KAJIAN POTENSI SUMBER ENERGI BIOGAS DARI KOTORAN TERNAK UNTUK BAHAN BAKAR ALTERNATIF DI KECAMATAN KALIREJO KABUPATEN LAMPUNG TENGAH

Untung Surya Dharma¹⁾, Kms. Ridhuan²⁾

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro^{1, 2)} email: untungsdh@yahoo.co.id

Abstract

Biogas is a source of energy that is derived from the decomposition of organic matter by microorganisms in the absence of oxygen (anaerobic) to produce a mixture of several gases are methane (CH₄₎ and carbon dioxide (CO 2) Biogas can be made from many types of waste material and the rest, a kind of garbage, livestock waste, agricultural waste and others. Things to consider in the development of biogas energy source so that the principle of availability of sustainable biogas as an alternative fuel can be met is a local or regional potential to produce biogas. Communities in the District Central Lampung regency Kalirejo many who maintain livestock. Waste from livestock manure is especially very disturbing and detrimental to health, it is encouraging to capitalize upon the waste as feedstock for biogas production. To assess the potential of biogas energy sources are needed data about the amount of livestock manure every day, in this study is the dung of cows, goats and chickens. Fermentation process for the three types of dirt inside the reactor each trial was conducted to determine the length / time effective and energy biogas produced. From the field data known total number of chickens are farmed as much as 176.264, goat 12.345 and cow 4.488 tail. Manure produced by 1 chicken, 1 goats and one cow in a row that is 0.055 kg / day, 0.98 kg / day and 19.5 kg / day. While the testing laboratory, known Biogas produced from each of 20 kg of dung that chicken manure yield of 2.04 m³, cow dung yield of 0.56 m³ and 0.76 m³ cow dung. From field data and laboratory testing can be calculated local potential in providing sustainable biogas in District Kalirejo Kalirejo Central Lampung regency, namely the potential of biogas from chicken manure at 988.84 m³/day, goat manure at 338.75 m³ / day and cow manure at 3325.61 m³ / day.So the total potential of biogas that can be generated is equal to $4653.2 \text{ m}^3 / \text{day}.$

Keywords: Biogas, local potentials, livestock manure, the total potential of biogas.

PENDAHULUAN

Saat ini krisis energy di negara kita mulai dirasakan masyarakat terutama dengan harga BBM yang semakin naik, yang mengakibatkan kelangkaan bahan bakar minyak seperti bensin dan solar di pasaran. Kelangkaan tersebut terjadi karena tingkat kebutuhan bahan bakar minyak semakin meningkat setiap tahunnya. Untuk menanggulangi masalah tersebut, pemamfaatan biogas sebagai bahan bakar alternative sangat mungkin diterapkan di masyarakat, terutama masyarakat di daerah yang jauh dari sumber energy bahan bakar fosil [1].

Satu hal yang perlu diperhatikan dalam penyedian sumber energy biogas agar azas ketersediaan biogas secara berkelanjutan sebagai bahan bakar alternative dapat terpenuhi adalah dengan memamfaatkan potensi lokal atau daerah dalam menghasilkan Biogas.

Kecamatan Kalirejo Kabupaten Lampung Tengah, cukup memiliki potensi tersebut. Daerah ini terkenal sebagai penyuplai hewan ternak seperti sapi, kambing dan ayam pedaging untuk konsumsi. Dengan semakin banyak hewan ternak artinya akan semakin banyak pula kotoran yang dihasilkan untuk kemudian dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biogas.

Menurut *Indri Vaselina HarahapTahun 2009* [2] bahwa komposisi dari kotoran ternak seperti kotoran sapi mengandung gas methan sebanyak 65,7% dibandingkan gas lainnya. Gas methan inilah merupakan komposisi utama biogas.

Dengan mengetahui jumlah hewan ternak yang ada dan jumlah kotoran yang dihasilkan, serta pengujian untuk mengetahui jumlah biogas yang dapat dihasilkan oleh kotoran ternak, dalam penelitian ini yaitu sapi, kambing dan ayam pedaging maka diharapkan dapat diketahui potensi lokal di Kecamatan Kalirejo Kabupaten Lampung Tengah dalam menyediakan sumber energy biogas secara berkelanjutan sehingga perencanaan pemamfaatannya sebagai bahan bakar alternative kedepan dapat lebih terarah guna mendukung salah satu program pemerintah tentang kebijakan energi mandiri.

LANDASAN TEORI

Biogas merupakan suatu gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik dari material – material yang dapat terurai secara alamiah dalam kondisi anaerobic [3]. Kandungan utama Biogas adalah gas metan (CH_{4}) dan karbondioksida (CO_{2})[4]. Pada umumnya proses produksi biogas menggunakan alat yang disebut reactor biogas (digester) yang dirancang kedap udara sehingga proses penguraian oleh mikroorganisme dapat berjalan optimal [5,6,7].

Menurut *Indri V. Harahab* Tahun 2009, limbah peternakan meliputi limbah padat dan limbah cair feses, urien, sisa makanan, embrio, kulit dan lemak. limbah peternakan merupakan salah satu sumber bahan yang dapat dimamfaatkan untuk mendapatkan biogas.

Menurut Update Guidebook on Biogas Development [8], kotoran hewan ternak dan manusia sangat berpotensi dalam menghasilkan gas. Potensi produksi gas dari berbagai jenis kotoran ternak dapat dilihat pada table 2, dimana terlihat bahwa kotoran unggas lebih berpotensi dalam memproduksi gas.

Tabel 1. Potensi Produksi Gas dari Berbagai Jenis Kotoran

Jenis Kotoran	Produksi gas per m ³
Sapi/kerbau	0,023 - 0,040
Babi	0,040 - 0,059
Unggas	0,065 - 0,116
Manusia	0,020 - 0,028

Sumber : Update Guidebook on Biogas Development (1984) [8]

Adapun kandungan biogas menurut Sri Wahyuni, 2011 [9] dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Table 2. Komposisi Biogas

No	Gas	Hadi	Price
		(1981	(1981)
)	
1.	Methan (CH ₄)	54 – 70	65 – 75
2.	Karbondioksida	27 – 35	25 – 30
	(CO₂)		
3.	Nitrogen (N ₂)	0,5 –	Kurang
		2,0	dari 1,0
4.	Hidrogen (H ₂	-	Kurang
)		dari 1,0
5.	Karbon	0,1	-
	Monoksida		
	(CO)		
6.	Hidrogen	Kecil	Kurang
	sulfida (H ₂ S)		dari 1.0

Sumber: Sri Wahyuni: 2011 [9]

Biogas yang komponen utamanya gas methan, dalam pemamfaatannya dapat diubah menjadi beberapa bentuk energy yaitu energy panas diubah menjadi energy mekanis dan dengan bantuan generator kemudian diubah menjadi energy listrik [10]. Sebagai contoh dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Konversi Energi Biogas dan Penggunaanya.

Penggunaan	Energi 1 m ³ Biogas	
Penerangan	Sebanding dengan	
	lampu 60 – 100 W	
	selama 6 jam	
Memasak	Untuk memasak 3	
	jenis makanan untuk	
	5 -6 orang	
Pengganti	Sebanding dengan 0,7	
Bahan Bakar	kg bensin	
tenaga	menjalankan motor 1	
pengangkut	pk selama 2 jam	
Listrik	Sebanding dengan 1,2	
	KWh litrik	

Sumber: Kristoferson dan Bolkaders, 1991 [11]

Menurut Tuti Haryati, 2006 [12], keuntungan-keuntungan biogas sebagai energy alternative adalah sebagai berikut:

- 1. Harga bahan bakar yang terus meningkat
- 2. Dalam rangka usaha memperoleh bahan bakar lain yang dapat diperbaharui
- 3. Dapat diproduksi dalam skala kecil di tempat yang tidak terjangkau listrik atau energy lainya.
- 4. Dapat diproduksi dalam kontruksi yang sederhana.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan yang Digunakan A. Alat yang digunakan

Digester, ember, gayung, pengaduk, thermokopel, corong. Neraca digital. Tang, Obeng + -, Gergaji besi, Mesin bor, Kikir, Kompor biogas, selang gas, manometer, Penggaris, Meteran, Pukul besi, Pahat, Lap majun, Sarung tangga plastik, masker, Pena, kertas millimeter, spidol, papan, kerangan.

B. Bahan yang digunakan

Drum plastic kapasitas 90 liter, Pipa pvc 2 inch dan 0,5 inch, Lem pvc, Lem silicon, Lem

plastic steel, Sambungan pipa T dan L 2 inch dan 0,5 inch, Katup pengatur/penutup, sealtips, plastik, tali karet pengikat

Tahapan Pelaksanaan Penelitian

A. Tahap Pengumpulan Data Lapangan

Pada tahap ini, pengumpulan data-data lapangan sangat diperlukan untuk perhitungan awal. Data lapangan ini dikumpulkan dengan cara observasi langsung di Kecamatan Kalirejo Kabupaten Lampung Tengah. Data-data tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Data banyaknya/jumlah masing-masing hewan ternak yaitu sapi, kambing dan ayam dan total keseluruhan hewan ternak.
- b. Data jumlah kotoran yang dihasilkan masingmasing hewan ternak yaitu sapi, kambing dan ayam setiap harinya.

B. Tahap Pengambilan data di Laboratorium.

Pada Tahap ini, pengambilan data yang dilakukan merupakan data dari hasil pengujian sampel kotoran ternak yaitu sapi, kambing dan ayam di dalam reaktor uji coba. Adapun data-data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- a. Data banyaknya kotoran ternak yang menjadi bahan baku biogas yang di fermentasikan didalam reaktor
- b. Data lamanya waktu yang dibutuhkan untuk proses permentasi menghasilkan biogas.
- c. Banyaknya biogas yang dihasilkan oleh reactor

C. Tahap Analisa

Pada tahap ini, analisa data dilakukan dengan cara membandingkan data bahan baku berupa kotoran hewan ternak rata-rata perhari dengan biogas yang dihasilkannya sehingga dapat diketahui seberapa besar potensi sumber energi biogas yang tersedia perharinya yang dapat dimamfaatkan sebagai bahan bakar alternative baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun mesin penggerak pembangkit tenaga listrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengumpulan Data Lapangan

Dari hasil pengumpulan data lapangan yang dilakukan di 16 Desa di Kecamatan Kalirejo Kabupaten Lampung Tengah, didapat data dalam Tabel 4.

Tabel 4. Data Jumlah Hewan Ternak di Kecamatan Kalirejo Kabupaten Lampung Tengah

		Jenis Hewan Ternak		rnak
No	Desa	(ekor)		
		Ayam	Kambing	Sapi
1	Sri Way	26352	375	88
	Langsep			
2.	Wayakrui	765	-	-
3.	Kalirejo	23430	846	132
4.	Balai Rejo	13701	889	513
5.	Sri Basuki	2853	915	166
6.	Kali Wungu	15234	910	159
7.	Kalidadi	5820	1470	268
8.	Sri Mulyo	3102	606	258
9.	Sridadi	13005	884	153
10	Sukosari	11295	765	399
11	Watu Agung	13321	747	910
12	Sinar Sari	10521	753	315
13	Ponco Worno	21798	1573	351
14	Sri Purnomo	3021	591	168
15	Agung Timur	10860	741	537
16	Sinar Rejo	1199	280	71
Jum	ılah	176264 12345 4488		4488

Adapun kotoran padat ternak yang dihasilkan rata-rata setiap harinya terlihat pada Tabel 5, dibawah ini :

Tabel 5. Data Jumlah Kotoran Padat Ternak Yang Dihasilkan

No	Jenis Hewan Ternak	Kotoran Padat rata- rata per ekor (Kg/Hari)	,
1.	Ayam	0,055	9694,52
2.	Kambing	0,98	12098,1
3.	Sapi	19,5	87516

Hasil Pengambilan Data Di Laboratorium

Pada Tabel 6 dibawah ini, dapat dilihat data penelitian yang dilakukan laboratorium Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro tentang jumlah bahan baku dari kotoran ternak untuk pembuatan biogas dan total jumlah biogas Adapun masa fermentasi yang dihasilkan. kotoran didalam digester yaitu selama 60 hari. Dari pengujian, terlihat bahwa biogas mulai terbentuk pada hari ketiga hingga terakhir pengujian dengan volume biogas yang variasi, namun laju pembentukan biogas rata-rata dapat dihitung yaitu sebesar 0,036 m³/hari atau 36 Liter/hari untuk berbahan baku kotoran ayam, 0.01 m³/hari atau 10 Liter/hari untuk berbahan baku kotoran kambing, dan 0,0133 m³/hari atau 13,3 Liter/hari untuk berbahan baku kotoran sapi. Digister yang digunakan dalam pengujian ini menggunakan system pengisian curah.

Tabel 6. Data Jumlah Kotoran yang menjadi bahan baku dan Biogas Yang dihasilkan

No	Jenis Hewan	Jumlah bahan baku dalam digester (air : Kotoran)	Jumlah Biogas yang dihasilkan
1.	Kotoran Ayam	20 kg : 20 kg	2,04 m ³
2.	Kotoran kambing	20 kg : 20 kg	$0,56 \text{ m}^3$
3.	Kotoran Sapi	20 kg : 20 kg	$0,76 \text{ m}^3$

PERHITUNGAN DAN ANALISA

Dari data lapangan yang telah dilakukan di 16 Desa di Kecamatan Kalirejo Kabupaten Lampung Tengah, jumlah rata-rata kotoran ternak yang dapat dijadikan bahan baku pembuatan biogas yang dihasilkan dari ketiga jenis hewan ternak yang banyak dipelihara yaitu ayam dengan rata-rata jumlah kotoran 9694,52 kg/hari, domba/kambing sebanyak 12098,1kg/hari dan sapi sebanyak 87516 kg/hari.

Sedangkan dari data pengujian Laboratorium Terpadu Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro, didapat jumlah biogas yang dihasilkan dari masingmasing jenis kotoran ternak, secara beturut-turut adalah dari digester berbahan baku 20 kg kotoran ayam menghasilkan 2,04 m³ biogas, kotoran domba/kambing menghasilkan 0,56 m³ biogas dan kotoran sapi menghasilkan 0,76 m³ biogas. Untuk mendapat biogas berkelanjutan dilakukan dengan cara pengisian ulang bahan baku setiap harinya kedalam masing-masing digester sesuai dengan jenis kotoran.

Dari data-data lapangan dan hasil pengujian di laboratorium diatas, dapat kita ketahui seberapa besar potensi biogas yang ada di Kecamatan Kalirejo Kabupaten Lampung Tengah Profinsi Lampung, yaitu dengan cara menghitungnya sebagai berikut:

$$Potensi\ Biogas\left(\frac{m^3}{hari}\right)$$

$$= jml\ kotoran\ ternak\ \left(\frac{kg}{hari}\right)\ x\ Jml\ Biogas$$

$$yang\ dihasilkan\ dari\ Kotoran\ ternak\ \left(\frac{m^3}{kg}\right)$$

Dimana:

A. Jumlah kotoran ternak diketahui yaitu:

- 1. Kotoran Ayam = 9694,52 kg/hari
- 2. Kotoran Kambing = 12098,1 kg/hari
- 3. Kotoran sapi = 87516 kg/hari

B. Jumlah Biogas yang dihasilkan dari kotoran ternak.

a. Untuk ayam:

Untuk 20 kg kotoran ayam menghasilkan 2,04 m³ Biogas artinya 1 kg kotoran ayam menghasilkan 0,102 m³ atau dengan kata lain Jumlah biogas yang dihasilkan 0,102 m³/kg kotoran ayam.

b. Untuk Kambing

Untuk 20 kg kotoran kambing menghasilkan 2,04 m³ Biogas artinya 1 kg kotoran ayam menghasilkan 0,028 m³ sehingga Jumlah biogas yang dihasilkan 0,028 m³/kg kotoran kambing.

c. Untuk Sapi

Untuk 20 kg kotoran kambing menghasilkan $0.76~\text{m}^3$ Biogas artinya 1 kg kotoran ayam menghasilkan $0.038~\text{m}^3$ sehingga Jumlah biogas yang dihasilkan $0.038~\text{m}^3$ /kg kotoran sapi.

Hasil Perhitungan Potensi Biogas dari masingmasing kotoran

A. Untuk Potensi Biogas dari kotoran ayam adalah:

Potensi Biogas dari kotoran ayam $\left(\frac{m^3}{hari}\right)$

$$= 9694,52 \left(\frac{kg}{hari}\right) x 0,102 \left(\frac{m^3}{kg}\right)$$

Potensi Biogas dari kotoran ayam

$$= 988,84 \left(\frac{m^3}{hari}\right)$$

B. Untuk potensi Biogas dari kotoran kambing adalah :

Potensi Biogas dari kotoran kambing $\left(\frac{m^3}{hari}\right)$

$$= 12098,1 \left(\frac{kg}{hari}\right) x 0,028 \left(\frac{m^3}{kg}\right)$$

Potensi Biogas dari kotoran kambing

$$= 338,7468 \left(\frac{m^3}{hari}\right)$$

C. Untuk potensi Biogas dari kotoran sapi adalah:

Potensi Biogas dari kotoran sapi $\left(\frac{m^3}{hari}\right)$

$$= 87516 \left(\frac{kg}{hari}\right) x \ 0.038 \left(\frac{m^3}{kg}\right)$$

Potensi Biogas dari kotoran sapi

$$= 3325,608 \left(\frac{m^3}{hari}\right)$$

Hasil Perhitungan Potensi Total Biogas

Adapun potensi total Biogas yang ada di Kecamatan kalirejo Kabupaten Lampung Tengah Profinsi lampung adalah:

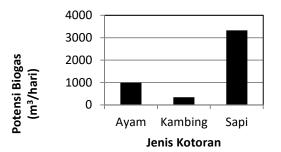
Potensi Biogas yang ada = Potensi Biogas dari kotoran ayam + Potensi Biogas dari kotoran kambing + Potensi Biogas dari kotoran sapi.

- = 988,84 m³/hari + 338,7468 m³/hari + 3325, 608 m³/hari
- = 4653,2 m³/hari

Analisa Hasil Perhitungan

Dari perhitungan diatas terlihat bahwa jumlah total potensi biogas dari ketiga jenis kotoran ternak yang ada di Kecamatan kalirejo Kabupaten Lampung Tengah adalah sebesar 4651,2 m³/hari . Adapun yang paling memiliki potensi untuk menghasilkan biogas adalah biogas yang berbahan baku kotoran sapi yaitu menghasilkan 3325,608 m³/hari, sedangkan ayam 988,84 m³/hari dan kambing hanya sebesar sebesar 338,75 m³/hari (Gambar 3). Hal ini dikarenakan hewan tersebut dapat menghasilkan kotoran yang banyak sekali dibandingkan ayam dan kambing. Rata-rata 1 ekor sapi dapat menghasilkan 19,5 kg kotoran setiap harinya dibandingkan ayam dan kambing yang nilainya sangat kecil sekali hanya 0,055 kg/1 ekor ayam dan 0,98 kg/1 ekor kambing. Namun dari hasil pengujian, terlihat kotoran ayam memiliki potensi menghasilkan biogas yang paling besar per kg bahan baku kotorannya yaitu mencapai

 $0{,}102~{\rm m}^3{/}{\rm kg}$ dibandingkan sapi dan kambing yang hanya mencapai sepertiga nilainya yaitu $0{,}038~{\rm m}^3{/}{\rm kg}$ dan $0{,}028~{\rm m}^3{/}{\rm kg}$.



Gambar 1. Potensi Biogas dari Kotoran Ternak di Kecamatan Kalirejo

Dari data lapangan, Desa yang memiliki potensi biogas paling besar yaitu Desa Watu Agung dengan biogas yang dihasilkan yaitu sebesar 769,54 m³/hari atau 16,54% dari total biogas yang dihasilkan di Kecamatan kalirejo dan berasal dari 13321 ekor ayam, 747 ekor kambing dan 910 ekor sapi, yang kedua Desa Balai Rejo dengan biogas yang dihasilkan 481,39 m³/hari atau 10,35% dan berasal dari 13701 ekor ayam, 889 ekor kambing dan 513 ekor sapi. Kemudian diikuti oleh Desa Agung Timur dengan biogas yang dihasilkan yaitu sebesar 479,18 m³/hari atau 10,3% dan berasal dari 10860 ekor ayam, 741 ekor kambing dan 537 ekor sapi. Dengan kata lain, 37,18% dari potensi biogas yang ada di Kecamatan Kalirejo berasal dari ketiga desa tersebut sedangkan sisanya tersebar ke 13 desa lainnya. Dari data lapangan dan perhitungan diatas juga terlihat bahwa sapi adalah hewan ternak penghasil biogas yang paling dominan.

Menurut penelitian *Tuti Haryati*, *2006* [12], biogas apabila dibakar akan menghasilkan energy panas sekitar 252 Kkal/0,028 m³ dan menurut *Sugi Rahayu dkk*, *2009* [13] apabila 1 m³ biogas dibakar menggunakan oksigen maka akan menghasilkan nilai kalori sekitar 6000 watt jam atau setara dengan setengah liter minyak diesel dan 0,625 liter minyak tanah. Sedangkan menurut

Kristoferson dan Bolkaders, 1991 [11], 1 m³ biogas setara dengan 1,2 KWh listrik dan 0,7 kg bensin. Dari penelitian-penelitian dan pernyataan-pernyatan peneliti terdahulu diatas, maka potensi biogas di Kecamatan kalirejo Kabupaten Lampung Tengah Profinsi Lampung secara sederhana dapat dikonversikan seperti pada Tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Konversi Energi Biogas dan penggunaannya.

Energi 1 m ³	Potensi Biogas = 4653,2	Penggunaan	
Biogas	m³/hari	. 88	
½ Liter	9306,392		
Minyak	Liter/hari	Mesin Diesel	
diesel	Minyak Diesel		
0,625 Liter	7445,113		
Minyak	Liter/hari	Memasak	
Tanah	Minyak Tanah		
0,7 kg	6647,423	Mesin Bensin	
Bensin	kg/hari bensin	Mesiii Belisiii	
1,2 KWh	3,878		
listrik	MWh/hari	Penerangan	
HSUIK	listrik		

KESIMPULAN

Dari pembahasan sebelumnya, penelitian dengan judul Kajian Potensi Sumber Energi Biogas Dari Kotoran Ternak Untuk Bahan Bakar Alternatif Di Kecamatan Kalirejo Kabupaten Lampung Tengah dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Dari ketiga jenis kotoran ternak yaitu ayam, kambing dan sapi, dihasilkan total potensi biogas adalah sebesar 4653,2 m³/hari dengan rincian yaitu kotoran ayam menghasilkan 988,84 m³/hari, kotoran kambing menghasilkan 338,75 m³/hari dan kotoran sapi menghasilkan 3325,61 m³/hari biogas.
- b. Dari hasil mengkonversikan 1 m³/hari biogas menjadi bahan bakar, akan didapat dari total potensi biogas yang ada yaitu sebesar 4653,2 m³/hari maka akan setara dengan 9306,392 L/hari minyak diesel, atau 7445,113 L/hari minyak tanah, atau 6647,423 kg/hari bensin dan 3,878 MWh/hari Listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chadijah Siti. Wiyoto. 2011. " Konsep Teknologi, Renewable Energy". Jakarta Selatan: Genta Pustaka.
- [2] Indri Vaselina Harahap. 2007. " Uji Beda Komposisi Campuran Kotoran Sapi Dengan Beberapa Hasil Limbah Pertanian Terhadap Biogas yang Dihasilkan ". Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara.
 - *Online_*repository.usu.ac.id/bitstream/1234 56789/7524/1/09E00510.pdf_1
- [3] Wahyuni Sri. 2009. " *Biogas* ". Bogor : Penebar Swadaya.
- [4] Karki, A.B dan K. Dixit, 1984, Biogas Fieldbook. Sahayogi Press, Khatmandu, Nepal
- [5] Ana Nurhasanah, dkk. 2009. "

 Perkembangan Digester Biogas Di

 Indonesia "Litbang Deptan.

 Online http://ntb.litbang.deptan.go.id/2006/NP/perkembangandigester.doc
- [6] Dewi Mayasari Herlina, dkk. 2010."Pembuatan Biodigister dengan Uji Coba Kotoran Sapi Sebagai bahan Baku". Tugas Akhir, Program Studi DIII Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- [7] Hamni, Arinal. 2008. "Rancang Bangun dan Analisa Tekno Ekonomi Alat Biogas Dari Kotoran Ternak Skala Rumah Tangga". Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, UNILA, Bandar Lampung.
- [8] Update Guidebook on Biogas Development Energy Resources Series. 1984. No. 27 United Nation, New York, USA.
- [9] Wahyuni Sri. 2011. " Menghasilakn Biogas Dari Aneka Limbah ". Bogor : Agro Media.
- [10] Agus Krisno. 2011. "Pemanfaatan Fermentasi pada Bakteri Limbah Kotoran Organisme untuk Menghasilkan Alternatif Bahan Bakar Masa Depan "Wordpress, Online-diakses 18 November 2013.
- [11] Kristoferson, L.A. dan V. Bokalders. 1991. Renewable Energy Technologies-Their Application in Developing Countries. ITDG Publishing.

- [12] Tuti Haryati, 2006. "Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif". Jurnal Wartazoa Vol. 16 No.3.
- [13] Sugi Rahayu, Dkk. 2009. 'Pemamfaatan Kotoran ternak Sapi sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosio Kulturalnya''. Jurnal Inotek, Vol 13, No. 2.