



ANALISIS KOMPOSISI CAMPURAN AIR DENGAN LIMBAH KOTORAN SAPI DAN PELETAKAN POSISI DIGESTER TERHADAP TEKANAN GAS YANG DIHASILKAN

Achmad Sholeh [✉], Sunyoto, Dony Hidayat Al-Janani

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Januari 2012

Disetujui Februari 2012

Dipublikasikan Agustus 2012

Keywords:

Composition of the mixture,

Cow dung,

Position digester,

Biogas pressure

Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh komposisi campuran kadar air dengan limbah kotoran sapi dan posisi digester terhadap tekanan tertinggi gas yang dihasilkan. Digester terbuat dari galon air mineral 19 liter kemudian diisi slurry sebanyak 9,5 liter. Pengukuran tekanan gas menggunakan manometer U terbuka. Waktu pengamatan dilakukan selama 10 hari. Produksi tekanan biogas paling tinggi pada digester yang diletakkan merebah yaitu 1,095 atm dengan perbandingan komposisi campuran air : kotoran = 60 : 40 dan paling rendah yaitu 1,043 atm dengan perbandingan komposisi campuran air : kotoran = 30 : 70. Produksi tekanan biogas paling tinggi pada digester yang diletakkan berdiri yaitu 1,065 atm dengan perbandingan komposisi campuran air : kotoran = 60 : 40 dan paling rendah yaitu 1,033 atm dengan perbandingan komposisi campuran air : kotoran = 30 : 70. Selisih tekanan antara digester yang diletakkan merebah dengan berdiri rata-rata 0,021 atm. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa komposisi campuran kadar air dengan limbah kotoran sapi yang tepat terhadap tekanan tertinggi gas yang dihasilkan adalah komposisi campuran air : kotoran = 60 : 40 dan ada pengaruh peletakan posisi digester berdiri dan merebah terhadap tekanan gas yang dihasilkan, dimana yang merebah menghasilkan tekanan gas yang lebih tinggi.

Abstract

The purpose of this study to determine the effect of the water content of the mixture composition with cow manure digester and the position of the highest pressure gas produced. Digester made of gallons of mineral water 19 liter slurry is then filled as much as 9.5 liters. Measurement of gas pressure using a manometer U is open. When the observations were made for 10 days. Production of the high pressure biogas digester placed at 1.095 atm lay down the composition of the mixture in the ratio of water: dung = 60: 40 and the low at 1.043 atm with a mixture composition ratio of water: dung = 30: 70. Production of the high pressure biogas digester that is placed on a stand that is a ratio of 1.065 atm water mixtures: muck = 60: 40 and the low at 1.033 atm with a mixture composition ratio of water: dung = 30: 70. The difference in pressure between the digester is placed standing leaned average 0.021 atm. Berdasarkan The research concluded that the water content of the mixture composition with cow manure right to the highest pressure of the gas produced is the composition of a mixture of water: dung = 60: 40 and no effect of laying position digester up and leaned against the pressure of the gas produced, where a lie down produce a higher gas pressure.

© 2012 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:

Gedung E9 Lt.2, Kampus Sekaran gunungpati, Universitas Negeri Semarang, Indonesia 50229

E-mail: journalmel@yahoo.com

Pendahuluan

Pemanfaatan biogas merupakan salah satu potensi energi yang perlu mendapat perhatian. Pemanfaatan kotoran ternak (sapi, kerbau, kuda, kambing, domba, ayam dan itik) sebagai penghasil biogas bukan saja dapat menambah suplai energi, tetapi dapat pula menghasilkan keluaran (*sludge*) yang sangat baik untuk pupuk organik dibandingkan kotoran ternak yang masih segar (tanpa proses fermentasi) disamping itu secara tidak langsung penggunaan kotoran ternak untuk produksi biogas merupakan salah satu pemecahan masalah sanitasi dan kesehatan lingkungan terutama di daerah sekitar peternakan (lingkungan yang tadinya tercemar menjadi bersih), menghindari penebangan hutan yang merupakan dampak dari penggunaan kayu sebagai bahan bakar alternatif.

Kadar air yang terkandung dalam bahan yang digunakan harus tepat. Jika hasil biogas harus sesuai dengan persyaratan yang berlaku, maka bahan yang digunakan berbentuk kotoran sapi kering diperlukan penambahan air. Air berperan sangat penting di dalam proses biologis. Penambahan air jangan terlalu banyak (berlebihan) juga jangan terlalu sedikit (kekurangan). Peletakan posisi *digester* dimungkinkan berpengaruh dalam proses biologis dan tekanan gas yang dihasilkan, dikarenakan adanya perbedaan luas permukaan *slurry* yang ada di dalam *digester*.

Biogas atau gas bio adalah gas yang dihasilkan oleh bakteri apabila bahan organik mengalami proses fermentasi dalam *biodigester* dalam kondisi *anaerob* (tanpa udara).

Biodegester yang dipergunakan untuk menghasilkan biogas umumnya disebut *digester* atau *biodigester*, karena di tempat inilah bakteri tumbuh dengan mencerna bahan-bahan organik. Biogas yang dihasilkan dalam jumlah dan kualitas tertentu, maka *digester* perlu diatur suhu, kelembapan, dan tingkat keasaman supaya bakteri

dapat berkembang dengan baik. (Suyitno, dkk., 2010:1).

Biogas sebagian besar mengandung gas metan (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) serta beberapa kandungan di antaranya hydrogen sulfide (H_2S), ammonia (NH_3), serta hydrogen (H_2) dan nitrogen yang terkandung sangat kecil. Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana. Semakin tinggi metana, semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas.

Komponen utama biogas adalah gas metan, disamping gas-gas lain (Sukmana, 2011:53), yang komposisinya dapat dilihat dari tabel 1.

Metan merupakan senyawa kimia dengan rumus molekuler CH_4 . Metan termasuk golongan alkana sederhana dan komponen utama dari gas alami. Gas metan tidak berwarna dan tidak berbau pada temperatur ruang dan tekanan standar. Sebagai gas, gas metan bersifat mudah terbakar dengan konsentrasi 5-15% di udara namun metan tidak beracun (Sukmana, 2011:56). Jenis bahan organik yang digunakan dapat berpengaruh terhadap lama waktu fermentasi oleh bakteri. Pasalnya, masing-masing jenis bahan memiliki total padatan yang berbeda. Secara umum urutan kandungan bahan organik berdasarkan lamanya waktu penguraian yaitu gula, protein, lemak, hemiselulosa, dan lignin (Wahyuni, 2011b:24)

Tujuan dari penelitian ini meliputi mengetahui komposisi campuran kadar air dengan limbah kotoran sapi yang tepat terhadap tekanan tertinggi gas yang dihasilkan dan pengaruh peletakan posisi *digester* berdiri dan merebah terhadap tekanan gas yang dihasilkan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode

Tabel 1. Komposisi Gas yang Terdapat dalam Biogas

No.	Nama Gas	Rumus Kimia	Jumlah
1	Methan	CH_4	54 % - 74 %
2	Karbondioksida	CO_2	27 % - 45 %
3	Nitrogen	N_2	3 % - 5 %
4	Hidrogen	H_2	1 % - 0 %
5	Karbonmonoksida	CO	0,1 %
6	Oksigen	O_2	0,1 %
7	Hydrogen	H_2S	Sedikit

penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang ditentukan (Sugiyono, 2009:72). Maksudnya suatu kelompok dikenakan perlakuan tertentu kemudian dilakukan pengukuran untuk mengetahui komposisi campuran biogas yang tepat dan pengaruh dari peletakan digester.

Objek penelitian dalam penelitian ini adalah komposisi campuran kadar air dengan limbah kotoran sapi yang tepat terhadap tekanan tertinggi gas yang dihasilkan dan Pengaruh peletakan posisi *digester* berdiri dan merebah terhadap tekanan gas yang dihasilkan.

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data adalah metode dokumentasi. Untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode dokumentasi yaitu mencari data mengenai hal-hal atau variabel yang berupa catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, prasasti, notulen rapat, lengger, agenda, dan sebagainya

(Arikunto, 2006:231). Dokumentasi menggunakan lembar tabel untuk mempermudah dokumentasi gas yang dihasilkan. Pengambilan data yang dilakukan adalah dengan mencatat jumlah produksi gas yang dilakukan setiap hari selama masa pengeraman di tangki utama. Adapun data penelitian yang diamati dan dicatat adalah tekanan gas bio yang terbentuk. Analisis yang digunakan adalah analisis kuantitatif deskriptif persentase, *construct validity*, analisis deskriptif, uji normalitas, uji homogenitas, uji hipotesis, dan perhitungan persentase hasil belajar.

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis statistik

deskriptif yaitu statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum generalisasi (Sugiyono, 2009:147). Data yang diperoleh merupakan data yang bersifat kuantitatif berarti data berupa angka-angka yang memberikan penjelasan tentang perbandingan antara data hasil pencampuran air dan kotoran sapi 30%:70%, 40%:60%, 50%:50%, 60%:40%, dan 70%:30% dan pengaruh peletakan posisi digester yaitu merebah dan berdiri terhadap tekanan gas yang dihasilkan.

Hasil dan Pembahasan

Pengamatan temperatur lingkungan dicatat dalam kurun waktu 2 hari sekali dikarenakan suhu sekitar ruangan berdasarkan pengamatan, tidak berbeda jauh dalam beberapa hari penelitian. Dapat disimpulkan bahwa temperatur rata-rata selama proses *anaerobic digestion* sebesar 26,15 °C. Data pengamatan temperatur lingkungan dapat dilihat pada tabel 2:

Tingkat keasaman diukur dengan menggunakan kertas PH *Universal Indicator Paper*.

Bahan masih berada dalam batas yang baik bagi bakteri untuk tumbuh karena dari data tabel 3.2 disimpulkan bahwa tingkat keasaman bahan yang baru masuk rata-rata menunjukkan nilai tingkat keasaman (PH) yaitu 6,8. Hasil pengukuran Nilai PH pada variasi komposisi campuran *slurry* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2. Hasil pengukuran temperatur lingkungan dalam proses *anaerobic digestion*

Hari	Temperatur Lingkungan (°C)				
	06.00	12.00	18.30	21.00	Rata-Rata Per-Hari
Pengamatan ke- 2	21 °C	31 °C	26 °C	25 °C	25,75 °C
4	22 °C	32 °C	27 °C	26 °C	26,75 °C
6	20 °C	30 °C	26 °C	25 °C	25,25 °C
8	21 °C	33 °C	27 °C	26 °C	26,75 °C
10	21 °C	31 °C	27 °C	26 °C	26,25 °C
Rata-Rata Per- Jam	21 °C	31,4 °C	26,6 °C	25,6 °C	26,15 °C

Tabel 3. Hasil pengukuran PH dengan menggunakan PH *Universal Indicator Paper*.

No	Komposisi Air : Kotoran	Nilai PH
1	30%:70%	7
2	40%:60%	7
3	50%:50%	7
4	60%:40%	7
5	70%:30%	6
	Rata-rata	6,8

Tekanan gas yang dihasilkan diukur dengan menggunakan manometer U terbuka yang menggunakan fluida air. Pengukuran tekanan selama proses pengeraman dilakukan setiap hari sekali pukul 12.00 siang. Data yang terkumpul selanjutnya diolah dan dihitung sesuai dengan rumus perhitungan tekanan pada manometer U terbuka untuk mengetahui tekanan gas yang dihasilkan selama proses pengeraman berlangsung dalam satuan atm. Bila manometer diberi tekanan udara pada salah satu kolom, maka air di kolom lainnya akan naik hingga mencapai tekanan tertentu. Perbedaan ketinggian air di kedua kolom disebut dengan nilai (h). Perhitungan tekanan dihitung dengan rumus :

$P = p \cdot g \cdot h + \text{tekanan atmosfer}$ (www.engineeringtoolbox.com) Keterangan :

P = Tekanan (N/m^2)

p = Densitas zat cair (Kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi ($9,81 m/s^2$)

h = Perbedaan tinggi kolom zat cair yang

digunakan (m)

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ N/m}^2 = 9,869 \cdot 10^{-6} \text{ atm}$$

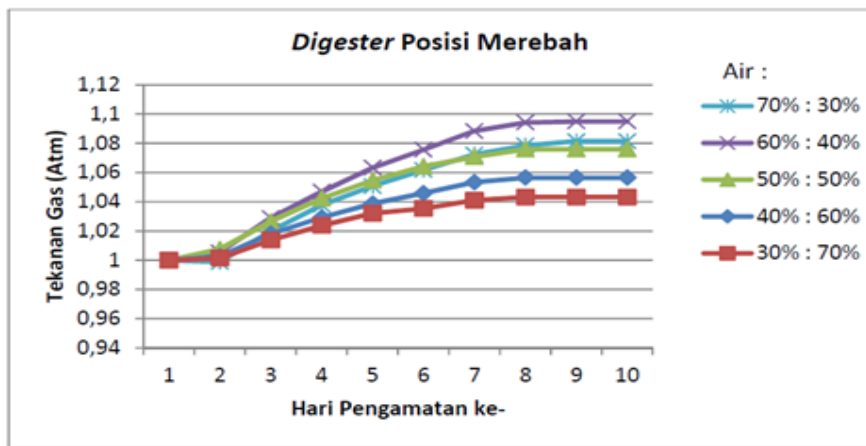
Kelompok peletakan *digester* posisi merebah dengan variasi komposisi campuran air : kotoran. Hasil penelitian ini dapat diperoleh bahwa peletakan *digester* posisi merebah yang menghasilkan tekanan gas tertinggi dicapai komposisi campuran 60% air, 40% kotoran yaitu sebesar 1,095 atm dan tekanan gas terendah dicapai komposisi 30% air, 70% kotoran dengan tekanan sebesar 1,043 atm. Hasil perhitungan tekanan gas selama penelitian dapat dilihat pada tabel 4. Grafik kelompok peletakan *digester* posisi merebah dengan variasi komposisi campuran air : kotoran dapat dilihat pada gambar 1.

Kelompok peletakan *digester* posisi berdiri dengan variasi komposisi campuran air :kotoran. Hasil penelitian ini dapat diperoleh bahwa peletakan *digester* posisi berdiri yang menghasilkan tekanan gas tertinggi dicapai komposisi campuran 60% air, 40% kotoran sebesar 1,065 atm dan tekanan gas terendah dicapai komposisi 30% air, 70% kotoran sebesar 1,033 atm. Hasil perhitungan tekanan gas selama penelitian dapat dilihat pada tabel 5. Grafik kelompok peletakan *digester* posisi berdiri dengan variasi komposisi campuran air : kotoran dapat dilihat pada gambar 2.

Perbandingan peletakan *digester* posisi merebah dengan berdiri terhadap tekanan gas yang dihasilkan. Hasil penelitian ini dapat diperoleh selisih sebesar 0,021 atm jumlah tekanan gas yang dihasilkan antara peletakan *digester* merebah dan berdiri dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 4. Hasil perhitungan tekanan (atm) *digester* posisi merebah

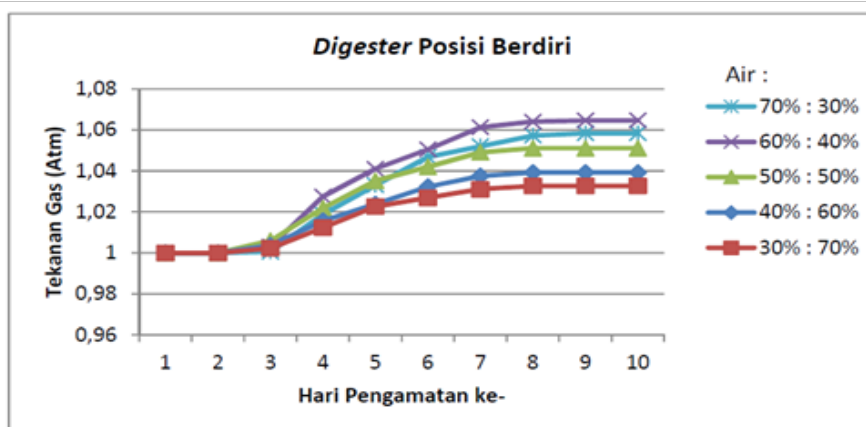
Hari	30%:70%	40%:60%	50%:50%	60%:40%	70%:30%	Rata-Rata
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	1,001	1,003	1,008	1,005	0,999	1,003
3	1,014	1,018	1,026	1,029	1,020	1,021
4	1,024	1,029	1,042	1,047	1,038	1,036
5	1,032	1,039	1,055	1,063	1,051	1,048
6	1,035	1,046	1,064	1,076	1,062	1,057
7	1,041	1,053	1,071	1,088	1,072	1,065
8	1,043	1,056	1,076	1,094	1,079	1,070
9	1,043	1,056	1,076	1,095	1,081	1,070
10	1,043	1,056	1,076	1,095	1,081	1,070



Gambar 1. hubungan jumlah tekanan gas yang dihasilkan (atm) terhadap waktu pengamatan pada *digester* posisi merebah.

Tabel 5. Hasil perhitungan tekanan (atm) *digester* posisi berdiri

Hari	30%:70%	40%:60%	50%:50%	60%:40%	70%:30%	Rata-Rata
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
3	1,002	1,004	1,006	1,003	1,001	1,003
4	1,012	1,016	1,022	1,027	1,019	1,019
5	1,023	1,024	1,035	1,041	1,033	1,031
6	1,027	1,032	1,042	1,050	1,047	1,040
7	1,031	1,038	1,049	1,061	1,052	1,046
8	1,033	1,039	1,051	1,064	1,057	1,049
9	1,033	1,039	1,051	1,065	1,058	1,049
10	1,033	1,039	1,051	1,065	1,058	1,049



Gambar 2. hubungan jumlah tekanan gas yang dihasilkan (atm) terhadap waktu pengamatan pada *digester* posisi berdiri.

Tabel 6. Perbandingan jumlah tekanan gas yang dihasilkan (atm)

Komposisi	Merebah	Berdiri
30%:70%	1,043	1,033
40%:60%	1,056	1,039
50%:50%	1,076	1,051
60%:40%	1,095	1,065
70%:30%	1,081	1,058
Rata-Rata	1,070	1,049
Selisih	0,021	

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa rata-rata temperatur lingkungan penelitian di daerah Kelurahan Kalisegoro Kecamatan Gunungpati pada pukul 06.00 = 21 °C, 12.00 = 31,4 °C, 18.00 = 26,6 °C, dan 21.00 = 25,6 °C dan rata-rata temperatur selama proses penelitian sebesar 26,15 °C. Menyangkut habitat terbaik bakteri pemroses biogas antara 25 ° – 30 °C (Wahyuni, 2011a:23), dengan temperatur ini proses pembuatan biogas akan berjalan sesuai dengan waktunya. Pada siang hari produktifitas biogas sedikit menurun dikarenakan temperatur lingkungan pada siang hari lebih dari 30 °C. Pada pagi hari nilai temperatur terlalu rendah (dingin) yaitu 21 °C, maka waktu untuk menjadi biogas akan lebih lama, dengan demikian didalam penempatan *digester* yang sebenarnya memang seharusnya ditanam dibawah tanah agar temperatur dapat stabil. Rentang nilai tingkat keasaman rata-rata pada PH 6,8 selama penelitian. Hal ini menunjukkan nilai yang sesuai dengan pengkondisian pada tahap perancangan, Menurut Wahyuni (2011a:23) : Produksi biogas secara optimum dapat dicapai bila nilai PH dari campuran input di dalam *digester* berada dalam kisaran 6 dan 7. Derajat keasaman (PH) dalam *digester* juga merupakan fungsi waktu di dalam *digester* tersebut. Pada awal tahap proses fermentasi, asam organik dalam jumlah besar diproduksi oleh bakteri pembentuk asm, PH dalam *digester* dapat mencapai dibawah 5. Keadaan ini cenderung menghentikan proses pencernaan atau proses fermentasi. Bakteri-bakteri metanogenik sangat peka terhadap PH dan tidak bertahan hidup di bawah PH 6,6. Kemudian proses pencernaan berlangsung, konsentrasi NH₄ bertambah pencernaan nitrogen dapat meningkatkan nilai PH diatas 8. Ket-

kan produksi metana kondisi stabil, kisaran nilai PH adalah 7,2 – 8,2.

Penyumbang terbesar dari keasaman ini adalah asam asetat yang dihasilkan oleh bakteri asetogenik. Pembentukan asam asetat ini sebenarnya penting untuk kelanjutan produksi gas metana pada proses selanjutnya. Walaupun demikian tidak berarti bahwa gas metana belum diproduksi. Metana tetap diproduksi oleh bakteri metanogenik tetapi belum optimal.

Produksi tekanan biogas paling tinggi pada *digester* yang diletakkan merebah yaitu 1,095 atm dengan perbandingan komposisi campuran air : kotoran = 60 : 40 dan paling rendah yaitu 1,043 atm dengan perbandingan komposisi campuran air : kotoran = 30 : 70. Produksi tekanan biogas paling tinggi pada *digester* yang diletakkan berdiri yaitu 1,065 atm dengan perbandingan komposisi campuran air : kotoran = 60 : 40 dan paling rendah yaitu 1,033 atm dengan perbandingan komposisi campuran air : kotoran = 30 : 70. Hal ini disebabkan karena dalam proses biologis terbentuknya bogas ada beberapa tahapan yaitu (Suyitno dkk., 2010:24): Tahap pertama adalah tahap hidrolisis, bahan-bahan organik yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan bahan ekstraktif seperti protein, karbohidrat dan lipida akan diurai menjadi senyawa dengan rantai yang lebih pendek. Sebagai contoh polisakarida terurai menjadi monosakarida sedangkan protein terurai menjadi peptida dan asam amino. Pada tahap hidrolisis, mikroorganisme yang berperan adalah enzim ekstraselular seperti selulosa, amilase, protease dan lipase. Tahap kedua adalah tahap pengasaman, bakteri akan menghasilkan asam yang akan berfungsi untuk mengubah senyawa pendek hasil hidrolisis menjadi asam asetat

(CH₃COOH), H₂ dan CO₂. Untuk menghasilkan asam asetat, bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh oksigen yang terlarut dalam larutan. Untuk terjadinya metabolisme yang merata diperlukan pencampuran yang baik dengan konsentrasi air yang sudah diteliti yaitu 60%. Selain itu, bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam amino, CO₂, H₂S dan sedikit gas CH₄. Tahap ketiga adalah tahap pembentukan gas CH₄, bakteri yang berperan adalah bakteri methanogenesis (bakteri metana). Bakteri ini membutuhkan *digester* yang benar-benar kedap udara.

Produksi biogas diharapkan tercapai secara optimal, luas permukaan bidang batas antara

slurry dengan gas diantaranya mempengaruhi laju produksi biogas. Berdasarkan hasil penelitian bisa disimpulkan bahwa dari kedua variasi rasio luas permukaan terdapat perbedaan yang berarti dalam hal tekanan biogas yang dihasilkan. Selisih antara kedua luas permukaan rata-rata 0,021 atm. Luas permukaan bidang batas antara *slurry* dengan gas yang lebih luas dapat menghasilkan tekanan biogas lebih banyak dan proses fermentasi awal lebih cepat, sebaliknya untuk luas permukaan bidang batas antara *slurry* dengan gas yang kecil dapat menghasilkan tekanan lebih sedikit dan proses fermentasi awal lebih lama. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan luas permukaan bidang batas antara *digester* yang berdiri dengan yang merebah pada penelitian ini mempengaruhi jumlah tekanan biogas yang dihasilkan. Diduga model pelepasan biogas sistem *slurry* ke sistem gas oleh bakteri mengikuti pola penguapan zat cair dimana semakin luas permukaan zat cair, makin mudah zat cair untuk menguap.

Simpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

Komposisi campuran kadar air dengan limbah kotoran sapi yang tepat terhadap tekanan tertinggi gas yang dihasilkan adalah komposisi air : kotoran = 60 : 40. Ada pengaruh peletakan posisi *digester* berdiri dan merebah terhadap tekanan gas yang dihasilkan, dimana yang merebah menghasilkan tekanan gas yang lebih tinggi.

Dari hasil penelitian ini, saran yang diberi-

kan untuk masyarakat dan penyempurna penelitian lebih lanjut sebagai berikut:

Bagi masyarakat yang memanfaatkan energi biogas dari limbah kotoran sapi didalam pencampuran *slurry* dapat menggunakan komposisi campuran 60% air, 40% kotoran.

Dalam pembuatan energi biogas sebaiknya peletakan posisi *digester* diletakkan secara merebah, sehingga gas yang dihasilkan tekanannya tinggi. Kandungan gas yang dihasilkan untuk penelitian selanjutnya dapat diteliti kandungan gasnya. Periode pengeraman perlu ditambah, untuk mengetahui kapan tekanan mulai menurun. Variabel temperatur perlu ditambahkan untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap proses *anerobic digertion*.

Daftar Pustaka

- Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian, Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta
http://www.engineeringtoolbox.com/u-tube-manometer-d_611.html. Diakses Tanggal 03 April 2012 Pukul 10.40 WIB
- Sugiyono. 2009. *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Sukmana, R.W., dan Anny Muljatiningrum. 2011. *Biogas dari Limbah Ternak*. Bandung: Nuansa.
- Suyitno, Muhammad Nizam dan Dharmanto. 2010. *Teknologi Biogas, Pembuatan, Operasional dan Pemanfaatan*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Wahyuni, Sri. 2011a. *Biogas, Sumber Biogas, Jenis digester dan Cara Membuat Instalasi Biogas, Cara Mengoprasikan untuk Rumah Tangga dan Listrik*. Jakarta: Penebar Swadaya
- _____. 2011b. *Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah*. Jakarta: AgroMedia Pustaka