

PEMANFAATAN LIMBAH KOTORAN TERNAK SAPI DENGAN REAKTOR BIOGAS DI KABUPATEN OGAN ILIR

Irnanda Pratiwi¹, Rosmalinda Permatasari², Ozkar Firdausi Homza³

^{1,2}Universitas Tridinanti Palembang, ³ Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang
Jl. Kapt. Marzuki No. 2446 Kamboja Palembang, 30129
E-mail : nanda101084@gmail.com¹,
rosmalinda_mt@yahoo.com², ozkar_firdaus_unsri@yahoo.com

ABSTRAK

Saat ini Desa Pulau Semambu sedang fokus untuk mengembangkan program wisata edukasi melalui program desa wisata Pulau Semambu. Banyaknya limbah kotoran sapi yang mencapai > 10 Kg per hari membuat limbah kotoran tersebut setiap harinya semakin menumpuk di kandang sapi yang berintergrasi dengan kawasan desa wisata Pulau Semambu, hal ini tentunya membuat kandang sapi menjadi akan semakin buruk, karena 100% limbah kotoran sapi, dibuang di samping kandang. Hal ini disebabkan masih minimnya sosialisasi yang diberikan oleh dinas terkait untuk pemanfaatan kotoran sapi sebagai bahan baku biogas. Masyarakat masih menggunakan 100 % bahan bakar LPG untuk kebutuhan masak sehari – hari. Berdasarkan potensi limbah kotoran sapi yang ada di Desa Pulau Semambu, Kec. Inderalaya Utara, Kab. Ogan Ilir, maka perlu dilakukan sosialisasi dan penyuluhan berkaitan dengan pemanfaatan limbah kotoran sapi. Bahwa limbah kotoran sapi tidak hanya bisa digunakan sebagai pupuk organik, namun dapat digunakan sebagai penghasil biogas. Hasil dari produksi biogas ini digunakan masyarakat sebagai bahan bakar alternatif pengganti gas LPG untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga sehari – hari dan sehingga dapat mengurangi pemakaian gas LPG sebanyak 30% serta dapat menghasilkan pupuk cair dan padat organik yang digunakan pada lahan pertanian dan perkebunan.

Kata kunci : Biogas, Desa, Digester, Kotoran Sapi, Pupuk Organik

ABSTRACT

At present day, Pulau Semambu Village is focusing on developing an educational tourism program through the Pulau Semambu tourism village program. The amount of cow manure waste which reaches >10 kg per day makes the manure waste accumulate more and more every day in the cowshed that integrates with the tourism village of Pulau Semambu. It makes cowshed getting worst, because 100% cow manure had thrown away next to the cage.. This is due to the lack of socialization given by related agencies for the use of cow manure as raw material for biogas. The community still uses 100% LPG fuel for daily cooking needs. Based on the potential of cow manure waste in Pulau Semambu Village, Kec. Inderalaya Utara, Kab. Ogan Ilir, it is necessary to conduct socialization and counseling related to the utilization of cow manure waste. That cow manure waste can not only be used as organic fertilizer, but can be used as a biogas. The results of this biogas production are used by the community as an alternative fuel to substitute LPG gas to meet daily household needs and so as to reduce the use of LPG gas by 30% and to produce liquid and solid organic fertilizer that is used on agricultural and plantation land

Keyword : Biogas, Cow Manure, Digester, Organic Fertilizer, Village

1. PENDAHULUAN

Limbah merupakan bahan organik atau anorganik yang tidak termanfaatkan lagi, sehingga dapat menimbulkan masalah serius bagi lingkungan jika tidak ditangani dengan baik. Limbah dapat berasal dari berbagai sumber hasil buangan dari suatu proses produksi salah satunya limbah peternakan. Limbah tersebut dapat berasal dari rumah potong hewan, pengolahan produksi ternak, dan hasil dari kegiatan usaha ternak. Limbah ini dapat berupa limbah padat, cair, dan gas yang apabila tidak ditangani dengan baik akan berdampak buruk pada lingkungan (Adityawarman et al, 2015)

Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan – bahan organik termasuk di antaranya; kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga) sampah *biodegradable* atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisi anaerobik. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbondioksida. Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan maupun untuk menghasilkan listrik (Sunaryo, 2014).

2. PERMASALAHAN

Banyaknya limbah kotoran sapi yang mencapai > 10 Kg per hari membuat limbah kotoran tersebut setiap harinya semakin menumpuk di tempat pembuangan limbah, hal ini tentunya membuat kandang sapi menjadi akan semakin buruk. Selain bau kotoran yang mengganggu, kuantitas kotoran yang semakin hari semakin banyak, juga dapat membuat pengelola ternak sapi menyediakan tempat yang lebih besar untuk menampung limbah tersebut. Tumpukan limbah kotoran ternak sapi

yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Limbah Kotoran Sapi

Selain itu terdapat juga permasalahan lain yang dialami masyarakat yaitu :

- a. Harga LPG yang semakin tinggi, serta distribusi yang tidak merata menyulitkan mitra dalam memenuhi kebutuhan pokok sehari - hari
- b. Limbah kotoran ternak yang dihasilkan belum banyak dimanfaatkan sebagai bahan pembuat biogas, padahal teknologi biogas banyak digunakan sebagai bahan bakar alternatif dalam memasak dan listrik. Saat ini kotoran sapi hanya dipergunakan sebagai pembuatan pupuk kandang yang belum bisa memberikan nilai ekonomis.
- c. Masih minimnya sosialisasi yang diberikan oleh dinas terkait untuk pemanfaatan kotoran sapi sebagai bahan baku biogas, dan masih minimnya pengetahuan masyarakat tentang pemanfaatan limbah kotoran sapi menjadi biogas
- d. Jumlah kotoran sapi yang tidak bisa langsung dimanfaatkan sehingga menyulitkan dalam proses pengolahannya menjadi pupuk kandang.

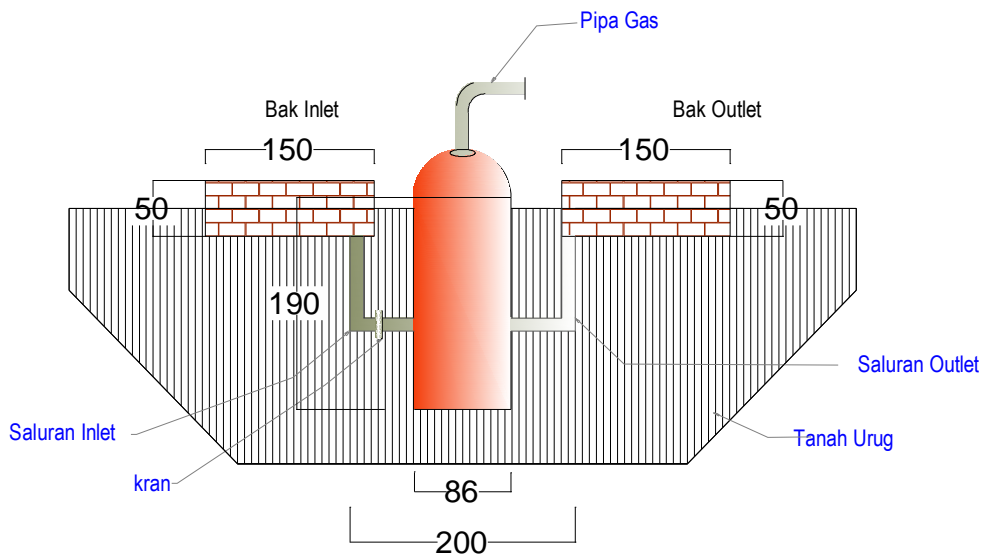
3. METODOLOGI

Pendekatan yang dilakukan diantaranya adalah melalui pendekatan pemerintah desa Pulau Semambu dan masyarakat untuk mensinergikan kegiatan-kegiatan dalam program pemerintah desa khususnya yang berkaitan dengan permasalahan keterbatasan energi bahan bakar minyak sekaligus mencari solusi mengatasi masalah tersebut dengan menciptakan teknologi untuk menghasilkan bahan bakar alternatif. Solusi diarahkan melalui penggunaan teknologi yang benar-benar dapat dilakukan oleh masyarakat dengan potensi yang tersedia, murah dan mudah dilaksanakan. Metoda pendekatan yang ditawarkan untuk mendukung realisasi program dilakukan melalui beberapa tahap diantaranya :

- a. Pemilihan Kelompok / Individu
Pemilihan kelompok peternak/ individu yang ada di desa-desa Pulau Semambu berdasarkan kelompok yang memiliki potensi diantaranya : memiliki peternakan sapi dan kotoran sapi
- b. Sosialisasi Kegiatan
Pada tahap ini bertujuan agar kesadaran masyarakat yang memiliki ternak sapi menjadi terbuka dalam pemanfaatan kotoran sapi sebagai bahan baku pembuatan biogas atau memperkuat pemahaman mengenai prinsip-prinsip yang menentukan keberhasilan adopsi teknologi.
- c. Pelatihan
Materi pelatihan adalah tentang teknologi biogas bertujuan untuk: (1) memberikan pemahaman, pengetahuan dan keterampilan kepada masyarakat mengenai teknik pembuatan dan pemeliharaan reaktor biogas, serta pemanfaatan gas yang dihasilkan, dan (2) menerapkan landasan-landasan untuk mengubah budaya masyarakat mengkonsumsi

energi konvensional, dan kayu bakar menjadi pengguna energi alternatif biogas dari kotoran sapi. Peserta utama pelatihan berasal dari kelompok peternak/ individu terpilih yang memiliki jumlah kotoran ternak sapi yang memadai sebagai bahan baku pembuatan biogas.

- d. Pelaksanaan Pembuatan Reaktor Biogas
Membangun percontohan instalasi biogas limbah peternakan skala rumah tangga pada anggota kelompok terpilih yang mengikuti pelatihan dan yang dinilai akan menjadi pelopor untuk kesuksesan pelaksanaan pengembangan Desa mandiri Energi (DME). Masyarakat diharapkan proaktif dalam kegiatan pelaksanaan. Adapun gambaran instalasi biogas dapat dilihat pada Gambar 2.
- e. Monitoring dan Evaluasi
Monitoring dan evaluasi merupakan kegiatan untuk menilai tingkat keberhasilan dan keberlanjutan kegiatan pengabdian ini. Apabila kegiatan PkM ini telah berakhir, diharapkan pula masyarakat dapat terus memanfaatkan teknologi yang telah diberikan, yaitu instalasi biogas yang memanfaatkan limbah kotoran ternak sapi. Teknologi ini juga diharapkan dapat dimanfaatkan tidak hanya pada jangka pendek saja, tetapi juga di masa yang akan datang. Teknologi ini juga diharapkan dapat dikembangkan menjadi teknologi yang lebih baik.
Diharapkan pula dari hasil limbah kotoran ternak sapi, tidak hanya dapat memproduksi menjadi biogas namun juga menjadi sumber energi listrik alternatif yang dapat digunakan oleh rumah tangga maupun industri.



Gambar 2. Instalasi reaktor biogas

Beberapa tahun terakhir ini energi merupakan persoalan yang krusial didunia. Peningkatan permintaan energi yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk dan menipisnya sumber cadangan minyak dunia serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil memberikan tekanan kepada setiap Negara untuk segera memproduksi dan menggunakan energi terbarukan (Sunaryo, 2014). Saat ini, banyak negara maju meningkatkan penggunaan biogas yang dihasilkan baik dari limbah cair maupun limbah padat atau yang dihasilkan dari sistem pengolahan biologi mekanis pada tempat pengolahan limbah.

Biogas atau sering pula disebut gas bio merupakan gas yang timbul jika bahan-bahan seperti kotoran hewan, kotoran manusia, ataupun sampah, direndam di dalam air dan disimpan di tempat tertutup atau anaerob (tanpa oksigen dari udara). Proses kimia terbentuknya gas cukup rumit, tetapi cara menghasilkannya tidak sesulit proses pembentukannya. Hanya dengan teknologi sederhana gas ini dapat dihasilkan dengan baik (Sulistiyanto et al, 2016). Biogas dapat dibuat dari kotoran

ternak, limbah industri tahu, atau sampah organik rumah tangga atau pasar. Biogas memiliki prospek yang baik sebagai alternatif energi terbarukan yang dapat dikembangkan di Indonesia yang sedang mengalami krisis energi yang ditandai dengan semakin langka dan tingginya harga bahan bakar yang berdampak pada semakin tingginya biaya produksi pembangkit tenaga listrik (Widyastuti et al, 2013).

Pengertian Biogas

Biogas merupakan hasil dekomposisi bahan organik melalui proses fermentasi anaerob yang menghasilkan gas bio berupa gas metana (CH_4) yang dapat dibakar. Biogas dapat dikembangkan untuk kebutuhan rumah tangga serta industri. Daerah terpencil yang belum mendapat suplai energi listrik dari PLN diharapkan mampu mengembangkan sumber energi listrik secara mandiri dengan menggunakan biogas sebagai sumber energi (Yahya et al, 2017). Komposisi biogas bervariasi tergantung dengan asal proses anaerobik yang terjadi. *Gas landfill* memiliki konsentrasi metana sekitar 50%, sedangkan sistem pengolahan limbah

maju dapat menghasilkan biogas dengan 55-75% CH₄. Prosentase metana dalam biogas hasil eksperimen didapatkan dengan cara melakukan pengujian laboratorium (Aysia et al, 2012).

Tabel 1. Komponen Biogas

Komponen	%
Metana (CH ₄)	55-75
Karbon dioksida (CO ₂)	25-45
Nitrogen (N ₂)	0-0.3
Hidrogen (H ₂)	1-5
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	0-3
Oksigen (O ₂)	0.1-0.5

Nilai kalori dari 1 meter kubik Biogas sekitar 6.000 watt jam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Oleh karena itu Biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, butana, batu bara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil. Limbah biogas, yaitu kotoran ternak yang telah hilang gasnya (*slurry*) merupakan pupuk organik yang sangat kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman. Bahkan, unsur-unsur tertentu seperti protein, selulose, lignin, dan lain-lain tidak bisa digantikan oleh pupuk kimia. Pupuk organik dari biogas telah dicobakan pada tanaman jagung, bawang merah, dan padi.

Sebelum memulai membuat biogas, ada baiknya diperkirakan dan diperhitungkan terlebih dahulu banyaknya biogas yang ingin diproduksi. Hal ini bertujuan agar dapat biogas dapat dipakai secara efisien dan menghemat biaya pembangunan dan perawatan alat. Untuk potensi biogas yang dapat dihasilkan dari kotoran ternak sapi dapat dilihat pada Tabel 2.

Dalam pembuatan biogas, diperlukan suatu rangkaian alat yang disebut digester atau reaktor biogas (Sunyoto et al, 2016). Digester biasanya berbentuk tabung dan digunakan sebagai tempat terjadinya proses fermentasi

anaerob. Jenis digester dapat dibagi menjadi 2 jika dilihat dari cara pengisiannya, yaitu *batch feeding* (sekali pengisian) dan *continuous feeding* (pengisian secara terus menerus).

Tabel 2. Potensi gas yang dihasilkan dari beberapa jenis limbah

Jenis limbah	Potensi gas yang dihasilkan (m ³ /kg kotoran)
Sapi atau kerbau	0,023 – 0,040
Babi	0,040 – 0,059
Ayam	0,065 – 0,116
Manusia	0,020 – 0,028

Jenis – jenis reaktor yang digunakan dalam proses pembuatan biogas, yaitu (Wahyuni, 2017) :

1. *Batch Feeding*
merupakan jenis digester yang bahan bakunya dimasukkan ke dalamnya sampai penuh, kemudian ditunggu hingga terjadi proses fermentasi dan menghasilkan biogas. Setelah tidak ada lagi biogas yang dihasilkan atau biogas yang dihasilkan sedikit, semua bahan isian di dikeluarkan dari digester untuk kemudian diganti dengan bahan isian yang baru.
2. *Continuous Feeding*
adalah jenis digester yang pengisian bahan organiknya dilakukan setiap hari dalam jumlah tertentu, setelah biogas mulai berproduksi. Pada pengisian awal digester diisi penuh, lalu di tunggu sampai biogas berproduksi. Setelah biogas berproduksi, pengisian bahan organik dilakukan secara terus-menerus setiap hari dengan jumlah tertentu. Digester jenis *continuous feeding* mempunyai dua jenis, yaitu jenis kubah terapung (*floating dome*) dan jenis tetap (*fixed dome*).

Temperatur yang tinggi umumnya akan memberikan produksi biogas yang baik. Namun suhu tersebut sebaiknya tidak boleh melebihi suhu kamar. Bakteri

ini hanya dapat berkembang bila suhu disekitarnya berada pada suhu kamar. Suhu yang baik untuk proses pembentukan biogas berkisar antara 20-40 °C dan suhu optimum antara 28-30 °C (Putra et al, 2017).

Bahan baku isian berupa bahan organik seperti kotoran ternak, limbah pertanian, sisa dapur, dan sampah organik. Bahan baku yang umum digunakan biasanya, adalah kotoran sapi perah. Bahan baku isian harus terhindar dari bahan anorganik seperti pasir, batu, plastik, atau pecahan kaca.

Karena hal itu dapat menghambat proses fermentasi bahan-bahan organik. Bahan isian ini harus mengandung bahan kering setidaknya sebanyak 7%-9%. Pecampuran seluruh bahan isian dapat dilakukan dengan cara mengencerkannya menggunakan air yang perbandingannya 1:3.

Produktivitas biogas yang tinggi tidak menentukan bahwa produksi biogas yang dihasilkan juga tinggi begitu pula sebaliknya. Hal ini disebabkan degradasi bahan organik, jenis bahan organik yang diproses sangat mempengaruhi produktivitas biogas, karena mikroorganisme yang mengurai bahan

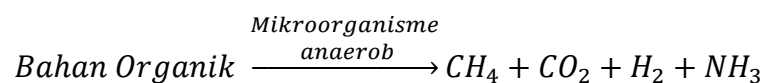
organik pada proses fermentasi sehingga berpengaruh pada degradasi bahan organik (Hasiholan et al, 2016).

Bahan baku utama membuat biogas adalah kotoran sapi dan dicampur dengan air dengan perbandingan 1:3 yang ditampung di bak penampungan sementara. Setelah tercampur dengan baik kemudian dialirkan ke dalam digester dan ditambahkan starter sebanyak 1 liter dan isi rumen segar sebanyak 5 karung unruk digester ukuran 3,5 – 5 m². Kemudian cairan tersebut akan mulai menghasilkan biogas pada hari ke 14. Ada dua jenis fermentasi biologis, yaitu fermentasi aerob dan fermentasi anaerob. Fermentasi aerob adalah fermentasi yang berlangsung dengan adanya oksigen, sedangkan fermentasi anaerob tanpa oksigen (Suryani et al, 2018).

Proses Terbentuknya Biogas

Proses pembentukan biogas membutuhkan ruang yang kedap udara, tanpa oksigen atau anaerob (tertutup). Kondisi ini menjadi kelebihan dari sistem biogas, yaitu tidak adanya bau atau aroma dari proses pengolahan biogas.

Mekanisme pembentukan biogas secara umum, yaitu (Wahyuni, 2017):



Berikut adalah tahap – tahap proses biologis terbentuknya biogas (Suyitno et al, 2010) :

- Tahap hidrolisis : Pada tahap ini, bahan organik yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan bahan ekstraktif seperti protein, karbohidrat, dan lipida akan diurai menjadi senyawa dengan rantai yang lebih pendek. Pada tahap hidrolisis, mikroorganisme yang berperan adalah enzim ekstraselular,

seperti selulose, amilase, protease, dan lipase.

- Tahap Pengasaman : Pada tahap pengasaman, bakteri akan menghasilkan asam yang berfungsi untuk mengubah senyawa pendek hasil hidrolisis menjadi asam asetat (CH₃COOH), H₂ dan CO₂. Bakteri merupakan bakteri anaerob yang dapat tumbuh dalam keadaan asam, yaitu dengan pH 5,5 – 6,5.

- Tahap pembentukan Gas CH₄ (methanogenesis) : Pada tahap ini bakteri

yang berperan adalah bakteri methanogenesis (bakteri metana). Bakteri ini membutuhkan kondisi digester yang gelap dan kedap udara. Temperatur dimana bakteri ini bekerja paling optimum 35 °C dan sangat sensitif terhadap perubahan temperatur 2 – 3 °C. Pada akhir metabolisme dihasilkan CH₄ dan CO₂ dari gas H₂, CO₂ dan asam asetat yang dihasilkan pada tahap pengasaman.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan ini dilengkapi dengan penyuluhan kepada masyarakat dalam upaya memberikan edukasi dan wawasan tambahan mengenai fungsi dan keuntungan penggunaan biogas yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kegiatan penyuluhan tentang biogas

Pada kegiatan ini, penentuan kapasitas digester fiber glass dihitung berdasarkan dari jumlah sapi yang dikelola oleh peternak. Pada saat ini, peternak mengelola 5 sapi. Kapasitas digester 600 liter atau 0,6 m³ diasumsikan dapat diisi 60% kotoran ternak dan 40% gas yang dihasilkan. Jika diketahui waktu fermentasi berlangsung selama 20 hari serta perbandingan kotoran ternak dan air sebanyak 1 kg kotoran ternak : 3 liter air,

dapat dihitung jumlah kebutuhan kotoran dan air yang dibutuhkan setiap hari.

- Kebutuhan isi : 600 liter x 60% = 360 liter isi
- Kebutuhan isi per hari = 360 liter : 20 hari = 18 liter isi/hari
- Jumlah kotoran ternak yang dibutuhkan = 1/3 x 18 liter = 6 kg
- Jumlah air yang dibutuhkan = 2/3 x 18 liter = 12 liter

Untuk perhitungan penampung gas dari kotoran sapi ini jika diasumsikan dengan 5 ekor sapi menghasilkan rata – rata 50 kg kotoran dan dengan jumlah potensi gas yang dihasilkan (G_y) dari kotoran sapi , maka besarnya produksi gas dapat dihitung sebagai berikut :

$$G = G_y \times \text{Jumlah kotoran total} \quad (1)$$

$$G = 0,020 \frac{m^3 \text{ biogas}}{kg \text{ kotoran}} \times 50 \frac{kg}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$G = 0,042 m^3 \text{ per jam atau } 1 m^3 \text{ per hari}$$

Untuk menampung gas sebanyak 1 m³ per harinya maka diperlukan plastik penampung gas dengan volume 1 m³, jika menggunakan plastik penampung gas dengan bahan PVC dengan kapasitas 0,5 m³, maka diperlukan 2 kantong/hari untuk menampung biogas. Untuk mengukur parameter tekanan, temperatur dan kelembapan, instalasi biogas ini dilengkapi dengan alat sensor *device microcontroller* yang dipasangkan pada pipa outlet gas. Instalasi biogas ini ditunjukkan pada Gambar 4 dan hasil dari biogas ini dapat digunakan untuk memasak yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 4. Instalasi biogas

Penempatan tangki biogas berada di dalam tanah agar suhu dan kelembapan di dalam tangki dapat bertahan pada nilai yang disesuaikan untuk perkembangan mikroorganisme produsen gas metan. Penggunaan tangki berbahan fiber HDPE (*High Density Poly Ethylene*) juga bertujuan agar tangki atau digester ini dapat digunakan dalam waktu yang lama. Teori ini mendukung pernyataan Dwi Putra et al (2017) bahwa jenis bahan yang digunakan untuk pembuatan reaktor ini adalah fiber plastik. Bahan fiber memiliki kelebihan diantaranya kuat, tahan lama, tidak berkarat, anti bocor serta ringan. Penggunaan bahan digester yang baik akan menghasilkan produk yang optimal. Pupuk organik cair dan padatan sebagai hasil lain dari produksi biogas ini dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pupuk organik cair dari limbah kotoran sapi

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

- a. Untuk menghasilkan biogas sebanyak 1 m³ per hari yang setara dengan 0,46 kg gas elpiji, maka dibutuhkan setidaknya 5 ekor sapi yang menghasilkan kotoran sebanyak 50 kg per hari.
- b. Proses pembuatan biogas ini menggunakan digester fiber tank dengan proses kontinu setiap hari, dengan menggunakan



Gambar 5. Biogas Skala Rumah Tangga

digester fiber tank dengan kapasitas 600 liter atau 0,6 m³.

- c. Hasil dari produksi biogas ini dapat digunakan masyarakat sebagai bahan bakar alternatif pengganti gas elpiji untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga sehari – hari.

5.2 Saran

Adapun saran dari kegiatan pengabdian ini adalah dengan mengaplikasikan bahan baku lain dalam pembuatan biogas agar bahan baku lain atau limbah organik lainnya dapat dimanfaatkan oleh masyarakat agar diperoleh sumber energi alternatif dari sumber limbah organik lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah memberi dukungan **finansial** terhadap pelaksanaan kegiatan ini kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Sesuai dengan Perjanjian Pelaksanaan Program Pengabdian Masyarakat Nomor: 106/SP2H/PPM/DRPM/2019, tanggal 11 Maret 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityawarman, A. C., Salundik, & Lucia. (2015). Pengolahan Limbah Ternak Sapi Secara Sederhana di Desa Pattalasang Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Pertanian*, 3(3), 171 - 177.
- Aysia, D. A., Panjaitan, T. W., & S, Y. R. (2012). Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi dengan Metode Taguchi. *Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV*. Surabaya.
- Hasiholan, U., Haryanto, A., & Prabawa, S. (2016). Produksi Biogas dari Umbi Singkong dengan Kotoran Sapi Sebagai Starter. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 5(2), 109 - 116.
- Putra, G. M., Abdullah, S. H., Priyati, A., Setiawati, D. A., & Muttalib, S. A. (2017). Rancang Bangun Reaktor Biogas Tipe Portable dari Limbah Kotoran Ternak Sapi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 5(1), 369 - 374.
- Sulistiyanto, Y., Sustiyah, Zubaidah, S., & Satata, B. (2016). Pemanfaatan Kotoran Sapi Sebagai Sumber Biogas Rumah Tangga di Kabupaten Pulang Pisau Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Udayana Mengabdi*, 15(2), 150 - 158.
- Sunaryo. (2014). Rancang Bangun Reaktor Biogas untuk Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sapi di Desa Limbangan Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal PPKM UNSIQ*, 1(1), 21-30.
- Sunyoto, Saputro, D. D., & Suwahyo. (2016). Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Reaktor Biogas di Kabupaten Kendal. *Rekayasa*, 14(1), 29 - 36.
- Suryani, F., Homza, O. F., & Basuki, M. (2018). Analisis pH dan Pengadukan terhadap Produksi Biogas dari Limbah Cair Kelapa Sawit. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*, 11(1), 1-7.
- Suyitno, A. S., & Dharmanto. (2010). *Teknologi Biogas : Pembuatan, Operasional dan Pemanfaatan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wahyuni, S. (2017). *Biogas Hemat Energi Pengganti Listrik, BBM dan Gas Rumah Tangga*. Jakarta: PT Agromedia Pustaka.
- Widyastuti, F. R., Purwanto, & Hadiyanto. (2013). Potensi Biogas Melalui Limbah Padat

pada Peternakan Sapi Perah
Bangka Botanical Garden
Pangkal Pinang. *Metana*, 9(2), 19
- 26.

Yahya, Y., Tamrin, & Triyono, S. (2017).
Produksi Biogas dari Campuran
Kotoran Ayam, Kotoran Sapi, dan
Rumput Gajah Mini (*Pennisetum*
Purpureum cv. Mott) dengan
Sistem Batch. *Jurnal Teknik*
Pertanian Lampung, VI(3), 151 -
160.