

ANALISIS PERENCANAAN REAKTOR BIOGAS KAP 16 m³ DENGAN PEMANFAATAN KOTORAN MANUSIA

Imam Kholiq^{1*}, Muharom²

^{1,2}Universitas Wijaya Putra Jurusan Teknik Mesin, Surabaya, Indonesia

ABSTRACT The effort of searching about cheaper fuel alternative and environment friendly was solution for problem in rare fuel. This paper examine potential energy from renewable source. Design in reactor with 16m³ capacity for retain feces from 200 human. Based on calculation from the design, this reactor can produce biogas about 4m³/day. Air methane affected by ratio input of C/N (human fecess), time of residence, pH, temperature, and toxicity. Digester temperature about 25–27°C and pH 7–7,8 produced biogas with composition of methane air about 77%. For using this gas we need level of pressure 4 mm H₂O and biogas level at 0.23 m³/hour. Beside this if we want for household activities for example cooking we need biogas 0.30 m³/hour with level pressure at 75 mmH₂O. The analysis for effect on environment from mud that produced from reactor shown decreasing at COD about 90% from new material condition. The comparing of BOD/COD about 0,37 smaller than normal condition from liquid waste that have BOD/COD=0,5. And the other benefit we get analysis of composition N, P dan K shown same result that we get at fertilizer.

Keywords alternative fuel, biogas, BOD, COD, feces

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang sangat cepat, dengan ekspansi bidang industri menyebabkan peningkatan permintaan energi dan penurunan kualitas lingkungan. Meskipun Indonesia adalah salah satu negara penghasil minyak dan gas, namun berkurangnya cadangan minyak, pencabutan subsidi. Reaktor biogas merupakan salah satu solusi teknologi energi untuk mengatasi kesulitan masyarakat akibat kenaikan harga BBM yang tiap tahunnya terus naik dan untuk mengurangi pengeluaran tiap bulan, dimana masyarakat perumahan adalah karyawan swasta yang pendapatannya pas-pasan. Dalam rangka pemenuhan energi rumah tangga khususnya diperumahan sederhana maka perlu dilakukan.

Upaya yang sistematis untuk menerapkan berbagai alternatif energi yang layak bagi masyarakat. Sehubungan dengan hal ini, maka salah satu upaya terobosan yang dilakukan adalah melaksanakan program BIO ENERGI pedesaan. Yaitu suatu upaya pemenuhan energi secara swadaya oleh masyarakat di perumahan sederhana. Berdasarkan masalah di atas untuk membantu pemerintah dalam mendiversifikasi

energi bahan bakar minyak ke energi biogas terutama untuk memasak di dapur, maka perlu dirancang alat biogas skala perumahan yang efisien, praktis, ramah lingkungan dan aman untuk meningkatkan nilai tambah dari nilai kotoran manusia. Tinja dan urin manusia tergolong bahan organik merupakan hasil sisa perombakan dan penyerapan dari sistem pencernaan. Berdasarkan kapasitas manusia dewasa rata-rata hasil tinja 0,20 kg/hari/jiwa [1].

Sama halnya dengan limbah organik lain, limbah manusia dapat digunakan sebagai sumberdaya yang masih jarang diungkapkan. Nutrisi kotoran manusia tidak jauh berbeda dibanding kotoran ternak. Walaupun berbeda tentu akibat pola makan dan sistem pencernaan yang berbeda. Pola makan manusia lebih banyak memilih bahan makanan kurang berserat, protein lebih tinggi dan umumnya dimasak sebelum dikonsumsi, sedangkan ternak sebaliknya. Kotoran manusia memiliki keunggulan dari segi nutrisi, dimana nisbah karbon (C) dan nitrogen (N) jauh lebih rendah dari kotoran ternak (C/N rasio 6-10:18-30) [2].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Biogas merupakan proses produksi gas Bio dari material organik dengan bantuan bakteri. Proses degradasi material organik ini tanpa

* Corresponding author: Imam Kholiq

kholiqimam@gmail.com

Published online at <http://JEMIS.ub.ac.id>

Copyright ©2015 JTI UB Publishing. All Rights Reserved

melibatkan oksigen aneorobik digestion gas yang dihasilkan sebagian besar (lebih 50%) berupa methana. Material organik yang terkumpul pada digester (reaktor) akan diuraikan dalam 2 tahap dengan bantuan 2 bakteri. Tahap pertama material organik akan degradasi menjadi asam lemah dengan bantuan bakteri pembentuk asam. Bakteri ini akan mengurai sampah pada tingkat hidrolis dan asidifikasi. Hidrolis yaitu mengurai senyawa kompleks atau senyawa rantai panjang seperti lemak, protein, karbon hidrat menjadi senyawa sederhana. Sedangkan asidifikasi yaitu pembentukan asam dari senyawa sederhana.

Limbah manusia dalam jumlah banyak dan kontinu terdapat di tempat padat penduduk seperti Perumahan Sederhana Desa Sidojukung Menganti Gresik. Bila diasumsikan bahwa penghuni berjumlah 200 jiwa serta kapasitas rata-rata tinja manusia dewasa sebesar 0.2 kg/hari/jiwa. maka jumlah tinja yang terakumulasi setiap harinya dapat dihitung dengan mengalikan jumlah penduduk terhadap limbah kotoran yang dihasilkannya perhari.

$$_n = 0.2x \quad (\text{Pers. 1})$$

Keterangan :

$_n$ = Jumlah limbah manusia yang dihasilkan per hari (kg)

X = Jumlah penduduk .

Maka jumlah limbah yang terakumulasi setiap harinya sebesar 30 kg, sehingga pembuatan Bio gas (bahan bakar gas) dapat diupayakan dengan bantuan mikroba alam pada kondisi anaerob.

Reaktor biogas dapat diklasifikasikan berdasarkan susunan konstruksi penampung gas, yaitu: (a) kombinasi reaktor/penampung gas: *fixed dome* dan *flexible bag*, (b) penampung gas terapung: tanpa sekat air dandengan sekat air, dan (c) penampung gas terpisah [3]. Dalam rekayasa dan pengembangan reaktor biogas ini, tipe reaktor yang dikembangkan berdasarkan hasil identifikasi dengan mempertimbangkan berbagai faktor teknis, ekonomis, kemudahan operasional dan keamanan kerja.

Reaktor biogas didisain dengan menggunakan Pers. 1, 2, 3, 4, dan 5. Kapasitas volumetrik produksi gas metana spesifik yield dihitung dengan persamaan berikut [4]:

$$V_s = \frac{B_0 S_0}{HRT} \left[1 - \frac{K}{(HRT \mu - 1 + K)} \right] \quad (\text{Pers. 2})$$

Keterangan

$$K : 0,8 + 0,0016 \times e^{0,06 \times S_0} \quad (\text{Pers. 3})$$

$$\mu m : 0,013 (T) - 0,129 \quad (\text{Pers. 4})$$

V_s : Specific yield (kapasitas volumetrik produksi gas metana, m³/hari/m³reaktor)

B_0 : Kapasitas produksi gas metana tertinggi, dalam m³ gas metana/kg *volatile solid* yang ditambahkan.

S_0 : Konsentrasi *volatile solid* didalam input material, kg/ m³

HRT : *Hydraulic Retention Time*, hari

K : Koefisien kinetik, tidak berdimensi

μm : Laju pertumbuhan spesifik maksimum dari mikroorganisme, per hari.

Volume reaktor :

$$V_{reaktor} = \frac{\pi}{2R^3} + \frac{\pi}{3R^2 t} \quad (\text{Pers. 5})$$

Volume penampung lumpur keluaran dari reaktor, V_{pl} :

$$V_{pl} = \frac{\pi}{2R^3} \quad (\text{Pers. 6})$$

Keterangan:

R : Jari - jari kubah reaktor

t : Tinggi kerucut bagian lantai reaktor

$B_0 = 0.2$ m³ gas metana/ kg *volatile solid* yang ditambahkan, $S_0 = 100$ kg/ m³,

HRT (*Hydraulic Retention Time*) = 45 hari.

Dengan mengetahui kapasitas volumetrik produksi gas metana (V_s) dan volume reaktor maka kuantitas biogas yang dihasilkan dapat diketahui.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam perancangan disain unit instalasi pemroses biomasa faktor penting yang harus diacu adalah : a) jumlah penduduk akan berpengaruh pada kuantitas kotoran manusia, urine dan jumlah air pembersih, b) pengisian reaktor dipengaruhi oleh volume reaktor dan jumlah kotoran manusia yang akan digunakan, c) lamanya bahan berada di dalam reaktor (*Hydraulic Retention Time*), d) perkiraan

tekanan gas metana yang dihasilkan dan e) perkiraan produksi volume gas metana.

Sedangkan perencanaan pembuatan unit instalasi pemroses energi biomasa dari kotoran manusia harus memperhatikan empat faktor, yaitu :

- (a) ketersediaan dan kemudahan jenis bahan konstruksi yang dapat dipakai untuk membuat unit penghasil biogas,
- (b) ketersediaan jenis bahan organik buangan sebagai bahan isian,
- (c) jumlah kebutuhan dasar akan energi dari suatu keluarga atau kelompok masyarakat dan jenis keperluannya,
- (d) pemanfaatan bahan keluaran yang berupa lumpur untuk pupuk tanaman ataupun algae pada kolam ikan.

Perhitungan Desain Reaktor Biogas **Pengujian Reaktor Biogas** **Identifikasi Masalah**

Parameter disain yang diperlukan dalam perancangan reaktor biogas diperoleh dari penelusuran data dan informasi (studi pustaka), konsultasi ke beberapa perguruan tinggi, lembaga penelitian, instansi terkait guna mendapatkan data dan informasi yang berkaitan dengan masalah teknis pemanfaatan energi biogas dari kotoran manusia. Parameter tersebut meliputi :

- 1) Penentuan Tipe Reaktor Biogas
- 2) Parameter disain dan kapasitas reactor biogas

Kegiatan Perencanaan Perhitungan disain reaktor biogas

Volume reaktor biogas dapat diperhitungkan dengan menggunakan data :

- (a) kapasitas produksi gas metana tertinggi gas metana/ kg *volatile solid* yang ditambahkan
- (b) konsentrasi *volatile solid* didalam input material dan
- (c) *Hydraulic Retention Time*.

Sedangkan penampung lumpur keluaran dari reaktor dihitung dengan menggunakan pers. 5. Berdasarkan hasil perhitungan ini, maka disain reaktor biogas dapat digambar.

Uji Unjuk Kerja Aspek Teknis hasil Kinerja Reaktor Biogas

Uji unjuk kerja dilakukan melalui beberapa tahapan kegiatan:

- (a) Prosedur pengisian reaktor. Hasil pengujian karakteristik fisik dan kimia bahan digunakan untuk mengetahui kebutuhan air yang digunakan dalam mencampur bahan, serta apabila diperlukan, dilakukan pencampuran kotoran manusia dengan bahan lain agar kadar C/N sesuai dengan kondisi yang diperlukan untuk proses pencernaan (kadar C/N = 25:1).
- (b) Pengisian reaktor. Reaktor diisi dengan campuran kotoran manusia dengan air dengan perbandingan padatan/air 1:1. Pengisian dilakukan sampai reaktor penuh dan dibiarkan sampai sampai gas yang dihasilkan stabil, setelah itu pengisian dilakukan setiap hari. Dalam uji unjuk kerja dipergunakan beberapa alat ukur antara lain yaitu: manometer air untuk mengukur tekanan gas, gas flowmeter, PH meter dan thermometer air raksa.

Aspek Ekonomis Hasil Kinerja Reaktor Biogas

Analisa kelayakan ekonomi meliputi Net Present Worth (NPW), Net Present Cost (NPC), Net Present Revenue (NPR), B/C Ratio, Simple Payback dan Internal Rate Return (IRR).

Analisa Laboratorium

Analisa laboratorium meliputi

- (a) kondisi bahan (kotoran Manusia): total solids, volatile solids dan kadar C/N ratio, COD (Chemical Oxygen Demand) dan BOD (Biological Oxygen Demand);
- (b) Kandungan kimia biogas (CH₄, CO₂, H₂S dan NH₃)
- (c) Kondisi lumpur keluaran dari reaktor (effluent): COD, BOD dan kandungan unsurehara utama (Nitrogen, Pospor dan Kalium).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil identifikasi masalah dengan cara studi literatur, konsultasi teknis dan kunjungan lapang diperoleh kesimpulan bahwa reaktor biogas *tipe fixed dome (China Type)* dipilih untuk dapat dikembangkan. Beberapa alasannya adalah:

- (a) umur ekonomis dapat mencapai 18 -20 tahun,
- (b) terbuat dari bahan-bahan lokal,

- (c) konstruksi berupa *dome* sehingga mampu menahan beban baik di dalam maupun di atas permukaan tanah,
- (d) konstruksi terdapat dibawah permukaan tanah sehingga kestabilan suhu bahan didalam reaktor biogas dapat terjamin,
- (e) penghematan penggunaan lahan,
- (f) operasional alat mudah dilakukan,
- (g) perawatan relatif mudah dan murah (Anonim3,1989;Jan Lam,2005; Marchaim, 1992; Anonim1,1980; Anonim2,1984).

Parameter Perencanaan dan Kapasitas Reaktor Biogas Limbah Manusia

Perumahan sederhana rata-rata 200 orang yang dalam 1 Blok wilayah dalam 1 Perumahan sedang digalakkan pemerintah di beberapa daerah untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan. Dengan pertimbangan pertimbangan tersebut, maka kapasitas reaktor yang dikembangkan adalah mampu menampung kotoran manusia orang dan dapat menghasilkan biogas untuk memenuhi kebutuhan energi 5 keluarga (memasak dan penerangan) (Anonim 5, 2003; Anonim 6, 2003). Ukuran reaktor dirancang dengan cara memaksimalkan produksi gas per unit volume reaktor agar biaya konstruksi dapat diminimalisir. Hal ini berkaitan dengan pencernaan secara anaerob yang tergantung pada aktivitas biologis dari bakteri berkembang lambat, maka ukuran reaktor harus memenuhi kinerja yang diharapkan dan cukup besar ukurannya untuk bakteri tersebut keluar dari reaktor (washed out). Pada daerah tropis yang pada umumnya suhu didalam reaktor sekitar 25-30⁰ C, *retention time* berkisar antara 40 – 50 hari (Gunnerson and Stuckey,1986; Anonim1,1980; Anonim 2,1984). Dari hasil identifikasi masalah didapatkan parameter - parameter sebagai berikut :

- (a) Produksi kotoran segar orang /hari :25 - 30 kg.
- (b) 1 kg total solid (TS) menghasilkan biogas : 250 liter.
- (c) Berat total solid (TS) : 0.18 berat kotoran basah.
- (d) Nilai kalor gas bio : 5.6 - 7.2 kwh/m³
- (e) pH optimal untuk produksi gas methan : 7.0 - 7.2
- (f) Suhu pencernaan optimal : 35°C

Penentuan Lokasi

Berdasarkan hasil identifikasi masalah, telah ditetapkan Perumahan Bendungan desa Sidojukung RT. 27, RW. 4 Gresik Jawa Timur sebagai lokasi pembangunan unit instalasi pemroses biomasa (kotoran manusia) menjadi biogas, seperti memproses kompos untuk faktor-faktor lain yang dipertimbangkan adalah kesediaan untuk mengelola secara kontinyu.

Kegiatan Perencanaan Perhitungan Disain Reaktor Biogas

Perencanaan dan Konstruksi

Konstruksi instalasi reaktor biogas tipe *fixed dome (chinese type)* terdiri dari 3 bagian, yaitu

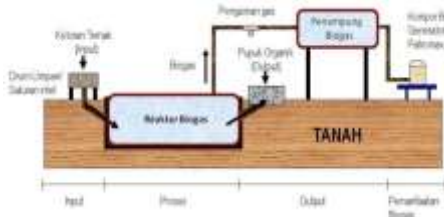
- (a) unit pencampur,
- (b) bagian utama reaktor, dan
- (c) bagian pengeluaran lumpur

Fungsi masing-masing bagian adalah sebagai berikut:

- (a) Unit pencampur berfungsi untuk menampung kotoran manusia yang terkumpul dari sepytank dan mencampur dengan air dengan perbandingan padatan/air 1:1 . Campuran yang menyerupai bubur ini kemudian dimasukkan kedalam digester utama.
- (b) Bagian utama reaktor merupakan tempat dimana kotoran mengalami proses fermentasi secara anaerob sehingga dapat menghasilkan biogas. Bagian atas reaktor berbentuk kubah (*dome*) dengan garis tengah 4,2 meter, sedangkan pada bagian dasarnya berbentuk kerucut dengan panjang garis miring sebesar 2,1 meter, dan tinggi kerucut 0.75 meter.

Perhitungan dengan persamaan (1,2,3,4) diperoleh volume reaktor 16 m³. Reaktor ini dirancang untuk dapat menampung kotoran dari 200 orang (dengan kotoran orang 20 kg/hari/orang dengan *retention time* 45 hari). Perkiraan produksi biogas yaitu 4 m³/ hari (untuk rata-rata produksi biogas30 liter gas/kg kotoran orang). Bagian utama reaktor dilengkapi dengan lubang pemeliharaan (*manhole*) yang ditutup dengan lempengan beton bertulang,lapisan tanah liat dan diisi air. Fungsi lain bagian ini adalah sebagai pengaman apabila terdapat tekanan yang terlalu besar dari biogas yang terbentuk sehingga tidak merusak konstruksi reaktor.

Bagian pengeluaran lumpur berfungsi untuk menampung sementara lumpur yang keluar dari reactor utama setelah mengalami proses fermentasi secara anaerob. Bagian ini juga berbentuk kubah (*dome*) dengan volume 5 m³ (garis tengah 3 meter). Kekuatan konstruksi reaktor sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan (semen, bata merah, pasir dan bahan pelapis kedap air) dan kecermatan pengerjaan masing-masing tahapan pekerjaan konstruksi.



Gambar 1. Skema Proses dari Bahan Linbah (Kotoran Manusia) Sampai Menjadi Biogas



Gambar 2 Proses Penggalian Pembuatan Digester



Gambar 3 Proses Penyemenan Digester

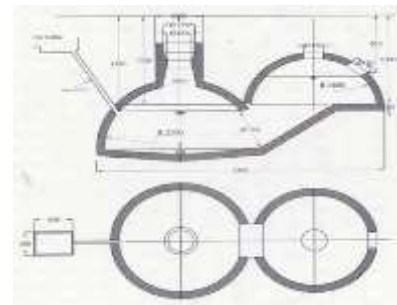
Proses Perombakan Limbah Manusia

Proses awal perombakan limbah manusia dalam sumur digester adalah proses hidrolisis dari bahan organik yang mudah larut dan terurai dari bentuk kompleks menjadi sederhana. Tahap berikut dilanjutkan pada proses pengasaman dimana bagian yang telah terlarut dan disederhanakan membentuk asam organik dan alkohol/etanol. Tahap akhir pembentukan gas methane (CH₄) melalui tiga cara:

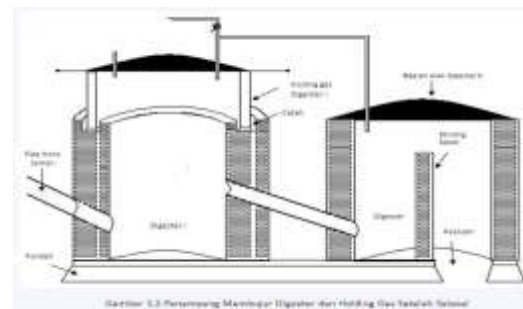
Pertama, melalui perombakan asam-asam organik membentuk gas methana;



Gambar 4 Proses Penimbunan Digester ,Bak Control,Lubang Inlet,Lubang Outlet



Gambar 5 Gambar Teknik Digester Dan Holding Gas Penampang Atas



Gambar 6 Gambar Teknik Digester dan Holding Gas Penampang Depan

Kedua, melalui oksidasi alkohol/ethanol oleh karbondioksida membentuk gas methana;

Ketiga, melalui reduksi karbondioksida membentuk gas methana. [5]. Akumulasi gas methana dari ketiga proses perombakan akan ditampung pada tungkup gas (holding gas) dan disalurkan melalui pipa distribusi menggunakan kran kontrol ke tempat pengguna gas.

Aspek Ekonomis Kinerja Reaktor Biogas

Reaktor biogas dibuat dengan investasi Rp 14.446.000,- yang terdiri atas biaya untuk bahan dan pembuatan konstruksi. Pendapatan yang diperoleh dari instalasi biogas adalah sekitar Rp 600.000,-/ bulan bila dikonversikan

dengan harga dan nilai kalori LPG. Dengan menggunakan parameter dan analisa kelayakan ekonomi seperti pada Tabel 2 diperoleh B/C Rasio 1,35 yang berarti secara ekonomi investasi tersebut layak. Demikian pula dari hasil analisa *simple payback* diketahui bahwa modal investasi pembangunan konstruksi reaktor akan kembali pada tahun ke-4 (umur ekonomi digester : 20 tahun). Hasil pendapatan ini belum termasuk hasil samping berupa pupuk cair/padat. Penggunaan lain dari lumpur keluaran dari reaktor adalah diumpungkan ke kolam ikan. Penggunaan lumpur keluaran dari reaktor ke kolam dapat merangsang pertumbuhan *phytoplankton* (algae) dan *zooplankton* (daphia and crustaceans) yang merupakan sumber makanan

bagi ikan (Gunnerson and Stuckey,1986; Marchaim,1992; Anonim1,1980; Anonim2,1984). Faktor sosial dan faktor lingkungan sampai sekarang ini belum diperhitungkan secara ekonomi, padahal dampak teknologi biogas sudah terbukti manfaatnya di masyarakat. Untuk mendorong kegiatan pertanian yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan, dalam aktivitas kegiatan pertanian perlu dipertimbangkan pemberian penghargaan kepada pelaku yang memperhatikan lingkungan berupa potongan pajak dan sanksi bagi yang mengabaikan pencemaran lingkungan (Anonim 2, 1984; Widodo and Tokumoto, 2005).

Tabel 1. Unjuk Kerja Instalasi Biogas [6]

Uraian	Referensi	Hs Uji & Alis
Kondisi bh (kot. man)		
Total Solid, kg/ or/ hr	5,8	4,2
Volatile Sold, kg/or/ hr	4,9	3,8
Kadar air, %	7 – 9	13,59
C/N rasio	1: 25 ~ 1 : 30	1:17
COD, mg/l	-	19 800
BOD / COD.	-	0,06
Kondisi dlm reaktor (proses)		
Suhu, oC	35	25 – 27
pH	7,0 – 8,0	7 – 8,6
Kandungan Kimia Biogas		
CH ₄ , %	50 – 60	77,13
CO ₂ , %	30 – 40	20,88
H ₂ S, mg / m ³	< 1%	1544,46
NH ₃ , mg / m ³	-	40,12
Kondisi lumpur keluaran dari reaktor(effluent)		
COD	500 – 2500	1 960
BOD / COD	0,5	0,37
Kandungan unsur hara (utama), %		
Nitrogen	1,45	1,82
Pospor	1,10	0,73
Kalium	1,10	0,41
Unjuk Kerja		
lampu terang m ³ /jam	0,11 – 0,15	0,15 – 0,3
	penerangan set dgn 60 watt	Tekanan =
	lampu bohlam @100 candle power @	30 – 60 mmH ₂ O
	620 lumen). Tekanan: 70 - 85	
	mmH ₂ O	
Kompas gas, m ³ / jam	0,2 – 0,45	0,2 – 0,4
	0,3 m ³ / orang / hari	Tekanan =
	Tekanan: 75 - 90 mmH ₂ O	60 – 85 mmH ₂ O

Tabel 2. Parameter & Hasil Analisis Kelayakan Ekonomi

No.	Uraian	Biaya
1	Parameter	
	Biaya investasi, Rp	14.446.000
	Biaya operasional dan perawatan, Rp/tahun	2.767.200
	Pendapatan, Rp/tahun	7.051.800
	Keuntungan, Rp/tahun	4.200.000
	Umur ekonomi, tahun	20
	Produksi gas, m ³ /hari	600000
	Produksi gas, m ³ /tahun	2300
	Suku Bunga, %/tahun	12
2	Hasil Analisa Kelayakan Ekonomi	
	Net Present Worth (NPW), Rp	13.555.578
	Net Present Cost (NPC), Rp	39.117.444
	Net Present Revenue (NPR), Rp	52.673.023
	B/C Ratio	1,35
	Simple Payback, tahun	4,3
Internal Rate Return (IRR), %	23,70	

5. KESIMPULAN

1. Pembangunan unit instalasi pemroses biomasa berupa reaktor biogas tipe *fixeddome* dengan kapasitas 16 m³ dengan produksi biogas 4 m³/hari dan fasilitas pendukung seperti unit instalasi penyedia air.
2. Produksi gas metana tergantung pada C/N rasio input (kotoran manusia), residence time, pH, suhu dan *toxicity*. Suhu bahan di dalam reaktor berkisar 25-27°C dan pH 7 – 7,8 menghasilkan biogas dengan kandungan gas metana (CH₄) sekitar 77%. Penggunaan lampu penerangan diperlukan biogas 0.23 m³/jam dengan tekanan 45 mmH₂O dan untuk kompor gas diperlukan biogas 0.30 m³/jam dengan tekanan 75 mmH₂O.
3. Analisa dampak lingkungan dari lumpur keluaran dari reaktor biogas menunjukkan penurunan COD sebesar 90% dari kondisi

bahan awal dan perbandingan BOD/COD sebesar 0,37 lebih kecil dari kondisi normal limbah cair BOD/COD=0,5. Analisa unsur utama N, P dan K menunjukkan hasil yang hampir sama dengan pupuk kompos (referensi).

4. Pendapatan yang diperoleh dari instalasi biogas adalah sekitar Rp 600.000,-/ bulan. Analisa kelayakan ekonomi menunjukkan investasi layak dengan B/C Rasio 1,35 dan modal kembali pada tahun ke-4 (umur ekonomi digester 20 tahun). Hasil pendapatan ini belum termasuk hasil samping berupa pupuk cair/padat.
5. Setiap rumah tidak perlu membuat septik tank jadi rumah akan semakin sehat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Anonim1. 1980. *Guidebook on Biogas Development*. Energy Resources Development Series No. 21. United Nations: Economic and Social Commission for Asia and The Pacific. Bangkok. Thailand.
- [2.] Anonim2. 1984. *Updated Guidebook on Biogas Development - Energy Resources Development Series 1984, No. 27*, United Nations, New York, USA.
- [3.] Anonim3. 1989. *The Biogas Technology in China*. Chengdu Biogas Research Institute, Chengdu, China.
- [4.] Anonim4. 1997. *Biogas Utilization*. GTZ. <http://ww5.gtz.de/gate/techinfo/biogas/app/operation/utilizat.html>.
- [5.] Anonim5. 2003. *Laporan Tahunan Dinas Peternakan Provinsi Jawa Barat*. Dinas Peternakan Provinsi Jawa Barat.
- [6.] Anonim 6. 2003. *Biogas Banpres untuk Keluarga Tani* Drh. Soemitro
- [7.] Simamora, Suhut. 1992. *Studi Pembuatan Prototipe Instalasi Gas Bio Untuk Energi dari Limbah Manusia di Pulau Jawa*. LPPM Institut Pertanian Bogor, Bogor.