

RANCANG BANGUN ALAT PERAGA *BIODIGESTER* TIPE SILINDER (*FLOATING DRUM*)

Nur Halim¹, Kosjoko², Andik Irawan³
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata No. 49 Telepon 336728 Kotak Pos 104 Jember
E-mail: halim_kencong@yahoo.co.id

Abstrak

Pemanfaatan energi terbarukan merupakan salah satu langkah yang efektif untuk mengatasi krisis energi dan pemanasan global, Energi terbarukan yang paling efektif adalah kotoran sapi, karena dapat menghasilkan gas metan dalam proses fermentasi. Dalam pembuatan biogas kotoran sapi diperlukan alat untuk proses fermentasi yaitu *biodigester*. Dalam perancangan *biodigester* ini, menggunakan *biodigester* tipe silinder (*floating drum*) yang cukup efisien. Biasanya *biodigester* tipe *floating drum* ini terbuat dari baja yang mudah korosi dan cukup mahal dari segi biaya. *Biodigester* ini dirancang dengan menggunakan drum plastic dengan tinggi 80 cm, diameter 48 cm, kapasitas 144 liter dengan tipe aliran *continous feeding*. Pada pengujian *biodigester* tipe *floating drum* menggunakan 30 kg kotoran sapi, 30 kg jerami jagung, 30 liter air dan penambahan EM4 1 liter dengan menggunakan tipe aliran *batch feeding*. Berdasarkan hasil uji kinerja tersebut menghasilkan pada hari ke 10 sebesar, 0.00023 m³, hari ke 13 sebesar 0.00024m³, hari ke 16 sebesar 0.00025 m³, hari ke 19 sebesar 0.00031 m³, hari ke 22 sebesar 0.00033 m³, hari ke 25 sebesar 0.000189 m³ dan hari ke 28 0.0022608 m³. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan, bahwa untuk menghasilkan biogas secara terus-menerus sebaiknya menggunakan aliran *continous feeding* pada *biodigester* tipe *floating drum* ini. Dari perhitungan analisis ekonomi teknik untuk investasi *biodigester* tipe silinder (*floating drum*) untuk nilai $NPV = 2760 > 0$, $BCR = 1.7 > 1$ dan $PBP = 3 < 5$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa investasi tersebut layak untuk dikembangkan secara ekonomi.

Kata kunci: *Biodigester*, Tipe sinder (*floating drum*), Aliran *continous feeding*.

I. PENDAHULUAN

Dalam kemajuan zaman yang begitu pesat, kebutuhan bahan bakar minyak dan gas semakin meningkat di hampir semua sektor, yaitu sektor industri, transportasi dan sektor rumah tangga. Penggunaan bahan bakar minyak dan gas yang sangat besar membuat terjadinya eksplorasi yang berlebihan, sehingga mengakibatkan bahan bakar fosil punah. Dampak lainnya, yaitu harga minyak dunia mengalami kenaikan yang cukup signifikan dan memberatkan rakyat kecil.

Pemakaian bahan bakar fosil yang berlebihan, juga berdampak buruk bagi kehidupan kita dan alam. Dampak terbesar adalah rusaknya lapisan ozon (O₃) yang melindungi kita dari panas matahari. Menurut Wahyuni (2013: 30) emisi gas

metan (CH_4) yang merupakan salah satu gas efek rumah kaca yang berdampak pada terjadinya pemanasan global.

Salah satu langkah Pemerintah untuk mengatasi masalah bahan bakar fosil dengan menerbitkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 tentang kebijakan energi nasional, untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak dan gas.

Pemanfaatan energi terbarukan dapat dihasilkan dengan teknologi tepat guna yang relatif lebih sederhana dan murah adalah energi biogas. Teknologi biogas telah berkembang sejak lama di Indonesia, namun aplikasinya sebagai energi alternatif belum berkembang secara luas. Komponen yang sangat penting dalam pembuatan biogas adalah bahan dan *biodigester*. *Biodigester* adalah tempat terjadinya proses fermentasi bahan organik menjadi biogas. *Biodigester* itu sendiri dibedakan dengan bentuk dan jenis alirannya, seperti tipe kubah, terapung, balon dan *fiber glass*. Dari jenis alirannya dibedakan, ada jenis *batch* dan *continues*. Tetapi pada umumnya banyak yang menggunakan jenis *continues*, karena dapat melakukan pengisian bahan organik setiap hari dan dapat menghasilkan biogas secara terus-menerus.

Biogas

Menurut Wahyuni, (2010: 18) Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri *metanogonik* yang terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi *anaerob*. Pada umumnya biogas terdiri atas gas metana (CH_4) 50% - 70%, gas karbon dioksida (CO_2) 30% - 40%, hidrogen (H_2) 5% - 10%, dan gas-gas lainnya dalam jumlah yang sedikit.

Rasio C/N

Hubungan antara jumlah karbon dan nitrogen yang terdapat pada bahan organik yang dinyatakan dalam terminologi rasio karbon / nitrogen (C/N).

Menurut Sri Wahyuni (2010: 24), apabila rasio C/N sangat rendah, nitrogen akan bebas dan berakumulasi dalam bentuk amoniak (NH_4). NH_4 akan meningkatkan pH bahan di dalam *biodigester*. (Uli Werner dalam Suyitno, 2010: 3) Mengatakan perbandingan bahan organik C dan N dalam bahan biogas merupakan faktor penting untuk berkembangnya bakteri yang akan menguraikan bahan organik

tersebut. Pada perbandingan C/N lebih dari 43, akan mengakibatkan kerja bakteri terhambat (Denis dalam Suyitno, 2010: 3). Sebelum membuat biogas sebaiknya terlebih dahulu mengetahui rasio C/N beberapa bahan organik. Pada tabel 2.1 menunjukkan kandungan C/N beberapa bahan organik.

(Suyitno dkk, 2010: 3) Mengatakan parameter ini bukan jaminan satu-satunya untuk kualitas biogas yang tinggi, karena masih terdapat beberapa parameter lain yang harus diperhatikan khususnya pada reaktor biogas (*Biodigester*).

Tabel 1. Rasio C/N untuk Beberapa Bahan organik.

Jenis Kotoran	Rasio C/N
Urin	0.8
Kotoran sapi	10 – 20
Kotoran babi	9 – 13
Kotoran ayam	5 – 8
Kotoran kambing	30
Kotoran manusia	8
Jerami padi	80 – 140
Jerami jagung	30 – 65
Rumput hijau	12
Sisa sayuran	35

Sumber: Uli Werner dalam Suyitno, (2010: 4)

Proses Fermentasi

Menurut Wahyuni (2010: 25) proses fermentasi atau proses pencernaan mengacu berbagai reaksi dan dimasukkan ke dalam pencernaan sebagai input. Ini adalah phisio-kimia yang kompleks dan proses biologis yang melibatkan beberapa faktor dan tahapan bentuk. Penghancuran input yang merupakan bahan organik dicapai dalam tiga tahapan, yaitu hidrolisa, *acidification*, *methanization*.

Biodigester

Biodigester merupakan komponen utama dalam produksi biogas. *Biodigester* merupakan tempat dimana material organik terurai oleh bakteri secara anaerob atau tanpa udara menjadi gas CH₄ dan CO₂. *Biodigester* harus dirancang sedemikian rupa, sehingga proses fermentasi anaerob dapat berjalan dengan baik. Pada umum biogas dapat terbentuk pada 4 – 5 hari setelah digester diisi. Produksi

biogas yang banyak umumnya terjadi pada 20 – 25 hari dan kemudian produksinya akan turun jika *biodigester* tidak diisi kembali. Selama proses penguraian secara anaerob, komponen nitrogen berubah menjadi amoniak, komponen belerang menjadi H₂S, dan komponen fosfor berubah menjadi *orthophosphates*. Beberapa komponen lain seperti kalsium, magnesium, sodium berubah menjadi jenis garam (Dennis dalam Suyitno, 2010: 15)

Tujuan pembuatan *biodigester*

- a. Mengurangi padatan.
- b. Membangkitkan energi.
- c. Mengurangi bau dari kotoran.
- d. Menghasilkan air buangan yang bersih.

Jenis-jenis reaktor / *biodigester* biogas

Reaktor biogas di Indonesia sudah dikembangkan diberbagai daerah. Adapun pada prinsipnya terdapat empat tipe *digester* yang dikembangkan. Pada penelitian ini yang digunakan adalah rancang bangun Reaktor *floating drum*. Reaktor jenis terapung (*floating*) pertama kali dikembangkan di India pada tahun 1937, sehingga dinamakan dengan reaktor India. Memiliki bagian *biodigester* yang sama dengan reaktor kubah, tetapi perbedaanya terletak pada bagian penampung gas yang menggunakan peralatan bergerak dari drum. Keuntungan dari reaktor ini adalah dapat dilihat secara langsung volume gas yang tersimpan pada drum karena pergerakannya. Sementara itu, kerugiannya adalah biaya material konstruksi dari drum yang lebih mahal dan faktor korosi pada drum juga menjadi masalah, sehingga bagian penampung gas pada reaktor ini memiliki umur yang lebih pendek dibandingkan dengan menggunakan tipe kubah.

Pada penelitian ini, menggunakan tipe aliran *continues feeding*. *Biodigester* tipe ini adalah jenis *biodigester* yang pengisian bahan organiknya dilakukan setiap hari dalam jumlah tertentu. Pada pengisian awal, *digester* diisi penuh dan ditunggu sampai biogas diproduksi.

Perancangan *Biodigester*

Suyitno dkk (2010: 26) melakukan penelitian tentang ukuran *biodigester* tergantung dari kuantitas, kualitas bahan organik, jenis bahan organik yang ada

dan temperatur proses fermentasi. Pada pembuatan *biodigester* skala rumah tangga tipe *floating drum* banyak hal yang harus diperhatikan, terutama volume bahan organik dan volume penampung gas.

A. Volume *Biodigester*

Ukuran *biodigester* dapat dinyatakan dengan volume *digester* (V_d). Secara umum V_d dapat dihitung menggunakan rumus:(Suyitno dkk, 2010: 26)

$$V_d = S_d \times RT$$

Dimana:

$$S_d = \text{Jumlah masukan bahan baku setiap hari [m}^3/\text{hr]}$$

$$RT = \text{Retention time atau waktu bahan baku berada dalam digester [hari]}$$

Pada umumnya RT dipengaruhi oleh temperatur operasi dari *biodigester*. Untuk Indonesia temperatur sepanjang musim hampir stabil, maka banyak *biodigester* dibuat dan dioperasikan pada temperatur kamar (*unhead biodigester*). Sedangkan RT untuk *biodigester* sederhana tanpa pemanasan dapat dipilih 40 hari (Uli Werner dalam Suyitno, 2010: 26).

Pemasukan bahan baku tergantung seberapa banyak air harus dimasukan ke dalam *biodigester*, sehingga kadar bahan baku padatnya sekitar 4-8 %.

$$S_d = \text{Padatan} \times \text{Air}$$

B. Volume Penampung Gas

Volume dari penampung gas dinyatakan dengan (V_g), dan untuk perancangan penampung gas (V_g) harus diperhatikan laju konsumsi gas puncak (V_g^1) dan laju konsumsi nol untuk waktu jangka lama (V_g^2).

$$V_g^2 = G \times T_{zmax}$$

Dimana:

$$G = \text{Produksi biogas (m}^3/\text{jam)}$$

$$T_{zmax} = \text{Waktu maksimum pada saat konsumsi biogas nol (jam)}$$

$$V_g^1 = \text{Konsumsi gas maksimum per jam} \times \text{waktu konsumsi maksimum}$$

II. METODOLOGI PENELITIAN

Mengetahui suatu sistem pengerjaan sekaligus rancang bangun alat peraga *biodigester* tipe silinder (*floating drum*) dengan menggunakan metode Kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan metode untuk menguji teorit-teori tertentu dengan cara meneliti hubungan antar variabel

Pada perancangan *biodigester* ini sangat penting untuk diaplikasikan ke masyarakat perdesaan. Dari segi biaya, *biodigester* tipe *floating drum* sangat mahal, karena material pembuatan *biodigester* terbuat dari besi dan umurnya cukup pendek akibat korosi pada material tersebut.

Penelitian yang berbasis pada rancang bangun *biodigester* tipe *floating drum* ini, alat yang digunakan untuk *biodigester* adalah tong plastik bekas penampung ikan. Tong tersebut cukup kuat dan harganya pun terjangkau, sehingga minat masyarakat untuk membuat *biodigester* ini sangat tinggi.

Dibandingkan dengan *biodigester* tipe kubah yang berkembang di masyarakat perdesaan, tipe *floating drum* cukup efisien dari segi biaya dan efektif penggunaannya. Pada tipe kubah, biaya pembuatannya cukup besar dan sangat memberatkan masyarakat perdesaan.

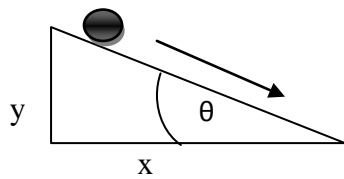
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Alat

Sebelum melakukan uji alat, perlu diperhatikan dan mengecek ulang tempat fermentasi dan komponen *biodigester* agar tidak terjadi kebocoran. Untuk mengecek kebocoran dengan mengisi air sampai penuh atau dengan menggunakan kompresor dengan cara tabung diisi dengan angin dan menggunakan busa sabun.

a. Uji Aliran pada pemasukan media dan keluaran *slurry*

Pada tahapan pengecekan, air dapat mengalir pada saluran keluaran *slurry* atau lumpur pada sudut kemiringan 0.21° dan dapat mengalir pada volume 61.49 liter. Dengan menggunakan perhitungan antara pemasukan media (*inlet*) dan keluaran *slurry* (*outlet*) dihitung dengan berdasarkan sudut alir dimana media mulai bergerak.



$$\text{Tg } \theta = \frac{y}{x}$$

$$\text{Tg } \theta = \frac{2}{55}$$

$$\text{Tg } \theta = 0.03^\circ$$

Uji *biodigester* dengan pemasukan media. Pada uji pemasukan media dengan menggunakan 30 kg kotoran sapi, 30 kg jerami jagung, 30 liter air dan penambahan EM4 1 liter. Sebelum media dimasukkan ke *biodigester*, perlu diperhatikan rasio C/N masing-masing bahan dan setelah dicampur untuk mengetahui rasio C/N. Pada proses pencampuran bahan tersebut, rasio C/N jangan sampai melebihi dari 43 yang dapat membunuh bakteri metan. Pada pengujian atau analisis rasio C/N media tersebut, didapatkan hasil rasio C/N sebagai berikut:

- a. Hasil uji sampel rasio C/N

Tabel 2. Uji Sampel Rasio C/N

Sampel	Hasil
Sampel jerami jagung	40.00
Sampel kotoran sapi	22.54
Sampel mix	31.93

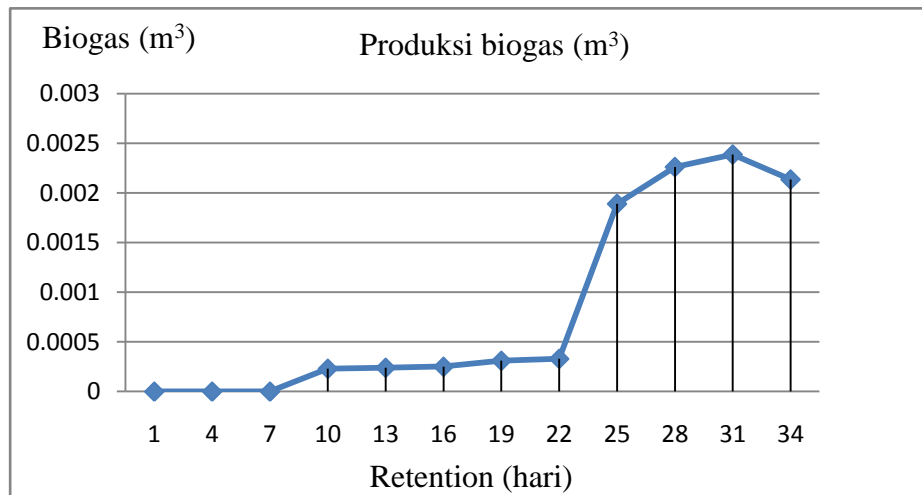
Pada pengujian *biodigester* tipe silinder (*floating drum*) dengan menggunakan 30 kg kotoran sapi, 30 kg jerami jagung, 30 liter air dan EM4 1 liter dengan proses fermentasi selama 30 hari. Maka proses fermentasi tersebut menghasilkan biogas yang terdapat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 3. Tabel Hasil Uji Alat *Biodigester* dengan Kotoran sapi

Hari Ke	Bahan Baku Biogas	Hasil Produksi Biogas Perhari (liter/hari)
	1 – 3	
		0 m ³

4 – 6		0 m ³
7 – 9		0 m ³
10 – 12		0.00023 m ³
13 – 15		0.00024 m ³
16 -18		0.00025 m ³
19 – 21		0.00031 m ³
22 – 24		0.00033 m ³
25 – 27		0.00189 m ³
28 – 30		0.0022189 m ³
31 - 33		0.0023863 m ³
34 - 36		0,0021352 m ³

Pada grafik dibawah menunjukkan produksi biogas kotoran sapi yang difermentasi selama 30 hari. Pada proses fermentasi pada hari ke 10 mulai menunjukkan terbentuknya biogas dan pada hari ke 14 mengalami penurunan sedikit. Tetapi pada hari 16 mulai mengalami kenaikan sampai pada hari yang ke 27.



Analisis Ekonomi Teknik

Pada perancangan *biaodigester* tipe *floating drum* perlu untuk dikembangkan ke masyarakat agar supaya dapat membantu masyarakat dalam memanfaatkan energi alternatif dan ekonomi masyarakat pedesaan. Pada rencana investasi

biodigester tipe floating drum dengan mengasumsikan biaya investasi, agar mengetahui apakah investasi *biodigester* ini dapat dikembangkan. Dalam investasi *biodigester tipe floating drum* ini, untuk mengetahui layak dan tidak layak untuk dikembangkan, maka dengan menggunakan analisis ekonomi teknik.

Pada investasi *biodigester tipe floating drum* menggunakan analisis ekonomi teknik dengan menggunakan *NPV*, *BCR* dan *PBP*. Adapun biaya investasi *biodigester* terdapat pada tabel 4.4 sebagai berikut:

1. Biaya investasi

Tabel 4. Tabel rincian biaya investasi *biodigester*

No	Biaya Alat	Jumlah Alat	Harga
1	Drum	1 Buah	Rp 200.000,00
2	Barometer	2 Buah	Rp 70.000,00
3	Bearing Tempel	1 Buah	Rp 30.000,00
4	Bearing	1 Buah	Rp 10.000,00
5	Stop Kran ½	1 Buah	Rp 60.000,00
6	Saluran Selang	1 Buah	Rp 15.000,00
7	Otomatis Valve	1 Buah	Rp 67.500,00
8	Nepel	1 Buah	Rp 7.500,00
9	Keni 3in	3 Buah	Rp 21.000,00
10	Sok luar dalam 10 ½	2 Buah	Rp 4.000,00
11	Sok luar ½	1 Buah	Rp 2.000,00
12	Sok dalam 4 in	1 Buah	Rp 7.000,00
13	Sok luar dalam 3 in	1 Buah	Rp 6.000,00
14	Sok luar dalam ¾ in	1 Buah	Rp 12.000,00
15	Pipa 4 in	1 Meter	Rp 5.000,00
16	Pipa 3 in	1 Meter	Rp 4.000,00
17	Pipa ½	1 Meter	Rp 3.000,00
18	Corongan	1 Buah	Rp 5.000,00
19	Timbah	1 Buah	Rp 20.000,00
20	Siel	2 Buah	Rp 2.000,00

21	Baut 10 Lengkap	15 Buah	Rp 15.000,00
22	Baut 8 Lengkap	4 Buah	Rp 8.000,00
23	Lem Araldite	7 Buah	Rp 157.500,00
24	Kayu dudukan	5 batang	Rp 48.500,00
25	Ongkos Dudukan	1 orang	Rp 40.000,00
Jumlah			Rp 820.000,00

Dengan asumsi investasi *biodigester* tipe *floating drum*, biaya investasi 1 unit *biodigester* Rp 820.000,00 dan biaya operasional untuk produksi 1 buah *biodigester* Rp 150.000,00. Dari hasil penjualan per 1 unit *biodigester* diperkirakan ada pemasukan Rp 400.000,00. Jika umur investasi diperkirakan 5 tahun (Umur investasi 5 tahun diartikan kita melakukan investasi *biodigester* selama 5 tahun untuk diproduksi), kemudian aset dapat dijual seharga Rp 300.000,00. Pada tahun ke 1 ada perawatan berat (*overhaul*) dengan biaya Rp 300.000,00 dan dengan suku bunga 12%, (Suku bunga 12% adalah Untuk mengetahui laba atau *benefit* investasi *biodigester* selama investasi 5 tahun dengan asumsi laba sebesar 12%). Untuk investasi *biodigester* dengan setiap 2 bulan menghasilkan 3 buah produk *biodigester*. Maka bagaimana untuk mengetahui investasi *biodigester* tipe *floating drum* dapat layak untuk dikembangkan dimasyarakat dengan *NPV*, *BCR*, *PBP*?

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{Investasi (I)} &= \text{Rp } 820.000,00 \\ \text{Annual Benefit (Ab)} &= \text{Rp } 250.000,00 \times 3 \text{ buah} = 750.000,00 / \text{tahun} \\ \text{Annual Cost (Ac)} &= \text{Rp } 150.000,00 \times 3 \text{ buah} = 450.000,00 / \text{tahun} \\ \text{Savage / Sisa} &= \text{Rp } 100.000,00 \\ \text{Overhaul (Oh)} &= \text{Rp } 300.000,00 \\ \text{Umur Investasi (n)} &= 5 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa $PBP = 3 < 5$, maka investasi *biodigester* tipe *floating drum* dapat direkomendasikan layak untuk dikembangkan secara ekonomis. Dari perhitungan analisis ekonomi teknik untuk investasi *biodigester* tipe silinder (*floating drum*) untuk nilai $NPV = 2760 > 0$, $BCR = 1.7 > 1$ dan PBP

= 3 < 5. Sehingga dapat disimpulkan bahwa investasi tersebut layak untuk dikembangkan secara ekonomi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Dalam pembuatan rancangan *biodigester* tipe silinder (*floating drum*), banyak parameter-parameter yang harus diperhatikan. Adapun parameter tersebut yaitu menentukan ukuran *biodigester*, merancang penampung gas, jumlah media yang dimasukkan dan waktu tinggal (*Retention Time*).
2. Berdasarkan hasil analisis pengujian alat dengan tipe *batch feeding* dengan 30 kg kotoran sapi, 30 kg jerami jagung, 30 liter air dan 1 liter EM4, dengan waktu tinggal 30 hari, maka biogas yang dihasilkan pada hari ke 10 sebesar 0.00023 m³ dan hari ke 31 sebesar 0.0023864 m³.
3. Dari perhitungan analisis ekonomi teknik untuk investasi *biodigester* tipe silinder (*floating drum*) untuk nilai $NPV = 2696 > 0$, $BCR = 1.7 > 1$ dan $PBP = 3 < 5$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa investasi tersebut layak untuk dikembangkan secara ekonomi.

Saran

1. Harapan penulis, agar dapat melanjutkan penelitian ini dan dapat memodifikasi rancang bangun *biodigester*, sehingga bisa dikembangkan di masyarakat.
2. Dalam pembuatan *biodigester* perlu diperhatikan tingkat ketelitian, terutama kebocoran tabung fermentasi dan penampung gas.
3. Dengan pengetahuan teoritis dan praktis mengenai teknik pembuatan, teknik operasional dan teknik pemanfaatan biogas diharapkan dapat menjadi acuan bagi kita untuk mengembangkan energi terbarukan terutama biogas, sehingga dapat memanfaatkan sampah dan kotoran menjadi energi yang lebih berguna.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Seadi.,Teodorita.et al. 2008. *Biogas*.Denmark: University of Southern Denmark Esbjerg publisher. (Hal: 15)
- Allo. Y. P., Nurchatati.,Dan Suhandi.2011. *Meningkatkan Kualitas dengan Penambahan Gula* .Jurnal Teknik Rekayasa, Vol.12/1 (Hal: 30)
- Amaru. K. 2004. *Rancang bangun dan Uji Kinerja Biodigester Plastik Polyethylene Skala Kecil*. Jatinangor: Universitas Padjadjaran (Hal: 31)
- Athanasius P. Bayuseno.2009) *Penerapan Dan Pengujian Teknologi Anaerob Digester Untuk Pengolahan Sampah Buah-Buahan Dari Pasar Tradisional*. Vol.11 (Hal: 25)
- Giatman M. 2006. *Ekonomi Teknik*. Jakarta: PT. Raya Grafindo Persada. (Hal: 34, 35, 36, 37, 44, 45)
- Handoyo.,Tri Atmodjo., Dadang. R., Dan Sigit. C. 2014. *Panduan Praktis Membuat Biogas Portabel Skala Rumah Tanggadan Industri*.Yogyakarta: Lily Publisher. (Hal: 28)
- Noor Juliansyah. 2011. *Metodologi Penelitian: Skripsi, Tesis, Disertasi dan Karya Ilmiah*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Peter De Vries. 2010. *Buku Panduan Energi yang Terbarukan*. Jakarta: MP / LMP. (Hal: 6)
- Saputra. A., Ayu.,Wike., Aryawati., Riris A. 2011. *Pembuatan Biogas dari Rumput Laut Jenis Caulerpa Racemosa dan Sargassum Duplicatum sebagai Bahan Energi Alternatif*.MaspariJounal, Vol. 03 (Hal: 30)
- Suyitno.,Nizam. M., Dharmanto. 2010. *Teknologi Biogas Pembuatan, Operasional dan Pemanfaatan*. Yogyakarta: GrahaIlmu. (Hal: 6, 7, 13, 14, 17, 18, 25, 26)
- Wahyuni, Sri. 2013. *Biogas Energi Alternatif Pengganti BBM Gas dan Listrik*. Jakarta: Agro Media Pustaka. (Hal: 19, 20, 21)
- Wahyuni, Sri. 2013. *Panduan Praktis Biogas*. Jakarta: Penebar Swadaya. (Hal: 1, 2, 5, 10, 11, 16)

Yenni, Dewilda.,Yommi., Muita. S., DanSerly. 2012. *Uji Pembentukan Biogas dari Subtrat Sampah Sayur dan Buah dengan Ko-Subtrat Limbah isi Rumen Sapi.*Jurnal. Teknik Lingkungan. *UNAND*, Vol. 9 (Hal: 29)