 5 menit (dengan kecepatan relatif rendah)
- Kemudian secara rutin akan dilakukan cek parameter, untuk parameter pH, temperatur, dan jumlah biogas, tinggal dilihat dari pH meter, thermometer, dan gelas ukur, sedangkan untuk parameter COD dilakukan pengambilan

sampel menggunakan jarum melalui lubang silicon. Untuk komposisi biogas akan menggunakan Gas Chromatography.

- Sistem pengukuran gas nya dari reaktor akan disambung selang kemudian dihubungkan ke dalam gelas ukur berisi air terbalik yang berada dalam gelas ukur yang berisi air.
- Analisa sampel dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan UI dan di laboratorium BPLHD Jakarta, sedangkan khusus *Gas Chromatography* akan dilakukan di laboratorium Teknik Kimia UI.

3.2.2.5 Prosedur Pengukuran Sampel

Pengujian sampel dilakukan di laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan, sebanyak dua kali untuk masing-masing sampel, termasuk satu kali pengulangan jika terjadi kesalahan dalam menganalisis data. Sehingga total pengujian sampel adalah sebanyak tiga kali. Pengujian parameter kualitas pH, temperatur, karbon, nitrogen, TS, VS, COD, DO. Pengujian kualitas parameter air limbah diukur dengan menggunakan standar berikut:

Tabel 3.2 Metode Pengujian Parameter

Parameter	Standar Pengujian
COD	SNI 06-6989.15-2004 Air dan air limbah - Bagian 15 : Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks terbuka secara titrimetri
TS	SNI 06-6989.26-2005 Air dan air limbah - Bagian 26 : Cara uji kadar padatan total secara gravimetri
pH	SNI 06-6989.11-2004 Air dan air limbah - Bagian 26 : Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter
Nitrogen	Nitrogen Total – JIS K 0102 : 1998 Pemeriksaan Kualitas Total Nitrogen
VS	Metode gravimetri
Temperatur	SNI 06-6989(1).23-2005
DO	Metode elektrokimia dengan DO meter

Sumber: Standar Nasional Indonesia

- Metode Pengujian Komponen Gas; *Gas Chromatography – Thermal Conductivity Detector* :

Gas kromatografi adalah salah satu metode analisis untuk pemisahan, pengidentifikasian, dan penentuan komponen kimia dalam campuran gas yang didasarkan pada perbedaan kecepatan migrasi komponen dalam suatu sampel. Pada penelitian ini digunakan *Gas Chromatography – Thermal Conductivity Detector* (GC-TCD). Pada GC terdapat dua jenis fasa, yaitu fasa gerak (pembawa sampel) dan fasa diam (penahan sampel yang bersifat selektif). Pada penelitian ini digunakan fasa gerak berupa gas argon dan fasa diam berupa kolom *Activated Carbon*.

Detektor adalah sensor elektronik yang berfungsi mengubah sinyal gas pembawa dan komponen di dalamnya menjadi sinyal elektronik yang ditampilkan

pada alat perekam (*recorder*). Detektor ditempatkan pada ujung kolom tempat keluar gas pembawa. Detektor konduktivitas termal (TCD) berfungsi mengubah konduktivitas termal dari buangan pada kolom dan membandingkannya dengan konduktivitas aliran gas pembawa (pada penelitian ini digunakan gas argon). Tiap senyawa, baik organik dan anorganik, memiliki konduktivitas termal yang berbeda dari argon, sehingga senyawa tertentu dapat dideteksi dengan detektor ini.

Pada kromatogram akan terbentuk puncak-puncak yang menunjukkan sifat spesifik dari suatu senyawa. Jumlah puncak menunjukkan jumlah komponen yang terdapat dalam sampel, sedangkan luas peak menunjukkan konsentrasi komponen. Terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam menganalisis suatu campuran melalui metode kromatografi, misalnya waktu retensi. Waktu retensi adalah waktu yang diperlukan komponen mulai dari sampel dimasukkan ke dalam mulut kolom hingga terjadinya elusi atau saat komponen mencapai detektor.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia pada tanggal Mei-Juni 2012.

Tabel 3.3 Jadwal Penelitian

Rencana Kerja	Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Studi literatur	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Persiapan penelitian									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Pengambilan data primer																									■	■	■	■	■	■	■	■
Percobaan																									■	■	■	■	■	■	■	■
Pengolahan data																									■	■	■	■	■	■	■	■
Penyusunan skripsi																									■	■	■	■	■	■	■	■

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

3.4 Teknik Pengolahan dan Analisa Data

Tabel 3.4 Teknik Pengolahan dan Analisa Data

No.	Data	Teknik Pengolahan Data
1	COD	Membuat kurva perubahan nilai COD serta menganalisa penyebab dan proses perubahannya
2	C/N	Menganalisa nilai C/N dari sampel tinja.
3	TS	Menganalisa perubahan nilai TS dan hubungannya dengan produksi biogas.
4	VS	Menganalisa perubahan nilai VS dan hubungannya dengan produksi biogas
5	pH	Menganalisa perubahan nilai pH dan hubungannya dengan proses produksi biogas.
6	Temperatur	Menganalisa perubahan nilai temperatur dan hubungannya dengan proses pembentukan biogas
7	Komposisi Biogas	Menganalisa jumlah dan komposisi dari biogas dengan menggunakan <i>gas chromatography</i>

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil pembuatan dan pengoperasian reaktor serta pengukuran dan pengujian parameter selama proses pembentukan biogas. Di bawah ini dapat dilihat gambar proses pembuatan dan bentuk jadi dari kedua reaktor anaerob kapasitas 5 liter yang dilengkapi dengan motor pengaduk, termometer, pH meter, pengatur kecepatan adukan, tiga lubang titik sampling, dan penampung gas.

4.1 Proses dan Hasil Pembuatan Reaktor



Gambar 4.1 Proses Pembuatan Alas dan Tutup Reaktor Anaerob

Sumber : Olahan Sendiri, 2012



Gambar 4.2 Proses pemasangan pengaduk dan motor DC

Sumber : Olahan Sendiri, 2012



Gambar 4.3. Reaktor Anaerob

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Tabel 4. 1. Ukuran Komponen Rangka Luar Reaktor

Komponen Rangka Luar	Diameter Dalam (cm)	Tinggi (cm)
Tutup bagian atas	15	2
Badan	15	30
Tutup bagian bawah	15	-

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Reaktor Anaerob skala laboratorium yang dibuat dan digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor tipe batch bukan tipe kontinu dengan *impeller mixing*. Kapasitas reaktor anaerob adalah 5 liter, penentuan kapasitas reaktor didasarkan atas sifatnya yang portable sehingga nantinya akan lebih mudah dalam proses pemindahannya. Reaktor didesain berbentuk tabung bukan berbentuk balok atau kubus agar dalam proses pengadukan tidak terbentuk *dead zone* di sudut-sudutnya sehingga proses pengadukan dapat berlangsung dengan baik.

Sistem Pengadukan menggunakan 2 buah *spin paddle* di bagian bawah dan bagian $\frac{3}{4}$ dari dasar reaktor, hal ini dilakukan agar proses pengadukan dapat berlangsung dengan baik. Sistem pengadukan dilengkapi dengan pengatur kecepatan hal ini bertujuan agar kecepatan pengadukan dapat diatur secara manual

karena untuk pengadukan awal biasanya lebih berat sehingga tenaga pengaduk sedikit dibesarkan, tetapi kemudian dijaga konstan kecepatannya antara +/-20 rpm selama +/-5 menit.

Reaktor dilengkapi dengan 3 lubang titik pengambilan sampel, tujuannya agar data yang didapat nantinya mewakili data sampel secara keseluruhan. Lubang titik pengambilan sampel terbuat dari tutup pipa drat $\frac{3}{4}$ inch yang tengahnya dilubangi dengan diameter lubang 1 cm dan dilapisi karet silikon dari dalam, sehingga nantinya saat pengambilan sampel untuk mengukur COD dilakukan dengan cara menyuntik karet silikon tersebut dengan jarum suntik hewan, yang memiliki lubang yang lebih besar sehingga tidak hanya cairan dari reaktor saja yang ikut terambil, tetapi juga ada padatnya.

Rangka luar reaktor anaerob terbuat dari akrilik dengan ketebalan 4 mm. Pemilihan akrilik sebagai bahan rangka luar reaktor anaerob dikarenakan sifatnya yang ringan dan transparan. Di bagian atas reaktor terdapat lubang untuk mengalirkan biogas, lubang tersebut disambung dengan selang kemudian dimasukkan ke dalam penampung biogas, penampung biogas terbuat dari gelas ukur volume 200 ml yang dimasukkan ke dalam ember yang berisi air kemudian posisinya dibalik sehingga jika nanti dihasilkan biogas dari reaktor anaerob maka akan menghasilkan gelembung udara yang akan menekan air yang ada di gelas ukur, sehingga akan terlihat pertambahan biogas yang dihasilkan.

4.2 Uji Kecedapan Reaktor



Gambar 4.4 Uji Kecedapan Reaktor

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Saat melakukan uji kedapn reaktor ditemukan beberapa kebocoran, yang kemudian dilakukan pengeleman kembali, setelah lem kering dilakukan pengujian reaktor kembali dan jika ditemukan kebocoran maka reaktor dilem kembali, begitu seterusnya hingga tidak ditemukan kebocoran reaktor. Setelah itu juga dilakukan uji kebocoran dengan menyelupkan reaktor ke dalam kolam sampai batas ketinggian motor DC untuk memastikan bahwa tidak terjadi kebocoran pada reaktor.

4.3 Pengambilan Sampel



Gambar 4.5 Pengambilan Sampel

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Proses pengambilan sampel dilakukan dengan mengambil sampel tinja yang masuk ke dalam bak penampung sementara seperti terlihat pada gambar 4.4. Hal ini dilakukan agar terjadi proses pencampuran yang homogen dari sampel terlebih dahulu. Pengambilan sampel dilakukan bukan pada saat awal-awal tinja keluar dari mobil, tetapi setelah mencapai setengah dari volume mobil. Dalam sehari rata-rata jumlah mobil tinja yang masuk ke IPLT adalah 10 mobil. Sampel untuk penelitian ini diambil dari 8 mobil tinja dengan setiap mobil tinja diambil +/- 2,5 liter kemudian dimasukkan ke dalam derigen.

4.4 Pengoperasian Reaktor



Gambar 4.6 Pengoperasian Reaktor

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Selama proses pengoperasian reaktor gas yang dihasilkan hingga hari ke-8 hanya sedikit mengalami penambahan, hal ini kemungkinan terjadi karena gas dari dalam reaktor sulit untuk menekan air untuk keluar dari gelas ukur, karena ketinggian air pada ember penampung gas yang cukup tinggi sehingga untuk menekan air keluar dari gelas ukur diperlukan tekanan yang besar, hal ini juga diperkuat, ketika gelas ukur diangkat terjadi bunyi penekan gas dan terjadi penambahan volume biogas. Selanjutnya air yang ada pada ember air dikurangi hingga seminim-minimnya, sehingga gas biogas yang dihasilkan tidak sulit untuk masuk ke dalam gelas ukur.

4.5 Feedstock

Feedstock dalam penelitian ini berasal dari limbah tinja dari septik tank yang masuk ke IPLT Kalimulya Depok, tinja diambil dari 8 mobil tinja yang kemudian dicampur menjadi satu. Selanjutnya dilakukan penelitian awal untuk mengetahui karakteristik dari tinja tersebut, seperti terlihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 2. Karakteristik Awal Sampel Tinja

Parameter	Reaktor 1	Reaktor 2
Temperatur	27,5 ⁰ C	28 ⁰ C
PH	7,19	7,2
Kadar C	24,25 %	24,35%
Kadar N	2,8 %	2,7%
C/N	8,67	9,01
COD	9240 mg/l	11078 mg/l
DO	0,25 mg/l	0,25 mg/l
TS	1141 mg/l	3353 mg/l
VS	900 mg/l	2687 mg/l

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Berdasarkan karakteristik awal pada tabel diatas terlihat bahwa nilai pH dari kedua reaktor berada pada range nilai pH optimum dalam pembentukan biogas yaitu antara 7 - 7,2. Nilai pH dari kedua reaktor tidak jauh berbeda, perbedaan ini mungkin terjadi akibat perbedaan merek dari pH meter, sedangkan untuk nilai C/N kedua reaktor berada dibawah nilai C/N optimum yang berkisar antara 25-30. Nilai C/N optimum bernilai 30 karena kemampuan bakteri untuk mencerna karbon 30 kali lebih cepat dibanding untuk mencerna nitrogen (Bardiya and Gaur, 1997). Jika nilai C/N berada dibawah 30 maka karbon akan habis terlebih dahulu sehingga akan tersisa nitrogen, hal ini akan menyebabkan bakteri berhenti bekerja, karena unsur karbon yang dibutuhkan sebagai sumber energi telah habis, sehingga jika ingin mengoptimalkan produksi biogas maka bisa dilakukan pencampuran feedstock terlebih dahulu dengan feedstock yang memiliki nilai C/N lebih besar dari 30.

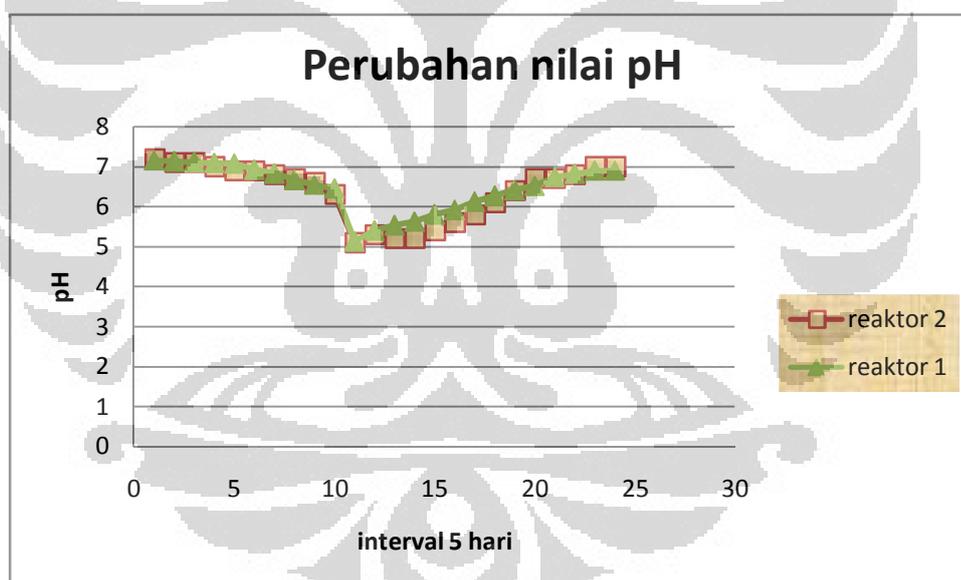
Temperatur dari tinja sama dengan temperatur ruangan, hal ini terjadi karena tidak ada sekat yang menghalangi perambatan kalor dari sampel tinja ke lingkungan, sehingga jika ingin mengoptimalkan produksi biogas maka bisa dilakukan pemanasan, ataupun pensekatan reaktor agar perambatan kalor dari tinja ke lingkungan tidak terjadi.

Nilai TS dari reaktor 1 jauh lebih kecil dibanding reaktor 2, karena sampel yang masuk ke reaktor 1 lebih banyak cairannya dibanding padatannya hal

ini terjadi karena pada saat memasukan sampel ke dalam kedua reaktor sulit untuk mendeteksi seberapa banyak jumlah padatnya, hal ini terlihat esoknya ketika ternyata padatan yang mengendap pada reaktor 1 lebih sedikit dibanding padatan yang mengendap pada reaktor 2. Nilai COD antara kedua reaktor berbeda karena dipengaruhi oleh komposisi padatan dan cairan dari kedua reaktor yang tidak sama, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada analisa TS.

4.6 Analisa pH dan Temperatur

Parameter yang dianalisa secara rutin atau setiap hari dalam percobaan ini adalah pH, temperatur, dan volume biogas. Pembahasan parameter rutin akan difokuskan pada nilai pH dan temperature, dan hubungannya dengan penambahan volume biogas. Dalam penelitian ini nilai pH dan temperature menjadi variable kontrol untuk mengetahui apakah terjadi proses fermentasi di dalam reaktor anaerob

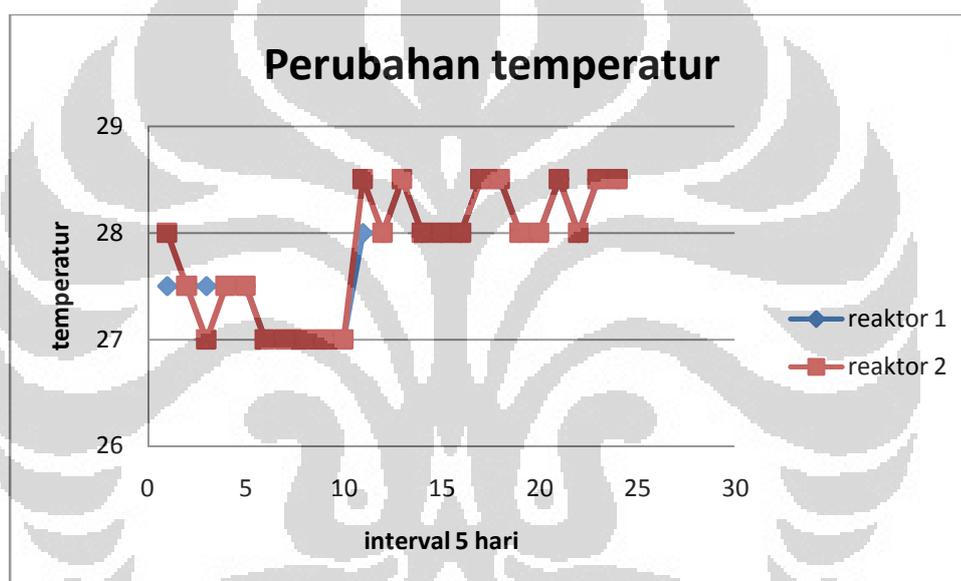


Gambar 4.7 Grafik Perubahan nilai pH di dalam reaktor.

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Grafik perubahan pH dapat dilihat pada grafik di atas ini. Untuk nilai pH pada kedua reaktor mempunyai kecenderungan stabil pada awal hingga hari ke-5 yaitu berada pada kisaran 7,2 hingga 7, selanjutnya terjadi penurunan perlahan, hingga hari ke 11 nilai pH mencapai 6,45 untuk reaktor pertama dan 6,3 untuk reaktor kedua, pada hari ke-13 setelah ditambahkan bakteri EM4 nilai pH

menurun menjadi 5,14 untuk reaktor pertama dan 5,1 untuk reaktor kedua hal ini menunjukkan telah terjadinya proses pembentukan asam atau tahap acetogenesis, dimana terjadi proses dekomposisi bahan organik menjadi senyawa asetat, karbondioksida dan hydrogen, yang akan dilanjutkan ke proses berikutnya yaitu metanogenesis. Seiring waktu akan terbentuk buffer alkali yang akan menetralkan pH secara perlahan, sehingga pH akan naik secara perlahan (Turovskiy, 2006). Pada hari ke 21 nilai pH mulai mengalami peningkatan yang signifikan hingga mencapai 6,9 pada hari ke-28 untuk reaktor 1, sedangkan reaktor 2 pH nya mencapai 7. Hal ini menunjukkan telah terjadi proses *metanogenesis*.



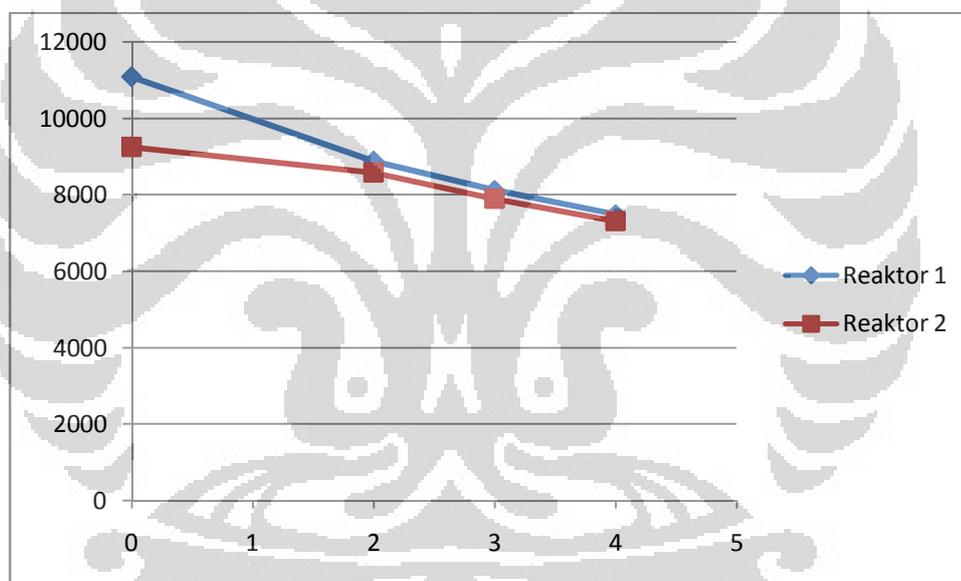
Gambar 4.8 Grafik Perubahan Temperatur di Dalam Reaktor

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Nilai temperatur dalam reaktor relatif hampir sama dengan suhu ruangan yaitu antara 27-28,5 °C (termasuk mesophilic) karena tidak ada proses pemanasan ataupun penjagaan reaktor agar tidak ada transfer kalor ke ruangan, sehingga kalor dari reaktor akan dilepaskan ke lingkungan. Pada suhu mesophilic kinerja bakteri memang tidak sebaik pada suhu thermophilic, sehingga biogas yang dihasilkan pada suhu mesophilic akan lebih rendah dibanding biogas pada suhu thermophilic. Grafik perubahan temperatur dapat dilihat di bawah ini. Terlihat ada sedikit peningkatan suhu sejak hari ke 11, hal ini dapat mengindikasikan terjadinya peningkatan proses dekomposisi bahan organik yang bersifat eksoterm.

4.7 Analisa COD

Parameter yang dianalisa secara periodik atau seminggu sekali adalah nilai COD. Nilai COD menjadi salah satu parameter yang diukur karena nilai COD mengindikasikan jumlah komponen organik yang nantinya akan berproses menjadi biogas. Pada awal pengoperasian reaktor nilai COD nya adalah 9240 mg/l untuk reaktor pertama, dan 11078 mg/l untuk reaktor kedua, sedangkan pada minggu pertama data COD tidak didapat karena kesalahan sampling, pada minggu kedua nilai COD reaktor pertama sebesar 8572 mg/L dan 8876 mg/L untuk reaktor kedua, nilai COD senantiasa menurun hingga minggu ke 4. Efisiensi penyisihan nilai COD dari reaktor pertama adalah sebesar 20,95%, sedangkan efisiensi penyisihan COD dari reaktor kedua adalah sebesar 32,5%



Gambar 4.9 Grafik Perubahan nilai COD dari kedua reaktor

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

4.8 Analisa Parameter Akhir vs Awal

Perubahan nilai DO, TS, dan VS, sebelum dan sesudah proses dapat dilihat seperti pada grafik di bawah ini.



Gambar 4.10 Barchart Perubahan Nilai DO dari kedua reaktor

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Awalnya sebelum pengoperasian reaktor anaerob DO nya bernilai 0.25 mg/l, diakhir proses DO bernilai 0 mg/l, hal ini juga menunjukkan bahwa reaktor beroperasi pada keadaan anaerob. Hal ini juga diperkuat dengan hasil tes *gas chromatography*, dimana komposisi dari biogasnya terdiri dari CH₄, dan CO₂ yang membuktikan bahwa proses yang terjadi di dalam reaktor adalah proses anaerob bukan proses aerob.



Gambar 4.11 Barchart Perubahan Nilai VS Reaktor 1

Sumber : Olahan Sendiri, 2012



Gambar 4.12 Barchart Perubahan Nilai VS Reaktor 2

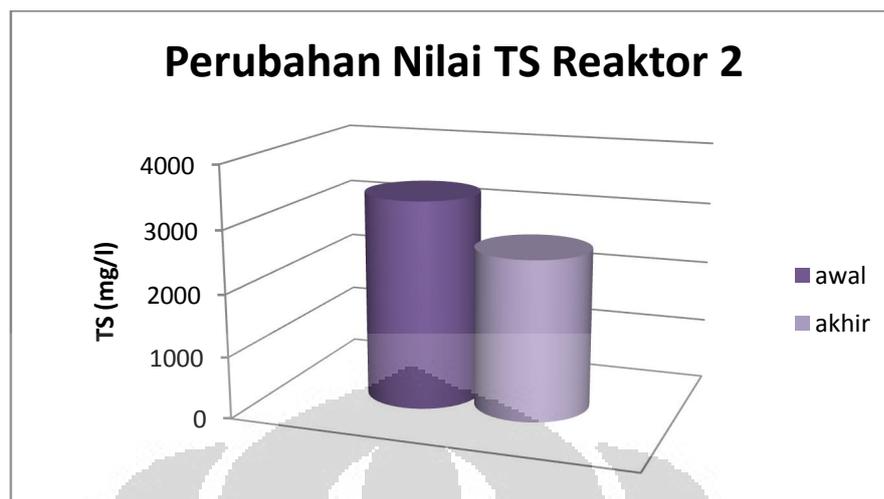
Sumber : Olahan Sendiri

Pada kedua grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai VS dari kedua reaktor mengalami penurunan. Nilai VS mengindikasikan kandungan organik yang nantinya akan diproses dan berubah menjadi biogas, semakin besar penurunan nilai VS maka proses degradasi yang terjadi pun semakin besar. Pada reaktor 1 terjadi penurunan nilai VS sebanyak 42%, sedangkan pada reaktor 2 terjadi penurunan nilai VS sebesar 38%.



Gambar 4.13 Barchart Perubahan Nilai TS Reaktor 1

Sumber : Olahan Sendiri, 2012



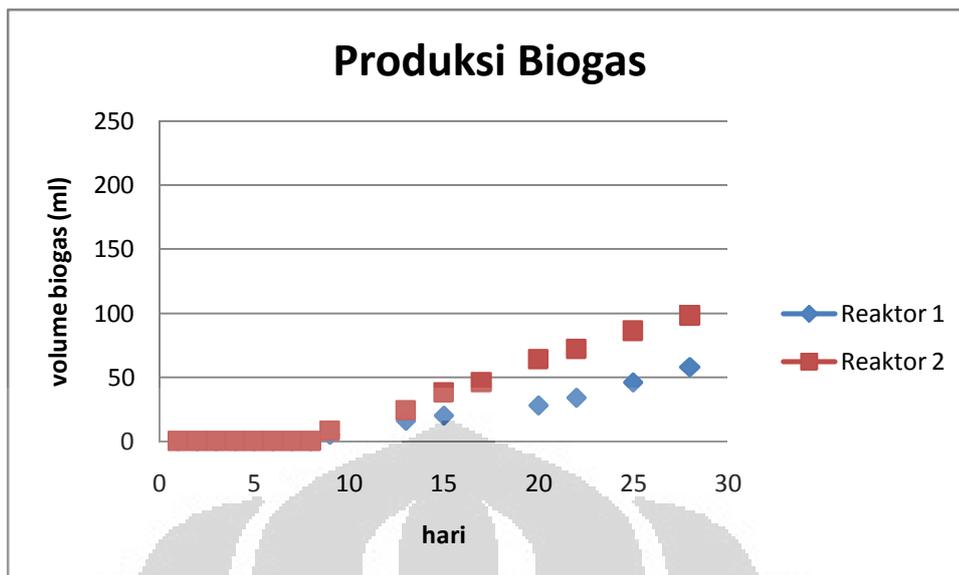
Gambar 4.14 Barchart Perubahan Nilai TS Reaktor 2

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Dapat dilihat pada kedua grafik, bahwa nilai TS pada kedua reaktor mengalami penurunan, penurunan nilai TS salah satunya disebabkan oleh penurunan nilai VS. Nilai TS pada reaktor 1 mengalami penurunan sebesar 23,11 %, sedangkan nilai TS pada reaktor 2 mengalami penurunan 32,86%, hal ini terjadi karena nilai TS pada reaktor 2 jauh lebih besar dibanding reaktor 1. Di dalam kandungan solid, terdapat solid yang mudah terdegradasi, dan ada pula solid yang sulit terdegradasi. Semakin besar penurunan TS menunjukkan bahwa proses degradasi yang terjadi di dalam reaktor juga semakin besar.

4.9 Analisa Produksi Biogas

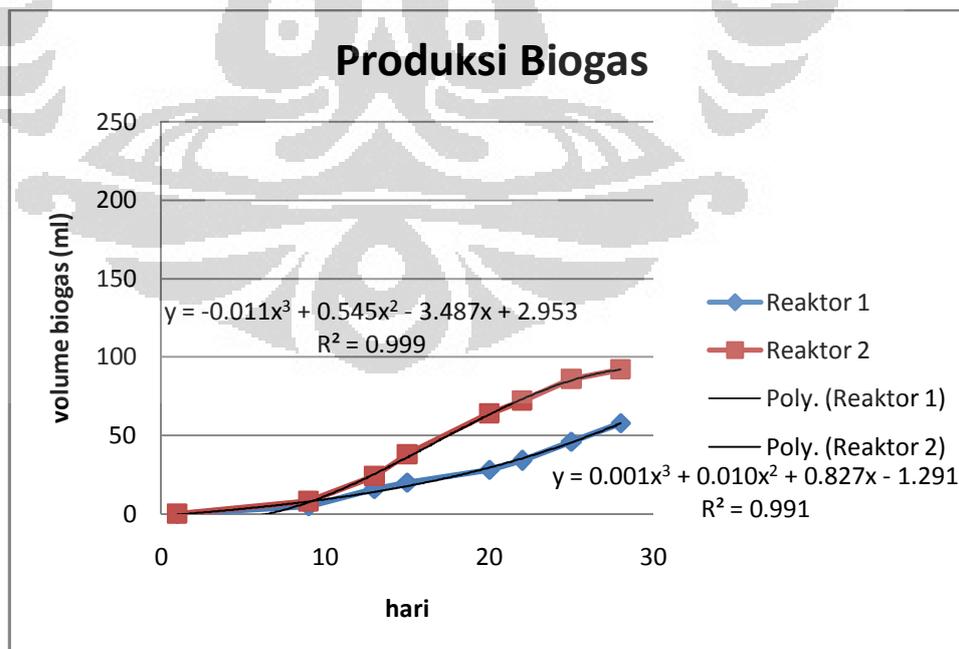
Pengamatan terhadap jumlah biogas yang dihasilkan baru dapat terlihat pada hari ke-9, seperti dijelaskan pada bagian pengoperasian reaktor bahwa hambatan yang ada dalam pengamatan jumlah biogas yang dihasilkan adalah karena ketinggian air pada ember penampung gas yang cukup tinggi sehingga untuk menekan air keluar dari gelas ukur diperlukan tekanan yang besar, hal ini juga diperkuat, ketika gelas ukur diangkat terjadi bunyi penekanan gas dan terjadi penambahan volume biogas. Selanjutnya air yang ada pada ember air dikurangi hingga seminim-minimnya, sehingga gas biogas yang dihasilkan tidak sulit untuk masuk ke dalam gelas ukur.



Gambar 4.15 Grafik Produksi Biogas (kumulatif)

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Dapat dilihat pada grafik bahwa terjadi perbedaan volume biogas secara kumulatif antara reaktor 1 dengan reaktor 2, hal ini dapat terjadi karena jumlah TS dan efisiensi removal reaktor 2 lebih banyak dibanding reaktor 1, sehingga wajar saja jika biogas pada reaktor 2 lebih banyak jumlahnya dibanding biogas pada reaktor 1.



Gambar 4.16 Grafik Kecenderungan Produksi Biogas (kumulatif)

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Biogas yang dihasilkan pada hari ke-28 ini belum tentu merupakan hasil biogas optimal, oleh karena itu dilakukan prediksi biogas dengan membuat persamaan dari grafik kecenderungan biogas yang ada. Persamaan yang digunakan adalah persamaan polynomial orde 3 dengan nilai $R^2 = 0,991$ untuk reaktor 1 dan nilai $R^2 = 0,999$ untuk reaktor 2. Persamaan dari reaktor 1 dan reaktor 2 dapat

Persamaan dari kedua reaktor :

Reaktor 1 :

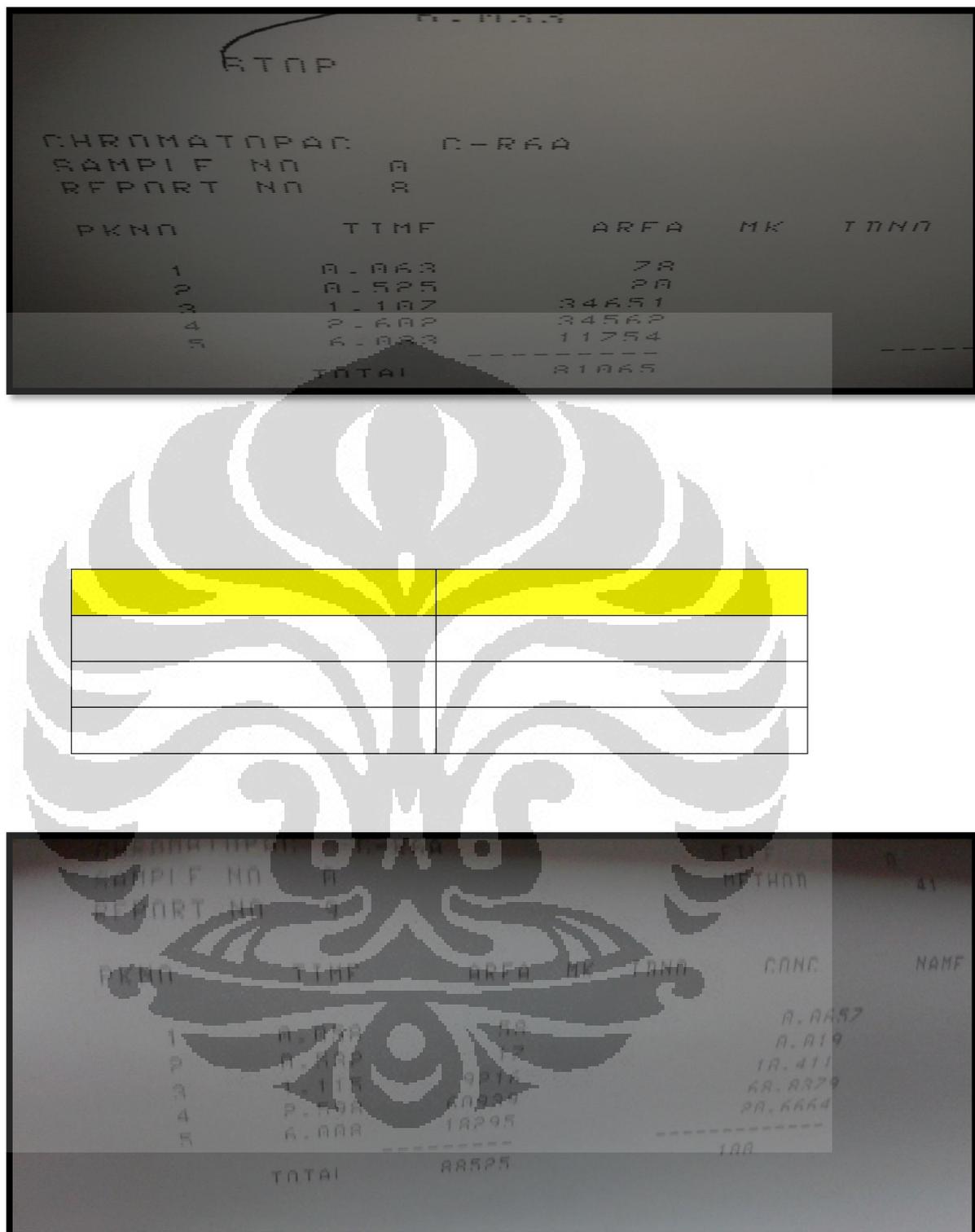
$$y = 0.001x^3 + 0.010x^2 + 0.827x - 1.291 \quad (2.5)$$

Reaktor 2 :

$$y = -0.011x^3 + 0.545x^2 - 3.487x + 2.953 \quad (2.6)$$

Ke dalam kedua persamaan pada reaktor 1 dan reaktor 2 dimasukkan nilai x berupa hari mulai hari ke-29 dan seterusnya, dimana pada hari ke-29 nilai y lebih kecil dibanding pada hari ke-28, sehingga dapat disimpulkan berdasarkan pendekatan grafik kecenderungan biogas yang ada bahwa nilai optimum dari pembentukan biogas terjadi pada hari ke-28. Produksi biogas pada hari ke-28 dapat dianggap sebagai hasil biogas optimum karena HRT dan SRT dari reaktor *complete mix anaerobic digester* yang merupakan jenis dari reaktor skala laboratorium ini memiliki range antara 15 sampai 30 hari (metcalf, 2003)

Dari data TS yang teremoval dan produksi biogas maka dapat dihitung produksi biogas per kg TS. Untuk reaktor 1 nilai potensi biogas adalah 30,9 liter biogas per kg TS, sedangkan untuk reaktor 2 nilai potensi biogas adalah 25,3 liter biogas per kg TS. Dibandingkan dengan literatur, yaitu 250 liter biogas per kg TS (Xu Yang, 2012). Hal ini sangat mungkin terjadi mengingat tinja yang dijadikan bahan penelitian ini adalah tinja yang berasal dari septik tank, dimana sebelumnya di septik tank sudah terjadi proses semi anaerob terlebih dahulu.



Gambar 4.18 Hasil Gas Chromatography dari Biogas Reaktor 2

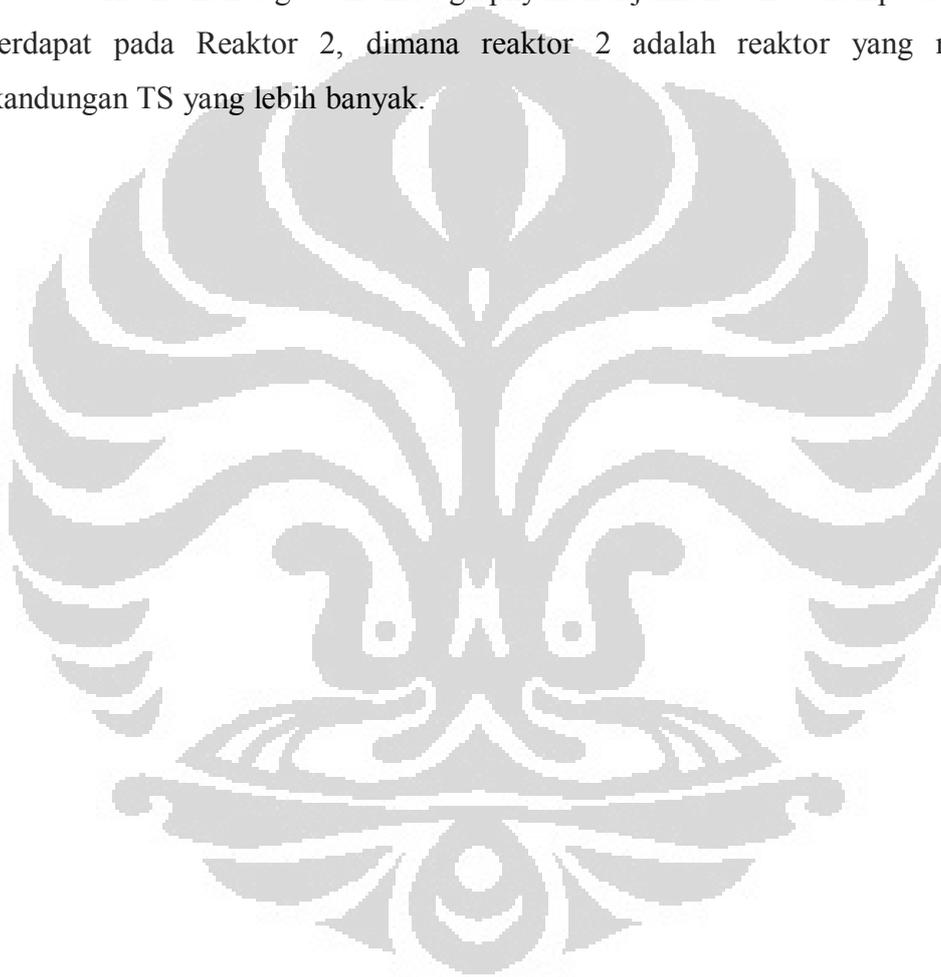
Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Tabel 4.4. Komposisi Biogas Reaktor 2

Senyawa gas	Persentase
Udara	10,411 %
CH ₄	68,8379%
CO ₂	20,664 %

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Hasil analisa gas chromatography menunjukkan bahwa komposisi terbaik terdapat pada Reaktor 2, dimana reaktor 2 adalah reaktor yang memiliki kandungan TS yang lebih banyak.



BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Hasil Produksi Biogas dari Limbah Tinja IPLT Kalimulya Depok untuk reaktor 1 nilai potensi biogas adalah 30,9 liter biogas per kg TS, sedangkan untuk reaktor 2 nilai potensi biogas adalah 25,3 liter biogas per kg TS dinilai kurang berpotensi karena jauh dibawah literatur yang diketahui nilainya 250-300 L biogas/ kg TS (Xu Yang,2012) atau 380 L biogas/ kg TS (Polprasert,1989). Hal ini sangat mungkin terjadi mengingat tinja yang dijadikan bahan penelitian ini adalah tinja yang berasal dari septik tank, dimana sebelumnya di septik tank sudah terjadi proses semi anaerob terlebih dahulu.
- Komposisi biogas terbaik terjadi pada reaktor 2 yaitu 68,83 % metana.
- Efisiensi penyisihan nilai COD dari reaktor pertama adalah sebesar 20,95%, sedangkan efisiensi penyisihan COD dari reaktor kedua adalah sebesar 32,5%

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan pada penelitian yang lebih lanjut adalah :

Optimalisasi proses dalam penelitian, seperti mencari % berat kering optimum, modifikasi reaktor, dan pengembangan tempat penampung gas.

DAFTAR REFERENSI

- Al Seadi, Teodorita. 2008. Biogas Handbook. Catrineda Al Seadi : Denmark
- Suyitno, Nizam, Muhammad, Dharmanto. 2010. Pembuatan Operasional dan Pemanfaatan Teknologi Biogas. Graha Ilmu : Yogyakarta.
- EPA Hand Book-Septage treatment and disposal
- Balai Pelatihan Air Bersih dan Penyehatan Lingkungan Permukiman Bekasi, 2011
- MetCalf & Eddy, 2003, Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse, 4th ed., McGraw Hill Book Co., New York.
- Wahyuni, Sri, MP., Biogas. Graha Ilmu. Yogyakarta 2010
- Nagamani, B., dan Rasamany, K. 1999. Biogas Technology –an Indian Perspective. Current Science Vol 77 Hal 44-55.
- Hambali, Erliza, dkk., 2007, *Jarak Pagar, Tanaman Penghasil Biodiesel*, Cetakan ke Empat, Penebar Swadaya, Jakarta
- Polprasert, C.1989. Organic Waste Recycling. John Wiley& Son, Chichester, Inggris
- BPS Kota Depok dan Pemda Kota Depok. (2010). *Kota Depok dalam Angka 2010*.BPS Kota Depok
- Behrens, G. dan Stucky, G. D., (1993), “Order Molecular Arrays as Templates: A New Approach to Synthesis Mesoporous Materials”, *Angewante Chemistry, International English Edition*, Vol. 32, Hal. 696-669.

BPS. Laporan bulanan data sosial ekonomi edisi 18 november 2011

Indartono, Y. S., 2005. Reaktor Biogas Skala Kecil / Menengah. INDENI. Indonesia Energy Information Center - Bio Energy. January 6, 2012. <http://www.beritaipetek.com>.

Hansen, C. 2007. Rethinking The Direct Use of Biogas Effluent As a Fertilizer. January 12, 2012. <http://www.energyfarms.net>

Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak (BBM)

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.112 Tahun 2003 tentang standar baku mutu air limbah di Indonesia

SNI 6989.59:2008 Tentang Air dan air limbah - Bagian 59: Metoda pengambilan contoh air limbah.

SNI 06-6989.11-2004 Tentang Air dan air limbah - Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter.

SNI 06-6989.72-2009 Tentang Air dan air limbah - Bagian 72: Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD).

SNI 06-6989.15-2004 Tentang Air dan air limbah - Bagian 15 : Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks terbuka secara titrimetri

SNI 06-6989.26-2005 Tentang Air dan air limbah - Bagian 26 : Cara uji kadar padatan total secara gravimetri

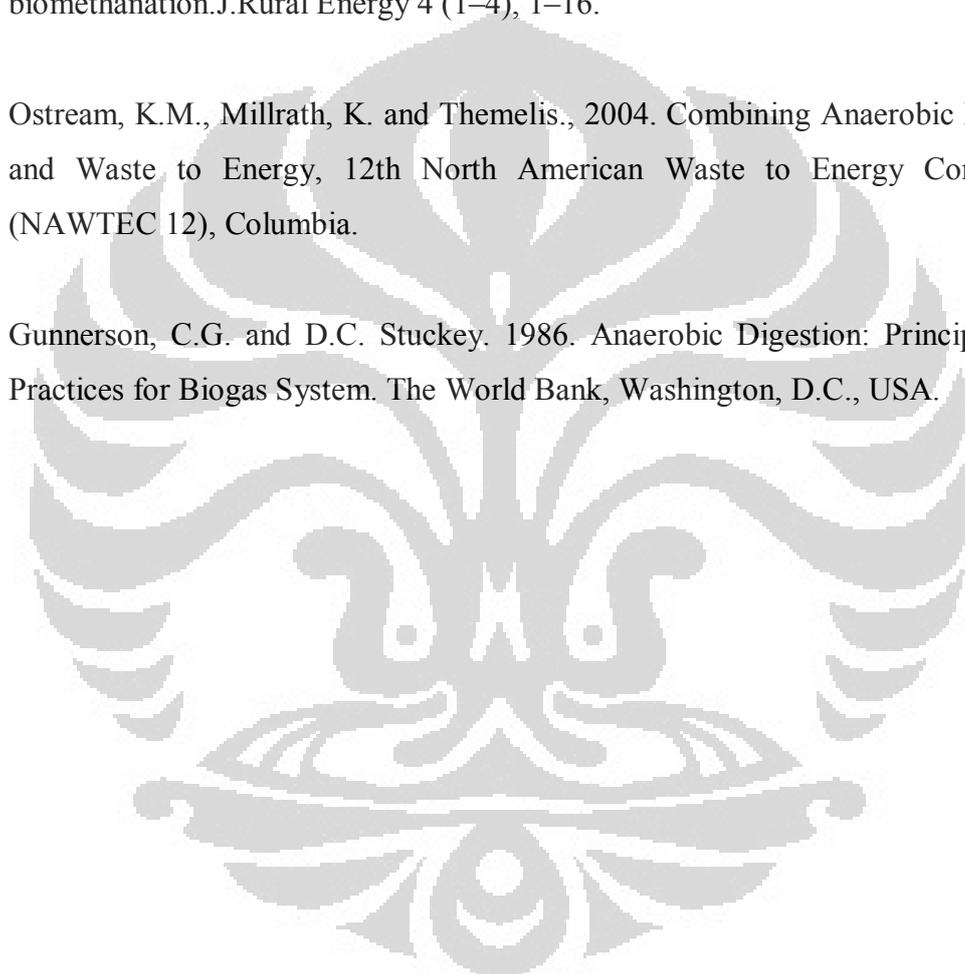
SNI 06-6989.30-2005 Tentang Air dan air limbah - Bagian 30 : Cara uji amonia dengan spektrofotometer secara fenat

Turovskiy IS, Mathai PK. 2006. Wastewater sludge processing. New York: Wiley;

Bardiya, N., Gaur, A.C., 1997. Effects of carbon and nitrogen ratio on rice straw biomethanation. *J.Rural Energy* 4 (1-4), 1-16.

Ostream, K.M., Millrath, K. and Themelis., 2004. Combining Anaerobic Digester and Waste to Energy, 12th North American Waste to Energy Conference (NAWTEC 12), Columbia.

Gunnerson, C.G. and D.C. Stuckey. 1986. *Anaerobic Digestion: Principles and Practices for Biogas System*. The World Bank, Washington, D.C., USA.



LAMPIRAN A

- Prosedur Pengukuran Kualitas Tinja
- Prosedur Pengukuran Karbon
 - ✓ Peralatan
 - Erlenmeyer 250 ml
 - Gelas Ukur 100 ml
 - Corong
 - Labu semprot
 - ✓ Bahan
 - Sampel yang telah dihilangkan kadar airnya +/- 0,1 gram
 - $K_2Cr_2O_7$ 2 N 5 ml
 - H_2SO_4 pekat 5 ml
 - Air suling
 - Kertas saring
 - ✓ Prosedur
 - Memasukkan sampel 0,1 gram, ditambahkan $K_2Cr_2O_7$ 2 N 5 ml dan H_2SO_4 pekat 5 ml
 - Didinginkan dan dihipitkan dengan penambahan air suling ke dalam labu ukur sampai 100 ml kemudian disaring dengan kertas saring
 - Melakukan pengenceran untuk diukur di spektrofotometri dengan metode 380 dan mengatur wavelength yang dinyatakan pada display
 - Mempersiapkan blanko yang berisi 25 ml air suling di dalam kuvet sampai batasnya
 - Mempersiapkan sampel dan blanko di dalam kuvet, kemudian ditambahkan 3 tetes mineral stabilizer, polyvinyl alcohol dan 1 ml nessler reagen
 - Tekan READ/ENTER, kemudian Tekan SHIFT, TIMER
 - Masukkan blanko ke dalam spektrofotometer, ditutup
 - Tekan ZERO, hingga muncul 0,00 mg/L N-NH₃

- Masukkan sampel ke dalam spektrofotometer
- Tekan READ/ENTER
- Dicatat hasil yang tertera di display
-
- Prosedur Pengukur Total Nitrogen
 - Prosedur N-organik
 - ✓ Peralatan
 - Cawan porselen
 - Labu kjeldahl
 - Botol semprot
 - Pipet 10 ml
 - Timbangan analitik
 - *Hot plate*
 - Kertas saring
 - Labu erlenmeyer
 - Corong
 - Gelas ukur
 - Kuvet
 - DR 2000
 - ✓ Bahan
 - Selenium
 - K_2SO_4
 - Defada aloy
 - Parafin
 - H_2SO_4 pekat
 - H_2SO_4 2 N
 - NaOH 40%
 - Nessler reagen

Prosedur

- Timbang 1 gram sampel yang telah dihilangkan kadar airnya
- Masukkan pada labu kjeldahl, lalu tambahkan masing-masing 1 gram selenium, K_2SO_4 , dan defada aloy
- Tambahkan 5 ml parafin dan 10 ml H_2SO_4 pekat
- Panaskan di atas *hot plate* dengan temperatur $315^{\circ}C$ selama 30 menit dalam ruang asam
- Encerkan dengan 40 ml air suling
- Saring dengan kertas saring
- Ambil 10 ml dan masukkan ke dalam labu kjeldahl
- Tambahkan 40 ml air suling, 1 gram selenium, dan 5 ml parafin
- Masukkan 10 ml asam sulfat 2 N pada erlenmeyer
- Pasang alat kjeldahl, destruksi akan berlangsung selama 1,5 jam
- Setelah itu, encerkan H_2SO_4 hasil destruksi lalu masukkan dalam kuvet. Siapkan pula blanko dalam kuvet. Tambahkan ke dalam kuvet Nessler reagen
- Ukur pada DR 2000

• Prosedur N-NH₄

✓ Peralatan

- Cawan porselen
- Labu kjeldahl
- Botol semprot
- Pipet 10 ml
- Timbangan analitik
- *Hot plate*
- Kertas saring
- Labu erlenmeyer
- Corong
- Gelas ukur
- Kuvet
- DR 2000

✓ Bahan

- Selenium
- K_2SO_4
- Defada aloy
- Parafin
- H_2SO_4 pekat
- Nessler reagen

✓ Prosedur

- Hasil dari penyaringan N-organik diambil 2 ml dan diencerkan
- Hasil pengenceran masukkan dalam kuvet. Siapkan pula blanko dalam kuvet. Tambahkan ke dalam kuvet Nessler reagen
- Ukur pada DR 2000

• Prosedur Pengukuran COD

✓ Peralatan

- Gelas Ukur 100 ml
- Labu refluks
- Timbangan Analitik
- Pipet 10 ml
- Kondensor
- Buret
- Bulp
- Hot Plate
- Bahan
- Larutan Standar Kalium dikromat 0,25 N
- Pereaksi Asam Sulfat – Perak Sulfat
- Larutan Indikator Ferroin
- FAS 0,25 N
- Merkuri Sulfat

✓ Prosedur

- 20 ml contoh air dimasukkan ke dalam labu refluks, tambahkan 0,4 gr serbuk HgSO_4
- Tambahkan 10 ml larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N dan 30 ml pereaksi H_2SO_4 pekat
- Labu refluks dipasang pada kondensor dan dipanaskan selama 2 jam mendidih.
- Setelah dingin, kondensor dibilas dengan aquadest.
- Labu refluks dilepas dari kondensor, lalu encerkan dengan aquadest hingga volumenya 140 ml.
- Setelah dingin, titrasi dengan larutan FAS 0,1 N menggunakan 2 atau 3 tetes indikator ferroin hingga terjadi perubahan warna dari hijau menjadi merah coklat.
- Diperlukan percobaan blanko dengan aquadest sebagai sampel, dengan cara kerja seperti diatas.
- Untuk sampel yang mengandung zat organik tinggi atau rendah digunakan volume sampel bervariasi.
- Tabel berikut akan menampilkan volume sampel dan pereaksi untuk mendapatkan hasil analisa yang akurat:

Tabel A.1 Variasi volume contoh air dan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Vol. Contoh (ml)	Vol. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (ml)	Vol. H_2SO_4 (ml)	Garam HgSO_4	Normalitas FAS (N)	Penambahan air sampai dengan volume akhir (ml)
10	5	15	0,2	0,05	70
20	10	30	0,4	0,1	140
30	15	45	0,6	0,15	210
40	20	60	0,8	0,2	280
50	25	75	1	0,25	350

Sumber : SNI 06-6989.15-2004

- Prosedur Pengukuran Total Solid dan Volatile Solid
 - ✓ Peralatan
 - 1 (satu) buah cawan penguap
 - Timbangan Analitik
 - Oven
 - Furnace
 - ✓ Prosedur
 - Cawan-cawan yang telah bersih dipanaskan 600°C selama 1 jam di dalam furnace,
 - Kemudian dimasukkan ke dalam desikator lalu ditimbang sampai konstan.
 - Kertas saring bebas abu dibasahi dengan aquadest, kemudian dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang.
 - Berat cawan penguap = A gram
 - Masukkan 25 ml contoh air (sedikit demi sedikit) ke dalam cawan penguap, dan uapkan di atas water bath sampai kering.
 - Cawan yang berisi sampel dimasukkan ke dalam oven 105°C selama 1 jam.
 - Dinginkan cawan tersebut dalam desikator, kemudian timbang sampai konstan (E gram).
 - Cawan yang berisi TS dimasukkan ke dalam furnace pada temperature 550-600°C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator, kemudian timbang (F gram)

- Metode Pengujian Komponen Gas; *Gas Chromatography – Thermal Conductivity Detector* :

Gas kromatografi adalah salah satu metode analisis untuk pemisahan, pengidentifikasian, dan penentuan komponen kimia dalam campuran gas yang didasarkan pada perbedaan kecepatan migrasi komponen dalam suatu sampel. Pada penelitian ini digunakan *Gas Chromatography – Thermal Conductivity*

Detector (GC-TCD). Pada GC terdapat dua jenis fasa, yaitu fasa gerak (pembawa sampel) dan fasa diam (penahan sampel yang bersifat selektif). Pada penelitian ini digunakan fasa gerak berupa gas argon dan fasa diam berupa kolom *Activated Carbon*.

Detektor adalah sensor elektronik yang berfungsi mengubah sinyal gas pembawa dan komponen di dalamnya menjadi sinyal elektronik yang ditampilkan pada alat perekam (*recorder*). Detektor ditempatkan pada ujung kolom tempat keluar gas pembawa. Detektor konduktivitas termal (TCD) berfungsi mengubah konduktivitas termal dari buangan pada kolom dan membandingkannya dengan konduktivitas aliran gas pembawa (pada penelitian ini digunakan gas argon). Tiap senyawa, baik organik dan anorganik, memiliki konduktivitas termal yang berbeda dari argon, sehingga senyawa tertentu dapat dideteksi dengan detektor ini.

Pada kromatogram akan terbentuk puncak-puncak yang menunjukkan sifat spesifik dari suatu senyawa. Jumlah puncak menunjukkan jumlah komponen yang terdapat dalam sampel, sedangkan luas peak menunjukkan konsentrasi komponen. Terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam menganalisis suatu campuran melalui metode kromatografi, misalnya waktu retensi. Waktu retensi adalah waktu yang diperlukan komponen mulai dari sampel dimasukkan ke dalam mulut kolom hingga terjadinya elusi atau saat komponen mencapai detektor.

LAMPIRAN B

- Perhitungan Perbandingan C/N
 - Perhitungan perbandingan C/N didapat dengan melakukan pembagian antara data kadar karbon dan total nitrogen.

- Perhitungan karbon

Rumus :

$$\%C = \frac{mg/l \times N_p \times f_p \times 100\%}{mg \text{ sampel}}$$

Keterangan :

N_p : Normalitas $KmnO_4 = 0,01$

f_p : faktor pengenceran

- Perhitungan Nitrogen Total – JIS K 0102 : 1998 Pemeriksaan Kualitas Total Nitrogen

Nitrogen total terdiri atas nitrogen organik, ammonium N (NH_4-N) dan nitrat. Berikut adalah perhitungan N-organik :

$$\%N - organik = \frac{A \times f_p \times 0,7766 \times 100\%}{mg \text{ sampel}}$$

dengan :

A : konsentrasi NH_3 yang terbaca pada spektrofotometer

Sedangkan perhitungan N- NH_4 adalah sebagai berikut :

$$\%N - NH_4 = \frac{B \times f_p \times 0,7766 \times 100\%}{mg \text{ sampel}}$$

dengan :

B : konsentrasi NH_3 yang terbaca pada spektrofotometer

Sehingga nitrogen total adalah :

$$\%N - total = \%N - NH_4 + \%N - organik$$

- Rasio C/N didapat dengan pembagian % karbon dengan % total nitrogen sebagai berikut :

$$\frac{C}{N} = \frac{\% \text{ karbon}}{\% \text{ total nitrogen}}$$

- Perhitungan nilai COD

COD sebagai mg O₂/L = ((A-B) x C X 8 X1000)/ml contoh air

Dimana :

A = ml FAS untuk blanko

B = ml FAS untuk sampel

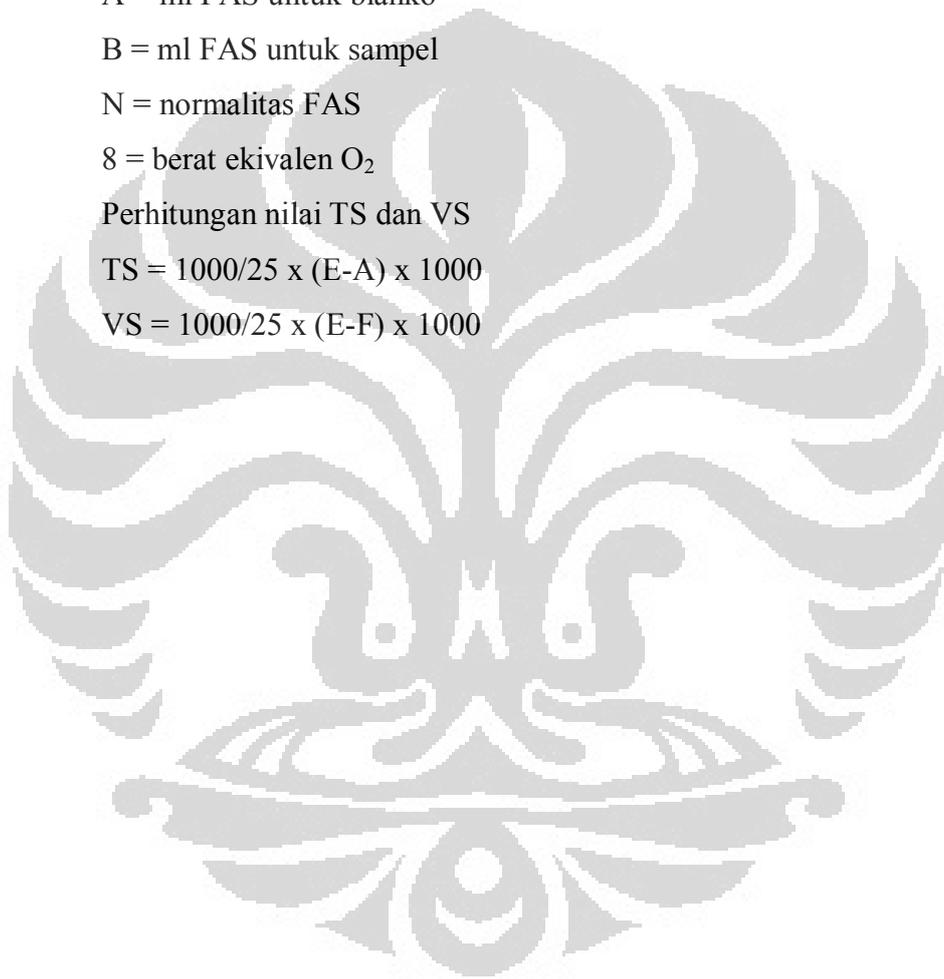
N = normalitas FAS

8 = berat ekivalen O₂

Perhitungan nilai TS dan VS

TS = 1000/25 x (E-A) x 1000

VS = 1000/25 x (E-F) x 1000



LAMPIRAN C

Data parameter

Tabel C.1 Nilai pH dari Reaktor

hari	Reaktor 2	Reaktor 1
hari 1	7.2	7.15
hari 2	7.1	7.13
hari 3	7.1	7.11
hari 4	7	7.09
hari 6	6.9	7.07
hari 7	6.9	6.92
hari 8	6.8	6.83
hari 9	6.7	6.67
hari 10	6.6	6.55
hari 11	6.3	6.45
hari 13	5.1	5.14
hari 14	5.3	5.41
hari 15	5.2	5.54
hari 16	5.2	5.63
hari 17	5.4	5.81
hari 18	5.6	5.92
hari 20	5.8	6.13
hari 21	6.1	6.27
hari 22	6.4	6.41
hari 23	6.7	6.52
hari 24	6.7	6.74
hari 25	6.8	6.82
hari 27	7	6.9
hari 28	7	6.9

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Tabel C.2 Temperatur dari dalam reaktor (°C)

hari	Reaktor 2	Reaktor 1
hari 1	28	27.5
hari 2	27.5	27.5
hari 3	27	27.5
hari 4	27.5	27.5
hari 6	27.5	27.5
hari 7	27	27
hari 8	27	27
hari 9	27	27
hari 10	27	27
hari 11	27	27
hari 13	28.5	28
hari 14	28	28
hari 15	28.5	28.5
hari 16	28	28
hari 17	28	28
hari 18	28	28
hari 20	28.5	28.5
hari 21	28.5	28.5
hari 22	28	28
hari 23	28	28
hari 24	28.5	28.5
hari 25	28	28
hari 27	28.5	28.5
hari 28	28.5	28.5

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Tabel C.3 Nilai COD Reaktor (mg/l)

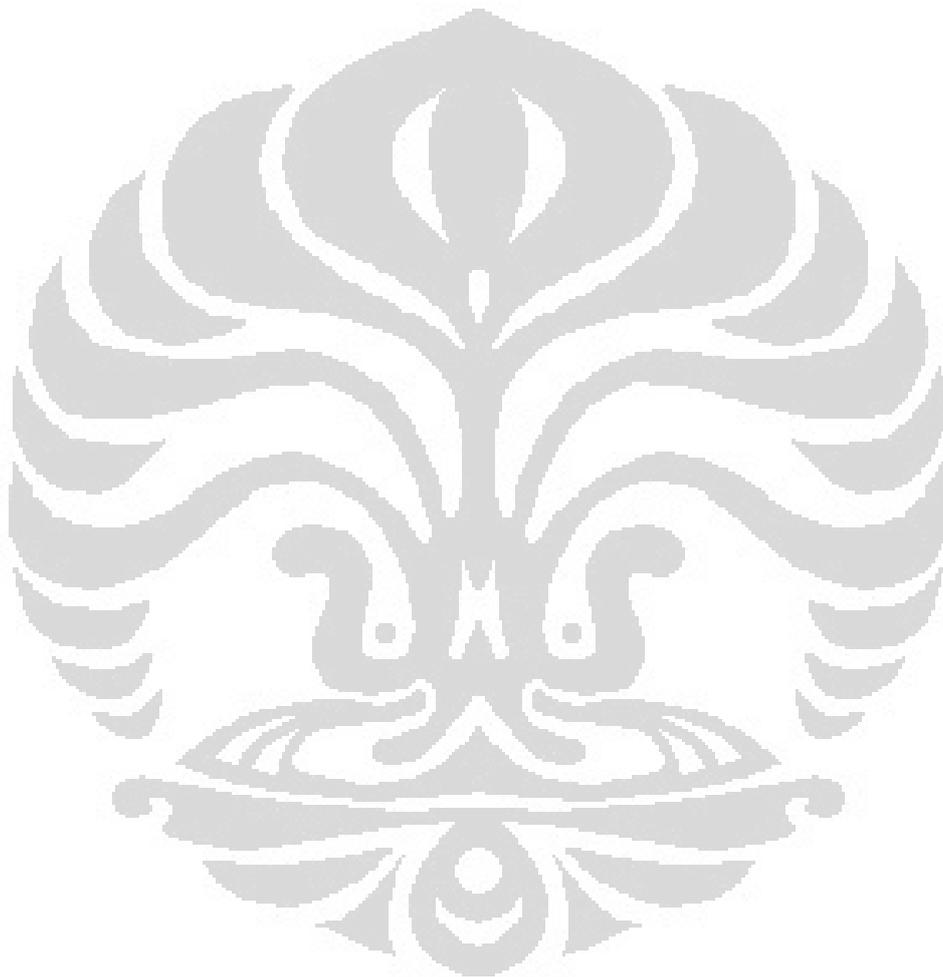
Nilai COD	Reaktor 1	Reaktor 2
cod o	11078	9240
cod 1	-	-
cod 2	8876	8572
cod 3	8112	7882
cod 4	7478	7304

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

Tabel C.4 Nilai TS dan VS (mg/l)

Parameter	Reaktor 1	Reaktor 2
TS	3353	1141
VS	2687	900
TS'	2578	766
VS'	1666	522

Sumber : Olahan Sendiri, 2012



LAMPIRAN D

Data dan foto kumulatif biogas

Tabel D.1 Produksi Biogas (ml)

hari ke-	reaktor 1	reaktor 2
hari 1	0	0
hari 9	5	8
hari 13	16	24
hari 15	20	38
hari 20	28	64
hari 22	34	72
hari 25	46	86
hari 28	58	92

Sumber : Olahan Sendiri, 2012



Gambar D.1 sistem penampung gas

Sumber : Olahan Sendiri, 2012



Gambar D.2 Biogas hari ke 28 (kiri reaktor 1, kanan reaktor 2)

Sumber : Olahan Sendiri, 2012



Gambar D.3 Biogas hari ke 25 (kiri reaktor 1, kanan reaktor 2)

Sumber : Olahan Sendiri, 2012



Gambar D.4 Biogas hari ke 22 (kiri reaktor 1, kanan reaktor 2)

Sumber : Olahan Sendiri, 2012



Gambar D.5 Biogas hari ke 20 (kiri reaktor 1, kanan reaktor 2)

Sumber : Olahan Sendiri, 2012



Gambar D.6 Biogas hari ke 15 (kiri reaktor 1, kanan reaktor 2)

Sumber : Olahan Sendiri, 2012

