

KONTRUKSI UALNG REAKTOR BIOGAS MENGGUNAKAN METODE REVERSE ENGINEERING

Sukirman

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
e-mail: kntekuii_85@yahoo.com

ABSTRACT

Increasingly high demand for fuel oil and gas to encourage people to look for alternative renewable fuels. The purpose of this paper is to present the results of redesigning the biogas reactor. This tool can be used to produce biogas from livestock manure into energy alternatives. Redesign was done due to the initial reactor construction, yet provide optimal results. Analysis carried out on parts of the construction that needs to be fixed, then redesign done by means of the duplicate revers engineering and develop existing ones. The result of this redesign later in the simulation with the help of software with tuuan to determine the output results are given. The results of the simulation showed that the redesign of the construction of a biogas reactor output that can add more gas from the biogas reactor construction that has been there for 4 kg or produce a pressure of 0,127psi in the morning, while the afternoon of 2 kg or produce a pressure of 0,090 psi of tank which has been used as a digester.

Keywords: Biogas Reactor Construction, Redesign, Reverse Engineering.

1. PENDAHULUAN

Biasanya bakar bakar minyak (BBM) fosil digunakan untuk kebutuhan rumah tangga dan industri. Situasi BBM fodil pada saat ini semakin menipisnya. Sehingga diperlukan melakukan berbagai inovasi untuk memperoleh bahan energi terbarukan. Pemanfaatan energi alternatif ini dapat dilakukan dari berbagai bahan dan cara terutama untuk menghijaukan lingkungan. Salah satu energi alternatif adalah biogas dari kotoran ternak. Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri *metanogenik* akibat material-material yang terurai alami dalam kondisi *anaerob* atau tidak ada oksigen. Komposisi biogas (Yadava and Hesse, 1981 dalam Caya Khairani et al, 2005) adalah metana (CH₄) sebesar 50 – 70%, karbondioksida (CO₂) 30 – 40%, Hidrogen (H₂) 5 – 10 persen dan gas-gas lain dalam komposisi yang lebih sedikit. Sumber energi biogas adalah kotoran ternak sapi, kerbau, babi dan kuda. Selain dapat membantu memenuhi kekurangan sumber energi, penggunaan biogas juga dapat mengurangi emisi GHG (*Green House Gas*). Pengaruh rumah kaca dapat mengakibatkan

temperatur bumi meningkat secara nignifikan. Hal ini dikarenakan sinar matahari yang sudah masuk ke bumi tidak dapat keluar lagi karena terhalang oleh adanya efek rumah kaca. Salah satu gas yang dapat menimbulkan pengaruh ini adalah metana (CH₄). Penggunaan biogas akan dapat mengurangi kadar metana dalam udara.

Di Indonesia, teknologi biogas bukan merupakan teknologi baru, namun sekitar tahun 1980-an sudah mulai diperkenalkan. Namun sampai saat ini belum mengalami perkembangan yang menggembirakan. Pengembangan teknologi biogas selama ini memiliki banyak kendala, antara lain yaitu: kekurangan *technical expertise*, reaktor biogas tidak berfungsi akibat bocor / kesalahan konstruksi, perancangannya sulit untuk diadaptasi sehingga membutuhkan penanganan secara manual (pengumpanan / mengeluarkan lumpur dari reaktor) dan biaya konstruksi yang mahal (Teguh, 2009). Berdasarkan pengamatan dilapangan ada beberapa kendala dari kontruksi reaktor biogas yaitu kesulitan memasukkan kotoran sapi ke reaktor biogas dan dalam proses pengurasan mengalami kendala. Hal ini

disebabkan harus membongkar reactor. Pada saat terjadi pembongkaran beresiko terjadi kebocoran. Proses pengurusan sangat sulit dilakukan sehingga banyak konstruksi reaktor biogas tidak bertahan lama. Disamping itu konstruksi reaktor biogas yang ada masih belum optimal.

Penelitian ini bertujuan menganalisa dan mengoptimalkan konstruksi reaktor biogas, melalui rekayasa ulang ulang (*redesign*) pada bagian konstruksinya. Untuk rekayasa ulang diperlukan metode *reverse engineering* (penduplikasian dan pengembangannya). Dari penelitian ini diharapkan dapat mengoptimalkan *output* reaktor biogas.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Reverse Engineering

Reverse engineering adalah suatu proses peniruan (penduplikasian) suatu barang yang sudah ada, tanpa adanya gambar, dokumentasi atau 3D model dari barang tersebut. Metode *reverse engineering* merupakan suatu langkah pembuatan ulang produk berdasarkan model benda yang didapat dari pengukuran benda nyata. Dalam hal peniruan ini, yang sering tidak diperhatikan secara seksama adalah cara meniru yang bebas dari kesalahan dan meniru berdasarkan ilmu-ilmu yang melatar belakangi dan bagaimana sebelumnya produk tersebut dibuat. Sebagian kalangan menyebutkan *reverse engineering* ini adalah *smart copying* atau mengkopi cerdas. Menurut (Bagus, 2005). *Reverse engineering* dapat digunakan dalam beberapa kasus. Pembuat suatu barang disebabkan oleh suatu alasan tertentu tidak lagi membuat barang tersebut. Tidak tersedianya secara mencukupi dokumentasi mengenai rancangan suatu barang, padahal diperlukan pembuatan ulang barang tersebut. Pembuat barang asli disebabkan oleh suatu hal tidak lagi ada padahal konsumen yang sudah terlanjur menggunakan barang tersebut masih memerlukannya. Dokumentasi mengenai rancangan suatu barang telah hilang atau memang tidak pernah ada. Ditemukannya adanya kekurangan pada

suatu barang yang menunjukkan bahwa terdapat kesalahan perancangan yang harus diperbaiki (misalnya terjadinya suatu keausan yang melebihi kewajaran. Diperlukannya penguatan suatu barang agar dapat dioperasikan dengan umur yang lebih panjang. Diperlukan adanya analisis terhadap kelebihan dan kekurangan barang pesaing. Diperlukannya penelitian untuk memperbaiki kinerja suatu barang. Mengadakan uji banding terhadap barang-barang pesaing untuk mendapatkan peluang dalam memperbaiki barang sendiri. Model CAD yang ada tidak memberi informasi yang cukup untuk mendukung metoda modifikasi ataupun metoda manufaktur saat ini. Pemasok barang asli tidak mau lagi memasok barang yang kita perlukan (misal adanya unsur sabotase). Mengganti material ataupun proses manufaktur menjadi yang sudah usang dengan material atau teknik pembuatan yang lebih baru.

2.2 Biogas

Gas bio yang didominasi oleh gas metana, merupakan gas yang dapat dibakar. Metana secara luas diproduksi di permukaan bumi oleh bakteri pembusuk dengan cara menguraikan bahan organik. Sekurangnya 10 tipe bakteri pembusuk yang berbeda dari bakteri *methanogenesis* yang berperan dalam pembusukan (Tiratsoo, 1979). Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri *metanogenik* akibat material - material yang terurai alami dalam kondisi *anaerob* atau tidak ada oksigen. Komposisi biogas (Yadava and Hesse, 1981 dalam Caya Khairani et al, 2005) adalah metana (CH₄) sebesar 50 – 70%, karbondioksida (CO₂) 30 – 40%, Hidrogen (H₂) 5 – 10 persen dan gas-gas lain dalam komposisi yang lebih sedikit. Sumber energi biogas adalah kotoran ternak sapi, kerbau, babi dan kuda (Arinal Hamni., 2008).

Gas metana (CH₄) termasuk gas yang menimbulkan pengaruh rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomena pemanasan global, karena gas metana memiliki dampak 21 kali lebih tinggi

dibandingkan gas karbondioksida (CO₂) (Anon, 1997). Pengurangan gas metana secara lokal ini dapat berperan positif dalam upaya mengatasi masalah global (pengaruh rumah kaca) yang berakibat pada perubahan iklim global. Pengaruh terhadap *global warming* yang sudah bisa dirasakan oleh seluruh penduduk dunia, di mana salah satu faktor penyebabnya adalah penggunaan BBM yang tinggi ditambah lagi dengan permasalahan kelangkaan dan semakin mahalnya harga bahan bakar minyak, maka perlu adanya langkah – langkah nyata untuk mengatasi hal ini. Beberapa pilihan yang banyak dilakukan adalah penghematan pemakaian bahan bakar minyak serta usaha diversifikasi energi. Salah satu contoh usaha yang dilakukan adalah mengganti BBM (bahan bakar minyak) dengan BBG (bahan bakar gas). Pertimbangannya adalah Indonesia saat ini memiliki cadangan gas yang lebih banyak daripada cadangan minyak bumi, belum lagi potensi gas dihasilkan dari selain gas alam yaitu biogas.

Ada banyak jenis gas yang dapat dipakai sebagai bahan bakar. Secara umum ada tiga jenis gas yang paling populer dipakai yaitu LPG (*Liquified Petroleum Gas*), LNG (*Liquified Natural Gas*) dan Biogas. LPG adalah campuran gas produk sampingan dari pengilangan minyak, komposisinya terdiri dari campuran propana, butana, propilen dan butilen, sifatnya mudah dicairkan pada suhu normal dan memiliki nilai kalori yang tinggi. LNG adalah hasil murni dari penambangan minyak tertentu yang kebetulan memiliki kandungan gas alam, komponen utamanya adalah metana (CH₄). Sementara itu, biogas adalah hasil reaksi dekomposisi anaerobik alamiah yang melapukkan sisa tumbuhan dan bahan organik. Proses ini banyak terjadi di rawa - rawa sehingga disebut gas rawa (*marsh gas*) dengan komponen utamanya adalah metana (CH₄).

2.3 Prinsip Teknologi Biogas

Pada prinsipnya, teknologi biogas adalah teknologi yang memanfaatkan proses fermentasi (pembusukan) dari sampah organik secara *anaerob* (tanpa udara) oleh bakteri methan sehingga dihasilkan gas

methan. Gas methan adalah gas yang mengandung satu atom C dan 4 atom H yang memiliki sifat mudah terbakar. Gas methan yang dihasilkan kemudian dapat dibakar sehingga dihasilkan energi panas. Bahan organik yang bisa digunakan sebagai bahan baku industri ini adalah sampah organik, limbah yang sebagian besar terdiri dari kotoran dan potongan-potongan kecil sisa-sisa tanaman, seperti jerami dan sebagainya, serta air yang cukup banyak.

Prinsip pembangkit biogas, yaitu menciptakan alat yang kedap udara dengan bagian-bagian pokok terdiri atas pencerna (*digester*), lubang pemasukan bahan baku dan pengeluaran lumpur sisa hasil pencernaan (*slurry*), dan pipa penyaluran biogas yang terbentuk. Di dalam *digester* ini terdapat bakteri methan yang mengolah limbah bio atau biomassa dan menghasilkan biogas. Dengan pipa yang didesain sedemikian rupa, gas tersebut dapat dialirkan ke kompor yang terletak di dapur. Gas tersebut dapat digunakan untuk keperluan memasak dan lain - lain.

2.4 Komponen Utama Kontruksi Reaktor Biogas

Komponen pada kontruksi reaktor biogas sangat bervariasi, tergantung pada jenis *digester* yang digunakan. Tetapi, secara umum *biodigester* terdiri dari komponen-komponen utama sebagai berikut (Suyitno, 2010) :

a. Saluran Masuk (*Inlet*)

Saluran ini digunakan untuk memasukkan *slurry* (campuran kotoran ternak dan air) ke dalam reaktor utama. Pencampuran ini berfungsi untuk memaksimalkan potensi biogas, memudahkan pengaliran, serta menghindari terbentuknya endapan pada saluran masuk.

b. Ruang *Digestion* atau *digester* (ruang fermentasi/reaktor)

Ruangan *digestion* berfungsi sebagai tempat terjadinya proses *digestion* dan dibuat kedap terhadap udara. Ruangan ini dapat juga dilengkapi dengan penampung gas.

c. Saluran Keluar Residu (*sludge*)

Saluran ini digunakan untuk mengeluarkan kotoran yang telah difermentasi oleh bakteri. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan tekanan hidrostatis. Residu yang keluar pertama kali merupakan *slurry* masukan yang pertama setelah waktu retensi. *Slurry* yang keluar sangat baik untuk pupuk karena mengandung kadar nutrisi yang tinggi.

d. Sistem Pengaduk

Pengadukan dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya : Pengadukan mekanis, Sirkulasi *substrat biodigester*, atau Sirkulasi ulang produksi biogas ke atas *biodigester* menggunakan pompa. Pengadukan ini bertujuan untuk mengurangi pengendapan dan meningkatkan produktifitas *digester* karena kondisi substrat yang seragam.

e. Saluran Gas

Saluran gas ini disarankan terbuat dari bahan polimer untuk menghindari korosi. Untuk pembakaran gas pada tungku, pada ujung saluran pipa bisa disambung dengan pipa baja antikorosi.

3. PENGEMBANGAN MODEL KONTRUKSI REAKTOR BIOGAS

Pengembangan model dalam hal ini adalah *redesign* dilakukan untuk mengoptimalkan model sebelumnya yang menggunakan metode *reverse engineering* (menduplikat dan mengembangkan yang sudah ada). Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan untuk pembuatan ulang konstruksi reaktor biogas dengan metode *reverse engineering* adalah :

1. Penggalan informasi teknik mengenai konstruksi reaktor biogas yang akan di *redesign*, didapat dari literatur umum, internet maupun langsung pada ahlinya.
2. Menggali *knot-how* dan *knowledge* konstruksi reaktor biogas yang akan di *redesign*. Untuk itu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

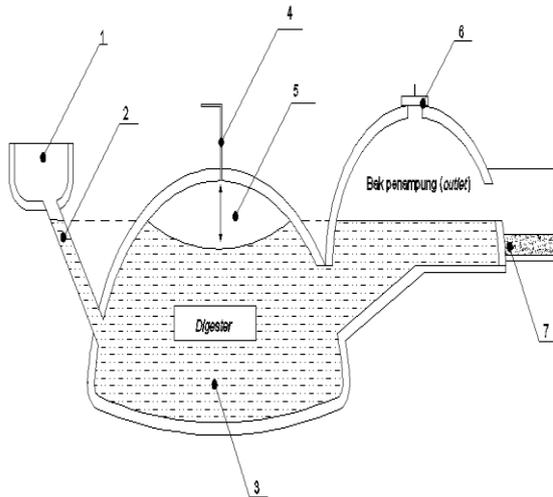
a. Penentuan fungsionalitas dari konstruksi reaktor biogas maupun *part* didalamnya yang akan di *redesign*, yaitu :

- (i) Tentukan semua *input* dan *output* yang ada pada sistem yang akan di *redesign* (kotoran sapi dan gas yang dihasilkan).
- (ii) Tentukan proses yang terjadi dalam sistem yang akan di *redesign*.
- (iii) Tentukan semua *part* yang ada pada sistem yang akan di *redesign*.
- (iv) Tentukan fungsi semua *part* yang ada pada sistem yang akan di *redesign*.

b. Pengamatan terhadap geometri dan spesifikasi dari *part* yang akan di *redesign*, yang diperoleh dari :

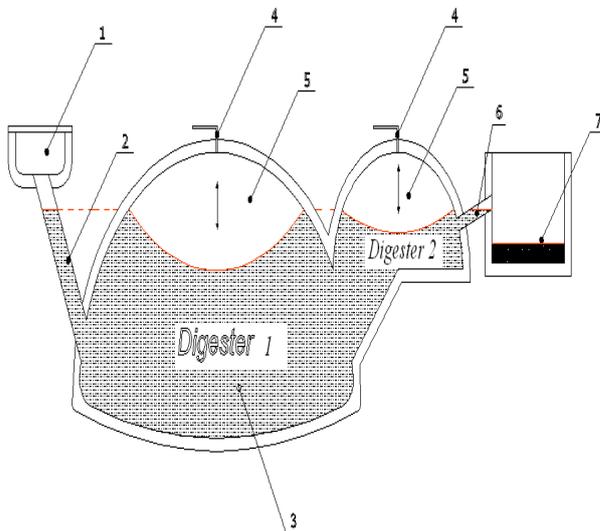
- (i) Pengamatan secara langsung (mengukur, mensketsa, memfoto).
- (ii) Bertanya pada ahli konstruksi reaktor biogas.
- (iii) Pemodelan dan analisa teknik perancangan ulang konstruksi reaktor biogas.
- (iv) Merancangan.

Redesign kemudian disimulasi menggunakan *software* komputer untuk mengetahui hasil *output*, apakah lebih optimal dibandingkan dengan konstruksi reaktor biogas sebelumnya. Gambar 1, adalah konstruksi awal reaktor, Sedangkan Gambar 2. adalah konstruksi reaktor setelah dilakukan perancangan ulang



Gambar 1. Model kontruksi reaktor biogas sebelumnya

Keterangan Gambar 1 : (1) inlet ; (2) pipa Inlet (3) slurry (feses dan air), (4) pipakeluar gas (5) ruang gas (6) tutup bak penampung (outlet) (7) pupuk.



Gambar 2. Model kontruksi reaktor biogas redesign

Keterangan Gambar 2 : (1) inlet, (2) pipa inlet (3) slurry (feses dan air) (4) pipakeluar gas (5) ruang gas (6) pipa keluaran slurry (pengunci gas) (7) pupuk.

Sedang rumus - rumus yang digunakan :

$$VD = \frac{4}{3}\pi r_1^3 + \frac{1}{3}\pi r_1^2 t \quad \dots\dots \quad VP = \frac{4}{3}\pi r_2^3$$

Dimana: VD = Volume digester; VP = Volume bak penampung; r_1 = jari-jari digester r_2 = Jari-jari bak penampung dan t = tinggi kerucut.

3.1 Pengumpulan Data

Adapun data - data yang dibutuhkan dalam penelitian kali ini antara lain:

1. Data primer diperoleh langsung dari sumber obyek yang diteliti, diamati, dan dicatat pada saat penelitian. Metode yang dilakukan untuk memperoleh data primer antara lain:
 - a. Observasi, dilakukan dengan pengamatan secara langsung dan pencatatan data seperti tekanan gas yang dihasilkan dan jumlah kotoran sapi.
 - b. Interview yaitu wawancara bebas yang ditujukan pada orang yang berpengaruh dan yang memakai langsung kontruksi reaktor biogas.
2. Data sekunder yang dibutuhkan antara lain: jenis - jenis kontruksi reaktor biogas. Adapun data - data yang diperoleh adalah sebagai berikut :
 - (1) Volume reaktor biogas.
 - (2) Banyaknya kotoran sapi.
 - (3) Gas yang dihasilkan,
 - (4) Tekanan yang dihasilkan.

Pengambilan data dilakukan dengan cara :

- (a) Volume reaktor biogas didapat menggunakan alat pengukur (meteran) kemudian menggunakan rumus yang ada.
- (b) Banyaknya kotoran sapi didapat dengan cara menimbang kotoran sapi setiap pagi dan sore hari selama 7 hari.
- (c) Gas yang dihasilkan didapat dari kajian teori ($1 \text{ kg kotoran sapi} = 0,023 \text{ m}^3$).
- (d) Tekanan yang dihasilkan didapat dengan menggunakan alat pengukur tekanan (*manometer*).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kontruksi Reaktor Biogas sebelumnya

Pada kontruksi awal, reaktor mempunyai beberapa kelebihan, namun masih ada bagian dari kontruksi yang dapat di optimalkan. Berikut adalah kelebihan yang dimilikinya yaitu : Kemungkinan terjadinya pengendapan relatif kecil karena bentuk *digester* seperti bola, mudah memasukan kotoran sapi kedalam *digester* karena pipa *inlet* dibawah bak masukan, tidak perlu melakukan pengurasan (perlu waktu lama), dan umur lebih lama dari pada kontruksi reaktor tipe yang pertama

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan secara langsung pada kontruksi reaktor biogas awal. Dari jumlah ternak sapi empat ekor didapatkan masukan rata - rata per hari kotoran sapi selama tujuh hari adalah 35 kg pada pagi hari dan 24 kg pada sore hari. Dari volume *digester* sebesar 15 m^3 , masukan kotoran sapi pagi hari menghasilkan gas sebanyak $0,805 \text{ m}^3$ dan masukan kotoran sapi sore hari menghasilkan gas sebanyak $0,552 \text{ m}^3$ ($1 \text{ kg kotoran sapi} = 0,023 \text{ m}^3$). Rata - rata tekanan gas selama tujuh hari dari pagi sampai sore hari (06.30 - 16.30) adalah 1,11 psi, dari sore sampai malam hari (17.00 - 22.00) adalah 1,08 psi. Dari data - data tersebut biogas ini disalurkan kepada tiga kepala rumah tangga untuk kebutuhan memasak sehari - hari.

4.2 Kontruksi Reaktor Biogas Hasil Perancangan Ulang

Perancangan ulang dilakukan berdasarkan data yang diperoleh yang kemudian dianalisa dari kontruksi reaktor biogas awal. Perubahan bentuk kontruksi diharapkan akan menambah ke-optimalan *output* biogas tersebut. Berdasarkan pengamatan secara langsung pada bagian bak penampung, masih ada sisa gas yang masih belum dimanfaatkan dan terbuang begitu saja. Dari pengamatan tersebut, perlu dilakukan sedikit perubahan kontruksi reaktor biogas awal khususnya pada bagian bak penampung (*outlet*) untuk menangkap sisa gas yang terbuang (*Nurhasanah, A, et al., 2005*). Berikut perubahan yang terjadi ditunjukkan pada gambar 2 diatas.

Volume *digester* tidak mengalami perubahan, namun dilakukan dua pembagian volume bak penampung. Bak penampung pertama sebagai *digester 1*, dengan volume $4,6 \text{ m}^2$ dan bak penampung kedua menjadi *digester 2* dengan volumenya sebesar $1,52 \text{ m}^3$. *Digester* digunakan sebagai penangkap gas berlebihan dari *digester 1*. Oleh karena tinggi *digester* sama maka keduanya terpendam dalam tanah. Sehingga tekanan gas yang keluar menjadi optimal. Kedua ketinggian *digester* sama bertujuan untuk menstabilkan suhu (*Sri Wahyuni, MP, 2009*). Kedua *digester* penampung ditutup rapat dan dipasang pipa yang naik keatas, hal ini berfungsi untuk mengunci gas yang ada dan digunakan sebagai saluran keluaran gas. Simulasi memberikan *output* waktu proses yang dibutuhkan adalah 14 jam 2 menit, *utilitas digester* sebesar 0,96%, rata - rata waktu proses untuk menjadi gas adalah 152 menit pada pagi. Sedangkan pada waktu sore sebesar 98,68%. Jumlah pengeluaran yang diperoleh dari *digester 2* sebesar 4 kg dengan tekanan sebesar 0,127 psi pada pagi hari. Sedangkan pada sore hari 2 kg dengan tekanan sebesar 0,090 psi.

Perancangan ulang lebih optimal karena menggunakan dua *digester* jika dibandingkan pada konstruksi reaktor awal. Hasil yang diperoleh pada *digester* 2, dapat memberikan manfaat tambahan lagi bagi dua rumah tangga.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut :

1. Perancangan ulang konstruksi reaktor biogas memberikan *output* lebih optimal.
2. Keuntungan yang diperoleh dari perancangan ulang konstruksi reaktor biogas adalah gas yang terbuang pada bak penampung dapat dimanfaatkan untuk disalurkan pada satu atau dua kepala rumah tangga tambahan.

5.2 Saran

Hasil penelitian ini dapat menambah khasanah keilmuan khususnya dalam bidang energi alternatif yaitu konstruksi reaktor biogas. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dalam upaya memperoleh hasil yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagus Arthaya., (2005). *pembuatan ulang mesin diesel dengan metode reverse engineering*. PT. Great. Bandung.
- Arinal Hamni., 2008, rancang bangun dan analisa tekno ekonomi alat biogas dari kotoran ternak skala rumah tangga. *Proceeding seminar hasil penelitian dan pengabdian masyarakat*, Lampung.
- Caya Khairani, Sumarni, Basrum, dan Daniel Bulo., 2005, *pemanfaatan kotoran ternak sebagai alternatif sumber energi di tingkat masyarakat tani di pedesaan*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, Sulawesi Tengah.
- Nurhasanah, A, Widodo,T.W., Asari, A., dan Rahmarestia, 2005. *perkembangan digester biogas di Indonesia*, Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Jakarta.
- Sri Wahyuni, Mp (2009). *biogas*.cetakan pertama: Penebar Swadaya. Jakarta.
- Suyitno, Muhammad Nizam, Dharmanto (2010). *teknologi biogas: pembuatan, operasional dan pemanfaatan*.Edisi Pertama:Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Teguh Wikan Widodo dan A. Asari., 2009. teori dan konstruksi instalasi biogas. *Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian Serpong*. Jakarta.
- Tiratsoo, E.N., (1979), *natural gas fuel for future? a world survey*. Third Edition, Gulf Publishing Company, Houston Texas.
- Tuti Haryati., (2006). biogas: limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif. *Jurnal Peternakan*, Vol. 16 No . 3.