

TEKNOLOGI PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH TERNAK UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN ENERGI RUMAH TANGGA

BIOGAS PRODUCTION TECHNOLOGY OF LIVESTOCK WASTE TO MEET HOUSEHOLD ENERGY NEEDS

Bambang Singgih¹, Yusmiati²

Balai Besar Teknologi Pati
Deputi Teknologi Agroindustri dan Bioteknologi, Gedung II – BPPT,
Jl. MH. Thamrin 8, Jakarta Pusat 10340 Telepon (021) 3169598
E-mail : bambang.singgih@bppt.go.id, yusmiati @bppt.go.id

Dikirim 27 Februari 2018 Direvisi 04 Maret 2018 Disetujui 23 Maret 2018

Abstrak : Biogas adalah salah satu energi terbarukan dan ramah lingkungan. Energi biogas dapat diperoleh dari air buangan rumah tangga; kotoran cair dari peternakan ayam, sapi, babi; sampah organik dari pasar; industri makanan dan sebagainya. Untuk mengubah limbah ternak menjadi biogas dibutuhkan serangkaian alat yang disebut reaktor biogas. Kajian dilakukan dengan metode kualitatif melalui studi pustaka dan mengolahnya berdasarkan hasil-hasil implementasi yang telah ada. Reaktor biogas terbagi menjadi tiga tipe yaitu tipe terapung, tipe kubah tetap, dan tipe balon. Tipe reaktor biogas yang direkomendasikan untuk pengolahan biogas limbah ternak adalah reaktor tipe kubah tetap (fixed dome) karena memiliki keunggulan diantaranya adalah biaya konstruksi lebih murah daripada reaktor terapung, bisa dikerjakan sendiri oleh peternak, lebih tahan lama dibanding reaktor tipe balon, serta perawatannya lebih mudah.

Kata kunci : kotoran sapi, biogas, gas metana

Abstract : Biogas is one of renewable energy and environmentally friendly. Biogas energy can be obtained from household waste water; liquid waste from chicken, cow, pig farms; organic waste from the market; food industry and so on. To convert livestock wastes into biogas, a series of devices called biogas reactors are needed. The study was conducted by qualitative method through literature study and process it based on the results of existing implementation. Biogas reactors are divided into three types: floating type, fixed dome type, and balloon type. The recommended type of biogas reactor for biogas processing of livestock waste is fixed dome type reactors because it has advantages such as construction cost is cheaper than floating reactor, can be done by breeder, more durable than balloon type reactor, and easier maintenance.

Keywords : cow dung, biogas, methane

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang sangat cepat, dengan ekspansi bidang industri menyebabkan peningkatan permintaan energi dan penurunan kualitas lingkungan. Meskipun Indonesia adalah salah satu Negara penghasil minyak dan gas, namun berkurangnya cadangan minyak, pencabutan subsidi menyebabkan harga minyak naik dan turunnya kualitas lingkungan akibat penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan. Oleh karena itu, pemanfaatan sumber-sumber energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan menjadi pilihan. Salah satu dari

energi terbarukan adalah biogas, biogas memiliki peluang yang besar dalam pengembangannya. Energi biogas dapat diperoleh dari air buangan rumah tangga; kotoran cair dari peternakan ayam, sapi, babi; sampah organik dari pasar; industri makanan dan sebagainya. Kapasitas terpasang pemanfaatan biogas adalah kurang dari satu persen dari potensi biogas yang ada (685 MW). Dari ternak ruminansia besar saja (sapi perah, sapi potong dan kerbau) dengan populasi 13.680.000 ekor (pada tahun 2004) dan struktur populasi ternak (anak, muda, dewasa) kotoran segar rata-rata 12

kg/ekor/hari, dapat menghasilkan kotoran segar 164.160.000 ton per hari atau setara dengan 8,2 juta liter minyak tanah/hari (Syamsuddin dan Iskandar, 2005).

Penggunaan sistem reaktor biogas memiliki keuntungan, antara lain yaitu mengurangi efek gas rumah kaca, mengurangi bau yang tidak sedap, mencegah penyebaran penyakit, panas, daya (mekanis/listrik) dan hasil samping berupa pupuk padat dan cair. Pemanfaatan limbah dengan cara seperti ini secara ekonomi akan sangat kompetitif seiring naiknya harga bahan bakar minyak dan pupuk anorganik. Disamping itu, cara-cara ini merupakan praktek pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Marchaim, 1992; Anonim, 1984)

Teknologi biogas bukanlah merupakan teknologi baru di Indonesia, sekitar tahun 1980-an sudah mulai diperkenalkan. Namun sampai saat ini belum mengalami perkembangan yang menggembirakan. Beberapa kendala antara lain yaitu kekurangan *technical expertise*, reaktor biogas tidak berfungsi akibat bocor/kesalahan konstruksi, desain tidak *user friendly*, membutuhkan penanganan secara manual (pengumpanan/mengeluarkan lumpur dari reaktor) dan biaya konstruksi yang mahal. Oleh karena itu, diperlukan pengkajian yang lebih mendalam secara teknis dan ekonomis serta cara-cara pendekatan baru dalam pengembangannya (Widodo dan Nurhasanah, 2004; Widodo *et al.*, 2006).

Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi jenis teknologi yang paling *user friendly* dan yang paling menguntungkan secara teknis dan lingkungan.

TUJUAN

Pembuatan makalah bertujuan untuk memberikan rekomendasi yang tepat dan layak dikembangkan secara teknis dan lingkungan terhadap jenis teknologi yang

digunakan untuk mengolah limbah ternak menjadi biogas.

METODOLOGI

Kajian dilakukan dengan metode kualitatif melalui studi pustaka dan mengolahnya berdasarkan hasil-hasil implementasi yang telah ada.

Studi pustaka dilakukan untuk memberikan rekomendasi jenis teknologi terhadap jenis teknologi yang sudah umum digunakan pada pengolahan limbah ternak menjadi biogas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Reaktor Biogas

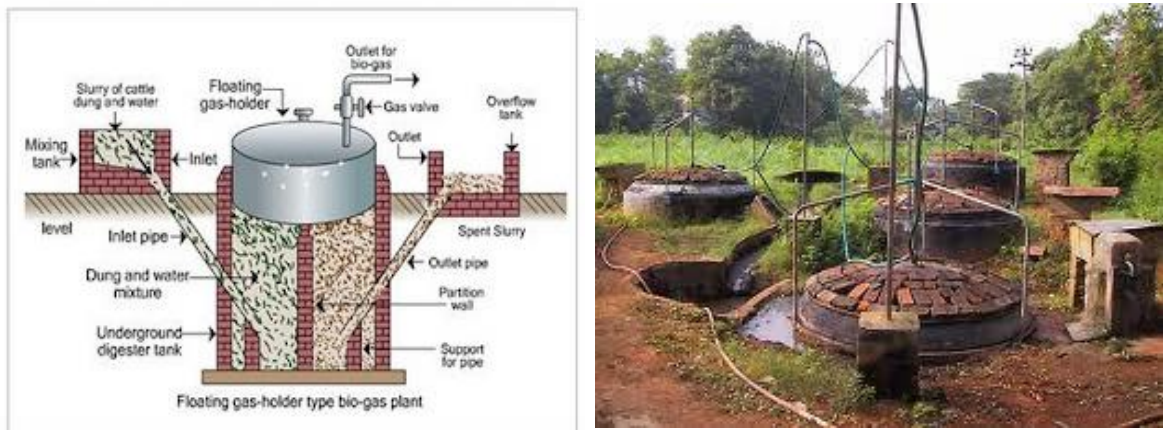
Reaktor biogas adalah serangkaian alat yang berfungsi mengubah kotoran binatang, kotoran manusia dan materi organik lainnya, menjadi biogas. Konsumsi biogas untuk skala rumah tangga antara lain digunakan sebagai bahan bakar memasak dan lampu untuk penerangan.

Pada umumnya, secara konstruksi reaktor biogas dapat digolongkan kedalam tiga jenis, yaitu (Nijaguna, 2002) :

1) Tipe Terapung (*Floating Type*)

Tipe ini terdiri atas sumur pencerna, kemudian di bagian atas terdapat drum terapung (bergerak naik turun) yang berfungsi untuk menampung gas hasil fermentasi. Bahan konstruksi sumur pencerna menggunakan bahan-bahan, seperti pasir, batu bata, dan semen. Kelebihan reaktor ini adalah dapat melihat secara langsung volume gas yang tersimpan dalam drum. Sedangkan kekurangannya adalah biaya material konstruksi drum relatif tinggi dan tingkat korosifitas drum relatif besar, sehingga dapat mempengaruhi umur reaktor. Reaktor tipe terapung berkembang di Negara India (sekitar tahun 1937) sehingga digester ini disebut juga dengan tipe India.

Reaktor biogas tipe *floating type* diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaktor biogas tipe *floating drum*

2) Tipe Kubah Tetap (*Fixed Dome Type*)

Tipe ini merupakan tipe yang paling banyak diterapkan di Indonesia. Bahan konstruksi reaktor ini menggunakan bata, pasir, dan semen yang disusun berbentuk rongga kedap udara (mirip kubah). Reaktor *fixed dome* memiliki dua bagian yaitu digester sebagai tempat pencernaan material biogas dan sekaligus sebagai rumah bagi bakteri baik bakteri pembentuk asam maupun bakteri pembentuk gas metan. Bagian ini dapat dibangun dengan kedalaman tertentu menggunakan batu, batu bata atau beton. Bagian kedua adalah

kubah tetap (*fixed dome*). Bagian ini menyerupai kubah dan merupakan tempat pengumpul gas. Hasil produksi (gas) akan mengalir dan disimpan dalam kubah. Keunggulan reaktor ini adalah biaya konstruksi lebih murah daripada reaktor terapung, serta perawatannya lebih mudah. Kelemahan reaktor tipe kubah adalah rentan terhadap kebocoran gas terutama pada bagian kubah. Reaktor *fixed dome* berkembang di Negara Cina (sekitar tahun 1930) sehingga disebut juga tipe kubah atau tipe Cina. Reaktor biogas tipe kubah tetap (*fixed-dome type*) diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaktor biogas tipe kubah tetap (*fixed dome type*)

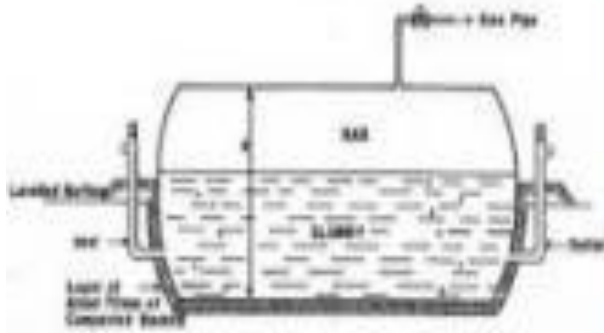
3) Reaktor Balon

Reaktor balon merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga. Reaktor ini menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan (bila ada perubahan tempat

lokasi reaktor). Reaktor balon terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai digester dan memiliki tempat penyimpanan gas (tanpa sekat). Konstruksi reaktor balon lebih sederhana dimana pada ujung-ujungnya terpasang pipa masuk sebagai bahan input (kotoran ternak) dan

pipa keluar sebagai *output slurry*, sedangkan pada bagian atas sebagai pipa *output gas*. Kelebihan reaktor tipe balon adalah biaya lebih murah (daripada tipe terapung dan kubah tetap), fleksibel (mudah diangkut), konstruksi sederhana, lebih mudah dalam pemeliharaan dan

pengoperasian. Kekurangan reaktor tipe balon adalah mudah rusak, perlu ketelitian dan kecermatan tinggi dalam proses pembuatan (karena bahan baku mudah rusak), bahan yang memadai sulit diperoleh. Reaktor tipe balon diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Reaktor tipe balon

Selain itu apabila dilihat dari aliran bahan baku (limbah), reaktor biogas juga dapat digolongkan kedalam dua jenis, yaitu reaktor tipe *batch* (bak), reaktor tipe *continuous* (mengalir). Secara prinsip perbedaan antara reaktor biogas tipe *batch* (bak) dan *continuous* (mengalir), yaitu reaktor tipe *batch* (bak) bahan baku reaktor tersimpan dalam wadah (ruang tertentu) dari proses awal hingga proses akhir *digestion*/pencernaan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui potensi gas dari suatu jenis limbah organik. Sedangkan reaktor tipe *continuous* (mengalir) memiliki aliran bahan baku input dan residu output pada selang waktu tertentu.

banyak digunakan yaitu Reaktor Biogas tipe *Fiber Glass*. Reaktor tipe ini sama dengan tipe kubah tetap (*fixed dome*) hanya bahannya terbuat dari *fiber glass* (serat kaca). Inlet dan outlet reaktor terbuat dari susunan batu bata dan semen. Reaktor tipe ini merupakan produk pabrik dengan sistem *knock down* sangat kedap udara dan waktu pemasangan yang relatif singkat. Kelebihan dari reaktor tipe ini adalah dapat dipindahkan, mudah untuk di renovasi, jika ada kebocoran mudah dideteksi dan diperbaiki, operasional mudah, daya tahan antara 10 – 15 tahun. Kekurangannya adalah biaya konstruksi yang relatif mahal dibandingkan dengan reaktor tipe balon. Reaktor tipe *fiber glass* dapat dilihat pada Gambar 4.

Selain ketiga jenis reaktor biogas diatas, ada satu jenis reaktor lagi yang juga

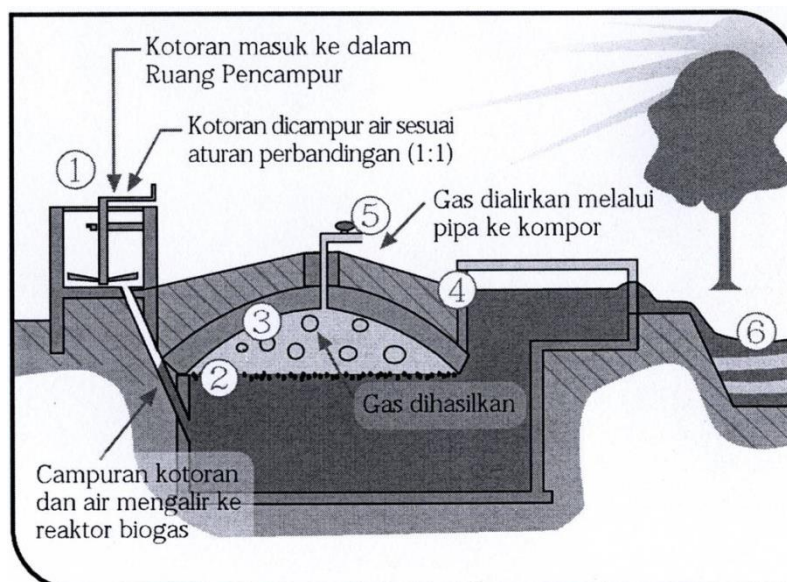


Gambar 4. Reaktor tipe *fiber glass*

b. Cara Kerja Reaktor Biogas

Campuran kotoran ternak dan air menggunakan perbandingan 1 : 1 (dalam inlet atau tangki pencampur), hal ini bertujuan agar campuran memiliki jumlah kepadatan (total solid) sebesar 6 – 10% (*slurry* sudah mengalami pencampuran sempurna dengan air). Campuran tersebut dialirkan melalui saluran pipa menuju kubah (reaktor tipe *fixed dome*). Kemudian di dalam digester, bakteri-bakteri metan akan melakukan proses dekomposisi anaerobik terhadap material-material

organik (campuran kotoran ternak dan air) sehingga menghasilkan biogas metan. Selanjutnya gas tersebut akan ditampung di dalam ruang penampung gas (bagian atas kubah), lalu gas dialirkan melalui saluran pipa menuju kompor. Kotoran yang telah mengalami proses fermentasi (dalam digester) dialirkan menuju *outlet* (lubang keluar). Produk samping (ampas) yang keluar dari *outlet* dikenal dengan *bio-slurry*. Ampas tersebut akan mengalir ke lubang penampung *slurry* melalui *overflow* menuju *outlet*. Mekanisme kerja reaktor biogas diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Mekanisme kerja reaktor biogas (tipe *fixed dome*).

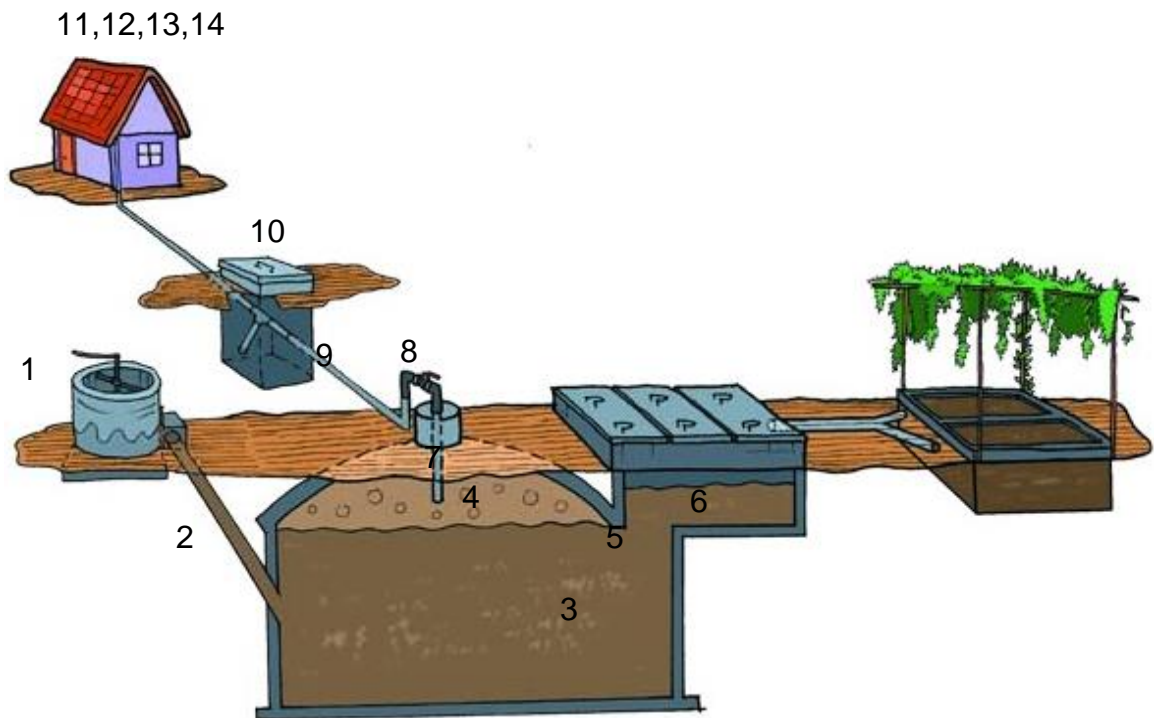
Sisa limbah yang telah dicerna oleh bakteri metan atau bakteri biogas (*slurry*)

memiliki kandungan nutrisi yang mirip dengan pupuk organik atau kompos

sehingga ampas tersebut secara langsung dapat digunakan sebagai pupuk untuk keperluan pertanian dan perkebunan. Namun bila ingin disimpan atau diperjualbelikan, sebaiknya ampas tersebut terlebih dahulu dilakukan pengeringan di bawah sinar matahari sebelum disimpan di dalam karung.

c. Alat Instalasi Biogas

Alat instalasi biogas memiliki 6 bagian utama yaitu : *inlet* (tangki pencampur), *digester* (ruang pencernaan anaerob), tempat penampung gas (ruang penyimpanan), *outlet* (ruang pemisah), sistem pengangkut gas, dan lubang kompos kotoran (*bio-slurry*). Model reaktor biogas skala rumah yang dikembangkan di Indonesia diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Komponen-komponen bagian reaktor biogas skala rumah

Komponen-komponen bagian reaktor biogas skala rumah di antaranya (Tim BIRU, 2010) :

1) *Inlet* (tangki pencampur)

Inlet berfungsi sebagai saluran masuk yaitu tempat pencampuran dan pengadukan kotoran sapi dengan air. Dalam tangki *inlet*, kotoran dicampur

secara menyeluruh dalam proporsi seimbang.

2) Pipa *inlet*

Pipa *inlet* berfungsi untuk mengalirkan campuran kotoran dengan air ke tangki reaktor kedap udara (*digester*).

3) Digester

Digester berfungsi sebagai ruang pencernaan untuk menghasilkan biogas. Material organik akan terdekomposisi/terurai dalam proses hampa udara (anaerobik). Suhu optimal dalam proses fermentasi sekitar 35 °C.

4) Penampung gas (kubah)

Kubah berfungsi sebagai tempat penampungan gas. Gas akan mengalir melalui pipa menuju titik penggunaan (kompor atau lampu). Gas yang mengandung uap air akan dikeluarkan melalui saluran air. Terdapat dua jenis tempat penampungan gas, yaitu sumur pencernaan yang bersatu dengan tangki pengumpul gas (tipe *floating*) dan terpisah dengan pengumpul gas (*fixed dome*).

5) Manhole

Manhole berfungsi sebagai ruang periksa (tempat tukang) untuk memeriksa kerusakan atau kebocoran dalam kubah.

6) Outlet & overflow

Outlet berfungsi sebagai saluran pembuangan kotoran yang telah mengalami proses fermentasi. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan tekanan hidrostatik. *Overflow* merupakan lubang pada *outlet* yang berfungsi sebagai saluran pengeluaran *slurry* yang telah mengalami proses fermentasi.

7) Pipa gas utama dan *turret*

Pipa gas utama berfungsi untuk mengalirkan gas dari kubah utama ke titik pengguna (kompor atau lampu). Pipa gas

utama dilengkapi dengan beberapa komponen, yaitu katup gas utama dan penguras air (saluran pembuangan air). *Turret* berfungsi untuk melindungi kubah pipa gas dari kebocoran diantara pipa gas utama dan kubah.

8) Katup gas utama

Katup gas utama merupakan keran gas yang berada pada pipa gas utama. Katup ini berfungsi untuk mengontrol aliran gas di dalam sistem saluran pipa dan mengatur aliran gas utama dari kubah ke titik pengguna. Katup gas utama berguna untuk mencegah risiko kehilangan gas akibat kebocoran saluran pipa dan peralatan.

9) Saluran pipa

Saluran pipa berfungsi untuk sirkulasi gas.

10) *Waterdrain* (penguras air)

Waterdrain berfungsi untuk menampung dan mengumpulkan uap air dan mengalirkan gas dari pipa secara berkala. Selain itu, juga berfungsi untuk mengalirkan air yang mengendap di dalam saluran pipa pada saat gas menyentuh pipa dingin.

11) Pengukur tekanan

Alat yang digunakan untuk mengukur tekanan gas dalam digester dinamakan manometer. Manometer dapat berbentuk huruf U (terbuat dari dari tabung plastik atau kaca transparan) yang diisi dengan air raksa (Hg), tipe jam digital, atau analog meter. Unit satuan manometer adalah 1 cm. Pengukur tekanan (manometer) diperlihatkan pada Gambar 7.



a



b



c

Gambar 7. Manometer a. tipe jam digital, b. tipe analog meter, c. tipe huruf U

12) Keran gas

Keran gas berfungsi untuk mengatur aliran gas ke kompor. Hal ini membantu penggunaan gas secara optimal. Efisiensi kompor bergantung pada tekanan dan aliran gas. Perubahan laju aliran gas bergantung pada perubahan tekanan. Keran gas diperlihatkan pada Gambar 8.

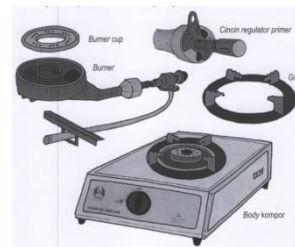


Gambar 8. Keran gas

13) Kompor gas dengan pipa selang karet

Kompor berfungsi sebagai media/wadah pembakar gas. Kompor gas dapat menggunakan satu atau dua tungku. Umumnya kompor gas dengan satu tungku digunakan dalam kebutuhan rumah tangga, dimana konsumsi gas sekitar 350 hingga 400 liter per jam. Pipa selang karet berfungsi untuk mengalirkan gas dari keran gas ke kompor. Selang ini terbuat dari karet *neoprene* dan memiliki diameter luar sekitar 15 mm, serta diameter dalam

sekitar 9 mm. Ketebalan minimum dinding selang sekitar 2.5 mm. Kompor gas dan pipa selang karet diperlihatkan pada Gambar 9.



a



b

Gambar 9. Kompor dan pipa selang karet, a. kompor beserta komponennya, b. pipa selang karet

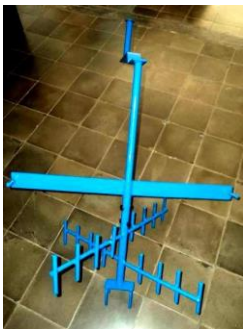
14) Lampu biogas

Gas yang dihasilkan dari reaktor dapat digunakan sebagai sumber energi untuk penerangan (lampu). Perbedaan lampu biogas skala rumah dengan lampu minyak, yaitu lampu biogas tidak menggunakan tangki bahan bakar namun menggunakan pipa selang berbahan karet yang terhubung ke saluran pipa biogas. Saat ini lampu biogas yang digunakan oleh biogas skala rumah masih diimpor dari Negara Cina. Lampu biogas tersebut mengkonsumsi biogas sekitar 150 – 175 liter gas per jam. Lampu biogas skala rumah diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Lampu biogas skala rumah

Alat instalasi lainnya, yaitu pengaduk (*mixer*). Pengaduk berfungsi untuk mengaduk material organik (campuran kotoran dan air) agar tercampur dengan sempurna. Pengaduk terletak di dalam tangki *inlet*. Pengaduk (*mixer*) diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Pengaduk (*mixer*)

Pembahasan

Dari penjelasan dan data, diketahui bahwa peralatan reaktor adalah seperangkat alat yang mempunyai fungsi mengubah kotoran ternak (sapi, babi), kotoran manusia dan materi organik lainnya menjadi biogas melalui proses fermentasi anaerobik. Ada beberapa jenis tipe reaktor biogas antara lain a). Tipe Terapung; b). Tipe Kubah Tetap dan c). Tipe Balon.

Dari ketiga tipe reaktor biogas tersebut yang mudah pembuatannya, pengoperasiannya dan usia pemakaian relatif lebih lama adalah reaktor tipe kubah tetap. Perbandingan keunggulan dan kelemahan dari masing-masing reaktor tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perbandingan Keunggulan dan Kelemahan Tipe Reaktor Biogas

Tipe Reaktor	Keunggulan	Kelemahan
Tipe Terapung	- Dapat melihat secara langsung volume gas yang tersimpan	- Biaya material konstruksi drum relatif tinggi - Drum mudah korosif sehingga mempengaruhi umur reaktor
Tipe Kubah Tetap	- Biaya konstruksi lebih murah dibanding reaktor terapung - Konstruksi bisa dikerjakan sendiri oleh peternak - Perawatan lebih mudah - Lebih tahan lama, usia pemakaian lebih panjang	- Rentan terhadap kebocoran gas terutama pada bagian kubah
Tipe Balon	- Biaya lebih murah dibanding tipe terapung dan tipe kubah tetap - Mudah dipindahkan, konstruksi sederhana	- Mudah rusak - Perlu ketelitian dan kecermatan tinggi dalam proses pembuatan karena bahan baku mudah rusak - Bahan yang memadai sulit diperoleh

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perbandingan keunggulan dan kelemahan pengolahan biogas limbah ternak dari ketiga tipe reaktor, direkomendasikan untuk pengolahan biogas limbah ternak menggunakan reaktor tipe kubah tetap (*fixed dome*) karena memiliki keunggulan diantaranya adalah biaya konstruksi lebih murah daripada reaktor terapung, bisa dikerjakan sendiri oleh peternak, lebih tahan lama dibanding reaktor tipe balon, serta perawatannya lebih mudah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1984. Updated Guidebook on Biogas Development - Energy Resources Development Series 1984, No.27, United Nations, New York, USA.
- Bernard, C. W., and D. O. Hill. 1983. Energy from renewable resources. In : H. J. Rehm and G. Reed (Eds.). Biotechnology, vol. 3. Verlag Chemie, Weinheim Deerfield, Florida. Basel.
- Grady Jr. C.P.L., and H. C. Lim. 1980. Biological Wastewater Treatment, Theory and Applications. Marcel Dekker Inc. New York.
- Marchaim, U. 1992. Biogas Processes for Sustainable Development Food and Agriculture Organization of the United Nations, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy.
- Mc. Carty, P. L. 1964. Anaerobic waste treatment fundamentals III. J. Publ. Wks. 95: 91 – 94.
- Nijaguna, B.T. 2002. Biogas Technology. New Age International (P) Ltd. New Delhi.
- Syamsuddin, T.R. dan Iskandar, H.H. 2005. Bahan Bakar Alternatif Asal Ternak. Sinar Tani, Edisi 21-27 Desember 2005. No.3129 Tahun XXXVI.
- Tim BIRU. 2010. Model Instalasi Biogas Indonesia. <http://www.biru.or.id/index.php/download/7/model-instalasi-biogas-indonesia-panduan-konstruksi-biru.html>.
- Widodo, T.W. dan Nurhasanah, A. 2004. Kajian Teknis Teknologi Biogas dan Potensi Pengembangannya di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Mekanisasi Pertanian. Bogor, 5 Agustus 2004.
- Widodo, T.W., Asari, A., Nurhasanah, A. and Rahmarestia, E. 2006. Biogas Technology Development for Small Scale Cattle Farm Level in Indonesia. International Seminar on Development in Biofuel Production and Biomass Technology. Jakarta, February 21-22, 2006 (Non-Presentation Paper).