

SISTIM PEMBANGKIT BIOGAS MODEL PORTABEL

Sonong, Muh. Yusuf Yunus, Marhatang, Remigius Tandioga, Herman Nauwir¹

Abstract: Utilization of livestock manure has not been optimal, whereas livestock manure can be used as feedstock to produce renewable energy (renewable) in the form of biogas . The problem that occurs is that people have not been able to utilize the manure waste especially cow dung as fuel alternative energy producers. Biogas is a mixture of combustible gas , which is produced by anaerobic fermentation of organic material such as animal manure and agricultural wastes in a digester chamber (digester) . In this study digester drum is made of plastic and stuffing materials derived from a mixture of cow dung and water . This study aims to design a portable device of biogas models are easy to assemble , inexpensive and can perform well . From the results of this study can be obtained biogas pressure and long flame generated by means of producing biogas and portable models can be applied to biogas stoves .

Keywords: Pressure , Volume, Time.

I. PENDAHULUAN

Menurut para ahli tentang biogas, biogas merupakan gas yang dihasilkan yang dapat diproduksi dari bahan organik seperti biomassa, limbah pertanian, dan juga kotoran hewan melalui proses fermentasi anaerobik. (Wibowo, *dkk*, 1985). Sedangkan menurut Agung Pambudi (2005), “Biogas merupakan sebuah proses produksi gas bio dari material organik dengan bantuan bakteri. Proses degradasi material organik ini tanpa melibatkan oksigen disebut naerobik digestion Gas yang dihasilkan sebagian besar (lebih 50 %) berupa metana”. Secara prinsip pembuatan gas bio sangat sederhana, dengan memasukkan subtract (kotoran hewan atau manusia) ke dalam unit pencernaan (digester), ditutup rapat, dan selama beberapa waktu gas bio akan terbentuk yang selanjutnya dapat digunakan sebagai sumber energi (Karim, *dkk*, 2005). Hal ini karena pada pembuatan biogas kotoran ternak yang sudah diproses dikembalikan ke kondisi semula yang diambil hanya gas metana (CH₄) yang digunakan sebagai bahan bakar. Menurut Yunus (1995), membuat unit biogas sebenarnya sama dengan meniru perut ternak untuk proses pencernaan. Digester atau tangki pencernaan dapat dibuat dari bahan plastik, karet, drum, dan semen atau beton. Untuk memenuhi kondisi tersebut maka perlu dilakukan penelitian dengan merancang dan membuat alat penghasil biogas yang sederhana dan portable dengan membuat model digester (tangki pencernaan) yang meniru kondisi perut ternak, sehingga proses pembentukan gas metan dapat berjalan dengan baik.

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

A. Pengertian Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi langka oksigen (anaerob). Komponen biogas: $\pm 60\%$ CH₄ (metana), $\pm 38\%$ CO₂ (karbondioksida), $\pm 2\%$ N₂, O₂, H₂, dan H₂S. Biogas dapat dibakar seperti elpiji, dalam skala besar biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik, sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan (Musnif, dkk, 2006).

Biogas yang didominasi oleh gas metana, merupakan gas yang dapat dibakar. Metana secara luas diproduksi dipermukaan bumi oleh bakteri pembusuk dengan cara menguraikan bahan organik. Bakteri metanogenesis berperan dalam pembusukan. Bakteri ini terdapat di rawa-rawa, lumpur sungai, sumber air panas (*hot spring*), dan perut hewan herbivora seperti sapi dan domba. Hewan-hewan ini tidak dapat memproses rumput yang mereka makan, bila tidak ada bakteri anaerobik yang memecah selulosa di dalam rumput menjadi molekul-molekul yang dapat diserap oleh perut mereka. Gas yang diproduksi oleh bakteri ini adalah gas metana (Meynell, 1976).

Tabel 1. Komposisi jenis gas dan jumlahnya pada suatu unit gas bio

Jenis Gas	Kandungan Gas (%)
Metana	50 – 70
Karbondioksida	25 – 45
Nitrogen	0 – 0,3
Hidrogen	1 – 5
Oksigen	0,1 – 0,5
Hidrogen Sulfida	0 – 3

Sumber: Juangga, 2007

Biogas dapat dibakar seperti elpiji, dalam skala besar biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik, sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan.

Kesetaraan biogas dengan sumber energi lain 1 m³ Biogas setara dengan:

- Minyak tanah 0,62 liter
- Minyak solar 0,52 liter
- Bensin 0,80 liter
- Gas kota 1,50 m³

Sumber: Hermawan, dkk, 2007

Gas metana terbentuk karena proses fermentasi secara anaerobik (tanpa udara) oleh bakteri metan atau disebut juga bakteari anaerobik dan bakteri biogas yang mengurangi sampah-sampah yang banyak mengandung bahan organik (biomassa) sehingga terbentuk gas metan (CH₄) yang apabila dibakar dapat menghasilkan energi panas. Sebetulnya ditempat-tempat tertentu proses ini terjadi secara alamiah sebagaimana peristiwa ledakan gas yang terbentuk dibawah

tumpukan sampah. Gas metana sama dengan gas elpiji (*Liquid Petroleum Gas/LPG*), perbedaannya adalah gas metana mempunyai satu atom C, sedangkan elpiji lebih banyak.

LPG (*liquified petroleum gas*) adalah campuran dari berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam. Dengan menambah tekanan dan menurunkan suhunya, gas berubah menjadi cair. Komponennya didominasi propana (C_3H_8) dengan massa jenis $2,02 \text{ kg/m}^3$ dan butana (C_4H_{10}) dengan massa jenis $2,673 \text{ kg/m}^3$. Elpiji juga mengandung hidrokarbon ringan lain dalam jumlah kecil, misalnya etana (C_2H_6) dan pentana (C_5H_{12}) (Wikipedia, 2007).

B. Bahan Penghasil Biogas

Kotoran hewan lebih sering dipilih sebagai bahan pembuat gas bio karena ketersediaannya yang sangat besar diseluruh dunia. Bahan ini memiliki keseimbangan nutrisi, mudah diencerkan dan relatif dapat diproses secara biologi. Kisaran pemrosesan secara biologi antara 28-70% dari bahan organik tergantung dari pakannya. Selain itu kotoran segar lebih mudah diproses dibandingkan dengan kotoran yang lama dan atau telah dikeringkan, disebabkan karena hilangnya substrat volatil solid selama waktu pengeringan (Gunnerson *and* Stuckey, 1986).

Tabel 2. Jumlah produksi kotoran dan biogas pada berbagai jenis ternak

No.	Jenis Ternak	Produksi	
		Kotoran (kg/hari)	Biogas (ltr/kg)
1.	Sapi	8 - 15	40
2.	Kerbau	10 - 20	40
3.	Kambing/Domba	2-5	50
4.	Kuda	15	40
5.	Ayam	0,5 - 0,15	60

Sumber: <http://www.bakorluh-maluku.com/2012/06/biogas-sumber-energi-alternatif-dengan-pemanfaatan-limbah-ternak/>

Kotoran sapi dan kerbau merupakan substrat yang dianggap paling cocok sebagai sumber pembuat gas bio, karena substrat tersebut telah mengandung bakteri penghasil gas metan yang terdapat dalam perut hewan ruminansia. Keberadaan bakteri di dalam usus besar ruminansia tersebut membantu proses fermentasi, sehingga proses pembentukan gas bio pada tangki pencerna dapat dilakukan lebih cepat. Walaupun demikian, bila kotoran tersebut akan langsung diproses dalam tangki pencerna, perlu dilakukan pembersihan terlebih dahulu (Sufyandi, 2001).

C. Proses Pembentukan Biogas

Proses pembuatan gas metan secara anaerob melibatkan interaksi kompleks dari sejumlah bakteri yang berbeda, protozoa maupun jamur. Beberapa bakteri yang terlibat adalah *Bacteroides*, *Clostridium butyrium*, *Eschericia coli* dan

beberapa bakteri usus lainnya, *Methanobacterium*, dan *Methanobacillus*. Dua bakteri terakhir merupakan bakteri utama penghasil metan dan hidup secara anaerob.

Proses pembuatan metan ini terbagi ke dalam tiga tahap, yaitu: Hidrolisis secara enzimatik, bahan-bahan organik tak larut menjadi bahan-bahan organik dapat larut. Enzim utama yang terlibat adalah selulase yang menguraikan selulosa.

Perubahan bahan-bahan organik dapat larut menjadi asam organik. Pembentukan asam organik ini terjadi dengan bantuan bakteri *non methanogenik*, *protozoa* dan *jamur*.

Perubahan asam organik menjadi gas metan dan karbondioksida. Proses perubahan ini dapat terjadi karena adanya bantuan bakteri *Metanogenik* (*Methanobacterium* dan *Methanobacillus*).

Keseluruhan reaksi perubahan bahan organik menjadi gas metan dan karbondioksida dapat dituliskan dengan persamaan reaksi sebagai berikut (Wikipedia, 2009):

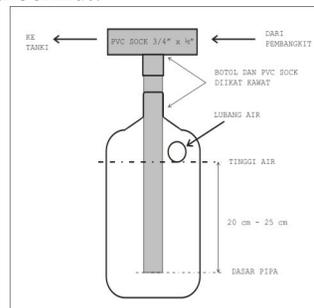


II. METODE PENELITIAN DAN PENGUJIAN

A. Pembuatan Digester (Reaktor Biogas) dan Penyebak Uap Air

Menggunakan drum plastik dengan dengan panjang 94 cm dan diameter rata - ratanya 88 cm. Volume penyimpanan pada drum ini yaitu 0,5714 m³. Kemudian dibuat 2 lubang untuk tempat pemasukan (input) dan tempat pengeluaran gas (output). Serta satu lagi lubang sebagai tempat pembuangan limbah kotoran (influent) apabila tidak berproduksi lagi. Untuk inputnya menggunakan pipa diameter 5 cm dan dipasang katup. Begitu juga pada lubang tempat pembuangan limbah kotoran. Sedangkan lubang tempat pengeluaran gasnya menggunakan pipa diameter 1,25 cm

Pembentukan water vapor ini terbuat dari botol air mineral 1.5 liter yang berfungsi sebagai water vapor (penjebak uap air) dan katup keamanan. Skema water vapor adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Skema botol penjebak kondensasi sekaligus katup keamanan

Botol penjebak ini sebaiknya diletakkan pada bagian terbawah dari saluran biogas, tepat setelah pembangkit. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan uap air hasil kondensasi turun dan masuk ke dalam botol. Air yang berlebihan dalam sistem dapat memampetkan saluran biogas, selain itu adanya kandungan air dalam biogas menurunkan tingkat panas api dan membuat api berwarna kemerah merahan. Tangki pengumpul pada alat ini juga menggunakan drum plastik yang ukuran panjangnya 82 cm dan diameter rata - ratanya 71,5 cm. Volume penyompanan pada drum ini yaitu 0,3290 m³. Pada drum ini juga dibuat 2 lubang input dan output, dimana keduanya menggunakan pipa diameter 1,25 cm. Selanjutnya pipa saluran keluaran gas pada digester dihubungkan pada lubang input tangki penyimpanan, lalu dipasang katup. Saluran keluaran pada tanki penyimpanan kemudian dihubungkan dengan kompor biogas menggunakan selang kompresor. Setelah alat dirangkai, kemudian alat dites kebocorannya dengan cara memasukan angin ke dalam alat dan dibiarkan selama beberapa jam. Alat ini bekerja dengan cara memasukkan bahan isian (kotoran sapi dan air) Bahan isian berupa kotoran sapi yang dicampur dengan air kemudian dimasukan ke dalam digester melalui lubang input. Perbandingan jumlah kotoran sapi dengan air yaitu 1:1. Sekitar 41 kg Kotoran sapi serta 41 kg air yang digunakan untuk dimasukan ke dalam reaktor/digester. Jadi jumlah volume total campuran yaitu sekitar 82 kg. Campuran bahan terlebih dahulu diaduk secara merata hingga berbentuk seperti bubur agar pemasukan bahan ke digester berlangsung dengan baik. Untuk mengkondisikan digester dalam keadaan anaerobik maka lubang saluran pemasukan dan pengeluaran ditutup, kecuali pipa saluran menuju ke penampungan tetap dibuka. Fermentasi yang dilakukan pada proses pembentukan biogas yaitu fermentasi anaerob. Oleh karena itu, digester harus diamati dan diawasi jangan sampai terjadi kebocoran. Sesuai pernyataan Hadi (1990) yang menyatakan bahwa produksi biogas sudah terbentuk sekitar 8-10 hari, maka selanjutnya setelah biogas sudah mulai terbentuk dilakukan pengamatan parameter.

B. Pengujian

- Performansi Alat

Pengamatan performansi dari alat penghasil biogas model portable ini dilakukan dengan cara melihat kinerja alat mulai dari memasukkan bahan hingga alat dapat diaplikasikan ke kompor biogas.

- Tekanan Biogas

Pengukuran tekanan biogas dilakukan dengan melihat angka atau nilai yang ditunjukkan oleh barometer 1 Bar yang diukur tiap hari pada tangki pencerna. Besarnya nilai tekanan yang ditunjukkan pada barometer menunjukkan besarnya tekanan dan produksi biogas yang dihasilkan. Perbandingan Nyala Api Biogas dengan Minyak Tanah Lama nyala api dihitung dengan melihat lamanya waktu yang terpakai untuk mendidihkan air sebanyak 1 liter menggunakan biogas dan minyak tanah.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat pembangkit biogas model portabel ini mempunyai komponen - komponen utama, diantaranya:

1. Digester (Reaktor).
2. Perangkap uap air.
3. Penampung gas.



Gambar 2. Biogas portabel

Volume penyimpanan dari digester (reaktor) ini ialah $0,5714 \text{ m}^3$. Sedangkan volume penyimpanan tangki pengumpul gas yaitu $0,3290 \text{ m}^3$. Alat ini bekerja dengan cara memasukkan bahan isian (kotoran sapi dan air) dengan perbandingan 1:1 melalui saluran pemasukan. Sekitar 41 kg kotoran sapi serta 41 Kg air yang digunakan untuk dimasukan ke dalam reaktor/digester. Jadi jumlah volume total campuran yaitu sekitar 82 kg. Campuran bahan terlebih dahulu diaduk secara merata hingga berbentuk seperti bubur agar pemasukan bahan ke digester berlangsung dengan baik. Untuk engkondisikan digester dalam keadaan anaerobik maka lubang saluran pemasukan dan pengeluaran ditutup, kecuali pipa saluran menuju ke penampungan tetap dibuka. Produksi gas yang dihasilkan dari fermentasi anaerob oleh digester mulai terjadi pada hari ke-6 namun pembacaan alat ukur tekanan baru terbaca pada hari ke-8 (Hadi, 1981). Gas yang dihasilkan dengan sendirinya akan mengalir ke tangki pengumpul gas. Sebelum gas disalurkan ke penampungan, terlebih dahulu gas akan melewati perangkap uap air (water vapor) yang berfungsi memisahkan uap air dari gas sehingga gas yang dihasilkan akan sempurna.

Tabel 3. Data Tekanan Biogas

No.	Hari ke-	Tekanan (kg / cm ²)
1.	8	0,01
2.	9	0,02
3.	10	0,04
4.	11	0,05
5.	12	0,1

No.	Hari ke-	Tekanan (kg / cm ²)
6.	13	0,1
7.	14	0,11
8.	15	0,12
9.	16	0,1
10.	17	0,05
11.	18	0,02 (Kebocoran pada tangki)
12.	19	0,08
13.	20	0,1
14.	21	0,1
15.	22	0,1
16.	23	0 (Pengeleman dan Pengadukan pada reaktor)
17.	24	0,1
18.	25	0,16
19.	26	0,21
20.	27	0,25
21.	28	0,3
22.	29	0,34
23.	30	0,38 (Pengambilan data 1)
24.	31	0,2
25.	32	0,25 (Pengambilan data 2)
26.	33	0,08
27.	34	0,15 (Pengambilan data 3)

Keterangan

Bahan baku dimasukkan pada tanggal 22 September 2014. Tekanan gas tertinggi didapatkan pada hari ke-15 yaitu hanya sebesar 0,12 kg/cm². Hal ini disebabkan karena banyaknya kebocoran pada sambungan pipa reaktor serta pada tangki pengumpul gas. Tetapi setelah dilakukan pengeleman pada beberapa bagian yang bocor serta dilakukan pengadukan pada reaktor, maka tekanan gas dapat naik menjadi 0,38 kg/cm² pada hari ke-30.

Perbandingan Nyala Api Biogas dengan Minyak Tanah

Lama nyala api dihitung dengan melihat lamanya waktu yang terpakai untuk mendidihkan air sebanyak 1 liter.

Tabel 4. Data Perbandingan Waktu Pemakaian Biogas dan Minyak Tanah
(Percobaan Pertama)

No.	Biogas			Minyak Tanah	
	Tekanan (Kg/cm ²)	T (°C)	Waktu (detik)	T (°C)	Waktu (detik)
1.	0,38	30	0	30	0
2.	0,36	35	46	35	57
3.	0,34	40	1:30	40	1:26
4.	0,33	45	2:14	45	2:02
5.	0,31	50	2:45	50	2:28

No.	Biogas			Minyak Tanah	
	Tekanan (Kg/cm ²)	T (°C)	Waktu (detik)	T (°C)	Waktu (detik)
6.	0,30	55	3:16	55	3:01
7.	0,29	60	3:48	60	3:31
8.	0,28	65	4:23	65	4:11
9.	0,27	70	4:57	70	4:53
10.	0,26	75	5:28	75	5:38
11.	0,25	80	6:01	80	8:57
12.	0,24	85	6:34	85	7:80
13.	0,22	90	7:06	90	9:06
14.	0,21	95	7:39	95	11:28
15.	0,20	97	8:05	98	13:11

Keterangan:

Percobaan pertama dilakukan pada hari ke-30 pada tanggal 22 Oktober 2014. Dan sisa tekanan sesudah digunakan untuk mendidihkan air sebanyak 1 Liter adalah 0,2 kg/cm². Waktu yang digunakan untuk mendidihkan air sebanyak 1 Liter saat menggunakan minyak tanah lebih lama yaitu 13 menit 11 detik dibandingkan dengan menggunakan biogas yang waktunya hanya 8 menit 5 detik.

Tabel 5. Data Perbandingan Waktu Pemakaian Biogas dan Minyak Tanah (Percobaan Kedua)

No.	Biogas			Minyak Tanah	
	Tekanan (Kg/cm ²)	T (°C)	Waktu (detik)	T (°C)	Waktu (detik)
1.	0,25	30	0	30	0
2.	0,23	35	41	35	1:07
3.	0,21	40	1:14	40	2:13
4.	0,20	45	1:52	45	3:16
5.	0,18	50	2:18	50	4:05
6.	0,17	55	2:51	55	4:57
7.	0,16	60	3:12	60	5:18
8.	0,15	65	3:51	65	6:22
9.	0,14	70	4:16	70	7:27
10.	0,13	75	4:48	75	8:37
11.	0,12	80	5:11	80	9:55
12.	0,11	85	5:56	85	10:20
13.	0,10	90	6:37	90	11:51
14.	0,09	95	7:04	95	12:28
15.	0,08	97	7:58	98	14:03

Keterangan

Percobaan kedua dilakukan pada hari ke-32 pada tanggal 24 Oktober 2014.

Tabel 6. Data Perbandingan Waktu Pemakaian Biogas dan Minyak Tanah (Percobaan Ketiga)

No.	Biogas			Minyak Tanah	
	Tekanan (Kg/cm ²)	T (°C)	Waktu (detik)	T (°C)	Waktu (detik)
1.	0,15	30	0	30	0
2.	0,14	35	43	35	1:07
3.	0,13	40	1:03	40	2:13
4.	0,10	45	1:34	45	3:16
5.	0,09	50	2:17	50	4:05
6.	0,07	55	2:51	55	4:57
7.	0,06	60	3:22	60	5:18
8.	0,05	65	3:58	65	6:22
9.	0,04	70	4:21	70	7:27
10.	0,03	75	4:55	75	8:37
11.	0,02	80	5:27	80	9:55
12.	0,01	85	5:59	85	10:20
13.	0	90	6:25	90	11:51
14.	0	95	7:14	95	12:28
15.	0	97	8:09	98	14:03
16.	Biogas Habis		8:42		

Diperoleh lamanya nyala api sampai biogas habis jika digabungkan dari percobaan pertama sampai ketiga adalah 25 menit 15 detik dengan volume bahan isian sekitar 82 kg. Hasil analisa data diperoleh efisiensi 5,7 % dengan kalor yang diserap sebesar 1171,6 kCal dan menghasilkan kalor sebesar 279725 Joule

Analisis ekonomi berguna untuk mengetahui apakah layak atau tidak suatu alat untuk digunakan dalam menghasilkan suatu produk. Dengan analisa analisa ekonomi dapat diketahui seberapa besar biaya produksi sehingga keuntungan alat dapat diperhitungkan.

Tabel 7. Perbandingan nilai ekonomis biogas dan minyak tanah

No.	Jenis Bahan Bakar	Harga Bahan Bakar	Nilai Ekonomis		Biaya Bahan Bakar / Tahun	Harga Peralatan
			Periode Penggunaan	Harga Perhari		
1.	Minyak Tanah	Rp 9000,- /Liter	1 Liter untuk sehari	Rp 9000,-	Rp 3.285.000	Rp 120.000,-
2.	Biogas	Rp 10.000,- (Asumsi)	53 Kg kotoran Sapi	Rp 2993,-	Rp 400.000 (Asumsi Perawatan)	Rp 1.092.800,-

IV. KESIMPULAN

1. Dimensi digester pada alat pembangkit biogas model portabel ini menggunakan drum plastik dengan volume penyimpanan 0,5714 m³. Dengan panjang drum 94 cm dan diameter rata-ratanya 88 cm. Sedangkan tangki penyimpanannya juga

201 Sonong, Muh. Yusuf Yunus, Marhatang, Remigijs Tandioga, Herman Nauwir, *Sistim Pembangkit Biogas Model Portabel*

menggunakan drum plastik dengan kapasitas penyimpanan 0,3290 m³, dengan panjang drum 82 cm dan diameter rata-ratanya 71,5 cm.

2. Volume bahan isian sekitar 82 kg maka tekanan tertinggi yang di dapatkan oleh alat pembangkit biogas model portabel ini dalam waktu 30 hari adalah 3,8 kg/cm³ dan dapat digunakan untuk menyalakan kompor selama 25 menit 15 detik.
3. Berdasarkan hasil penelitian dengan perbandingan anggaran pemakaian bahan bakar rumah tangga, maka penggunaan biogas lebih ekonomis dibandingkan dengan minyak tanah. Dimana pemakaian minyak tanah dalam setahun yaitu Rp 3.305.000,- Sedangkan pemakaian biogas dalam setahun hanya Rp 1.505.793,-

V. DAFTAR PUSTAKA

Gunnerson, C. G., and D.C. Stuckey, 1986. *Integrated Resources Recovery Anaerobic Digestion Participles for Biogas System*. World Bank Technical paper Number 49, Washington DC.

Harahap, F.M., 1978. *Teknologi Gas Bio*, Pusat Teknologi Pembangunan ITB, Bandung

Hadi, N., 1981. **Gas Bio Sebagai Bahan Bakar**. Lemigas, Cepu.

Juangga, 2007. *Proses Anaerobic Digestion*. USU Press, Medan

Karim, Dkk. 2005. *Anaerobic Digestion Of Animal Waste*. Bioresource Technology, London.

Meynel, P.J., 1976, Methane: *Planning a Digester*. Prism Press, Great Britain.

Musanif, Dkk. 2006. *Biogas Skala Rumah Tangga*. Departemen Pertanian, Jakarta.

Paimin. 2001. *Alat Pembuat Biogas dari Drum*, Penebar Swadaya. Jakarta

Pambuni Agung. 2005. *Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif*. Universitas Gajah Mada: Yogyakarta

Sianturi, H. S. D., 1990. *Seminar UMI Bidang Pertanian Ke-6*: Medan.

Sufyandi, A., 2001. *Informasi Teknologi Tepat Guna untuk Pedesaan Biogas*, Bandung.

Suriaria dan Unus H., 2002. *Menuai Biogas dari Limbah*. <http://www.pikiran-rakyat.com/squirrelmail>, [7 Juni 2012].

Simamora, S., Dkk. 2006. *Membuat Biogas*. Agro Media Pustaka. Jakarta.

Wibowo, Dkk. 1985. *Gas Bio Sebagai Satu Sumber Energi Alternatif*. FATETA UGM, Yogyakarta.

Wikipedia, 2007. <http://id.wikipedia.org/wiki/Elpiji>, [25 Mey 2012].