

Teknik Pengolahan Limbah Kotoran Sapi Bali Untuk Pembuatan Biogas Di Kampung Paya Tungel Kecamatan Jagong Jeget Sandri Sastrawan¹, Fita Ridhana² Erita³, Nugroho Pitriyanto⁴

^{1,2,3} Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Gajah Putih
Alamat
E-mail: fitaridhana12@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mengetahui proses dan cara pengolahan limbah kotoran sapi bali menjadi teknologi tepat guna yakni biogas. Biogas merupakan energy alternative pengganti gas LPG pada masyarakat khususnya pada Kampung Paya Tungel Kecamatan Jagong Jeget Kabupaten Aceh Tengah. Metode penelitian menggunakan metode survey yang bertujuan untuk memudahkand alam menggali informasi terkait teknik pengolahan limbah kotoran sapi bali menjadi biogas. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa peternak yang telah melakukan produksi pada limbah kotoran sapi bali mereka berdampak positif pada perekonomian. Yakni penghematan pada penggunaan dan ketergantungan pada gas LPG atau kayu bakar serta limbah sisa pengolahan biogas dapat digunakan menjadi pupuk organi cair (POC) dalam pertanian.

Kata kunci: limbah kotoran sapi, biogas, digester, sapi bali

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, baik dari bidang pertanian maupun peternakan. Namun seiring meningkatnya jumlah penduduk dan taraf hidup masyarakat, memerlukan lebih banyak energi untuk memenuhi kebutuhannya. Kebutuhan energi sebenarnya tidak lain adalah energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan dan mendistribusikan secara merata sarana-sarana pemenuhan kebutuhan pokok manusia.

Pemakaian bahan bakar fosil (minyak dan batubara) secara besar-besaran sebagai penyedia sumber daya energi telah terbukti ikut menambah beratnya pencemaran lingkungan. Sedangkan Indonesia yang akan memasuki era industrialisasi jelas akan memerlukan tambahan energi dalam jumlah yang relatif besar dan hal ini sudah barang tentu akan berdampak pula terhadap lingkungan. Diversifikasi energi merupakan salah satu jawaban untuk mencukupi kebutuhan energi yang terus meningkat (Haryanto, 2014).

Berbagai bentuk energi telah digunakan manusia seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam yang merupakan bahan bakar fosil. Selain itu, bahan bakar tradisional, yaitu kayu. Walaupun masih digunakan, penggunaan kayu bakar terbatas

dengan berkurangnya hutan sebagai sumber kayu. Akan tetapi dengan meningkatnya jumlah penduduk, terutama yang tinggal di perdesaan, kebutuhan energi rumah tangga masih menjadi persoalan yang harus dicarikan jalan keluarnya. Biogas merupakan salah satu alternatif sumber energi terbarukan yang dapat menjawabkebutuhanenergi.Biogas adalah gas yang dihasilkandari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam keadaan anaerob (Wahyuni,2015).

Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan Karbon dioksida (CO₂) yang ikut memberikan kontribusi bagi efek rumah kaca (*green house effect*) yang bermuara pada pemanasan global (*global warming*). Biogas memberikan perlawanan terhadap efek rumah kaca melalui cara. Pertama, Biogas memberik substitusi atau pengganti dari bahan bakar fosil untuk penerangan, kelistrikan, memasak dan pemanasan. Kedua, Methana (CH₄) yang dihasilkan secara alami oleh kotoran yang menumpuk merupakan gas penyumbang terbesar pada efek rumah kaca, bahkan lebih besar dibandingkan CO₂.

Pembakaran Methana pada Biogas mengubahnya menjadi CO₂ sehingga mengurangi jumlah methana di

udara. Ketiga, dengan lestariannya hutan, maka akan CO₂ yang ada di udara akan diserap oleh hutan yang menghasilkan oksigen yang melawan efek rumah kaca.

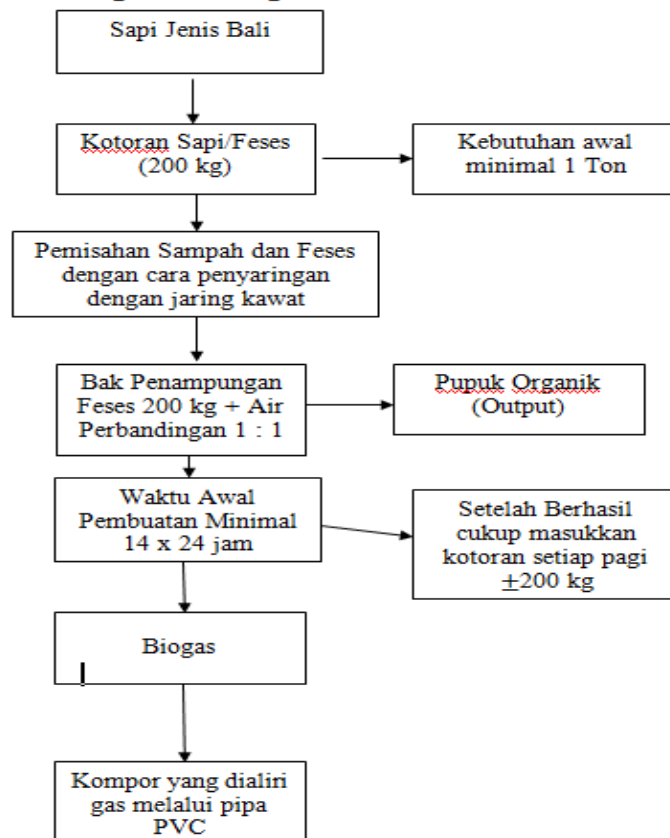
Secara prinsip pembuatan gas bio sangat sederhana, yaitu memasukkan substrat (kotoran sapi) ke dalam unit pencernaan (digester) yang anaerob. Dalam waktu tertentu gas bio akan terbentuk yang selanjutnya dapat digunakan sebagai sumber energi, misalnya untuk kompor gas. Penggunaan biogas ini diharapkan mampu menekan intensitas penggunaan gas alam yang semakin lama semakin menipis persediaannya.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka penulis mengadakan penelitian dengan judul "Teknik Pengolahan Limbah Kotoran Sapi Bali Untuk Pembuatan Biogas Di Kampung Paya Tungel Kecamatan Jagong Jeget".

Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode penelitian survey yang dilakukan dengan melalui wawancara dan pengamatan secara langsung.

Bagan 1. Alur Pengolahan Biogas Secara Umum



Langkah rinci dalam teknik pengolahan limbah kotoran sapi menjadi biogas adalah sebagai berikut:

Mencampur kotoran sapi dengan air hingga terbentuk lumpur dengan perbandingan 1:1 di bak penampungan sementara. Bentuk lumpur ini akan

memudahkan ketika dimasukkan ke dalam digester.

1. Memasukkan lumpur ke dalam digester melalui lubang masuk. Pada pengisian pertama, kran gas yang ada di atas digester dibuka supaya proses masuknya lebih mudah dan udara yang ada di dalam digester keluar. Pengisian lumpur pertama ini dibutuhkan kotoran sapi dalam jumlah banyak supaya digester penuh (Kurang lebih 1 ton)
2. Tambahkan *starter* (bakteri) sebanyak 1 liter dan isi rumen segar dari rumah potong hewan sebanyak 5 karung untuk kapasitas digester 3,5-5,0 m². Setelah digester dalam keadaan penuh, kran gas ditutup supaya terjadi proses fermentasi. (ini sangat dianjurkan untuk mempercepat hasil fermentasi)
3. Membuang gas yang pertama kali dihasilkan (termasuk gas CO₂) pada hari ke-1 sampai ke-8. Sedangkan hari ke-10 sampai ke-14, baru terbentuk gas metan

(CH₄) dan CO₂ mulai menurun. Pada komposisi CH₄ 54% dan CO₂ 27%, biogas akan menyala.

Tabel 1. Data Peternak yang memproduksi Biogas

Nama	Jumlah Ternak	Alamat
Bapak Walidi	8	Dusun Paya Empan
Bapak Teguh	7	Dusun Bangun Rejo
Bapak Yani	9	Dusun Ramung Payung I
Total	24	

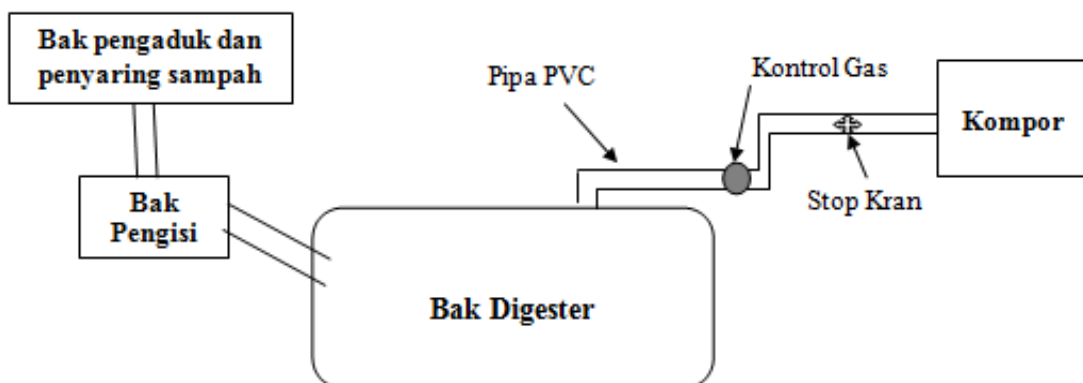
Data Diolah Tahun 2019

Data di atas merupakan data warga masyarakat kampung paya tungel yang berhasil memanfaatkan dan mengolah limbah kotoran sapi menjadi biogas yang dapat dimanfaatkan untuk memasak.

PEMBAHASAN

Produksi Biogas Bapak Walidi

Desain instalasi yang diterapkan oleh bapak Walidi sebagai peternak sapi yang mengolah limbah kotoran sapi adalah sebagai berikut:



Bagan 2. Proses Biogas

Kandang sapi yang dimiliki oleh bapak Walidi hanya berjarak 7 meter dari rumah, sehingga sangat dekat dan memudahkan untuk mengelola limbah kotoran sapi bali yang dimilikinya. Jarak yang lumayan dekat ini memiliki dampak positif pada daya tekanan api pada biogas yang dihasilkan. Pengolahan awal yang dilaksanakan oleh Bapak Walidi berlangsung selama 24 hari. Proses yang lama ini dipengaruhi karena proses pengolahan awal limbah kotoran sapi bali ini berlangsung pada musim hujan. Sehingga proses penguapan juga terjadi kurang maksimal. Serta feses yang dikeluarkan oleh sapi bali juga lebih berbentuk cair sehingga kurang optimal dalam pengumpulannya. Dengan kata lain, campuran air lebih banyak dari pada fesesnya. Menurut Wahyuni (2015) jenis bahan organik yang digunakan sebagai bahan baku biogas merupakan faktor yang sangat penting. Hal ini, sangat berpengaruh terhadap lamanya waktu dekomposisi bahan sehingga menghasilkan gas metana yang diperlukan. Bahan organik mengandung yang selulosa dan lignin lebih lama terdekomposisi dibanding dengan limbah kotoran ternak sehingga, untuk menghasilkan proses yang optimal, bahan yang digunakan sebaiknya merupakan campuran limbah pertanian dengan kotoran ternak.

Namun berdasarkan teori di atas, menurut Bapak Walidi jika kotoran sapi dicampur dengan bahan organik lain seperti rumput atau sisa pakan atau limbah pertanian maka hasil biogas yang dihasilkan kurang maksimal. Hal ini dimungkinkan karena proses fermentasi di kecamatan Jagong Jeget terpengaruh oleh suhu daerah tersebut yang tergolong dingin. Selain itu berdasarkan percobaan yang telah Walidi lakukan, jika menggunakan campuran sisa limbah pertanian membutuhkan waktu fermentasi yang lebih lama dari pada hanya campuran limbah kotoran sapi bali dan air.

Pengolahan limbah kotoran sapi bali menjadi biogas oleh Bapak Walidi berawal dari limbah kotoran sapi, dalam hal ini yang digunakan adalah sapi bali yang berasal dari kandang sapi. Feses atau kotoran sapi dimasukkan kedalam bak pengaduk feses yang dicampur dengan air. Pada bak pengaduk feses ini selain menjadi bak pengaduk awal, juga menjadi tempat menyaring sampah rumput sisa pakan sapi yang disaring dengan menggunakan jaring kawat besi. Hal ini dilakukan bertujuan agar yang masuk dalam bak pengisian adalah feses sapi yang berbentuk lumpur yang telah bercampur dengan air telah terpisah dari sisa pakan sapi. Dengan kata lain, feses yang masuk sudah

dipisahkan dari sampah dengan tujuan memudahkan fermentasi pengolahan biogas.

Setelah melalui pengadukan dan penyaringan kemudian masuk pada bak pengisian yang difungsikan sebagai penampung awal dari lumpur kotoran sapi. Hal ini memudahkan peternak untuk mengetahui apakah masih ada sampah yang tercampur dalam lumpur feses atau tidak.

Pengisian kotoran sapi ini dilakukan pada setiap pagi dan sore hari dengan perkiraan sebanyak 200 kg dengan perbandingan air 1 : 1. Yang akan dimasukkan dalam digester dan difermentasikan sehingga menguap menjadi biogas. Digester yang digunakan oleh petani berukuran panjang 3 meter, lebar 3 meter dan kedalaman 3 meter. Dengan ukuran ini digester dapat menampung kotoran sapi lebih dari 1,5 ton. Sehingga memudahkan peternak dalam pengisian yang memiliki batas maksimum yang cukup besar. Bak pemasukan berfungsi untuk melakukan homogenisasi dari bahan baku limbah cair dan padat. Sedangkan digester berfungsi juga sebagai penampung gas. Oleh karena itu, untuk menampung gas yang terbentuk dari bahan organik dapat dibuat beberapa model konstruksi alat penghasil biogas (Wahyuni, 2015).

Untuk menyalurkan hasil biogas, pipa PCV digunakan sebagai media yang paling sederhana dalam menyalurkan hasil biogas ke dapur petani. Penggunaan pipa PVC ini bertujuan untuk menghemat biaya dikarenakan bentuknya yang kuat dan tahan terhadap zat-zat yang terkandung dalam biogas. Melalui pipa ini, biogas disalurkan ke dapur para peternak sapi. Pada pipa PVC terdapat stop kran yang berfungsi untuk memutuskan arus biogas dari digester langsung ke kompor yang berada di dapur. Adapun pipa PVC yang digunakan bapak Walidi berukuran ½ inci.

Sisa hasil fermentasi feses/kotoran limbah sapi ini keluar melalui bak penampungan sisa pengolahan biogas. Kotoran sapi sisa pengolahan ditampung pada bak ini dan dapat digunakan sebagai pupuk organik cair maupun pupuk organik padat. Hal ini sesuai dengan pendapat Wahyuni (2013) isian digester tersebut akan dibongkar setelah biogas tidak diproduksi lagi atau produksinya rendah. Digester kemudian diisi kembali dengan bahan organik yang baru.

Pengolahan Biogas Bapak Teguh

Teknik pengolahan biogas dari limbah kotoran sapi bali milik bapak Teguh tidak jauh berbeda dari bapak Walidi. Namun terdapat sedikit perbedaan pada instalasi yang dimiliki oleh bapak Teguh seperti di bawah ini:

Baqan 3. Alur Pengolahan Bioqas Bapak Tequh



Pengolahan biogas milik bapak Teguh bermula dari pengisian limbah kotoran sapi yang dicampur dengan air dengan kapasitas perbandingan 1 : 1. Pada instalasi milik Bapak Teguh dapat dilihat bahwa bak pengisi limbah kotoran sapi berfungsi ganda, yakni juga sebagai bak pengaduk dan penyaring limbah kotoran sapi dari sampah dan rumput sisa pakan sapi.

Pengadukan bertujuan untuk menghomogenkan bahan baku pembuatan biogas, seperti kotoran ternak, limbah pertanian, dan bahan-bahan lainnya. Karena pada saat pencampuran dilakukan, bahan-bahan tersebut tidak tercampur dengan baik dan merata. Pengadukan dapat dilakukan sebelum dimasukkan ke dalam digester atau ketika bahan sudah berada di dalam digester (Wahyuni, 2013). Berdasarkan pendapat tersebut Bapak Teguh melakukan pengadukan secara mekanik. Yaitu melakukan pencampuran antara air dengan limbah kotoran sapi bali dengan alat manual yang telah dibuat. Tujuan dimasukkannya limbah kotoran sapi ke dalam digester bertujuan untuk memudahkan proses pembentukan biogas. Menurut Sahidu (1993) mengungkapkan bahwa biogas adalah suatu campuran gas-gas yang dihasilkan dalam suatu proses pengomposan bahan organik oleh

bakteri dalam keadaan tanpa oksigen (proses anaerob).

Adapun jarak kandang dengan instalasi biogas hanya 1 meter. Bak pengaduk dan penampung kotoran sapi terletak tepat di belakang kandang yang berfungsi sebagai pembuangan kotoran sapi. Sedangkan jarak kandang sapi dari rumah hanya berkisar antara 5 meter saja.

Proses awal pengolahan limbah kotoran sapi bali menjadi biogas milik bapak Teguh berlangsung selama 25 hari setelah pengisian awal. Hal tersebut terpengaruh karena proses fermentasi. Fermentasi adalah salah satu hal penting dalam pembentukan gas dalam biogas. Proses fermentasi mengacu pada berbagai reaksi dan interaksi yang terjadi di antara bakteri metanogen dan non metanogenserta bahan yang diumpungkan ke dalam digester sebagai input. Fermentasi dalam pencernaan anaerobik, produksi campuran asam organik mendorong proses dekomposisi untuk membuat biogas.(Wahyuni, 2013)

Permasalahan waktu yang dialami oleh bapak Teguh terjadi karena jumlah sapi yang dimiliki bapak Teguh hanya 7 ekor sapi sehingga mengurangi kebutuhan limbah feses yang dibutuhkan. Selain itu terdapat perbedaan lain yakni pada pipa PVC yang digunakan dari digester adalah ¾ inci dan kemudian

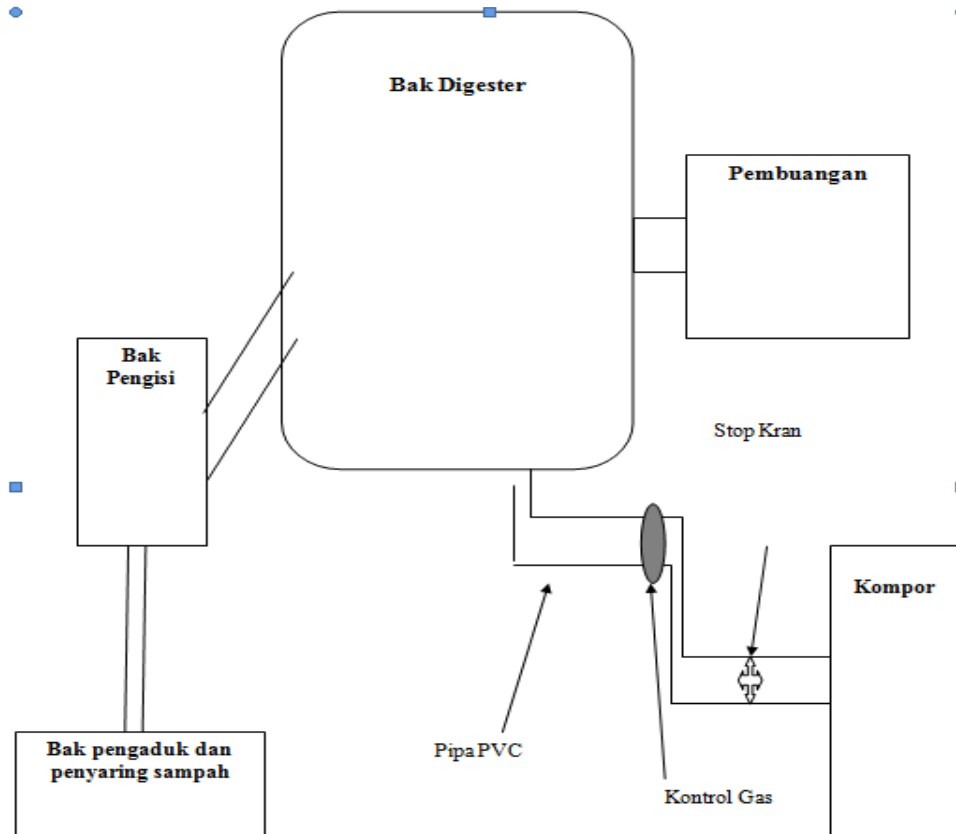
disambung dengan pipa yang lebih kecil lagi yakni ½ inci dan kemudian menuju kompor.

Pengolahan Biogas Bapak Yani

Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara dengan bapak Yani, diperoleh

perbedaan yang sangat jauh dengan pengolahan biogas milik bapak Teguh dan bapak Walidi. Adapun instalasi biogas yang dibuat oleh bapak Yani adalah sebagai berikut:

Bagan 4. Alur Pengolahan Biogas Bapak Yani



Adapun jarak kandang dengan rumah Bapak Yani adalah sekitar 8 meter. Namun digester dibangun cukup dekat dengan dapur sehingga lebih diharapkan gas akan memberikan tekanan yang sedikit lebih besar. Instalasi pengolahan biogas milik bapak Yani terletak tepat di belakang rumah. Dengan jumlah sapi 9 ekor yang sudah dewasa, kebutuhan feses untuk mengisi bak digester pun secara otomatis akan terpenuhi.

Menurut Hadi produksi biogas sudah terbentuk sekitar 10 hari. Setelah 10 hari fermentasi sudah terbentuk kira-kira 0,1 - 0,2 m³/kg dari berat bahan kering. Peningkatan penambahan waktu fermentasi dari 10 hingga 30 hari meningkatkan produksi biogas sebesar 50% (Hadi, 2000).

Namun berbeda halnya proses pengolahan dari limbah kotoran sapi menjadi biogas milik bapak Yani. Pengolahan biogas dari limbah kotoran sapi pada titik awal

berlangsung selama 16 hari. Hal tersebut memang lebih lama dibandingkan teori yang dikemukakan oleh Hadi, namun pengolahan limbah kotoran sapi bali milik bapak Yani tergolong lebih cepat dari milik bapak Walidi dan Bapak Teguh. Hal ini disebabkan karena kebutuhan feses terpenuhi dan pengisian awal dilaksanakan pada musim panas. Sehingga memudahkan proses penguapan. Selain hal tersebut sebelum melakukan fermentasi, bapak Yani memeriksa dengan teliti digester yang akan digunakan, agar tidak terjadi kebocoran udara pada digesternya. Biodigester harus tetap dijaga dalam keadaan anaerob yaitu tidak terjadi kontak langsung dengan oksigen (O₂). Udara mengandung O₂ sebanyak 21% vol sehingga jika memasuki biodigester dapat menyebabkan penurunan produksi metana. Penyebabnya adalah bakteri alami untuk proses penguraian bahan organik membutuhkan kondisi kedap udara, sehingga jika terdapat udara yang mengandung O₂

menyebabkan bakteri berkembang tidak sempurna (Suyitno dkk, 2010).

Selain itu dari bak digester Bapak Yani menggunakan pipa PVC berukuran $\frac{3}{4}$ inci dengan panjang 30 cm dan kemudian disambung dengan pipa $\frac{1}{2}$ inci 50 cm dan dilanjutkan dengan pipa PVC ukuran $\frac{1}{4}$ inci hingga menuju dapur.

Penggunaan pipa PVC berbagai ukuran ini bertujuan untuk dapat meningkatkan tekanan gas pada kompor. Pengisian awal milik bapak Yani tidak jauh berbeda halnya dengan peternak lain, yaitu diisi dengan feses sekitar 1 ton yang telah dicampur dengan air dengan perbandingan 1 : 1. Pencampuran ini berdasarkan teori Yuwono (2005) yaitu karena kandungan air yang tinggi akan memudahkan proses penguraian, sedangkan homogenitas sistem membuat kontak antar mikroorganisme dengan substrat menjadi lebih intim. Hal ini dimaksudkan memudahkan proses pencampuran antara limbah kotoran yang digunakan dengan air.

Pada mulanya instalasi bapak Yani menggunakan penampung biogas sementara, namun hal tersebut berpengaruh pada tekanan gas yang dihasilkan lebih lemah, pada akhirnya Bapak Yani mengubah instalasi langsung dari bak digester menuju kompor.

Tehnik Pengolahan Limbah Kotoran Sapi Bali menjadi Biogas

Keahlian para peternak dalam mengolah limbah kotoran sapi bali bermula dari hasil pelatihan seorang peternak yakni Bapak Yani di kabupaten Lembang Bandung dan langsung menguji coba pada limbah ternaknya bersama dengan beberapa masyarakat yang ada pada kampung Paya Tungel tersebut.

Pada mulanya penampungan kotoran sapi dibuat dengan lebar 3 meter dan panjang 3 meter serta memiliki kedalaman 4 meter. Penampungan kotoran sapi ini kemudian diisi dengan limbah kotoran sapi dengan kapasitas 1 ton. Berdasarkan pernyataan Bapak Walidi salah satu peternak yang berhasil menciptakan biogas dari kotoran sapi, beliau mengumpulkan kotoran sapi untuk pengisian pertama dari beberapa peternak yang ada di sekitar rumahnya.

Kotoran sapi yang telah dikumpulkan kemudian dicampur dengan air dan diaduk hingga menjadi seperti lumpur. Adapun proses pencampuran antara kotoran sapi dan air ini memiliki perbandingan 1 : 1. Jadi misalnya air 1 ember maka kotoran sapi

juga 1 ember. Untuk pengisian pertama bapak Walidi menunggu hingga 24 hari untuk mendapatkan hasil fermentasi kotoran sapi menjadi biogas. Sedangkan bapak Yani membutuhkan waktu 16 hari dan Bapak Teguh dalam waktu 25 hari.

Perbedaan fermentasi ini terletak pada musim pada saat memasukkan kotoran sapi. Bapak Yani pada saat pengisian kotoran sapi dilaksanakan pada musim panas sehingga cukup sedikit curah hujan. Hal tersebut sangat membantu dalam proses fermentasi. Sedangkan bapak Teguh dan Bapak Walidi memiliki waktu yang hampir sama, hal ini terpengaruh dikarenakan terjadi pada musim penghujan sehingga terjadi penurunan suhu pada digester.

Adapun digester yang telah dibuat sebagai bahan penampungan limbah kotoran sapi bali ini terletak cukup dekat dengan kandang sapi, yakni hanya berkisar antara 2 – 3 meter. Hal ini bertujuan untuk memudahkan peternak untuk memasukkan kotoran sapi kedalam bak penampungan. Sedangkan untuk kapasitas penampungan limbah kotoran sapi bali ini mampu menampung sekitar 2 hingga 3 ton kotoran sapi.

Untuk mengalirkan hasil biogas menuju kompor yang berada di dapur, maka peternak menggunakan pipa PVC berbagai ukuran yakni dari $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ dan $\frac{1}{4}$ inci. Penggunaan pipa ini dianggap lebih kuat dan mudah jika dibandingkan dengan menggunakan selang biasa. Serta secara ekonomis pipa pvc ini dianggap lebih ekonomis.

Pada dekat tabung digester terdapat dua bak yang merupakan bak pengadukan limbah kotoran sapi yang akan dimasukkan dalam digester dan bak pembuangan yakni sisa fermentasi yang akan menjadi pupuk organik. Setelah sebuah digester mampu menghasilkan biogas, maka para peternak tetap harus memasukkan limbah kotoran sapi setiap hari. Hal ini dilakukan untuk menjaga kestabilan isi biogas yang akan digunakan sehari-hari. Adapun menurut Bapak Walidi pengisian limbah kotoran sapi bali dilaksanakan pada waktu pagi dan sore setelah ternak diberikan makan. Adapun kisaran kotoran sapi yang dikeluarkan oleh satu ekor sapi bali adalah berkisar antara 20 kg hingga 35 kg.

Langkah rinci dalam teknik pengolahan limbah kotoran sapi menjadi biogas adalah sebagai berikut:

1. Mencampur kotoran sapi dengan air hingga terbentuk lumpur dengan

perbandingan 1:1 di bak penampungan sementara. Bentuk lumpur ini akan memudahkan ketika dimasukkan ke dalam digester.

2. Memasukkan lumpur ke dalam digester melalui lubang masuk. Pada pengisian pertama, kran gas yang ada di atas digester dibuka supaya proses masuknya lebih mudah dan udara yang ada di dalam digester keluar. Pengisian lumpur pertama ini dibutuhkan kotoran sapi dalam jumlah banyak supaya digester penuh (Kurang lebih 1 ton)
3. Tambahkan *starter* (bakteri) sebanyak 1 liter dan isi rumen segar dari rumah potong hewan sebanyak 5 karung atau setara dengan 75 kg untuk kapasitas digester 3,5-5,0 m². Setelah digester dalam keadaan penuh, kran gas ditutup supaya terjadi proses fermentasi. (ini sangat dianjurkan untuk mempercepat hasil fermentasi)
4. Membuang gas yang pertama kali dihasilkan (termasuk gas CO₂) pada hari ke-1 sampai ke-8. Sedangkan hari ke-10 sampai ke-14, baru terbentuk gas metan (CH₄) dan CO₂ mulai menurun. Pada komposisi CH₄ 54% dan CO₂ 27%, biogas akan menyala.

Pada hari ke-14, sudah bisa menghasilkan energi biogas yang selalu terbarukan dan untuk menyalakan api pada kompor gas atau kebutuhannya lainnya. Perlu diketahui bahwa biogas ini tidak berbau kotoran sapi. Berikutnya, digester dapat diisi lumpur kotoran sapi secara berkelanjutan untuk menghasilkan biogas yang optimal.

KESIMPULAN

5. Proses pengolahan limbah kotoran sapi bali menjadi biogas bergantung kepada ketersediaan feses sapi milik peternak dan membutuhkan modal awal yang cukup besar namun sangat ekonomis ketika sudah berhasil.
6. Hasil produksi yang diperoleh dari pengolahan limbah kotoran sapi bali dari 7 ekor sapi cukup untuk memenuhi kebutuhan gas pada 1 rumah tangga. Serta membutuhkan waktu pengolahan awal berkisar antara 14 – 25 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi *et al.* 2012. *Biogas Energy*. London: Sprimger New York Dordrecht.
- Al Saedi. 2008. *Biogas Handbook*. University of Southern Denmark Esbjerg, Neils Bohrs Vej 9-10, DK-6700 Esbjerg, Denmark.
- British Petroleum (BP). 2016. *BP Energi Outlook to 2035*. *BP Energy Outlook : Outlook to 2035*
- Felix, A. dkk. 2012. *Pembuatan Biogas Sampah Sayuran*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri. Vol. 1, No. 1. Hal. 103-108.
- Deublein dan Steinhauser. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources an Introduction*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH Co.KgaA.
- Gunawan, D. 2013. Produksi Biogas sebagai Sumber Energi Alternatif dari Kotoran Sapi. *Scientific Article*. Vol. 1, No.2
- Hadi. 2000. *Gas Bio Sebagai Bahan Bakar*. Proyek Laboratorium PST PPTMGB "Lemigas". Cepu.
- Harahap, I.V. 2007. *Uji Beda Komposisi Campuran Kotoran Sapi dengan Beberapa Jenis Limbah Pertanian terhadap Biogas yang Dihasilkan*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Sumatera: Program Sarjana Universitas Sumatera Utara.
- Haryanto, A. 2014. *Energi Terbarukan*. Bandar Lampung. Bab V : 195 – 246.
- Hermawan. 2005. *Pemanfaatan Sampah Organik Sebagai Sumber Biogas untuk Mengatasi Krisis Energi Dalam Negeri*. Karya Tulis Ilmiah Mahasiswa, Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Lampung.
- Jiwantoro. 2005. *Infrastruktur Pembangkit Biogas*. <http://www.jiwantoro.com/index.php/Artikel?start=10> (diunduh pada tanggal 7 September 2020).
- Kamaruddin, A., Abdul, K.I., Siregar, N., Agustina, E., Alamsyah, Yamin, M., Edy, H., Purwanto, Y.A. 1995. *Energi dan Listrik Pertanian*. Academic

- Development of The Graduate Program. Bogor: IPB.
- Khalid, Aisha dan Naz, Shagufta. 2013. Isolation and Characterization of Microbial Community in Biogas Production from Different Commercially Active Fermentors in Different Regions of Gujranwala. *International Journal of Water Resources and Environmental Sciences*. Pakistan. Vol. 2, No. 2, Hal: 28-34
- LIPI. 2005. *Biogas, Sumber Energi Alternatif*. <http://www.energi.lipi.go.id/utama.cgi?cetakartikel&1124147846> (diunduh pada tanggal 30 september 2019).
- Madigan, M.T., John, M.Martiko dan Jack, P. 2003. *Brock Biology of Microorganism*. USA: Pearson Education Inc.
- Mahida, 1993. *Pencernaan Air dan Pemnfaatan Limbah Industri*. Terjemahan G. A Ticoalu. Jakarta: Raja Grafinda Persada.
- Meynell. 1976. *Energy for World Agricultural*. Rome: FAO-UN
- Mohammad, R., F. Soeroso, S. Pradana, Akbar, Sudarno, dan I.W. Wardhana. 2000. Pengaruh Pengenceran dan Pengadukan Terhadap Produksi Biogas pada Aneorobic Digestion dengan Menggunakan Ekstrak Rumen Sapi Sebagai Starter dan Limbah Dapur Sebagai Substrat. *Jurnal PRESIPITASI*. Vol 13 (2) : 88 - 93.
- Paimin. 2001. *Alat Pembuat Biogas dari Drum*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Raskin, L., Mackie, R.I., McMahon, K.D., Griffin, M.E. 1997. *Methanogenic Population Dynamics during Start-Up of Anaerobic Digesters Treating Municipal Solid Waste and Biosolid Matt*. *Biotechnology and Bioengineering Journal, Environmental Engineering, University of Illinois at Urbana Champaign*. 5: 342-355.
- Raskin, L., Tumbleson, M.E., Rausch, K.D. 2007. *Microbial Diversity and Dynamics in Multi- and Single-Compartment Anaerobic Bioreactors Processing Sulfate-rich Waste Streams*. *Environmental Microbiology Journal* Salle, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801, USA. 9: 93-106.
- Romli, M. 2010. *Teknologi Penanganan Limbah Anaerobik*. Bogor: TML Publikasi
- Said, Z. A. 2006. *Kebijakan Publik*. Yogyakarta: Suara Bebas.
- Sahidu, S. 1983. *Kotoran Ternak Sebagai Sumber Energi*. Jakarta: Dewaruci Press.
- Suyitno, dkk. 2010. *Teknologi Biogas: Pembuatan, Operasional dan Pemanfaatan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Simamora, S., Salundik, S., Wahyuni, S. 2006. *Membuat Biogas Pengganti Minyak dan Gas dari Kotoran Ternak*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Sahidu, S. 1983. *Kotoran Ternak Sebagai Sumber Energi*. Jakarta: Dewaruci Press.
- Saputra, A. 2010. *Pembuatan Biogas dari Rumput Laut Jenis Sargassum duplicatum dan Caulerpa racemosa Sebagai Bahan Energi Alternatif (Skripsi)*. Indralaya. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
- Sembiring. 2004. *Pengaruh Berat Tinja Ternak dan Waktu terhadap Hasil Biogas*. Laporan Penelitian. Jakarta.
- Sianturi, H.S.D. 1990. *Seminar UMI Bidang Pertanian Ke 6*. Medan.
- Susanto. 2009. *Efektifitas Penggunaan Energi Tepat Guna*. Graha Media: Jakarta.
- Yunus, Mokhammad. 1995. *Teknik Membuat dan Memanfaatkan Unit Gas Bio*. Yogyakarta: UGM Press.
- Yuwono, D. 2005. *Kompos*. Jakarta: Penebar Swadaya

- Wahyuni, S. 2013. *Biogas Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas, dan Listrik*. PT. Agro Media Pustaka. Jakarta Selatan.
- Wahyuni, S. 2015. *Panduan Praktis Biogas*. Penebar Swadaya. Jakarta Timur.
- Wellinger, A. dan Leindenberg 2000. *Process Design of Agricultural Digesters*. Nova Energie GmbH. Elggerstrasse 36. 8356 Ettenhausen, Germany.
- Wulandari. 2006. *Biomass Energi Center For Research on Engineering Application in Tropical*. Terjemah Indonesia. Bogor: LPPM-IPB