

REDESIGN KONSTRUKSI REAKTOR BIOGAS MENGGUNAKAN REVERSE ENGINEERING

REDESIGN OF REACTOR CONSTRUCTION BIOGAS USE REVERSE ENGINEERING

Mahdi Jakfar dan Dwi Suheryanto

Balai Besar Kerajinan dan Batik

BPKIMI. Kementerian Perindustrian RI

Jl. Kusumanegara 7 Yogyakarta 55166. Telp. (0274) 546111 Fax. (0274) 543582

ABSTRAK

Makin tingginya kebutuhan bahan bakar, terutama gas dan minyak untuk kebutuhan rumah tangga mengakibatkan harga semakin mahal, dan juga semakin langka di pasaran. Usaha untuk mengatasi hal-hal yang demikian, mendorong pemikiran akan perlunya pencarian sumber-sumber energi alternatif agar kebutuhan bahan bakar dapat dipenuhi tanpa merusak lingkungan. Salah satu energi alternatif adalah biogas dari kotoran ternak. Penelitian ini bertujuan menganalisa dan mengoptimalkan konstruksi reaktor biogas yang telah ada, dengan cara mendisain ulang (redesign) pada bagian-bagian konstruksi yang dapat dioptimalkan untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan pada konstruksi reaktor biogas yang telah ada dengan menggunakan metode reverse engineering (menduplikat dan mengembangkan yang sudah ada). Redesign akan disimulasikan menggunakan software komputer untuk mengetahui hasil output. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa redesign konstruksi reaktor biogas dapat menambahkan output yaitu gas lebih banyak dari pada konstruksi reaktor biogas yang telah ada sebesar 4 kg atau menghasilkan tekanan sebesar 0,127psi pada pagi hari, sementara pada sore hari 2 kg atau menghasilkan tekanan sebesar 0,090 psi dari bak penampung yang telah dijadikan digester.

Kata kunci: konstruksi reaktor biogas, redesign, reverse engineering.

ABSTRACT

More fuel need heightly, especially gas and oil for household need causes price more expensive, and also more scarce at market. Effort to overcome such matters, will push thinking the importance of alternative energy sources livelihood so that fuel need can be filled without botch environment. One of [the] alternative energy biogas from livestock dirt. this watchfulness aims to analyze and optimize reactor construction biogas that there, by design repeat (redesign) in parts construction that can be optimized to repair deficits in reactor construction biogas that there by using method reverse engineering (duplicated and develop that there), redesign simulation will use computer software to will detect result output. result from simulation has showed that redesign of reactor construction biogas can add output that is gas more many from in reactor construction biogas that there as big as 4 kg or produce pressure as big as 0,127psi in morning, temporary in the evening 2 kg or produce pressure as big as 0,090 psi from receptacle that have been gestered.

Keyword: reactor construction biogas, redesign, reverse engineering

PENDAHULUAN

Makin tingginya kebutuhan bahan bakar, terutama gas dan minyak untuk kebutuhan rumah tangga mengakibatkan harga semakin mahal, dan juga semakin langka di pasaran. Usaha untuk mengatasi hal-hal yang demikian, mendorong pemikiran akan perlunya pencarian sumber-sumber energi alternatif agar kebutuhan bahan bakar dapat dipenuhi tanpa merusak 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 (CH_4) sebesar 50 – 70%, karbondioksida (CO_2) 30 – 40%, Hidrogen (H_2) 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*). Seperti yang kita tahu, efek rumah kaca dapat mengakibatkan temperatur di bumi makin hari makin naik. 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

efek ini adalah metana (CH_4). Penggunaan biogas akan dapat mengurangi kadar metana dalam udara.

Teknologi biogas bukanlah merupakan teknologi baru di Indonesia, 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, disain tidak *user friendly*, membutuhkan penanganan secara manual (pengumpanan/ mengeluarkan lumpur dari reaktor) dan biaya konstruksi yang mahal (Teguh, 2009). Berdasarkan pengamatan dilapangan ada beberapa kendala dari konstruksi reaktor biogas yaitu sulitnya masuknya kotoran sapi ke reaktor biogas dan dalam proses pengurasan mengalami kendala dikarenakan harus membongkar reaktor, pada saat reaktor akan diperbaiki resiko yang terjadi adalah kebocoran. Proses pengurasan sangat sulit dilakukan sehingga banyak konstruksi reaktor biogas tidak bertahan lama (berhenti beroperasi) serta masih belum optimalnya konstruksi reaktor biogas yang ada.

Penelitian ini bertujuan menganalisa dan mengoptimalkan konstruksi reaktor biogas yang telah ada, dengan cara mendisain ulang (*redesign*) pada bagian-bagian konstruksi yang dapat dioptimalkan untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan pada konstruksi reaktor biogas dan mengoptimalkan gas yang merupakan *output* dari konstruksi reaktor biogas yang telah ada menggunakan metode *reverse engineering* (penduplikasian dan pengembangan barang yang sudah ada). Dari penelitian ini diharapkan dapat mengoptimalkan konstruksi reaktor biogas dan lebih memasyarakatkan industri biogas untuk menghemat energi dan mengurangi efek rumah kaca.

KAJIAN PUSTAKA

Reverse Engineering

Reverse engineering adalah suatu proses peniruan (penduplikasian) suatu barang yang sudah ada, tanpa adanya gambar, dokumentasi atau 3-d 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, hal yang sering tidak diperhatikan secara seksama adalah cara meniru yang bebas dari kesalahan dan meniru berdasarkan ilmu-ilmu yang melatar belakangi bagaimana produk tersebut bisa dibuat sebelumnya. Sebagian kalangan menyebutkan *reverse engineering* ini adalah *smart copying* atau mengcopi cerdas (Bagus, 2005). *Reverse engineering* diperlukan pada beberapa kasus sebagai berikut (Bagus, 2005):

- 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.

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 (CH_4) sebesar 50-70%, karbondioksida (CO_2) 30 – 40%, Hidrogen (H_2) 5-10 persen dan gas-gas lain dalam komposisi yang lebih sedikit. Sumber energi biogas adalah kotoran ternak sapi, kerbau, babi dan kuda.

Gas metana (CH_4) termasuk gas yang menimbulkan efek rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomena pemanasan global, karena gas metana memiliki dampak 21 kali lebih tinggi dibandingkan gas karbondioksida (CO_2) (Anon, 1997). Pengurangan gas metana secara lokal ini dapat berperan positif dalam upaya mengatasi masalah global (efek rumah kaca) yang berakibat pada perubahan iklim global. Dengan adanya efek dari *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 opsi 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 (CH_4). 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 (CH_4).

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.

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)
Ruang *digestion* berfungsi sebagai tempat terjadinya proses *digestion* dan dibuat kedap terhadap udara. Ruang 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 hidrostatik. 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 antikarat.

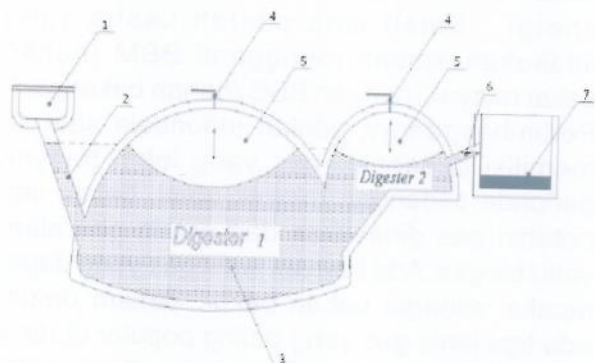
METODE PENELITIAN

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 kontruksi reaktor biogas dengan metode *reverse engineering* adalah :

- a. Penggalan informasi teknik mengenai kontruksi reaktor biogas yang akan di *redesign*, didapat dari literatur umum, internet maupun langsung pada ahlinya.
- b. Menggali *knowhow* dan *knowledge* kontruksi reaktor biogas yang akan di *redesign*. Untuk itu dilakukan langkah-langkah yang menyangkut
 - 1). Penentuan fungsionalitas dari kontruksi reaktor biogas maupun *part* didalamnya yang akan di *redesign*, yaitu :
 - Tentukan semua *input* dan *output* yang ada pada sistem yang akan di *redesign* (kotoran sapi dan gas yang dihasilkan).
 - Tentukan proses yang terjadi dalam sistem yang akan di *redesign*
 - Tentukan semua *part* yang ada pada sistem yang akan di *redesign*
 - Tentukan fungsi semua *part* yang ada pada sistem yang akan di *redesign*
 - 2). Pengamatan terhadap geometri dan spesifikasi dari *part* yang akan di *redesign*, yang diperoleh dari :
 - Pengamatan secara langsung (mengukur, mensketsa, memfoto)
 - Bertanya pada ahli kontruksi reaktor biogas
 - 3). Pemodelan dan analisa teknik *redesign* kontruksi reaktor biogas
 - 4). Perancangan
Redesign akan disimulasikan menggunakan *software* komputer untuk mengetahui hasil *output*, apakah lebih optimal dibandingkan dengan kontruksi reaktor biogas yang sudah ada. Berikut model gambar sebelum dan setelah di *redesign*.



Gambar 3. Kontruksi reaktor biogas *redesign*

Keterangan Gambar 3

1. *Inlet*
2. Pipa *Inlet*
3. *Slurry* (feses dan air)
4. Pipa keluar gas
5. Ruang gas
6. Pipa keluaran *slurry* (pengunci gas)
7. Pupuk

Volume *digester* tidak mengalami perubahan, terjadi perubahan ukuran pada volume bak penampung yang dijadikan sebagai *digester* ke dua sebelumnya volumenya sebesar 4,6 m³ menjadi lebih kecil sebesar 1,52 m³, ini dikarenakan untuk menangkap gas yang ada didalam bak penampung agar tekanan gas yang nanti keluar bisa optimal dan ketinggiannya juga disejajarkan dengan *digester* sehingga sama-sama terpendam dalam tanah, hal ini bertujuan untuk kestabilan suhu. Tutup bak penampung ditutup rapat dan digantikan pipa keluaran gas untuk disalurkan lagi. Diantara bak penampung dan bak penampung pupuk dipasang pipa yang naik keatas, ini berfungsi untuk mengunci gas yang ada di bak penampung agar tidak bisa keluar kecuali melewati pipa keluaran gas, dengan kata lain bak penampung dijadikan *digester*, sehingga hasil *redesign* mempunyai dua *digester*. *Redesign* akan disimulasikan menggunakan *software* komputer untuk mengetahui hasil *output*, dari hasil simulasi didapatkan bahwa waktu proses yang dibutuhkan adalah 14 jam lebih 2 menit, utilitas atau kegunaan tertinggi pada *digester* sebesar 0,96 %, rata-rata waktu memproses untuk menjadi gas adalah 152 menit untuk pagi dan sore hari atau sebesar 98,68 %. *Total exit* yang didapat dari bak penampung yang telah dijadikan *digester* (*digester* 2) sebesar 4 kg atau menghasilkan tekanan sebesar 0,127 psi pada pagi hari, sementara pada sore hari 2 kg atau menghasilkan tekanan sebesar 0,090 psi. *Redesign* jelas lebih optimal karena menggunakan dua *digester* dibandingkan dengan desain lama yang hanya menggunakan satu *digester* saja, gas yang keluar dari *digester* dua bisa disalurkan lagi untuk 1 atau 2 kepala rumah tangga sebagai bahan bakar alternatif.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- a. Kontruksi reaktor biogas pada tipe kedua masih bisa dioptimalkan dengan cara mengubah sedikit kontruksinya (*redesign*) sehingga menghasilkan gas yang lebih banyak atau lebih optimal dari kontruksi reaktor biogas sebelumnya.
- b. Keuntungan yang diperoleh dari *redesign* kontruksi reaktor biogas adalah gas yang terbuang pada bak penampung dapat dimanfaatkan untuk disalurkan pada satu atau dua kepala rumah tangga lagi.

Saran

Hasil penelitian ini dapat menambah khasanah keilmuan khususnya dalam bidang energi alternatif yaitu kontruksi reaktor biogas. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dari hasil *redesign* kontruksi reaktor biogas untuk lebih ditingkatkan keoptimalannya.

Daftar Pustaka

- BAGUS ARTHAYA, Pembuatan ulang mesin diesel dengan metode reverse engineering. PT. Great. Bandung, 2005.
- Arinal Hamni., Rancang bangun dan analisa tekno ekonomi alat biogas dari kotoran ternak skala rumah tangga. Proceeding seminar hasil penelitian dan pengabdian masyarakat, Lampung, 2008.
- Ario Indarto., 2008. Pengaruh penambahan limbah *slurry* dan produk pupuk cair *slurry* terhadap laju pertumbuhan tanaman mentimun, Jurusan Teknik lingkungan FTSP. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2008.
- Caya Khairani, Sumarni, Basrum, dan Daniel Bulo., Pemanfaatan kotoran ternak sebagai alternatif sumber energi di tingkat masyarakat tani di pedesaan. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, Sulawesi Tengah, 2005.
- CHAIRUL SALEH, Metodologi penelitian : sebuah petunjuk praktis. CV. Jaya Abadi. Yogyakarta, 2008.
- Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian-Ditjen PPHP, Jakarta, 2006.

Maulidia Herlanda, Sampah organik bantar gebang sebagai sumber biogas Indonesia, SMAN 1 Tambun selatan. Bekasi, 2008.

Nurhasanah, A, Widodo,T.W., Asari, A., dan Rahmarestia, Perkembangan digester biogas di Indonesia, Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Jakarta, 2005.

SRI WAHYUNI, Mp., Biogas, cetakan pertama: Penebar Swadaya. Jakarta.

SUYITNO, MUHAMMAD NIZAM, DHARMANTO. Teknologi biogas: pembuatan, operasional dan pemanfaatan, .Edisi Pertama:Graha Ilmu. Yogyakarta, 2010

Teguh Wikan Widodo dan A. Asari., Teori dan onstruksi instalasi biogas. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian Serpong. Jakarta, (2009).

TIRATSO, E.N. Natural gas fuel for future? a world survey, Third Edition, Gulf Publishing Company, Houston Texas, 1979.

Tuti Haryati., Biogas: limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif. Jurnal Peternakan, Vol. 16 No . 3, 2006.