



PEMBUATAN BIOGAS DARI SAMPAH SAYURAN

Andreas Felix S., Paramitha S.B.U., Diyono Ikhsan ^{*)}

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Abstrak

Sampah sayuran merupakan limbah yang dihasilkan setiap hari dalam jumlah besar. Limbah sampah sayuran yang sebagian besar berasal dari pasar tradisional seringkali terbuang begitu saja ataupun sebatas dijadikan pakan ternak. Sampah sayuran sesungguhnya merupakan limbah organik yang berpotensi untuk diolah menjadi biogas. Reaksi yang terjadi dalam pembentukan biogas meliputi tiga tahap, yaitu tahap hidrolisis, tahap pengasaman, dan tahap metanogenik. Pada penelitian ini digunakan kotoran sapi sebagai campuran sekaligus starter dari bakteri metanogen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat biogas dari sampah sayuran yang berasal dari pasar tradisional secara batch, mengetahui konsentrasi dan komposisi sampah sayuran dalam slurry dengan air dan ditambah kotoran sapi, serta mengetahui nilai kalor dan kapasitas produksi biogas yang terbentuk. Alat yang digunakan adalah jerigen plastik dan biodigester floating drum sederhana yang dilengkapi manometer dan dioperasikan pada suhu kamar, tekanan atmosferik. Variabel berubah yang dilakukan antara lain konsentrasi slurry 6-10% (berat kering/volume) serta komposisi 1 : 0, 1 : 0,5 dan 1 : 1 perbandingan berat sampah sayuran dengan kotoran sapi. Pengamatan volume dan nilai kalor dari biogas yang terbentuk dilakukan setiap hari hingga produksi gas berhenti. Biogas terbentuk sejak hari pertama sampai hari ke-35. Volume akumulasi tertinggi biogas dicapai pada konsentrasi 9 % dengan komposisi 1 : 0,5. Berdasarkan hasil uji volume, dilakukan uji bakar dengan konsentrasi dan komposisi terbaik untuk mengetahui nilai kalornya. Biogas yang dihasilkan baru dapat dibakar setelah hari ke-7 hingga hari ke-30. Nilai kalor biogas tertinggi yakni 10081 Joule/hari dicapai pada hari ke-18. Periode ini merupakan rentang waktu regenerasi bakteri metanogen yang merombak asam asetat menjadi gas CH₄.

Kata kunci: biogas; sampah sayuran; biodigester floating drum

Abstract

Vegetable waste is produced in a huge volume everyday. The sources of this waste are traditional market, where the waste is usually unusefull or just taken by people for feeding cows. It is actually an organic waste that can be used to make biogas. The reactions of biogas reforming are included by three steps, hydrolysis reaction, acidic reaction and methanogenic reaction. At this research we use cow manure as a mixing and as starter for methanobacteria. The intention of this research are to make biogas using vegetable waste from traditional market in batch system, to know the concentration and composition of vegetable waste, water and cow manure in slurry, and also to know the heating value and volume of biogas. Tools that used are plastic tank and simple type of floating drum biodigester with manometer that is operated in room temperature, atmospheric pressure. The dependence variables are concentration of slurry within 6-10 % (dry basic weight per volume slurry) and composition 1 : 0, 1 : 0,5 and 1 : 1 weight comparison of vegetable waste with cow manure. The data of biogas volume and heating value will be observed everyday until the production of biogas stops. Biogas is produced since the first day of digestion until 35 days. The accumulation of biogas volume is reached the highest amount in 9 % of concentration and 1 : 0,5 of composition. The analysis of heating value is being measured based on the highest volume from the best concentration and composition. Biogas can be burned on the 7th day until 30th. The highest heating value of it is about 10081 Joule/day on the 18th day. This is happen during the periode of regeneration time of methanogenic bacteria which converts the acetic acid into methane.

Keywords: biogas; vegetable waste; floating drum biodigester

^{*)} Penulis Penanggung Jawab (Email: diyonoi@undip.ac.id)

1. Pendahuluan

Bahan dasar biogas dapat berasal dari limbah pertanian, kotoran hewan dan manusia, serta limbah organik lainnya (Abdulkareem, A.S. 2005). Penelitian pengembangan biogas yang telah dilakukan sampai saat ini antara lain menggunakan kotoran sapi (Dewi, M. Herlina, dkk. 2010), kotoran kuda (Widodo, T.W. dan Asari. 2009) dan kotoran hewan lainnya (Nurjahya. 2005). Sementara itu penelitian tentang bahan organik lain yang berpotensi sebagai bahan baku biogas seperti masih terus dilakukan, salah satunya menggunakan bahan baku sampah sayuran.

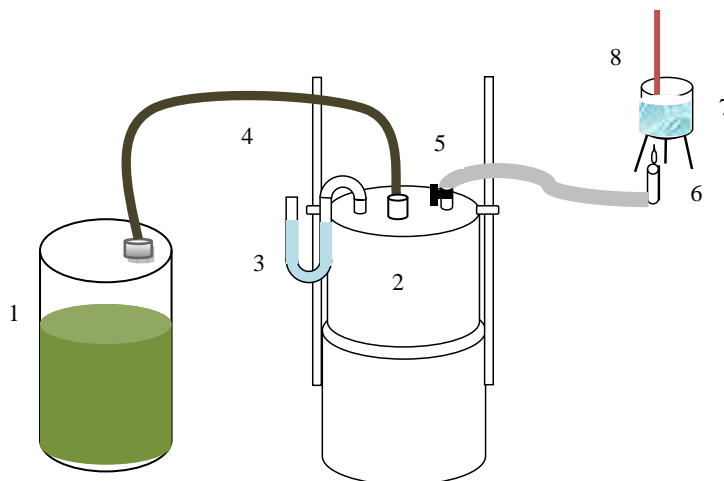
Sampah sayuran yang berasal dari pasar tradisional mendominasi penumpukan sampah di tempat pembuangan akhir (TPA) di beberapa kota besar di Indonesia. Data survei menunjukkan bahwa 48% dari 204.128 kg sampah yang menumpuk setiap hari di TPA Mojosongo Surakarta berupa sampah sayuran (Muktiani, A. dkk. 2007). Sampah sayuran mengandung bahan-bahan organik sehingga termasuk biomassa yang dapat diubah menjadi biogas.

Biogas sendiri dapat dijadikan sumber energi alternatif untuk menggantikan sumber energi fosil yang jumlahnya semakin sedikit. Penelitian ini bertujuan untuk membuat biogas mengetahui konsentrasi dan komposisi optimum dari sampah sayuran dan kotoran sapi. Harapannya penelitian ini dapat membantu mengurangi masalah lingkungan dengan cara memanfaatkan sampah sayuran sebagai bahan baku biogas sehingga dapat digunakan untuk kebutuhan bahan bakar sehari-hari yang murah dan ramah lingkungan.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sampah sayuran pasar yang berupa sampah kubis serta kotoran sapi segar yang didapatkan dari peternakan sapi. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah jerigen plastik 10 liter, rangkaian *biodigester floating drum*, beaker glass 1 liter, thermometer, dan gelas ukur 200 ml.

Desain dari biodigester sederhana yang digunakan tersaji dalam Gambar 1. di bawah ini



Gambar 1. Desain Biodigester Floating Drum

Keterangan:

- | | |
|------------------------------|-----------------|
| 1. Penampung slurry 30 liter | 5. Kran |
| 2. Penampung gas | 6. Tungku |
| 3. Manometer | 7. Beaker Glass |
| 4. Selang gas | 8. Thermometer |

Penelitian ini diawali dengan menganalisa kadar air bahan baku yang digunakan yakni sampah sayur dan kotoran sapi. Bahan baku yang berupa sampah sayuran dipotong-potong kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C hingga didapatkan berat awal dan akhir bahan. Begitu pula dengan kotoran sapi. Kotoran sapi segar ditimbang kemudian dikeringkan hingga berat konstan. Dengan demikian didapatkan kadar air bahan untuk perhitungan konsentrasi dan komposisi slurry.

Selanjutnya pembuatan biogas dilakukan dengan mencampurkan bahan baku sampah sayuran, kotoran sapi dan air dengan variabel komposisi dibuat tetap dan konsentrasi divariasi antara 6 % hingga 10%. Untuk penentuan komposisi optimum, dilakukan langkah serupa dengan komposisi yang divariasi 1 : 0, 1 : 0,5, dan 1 : 1 dengan konsentrasi optimum.

Uji hasil dilakukan dengan analisis volume akumulasi biogas per hari untuk basis 4 liter slurry dengan menggunakan *water displacement technique*. Pengamatan dilakukan setiap hari sampai gas tidak terbentuk

lagi. Dari uji volume ini akan didapatkan variable; konsentrasi dan komposisi terbaik. Kemudian dilakukan uji nilai kalor menggunakan biodigester floating drum dengan basis 30 liter slurry.

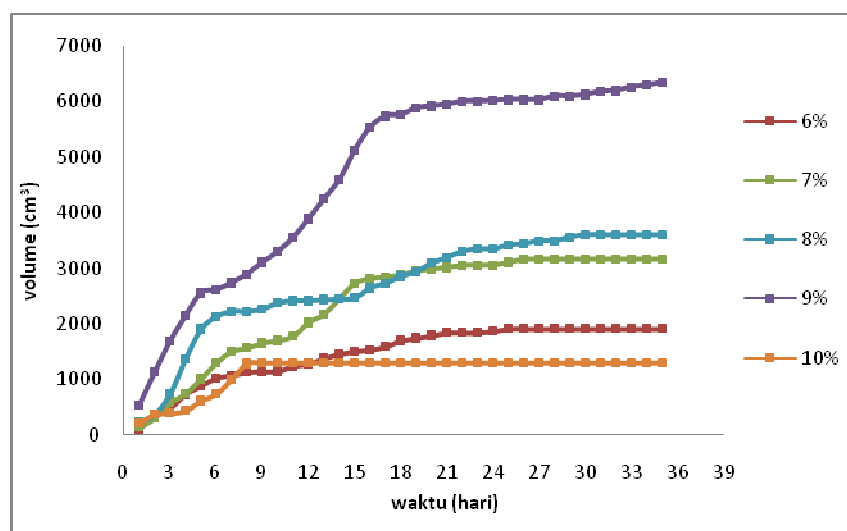
3. Hasil dan Pembahasan

Dalam pembuatan biogas dalam penelitian ini, digunakan bahan baku sampah sayuran dan kotoran sapi sebagai starter. Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan dengan 2 variabel yaitu variabel konsentrasi dan komposisi slurry. Pembuatan biogas dari sampah sayuran pasar dengan bantuan starter kotoran sapi dilakukan dengan mencampur bahan baku sampah sayuran dengan starter kotoran sapi di dalam biodigester. Setelah terjadi proses pencernaan di dalam digester, kemudian dihasilkan gas yang dapat diukur volumenya setiap hari. Volume total kumulatif gas yang dihasilkan untuk tiap variabel selama 35 hari adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Tabel Hasil Penelitian Jumlah Volume Kumulatif Biogas

No	Variabel		Volume Kumulatif (ml)
	Konsentrasi	Komposisi	
1	6 %	1 : 0,5	1909
2	7 %	1 : 0,5	3162
3	8 %	1 : 0,5	3597
4	9 %	1 : 0,5	6351
5	10 %	1 : 0,5	1284
6	9 %	1 : 0	7610
7	9 %	1 : 1	5025

Pada penelitian ini variabel yang berpengaruh adalah konsentrasi serta perbandingan komposisi slurry yang terdiri dari padatan sampah sayuran dan kotoran sapi yang ditambahkan air. Berikut adalah grafik pengaruh konsentrasi dalam produksi biogas dari sampah sayuran.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Konsentrasi Terhadap Volume Akumulasi dan Waktu Produksi Biogas

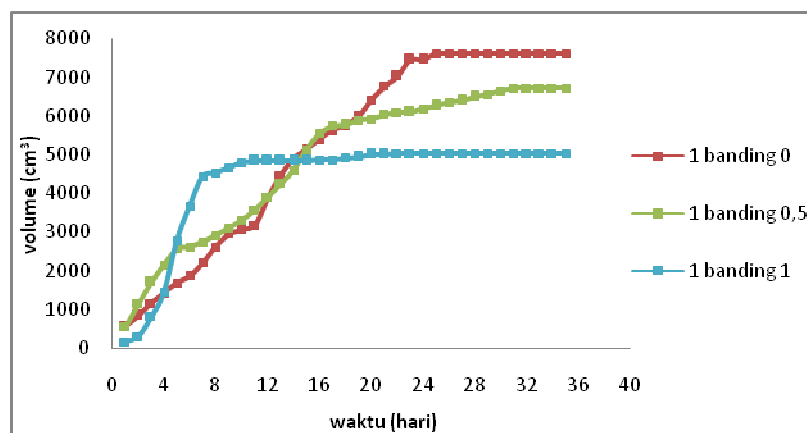
Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa volume biogas meningkat setiap harinya. Namun produksi biogas akan mengalami penurunan ketika bakteri metan memasuki *deathphase*. *Deathphase* terjadi karena berkurangnya nutrient atau sumber karbon yang didapat dari substrat, sehingga pertumbuhan bakteri metan akan menurun dan semakin banyak bakteri yang mati (Abdulkareem, 2005). Berkurangnya jumlah bakteri menyebabkan biogas yang diproduksi juga semakin sedikit.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa variabel konsentrasi sangat berpengaruh terhadap produksi biogas dari sampah sayuran dan kotoran sapi. Semakin tinggi konsentrasi slurry, maka volume biogas yang dihasilkan juga semakin besar. Sedangkan untuk konsentrasi yang terlalu rendah, proses tidak berjalan optimum karena semakin sedikit substrat maka hasil hidrolisis akan berkurang sehingga produksi gas juga semakin rendah.

Pada variabel konsentrasi 6% dihasilkan biogas sebanyak 1909 ml, konsentrasi 7 % sebanyak 3162 ml dan dengan variabel 8% hanya dihasilkan 3597 ml. Produksi biogas mencapai hasil optimum dengan variabel konsentrasi 9 % dimana dihasilkan biogas dengan volume paling tinggi mencapai 6351 ml. Sedangkan setelah melebihi konsentrasi 9 %, produksi biogas menjadi lebih rendah.

Hal ini disebabkan karena proses digesti anaerobik yang beroperasi pada kandungan padatan rendah (*Low solid content*) akan berlangsung optimum pada konsentrasi yang lebih kecil dari 10 % (Monet, 2003). Konsentrasi padatan yang terlalu tinggi akan menyebabkan kandungan air terlalu rendah sehingga menghambat pertumbuhan bakteri (Deublein *et al.* 2008, hal. 112). Ini dapat dilihat dari volume biogas yang dihasilkan pada konsentrasi 10 % yang lebih rendah dibandingkan konsentrasi 9 %.

Selain konsentrasi slurry, variabel yang mempengaruhi produksi biogas dari sampah sayuran adalah perbandingan komposisi antar sampah sayuran dan kotoran sapi sebagai starter. Berikut Pengaruh komposisi terhadap produksi biogas dari sampah sayuran dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Komposisi Terhadap Volume Akumulasi dan Waktu Produksi Biogas

Dari grafik di atas, dapat dilihat bahwa semakin besar perbandingan komposisi sampah sayuran dan kotoran sapi akan mempengaruhi volume biogas yang diproduksi. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa komposisi 1 : 0 (sampah sayur : kotoran sapi) menghasilkan volume gas yang paling besar yakni 7610 ml.

Meskipun variabel komposisi 1 : 0 menghasilkan volume gas yang paling besar, namun gas yang dihasilkan tidak dapat dibakar. Biogas dapat dibakar apabila mengandung gas CH_4 . Gas metan dapat dihasilkan dikarenakan kehadiran jasad pemroses, atau bakteri yang mempunyai kemampuan untuk menguraikan bahan-bahan yang akhirnya membentuk CH_4 dan CO_2 (Rahmi, 2009).

Pada variabel komposisi 1 : 0, hanya digunakan sampah sayuran tanpa tambahan bakteri-bakteri metanogen yang bersumber dari kotoran sapi. Tanpa bakteri metanogen, proses pencernaan hanya mencapai tahap acetogenesis, dimana asam asetat yang terbentuk tidak dapat diuraikan lebih lanjut, sehingga gas yang dihasilkan bukan CH_4 , tetapi CO_2 . Meski demikian, sampah sayur dapat terhidrolisis dengan baik sehingga volume akumulasi gas CO_2 yang dihasilkan pun besar.

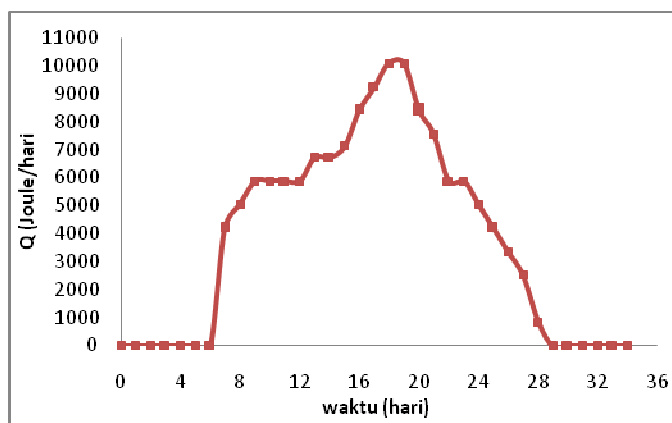
Sementara itu, volume akumulasi biogas yang dihasilkan dari campuran sampah sayuran dan kotoran sapi lebih rendah dibandingkan variabel yang hanya menggunakan sampah sayuran.

Pada awalnya proses pencernaan yang terjadi pada tiap variabel masih menunjukkan kecenderungan yang sama, namun mulai hari ke-4 terjadi peningkatan volume biogas yang signifikan pada variabel 1 : 1. Peningkatan volume ini berlangsung hingga hari ke-7, selanjutnya volume biogas yang dihasilkan tiap harinya menjadi lebih sedikit. Titik sebelum tercapainya penurunan produksi biogas ini disebut Ks.

Ks menunjukkan jumlah nutrisi dalam substrat yang sudah semakin berkurang dimana kecepatan pertumbuhan bakteri mencapai setengah dari kecepatan maksimumnya. Sebelum mencapai Ks, semakin banyak jumlah nutrisi dalam substrat maka kecepatan tumbuh bakteri juga meningkat (Hesti, Dyah. 2012). Hal ini menyebabkan fasa eksponensial untuk variabel 1 : 1 berlangsung lebih cepat dengan pertambahan volume yang drastis dibandingkan 1 : 0,5.

Meski demikian produksi biogas pada variabel 1 : 1 mulai mengalami penurunan yang signifikan pada hari ke-8 dan mencapai titik stasioner pada hari ke-19. Sementara untuk variabel komposisi 1 : 0,5 produksi biogas lebih stabil dan mengalami penurunan setelah hari ke-29. Pada variabel 1 : 0,5 dihasilkan biogas sebanyak 6721 ml dan 1 : 1 sebanyak 5025 ml. Volume biogas pada variabel 1 : 0,5 lebih tinggi karena jumlah sampah sayurannya yang lebih banyak daripada variabel 1 : 1, sehingga pada tahap acetogenesis semakin banyak gas CO_2 yang dihasilkan.

Setelah didapatkan variabel konsentrasi dan komposisi terbaik, dilakukan uji kualitas biogas dengan uji bakar. Uji bakar dilakukan untuk mengetahui nilai kalor dari biogas yang terbentuk. Dalam penelitian kali ini variabel yang diuji bakar adalah variabel konsentrasi 9 % dengan komposisi 1 : 0,5 dan basis volume slurry sebanyak 30 liter. Hasil uji bakar yang berupa nilai kalor biogas per hari dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Nilai Kalor Biogas Per Hari

Dari hasil penelitian, dapat diketahui bahwa biogas dapat dibakar setelah hari ke-6. Nilai kalor biogas mengalami peningkatan sampai hari ke-18 dan kemudian menurun. Seiring dengan penurunan volume biogas, nilai kalor biogas juga mengalami penurunan sampai biogas tidak bisa di bakar pada hari ke-28. Hal ini sesuai dengan teori waktu regenerasi dari bakteri pencernaan yang terdapat dalam digester.

Biogas baru dapat dibakar setelah tahap pembentukan gas metan terjadi. Di awal pengisian digester terjadi proses hidrolisis selulosa dan senyawa organik dalam substrat. Kemudian berlangsung tahap acidogenesis yang merupakan pembentukan asam-asam organik dan dilanjutkan tahap acetogenesis yang normalnya berlangsung selama 80-90 jam (Deublein *et al.* 2008, hal. 102). Pada 6 hari pertama, gas yang terbentuk adalah CO_2 , baru kemudian tahap metanogenesis berlangsung secara anaerobic.

Pembentukan metan ditandai dengan gas yang dapat dibakar. Bakteri metanogen yang berperan dalam perombakan asam asetat menjadi CH_4 memiliki waktu regenerasi antara 5 sampai 16 hari. Dalam penelitian ini gas metan dihasilkan sejak hari ke-7 sampai hari ke-28. Nilai kalor tertinggi didapat pada hari ke-18 yakni mencapai 10080 Joule untuk 9,075 liter volume biogas yang dihasilkan.

4. Kesimpulan

Sampah sayuran merupakan limbah organik yang dapat dimanfaatkan sebagai biogas dengan bantuan starter kotoran sapi. Dalam produksi biogas dari sampah sayuran, konsentrasi optimum adalah 9 % berat/volume slurry dan komposisi optimum nya adalah 1 : 0,5 perbandingan berat sampah sayuran dan starter kotoran sapi. Sementara itu nilai kalor biogas tertinggi didapat pada hari ke-18 yakni sebesar 10080 Joule/hari.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Pengolahan Limbah atas kontribusinya sebagai tempat penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Abdulkareem, A.S. 2005. *Refining Biogas Produced from Biomass: An Alternative to Cooking Gas*. Chemical Engineering Department, Federal University of Technology, Minna, Niger State, Nigeria. Leonardo Journal of Sciences, Issue 7, p. 1-8, July-December 2005.
- Budiman, S. Richardo. 2010. *Analisis Potensi Biogas untuk Menghasilkan Energi Listrik dan Termal pada Gedung Komersil di daerah Perkotaan (Studi Kasus pada Mal Metropolitan Bekasi)*. Program Magister Teknik Elektro FT UI.
- Dewi, M. Herlina. Muchlis, R., Iir, Nur'Aini, Lely, R.A. Muhammad. 2010. *Pembuatan Biodigester dengan Uji Coba Kotoran Sapi sebagai Bahan Baku*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia FT USM.
- Deublein, D. dan Steinhäuser, A. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources. An Introduction*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim, p.13.
- Harahap, F. Apandi, M. Ginting, S. 1980. *Teknologi Biogas*. Bandung: ITB Press.
- Hesti, W. Dyah. 2012. *Microbial Growth Kinetics in Batch System*. Materi Kuliah Dasar Bioproses. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Diponegoro.

- Ilaboya, I.R., Asekame, F.F., Ezugwu, M.O., Erameh, A.A. and Omofuma, F.E. 2010. *Studies on Biogas Generation from Agricultural Waste; Analysis of the Effects of Alkaline on Gas Generation*. World Applied Sciences Journal 9 (5): 537-545, 2010
- Jason, Dahlman and Charlie. Forst. 2001. *Technologies Demonstrated at Echo : Floating Drum Biogas Digester*. ECHO Technical Note. USA
- Kaharudin dan Sukmawati, M. Farida. 2010. *Petunjuk Praktis Manajemen Umum Limbah Ternak untuk Kompos dan Biogas*. Kementerian Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. NTB.
- Maramba, D. Felix, and Obias, D. Enrico. 1978. *Biogas and Waste Recycling : the Philippine Experience*. Maya Farms Division, Liberty Flour Mills. Metro Manila, Philippines.
- Muktiani, A. Tampoebolon, B.I.M. dan Achmadi, J. 2007. *The In Vitro Rumen Fermentability on the Processed Vegetable Waste*. J.Indon.Trop.Anim.Agric. 32 [1] Maret 2007
- Nurjahya. 2005. *Pemanfaatan Limbah Ternak Ruminansia Untuk Mengurangi Pencemaran Lingkungan*. Institute pertanian Bogor.
- P. Vindis, B. Mursec, C. Rozman, M. Janzekovic, F. Cus. 2008. *Biogas Production with the Use of Mini Digester*. Journal of Achievements in Material and Manufactural Engineering. Vol.28, 1 May 2008. University of Maribor, Slovenia.
- Rahmi, Nur dan Puji Winarti. 2009. *Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Lumpur Aktif Proses Anaerob*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik, UNDIP. Indonesia
- Simamora, S. Salundik, S. Wahyuni, Surajudin. 2006. *Membuat Biogas Pengganti Minyak dan Gas dari Kotoran Ternak*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Sofian, Amat. 2008. *Peningkatan Kualitas Biogas Sebagai Bahan Bakar Motor Bakar dengan cara Pengurangan Kadar CO₂ dalam Biogas dengan Menggunakan Slurry Ca(OH)₂*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Widodo, T.W., Asari, A., Ana, N., Elita, R. 2006. *Rekayasa dan Pengujian Reaktor Biogas Skala Kelompok Tani Ternak*. Jurnal Enjiniring Pertanian. Vol. IV, No. 1, April 2006.
- Widodo, T.W. dan Asari. 2009. *Teori dan Konstruksi Instalasi Biogas*. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian Serpong, 28 April 2009.
- Yani, L. Rina dan Yulinah, T. 2010. *Pemanfaatan Biomassa Eceng Gondok Sisa Pengolahan Limbah Tekstil Pencelupan Benang Sebagai Penghasil Biogas*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.