

**PROTOTYPE REAKTOR BIOGAS
PENGARUH WAKTU FERMENTASI TERHADAP BIOGAS YANG
DIHASILKAN DARI SAMPAH ORGANIK**



**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana
Pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang**

OLEH :

AAN ADEPUTRA (12 2010 031P)

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

2015

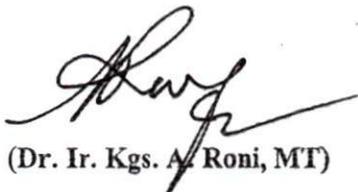
LEMBAR PENGESAHAN
PROTOTYPE REAKTOR BIOGAS, PENGARUH WAKTU FERMENTASI
TERHADAP BIOGAS YANG DIHASILKAN DARI SAMPAH ORGANIK

Nama : Aan Adeputra (122010031P)

Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Kgs. A. Roni, MT
2. Netty Herawati, ST, MT

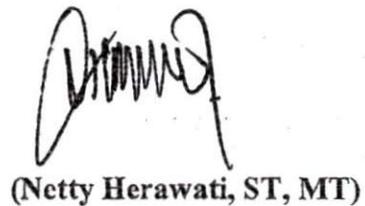
Disetujui Oleh :

Pembimbing I



(Dr. Ir. Kgs. A. Roni, MT)

Pembimbing II



(Netty Herawati, ST, MT)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia



(Dr. Eko Ariyanto, M.Chem.Eng)

LEMBAR PENGESAHAN
PROTOTYPE REAKTOR BIOGAS, PENGARUH WAKTU FERMENTASI
TERHADAP BIOGAS YANG DIHASILKAN DARI SAMPAH ORGANIK

OLEH :
AAN ADEPUTRA (122010031P)

Telah diuji di hadapan tim penguji pada tanggal 5 Januari 2016
di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang

Tim Penguji :

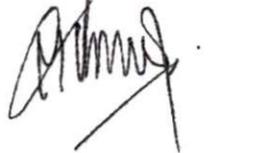
1. Ir. Legiso, M.Si

()

2. Dr. Ir. Elfidiah, MT

()

3. Netty Herawati, ST, MT

()

Menyetujui,
Dekan Fakultas Teknik UMP

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia



(Dr. Ir. Kgs. A. Roni, MT)



(Dr. Eko Ariyanto, M.Chem.Eng)

ABSTRAK

**PROTOTIPE REAKTOR BIOGAS
PENGARUH WAKTU FERMENTASI TERHADAP BIOGAS YANG
DIHASILKAN DARI SAMPAH ORGANIK**

(Aan Adeputra, 2015, 55 Halaman, 7 Tabel, 34 Gambar, 3 Lampiran)

Prototipe reaktor biogas ini dirancang untuk industri biogas dalam skala rumah tangga atau skala kecil dengan menggunakan teknologi fermentasi bakteri yang sederhana dan mudah dalam pengaplikasiannya. Bahan baku yang digunakan juga mudah didapat yaitu sampah organik seperti sampah sayur-sayuraan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi terhadap laju pembentukan biogas dan efektivitas sampah organik sebagai bahan baku fermentasi dengan variasi konsentrasi 5% starter dan konsentrasi 10% starter. Hasil penelitian menunjukkan reaktor hasil rancangan ini layak untuk digunakan. Variasi dengan konsentrasi 5% starter memiliki hasil yang lebih baik dengan kandungan metan sebesar 38,43 % dan tekanan gas maksimum 15 psi, sedangkan variasi dengan konsentrasi 10% starter hanya mengandung metan sebesar 35,80 % dan tekanan maksimum 7 psi.

ABSTRACT
BIOGAS REACTOR PROTOTYPE
FERMENTATION TIME INFLUENCE TO BIOGAS YIELDED FROM
ORGANIC RUBBISH

(Aan Adeputra, 2015, 55 pages, 7 Tables, 34 Pictures, 3 Enclosures)

The biogas reactor prototype designed for biogas industry in household scale or small scale by using bacterium fermentation technology that is simple and easy in applicated. Raw material applied also easy to be gotten that was organic rubbish such as vegetables bins. The purpose of this research to know fermentation time influence to flow of biogas formation and “organic rubbish” effectiveness as component of fermentation with various 5% of starter concentrate and 10% of starter concentrate. Research result shows the biogas reactor prototype is suitable to used. Variation with 5% of starter concentrate has better result with content of methane 38,43 % and maximum gas preshold 15 psi, while variation 10% of starter concentrate 35,80 % and maximum pressure 7 psi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun ucapkan kepada Tuhan YME, atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Laporan Penelitian yang berjudul “Prototipe Reaktor Biogas, Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Biogas yang Dihasilkan dari Sampah Organik”.

Penulisan Laporan Penelitian ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mengikuti ujian sarjana di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini, Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama pengerjaan Tugas Akhir ini, terutama kepada :

1. Bapak Dr. Eko Ariyanto, ST, M.Chem.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Ibu Netty Herawati, ST, MT, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang dan Dosen Pembimbing 2 Laporan Penelitian.
3. Bapak Dr.Ir. Kgs. A. Roni, MT, selaku Dosen Pembimbing 1 Laporan Penelitian.
4. Staf Pengajar Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
5. Segenap pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan teknis hingga selesai penyusunan Laporan Penelitian ini.

Akhirnya, penulis berharap semoga Laporan Penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Ruang lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Sampah Organik	4
2.2. Pengertian dan komposisi Biogas	5
2.3. Mekanisme Pembentukan Biogas	6
2.4. Nilai Potensi Biogas	8
2.5. Jenis Reaktor Biogas	8
2.6. Komponen Reaktor Biogas	10
2.7. Prinsip Kerja Reaktor Biogas	12
2.8. Penelitian Terdahulu yang Relevan	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1. Waktu dan Tempat penelitian	17
3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian	17
3.3. Prosedur Kerja	18
3.3.1. Prosedur Pembuatan Alat	19
3.3.2. Prosedur Pengujian Fungsi Alat	20
3.3.3. Prosedur Analisa kandungan Biogas	24

BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1.	Reaktor Biogas Hasil Rancangan	26
4.2.	Uji Fungsional Reaktor Biogas	27
4.2.1.	Uji Kebocoran Cairan	28
4.2.2.	Uji Kebocoran Gas	28
4.3.	Uji Elementer Reaktor Biogas	29
4.3.1.	Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Biogas.....	29
4.3.2.	Waktu Optimal untuk Menghasilkan Biogas	31
4.3.3.	Efektivitas Biogas dari Sampah Organik.....	32
4.4.	Uji Ergonomi Reaktor Biogas	33
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1.	Kesimpulan	34
5.2.	Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Komposisi Gas yang Terdapat dalam Biogas	6
Tabel 2.2. Kondisi Optimum Produksi Biogas	7
Tabel 2.3. Kesetaraan Biogas dibandingkan dengan Bahan Bakar Lain	8
Tabel 2.4. Zat yang Bersifat Toxic terhadap Bakteri.....	15
Tabel 2.5. Hasil Biogas dari Eceng Gondok.....	16
Tabel I.1. Data Kondisi Operasi Reaktor Biogas Perlakuan dengan Variasi 5 % Starter dan 10 % Starter	37
Tabel I.2. Komposisi Gas yang Terdapat dalam Biogas Perlakuan dengan Variasi 5 % Starter dan 10 % Starter	37

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1.	Mekasnisme Reaksi Pembentukan Biogas.....	7
Gambar 2.2.	Skema Reaktor Biogas Tipe <i>Fix Dome</i> dan <i>Floating Drum</i>	9
Gambar 2.3.	Katup Pengaman Tekanan Sederhana	10
Gambar 3.1.	Reaktor Biogas Tampak Atas	18
Gambar 3.2.	Reaktor Biogas Tampak Perspektif	18
Gambar 3.3.	Reaktor Biogas Tampak Samping	19
Gambar 4.1.	Reaktor Biogas Hasil Rancangan.....	26
Gambar 4.2.	Grafik Perbandingan Tekanan Tiap Perlakuan.....	30
Gambar 4.3.	Grafik Perbandingan Konsentrasi Gas Metan Tiap Perlakuan	31
Gambar I.1.	Grafik Komposisi Biogas Variasi 5 % Starter hari ke-4.....	38
Gambar I.2.	Grafik Komposisi Biogas Variasi 5 % Starter hari ke-7.....	38
Gambar I.3.	Grafik Komposisi Biogas Variasi 5 % Starter hari ke-10.....	39
Gambar I.4.	Grafik Komposisi Biogas Variasi 5 % Starter hari ke-13	39
Gambar I.5.	Grafik Komposisi Biogas Variasi 5 % Starter hari ke-16.....	40
Gambar I.6.	Grafik Komposisi Biogas Variasi 10 % Starter hari ke-4.....	40
Gambar I.7.	Grafik Komposisi Biogas Variasi 10 % Starter hari ke-7.....	41
Gambar I.8.	Grafik Komposisi Biogas Variasi 10 % Starter hari ke-10.....	41
Gambar I.9.	Grafik Komposisi Biogas Variasi 10 % Starter hari ke-13.....	42
Gambar I.10.	Grafik Komposisi Biogas Variasi 10 % Starter hari ke-16.....	42
Gambar III.1.	Proses Perakitan Alat	48
Gambar III.2.	Proses Pencacahan bahan Baku	48
Gambar III.3.	Menakar Volume EM4	49
Gambar III.4.	Gelas Ukur, Corong dan EM4	49
Gambar III.5.	Reaktor Biogas.....	50
Gambar III.6.	<i>Inlet Tank</i>	50
Gambar III.7.	<i>Outlet Gas</i> dan <i>Pressure Gauge</i>	51
Gambar III.8.	<i>Outlet Sludge</i>	51
Gambar III.9.	Prose Pencampuran Bahan Baku, Air dan EM4	52
Gambar III.10.	Proses Pemasukan Feed ke dalam Reaktor Biogas.....	52
Gambar III.11.	Sampel Biogas	53
Gambar III.12.	Uji Nyala Biogas.....	53
Gambar III.13.	<i>Orsat Analyzer</i>	54
Gambar III.14.	<i>Gas Chromatography (GC)</i>	54
Gambar III.15.	<i>Chromatopac</i>	55

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran I. Data Pengamatan.....	37
Lampiran II. Perhitungan.....	43
Lampiran III. Gambar Alat	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biogas sudah mulai dikenal di Indonesia sekitar tahun 1980-an, tetapi pemanfaatannya baru digunakan di awal tahun 1990 dalam skala kecil, yaitu : hanya untuk keperluan memasak. Padahal manfaat lain yang bisa didapat, sebenarnya bisa digunakan sebagai energi alternatif dalam menanggulangi serta menghemat bahan bakar minyak khususnya minyak tanah dan LPG.

Sedangkan untuk pembuatan reaktor biogas, bukanlah hal yang baru ditemukan. Karena sejak tahun 1970an, Denmark telah melakukan riset; pengembangan, dan aplikasi teknologi ini. Mereka tercatat memiliki 20 instalasi pengolahan biogas tersentralisasi (*centralized plant*) dan 35 instalasi *farming plant* (Raven dkk, 2005). Sedangkan di Indonesia, kemauan penduduknya untuk membuat reaktor biogas ini sangatlah kurang. Padahal, Kebutuhan bahan bakar bagi penduduk berpendapatan rendah maupun miskin, terutama di pedesaan dan di kota, sebagian besar dipenuhi oleh minyak tanah dan LPG yang memang dirasakan terjangkau karena disubsidi oleh pemerintah. Namun, karena digunakan untuk industri atau usaha lainnya, kadang-kadang terjadi kelangkaan persediaan minyak tanah dan LPG di pasar dan harganya pun relatif mahal. Sedangkan bagi mereka yang tinggal di dekat kawasan hutan, berusaha mencari kayu bakar, baik dari ranting-ranting kering dan tidak jarang pula menebangi pohon-pohon di hutan yang terlarang untuk ditebangi, sehingga lambat laun mengancam kelestarian alam disekitar kawasan hutan. Oleh karena itu, penulis mengajak untuk menggalakkan program biogas ini.

Secara ilmiah, biogas dapat dihasilkan dari sampah organik. Gas ini dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa udara). Pada umumnya, semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas. Tetapi hanya bahan organik homogen, baik padat maupun cair yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Bila sampah-sampah organik tersebut membusuk, akan dihasilkan gas

metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Tapi, hanya CH_4 yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Umumnya kandungan metana dalam reaktor sampah organik berbeda-beda. Zhang et al. 1997 dalam penelitiannya, menghasilkan metana sebesar 50-80% dan karbondioksida 20-50%. Sedangkan Hansen (2001) , dalam reaktor biogasnya mengandung sekitar 60-70% metana, 30-40% karbon dioksida, dan gas-gas lain, meliputi amonia, hidrogen sulfida, merkaptan (tio alkohol) dan gas lainnya.

1.2 Perumusan Masalah

Pada saat ini, sampah organik masih tetap menjadi masalah yang sangat besar. Selain dari keberadaannya yang dapat menimbulkan penyakit dan lingkungan yang kotor, sampah juga dapat menyebabkan pemanasan global akibat dari gas yang dihasilkan dari sampah tersebut. Gas itu berupa gas methane, karbon dioksida, dsb. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat mengurangi masalah yang timbul dari sampah tersebut dengan memanfaatkannya sebagai bahan baku untuk pembuatan biogas. Sedangkan pada rancang bangun reaktor biogas, permasalahan pokok yang menjadi perhatian adalah bagaimana pengaruh waktu fermentasi terhadap biogas, sehingga dapat diketahui waktu yang diperlukan untuk menghasil biogas secara optimal dan efisien.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari pembuatan reaktor biogas dan penelitian ini, adalah:

- a. Mengetahui pengaruh waktu fermentasi terhadap biogas yang dihasilkan, sehingga dapat diketahui waktu yang optimal dalam menghasilkan biogas.
- b. Mengetahui efisiensi hasil biogas dari sampah organik.
- c. Mengetahui komposisi gas methane dan gas lainnya yang terkandung dari biogas yang dihasilkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari pembuatan reaktor biogas dan penelitian ini, adalah :

- a. Menambah pengetahuan tentang teknik pemanfaatan limbah mejadi biogas.
- b. Ikut serta mengurangi pencemaran lingkungan dan pemanasan global dengan memanfaatkan sampah organik menjadi biogas.
- c. Sebagai bahan referensi untuk penelitian selan jutnya tentang biogas.

1.5 Ruang Lingkup

Untuk mencapai tujuan di atas maka diperlukan analisa pengaruh waktu fermentasi terhadap persentase kandungan gas methane di dalam biogas dari sampah organik ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah Organik

Sampah yang terdiri dari bahan penyusun hewan dan tumbuhan digolongkan kedalam sampah organik. Selain hewan dan tumbuhan juga ada komponen lainnya yaitu sisa makanan dan kertas. Sedangkan sampah yang berasal dari sumberdaya alam tak terbaharui digolongkan kedalam sampah anorganik. Seperti : mineral, eksplorasi minyak dan proses industri.

Ada banyak sekali dampak negatif yang ditimbulkan sampah organik ini. Diantaranya : menimbulkan penyakit, mencemari lingkungan, dapat menyebabkan banjir, dll. Oleh karena itu, maka diperlukan pengelolaan sampah organik agar bisa dimanfaatkan sehingga tidak menjadi sia-sia. Sampah Organik dapat diolah menjadi, sebagai berikut :

a. Pembuatan Pupuk Kompos

Kompos adalah bahan organik yang telah lapuk, seperti daun-daunan, jerami, alang-alang, rumput-rumputan, dedak padi, batang jagung, dan lain-lain“ (Murbandono, 2001: 9). Di alam, kompos dapat terjadi dengan sendirinya melalui proses alami karena interaksi antara cuaca dan mikroorganisme.

Untuk mempercepat proses pembusukan (pembentukan kompos) dapat dilakukan dengan rekayasa manusia. Sampah organik yang akan diolah perlu dilakukan sortasi (penyortiran) terlebih dahulu dari bahan-bahan anorganik, karena bahan-bahan anorganik dapat menghambat proses pembentukan kompos. Bahan yang diperlukan dalam pembuatan kompos ini antara lain urea, kapur (sebagai buffer) dan sampah organik yang telah disortir, semua bahan dicampur menjadi satu kemudian ditutup dengan plastik.

Fungsi kompos antara lain sebagai pupuk penyubur tanah, penahan air hujan, tempat penyimpanan bahan makanan dan alat untuk memperbaiki struktur tanah.

b. Sampah Sebagai Makanan Ternak

Daun-daunan merupakan makanan utama hewan ternak, walaupun daun-

daunan tersebut telah menjadi sampah. Misalnya daun pisang dapat digunakan sebagai makanan unggas. Telah terbukti bahwa daun pisang dapat diberikan kepada broiler 9% dari total ransum pengganti daun lamtoro. Juga secara ekonomi daun pisang jauh lebih ekonomis dibanding daun lamtoro.

Selain daun pisang masih banyak lagi sampah yang dapat dijadikan makanan ternak seperti sisa-sisa makanan dan daun singkong.

c. Pembuatan Biogas

Ternyata sampah juga dapat dijadikan bahan bakar, yaitu biogas. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses pembusukan zat organik secara anaerob (Prihanto, 1996). Sampah yang dapat menghasilkan biogas yaitu kotoran hewan atau sisa-sisa tanaman. Pembuatan biogas sangat sederhana yaitu hanya dengan meletakkan kotoran hewan atau sisa tanaman di dalam tabung kedap udara, selanjutnya dibiarkan selama kurang lebih dua minggu.

Dalam Prihanto (1996:43) dijelaskan tentang keuntungan biogas, yaitu:

1. Mengurangi jumlah sampah
2. Menghemat energi dan tidak merusak lingkungan
3. Jika dibakar hasilnya bersih dan tidak menimbulkan asap
4. Residu (sisa) dari proses pembuatan biogas dapat digunakan sbg pupuk

2.2 Pengertian dan Komposisi Biogas

Biogas adalah gas yang mudah terbakar (flammable) yang dihasilkan dari fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob. Di dalam biogas banyak sekali mengandung gas.

Berikut ini adalah komposisi gas yang telah memenuhi Standar Uji biogas :

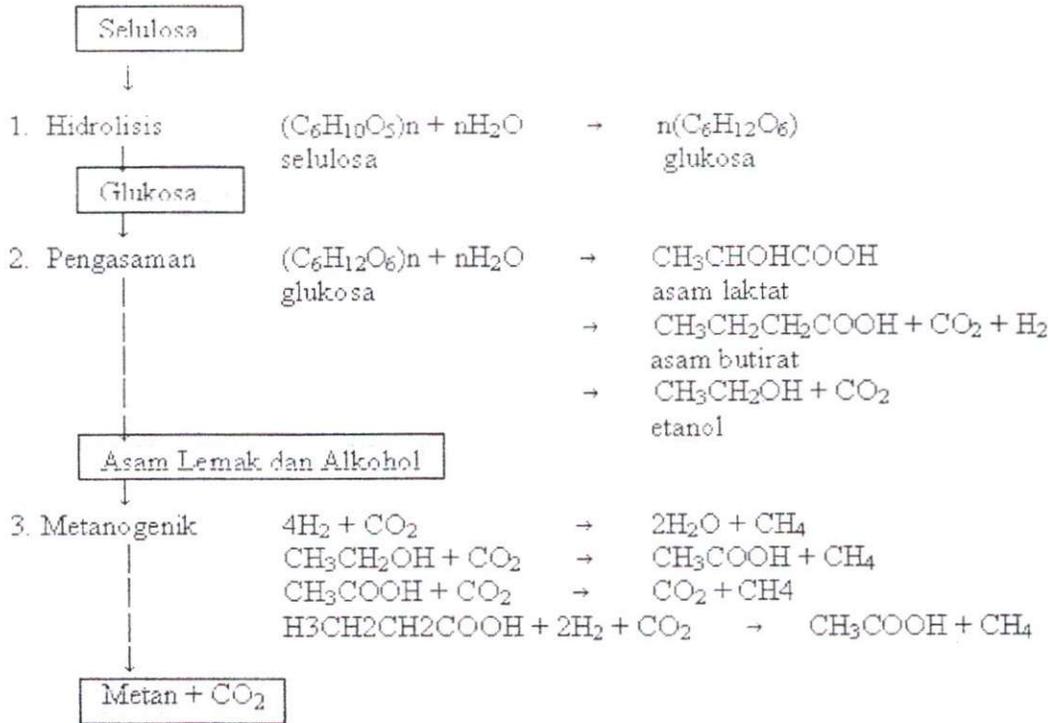
Tabel.2.1 Komposisi Gas yang terdapat dalam Biogas

Komposisi	%
Metana (CH ₄)	55-75
Karbon dioksida (CO ₂)	25-45
Nitrogen (N ₂)	0-0.3
Hidrogen (H ₂)	1-5
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	0-3
Oksigen (O ₂)	0.1-0.5

(Sumber : Hammad et al, 1999)

2.3 Mekanisme Pembentukan Biogas

Sampah organik sayur-sayuran dan buah-buahan seperti layaknya kotoran ternak adalah substrat terbaik untuk menghasilkan biogas. Proses pembentukan biogas melalui pencernaan anaerobik merupakan proses bertahap, dengan tiga tahap utama, yakni hidrolisis, asidogenesis, dan metanogenesis. Tahap pertama adalah hidrolisis, dimana pada tahap ini bahan-bahan organik seperti karbohidrat, lipid, dan protein didegradasi oleh mikroorganisme hidrolitik menjadi senyawa terlarut seperti asam karboksilat, asam keton, asam hidroksi, keton, alkohol, gula sederhana, asam-asam amino, H₂ dan CO₂. Pada tahap selanjutnya yaitu tahap asidogenesis senyawa terlarut tersebut diubah menjadi asam-asam lemak rantai pendek, yang umumnya asam asetat dan asam format oleh mikroorganisme asidogenik. Tahap terakhir adalah metanogenesis, dimana pada tahap ini asam-asam lemak rantai pendek diubah menjadi H₂, CO₂, dan asetat. Asetat akan mengalami dekarboksilasi dan reduksi CO₂, kemudian bersama-sama dengan H₂ dan CO₂ menghasilkan produk akhir, yaitu metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂).



Gambar 2.1. Mekanisme Reaksi Pembentukan Biogas

Pada dasarnya efisiensi produksi biogas sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor meliputi : suhu, derajat keasaman (pH), konsentrasi asam-asam lemak volatil, nutrisi (terutama nisbah karbon dan nitrogen), zat racun, waktu retensi hidrolis, kecepatan bahan organik, dan konsentrasi amonia. Dari berbagai penelitian dari beberapa penulis, dapat dirangkum beberapa kondisi optimum proses produksi biogas yaitu :

Tabel.2.2 Kondisi Optimum Produksi Biogas

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

(Sumber : Hammad et al, 1999)

2.4 Nilai Potensial Biogas

Biogas yang bebas pengotor (H_2O , H_2S , CO_2 , dan partikulat lainnya) dan telah mencapai kualitas pipeline adalah setara dengan gas alam. Dalam bentuk ini, gas tersebut dapat digunakan sama seperti penggunaan gas alam. Pemanfaatannya pun telah layak sebagai bahan baku pembangkit listrik, pemanas ruangan, dan pemanas air. Jika dikompresi, biogas dapat menggantikan gas alam terkompresi yang digunakan pada kendaraan. Di Indonesia nilai potensial pemanfaatan biogas ini akan terus meningkat karena adanya jumlah bahan baku biogas yang melimpah dan rasio antara energi biogas dan energi minyak bumi yang menjanjikan.

Berdasarkan sumber Departemen Pertanian, nilai kesetaraan biogas dengan sumber energi lain adalah sebagai berikut :

Tabel.2.3 Kesetaraan Biogas terhadap Bahan Bakar Lainnya

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

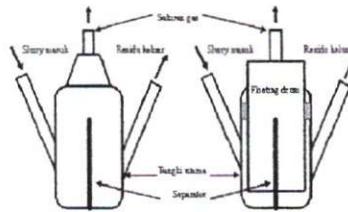
(Sumber : Hammad et al, 1999)

2.5 Jenis Reaktor Biogas

Dilihat dari sisi konstruksinya, pada umumnya reaktor biogas bisa digolongkan dalam tiga jenis, yakni *fixed dome*, *floating drum* dan *reactor balon*. *Fixed dome* mewakili konstruksi reaktor yang memiliki volume tetap sehingga produksi gas akan meningkatkan tekanan di dalam reaktor. Sedangkan *floating drum* berarti ada bagian pada konstruksi reaktor yang bisa bergerak untuk menyesuaikan dengan kenaikan tekanan reaktor. Pergerakan bagian reaktor tersebut juga menjadi tanda telah dimulainya produksi gas di dalam reaktor biogas.

Bila dilihat dari aliran bahan baku (limbah), reaktor biogas juga bisa dibagi dua, yakni tipe *batch* (bak) dan *continuous* (mengalir). Pada tipe bak, bahan baku reaktor ditempatkan di dalam wadah (ruang tertentu) dari awal hingga selesainya proses pencernaan. Ini hanya umum digunakan pada tahap eksperimen untuk mengetahui potensi gas dari suatu jenis limbah organik. Sedangkan pada jenis mengalir, ada aliran bahan baku masuk dan residu keluar pada selang waktu tertentu. Lamanya (waktu) bahan baku berada di dalam reaktor biogas disebut sebagai waktu retensi hidrolis (*hydraulic retention time/HTR*).

HTR dan kontak antara bahan baku dengan bakteri asam/methan, merupakan dua faktor penting yang berperan dalam reaktor biogas (Karim dkk, 2005). Skema reaktor biogas jenis *fixed dome* dan *floating drum* dapat dilihat pada gambar berikut ini



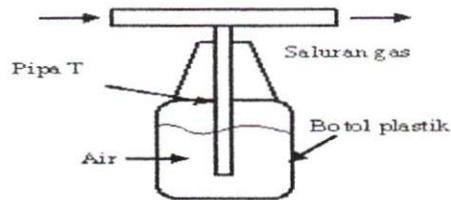
Gambar 2.2. Skema reaktor biogas untuk kotoran hewan jenis *fixed dome* (kiri) dan *floating drum* (kanan)

Dari Gambar 2.2, dapat dilihat bahwa kedua jenis konstruksi reaktor biogas tersebut tidak jauh berbeda, keduanya memiliki komponen tangki utama, saluran *slurry* masuk dan residu keluar, separator (*optional*), dan saluran gas keluar. Perbedaan yang ada antara keduanya adalah pada bagian pengumpul gasnya (*gas collector*).

Pada konstruksi *fixed dome*, gas yang terbentuk akan langsung disalurkan ke pengumpul gas di luar reaktor berupa kantung yang berbentuk balon (akan mengembang bila tekanannya naik).

Pada reaktor biogas jenis *fixed dome*, perlu diberikan katup pengaman untuk membatasi tekanan maksimal reaktor sesuai dengan kekuatan konstruksi reaktor dan tekanan hidrostatis *slurry* di dalam reaktor. Katup pengaman yang

sederhana dapat dibuat dengan mencelupkan bagian pipa terbuka ke dalam air pada ketinggian tertentu seperti dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2.3. Katup pengaman tekanan sederhana

Pada Gambar 2.3 ditunjukkan skema katup pengaman tekanan sederhana. Katup pengaman ini terutama penting untuk reaktor biogas jenis *fixed dome*. Prinsip kerja katup pengaman berikut konsekuensi yang perlu diperhatikan pada reaktor biogas akan dijelaskan pada bagian komponen reaktor. Sedangkan pada jenis *floating drum*, pengumpul gas berada dalam satu kesatuan dengan reaktor itu sendiri. Produksi gas akan ditandai dengan naiknya *floating drum*. Katup gas bisa dibuka untuk menyalurkan gas ke kompor bila *floating drum* sudah terangkat.

Sedangkan reaktor balon, merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. reaktor ini terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai digester dan penyimpan gas masing masing bercampur dalam satu ruangan tanpa sekat. Material organik terletak dibagian bawah karena memiliki berat yang lebih besar dibandingkan gas yang akan mengisi pada rongga atas.

2.6 Komponen Reaktor Biogas

Komponen pada reaktor biogas sangat bervariasi, tergantung pada jenis reaktor yang digunakan. Tetapi, secara umum reaktor biogas terdiri dari komponen-komponen utama sebagai berikut:

- a. Saluran masuk Slurry (bahan organik). Saluran ini digunakan untuk memasukkan slurry (campuran bahan organik dan air) ke dalam reaktor utama. Pencampuran ini berfungsi untuk memaksimalkan potensi biogas,

memudahkan pengaliran, serta menghindari terbentuknya endapan pada saluran masuk.

- b. Saluran keluar residu. Saluran ini digunakan untuk mengeluarkan kotoran yang telah difermentasi oleh bakteri. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan tekanan hidrostatik. Residu yang keluar pertama kali merupakan slurry masukan yang pertama setelah waktu retensi. Slurry yang keluar sangat baik untuk pupuk karena mengandung kadar nutrisi yang tinggi.
- c. Katup pengaman tekanan (control valve). Katup pengaman ini digunakan sebagai pengatur tekanan gas dalam reaktor. Katup pengaman ini menggunakan prinsip pipa T. Bila tekanan gas dalam saluran gas lebih tinggi dari kolom air, maka gas akan keluar melalui pipa T, sehingga tekanan dalam reaktor akan turun.
- d. Sistem pengaduk. Pengadukan dilakukan dengan berbagai cara, yaitu pengadukan mekanis, sirkulasi substrat biodigester, atau sirkulasi ulang produksi biogas ke atas biodigester menggunakan pompa. Pengadukan ini bertujuan untuk mengurangi pengendapan dan meningkatkan produktifitas biodigester karena kondisi substrat yang seragam.
- e. Saluran gas. Saluran gas ini disarankan terbuat dari bahan polimer untuk menghindari korosi. Untuk pebakaran gas pada tungku, pada ujung saluran pipa bisa disambung dengan pipa baja antikorosi.
- f. Tempat penampung gas. Terdapat dua jenis tangki penyimpanan gas, yaitu tangki bersatu dengan unit reaktor (floating dome) dan terpisah dengan reaktor (fixed dome). Untuk tangki terpisah, konstruksi dibuat khusus sehingga tidak bocor dan tekanan yang terdapat dalam tangki seragam, serta dilengkapi H₂S Removal untuk mencegah korosi.

2.7 Prinsip Kerja Reaktor Biogas

Teknologi biogas pada dasarnya memanfaatkan proses pencernaan yang dilakukan oleh bakteri methanogen yang produknya berupa gas methana (CH_4). Gas methana hasil pencernaan bakteri tersebut bisa mencapai 60% dari keseluruhan gas hasil reaktor biogas, sedangkan sisanya didominasi CO_2 . Bakteri ini bekerja dalam lingkungan yang tidak ada udara (anaerob), sehingga proses ini juga disebut sebagai pencernaan anaerob (*anaerob digestion*). Bakteri methanogen akan secara natural berada dalam limbah yang mengandung bahan organik, seperti kotoran binatang, manusia, dan sampah organik rumah tangga. Keberhasilan proses pencernaan bergantung pada kelangsungan hidup bakteri methanogen di dalam reaktor, sehingga beberapa kondisi yang mendukung berkembangbiaknya bakteri ini di dalam reaktor perlu diperhatikan, misalnya temperatur, keasaman, dan jumlah material organik yang hendak dicerna.

Tahap lengkap pencernaan material organik adalah sebagai berikut :

- a. Hidrolisis. Pada tahap ini, molekul organik yang kompleks diuraikan menjadi bentuk yang lebih sederhana, seperti karbohidrat (simple sugars), asam amino, dan asam lemak.
- b. Asidogenesis. Pada tahap ini terjadi proses penguraian yang menghasilkan amonia, karbon dioksida, dan hidrogen sulfida.
- c. Asetogenesis. Pada tahap ini dilakukan proses penguraian produk acidogenesis; menghasilkan hidrogen, karbon dioksida, dan asetat.
- d. Methanogenesis. Ini adalah tahapan terakhir dan sekaligus yang paling menentukan, yakni dilakukan penguraian dan sintesis produk tahap sebelumnya untuk menghasilkan gas methana (CH_4). Hasil lain dari proses ini berupa karbon dioksida, air, dan sejumlah kecil senyawa gas lainnya

Di dalam reaktor biogas, terdapat dua jenis bakteri yang sangat berperan, yakni bakteri asam dan bakteri methan. Kedua jenis bakteri ini perlu eksis dalam jumlah yang berimbang. Kegagalan reaktor biogas bisa dikarenakan tidak seimbangnya populasi bakteri methan terhadap bakteri asam yang menyebabkan

lingkungan menjadi sangat asam (pH kurang dari 7) yang selanjutnya menghambat kelangsungan hidup bakteri methan (Garcelon dkk).

Keasaman substrat/media biogas dianjurkan untuk berada pada rentang pH 6.5 s/d 8 (Garcelon dkk). Bakteri methan ini juga cukup sensitif dengan temperatur. Temperatur 35 °C diyakini sebagai temperatur optimum untuk perkembangbiakan bakteri methane (Garcelon dkk).

Adapun beberapa faktor lainnya yang dapat mempengaruhi kinerja reaktor dalam menghasilkan biogas, sebagai berikut :

a. Lingkungan abiotis

Biodigester harus tetap dijaga dalam keadaan abiotis (tanpa kontak langsung dengan Oksigen (O₂)). Udara (O₂) yang memasuki biodigester menyebabkan penurunan produksi metana, karena bakteri berkembang pada kondisi yang tidak sepenuhnya anaerob.

b. Temperatur

Secara umum, ada 3 range temperatur yang disenangi oleh bakteri, yaitu:

- Psicrophilic, untuk suhu 4 – 20 oC, biasanya untuk negara-negara subtropics atau beriklim dingin.
- Mesophilic, untuk suhu 20 – 40 oC.
- Thermophilic, untuk suhu 40 – 60 oC , hanya untuk men-digesti material, bukan untuk menghasilkan biogas.

Untuk negara tropis seperti Indonesia, digunakan unheated digester (digester tanpa pemanasan) untuk kondisi temperatur tanah 20 – 40 °C.

c. Derajat keasaman (pH)

Bakteri berkembang dengan baik pada keadaan yang agak asam (pH antara 6,5 – 8,0) dan pH tidak boleh di bawah 6,2. Karena itu, kunci utama dalam kesuksesan operasional biodigester adalah dengan menjaga agar temperature konstan (tetap) dan input material sesuai.

d. Rasio C/N bahan isian

Syarat ideal untuk proses digesti adalah C/N = 25 – 30. Karena itu, untuk mendapatkan produksi biogas yang tinggi, maka penambahan bahan yang

mengandung karbon (C) seperti jerami, atau N (misalnya: urea) perlu dilakukan untuk mencapai rasio $C/N = 25 - 30$.

e. Kebutuhan Nutrisi

Bakteri fermentasi membutuhkan beberapa bahan gizi tertentu dan sedikit logam. Kekurangan salah satu nutrisi atau bahan logam yang dibutuhkan dapat memperkecil proses produksi metana. Nutrisi yang diperlukan antara lain ammonia (NH_3) sebagai sumber Nitrogen, nikel (Ni), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam jumlah yang sedikit. Selain itu, fosfor dalam bentuk fosfat (PO_4), magnesium (Mg) dan seng (Zn) dalam jumlah yang sedikit juga diperlukan.

f. Kadar Bahan Kering

Tiap jenis bakteri memiliki nilai “kapasitas kebutuhan air” tersendiri. Bila kapasitasnya tepat, maka aktifitas bakteri juga akan optimal. Proses pembentukan biogas mencapai titik optimum apabila konsentrasi bahan kering terhadap air adalah 0,26 kg/L.

g. Pengadukan

Pengadukan dilakukan untuk mendapatkan campuran substrat yang homogen dengan ukuran partikel yang kecil. Pengadukan selama proses dekomposisi untuk mencegah terjadinya benda-benda mengapung pada permukaan cairan dan berfungsi mencampur methanogen dengan substrat. Pengadukan juga memberikan kondisi temperatur yang seragam dalam biodigester.

h. Zat Racun (Toxic)

Beberapa zat racun yang dapat mengganggu kinerja biodigester antara lain air sabun, detergen, creolin. Berikut adalah tabel beberapa zat beracun yang mampu diterima oleh bakteri dalam biodigester :

Tabel.2.4 Zat yang bersifat Toxic terhadap Bakteri

Penghambat	Konsentrasi Penghambat
Sulfat (SO_4^{2-})	5000 ppm
Sodium Klorida (NaCl)	40000 ppm
Nitrat (Dihitung dalam N)	0,05 mg/ml
Tembaga (Cu^{2+})	100 mg/l
Krom (Cr^{3+})	200 mg/l
Nikel (Ni^{3+})	200 – 500 mg/l
Natrium (Na^+)	3500 – 5500 mg/l
Kalium (K^+)	2500 – 4500 mg/l
Kalsium (Ca^{2+})	2500 – 4500 mg/l
Magnesium (Mg^{12})	1000 – 1500 mg/l
Mangan (Mn^{2+})	>1500 mg/l

(Sumber : Ginting, 2006)

i. Pengaruh starter

Starter yang mengandung bakteri metana diperlukan untuk mempercepat proses fermentasi anaerob. Pada umumnya, starter ditambahkan sebanyak 10-15% volume reaktor. Beberapa jenis starter, antara lain:

- *Starter alami*, yaitu lumpur aktif seperti lumpur kolam ikan, air comberan atau cairan septic tank, sludge, timbunan kotoran, dan timbunan sampah organik.
- *Starter semi buatan*, yaitu dari fasilitas biodigester dalam stadium aktif.
- *Starter buatan*, yaitu bakteri yang dibiakkan secara laboratories dengan media buatan.

j. Pengaruh waktu

Variabel waktu sangat mempengaruhi jumlah biogas yang terbentuk. Secara umum, semakin lama waktu fermentasi yang terjadi di dalam reaktor maka jumlah biogas yang dihasilkan juga semakin banyak. Tetapi, hal ini juga tergantung pada bahan baku pembuatan biogasnya.

2.8 Penelitian Terdahulu yang Relevan

2.8.1 Biogas dari Eceng Gondok

Eceng gondok diambil langsung dari saluran pembuangan di wilayah ITS Surabaya. Setelah itu eceng gondok (batang dan daun) dicacah hingga berukuran kecil-kecil, kemudian diblender dan ditambahkan air sesuai variabel komposisi yang akan digunakan pada penelitian pendahuluan.

Kotoran sapi diambil dari peternakan sapi perah di kawasan Jalan Jemursari. Kotoran sapi ini dicampur dengan eceng gondok yang sudah diblender sebagai *biostarter*.

Pada tahap ini ditentukan perbandingan komposisi eceng gondok dan air yang dapat menghasilkan biogas paling optimum. Perbandingan eceng gondok dan kotoran sapi yang digunakan adalah 1:2 dan 1:3.

Tabel.2.5 Hasil Biogas dari Eceng Gondok

Komposisi Eceng Gondok : Air	Eceng Gondok (g)	Air (ml)	COD (mg/l)	Produksi Biogas (ml)	Lama Waktu Pembentukan (hari)
1:2	50	100	21.538	0	0
1:3	50	150	19.230	13	5

(Penelitian Panggih WInarni, ITS 2010)

2.8.2 Biogas dari Rumput Laut

Pembuatan biogas dengan bahan baku rumput laut dilakukan dengan menggunakan metode 3 hasil dari penelitian pendahuluan sebelumnya. Starter yang digunakan adalah kotoran sapi dengan jumlah 45 liter yang ditempatkan ke dalam unit reaktor yang terbuat dari plastik dengan kapasitas maksimal 50 liter. Kemudian dilanjutkan dengan proses fermentasi awal selama 7 hari untuk membuat bakteri yang ada dalam kotoran sapi beradaptasi dengan lingkungannya. Setelah difermentasi selama 7 hari kemudian ke dalam reaktor dimasukkan umpan berupa rumput laut dan air sebanyak 2 liter setiap hari selama 25 hari. Hal ini berlangsung terus hingga komponen yang ada dalam reaktor tersebut sepenuhnya telah berisi rumput laut. Sampai saat ini proses fermentasi masih berlangsung (Jurnal Biogas dari Rumput Laut UNDIP, 2005)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dan pengujian alat reaktor biogas ini dilakukan selama 3 (tiga) bulan di Laboratorium Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

- | Bahan yang digunakan : | Jumlah |
|--|----------------------|
| - Drum minyak dengan θ 55 cm dan h 88 cm | 1 buah |
| - Pressure gauge | 1 buah |
| - Besi plat | secukupnya |
| - Pipa besi θ $\frac{3}{4}$ " dan θ 2" | 50 cm dan 20 cm |
| - Elbow besi 90° θ $\frac{3}{4}$ " dan θ 2" | masing-masing 1 buah |
| - Valve θ $\frac{3}{4}$ " dan θ 2" | masing-masing 1 buah |
|
 | |
| - Pipa T θ $\frac{1}{2}$ " dan panjang 15 cm | 1 buah |
|
 | |
| - Botol Plastik | 1 buah |
|
 | |
| - Selang θ $\frac{1}{2}$ " dan θ $1\frac{1}{2}$ " | 3 m dan 1 m |
|
 | |
| • Alat yang digunakan : | |
| - Las | - Obeng |
| - Gergaji besi | - Pencil |
| - Palu | - Busur |
| - Penggaris | - Tang |
| - Gunting | |

3.3 Prosedur Kerja

Secara garis besar, tahapan - tahapan yang dilakukan untuk pelaksanaan upaya pemecahan masalah tersebut adalah :

- **Studi Literatur**

Sebelum melakukan kegiatan ini penulis mempelajari literatur yang bersumber dari dokumen-dokumen yang ada dan juga mempelajari literatur yang berhubungan dengan masalah yang akan dikaji yaitu mengenai masalah pembuatan reaktor biogas fixed dome tipe batch, yang mana dapat dipelajari dari buku-buku maupun dari internet.

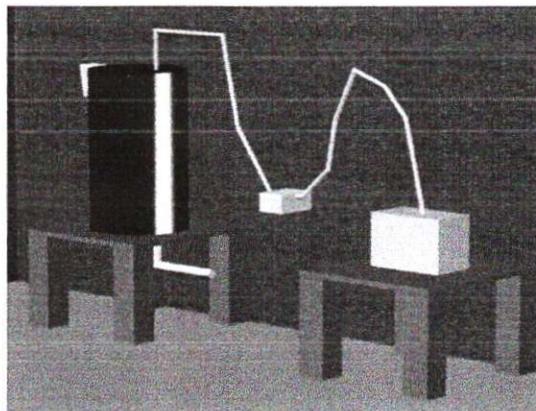
- **Merancang Alat**

Rancangan dapat dilakukan dalam bentuk gambar dengan media komputer.

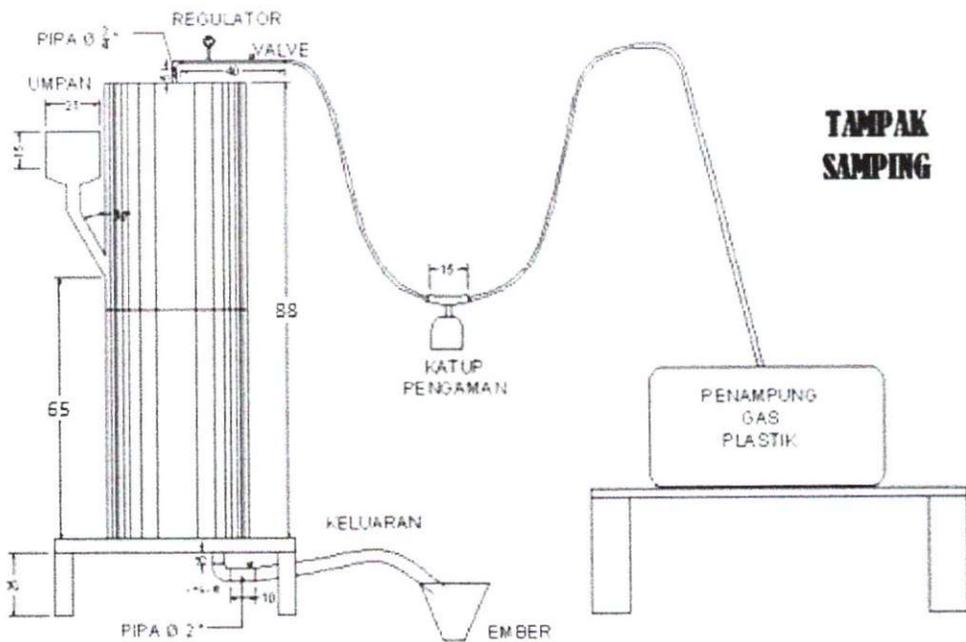
Berikut ini sketsa gambar rancang alat yang akan dibuat :



Gambar 3.1 Gambar Alat Tampak Atas



Gambar 3.2 Gambar Alat Perspektif



Gambar 3.3 Gambar Alat Tampak Samping

3.3.1 Prosedur Pembuatan Alat

- Membersihkan drum minyak dari sisa-sisa minyak dan kotoran yang menempel di permukaan drum dengan menggunakan solvent.
- Membentuk sedemikian rupa tempat umpan masuk dengan ukuran yang telah ditentukan.
- Melubangi drum pada ketinggian 65 cm dan memasang tempat umpan yang telah dibuat pada lubang tersebut.
- Melubangi lagi drum pada bagian atasnya sebagai tempat keluaran gas dan selanjutnya mengelas pipa besi $\frac{3}{4}$ inch dan memasang juga elbow besi 90° .
- Menyambung elbow dengan pipa besi lagi sepanjang 15 cm dan memasang regulator pada pipa besi tersebut.
- Selanjutnya, memasang valve dan menyambung valve dengan selang plastik $\frac{1}{2}$ inch.
- Membuat katup Pengaman dari pipa Tee PVC dan botol plastik
- Memasang katup pengaman pada selang plastik dan disambung lagi dengan selang plastik hingga akhirnya menuju penampung gas.

- Membuat kaki dudukan alat agar permukaan silinder tidak menyentuh
- Mengelas pipa besi 2 inch pada bagian bawah silinder sebagai tempat pembuangan sisa fermentasi (slurry).
- Dilanjutkan dengan memasang elbow, valve, dan selang plastik menuju tempat pembuangan slurry.
- Fungsi masing-masing komponen :
 1. Drum minyak, berfungsi sebagai tempat bakteri dalam menguraikan / memfermentasikan bahan organik menjadi biogas.
 2. Tempat umpan. Selain sebagai tempat umpan masuk, tempat ini juga membantu dalam mengetahui volume di dalam reaktor.
 3. Tempat keluaran yang terdiri dari keluaran gas dan keluaran sisa residu.
 4. Elbow besi 90°, untuk membelokkan arah aliran keluaran gas dan sisa residu.
 5. Regulator. Untuk membaca tekanan pada reaktor, sehingga dapat diketahui gas tersebut sudah dihasilkan atau tidak.
 6. Valve berfungsi untuk mengatur dan mengeluarkan gas dan sisa residu.
 7. Katup pengaman, berfungsi untuk membatasi tekanan maksimal reaktor sesuai dengan kekuatan konstruksi reaktor dan tekanan hidrostatik slurry di dalam reaktor.
 8. Penampung gas plastik berfungsi sebagai tempat penampungan biogas yang dihasilkan.

3.3.2 Prosedur Pengujian Fungsi Alat

Pengujian fungsi alat ini, didasarkan untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi terhadap biogas yang dihasilkan. Sehingga dapat diketahui waktu yang optimal untuk menghasilkan biogas tersebut. Serta mengetahui kandungan gas yang dihasilkan.

Berikut ini adalah rangkaian prosedur kerja, beserta alat dan bahan yang digunakan, serta data-data yang akan diambil :

- Alat yang digunakan :

- Reaktor biogas
- Gelas kimia, pipet ukur dan bola karet
- Ember
- Bahan yang digunakan :
 - Sampah organik yang diambil dari pasar
 - EM4 (Effective mikroorganisme)
 - air
- Prosedur kerja :
 - a. Penentuan jumlah bahan yang akan dimasukkan ke dalam reaktor
 - Menghitung volume reaktor terlebih dahulu dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_{\text{reaktor}} = \pi \times r^2 \times t$$

$$= 3.14 \times (27.5 \text{ cm})^2 \times 65 \text{ cm}$$

$$= 154350.625 \text{ cm}^3$$

$$= 154.35 \text{ liter}$$
 - Menghitung banyak starter yang digunakan, dengan rumus sebagai berikut :
- Variasi konsentrasi 10 % Starter

$$V_{\text{starter 1}} = 10 \% \times V_{\text{reaktor}}$$

$$= 0,10 \times 154.35 \text{ liter}$$

$$= 15.435 \text{ liter}$$

- Variasi konsentrasi 5 % Starter

$$\begin{aligned} V_{\text{starter 2}} &= 10 \% \times V_{\text{reaktor}} \\ &= 0,05 \times 154.35 \text{ liter} \\ &= 7.717 \text{ liter} \end{aligned}$$

- Total Volume Starter yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} V_{\text{starter total}} &= V_{\text{starter 1}} + V_{\text{starter 2}} \\ &= (15.435 + 7.717) \text{ liter} \\ &= 23.153 \text{ liter} \end{aligned}$$

- Total Volume EM4 yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} V_{\text{EM4}} &= 10 \% \times V_{\text{starter total}} \\ &= 0,10 \times 23.153 \text{ liter} \\ &= 2.315 \text{ liter} \end{aligned}$$

- Menghitung banyak sampah yang diperlukan :

Komposisi yang digunakan antara sampah dan air yaitu, 1 : 1 dan menganggap massa jenis dari sampah sebesar 1 kg/liter.

$$\begin{aligned} \text{Berat sampah yang diperlukan(kg)} &= 45 \% \times V_{\text{reaktor}} \times \rho_{\text{sampah}} \\ &= 0.45 \times 154.35 \text{ liter} \times 1 \text{ kg/liter} \\ &= 69.46 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi, air yang diperlukan juga sebanyak 69.46 liter

b. Penyiapan starter yang akan digunakan

- Starter ini harus sudah dipersiapkan 3-4 hari sebelum percobaan dilakukan.
- Menghaluskan / merajang sampah dan mencampurkan air hingga mencapai volume 20 liter, sambil diaduk hingga campuran terlihat halus.

- Mempipet EM4 sebanyak 2.315 liter dan mencampurkan ke dalam sampah yang telah halus tersebut.
- Memasukkan starter ke dalam reaktor biogas dan menutup rapat.
- Starter dibiarkan selama 3-4 hari, dan selanjutnya starter siap digunakan.

c. Pengolahan sampah sebelum dimasukkan reaktor

- Menghaluskan / merajang sampah
- Menambahkan air sedikit – demi sedikit hingga sampah tercampur dengan rata.
- Jika sudah rata, memasukkan campuran tersebut ke dalam reaktor dan menutup rapat.
- Melakukan penghalusan dan pencampuran air kembali, jika peralatannya tidak cukup menampung.

d. Pengamatan data

- Setelah proses berjalan setiap hari mengamati tekanan yang terbaca pada pressure gauge, pH dan temperatur reaktor.
- Jika terdapat kenaikan yang signifikan, mengalirkan gas tersebut ke penampungan dengan membuka valve yang ada.
- Mengambil sampel gas untuk selanjutnya dianalisa
- Melakukan hal yang sama pada hari selanjutnya.

e. Penganalisaan gas yang dihasilkan

- Penganalisaan gas ini dilakukan dengan menggunakan alat Gas Chromatography (GC) dan Orsat Analyzer pada PT.Pupuk Sriwidjaja atau PT.ConocoPhillips Indonesia.

3.3.3 Prosedur Analisa Kandungan Biogas

- Prosedur kerja alat *ORSAT ANALYZER*
 - Alat ditempatkan pada tempat yang datar
 - *Levelling* BULB 1 dinaikkan dan kerangan "V" dibuka pada posisi V1.
 - Dengan sangat hati-hati permukaan air diimpitkan hingga skala paling atas (perbatasan keterangan buret (V)). Lalu menutup kerangan V pada posisi *vertical* atau *horizontal*.
 - Dengan hati-hati kerangan "S" dibuka pada posisi S2 dan "V" pada posisi V2, *levelling* BULB L1 diturunkan hingga level penyerap KOH 30% tepat diperbatasan penyerap dan keterangan "S" lalu menutup S pada posisi S1.
 - Dengan membuka kerangan "V" pada posisi V1 dan menaikkan *levelling* BULB L1 . permukaan pada buret diimpitkan tepat pada skala "100".
 - Membuka "S" pada posisi S2 dan membuka "V" pada posisi V2, *menaikkan L1 hingga gas dalam buret akan masuk kedalam penyerap.*
 - Melakukan hal yang sama hingga pembacaan air pada buret konstan (A).

- Prosedur kerja alat GC
 1. *Menghidupkan alat GC :*
 - Sebelum alat dihidupkan, buka aliran "*carrier gas*" dengan membuka *valve input carrier* pada bagian samping keran GC. Yakinkan tidak ada kebocoran.
 - Setelah "*carrier gas*" mengalir dengan stabil, alat GC dinyalakan dengan menekan tombol "*heater*", "*fan*", dan "*line*" pada posisi "on".
 - Menekan tombol "*set. Req*" kemudian tekan tombol "enter".
 - Setelah menu keluar. Pilih "*GC Parameter*" kemudian tekan tombol "enter".
 - Akan tampil "*GC Parameter Set*" kemudian tekan tombol "enter".
 - Arahkan "*pointer*" ke "*Coulomn oven temp*"
 - Naikkan temperature kolom dengan mengetikkan angka "60" lalu "enter".
 - Naikkan juga temp. Injektor dengan mengetikkan angka "100" kemudian "enter" dan tekan tombol "START".
 - Tunggu sampai semua temp. Dicapai yang ditunjukkan oleh lampu hijau dalam posisi "*ready*".

- Aktifkan hubungan ke TCD dengan menekan tombol TCD pada bagian samping kanan GC.
- Naikkan temp. Detektor dengan menyetikkan angka "150" kemudian *enter*
- Naikkan *temperature TCD block* dengan menyetikkan "200".
- Setelah temp. tercapai, mulai naikkan "*current*" secara bertahap (5, 25, 50, 75, 100) dengan cara menyetikkan angka tersebut, kemudian "*enter*".
- Setelah "*current*" berada pada posisi 100 dan menunjukkan "*signal*" pada *Chromatopac CR-5A* stabil, GC siap digunakan.
- Injeksikan contoh, kemudian tekan "*START*" pada *Chromatopac CR-5A*.

2. Mematikan alat GC :

- Menekan tombol "*set req*" kemudian tekan "*enter*".
- Setelah menu keluar, pilih "*GC Parameter*" kemudian tekan "*enter*".
- Akan tampil "*GC Parameter set*" kemudian tekan "*enter*".
- Arahkan "*pointer*" ke "*current*".
- Kemudian mulai turunkan "*current*" secara bertahap (75, 50, 25, 0) dengan cara menyetikkan angka kemudian "*enter*".
- Setelah "*current*" berada pada posisi nol dan penunjukkan "*signal*" pada "*Chromatopac CR-5A*" stabil baru turunkan temp kolom dengan mengarahkan *pointer* pada posisi kolom dan ketikkan angka 30 kemudian *enter*.
- Turunkan juga temp. injektor dan detektor seperti langkah diatas.
- Tunggu sampai temp. tercapai.
- Matikan hubungan ke TCD dengan menekan tombol TCD pada bagian samping kolom GC.
- Setelah temp kolom, injektor dan detektor stabil, matikan GC dengan menekan tombol "*heater*", "*fan*", dan "*line*" pada posisi "*off*".
- Setelah semua alat mati, matikan aliran "*carrier gas*" dengan menutup *valve input* pada bagian samping kanan GC.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Reaktor Biogas Hasil Rancangan

Prototipe reaktor biogas ini dirancang untuk memanfaatkan sampah organik menjadi biogas dengan menggunakan teknologi fermentasi bakteri yang sederhana dan mudah dalam pengaplikasiannya. Bahan konstruksi reaktor yang berasal dari drum oli bekas memberikan kemudahan dalam hal ketersediaan bahan dan pembuatan bentuk reaktor dengan hanya menggunakan metode pengelasan.

Alat ini terdiri dari satu buah drum oli bekas, sehingga reaktor hasil rancangan berupa tangki yang tidak terlalu tinggi. Reaktor biogas ini telah dirancang memiliki beberapa komponen utama yaitu *inlet tank*, tangki pencerna, *outlet pit*, dan *outlet gas*.



Gambar 4.1. Reaktor Biogas Hasil Rancangan

Sludge dimasukkan ke dalam reaktor melalui inlet tank yang terbuat dari pipa besi berdiameter 3 in agar *sludge* dapat dengan mudah mengalir ke dalam tangki pencernaan hingga volumenya mencapai $\frac{3}{4}$ volume reaktor. Hal ini dimaksudkan agar biogas yang terbentuk dari proses fermentasi *anaerob* dapat terakumulasi di dalam reaktor terlebih dahulu sehingga akan menghasilkan tekanan yang terbaca pada *pressure gauge* sebelum dialirkan ke penampung gas atau ke kompor biogas.

Biogas yang terbentuk pada hari pertama dan kedua merupakan campuran udara yang terdapat di dalam reaktor pada saat pemasukan awal *sludge* dan gas karbondioksida (CO_2) memang akan terbentuk pada awal proses fermentasi *anaerob* sehingga gas tersebut harus dikuras dengan membuka keran pengeluaran gas sampai tekanan pada *pressure gauge* menunjukkan angka 0 psi. Gas yang dihasilkan terkumpul di dalam reaktor, sehingga dapat dikatakan reaktor juga berfungsi sebagai penampung gas sebelum dialirkan untuk pemakaian lebih lanjut.

Desain reaktor ini juga memungkinkan menampung gas cukup besar karena memang $\frac{1}{4}$ volume dari reaktor dipenuhi oleh gas yang terbentuk. Proses transfer biogas ke kompor atau ke penampung lain dilengkapi dengan katup pengaman sederhana yang terbuat dari botol air mineral berisi air sebanyak $\frac{3}{4}$ volume botol tersebut. Katup pengaman sederhana ini berguna untuk menghindari adanya uap air yang terbawa bersama biogas ke kompor atau penampung yang dapat berakibat biogas tidak dapat menyala.

Pengukuran kondisi operasi reaktor meliputi suhu dan pH *sludge* di dalam reaktor dilakukan melalui *outlet pit* yang terbuat dari pipa besi berdiameter 2 in. Setiap hari suhu dan pH diukur dengan cara mengeluarkan *sludge* sebanyak 200 ml ke dalam gelas kimia dengan menggunakan *thermometer* dan *pHmeter digital*.

4.2 Uji Fungsional Reaktor Biogas

Reaktor biogas pada dasarnya memiliki persyaratan mutlak untuk menunjang fermentasi anaerobik secara optimal. Persyaratan tersebut adalah tidak ada kebocoran cairan dan gas dari dalam reaktor, harus memiliki ruang yang cukup bagi *sludge* sebagai bahan baku dan gas yang akan dihasilkan,

memungkinkan gas mengalir keluar reaktor dengan mudah tanpa terkontaminasi dengan gas lain, tidak mengandung zat-zat kimia yang dapat membunuh bakteri-bakteri penghasil metan.

4.2.1 Uji Kebocoran Cairan

Untuk menguji kebocoran cairan yang terjadi di dalam reaktor, operator mengisi reaktor dengan air sampai penuh, kemudian diamati selama 24 jam. Setiap titik kebocoran diberi tanda yang berguna untuk perbaikan reaktor biogas.

Pada saat pengujian diketahui bahwa terjadi kebocoran pada sambungan *inlet* dan dinding reaktor serta pada sambungan las antara drum bawah dan atas. Kebocoran ini diatasi dengan memberikan lem silikon pada setiap sambungan yang mengalami kebocoran. Penggunaan lem silikon ini karena sifatnya yang kuat, lentur serta kedap air. Selain itu lem silikon yang telah mengeras dapat dilepas dengan mudah melalui pemotongan apabila reaktor biogas akan dibongkar.

Setelah setiap titik kebocoran yang terjadi diberi lem silikon, ternyata setelah 24 jam volume air dalam reaktor tidak berubah. Hal ini menandakan tidak terjadi kebocoran cairan dalam reaktor sehingga pengujian kebocoran dianggap cukup sesuai dengan perancangan dan dapat dilanjutkan dengan pengujian kebocoran gas.

4.2.2 Uji Kebocoran Gas

Pengujian kebocoran gas dilakukan setelah *sludge* dimasukkan ke dalam reaktor. Seluruh bagian reaktor termasuk sambungan las dan *fitting system* kemudian dilumuri atau diolesi dengan larutan sabun secara merata. Selanjutnya bagian yang mengalami kebocoran dapat diketahui apabila bagian tersebut mengeluarkan gelembung-gelembung udara di sekitar bagian itu. Setiap titik kebocoran diberi tanda yang berguna untuk perbaikan reaktor biogas dengan penambalan menggunakan lem silikon.

4.3 Uji Elementer Reaktor Biogas

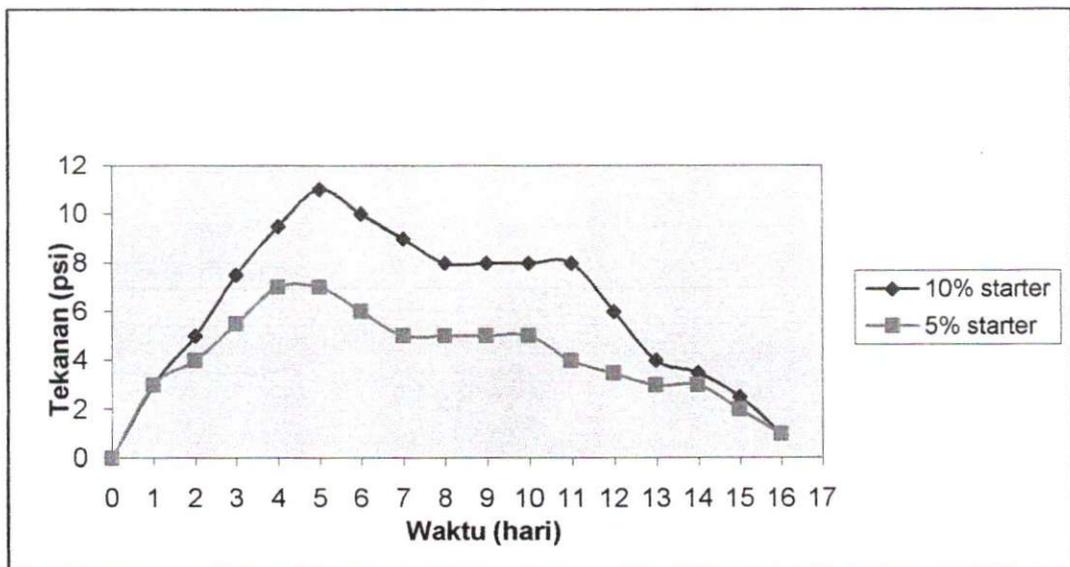
Setelah uji fungsional selesai maka dilakukan uji elementer untuk mengetahui kemampuan reaktor biogas dalam menghasilkan biogas sesuai dengan perancangan apabila menggunakan bahan yang sesungguhnya (sampah organik). Untuk melakukan uji kinerja ini dilakukan dua kali pengisian *sludge* ke dalam reaktor masing-masing dengan perlakuan yang berbeda. Pada perlakuan pertama umpan mengandung 5 % konsentrasi *starter*. Sedangkan untuk perlakuan kedua umpan mengandung 10 % konsentrasi *starter*. Variasi konsentrasi *starter* ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi dan pengaruh *starter* terhadap biogas yang dihasilkan.

Pengamatan terhadap kondisi operasi reaktor biogas meliputi tiga parameter yaitu temperatur, pH dan tekanan gas pada *pressure gauge*. Ketiga parameter tersebut diamati setiap hari pada pukul 10.00 selama 17 hari.

4.3.1 Pengaruh Waktu Terhadap Pembentukan Biogas

Pada uji kinerja reaktor biogas untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi terhadap biogas yang dihasilkan dari sampah organik dilakukan dengan memvariasikan perlakuan perbedaan konsentrasi *starter*.

Parameter yang diamati untuk melihat peningkatan pembentukan biogas ini ialah tekanan yang terbaca pada *pressure gauge*. Tekanan tersebut diamati peningkatannya setiap hari agar diketahui tren pembentukan biogas di dalam reaktor untuk masing-masing perlakuan. Hasil pengamatan tekanan harian secara lengkap untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada lampiran 1.



Gambar 4.2. Grafik Perbandingan Tekanan Tiap Perlakuan

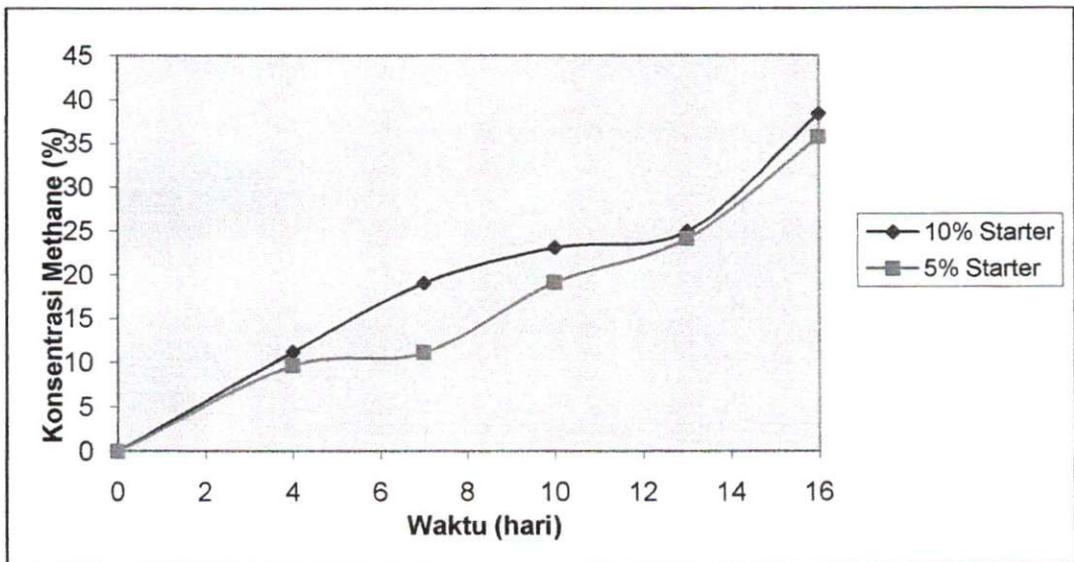
Dari gambar 4.2 diketahui tren pembentukan biogas untuk tiap perlakuan pada umumnya sama yaitu mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada 5 hari pertama proses fermentasi. Selanjutnya, memasuki hari ke-6 tren pembentukan biogas cenderung stabil atau memasuki fase pertumbuhan stasioner. Pada variasi konsentrasi 5% starter mengalami penurunan memasuki hari ke-11, dan terus menurun hingga akhirnya pembentukan biogas berhenti pada hari ke-16. Pada variasi konsentrasi 10% starter penurunan tekanan baru terjadi pada hari ke-12 dan terus menurun cukup tajam hingga hari ke-16. Dengan kata lain, proses pembentukan biogas untuk setiap perlakuan berhenti pada hari ke-17.

Secara garis besar, tren pembentukan biogas untuk tiap perlakuan ternyata hampir sama dengan tren dari grafik pertumbuhan bakteri, dimana terdapat fase awal pertumbuhan, fase pertumbuhan cepat, fase stasioner, fase menuju kematian dan fase kematian. Hanya saja perbedaan antara kedua perlakuan tersebut terletak pada kapasitas pembentukan biogas dimana pada variasi konsentrasi 10% starter lebih tinggi dengan tekanan maksimum mencapai 13 psi.

4.3.2 Waktu Optimal untuk Menghasilkan Biogas

Uji kinerja elementer yang kedua adalah penentuan waktu yang paling optimal untuk menghasilkan biogas ditinjau berdasarkan konsentrasasi gas *methane* yang dihasilkan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode gas kromatografi (GC) di PT. Pupuk Sriwidjaya.

Pengambilan sampel biogas untuk masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak 5 kali yaitu pada hari ke-4, 7, 10, 13 dan hari ke-16 dengan menggunakan media balon. Data hasil analisa kandungan gas *methane* secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 1.



Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Konsentrasi Gas Tiap Perlakuan

Dari gambar 4.3 di atas dapat dilihat komposisi *methane* tiap perlakuan cenderung mengalami tren yang terus meningkat untuk sampel biogas setiap harinya. Hal ini dapat dilihat pada sampel hari ke-4 dimana pada perlakuan pertama (konsentarsi 5% starter) kandungan *methane*-nya sebesar 9,70 %, dan terus meningkat hingga pada sampel hari ke-16 yang mencapai konsentrasi sebesar 35,80 %. Begitu pula pada perlakuan kedua (konsentarsi 10% starter) menunjukkan tren konsentrasi *methane* yang terus meningkat dari hari ke hari, dengan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan pertama. Penurunan konsentrasi gas metan di dalam biogas mulai terjadi secara signifikan

pada hari ke-17 dan apabila proses fermentasi dilanjutkan, kemungkinan penurunan tersebut semakin besar hingga akhirnya konsentrasi metan menjadi nol.

Akan tetapi, hal yang patut disayangkan ialah pada uji nyala biogas tersebut ternyata hanya mampu terbakar dalam beberapa detik saja dan nyala apinya masih berwarna merah, karena konsentrasi gas *methane* biogas tersebut masih dibawah 60 %. Padahal, menurut berbagai sumber literatur dan berdasarkan informasi yang diperoleh dari observasi secara langsung ke salah satu instalasi pembangkit biogas yang berada di desa Tanjung Enim milik Pak Sularna, menyebutkan bahwa syarat minimal biogas untuk terbakar ialah kandungan *methane* sebesar 60 % dan memiliki nyala api biru. Hal, ini mengindikasikan kandungan gas lain selain gas *methane* di dalam biogas yang masih terlalu besar.

4.3.3 Efektivitas Pembentukan Biogas dari Sampah Organik

Pembentukan Biogas tidak hanya bisa dilakukan dengan menggunakan bahan baku sampah organik, karena masih banyak bermacam-macam limbah organik lainnya yang dapat dimanfaatkan untuk proses fermentasi menjadi biogas. Diantara bahan organik tersebut yang telah biasa digunakan ialah kotoran sapi dan enceng gondok.

Setiap jenis bahan organik tersebut tentunya memiliki efektivitas pembentukan biogas yang berbeda-beda. Jika ditinjau dari tekanan gas di dalam reaktor maka sampah organik merupakan bahan organik yang cukup efektif digunakan untuk desain alat hasil rancangan ini karena mampu mencapai tekanan maksimum 13 psi.

Tak hanya karena tekanan di dalam reaktor yang membuat sampah organik bisa dikatakan cukup efektif. Data hasil analisa kandungan gas *methane* secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 1. Pada hasil analisa kandungan metan pun sampel biogas dari sampah organik memiliki kandungan yang cukup tinggi dengan nilai maksimum 38,43 %.

4.4 Uji Ergonomi Reaktor Biogas

Uji ergonomi pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kenyamanan dan rasa aman operator dalam mengoperasikan prototipe reaktor biogas. Pengujian melibatkan beberapa mahasiswa untuk mengoperasikan reaktor biogas. Secara umum cara pengoperasian reaktor dapat dipahami dengan mudah oleh operator.

Berdasarkan wawancara dengan operator diketahui bahwa kesulitan terbesar terletak pada pemasukan *sludge* melalui *inlet tank* karena ukuran mulut *inlet* tidak terlalu besar sehingga untuk memasukkan *sludge* sebanyak 140 liter harus dilakukan secara berulang-ulang dengan menggunakan ember. Selain itu, operator harus menggunakan semacam stik kecil untuk mendorong potongan sampah organik (sayuran) karena ukuran sayur tidak terlalu halus karena hanya dipotong-potong menggunakan pisau.

Kesulitan lainnya terjadi pada saat proses pengurasan isi reaktor biogas. Selain karena aroma tidak sedap yang berasal dari bahan sisa fermentasi tersebut mengganggu pernapasan, juga letak *outlet pit* yang terlalu rendah sehingga menyebabkan proses pengeluaran menjadi lambat karena penampung yang bisa digunakan pada letak serendah itu ialah baskom dengan volume kecil.

Secara umum reaktor biogas dapat berfungsi dengan memuaskan dan layak untuk berproduksi, namun tidak menutup kemungkinan kinerja reaktor dapat lebih ditingkatkan dengan membenahi beberapa bagian yang dirasa masih memiliki kelemahan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kapasitas dan kualitas produksi biogas untuk variasi perlakuan dengan menggunakan variasi 10% Starter lebih tinggi jika dibandingkan dengan variasi 5% Starter. Hal ini dapat dilihat dari tekanan biogas dan konsentrasi gas *methane* maksimal untuk perlakuan dengan variasi 10% Starter mampu mencapai 11 psi dan 38,43 %, sedangkan untuk perlakuan variasi 5% Starter hanya mencapai 7 psi dan 35,80 %.
2. Pengaruh waktu terhadap tren pembentukan biogas cenderung memperlihatkan kemiripan dengan tren kurva pertumbuhan bakteri, sedangkan waktu yang paling optimal untuk menghasilkan biogas ialah 16 hari.
3. Hasil uji fungsional menunjukkan prototipe reaktor biogas mampu berfungsi sebagaimana perancangan dan desain yang diinginkan, yaitu reaktor bebas dari kebocoran cairan dan kebocoran gas.
4. Hasil uji elementer menunjukkan prototipe reaktor biogas mampu menghasilkan biogas yang dapat menyala meskipun hanya dalam beberapa detik saja dan nyala api masih merah.
5. Hasil uji ergonomika menunjukkan bahwa kemudahan terletak pada jam kerja operator yang tidak terlalu lama dan kemudahan pemahaman operasional alat. Sedangkan kesulitan operator terjadi karena ukuran mulut *inlet tank* kurang besar untuk ahan seperti sampah organik.
6. Kinerja prototipe reaktor biogas memiliki kelemahan pada ketiadaan sistem pengadukan di dalam reaktor hasil rancangan sehingga proses homogenisasi menjadi sangat kurang dan distribusi nutrisi yang tidak merata.

5.2 Saran

1. Penyempurnaan rancangan reaktor biogas perlu dilakukan lebih lanjut dengan memperhatikan faktor material pembangun reaktor, sistem penampung gas dan sistem pengadukan yang terintegrasi.
2. Perlu diperhatikan kemudahan operator dalam memasukkan *sludge* ke dalam reaktor melalui *inlet tank* sehingga operator tidak perlu mendorong paksa sayur menggunakan stik kecil saat pemasukan *sludge*, selain itu perlu dilakuakn pencacahan/penghancuran sampah menjadi lebih halus sehingga memudahkan proses pemasukan ke dalam reaktor.
3. Pengembangan prototipe reaktor biogas ke arah aplikasi secara nyata harus memperhatikan kemudahan pengoperasian dan perawatan serta mempertimbangan kondisi sosial ekonomi masyarakat sehingga reaktor biogas mampu berdaya guna lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Garcelon, J. Clark, J. 2007. Design waste digesters, Civil Engineering Laboratory Agenda, University of Florida.
- Ginting. 2006. *Proses Fermentasi Bahan-Bahan Organik Menjadi Biogas*. Pustaka Kita. Malang
- Hansen. 2001. *Reaktor Biogas Skala Menengah dan Industri*. Penebar Pustaka. Yogyakarta
- Hammad et al. 1999. *The Development and Use of Biogas Technology in Rural Asia*. Pioneer Embassy. India
- Karim. dkk. 2005. Rancangan Biodegester Biogas dan Faktor-Faktor Kunci. Pustaka Kita. Malang
- Murbandono. 2001. *Pemanfaatan Sampah Organik dan Limbah Rumah Tangga*. Pasundan Publisher. Bandung
- Panggih Winarni. 2010. Penelitian Biogas dari Eceng Gondok. Institut Teknologi 10 November. Surabaya
- Prihanto, D. dkk. 1996. *Sampah dan Pengelolaannya*. Malang: PTPGT VEDC Malang.
- Raven. dkk. 2005. *Sejarah Pengembangan Biogas Dunia*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Vivi. 2005. *Jurnal Biogas dari Rumput Laut*. Universitas Diponegoro. Semarang
- Zhang et al. 1997. Biogas Technology Implementation in Small Appliance Journal. Shanghai University. Shanghai

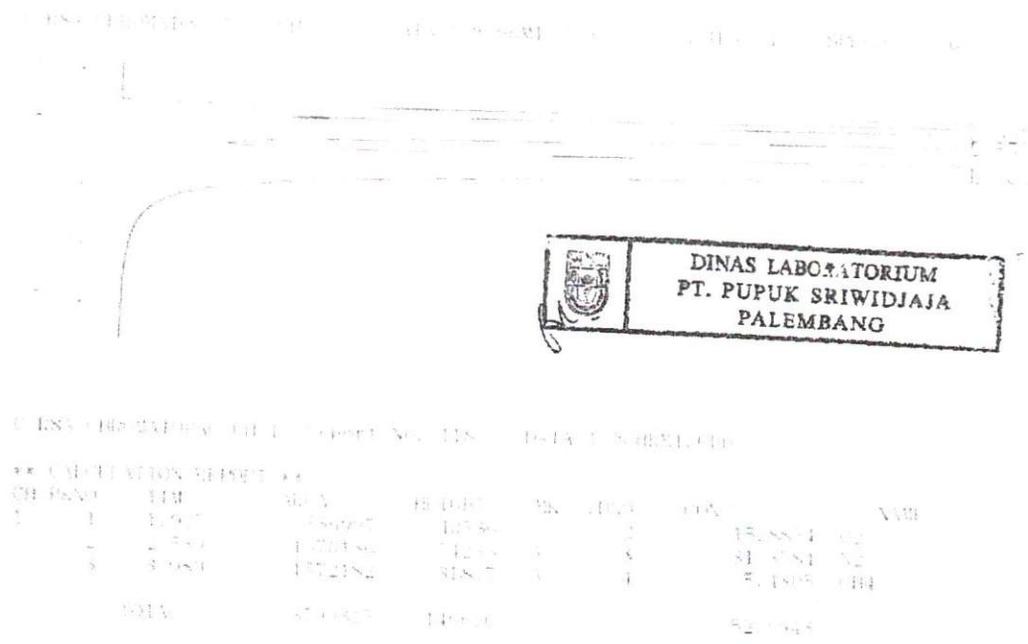
LAMPIRAN I
DATA PENGAMATAN

Tabel I.1. Data Kondisi Operasi Reaktor Biogas Perlakuan dengan Variasi 5 % dan 10 % Starter

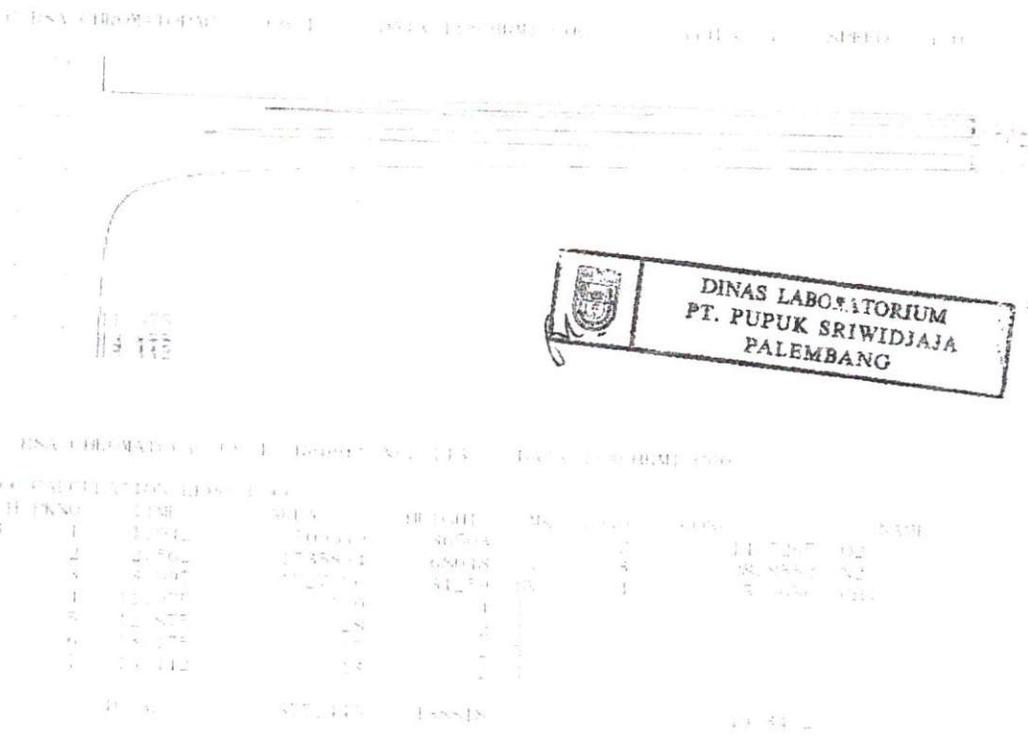
Hari Ke-	Konsentrasi 5 % Starter			Konsentrasi 10 % Starter		
	Temp (°C)	pH	Tekanan (psi)	Temp (°C)	pH	Tekanan (psi)
0	37	5,3	0	38	5,5	0
1	33	5,1	3	34	5,0	3
2	32	4,9	4	33	4,7	5
3	33	4,8	5,5	33	4,7	7,5
4	33	4,6	7	32	4,5	9,5
5	30	5,1	7	33	5,0	11
6	30	5,3	6	32	5,1	10
7	30	5,4	5	31	5,3	9
8	32	5,5	5	33	5,4	8
9	34	5,9	5	32	5,7	8
10	33	6,2	5	32	6,0	8
11	32	6,4	4	32	6,3	8
12	32	6,5	3,5	30	6,4	6
13	33	6,5	3	30	6,5	4
14	32	6,6	3	31	6,6	3,5
15	31	6,7	2	31	6,6	2,5
16	32	6,8	1	32	6,8	1

Tabel I.2. Komposisi Gas yang Terdapat dalam Biogas Perlakuan dengan Variasi 5 % dan 10 % Starter

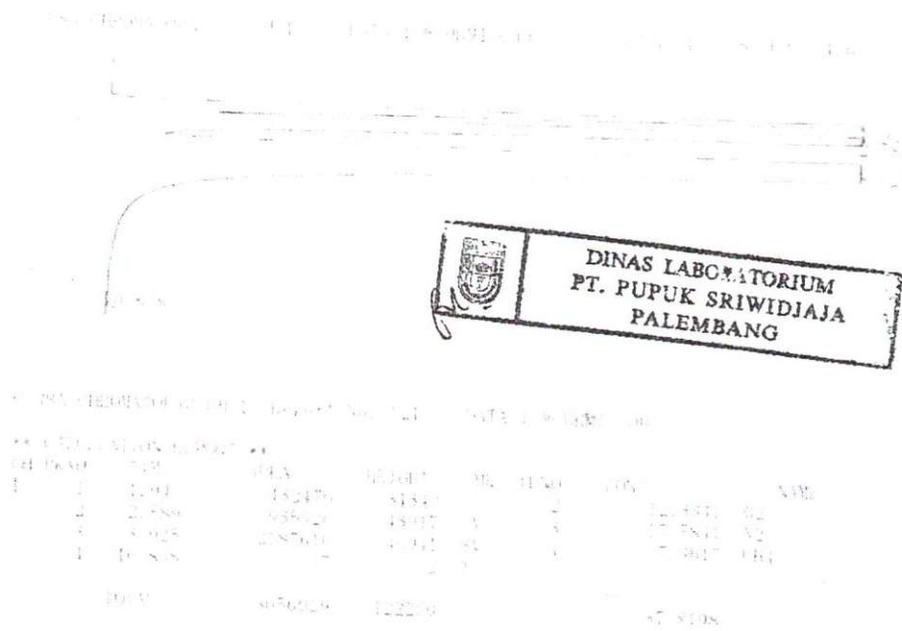
Hari Ke-	Konsentrasi 5 % Starter (%)		Konsentrasi 10 % Starter (%)	
	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄
4	5,90	9,70	7,40	11,23
7	7,40	11,19	8,60	19,10
10	8,40	19,14	7,80	23,13
13	10,00	24,18	7,90	25,03
16	7,80	35,80	23,47	38,43



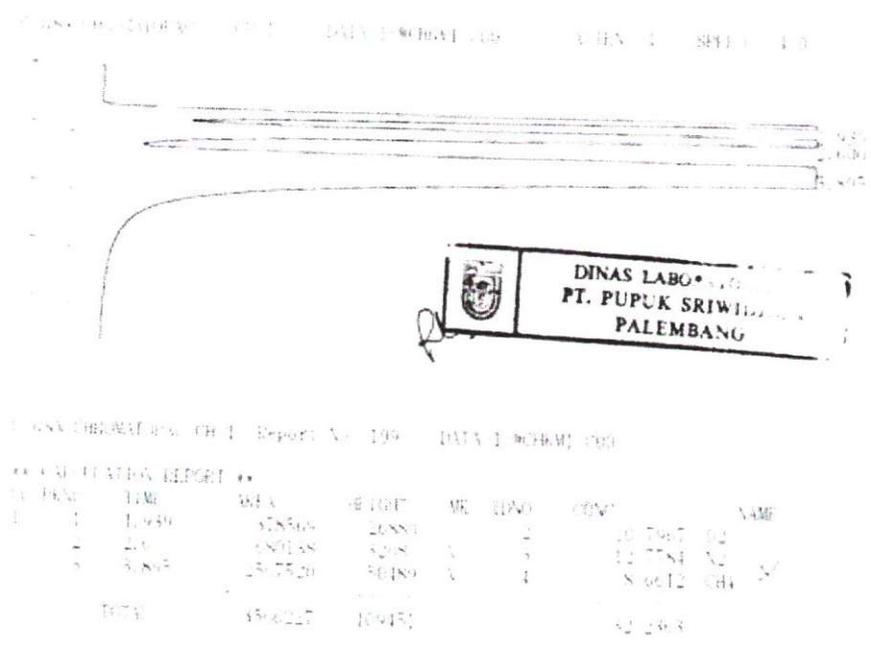
Gambar I.1. Grafik Komposisi Biogas Variasi 5 % Starter hari ke-4



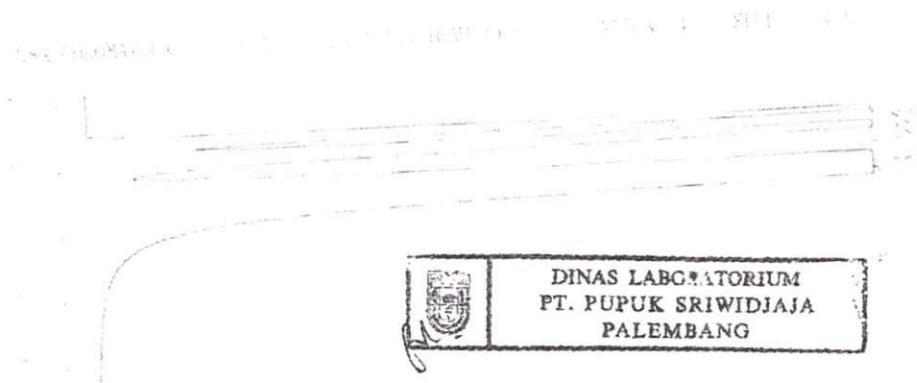
Gambar I.2. Grafik Komposisi Biogas Variasi 5 % Starter hari ke-7



Gambar I.3. Grafik Komposisi Biogas Variasi 5 % Starter hari ke-10



Gambar I.4. Grafik Komposisi Biogas Variasi 5 % Starter hari ke-13

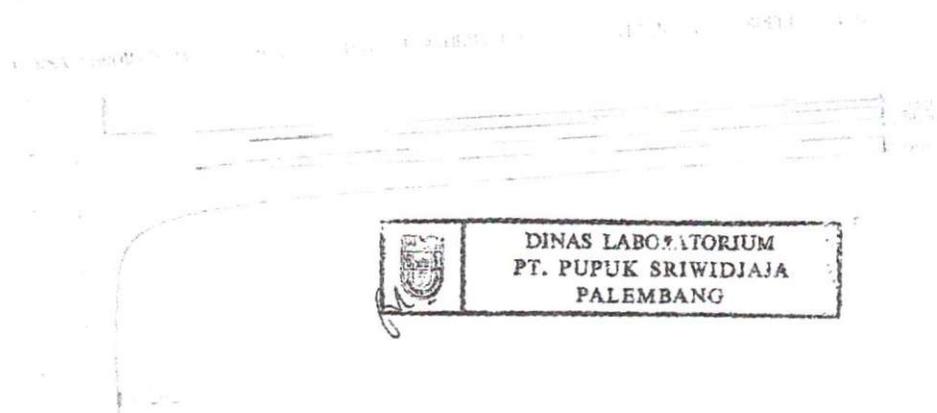


DINAS LABORATORIUM PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG

*** CALCULATION REPORT ***

NO. RUN	WGT	WGT	#1000	WGT	WGT	WGT
1	82	199.2	417.9			13.217.32
2	481	23.807	497.7			8.194.19
3	3.775	217.965	20.97			
TOTAL		457.972	11.708			21.412

Gambar I.5. Grafik Komposisi Biogas Variasi 5 % Starter hari ke-16

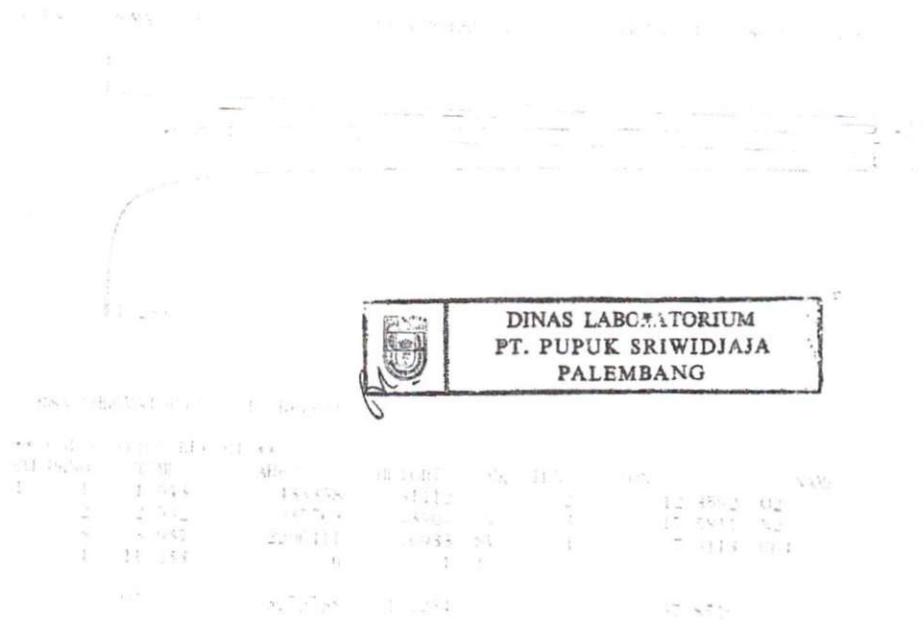


DINAS LABORATORIUM PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG

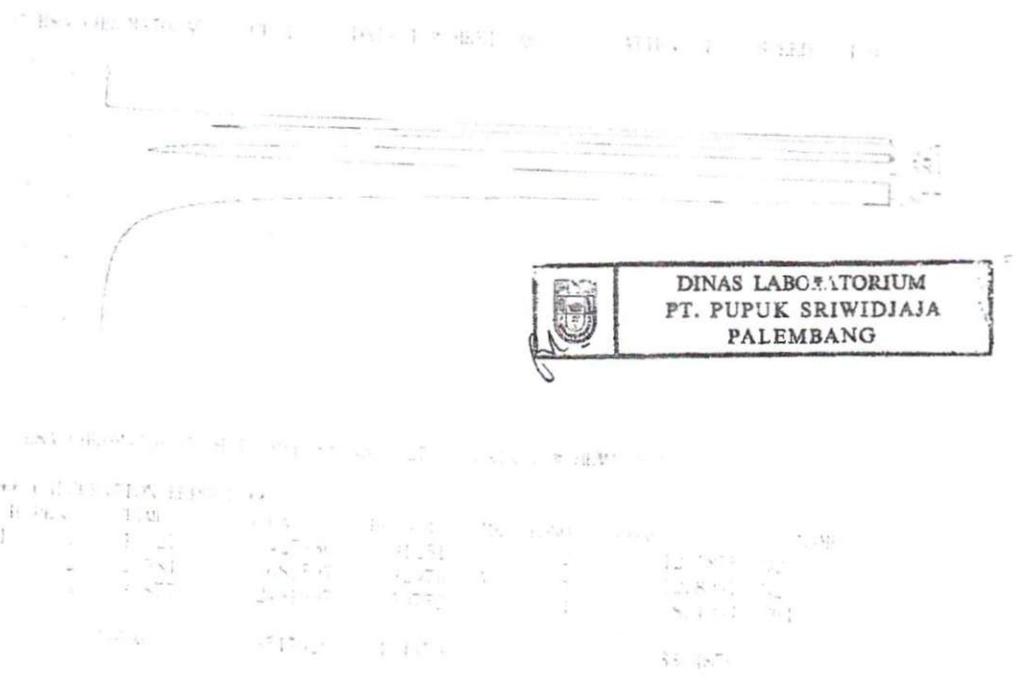
*** CALCULATION REPORT ***

NO. RUN	WGT	WGT	#1000	WGT	WGT	WGT
1	82	199.2	417.9			13.217.32
2	481	23.807	497.7			8.194.19
3	3.775	217.965	20.97			
TOTAL		457.972	11.708			21.412

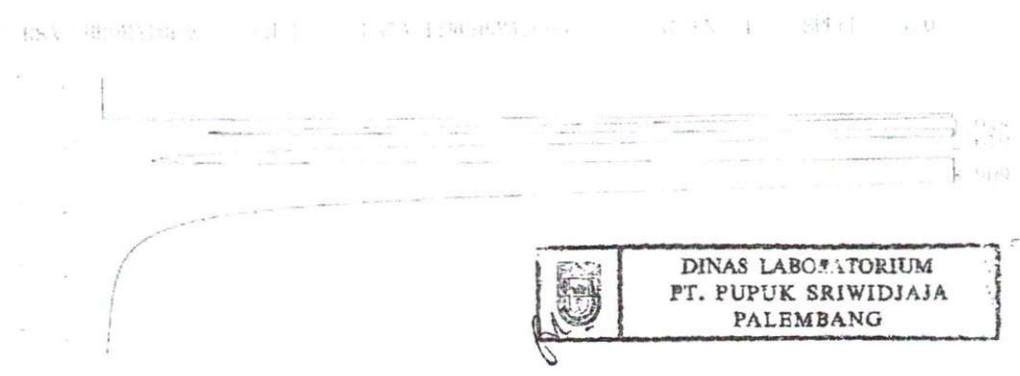
Gambar I.6. Grafik Komposisi Biogas Variasi 10 % Starter hari ke-4



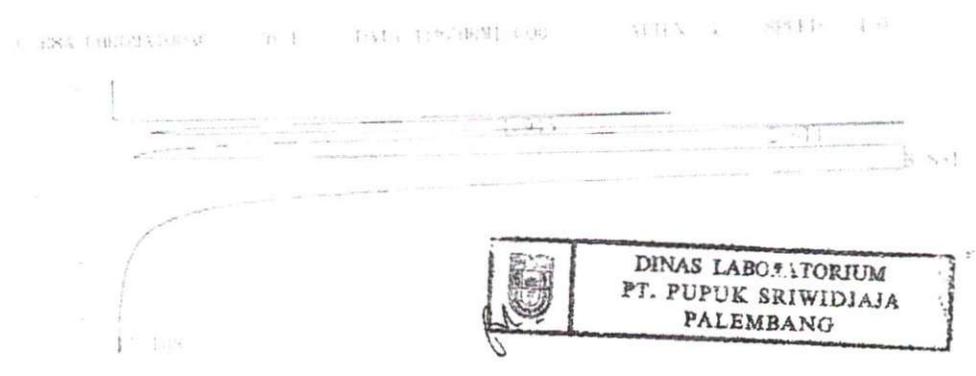
Gambar I.7. Grafik Komposisi Biogas Variasi 10 % Starter hari ke-7



Gambar I.8. Grafik Komposisi Biogas Variasi 10 % Starter hari ke-10



Gambar I.9. Grafik Komposisi Biogas Variasi 10 % Starter hari ke-13



Gambar I.10. Grafik Komposisi Biogas Variasi 10 % Starter hari ke-16

LAMPIRAN II PERHITUNGAN

1. Perhitungan Kandungan Gas Methane di dalam Biogas Variasi 5 % Starter

- Hari ke-4

Dik : % CO₂ = 5,9 %

$$[CH_4] = 5,4305$$

$$[N_2] = 31,3784$$

$$[O_2] = 15,8854$$

$$n = \frac{100 - \%CO_2}{[CH_4] + [N_2] + [O_2]} = \frac{100 - 5,9}{52,6943} = 1,79$$

$$\% CH_4 = n \cdot [CH_4] = 1,79 \cdot 5,4305 = 9,70 \%$$

$$\% N_2 = n \cdot [N_2] = 1,79 \cdot 31,3784 = 57,07 \%$$

$$\% O_2 = n \cdot [O_2] = 1,79 \cdot 15,8854 = 28,43 \%$$

- Hari ke-7

Dik : % CO₂ = 7,4 %

$$[CH_4] = 5,9656$$

$$[N_2] = 28,8552$$

$$[O_2] = 14,5265$$

$$n = \frac{100 - \%CO_2}{[CH_4] + [N_2] + [O_2]} = \frac{100 - 7,4}{49,3472} = 1,88$$

$$\% CH_4 = n \cdot [CH_4] = 1,88 \cdot 5,9656 = 11,19 \%$$

$$\% N_2 = n \cdot [N_2] = 1,88 \cdot 28,8552 = 54,25 \%$$

$$\% O_2 = n \cdot [O_2] = 1,88 \cdot 14,5265 = 27,31 \%$$

- Hari ke-10

Dik : % CO₂ = 8,4 %

$$[CH_4] = 7,9017$$

$$[N_2] = 17,5841$$

$$[O_2] = 12,3341$$

$$n = \frac{100 - \%CO_2}{[CH_4] + [N_2] + [O_2]} = \frac{100 - 8,4}{31,8198} = 2,42$$

$$\% CH_4 = n \cdot [CH_4] = 2,42 \cdot 7,9017 = 19,14 \%$$

$$\% N_2 = n \cdot [N_2] = 2,42 \cdot 17,5841 = 42,55 \%$$

$$\% O_2 = n \cdot [O_2] = 2,42 \cdot 12,3341 = 29,85 \%$$

- Hari ke-13

Dik : % CO₂ = 10 %

$$[CH_4] = 8,6612$$

$$[N_2] = 12,7784$$

$$[O_2] = 10,7967$$

$$n = \frac{100 - \%CO_2}{[CH_4] + [N_2] + [O_2]} = \frac{100 - 10}{32,2363} = 2,79$$

$$\% CH_4 = n \cdot [CH_4] = 2,79 \cdot 8,6612 = 24,18 \%$$

$$\% N_2 = n \cdot [N_2] = 2,79 \cdot 12,7784 = 35,65 \%$$

$$\% O_2 = n \cdot [O_2] = 2,79 \cdot 10,7967 = 30,12 \%$$

- Hari ke-16

Dik : % CO₂ = 27,80 %

$$[CH_4] = 10,289$$

$$[N_2] = 6,0607$$

$$[O_2] = 4,3975$$

$$n = \frac{100 - \%CO_2}{[CH_4] + [N_2] + [O_2]} = \frac{100 - 27,8}{20,7472} = 3,48$$

$$\% CH_4 = n \cdot [CH_4] = 3,48 \cdot 10,289 = 35,80 \%$$

$$\% N_2 = n \cdot [N_2] = 3,48 \cdot 6,0607 = 21,09 \%$$

$$\% O_2 = n \cdot [O_2] = 3,48 \cdot 4,3975 = 15,30 \%$$

2. Perhitungan Kandungan Gas Methane di dalam Biogas Variasi 10 % Starter

- Hari ke-4

Dik : % CO₂ = 7,4 %

$$[\text{CH}_4] = 5,9707$$

$$[\text{N}_2] = 28,7356$$

$$[\text{O}_2] = 14,5204$$

$$n = \frac{100 - \%CO_2}{[\text{CH}_4] + [\text{N}_2] + [\text{O}_2]} = \frac{100 - 7,4}{49,2267} = 1,88$$

$$\% \text{CH}_4 = n \cdot [\text{CH}_4] = 1,88 \cdot 5,9707 = 11,23 \%$$

$$\% \text{N}_2 = n \cdot [\text{N}_2] = 1,88 \cdot 28,7356 = 54,02 \%$$

$$\% \text{O}_2 = n \cdot [\text{O}_2] = 1,88 \cdot 14,5204 = 27,30 \%$$

- Hari ke-7

Dik : % CO₂ = 8,6 %

$$[\text{CH}_4] = 7,9113$$

$$[\text{N}_2] = 17,5811$$

$$[\text{O}_2] = 12,3592$$

$$n = \frac{100 - \%CO_2}{[\text{CH}_4] + [\text{N}_2] + [\text{O}_2]} = \frac{100 - 8,6}{37,8516} = 2,41$$

$$\% \text{CH}_4 = n \cdot [\text{CH}_4] = 2,41 \cdot 7,9113 = 19,10 \%$$

$$\% \text{N}_2 = n \cdot [\text{N}_2] = 2,41 \cdot 17,5811 = 42,37 \%$$

$$\% \text{O}_2 = n \cdot [\text{O}_2] = 2,41 \cdot 12,3592 = 29,79 \%$$

- Hari ke-10

Dik : % CO₂ = 7,8 %

$$[\text{CH}_4] = 8,4004$$

$$[\text{N}_2] = 12,8997$$

$$[\text{O}_2] = 12,1875$$

$$n = \frac{100 - \%CO_2}{[\text{CH}_4] + [\text{N}_2] + [\text{O}_2]} = \frac{100 - 7,8}{33,4876} = 2,75$$

$$\% \text{CH}_4 = n \cdot [\text{CH}_4] = 2,75 \cdot 8,4004 = 23,13 \%$$

$$\% \text{N}_2 = n \cdot [\text{N}_2] = 2,75 \cdot 12,8997 = 35,47 \%$$

$$\% \text{O}_2 = n \cdot [\text{O}_2] = 2,75 \cdot 12,1875 = 33,52 \%$$

- Hari ke-13

Dik : % CO₂ = 7,9 %

$$[\text{CH}_4] = 8,7101$$

$$[\text{N}_2] = 12,5491$$

$$[\text{O}_2] = 10,76$$

$$n = \frac{100 - \% \text{CO}_2}{[\text{CH}_4] + [\text{N}_2] + [\text{O}_2]} = \frac{100 - 7,9}{32,0192} = 2,88$$

$$\% \text{CH}_4 = n \cdot [\text{CH}_4] = 2,88 \cdot 8,7101 = 25,03 \%$$

$$\% \text{N}_2 = n \cdot [\text{N}_2] = 2,88 \cdot 12,5491 = 36,14 \%$$

$$\% \text{O}_2 = n \cdot [\text{O}_2] = 2,88 \cdot 10,76 = 30,99 \%$$

- Hari ke-16

Dik : % CO₂ = 23,47 %

$$[\text{CH}_4] = 10,3191$$

$$[\text{N}_2] = 5,9201$$

$$[\text{O}_2] = 4,3328$$

$$n = \frac{100 - \% \text{CO}_2}{[\text{CH}_4] + [\text{N}_2] + [\text{O}_2]} = \frac{100 - 23,47}{20,572} = 3,72$$

$$\% \text{CH}_4 = n \cdot [\text{CH}_4] = 3,72 \cdot 10,3191 = 38,43 \%$$

$$\% \text{N}_2 = n \cdot [\text{N}_2] = 3,72 \cdot 5,9201 = 22,02 \%$$

$$\% \text{O}_2 = n \cdot [\text{O}_2] = 3,72 \cdot 4,3328 = 16,12 \%$$

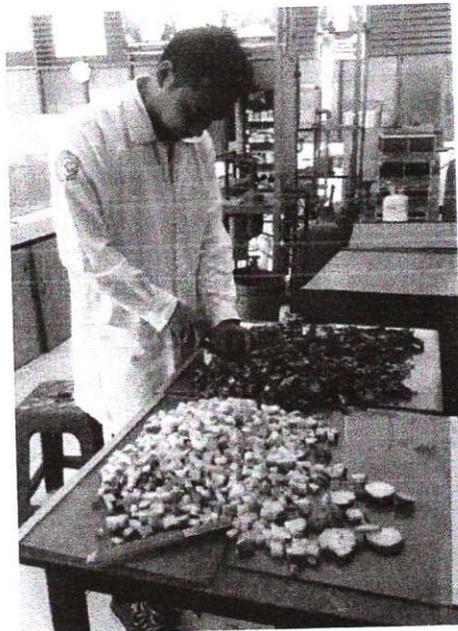
Berikut perhitungan biaya yang diperlukan selama melakukan pembuatan alat, penelitian dan penyusunan laporan penelitian ini adalah :

• Biaya alat dan bahan :		
○ Drum minyak	=	Rp 150.000
○ Pipa Besi 2 inch (1 meter)	=	Rp 65.000
○ Besi Plat	=	Rp 50.000
○ Elbow Besi 2 inch	=	Rp 35.000
○ Pipa besi ¾ inch (1 meter)	=	Rp 45.000
○ Elbow besi ¾ inch	=	Rp 15.000
○ Pressure Gauge (range 90 psi)	=	Rp 75.000
○ Valve (@Rp 25.000) x 2 buah	=	Rp 50.000
○ Selang Plastik ½ inch (10 meter)	=	Rp 85.000
○ Pipa PVC ½ inch (1 meter)	=	Rp 10.000
○ Biaya Pengerjaan Las	=	Rp 300.000
○ Cat	=	Rp 50.000
	➤ Sub Total	= Rp 930.000
• Analisa :		
○ Pengambilan Sampel	=	Rp 50.000
○ Starter (EM4 3 botol)	=	Rp 150.000
○ Peminjaman alat laboratorium	=	Rp 200.000
○ Honor teknisi	=	Rp 150.000
○ Anlisa kandungan gas GC (1 paket)	=	Gratis (Free)
	➤ Sub Total	= Rp 550.000
• Laporan :		
○ ATK	=	Rp 100.000
○ Pengggandaan & penjilidan	=	Rp 250.000
○ Biaya Lain-lain	=	Rp 100.000
	➤ Sub Total	= Rp 350.000
Total	=	Rp 1.830.000,-

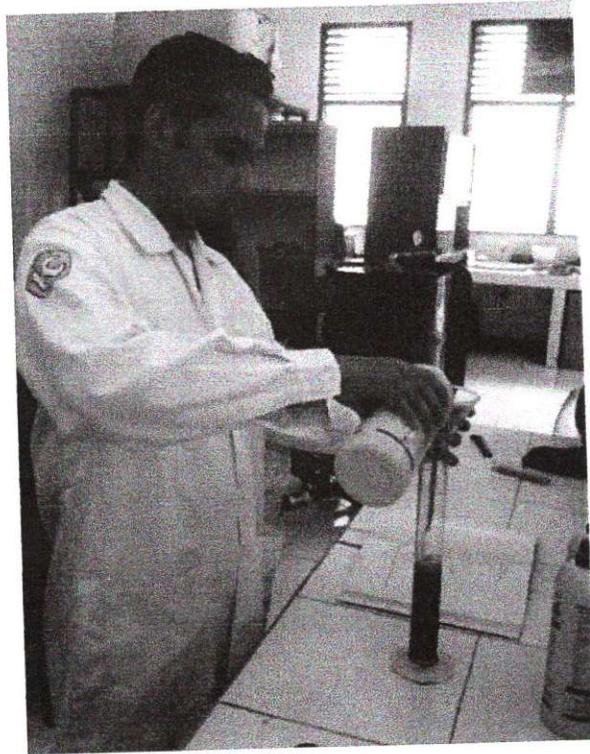
LAMPIRAN III
GAMBAR ALAT



Gambar III.1. Proses Perakitan Alat



Gambar III.2. Proses Pencacahan Bahan Baku



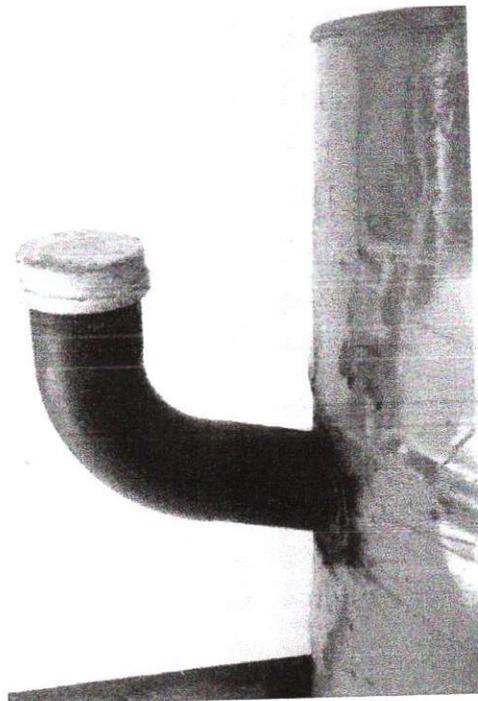
Gambar III.3. Menakar Volume EM4



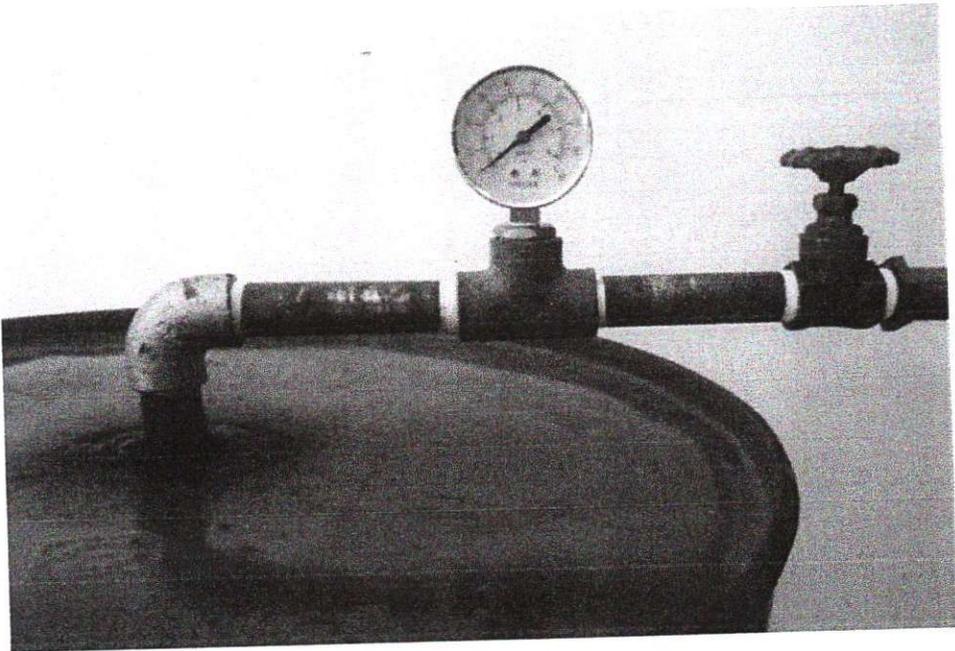
Gambar III.4. Gelas Ukur, Corong dan EM4



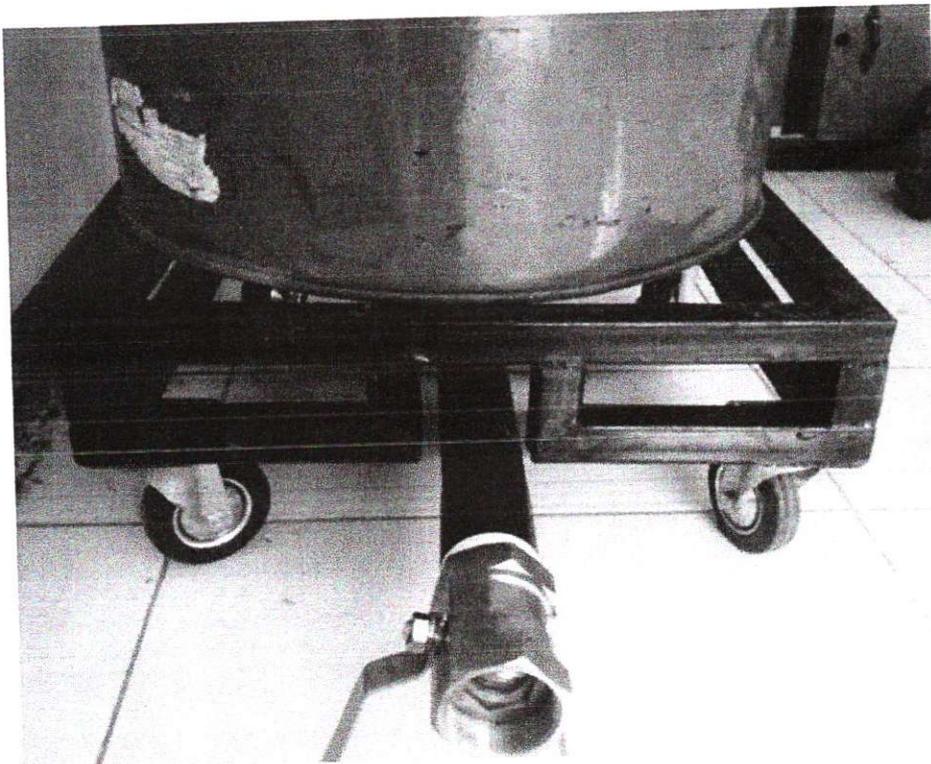
Gambar III.5. Reaktor Biogas



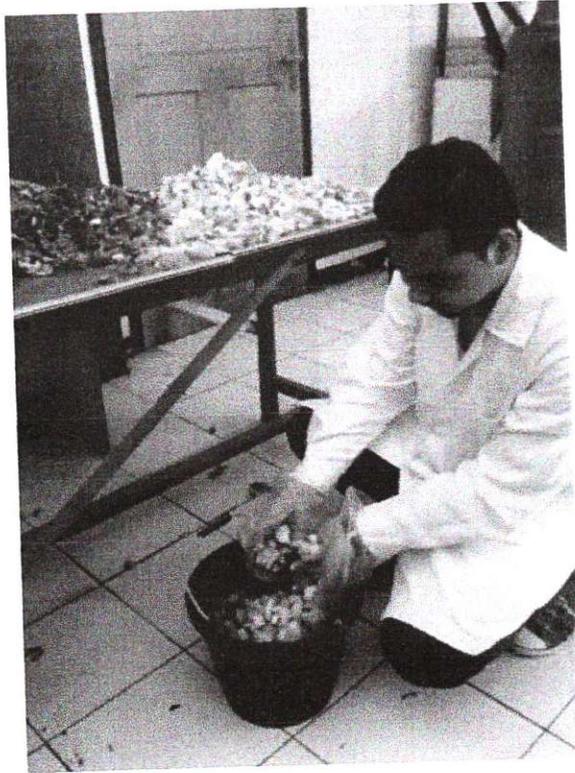
Gambar III.6. *Inlet Tank*



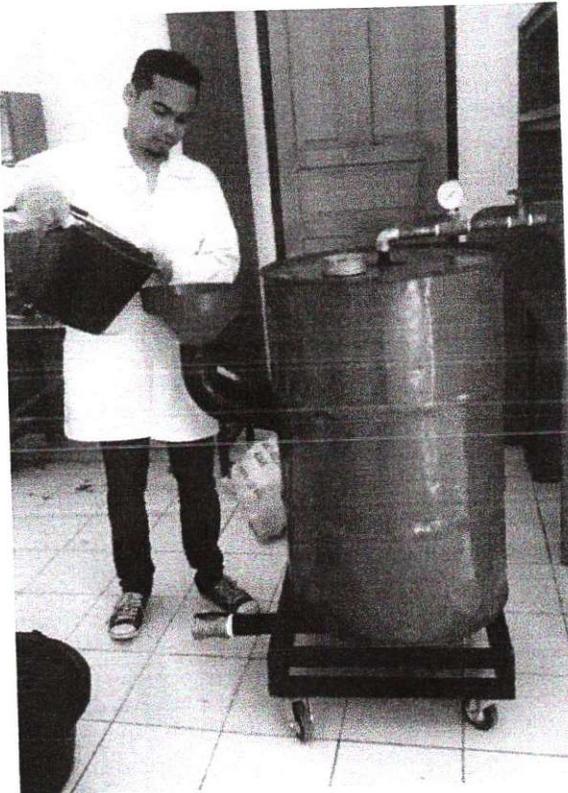
Gambar III.7. *Outlet gas dan Pressure gauge*



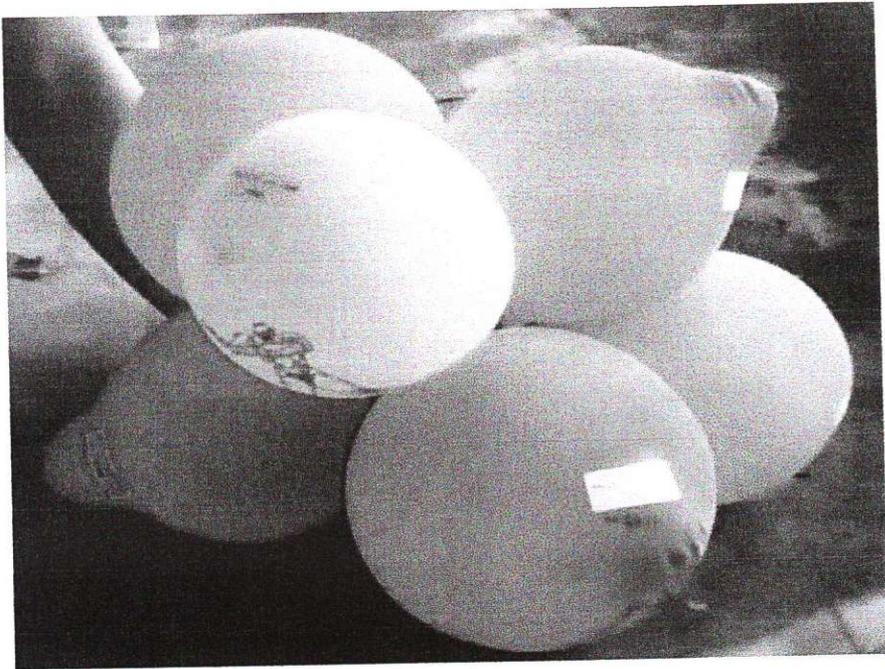
Gambar III.8. *Outlet Sludge*



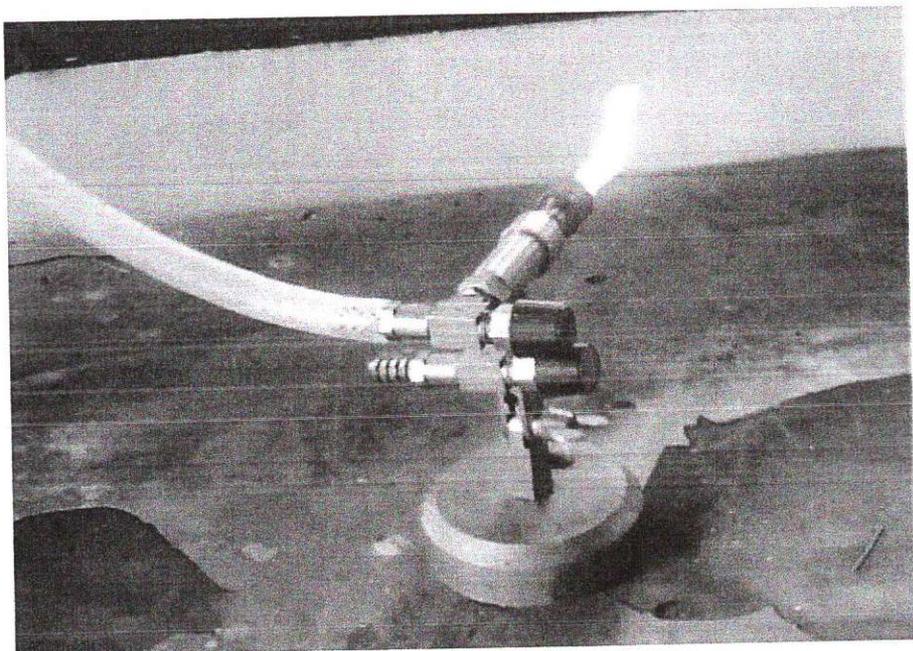
Gambar III.9. Proses Pencampuran Bahan Baku, Air dan EM4



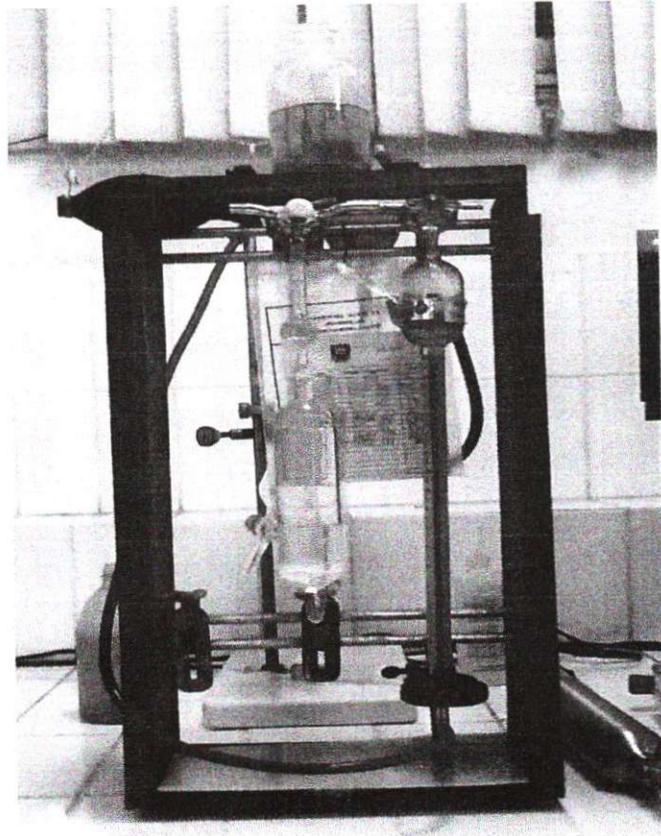
Gambar III.10. Proses Pemasukan Feed ke dalam Reaktor Biogas



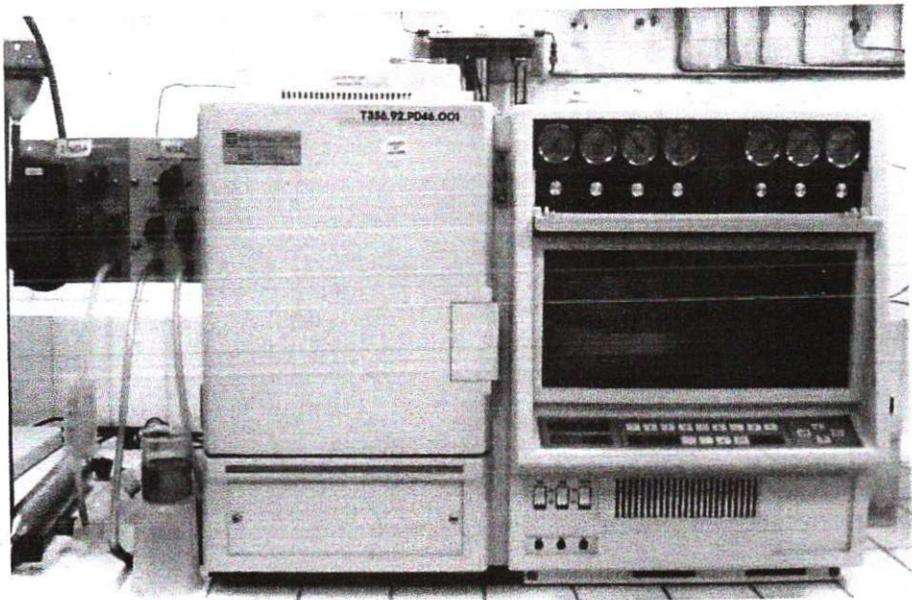
Gambar III.11. Sampel Biogas



Gambar III.12. Uji Nyala Biogas

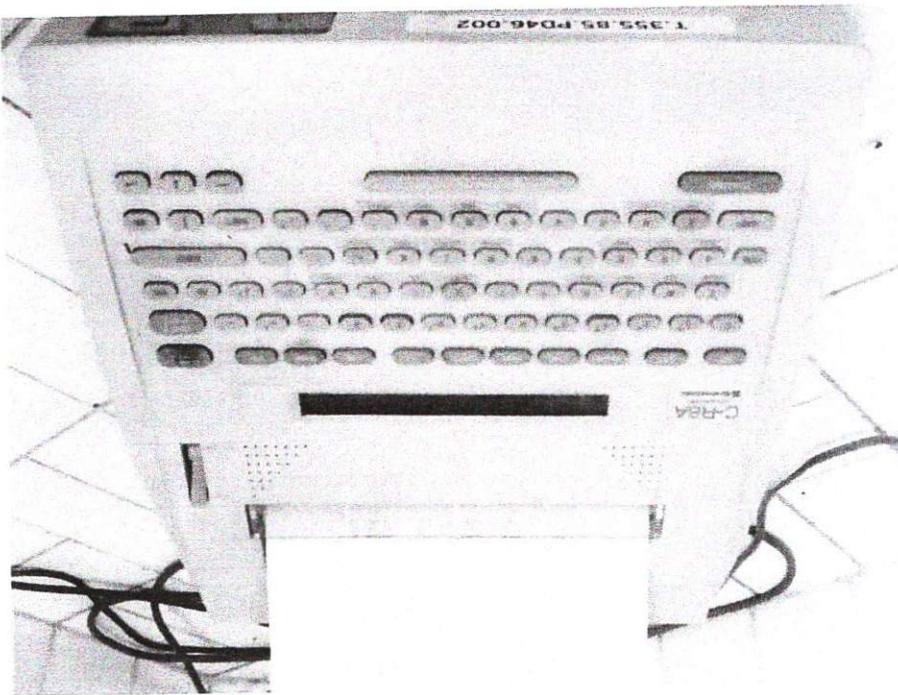


Gambar III.13. *Orsat Analyzer*



Gambar III.14. *Gas Chromatography (GC)*

Gambar III.15. *Chromatopac*



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
 FAKULTAS TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK KIMIA



Nama : AAN ADEPUTRA
 NIM : 12.2010.031P
 Judul : Prototipe Reaktor Biogas
Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Biogas yang
dihasilkan dari Sampah Organik

Dosen Pembimbing

1. Dr. Ir. Kgs. A. Roni, MT
2. Netty Herawati, ST, MT

No	Pokok Bahasan	Catatan/Komentar	Tanggal Bimbingan	Paraf	
				Pembimbing I	Pembimbing II
1.	Judul Penelitian		Oct 2015		<i>[Signature]</i>
2.	Bab I Pendahuluan	- Ringkas bab 1 & 2 (cukup 1/2 halaman)	Oct 2015	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
3.	Bab II Tinjauan Pustaka	- paragraf masalah dijelaskan - horizon penelitian, - manfaat penelitian	5 Nov 2015	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
4.	Bab III Metodologi Penelitian	- kerangka tabel dgn nomor - buany/kurangi teori yang tidak berhubungan - tambahkan penelitian terdahulu - latar peneliti cukup dengan ringkas	9 Nov 2015	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i> acc. wjst pnp/pa

[Signature]
Ace Amicson
Joufo sul

No	Pokok Bahasan	Catatan/Komentar	Tanggal Bimbingan	Paraf Pembimbing I Pembimbing II
	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	- TAMBAH DATA PENGAMATAN DATA BENTUK GRAFIK - PERGLAS U1 ELE - MENTER REAKTOR BIOGAS - SERTAKAN GAMBAR REAKTOR	15 DES 2015	[Signature]
	LAMPIRAN I DATA PENGAMATAN	- TAMBAHKAN DATA BENTUK GRAFIK - PERGLAS U1 ELE - MENTER REAKTOR BIOGAS - SERTAKAN GAMBAR REAKTOR	16 DES 2015	[Signature]
	LAMPIRAN II PERHITUNGAN HASIL PENELITIAN	- TAMBAHKAN PERHITUNGAN EKONOMI / BIAYA - TAMBAHKAN PERHITUNGAN KOMPOSISI GAS LAIN	17 DES 2015	[Signature]
	BAB V KESIMPULAN	- PERUBAH KESIMPULAN YANG MENCakup SEBUH BAHASAN	20 DES 2015	[Signature]
	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	- TAMBAH PERHITUNGAN	28 DES 2015	[Signature]
	BAB V KESIMPULAN & DAFTAR PUSTAKA	- TAMBAH DAFTAR PUSTAKA	29 DES 2015 3 JAN 2016	[Signature]

Handwritten notes at the top of the page:
 1. *Handwritten signature*
 2. *Handwritten signature*
 3. *Handwritten signature*