

PERANCANGAN TANGKI BIOGAS PORTABEL SEBAGAI SARANA PRODUKSI ENERGI ALTERNATIF DI PEDESAAN

THE BIOGAS PORTABLE TANK DESIGNING AS AN ALTERNATIVE ENERGY FACILITY IN RURAL AREA

M. C. Tri Atmodjo, Dadang Rosadi, dan Hardoyo

Balai Besar Teknologi Pati, Lampung
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Jln. Z. A. Pagaralam No. 8/36, Bandar Lampung
Pos-el: atmojo_b2tp@yahoo.com

ABSTRACT

The increasing price of fossil-based energy and the higher amount of its consumption amidst its limited source would be the main reasons to develop some alternative energy from renewable sources. One of such alternative energy sources is the one from biomass waste, which is easy to find in rural areas as well as in animal husbandry. This biogas portable tank is designed for 160 liters of volume and 75% of this volume is filled with slurry which composes 1 part of cow manure and 1 part of fresh water. The Hydrolysis Retention Time of this slurry is about 20 days and everyday 14.5 liters of old slurry is replaced with the new one and will produce biogas by about 0.56 until 0.68 cubic meters per day, equal to 0.26 kg of LPG. By the assumption that the price of LPG is Rp6,000 per kg and 30 days of operation in a month, the biogas portable tank would get revenue which can cover cost production of the tank in less than 2 years of operation. With its simple design, small scale and lower cost production, and operability, the biogas portable tank is suitable for the production process of biogas and for fulfilling energy needs in rural areas.

Keywords: *Biogas, Alternative energy, Biogas portable tank, Anaerobic*

ABSTRAK

Semakin mahal dan tingginya konsumsi energi berbasis fosil dan semakin menipisnya sumber cadangan energi tersebut menyebabkan pengembangan energi alternatif menjadi penting, terutama dari energi terbarukan. Salah satu energi alternatif terbarukan adalah energi yang berasal dari limbah biomasa seperti limbah (kotoran) ternak, yang mudah ditemukan di pedesaan dan di sentra-sentra peternakan. Tangki biogas portabel dirancang untuk volume 160 liter. Sebanyak 75% dari volume tersebut diisi *slurry* yang terbuat dari campuran satu bagian kotoran sapi dan satu bagian air. Dengan waktu tinggal *slurry* sepanjang 20 hari dan penambahan *slurry* sebanyak 14,5 liter per hari akan dihasilkan biogas sebanyak 0,56–0,68 m³/hari biogas yang setara dengan 0,26 kg gas elpiji. Dengan asumsi harga gas elpiji Rp6.000,00/kg dan satu bulan = 30 hari, biaya konstruksi sebesar Rp910.000,00 akan kembali dalam waktu kurang dari dua tahun. Dengan konstruksi tangki biogas yang sederhana, skala kecil, murah, dan mudah pengoperasiannya, proses produksi biogas dengan menggunakan tangki biogas portabel tepat diaplikasikan di daerah pedesaan guna memenuhi kebutuhan energi sehari-hari

Kata kunci: Biogas, Alternatif energi, Tangki biogas portabel, Anaerobik

PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya konsumsi dan harga sumber energi berbasis fosil, semakin menipisnya sumber energi tersebut dan belum terlayannya sebagian besar kawasan pedesaan dengan energi listrik menyebabkan pengembangan energi alternatif dari bahan-bahan terbarukan menjadi penting.¹ Salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan dewasa ini adalah energi dari limbah biomasa seperti limbah (kotoran) ternak yang banyak ditemukan di pedesaan. Energi yang dihasilkan melalui teknologi *anaerobic digestion* dari limbah peternakan disebut biogas.

Teknologi *anaerobic digestion* merupakan proses penguraian bahan-bahan organik oleh aktivitas mikroorganisme pada kondisi tanpa oksigen atau anaerob.² Teknologi ini akan menghasilkan biogas sebagai produk utama dan pupuk organik sebagai produk samping. Biogas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk menggantikan minyak tanah atau kayu bakar dan dapat digunakan untuk menghidupkan generator listrik sehingga dapat memasok energi guna keperluan penerangan di desa-desa yang belum terlayani listrik PLN. Teknologi *anaerobic digestion* merupakan teknologi yang sangat bermanfaat secara ekonomis, layak, dan mudah secara teknis serta ramah lingkungan sehingga perlu dikembangkan terutama di daerah pedesaan. Akan tetapi, pengembangannya menemui kendala. Kendala yang dihadapi oleh masyarakat pedesaan dalam mengembangkan teknologi ini adalah aspek biaya dan teknis sehingga perlu dikembangkan suatu peralatan yang sederhana, berskala kecil, dapat digunakan sesuai lokasi kebutuhan, dan murah.

Biogas portabel dapat dikembangkan untuk sarana produksi energi alternatif di pedesaan.³ Mengingat Indonesia pada dasarnya merupakan negara yang kaya akan potensi sumber-sumber energi terbarukan, pemanfaatannya belum optimal. Padahal pemanfaatan sumber-sumber energi terbarukan akan memberikan keuntungan baik kompetitif maupun komparatif.⁶ Keuntungan kompetitifnya antara lain 1) menaikkan nilai tambah dari sumber-sumber energi terbarukan yang biasanya berupa limbah biomasa; 2) mereduksi limbah biomasa yang mempunyai potensi sebagai pencemar; 3) memacu pertumbuhan ekonomi di

daerah dengan penggunaan energi terbarukan dengan harga terjangkau; dan 4) mengurangi tingkat kemiskinan melalui penciptaan peluang kerja. Adapun keuntungan komparatifnya antara lain 1) melimpahnya bahan baku yang biasanya berupa limbah biomasa; 2) proses produksinya ramah lingkungan; dan 3) mendukung teknologi tepat guna yang ada di berbagai daerah. Biogas dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik dalam kondisi *anaerobic*. Biogas merupakan salah satu jenis energi baru dan terbarukan yang dapat digunakan sebagai energi alternatif pengganti energi fosil. Biogas mempunyai prospek bagus di masa depan karena proses produksinya relatif mudah dan ramah lingkungan sehingga mempunyai nilai kompetitif untuk digunakan sebagai energi bagi masyarakat.

Penggunaan biogas sebagai energi lebih ditujukan ke masyarakat yang belum memperoleh layanan energi fosil secara memadai dan kontinu seperti di kawasan yang jauh dari perkotaan. Permasalahan yang sering timbul pada penerapan suatu teknologi di pedesaan ialah masalah biaya dan teknis. Penerapan dan pengembangan proses produksi biogas sangat tepat dilakukan di daerah-daerah pedesaan karena bahan baku relatif masih banyak tersedia, murah, dan peralatan serta proses tidak rumit sehingga dapat dikelola secara swadaya oleh SDM yang ada di pedesaan. Produk utama proses produksi biogas secara umum digunakan sebagai bahan bakar (memasak), meskipun dewasa ini mulai digunakan sebagai bahan pembangkit listrik.

Biogas hanya dapat terbakar apabila kandungan metana di dalamnya mencapai 57% atau lebih.⁷ Pada dasarnya pengembangan sumber energi terbarukan seperti produksi energi biomasa (biogas) sangat mendukung paradigma kebijakan *clean development mechanism* (CDM) dalam pembangunan berkelanjutan.⁸ Nilai kalor biogas sekitar 2 kWh/m³ sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Biogas terutama digunakan sebagai bahan bakar, seperti halnya gas alam dan mulai digunakan sebagai bahan baku pembangkit listrik, pemanas ruangan, dan pemanas air. Jika dikompresikan, biogas dapat menggantikan gas alam terkompresi yang digunakan pada kendaraan. Biogas hanya dapat terbakar apabila kandungan metan di dalamnya mencapai 45% atau lebih.

Di Indonesia nilai potensial pemanfaatan biogas diprediksi akan terus meningkat karena adanya jumlah bahan baku biogas yang melimpah dan rasio antara energi biogas dan energi minyak bumi yang menjanjikan.⁹ Adapun kegunaan biogas antara lain:

- bahan bakar pengganti minyak tanah untuk keperluan memasak,
- pengganti bahan bakar minyak pada pembangkit tenaga listrik atau generator,
- bahan bakar kendaraan bermotor,
- sumber energi pada oven dan lampu dalam rumah kaca guna meningkatkan konsentrasi CO₂ untuk kepentingan proses fotosintesis, dan
- bahan untuk memproduksi methanol.

Biogas yang diproduksi dapat dimanfaatkan untuk keperluan memasak, penggerak generator untuk pembangkit listrik, dan ke depannya dapat digunakan pada otomotif. Cairan dan lumpur dari proses produksi biogas dapat digunakan sebagai pupuk tanaman, yang darinya dapat diperoleh pangan dan pakan. Pangan dan pakan selanjutnya dikonsumsi oleh manusia dan ternak. Selanjutnya dari tanaman ini pula akan diperoleh limbah biomasa yang dapat digunakan sebagai bahan baku produksi biogas.

Kotoran dari manusia dan ternak juga dapat digunakan sebagai bahan baku produksi biogas. Kesetaraan nilai kalor dari biogas jika dibandingkan dengan sumber energi lainnya disajikan dalam Tabel 1.¹⁰

Perbandingan lain nilai energi biogas dengan bahan baku lainnya yang biasa digunakan di Indonesia menunjukkan bahwa nilainya cukup potensial, di mana 1 m³ biogas dengan kadar metan 60% setara dengan 2 kWh listrik atau energi

Tabel 1. Kesetaraan Biogas dengan Sumber Energi Lainnya.¹⁰

Bahan bakar	Jumlah
Biogas	1 m ³
Elpiji	0,50 kg
Minyak tanah	0,60 liter
Minyak solar	0,55 liter
Bensin	0,45 liter
Kayu bakar	5,5 kg

untuk menyalakan lampu gas 60 W selama tujuh hari (sekitar lima jam nyala lampu per hari).

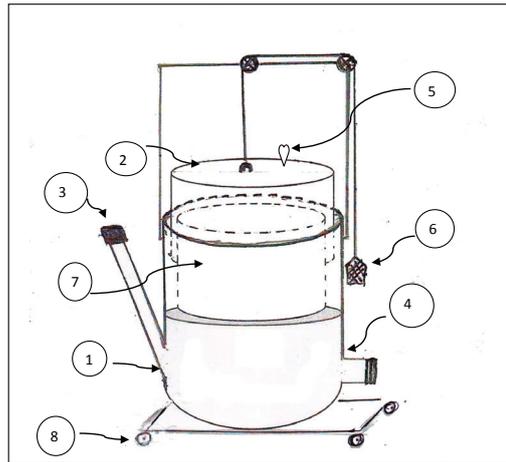
Beberapa kelebihan penggunaan biogas adalah¹¹ 1) mengurangi limbah biomassa, mengingat biomassa dapat diproduksi dari berbagai macam limbah biomassa sehingga pemanfaatan limbah biomassa secara masif semacam ini akan mengurangi kuantitasnya; 2) menurunkan level pemanasan global, dengan cara memanfaatkan gas metana sebagai komponen utama biogas, mengingat gas metan merupakan salah satu gas penyebab efek rumah kaca yang utama setelah karbondioksida dalam hal jumlah emisi, dan melalui pemanfaatannya ini potensi pemanasan global berkurang 22 kali lipat; 3) menurunkan tingkat penebangan pohon untuk dijadikan kayu bakar, karena apabila penebangan dilakukan secara masif dan terus-menerus maka akan terjadi perubahan ekosistem, khususnya di kawasan perhutanan yang pepohonannya ditebangi; dan 4) mengurangi risiko gangguan pernafasan karena biogas tidak mengasilkan asap yang dapat mengganggu pernafasan.

Tujuan dari perancangan biogas portabel antara lain 1) untuk mendapatkan reaktor biogas yang mudah dipindahkan (*mobile*), berskala kecil (rumah tangga), sederhana, dan murah; 2) menyediakan pasokan energi dari limbah peternakan; 3) membantu masyarakat mencukupi kebutuhan energi sehari-hari; dan 4) mendapatkan pupuk organik sebagai produk samping proses produksi biogas.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan baja plat (drum bekas oli), oli bekas, pengatur tekanan sederhana model bandul, selang plastik, dan kotoran sapi. Volume tangki biogas yang direncanakan adalah 160 liter. Adapun metoda uji coba produksi biogas yang digunakan adalah sebagai berikut.

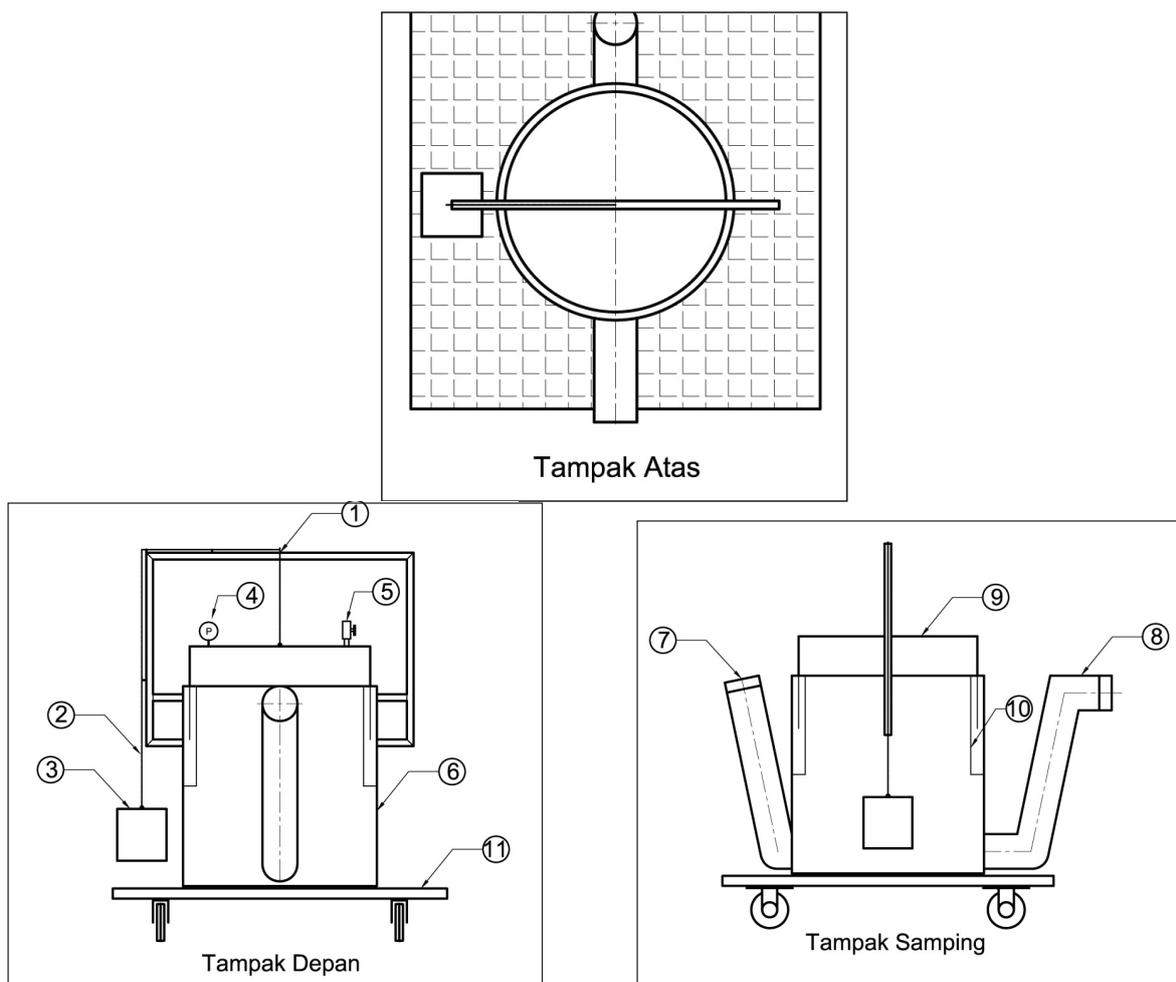
- Kandungan padatan pada *slurry* yang digunakan adalah sebanyak 50% (1 bagian kotoran sapi untuk satu bagian air).
- Volume *slurry* sebesar 75% volume tangki.
- Sebesar 25% volume tangki digunakan sebagai penampung biogas yang terjadi.
- Waktu tinggal *slurry* dalam tangki adalah 15 sampai 20 hari.



Gambar 1. Gambar Perspektif

Uraian Singkat Gambar 1

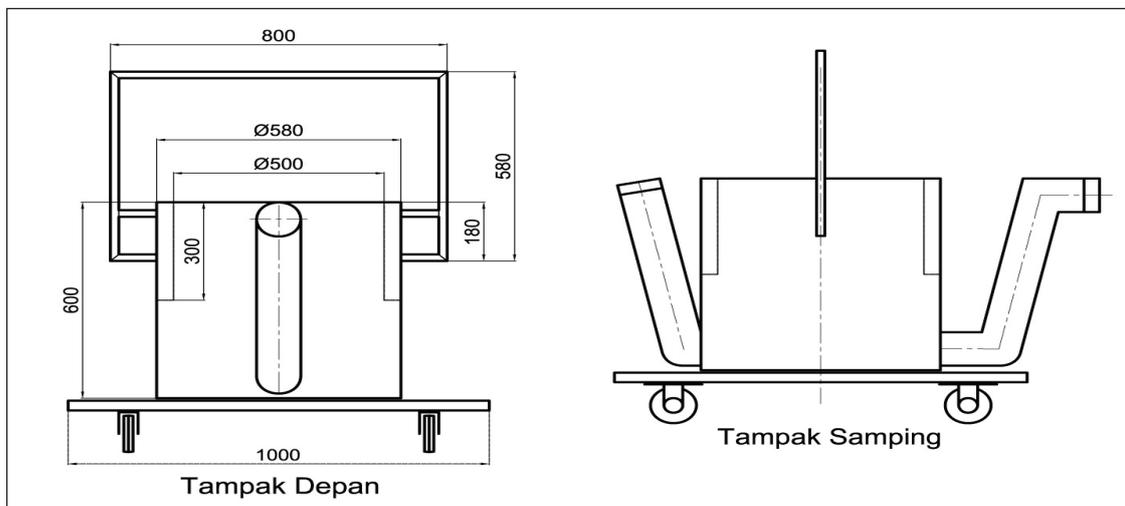
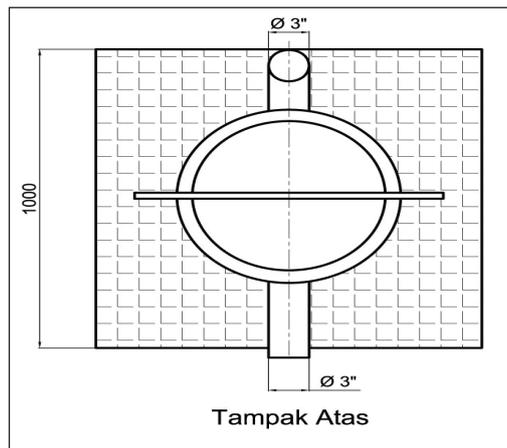
Gambar 1 memperlihatkan alat pembuat biogas portabel yang terdiri dari bejana proses (1), tutup bejana (penampung gas) (2), saluran Dua Dimensi Biogas Portabel masuk *slurry* (3), saluran keluar *slurry* (4), saluran gas keluar atau kran gas (5), pengatur tekanan gas (bandul) (6), oli atau minyak (7), dan kereta dorong (*hand car*) (8).



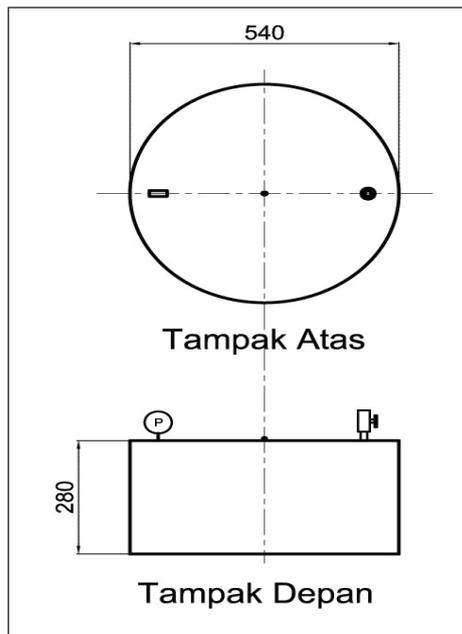
Gambar 2. Perangkat Lengkap Biogas Portabel

Keterangan:

No.	Nama Bagian	Jumlah	Material	Ukuran	
1	Penyangga Bandul	1	Plat Siku	20 x 20 x 20 cm	
2	Tali Kontrol Tekanan	1	Tambang Plastik	Ø 5mm	
3	Bandul Tekanan	1	Batu	5 kg	
4	Pressure Gauge	1			
5	Katup Keluaran Gas	1	Kuningan	1/4 "	
6	Digester	1	Plat Besi	Ø 580 x t 600	Tebal Plat 2mm
7	Saluran Masuk Slury	1	Plat Besi	Ø 3"	
8	Saluran Keluar Slury	1	Plat Besi	Ø 3"	
9	Tangki gas	1	Plat Besi	Ø 540 x t 280	Tebal Plat 2mm
10	Tempat Oli	1	Plat Besi	Ø 500 x t 300	Tebal Plat 2mm
11	Kereta Dorong	1	Besi Siku+Papan Kayu	1000 x 1000	Roda 4



Gambar 3. Tangki *Digester*



Gambar 4. Penampung Gas

Secara garis besar perangkat biogas portabel terdiri atas tangki utama (tangki *digester*), tutup bejana (penampung gas), saluran masuk dan saluran keluar *slurry*, bandul pengatur tekanan gas, serta dudukan tangki *digester* (beroda).

Rincian perangkat biogas ini disajikan pada Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4. Gambar 1 adalah gambar tiga dimensi perangkat biogas portabel sedangkan Gambar 2, 3, dan 4 adalah gambar tekniknya.

Cara pembuatan tangki *digester*.¹¹

- 1) Sebuah drum bekas oli dipotong setinggi 60 cm sehingga bagian atas terbuka sesuai Gambar 3.
- 2) Potongan yang atas digunakan untuk tabung penyimpanan gas sesuai Gambar 4.

Cara pembuatan tutup bejana (penampung gas):

- 1) Tutup bejana *digester* ini dibuat dari potongan atas drum (saat membuat *digester*) dan juga digunakan sebagai penampung gas sesuai Gambar 4.
- 2) Pada penampung gas ini dipasang sebuah kran gas dan manometer penunjuk tekanan.

Saluran masuk dan saluran keluar dibuat menggunakan pipa besi berdiameter 3 inci. Masing-masing saluran mempunyai sudut kemiringan sekitar 45 derajat terhadap *digester* sesuai Gambar 3. Ujung saluran dibuat drat dan

diberi tutup dengan drat sehingga dapat dibongkar pasang secara mudah dengan memutar tutup tersebut.

Cara membuat bandul pengatur tekanan gas:

Bandul tekanan gas dibuat dari batu dengan berat 5 kg dan diberi pegangan dari besi untuk dapat digantung dengan tali sebagai kontrol tekanan. Pada waktu tekanan gas tinggi maka bandul batu diletakan di atas tabung gas.

Cara membuat dudukan tangki *digester* beroda:

Kereta dorong dibuat dari kayu tebal 4 cm dan dipasang empat roda pada keempat tepinya sehingga *digester* mudah berpindah tempat sesuai kebutuhan.

Tabel 1. Rincian Biaya Pembuatan Perangkat Biogas Portabel

Bahan / Alat	Harga (Rp)	Keterangan
1 buah drum bekas oli	200.000	volume 200 lt
1 set kerangka (<i>hand car</i>) roda empat	200.000	diameter roda 10 inci
1 set katrol mini pengatur tekanan	100.000	
1 buah corong	10.000	penuang <i>slurry</i>
2 meter selang penyalur gas	50.000	distribusi gas metana
2 saluran masuk dan keluar tangki	50.000	
1 saluran gas dengan kran (<i>valve</i>)	50.000	
Jasa pembuatan (las, dll.)	250.000	
Total biaya pembuatan	910.000	

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan tangki biogas portabel volume 160 liter ditunjukkan pada Gambar 1, 2, 3, dan 4. Adapun alat ini dibuat pada bulan Juni 2014 di Negara Bumi Ilir Kabupaten Lampung Tengah. Total biayanya sebesar Rp 910.000,00. Perincian biaya pembuatan tangki biogas ditunjukkan pada Tabel 1.

Pengoperasian Tangki Biogas Portabel

Volume *slurry* untuk pengoperasian tangki biogas adalah 75% volume tangki atau sekitar 120 liter.¹⁰ *Slurry* terbuat dari 60 liter kotoran sapi dicampur 60 liter air. Untuk tangki yang baru beroperasi, disarankan untuk membiarkan tangki selama beberapa hari yakni antara 15 hari sampai 20 hari¹⁰ kemudian dilakukan pengeluaran dan pengisian *slurry* secara rutin setiap hari. Jumlah *slurry* yang dimasukkan setiap hari dihitung menggunakan rumus

$$m_{\text{slurry}} = 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times H : R_T^{10} \quad (1)$$

di mana

m_{slurry} : jumlah *slurry* yang ditambahkan per hari

D : diameter tangki

H : tinggi tangki

R_T : waktu tinggal *slurry* dalam tangki

Bila diameter tangki 0,6 m dan tinggi tangki 1,0 m serta waktu tinggal 20 hari jumlah *slurry* yang ditambahkan per hari sekitar 14,5 liter yang terdiri dari campuran 7,25 liter kotoran sapi dan 7,25 liter air. Penambahan *slurry* sebesar 14,5 liter pertama kali dilakukan setelah 20 kali pengoperasian dengan cara mengeluarkan cairan dari dalam tangki sebanyak 14,5 liter melalui saluran keluar *slurry* lalu menambahkan 14,5 liter *slurry* baru ke dalam tangki.

Katup pengaman yang berupa pipa T atau bandul berfungsi menahan tekanan di dalam saluran gas yang setara dengan tekanan kolom air pada pipa T atau berat bandul. Apabila tekanan di dalam saluran gas lebih tinggi dari tekanan kolom air gas akan keluar melalui pipa T sehingga tekanan di dalam tangki biogas akan kembali turun.

Gas hasil proses degradasi anaerobik biomas bersifat korosif.¹⁰ Oleh karena itu, saluran gas disarankan dibuat dari bahan polimer (menggunakan pipa PVC atau selang PVC) dan transparan. Untuk keperluan pembakaran gas pada tungku, pada bagian ujung saluran pipa disambung dengan pipa baja anti karat yang berbentuk serupa nosel. Adapun gas metan (biogas) yang dihasilkan berkisar antara 0,56 sampai 0,68 m³/ hari pada tekanan 1 atmosfer yang senilai dengan 0,26 kg elpiji/hari

Perhitungan BEP

Apabila asumsi harga gas elpiji Rp6.000,00 per kg dan satu bulan = 30 hari maka harga produksi gas yang dihasilkan oleh biogas setara dengan = 0,26 x Rp6.000 x 30 x 12 = Rp561.600,00. Dengan biaya konstruksi tangki biogas sebesar Rp910.000,00 maka biaya konstruksi akan kembali dalam waktu sekitar dua tahun.

KESIMPULAN

Proses produksi biogas melalui degradasi bahan organik seperti kotoran ternak secara anaerobik merupakan salah satu solusi teknologi untuk memproduksi energi alternatif. Teknologi ini tepat diaplikasikan untuk masyarakat pedesaan untuk pemenuhan kebutuhan energi. Produk samping proses produksi biogas dapat digunakan sebagai pupuk organik. Tangki biogas portabel sangat tepat diaplikasikan pada masyarakat pedesaan karena skala kecil, mudah pengoperasiannya, dan murah.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Rahman, B. 2005. Biogas: sumber energi alternatif. *Kompas*, 8 Agustus.
- ²Karim, K., Hoffmann, R., Klasson, T. 2005. Anaerobic digestion of animal waste : Waste strength versus impact of mixing. *Bioresource Technology* 9(6): 1771–1791.
- ³Biogas Support Program SNV-Nepal. 2003. *Construction option for remote area biogas reactor (RAB)*. 79 hlm.
- ⁴Dadang dan Cahyono. 2012. Pembangunan instalasi biogas dari air limbah domestik di Pondok Pesantren Al Ashriyyah Nurul Iman, Parung, Bogor. *Proposal Penelitian*. Balai Besar Teknologi Pati, BPPT.
- ⁵Hammad, S. M. D. 1999. Integrated environmental and sanitary engineering project at Mirzapur. *Journal of Indian Water Work Association* 28(1): 231–236.
- ⁶Haryati, Tuti. 2006. Biogas: limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif. *Journal Wartazoa* 16(4): 21–29.
- ⁷Garcelon, J., and Clark, J. 2001. Waste digester design. *Civil Engineering Laboratory Agenda*. University of Florida. <http://www.ce.ufl/activities/waste/wddndx.html/>, diakses 12 Mei 2011.

- ⁸2008. “Dasar-dasar teknologi biogas”. [http://www.google.com/teknologi biogas \[pdf\]](http://www.google.com/teknologi%20biogas%20[pdf]), diakses 20 Juni 2013.
- ⁹Khoiri, Ex Indarto. 2010. Produksi biogas limbah cair industri tapiokas melalui peningkatan suhu dan penambahan urea pada perombakan anaerob. *Skripsi*. Surakarta: Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Sebelas Maret.
- ¹⁰Aguilar, F. X. 2001. How to install a polyethylene biogas plant. *Proceeding of the IBSnet Electronic Seminar*, [http:// www.ias.unu.edu/proceeding/icibs/ibsnet](http://www.ias.unu.edu/proceeding/icibs/ibsnet), March 2001 diakses 11 Mei 2009.
- ¹¹Moog, F. A., Avilla, H. F., Agpaoa, E. V. 1997. Promotion and utilization of polyethylene biodigester in smallhold farming systems in the Philippines. *Livestock Research for Rural Development* 9(2): 83–89.