

RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN ALAT PRODUKSI BIOGAS DARI KOTORAN SAPI DENGAN VARIASI JUMLAH MIKROBA

DESIGN BUILDING AND TESTING BIOGAS PRODUCTION EQUIPMENT FROM COW DUNG WITH VARIOUS MICROBIAL VARIATIONS

Leila Kalsum^{1,a)}, Ahmad Zikri¹, Willys Eko Islamiyata^{1,b)}, Fairuz Hibatullah¹
¹Teknologi Kimia Industri / Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jalan Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang 30139, (0711)353414/(0711)355918
e-mail : ^{a)}elak87chem@yahoo.com, ^{b)}willyseko@gmail.com

ABSTRACT

Biogas is an alternative energy in the form of gas produced from organic materials. The biggest component of biogas is methane (CH₄, 54-80% volume) and carbon dioxide (20-45% volume) and a small amount of oxygen, H₂, N₂ and H₂S. The process of making biogas is carried out in fermentation, namely the process of forming methane gas under anaerobic conditions with the help of anaerobic bacteria in a digester so that methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) gases are produced which are larger than hydrogen (H₂), nitrogen (N₂) and sulfide acid (H₂S). This study aims to make biogas from organic waste materials and cow dung by conducting variations of microorganisms to see how much biogas is produced with a short span of time. The variation of Green Phoskko-7 (GP-7) microorganisms is 250 gr, 350 gr and 450 gr with a fixed composition and material concentration of 133 kg of cow dung: 66 liters of water (2: 1) which is fermented for 7 days with a fixed temperature 35°C. The results of this study showed that the optimum amount was 450 grams of GP-7 with a volume of 0.338467 m³ and a methane level of 33.492 mol%.

Keyword : Biogas, Anaerobic Bacteria, Cow dung

1. PENDAHULUAN

Biogas merupakan salah satu energi alternatif berupa gas yang dihasilkan dari bahan-bahan organik. Biogas merupakan salah satu energi terbarukan. Bahan-bahan yang dapat digunakan untuk produksi biogas adalah berbagai macam limbah organik seperti sampah biomassa, kotoran manusia, kotoran ternak, dan lain-lain, yang diolah melalui proses pemecahan bahan organik oleh aktifitas bakteri anaerob (Kaharudin dan Farida, 2010).

Pada tahun 2016 (Master plan Dinas Peternakan Provinsi Sumatera Selatan), lebih dari dua ratus ribu ekor sapi yang tersebar di seluruh daerah Sumatera Selatan dan masih banyak yang belum dimanfaatkan seluruhnya, dalam hal ini adalah kotoran sapi. Untuk satu ekor sapi rata-rata dapat menghasilkan 20 kg kotoran per hari yang setara dengan 1-1,2 m³ (Sufyandi, 2001). Kotoran sapi mempunyai prospek pengembangan teknologi yang besar karena mempunyai kandungan gas metan yang sangat besar yang dapat diolah sebagai energi alternatif serta banyak mengandung selulosa dan hemiselulosa yang merupakan bahan pembuatan biogas.

Pada proses pembentukan biogas, mikroorganisme memerlukan kondisi lingkungan yang memadai untuk pertumbuhan optimalnya, seperti pH, temperatur, nutrisi dan yang lainnya. Nutrisi yang cukup penting untuk pertumbuhan mikroba adalah nitrogen dan karbon terutama untuk proses asimilasi. Karbon digunakan

sebagai energi sedangkan nitrogen digunakan untuk membangun struktur sel. Rasio C/N menunjukkan perbandingan jumlah dari kedua elemen tersebut. Apabila jumlah karbon lebih banyak maka nitrogen akan habis terlebih dahulu, hal ini akan menyebabkan proses berjalan dengan lambat. Nitrogen yang terlalu banyak (rasio C/N rendah, misalnya 30/15), maka karbon habis lebih dahulu dan proses fermentasi berhenti (Hambali, dkk., 2012).

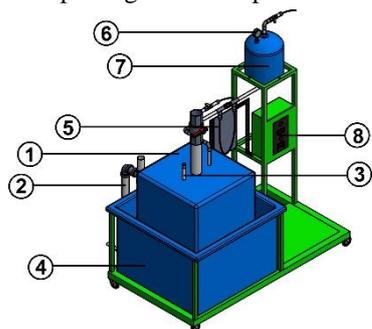
Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Zubaidi (2012) didapati bahwa waktu pembentukan gas atau *Hydraulic Retention Time* (HRT) untuk digester tipe balok dengan volume bak reaktor 1200 liter dan posisi horizontal yang dioperasikan secara kontinyu lebih cepat menghasilkan gas yaitu hari ke 16 dengan investasi yang diperlukan untuk pembuatan seperangkat biodigester sekitar 1,5 juta rupiah sudah terhitung ongkos tenaga kerja untuk pemasangan. Dan pada penelitian yang dilakukan oleh Muttalib dan Priyati (2017) didapati jumlah perbandingan kotoran sapi dan air adalah 2 : 1 dengan volume digester sebanyak 200 liter. Dari kedua penelitian ini didapati kelebihan dari digester tipe balok adalah dapat dibentuk *portable*, ongkos instalasi yang kecil, dan karena dibuat dari bahan *fiberglass*, maka digester ini bersifat kedap, ringan, tidak mudah berkarat, dan kuat. Adapun kekurangan dari digester tipe ini adalah, volume reaktor yang terbatas sehingga gas yang dihasilkan perhari juga terbatas, membutuhkan tekanan yang besar untuk

mendorong gas hasil fermentasi keluar dari biodigester disebabkan bentuknya yang balok, namun hal ini tidak mengganggu jalannya proses fermentasi pembentukan biogas dari kotoran sapi. Oleh sebab itu, pada perancangan alat dan penelitian biodigester ini akan dibuat digester dengan tipe balok berukuran yang *compact* dan *portable* yang dilengkapi dengan pengendalian suhu untuk mendapatkan biogas dengan HRT selama 7 hari, serta perbandingan kotoran sapi dan air sebanyak 2 : 1.

Selama proses fermentasi anaerob, senyawa-senyawa organik diurai menjadi gas metana (CH_4) dan karbon dioksida. Proses ini melewati beberapa tahap yang melibatkan jumlah mikroba dan temperatur yang berperan penting dalam proses pembentukan biogas. Maka dari itu, pada penelitian ini akan menitikberatkan pada jumlah mikroba yang digunakan untuk dapat menghasilkan biogas dengan kadar metana dan volume gas yang optimum dari bahan kotoran sapi.

2. METODE PENELITIAN

Secara umum rancangan ini terdiri dari 7 bagian yaitu, digester biogas *fiberglass*, tangki residu, termokopel, termokontrol, elemen pemanas, manometer tabung U, dan biogas *storage tank*. Adapun yang menjadi variabel tetap pada penelitian ini adalah temperatur sebesar 35°C , pH sebesar 7-8, waktu fermentasi selama 7 hari, tanpa adanya pengadukan dan perbandingan penggunaan kotoran sapi dan air sebanyak 2 : 1. Sedangkan variabel tak tetap pada penelitian ini adalah jumlah mikroba yang digunakan yaitu 30.000 CFU / 250 gram sampel padat, 42.000 CFU / 350 gram sampel padat, dan 54.000 CFU / 450 gram sampel padat. Kotoran sapi yang telah diolah dimasukkan kedalam digester. Digester berbahan *fiberglass* digunakan karena efisien penggunaannya pada skala rumah tangga maupun dalam penanganan hasil produksi biogas.



Gambar 1. Desain Alat Produksi Biogas

Pada penelitian ini digunakan digester sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1. Digester tersebut terdiri dari beberapa bagian antara lain adalah tangki pencerna (1), pipa residu (2), termokopel (3), elemen pemanas (4), manometer tabung U (5), *pressure gauge* (6), biogas *storage tank* (7), dan panel pengendali (8). Selama proses fermentasi, dilakukan pencatatan perbedaan ketinggian yang terdapat pada manometer U untuk mendapatkan tekanan yang terdapat pada digester dengan rumus tekanan hidrostatik. Hasil produk biogas

kemudian dianalisa menggunakan *gas chromatography* untuk didapat nilai % mol komponen. Dari nilai hasil tekanan dan mol yang telah di dapat maka dapat dihitung volume biogas yang dihalikan menggunakan rumus persamaan gas ideal. Sisa pengolahan biogas berupa *sludge* secara otomatis keluar dari digester selama proses fermentasi dan tertampung di tangki residu, untuk dapat digunakan langsung sebagai pupuk organik. Sedangkan produk hasil fermentasi berupa biogas akan mengalir secara otomatis kedalam biogas *storage tank*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Desain Rancangan Fungsional

Secara konstruksi alat, jenis reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor dari bahan *fiberglass*. Reaktor bahan *fiberglass* merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga dan lebih efisien dalam penanganan serta perubahan tempat biogas. Adapun selain desainnya yang *compact* dan *portable*, reaktor biogas ini dilengkapi dengan pengendalian suhu berupa termokopel yang dirancang menyerupai jaket yang mengelilingi tangki pencerna (digester). Reaktor ini terdiri atas tiga komponen utama yaitu :

1. Tangki pencerna (digester)
2. Kolom jaket pemanas
3. Tangki pengumpul gas atau *storage tank*

Biodigester dari bahan *fiberglass* ini efisien karena sifatnya kedap, ringan, tidak mudah berkarat dan kuat. Jika terjadi kebocoran mudah diperbaiki atau dibentuk kembali seperti semula, dan yang lebih efisiennya adalah reaktor dapat dipindahkan sewaktu-waktu jika alat tidak dibutuhkan lagi atau akan dibawa ke peternakan lain.

Berdasarkan beberapa kriteria teknik pengisian bahan baku, tipe digester yang digunakan adalah tipe *batch* atau curah (SPC). Maksud dari tipe *batch* adalah cara penggantian bahan yang dilakukan dengan mengeluarkan sisa bahan yang sudah dicerna dari tangki pencerna setelah produksi biogas berhenti, dan selanjutnya dilakukan pengisian bahan baku yang baru.

Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan mikroba adalah mempengaruhi laju reaksi enzimatik dan kimia di dalam sel. Semakin meningkat suhu, maka laju reaksi akan semakin cepat. Namun, pada taraf suhu tertentu, komponen sel akan mengalami kerusakan. Suhu akan meningkatkan metabolisme sampai pada titik terjadinya denaturasi. Ketika mencapai titik tersebut, fungsi sel akan menurun sampai ke titik nol. Berdasarkan hal tersebut, ada tiga tingkatan suhu yang memengaruhi mikroorganisme. Suhu minimum adalah batas terendah bagi suatu mikroba masih dapat hidup, suhu optimum adalah suhu optimal bagi suatu mikroba untuk melakukan pertumbuhan, dan suhu maksimum adalah batas tertinggi bagi suatu mikroba untuk dapat hidup (Madigan, dkk. 2011).

Pengendalian suhu yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebesar 35°C , karena berdasarkan pengendalian pada proses anaerob dikelompokkan

menjadi proses mesofilik (sekitar 25-40°C) dan proses termofilik (sekitar 50-60°C), pada proses mesofilik hasil biogas terbanyak didapat karena merupakan temperatur optimum untuk jenis mikroba patogen yang digunakan sehingga terjadi proses degradasi senyawa kompleks yang terkandung pada biomassa organik lebih cepat dan kontinyu (Madigan, dkk. 2011).

Produksi gas yang dihasilkan dari fermentasi anaerob oleh digester rata-rata mulai pada hari ke-2, dimana terlihat pada perubahan tekanan yang mulai terjadi pada manometer U. Dan terus mengalami kenaikan hingga hari ke-7. Seperti terlihat pada Gambar 2.

Gas yang dihasilkan dengan sendirinya mengalir ke tangki penampung gas. Dengan memanfaatkan gaya dorong campuran *slurry*.

Pengukuran tekanan biogas didapat dari perbedaan ketinggian (Δh) air yang terdapat pada manometer U, hal ini dikarenakan *pressure gauge* yang terpasang pada *storage gas tank* memiliki kapasitas minimal yang terlalu besar sehingga untuk volume gas yang kecil maka pengukurannya tidak terbaca.

Penambahan pengendalian suhu pada sekeliling digester berpengaruh pada saat keadaan cuaca sekitar lembab disebabkan oleh faktor cuaca, dan saat keadaan malam hari dimana terlihat pada panel kontrol termometer, suhu dalam ruangan digester turun dengan skala antara 28-32°C. Sehingga menyebabkan termokopel pengendalian suhu hidup secara otomatis untuk mencapai suhu *set point*.

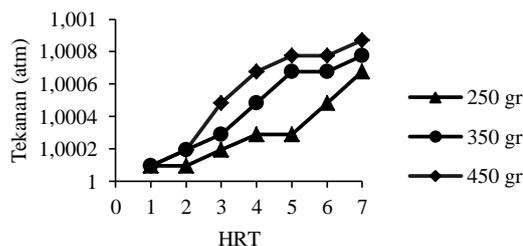
Analisa Jumlah Optimum Mikroba

Aktivator pembangkit metan GP adalah konsorium mikroba unggulan bahan organik (limbah kota, pertanian, peternakan dan lain - lainnya). Pada aktivator GP-7 bakteri anaerob hidup secara saprofit dan berkembang dengan baik untuk memecah persenyawaan organik dan menghasilkan gas CH_4 , H_2S , N_2 , H_2 dan CO_2 .

Jika dibandingkan dengan GP-1 sampai GP-6, *Green Phoskko-7* hanya membutuhkan waktu 5 sampai 20 hari untuk menghasilkan metana. (Herlina, dkk. 2010)

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan oleh Dewi, dkk (2010) di dapati kondisi lingkungan mikro dalam reaktor atau digester biogas yang sesuai dengan bakteri GP adalah kedap udara, material memiliki pH > 6, kelembaban 60 %, dan temperatur > 30°C sehingga akan mengurai atau mendekomposisi semua biomassa termasuk jenis sampah dan bahan organik.

Pada Gambar 2 adalah profil tekanan berbanding *hydraulic retention time* (HRT), terlihat bahwa tekanan pada hari pertama cenderung sama pada pengukuran 1 mm untuk ketiga jenis percobaan.



Gambar 2. Perbandingan HRT terhadap tekanan biodigester

Gambar 2 menunjukkan perbandingan antara HRT dengan tekanan pada biodigester, tekanan pada hari pertama yang konstan disebabkan karena pada hari pertama *slurry* dimasukan, belum terjadi proses fermentasi pada biodigester, hal ini juga terjadi pada hari kedua percobaan pertama pada pemakaian mikroba sebanyak 250 gram. Pada percobaan pertama juga terlihat bahwa kenaikan produksi gas cenderung lambat, untuk percobaan kedua dimana pemakaian mikroba sebanyak 350 gram, terlihat bahwa kenaikan produksi gas cenderung konstan pada hari pertama hingga ketiga, untuk kemudian terjadi kenaikan yang cukup signifikan pada hari keempat dan kelima.

Pada percobaan ketiga dimana digunakan mikroba sebanyak 450 gram. Terlihat bahwa pada hari pertama dan kedua kenaikan produksi gas konstan, dan mulai terjadi lonjakan kenaikan pada hari ketiga hingga kelima. Pada hari keenam sendiri terjadi keadaan stabil dimana pada hari itu tidak terjadinya penambahan tekanan, hal ini disebabkan oleh faktor cuaca dan kelistrikan, dimana digester yang kontak langsung dengan udara sekitar menyebabkan kondisi operasi pada suhu yang diatur tetap yakni pada skala 35°C turun menjadi 31°C dan padamnya listrik selama beberapa jam dalam keadaan cuaca yang lembab. Pada hari ketujuh, produksi biogas telah kembali naik disebabkan oleh kondisi operasi yang stabil.

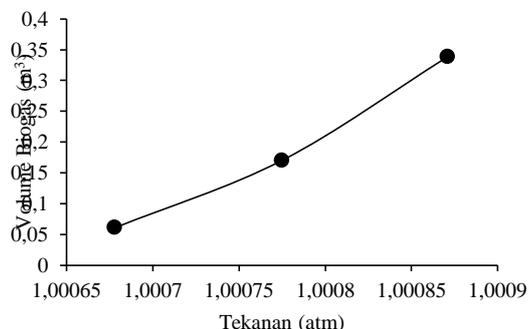
Dari grafik data dapat dianalisa bahwa semakin banyaknya jumlah mikroba yang digunakan pada proses pembentukan biogas maka akan semakin cepat proses fermentasi yang terjadi, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Dewi, dkk (2010) tentang pemakaian GP dalam proses pembentukan biogas dimana pada penggunaan mikroba sebanyak 600 gram didapat waktu fermentasi selama 10 hari dengan volume reaktor 210 liter.

Sehingga pada penelitian ini, data jumlah optimum yang didapat pada percobaan ini adalah sebanyak 450 gram. Namun dalam penelitian ini juga belum di dapatkan jumlah maksimum untuk penggunaan GP pada alat rancang bangun biogas, terlihat dari profil grafik tekanan yang terus mengalami kenaikan sampai hari ketujuh pengambilan data, dan juga belum didapatkannya hari maksimum pembentukan biogas

hingga *slurry* didalam digester sudah tidak mampu untuk memproduksi biogas lagi.

Analisa Profil Volume Biogas

Hubungan antara tekanan dan volume biogas dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.

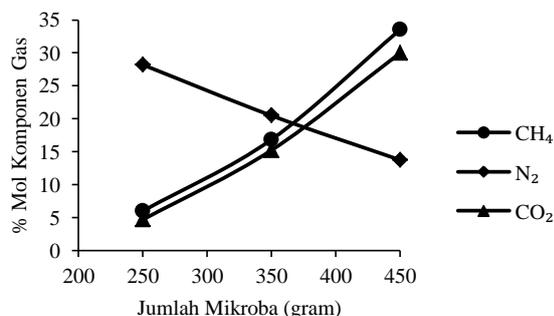


Gambar 3. Perbandingan tekanan terhadap volume Biogas

Gambar 3 menunjukkan perbandingan antara tekanan dan volume biogas, untuk nilai volume biogas didapat dari nilai tekanan biogas pada hari ketujuh, dikarenakan % mol CH₄ hasil analisa adalah sampel hari terakhir proses fermentasi biogas dari kotoran sapi pada biodigester. Pada grafik terlihat bahwa nilai tekanan pada digester mempengaruhi volume biogas yang dihasilkan, dimana semakin besar nilai tekanan maka akan semakin besar juga nilai volume biogas yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wicaksono

(2016) mengenai tekanan akan berbanding lurus dengan volume biogas. Pada tekanan yang pertama, yakni sebesar 1,000678 atm, kadar volume biogas yang dihasilkan sebesar 0,060678, jumlah mikroba yang digunakan adalah sebanyak 250 gram. Sedangkan pada pemakaian mikroba sebanyak 450 gram, didapat volume biogas yang sebesar 0,338467 dengan tekanan 1,000871 atm. Disini memperlihatkan bahwa semakin banyak jumlah mikroba yang digunakan akan mempengaruhi laju proses fermentasi biogas yang dimana akan semakin memperbesar nilai tekanan dan berdampak naiknya juga nilai volume biogas yang dihasilkan.

Hubungan antara % mol masing-masing komponen dengan jumlah mikroba dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Perbandingan % mol komponen gas dengan jumlah mikroba

Gambar 4 menunjukkan perbandingan antara % mol komponen gas dengan jumlah mikroba, dan salah satu faktor yang menentukan dari banyaknya nilai volume biogas yang didapat adalah nilai kadar CH₄ yang terbentuk. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Zubaidi (2012) dimana didapati bahwa volume reaktor yang besar di ikuti oleh penggunaan mikroba yang kecil akan menghasilkan jumlah mol CH₄ yang sedikit. Dimana pada hal ini terlihat bahwa nilai kadar CH₄ pada penggunaan jumlah mikroba sebanyak 30.000 CFU / 250 gram, lebih sedikit dibandingkan dengan penggunaan jumlah mikroba sebanyak 42.000 CFU / 350 gram dan 54.000 CFU / 450 gram.

Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi hal tersebut diantaranya yakni, kondisi operasi yang tidak stabil atau terjadi gangguan, penggunaan *slurry* yang tidak bersih sehingga menyebabkan lamanya laju fermentasi. Dari data juga dapat dianalisa bahwa nilai kadar nitrogen dan karbon dioksida tinggi. Hal ini dikarenakan pada alat tidak adanya media tambahan untuk membersihkan zat pengotor. Efek dari tingginya nilai kadar karbondioksida ini adalah akan mempengaruhi nyala api yang terbentuk, dimana semakin banyaknya kadar pengotor biogas maka nyala api akan lebih merah. Sedangkan semakin sedikit nilai kadar pengotornya maka nyala api akan berwarna biru (Zubaidi. 2012).

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil rancang bangun dan penelitian alat produksi biogas serta hasil pengolahan data, maka dapat disimpulkan :

1. Biodigester bahan *fiberglass* dapat digunakan untuk memproduksi biogas skala rumah tangga karena penanganannya yang mudah dan efisien ditunjang oleh bentuknya yang *compact* dan *portable*.
2. Penambahan alat pengendali suhu dalam digester berpengaruh pada keadaan cuaca lembab dan malam hari.
3. Penggunaan aktivator pembangkit metan yakni GP dapat berkembang dengan baik untuk memecah persenyawaan organik didalam biodigester dan mempercepat waktu fermentasi kotoran sapi menjadi biogas.
4. Penggunaan mikroba GP yang optimal dan cepat menghasilkan biogas adalah dengan jumlah sebanyak 54.000 CFU / 450 gram.
5. Semakin tinggi nilai tekanan maka akan semakin tinggi volume biogas yang terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

Dinas Peternakan Provinsi Sumatera Selatan, 2014. <https://sumsel.bps.go.id/statictable/2016/03/07/54/po-pulasi-ternak-besar-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-ternak-di-provinsi-sumatera-selatan-ekor-2014.html>. Akses : 9 April

Dewi, H., Muchlis, I., Nur, L., dan Rizky, M. 2010. Pembuatan Biodigester dengan Uji Coba Kotoran

Sapi sebagai Bahan Baku. Universitas Sebelas
Maret : Surakarta

Hambali, E., Prihandana, R., Mujdalipah, S., dan
Hendroko, R. 2012. Teknologi Bioenergi.
Agromedia Pustaka : Jakarta

Kaharudin dan Farida, 2010. Petunjuk Praktis
Perkandangan Sapi. Balai Pengkajian Teknologi
Pertanian Ntb. Mataram

Madigan, M. T., J. M. Martinko, D. A. Stahl, dan Clark.
2011. Brock biology of microorganisms. 13th Ed.

Muttalib, S.A., dan Priyati, A. 2017. Rancang Bangun
Reaktor Biogas Tipe Portable dari Limbah Kotoran
sapi. Universitas Mataram : Nusa Tenggara Barat

Sufyandi, 2001. Informasi Teknologi Tepat Guna Untuk
Pedesaan Biogas. Bandung

Wicaksono, N. 2016. Pengaruh Laju Pembebanan
Terhadap Produktivitas Biogas Berbahan Baku
Kotoran Sapi pada Digester Semi Kontinyu.
Universitas Lampung : Bandar Lampung

Zubaidi, T. 2012. Digester Model Tandon sebagai
Sumber Energi Alternatif. Universitas Trunojoyo
Madura : Jawa Timur