

**OPTIMALISASI PEMBUATAN BIOGAS PADA DIGESTER *FIXED DOME* SEBAGAI
ENERGI ALTERNATIF ALAT PENGERING HASIL PERTANIAN**

SKRIPSI



OLEH

**ROZAN FIKRI
C1J 011 071**

**FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY AND AGROIDUSTRI
UNIVERSITY MATARAM
2015**

HALAMAN PENGESAHAN

Dengan ini kami menyatakan bahwa artikel *Optimalisasi Pembuatan Biogas Pada Digester Fixed Dome* Sebagai Energi Alternatife Alat Pengering Hasil Pertanian

Nama Mahasiswa : Rozan Fikri
Nomer Induk Mahasiswa : C1J 011 071
Program Studi : Teknik Pertanian

Menyetujui :

Dosen Pembimbing Utama



Dr. Eng. Sukmawaty, S.TP., M.Si
NIP. 19681214 196702 2 001

Pembimbing Pendamping,



Murad, S.P., M.P.
NIP.19751231 200801 1 023

OPTIMALISASI PEMBUATAN BIOGAS PADA DIGESTER *FIXED DOME* SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF ALAT PENERING HASIL PERTANIAN

Biogas Production Optimization on Fixed Dome Digester as Alternative Energy for Dryer Tools of Agricultural Product

Rozan Fikri¹, Sukmawaty², Murad²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram

²Staf Pengajar Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui estimasi produksi, laju produktivitas, dan efisiensi kerja biodigester. Pada penelitian ini digunakan alat manometer untuk mengukur tekanan, flowmeter untuk mengetahui volume biogas dan stop watch untuk mengukur waktu pengamatan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan variasi campuran kotoran hewan dan air dengan rasio 1:1, 1:2, dan 2:1 menggunakan tiga kali pengulangan pada masing-masing perlakuan. Parameter yang berpengaruh pada pembentukan biogas diantaranya temperatur, pH, RH, C/N rasio, waktu tinggal, pencampuran dan pengadukan bahan. Batasan pengamatan parameter adalah perbandingan campuran terhadap pengadukan dan lama waktu tinggal proses fermentasi. Hasil analisa data pada penelitian ini adalah laju produktivitas, efisiensi kerja dan Uji Anova. Hasil penelitian menunjukkan nilai efisiensi yang didapatkan pada perlakuan 2:1, 1:2, dan 1:1 sebesar 96,576%, 90,576% dan 76,416% secara berturut-turut. Hasil ini menunjukkan perlakuan 2:1 paling efisien dibandingkan perlakuan 1:1 dan 1:2.

Kata kunci: biogas, biodigester, efisiensi, produktivitas

ABSTRACT

This research aimed to determine estimated production, production rate, and work efficiency of biodigester. In this research manometer, flowmeter, and stopwatch were used respectively for measuring pressure, biogas volume, and observation time. Method used in this research was experimental method with animal waste and water mixture ratio of 1:1, 1:2, and 2:1, where three replications were conducted for each treatment. Parameters affect on biogas productions such as temperature, pH, RH, C/N ratio, residence time, mixing and stirring of the material were observed in this research. Observation limit of the parameter were mixture ratio towards mixing and residence time of fermentation process. Data analysis on this research were production rate, work efficiency, and Anova Test. Result show obtained efficiency on mixture ratio of 2:1, 1:2, and 1:1 were 96.576%, 90.576% and 76.416% respectively. This result showed that 2:1 mixture ratio was the best treatment compared with 1:2 and 1:1 mixture ratio.

Keywords: biogas, biodigester, efficiency, productivity

PENDAHULUAN

Beberapa sumber energi terbarukan yang telah dikembangkan adalah energi surya, biomassa, angin, air, dan biogas. Salah satu energi alternatif pada penelitian ini adalah energi biogas. Penggunaan energi alternatif ini akan menghemat pemakaian bahan bakar fosil dan secara bertahap dapat mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil, sehingga ketika sumber energi fosil telah habis, masyarakat siap beralih ke sumber energi alternatif (biogas) (Mu'anah, 2013).

Secara teknologis prinsip pembuatan biogas adalah memanfaatkan gas metana, gas yang mudah terbakar terdapat di dalam kotoran sapi sebagai bahan bakar, terutama untuk konsumsi rumah tangga. Secara umum pemanfaatan kotoran sapi sebagai energi alternatif menggunakan instalasi biogas dapat dibuat dengan teknologi sederhana yang disebut digester, dari segi konstruksi, digester dibedakan menjadi dua yaitu *Fixed dome* (kubah tetap) Digester jenis ini dinamakan kubah tetap karena bentuknya menyerupai kubah dan mempunyai volume yang tetap. Seiring dengan dihasilkannya biogas, terjadi peningkatan tekanan gas dalam digester. *Floating dome* (kubah terapung) pada digester jenis ini terdapat bagian yang dapat

bergerak seiring dengan kenaikan tekanan gas dalam digester (Amaru, 2004).

Pengembangan alat instalasi biogas di NTB secara umumnya masih menggunakan tipe digester *Fixed Dome* (kubah tetap), pengembangan instalasi ini sudah menyebar ke masing-masing daerah di NTB. Reaktor yang dikembangkan masih perlu dilakukan kajian lebih lanjut dari segi kualitas gas, produksi gas dan kapasitas reaktornya biar lebih maksimal dalam penggunaannya sebagai energi alternatif.

Tahapan Pembentukan Biogas

1. Tahap *Hidrolisis*

Pada tahap hidrolisis, bahan organik dienzimatik secara eksternal oleh enzim ekstraselular (selulose, amilase, protease dan lipase) mikroorganisme. Bakteri memutuskan rantai panjang karbohidrat kompleks, protein dan lipida menjadi senyawa rantai pendek. Sebagai contoh polisakarida diubah menjadi monosakarida sedangkan protein diubah menjadi peptida dan asam amino.

2. Tahap *Asidifikasi* (Pengasaman)

Pada tahap ini bakteri menghasilkan asam, mengubah senyawa rantai pendek hasil proses pada tahap *hidrolisis* menjadi asam asetat, hidrogen (H₂) dan karbondioksida. Bakteri tersebut merupakan bakteri *anaerobik* yang dapat

tumbuh dan berkembang pada keadaan asam. Untuk menghasilkan asam *asetat*, bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan. Pembentukan asam pada kondisi *anaerobik* tersebut penting untuk pembentuk gas metana oleh mikroorganisme pada proses selanjutnya. Selain itu bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam *amino*, karbondioksida, H₂S, dan sedikit gas metana (Anonim, 2013)

3. Tahap Pembentukan Gas Metana

Pada tahap ini bakteri *metanogenik* mendekomposisikan senyawa dengan berat molekul rendah menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi. Sebagai contoh bakteri ini menggunakan hidrogen, CO₂ dan asam *asetat* untuk membentuk metana dan CO₂. Bakteri penghasil asam dan gas metana bekerjasama secara simbiosis. Bakteri penghasil asam membentuk keadaan atmosfer yang ideal untuk bakteri penghasil metana. Sedangkan bakteri pembentuk gas metana menggunakan asam yang dihasilkan bakteri penghasil asam. Tanpa adanya proses simbiotik tersebut, akan menciptakan kondisi *toksik* bagi mikroorganisme penghasil asam (Amaru, 2004).

Perhitungan Volume Biodigester

Perhitungan ini menggunakan data-data:

1. Jumlah kotoran sapi per hari yang tersedia. Untuk mendapatkan jumlah kotoran sapi perhari, digunakan persamaan:

$$\begin{aligned} & \text{jumlah kotoran sapi} \\ & = n \times 28 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

dimana n adalah jumlah sapi (ekor), 28 kg/hari adalah jumlah kotoran yang dihasilkan oleh 1 (satu) ekor sapi dalam sehari.

2. Komposisi kotoran padat dari kotoran sapi. Komposisi kotoran sapi terdiri dari 80% kandungan cair dan 20% kandungan padat. Dengan demikian, untuk menentukan berat kering kotoran sapi adalah:

$$\begin{aligned} & \text{bahan kering} \\ & = 0,2 \times \text{jumlah kotoran sapi} \end{aligned}$$

3. Perbandingan komposisi kotoran padat dan air. Bahan kering yang telah diperoleh tadi harus ditambahkan air sebelum masuk biodigester agar bakteri dapat tumbuh dan berkembang dengan optimum. Perbandingan komposisi antara bahan kering dengan air adalah 1:4. Dengan demikian, jumlah air yang ditambahkan adalah:

$$\begin{aligned} & \text{air yang harus ditambahkan} \\ & = 4 \times \text{bahan kering} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan massa total larutan kotoran padat (mt)

4. Waktu penyimpanan (HRT) kotoran sapi dalam biodigester. Waktu penyimpanan tergantung pada temperatur lingkungan dan temperatur biodigester. dengan kondisi tropia untuk mengetahui volume, maka diperoleh volume larutan kotoran yang dihasilkan dapat dicari menggunakan persamaan:

$$Vf = mt/\rho m$$

dengan ρm = massa jenis air (1000 kg/m³).

Setelah volume larutan kotoran diketahui, maka volume biodigester dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$Vd = Vf \cdot tr$$

dengan tr = waktu penyimpanan (30 hari). (Priyati.D, 2012).

5. Untuk menghitung efisiensi kerja menggunakan persamaan:

$$Efisiensi = \frac{Jumlah\ volume\ aktual}{jumlah\ volume\ baku} \times 100\%$$

Volume digester yang akan dibangun adalah 4 m³, sehingga volume biogas yang dihasilkan per harinya adalah 6,92 m³. Dari jumlah biogas yang dihasilkan dapat diketahui jumlah bahan bakar

fosil/bahan bakar yang lain dapat terganti oleh biogas setiap harinya berdasarkan pada kesetaraan nilai kalori biogas dengan bahan baar yang lain. (Suyati, 2006).

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli-September 2015 bertempat di Kelurahan Gerung Selatan, Kecamatan Gerung, Kabupaten Lombok Barat.

Alat-alat penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan perbengkelan (gergaji besi, gerinda, tang, palu, obeng, dan peralatan lain yang mendukung), Manometer U, *Stopwatch*, *Flowmeter*, Kompor Biogas, Korek Api, Buku Tulis, Polpen, Pipa VPC dan Isolasi.

Bahan-bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu kotoran sapi yang masih segar dan tidak tercampur oleh kotoran lain, air, dan lem pipa.

Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen dan menggunakan Rancangan Acak Kelompok secara faktorial dengan tiga

kali pengulangan. Adapun perlakuan yang akan diamati pada penelitian ini yaitu:

Perlakuan 1:1 yaitu 25 kg kotoran sapi dengan 25 kg air dengan 3 waktu tinggal (24, 36 dan 48 jam).

Perlakuan 1:2 yaitu 25 kg kotoran sapi dengan 50 kg air dengan 3 waktu tinggal (24, 36 dan 48 jam).

Perlakuan 2:1 yaitu 50 kg kotoran sapi dengan 25 kg air dengan 3 waktu tinggal (24, 36 dan 48 jam)

Tabel 4. Perbandingan Pencampuran Air Dengan Kotoran Sapi

Perlakuan	Waktu (jam)		
1:2 (kohe:air)	24	36	48
1:1 (kohe:air)	24	36	48
2:1 (kohe:air)	24	36	48

Prosedur Penelitian

Penyediaan alat dan bahan penelitian biodigester *Fixed Dome* ukuran 4 kubik. Dengan 3 perlakuan masing-masing 3 kali pengulangan pada setiap perlakuan pencampuran perbandingan antara air dan kotoran sapi. Biodigester yang sudah bersih dan siap digunakan kemudian dilakukan pengamatan, adapun prosedur dalam produksi biogas pada digester tipe *Fixed Dome* adalah sebagai berikut:

1. Kotoran sapi yang masih segar dicampur dengan air, kemudian

diaduk sampai berbentuk lumpur pada *Inlet* setiap perlakuan.

2. Lumpur yang sudah jadi dialirkan ke dalam digester melalui lubang pipa *inlet* yang langsung terhubung dengan tempat penampungan. Pada pengisian pertama digester terisi penuh sehingga udara yang ada dalam digester terdesak keluar.
3. Gas yang dihasilkan kemudian diukur tekanan menggunakan manometer U pada setiap perlakuan.
4. Gas yang dihasilkan kemudian diukur laju produksi dengan alat *Flowmeter* pada masing-masing perlakuan.
5. Semua hasil pengukur dicatat dan selanjutnya dianalisis.

Parameter Pengamatan

Faktor yang berpengaruh pada pembentukan biogas diantaranya temperature, RH, pH, unsure hara, C/N rasio dan kondisi lingkungan diasumsikan dalam keadaan tetap, karena faktor itu menentukan hasil dari digester dalam menghasilkan biogas sedangkan parameter yang diamati yaitu:

1. Volume biogas

Untuk mengetahui hasil dari masing-masing perlakuan volume biogas diukur menggunakan *Flowmeter*

2. Tekanan biogas

Tekanan biogas diukur menggunakan Manometer U

3. Lama waktu penggunaan biogas

Dari masing-masing perlakuan untuk mengetahui kualitas kandungan biogasnya pada penelitian ini diuji menggunakan lamanya gas digunakan pada kompor biogas, dengan menyalakan dan mengukur sampai mati menggunakan *Stop Watch*.

Parameter Penelitian

Tahap ini merupakan tahap yang sangat penting karena akan diketahui dan dilakukan pengukuran parameter dan juga menentukan batasan dalam penelitian ini, batasan pada penelitian ini yaitu menentukan faktor yang memengaruhi pembentukan biogas seperti temperatur, RH, pH, C/N rasio ini dalam kondisi tetap, sedangkan faktor pengadukan dan pemberian isian campuran sebagai parameter pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini dari hasil penelitian ini hal yang diteliti laju produksi biogas, efisiensi kerja biodigester.

Pengambilan Data

Pada tahap ini akan dicatat hasil eksperimen yang akan dibandingkan dengan teori pendukung yang ada. Pada tahap ini akan didapat data antara lain waktu, suhu lingkungan, tekanan gas

pada reaktor dan pada kondensasi terlarut, laju aliran gas dan jumlah produksi biogas. Tahap ini juga merupakan penelitian pendahuluan yang dilakukan untuk menentukan batasan-batasan dalam penelitian dan untuk menentukan parameter uji dalam penelitian.

Analisa Data

Data dianalisis dengan perhitungan statistik untuk mengetahui hubungan variabel dengan parameter-parameter menggunakan program excel dan stat graf. Data hasil penelitian akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Data yang diperoleh dari percobaan pada masing-masing perlakuan dibandingkan untuk mendapatkan produksi gas yang paling baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

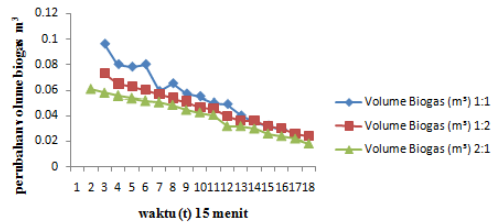
Pembuatan Biogas

Pembuatan biogas dari kotoran sapi yang diambil langsung dari kandang dengan memilih kotoran sapi yang masih baik tidak terlalu lama dan tercampur dengan rumput bekas pakan ternak. Selanjutnya kotoran sapi yang sudah diambil dimasukkan ke dalam *inlet* untuk diaduk dengan air, pengadukan antara kotoran sapi dengan air harus sampai membentuk lumpur sampai terlihat rata

pencampuran antara air dengan kotoran sapi, pencampuran air dengan kotoran sapi pada penelitian ini yaitu dengan perbandingan 1:1, 1:2 dan 2:1 dimana angka satu mewakili 25 kg.

Volume Setelah Waktu Tinggal 24 jam

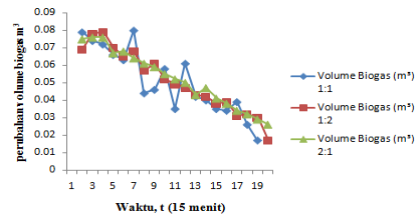
l. Volume Setelah Waktu Tinggal 24 jam



Gambar.4. Hubungan Perubahan Volume Biogas Terhadap Waktu

Dari data diatas dapat dilihat hasil volume awal dengan nilai terbesar dari masing-masing perlakuan adalah perlakuan 1:1. Dan waktu paling lama habis gasnya adalah pada perlakuan 2:1 yaitu selama 4 jam dibanding dengan perlakuan 1:1 dan 1:2. Perbedaan volume dan waktu lamanya habis volume biogas ini dipengaruhi oleh pemberian isian yang dilakukan dan juga faktor-faktor yang lain seperti suhu dan kondisi lingkungan sehingga jumlah kotoran sapi pada perlakuan 2:1 lebih banyak, yang menyebabkan perlakuan 2:1 lebih lama menyala sedangkan tingginya volume tidak menentukan lamanya gas itu habis dan dapat menyala.

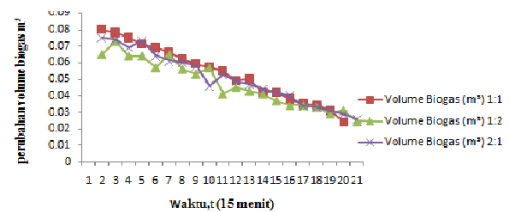
Volume Setelah Waktu Tinggal 36Jam



Gambar.5. Hubungan Perubahan Volume Terhadap Waktu

Perbedaan waktu tinggal sebagai faktor yang berpengaruh dalam pembentukan biogas, semakin lama waktu untuk fermentasi dekomposisi bahan organik semakin baik dan hasil biogas juga semakin banyak. Dari hasil menggunakan Costat untuk uji anova menunjukkan hasil yang tidak signifikan pada perlakuan dengan waktu tinggal 36 jam ini menunjukkan perlakuan pemberian isian dengan waktu yang lebih lama menghasilkan biogas yang hampir sama.

Volume Setelah Waktu Tinggal 48 Jam

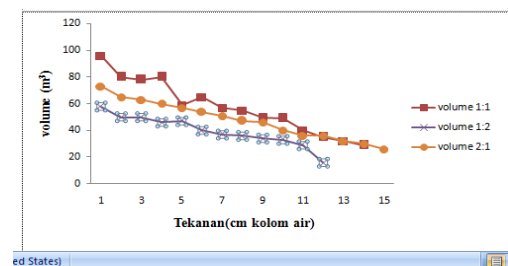


Gambar.6. Hubungan Perubahan Volume Terhadap Waktu

Faktor utama yang mempengaruhi perbedaan volume biogas yang dihasilkan adalah sifat fisik dari bahan isian yang disebabkan oleh kandungan air dan keasaman media (kadar pH) pada masing-masing komposisi. Perbandingan antara

kotoran dan air mengakibatkan kondisi campuran pada masing-masing komposisi mempunyai sifat yang berbeda. Melihat perbedaan sifat fisik dari masing-masing komposisi serta perbedaan hasil produksi biogas yang dihasilkan, menunjukkan bahwa komposisi sangat mempengaruhi produktifitas bakteri dalam memproduksi biogas. Perbedaan sifat fisik bahan isian mempengaruhi laju penguraian bakteri pada masing-masing komposisi maupun sumber bahan isian digester sehingga laju penguraian kotoran ternak tersebut berbeda-beda.

Hubungan Volume dengan Tekanan Terhadap Waktu

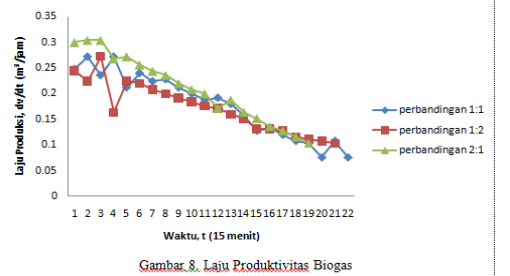


Dari hasil analisis menggunakan *Costat* untuk ketiga perlakuan pada masing-masing waktu tunggu yaitu 24, 36 dan 48 jam, dari ketiga perlakuan tersebut pada waktu tunggu 24 jam yang hasilnya signifikan sedangkan perlakuan untuk kedua waktu tunggu tidak signifikan, ini menunjukkan bahwa perlakuan 24 jam saling berpengaruh untuk hasil biogas

yang dihasilkan oleh biodigester. Dari hasil uji lanjut untuk volume pada perlakuan dengan waktu tunggu 24 jam menunjukkan perlakuan 2:1 lebih bagus dibanding dengan perlakuan 1:2 dan perlakuan 1:1 lebih bagus dibandingkan dengan perlakuan 2:1 dalam menghasilkan gas.

Laju Produksi Biogas

Biogas merupakan campuran gas-gas methana, karbon dioksida, hidrogen sulfat, nitrogen dan gas-gas lainnya yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikro organisme pada kondisi anaerob. Rangkaian proses penguraian anaerob terdiri dari tahapan hidrolisis, pengasaman dan pembentukan gas CH₄. Menurut Costa 2010, Laju produksi biogas dalam digester, utamanya dipengaruhi oleh suhu digester, pemberian isian dan pengadukan umpan balik.



Gambar 8. Laju Produktivitas Biogas

Efisiensi Kerja Biodigester

Perlakuan	Total Volume m ³	Volume Actual (m ³)	Volume Baku m ³	Efisiensi Kerja %
1:1	0.796	3.8208	5	76.416
1:2	0.941	4.5168	5	90.336
2:1	1.006	4.8288	5	96.576

Berdasarkan data hasil efisiensi diatas dengan pemberian perlakuan yang berbeda tingkat nilai efesiensinya berbeda, data menunjukkan bahwa pemberian perlakuan 2:1 lebih efisien dibandingkan dengan perlakuan 1:1 dan 1:2, dan perlakuan 1:2 lebih efisien dibandingkan dengan perlakuan 1:1 ini menunjukkan bahwa perlakuan yang paling baik dari ketiga perlakuan adalah 2:1. Seperti penjelasan sebelumnya bahwa ada factor yang sangat berpengaruh dalam pembentukan biogas yaitu pemberian campuran, pengadukan, mempengaruhi laju produktivitasnya. sehingga menentukan tingkat efisiensi kerja dari pada biodigester.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan pemberian perlakuan yang berbeda dalam pembentukan biogas menghasilkan biogas yang berbeda jumlah, dan kualitasnya. Kualitas

dapat dilihat dari lamanya api menyala di kompor.

2. Dari masing-masing perlakuan dengan waktu tinggal didapatkan data pada 24 jam waktu tinggal menunjukkan hasil yang signifikan, sedangkan waktu tinggal 36 dan 48 jam tidak signifikan.
3. Produksi biogas terbaik didapatkan dengan perlakuan 1:1 berdasarkan pada hasil penelitian. Pengisian terlalu encer dan terlalu padat menyebabkan hasil biogas tidak bagus, kapasitas yang tepat untuk diberikan perlakuan pada digester adalah 1:1.
4. Berdasarkan uji anova dengan pemberian waktu tinggal 24 jam, 36 jam dan 48 jam, didapatkan bahwa perlakuan dengan waktu tinggal 24 jam saja yang menunjukkan hasil signifikan perlakuan yang lain non-signifikan.
5. Efisiensi biogas pada perlakuan 1:1 lebih efisien dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2013. "GasEncyclopaedia" , <http://www.Airliquide.com/> Gas Encyclopaedia. html. (Diakses pada tanggal 27 Maret 2015)
- Prayinto,B. 2010. "*Biogas sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil*".ITS. Semarang.
- Eckenfelder, Wesley, 1966. *Industrial Water Pollution Control*. New York sl Louis san francisco. Toronto London Sydney.
- Firdaus, S. (2009). :*Analisis Prestasi Produksi Biogas (CH4) dari Polyethilene Biodigester Berbahan Baku Ternak Sapi*". FTI-UII.
- Firdaus, I.U., 2009, "*Energi Alternatif Biogas*", <http://www.migas-indonesia.com/index.php>. (Diakses pada tanggal 14 Maret 2015)
- Fitria, B., 2009, "*Biogas*", <http://biobakteri.wordpress.com/2009/06/07/8-biogas>. (Diakses pada tanggal 14 Maret 2015)
- Fry, L.J., 1974, *Practical Building of Methane Power Plant For Rural Energy Independence*, 2nd edition, Chapel River Press, Hampshire-Great Britain.
- Gunnerson, C.G., and D.C. Stuckey, 1986, *Integrated Resources Recovery Anaerobic Digestion Principles and Practices for Biogas System*, World Bank Technical paper Number 49, Washington DC.
- Hadi, Setyawati; Buharman Boso Purnama; Hartoyo, 1979, *Penggunaan Kayu Bakar dan Limbah Pertanian Di Indonesia (Laporan Perkembangan)*, Departemen Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor, Indonesia. (amaru)
- Harahap, F. M. Dkk, 1978. *Teknologi Gasbio*, Bandung : Pusat Teknologi Pembangunan Institute Teknologi Bandung.
- Haryati, Tuty., 2006. *Biogas: Limbah Peternakan Yang Menjadi Sumber Energi Alternatif*, Balai Penelitian Ternak, Bogor.
- Hiskia, Ahmad. 2009. *Kinetika Kimia*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Muanah, 2014. *Kajian Karakteristik Dan Scale Up Digester Kotoran Sapi Berdasarkan Komposisi Air Berbasis Kinetika Gas Metana Untuk Produksi Gas Bio*. Prodi Teknik Pertanian. Universitas Mataram, Mataram.