



Kajian Teknologi Produksi Biogas Dari Sampah Basah Rumah Tangga

Mujahidah¹⁾, Mappiratu²⁾, Rismawaty Sikanna³⁾

¹⁾Alumni Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

²⁾Lab Penelitian Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

³⁾Lab Kimia Analitik Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

ABSTRACT

The investigation about study the biogas production Technology from household waste has been done. This research aims to determine the starter concentration, water and household waste ratio to produce highest biogas, and also to find the fermentation time produce biogas with high rendement. It was reached by applying 5 levels of cow dung starter concentration and 5 levels of water and household waste ratio i.e 0%, 6,25%, 12,5%, 18,75% and 25% and 1:2, 1:2,5, 1:3, 1:3,5 and 1:4 (b/v) respectively. The fermentation time was 3 days. The result showed that the higher cow dung concentration the lower biogas production. The highest biogas production (971,4 mg/L) was found with 6,25% of the starter. The increasing water and household waste ratio would decrease biogas production, and the using of 1:3,5 and 1:4 didn't produce any biogas. The highest biogas production was found with 1:2 of water/household ratio i.e (631.29 mg/L). the fermentation time which produce the highest biogas rendement was found with 1 day of fermentation time.

Keywords : *Biogas, Starter cow manure, Household waste..*

ABSTRAK

Penelitian tentang kajian teknologi produksi biogas dari sampah basah rumah tangga telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi starter kotoran sapi dan rasio air terhadap sampah rumah tangga yang menghasilkan biogas tertinggi, serta berapa waktu fermentasi yang menghasilkan biogas dengan rendemen tertinggi. Pencapaian tujuan diterapkan perlakuan pengaruh konsentrasi starter kotoran sapi yang terdiri atas 5 tingkatan masing-masing 0%, 6,25%, 12,5%, 18,75% dan 25%, serta pengaruh rasio sampah rumah tangga terhadap air yang terdiri atas 5 tingkatan rasio masing-masing 1:2, 1:2,5, 1:3, 1:3,5 dan 1:4 atas dasar berat/volume (b/v) dengan waktu fermentasi selama 3 hari. Hasil yang diperoleh menunjukkan peningkatan konsentrasi starter kotoran sapi menurunkan produksi biogas dengan produksi tertinggi (971,4 mg/L) terdapat pada penggunaan 6,25% starter. Peningkatan rasio air terhadap sampah rumah tangga menurunkan produksi biogas dan pada penggunaan rasio 1:3,5 dan 1:4 tidak menghasilkan biogas. Produksi biogas tertinggi (631,29 mg/L) ditemukan pada penggunaan rasio air/sampah rumah tangga 1:2 atas dasar berat/volume (b/v). Pada hasil juga menunjukkan waktu fermentasi yang menghasilkan rendemen biogas tertinggi tercepat diperoleh pada waktu fermentasi satu hari.

Kata Kunci :*Biogas, Starter, Sampah basah*

I. LATAR BELAKANG

Sampah merupakan bahan yang dibuang dari sumber aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomi (aspek lingkungan). Sampah dibedakan atas dua jenis yakni sampah basah dan sampah kering. Sampah basah adalah sampah yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme, sedangkan sampah kering adalah sampah yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (Mappiratu, 2011).

Sampah termasuk salah satu pencemar yang sangat potensial dan menimbulkan problem di semua daerah. Sampah merupakan sisa atau limbah yang berasal dari kegiatan industri, pasar, rumah tangga, hotel, stasiun dan terminal serta rumah sakit dan perkantoran. Hasil survey tentang kontribusi kegiatan terhadap sampah menunjukkan 73 % sampah berasal dari rumah tangga (sampah rumah tangga), 14 % dari hotel (sampah hotel), 5 % dari pasar (sampah pasar), dan 8% lainnya berasal dari terminal, rumah sakit, rumah makan, serta kantor (Kompas, 2008).

Hingga saat ini, sampah telah ditangani melalui penerapan teknologi sederhana hingga teknologi canggih yaitu, dari penimbunan tanah, pengomposan, pembakaran sampai ke incinerator. Akan tetapi, cara-cara tersebut belum membuahkan hasil yang memuaskan. Hal tersebut disebabkan oleh besarnya volume

sampah per hari yang tidak sebanding dengan kapasitas penanganan sampah, akibatnya terdapat problem pembusukan lanjut yang menghasilkan cemaran bau, cemaran air tanah, bahaya longsor, serta sumber penyakit. Cemaran bau menimbulkan dampak ketidaknyamanan penduduk. Hal ini telah dialami oleh penduduk kota Palu yang kotanya masih tergolong kota kecil, oleh karena itu perlu adanya upaya lain yang mempunyai peluang mencegah penumpukan sampah (Darmadji, 2000).

Salah satu teknologi penanggulangan sampah dan sumber energi alternatif yang besar peluangnya untuk dikembangkan pemanfaatannya di Indonesia adalah energi biogas. Gas ini berasal dari berbagai macam sampah organik seperti sampah biomassa, kotoran manusia dan kotoran hewan yang dapat dimanfaatkan menjadi energi melalui proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa udara). Pembuatan biogas dari kotoran hewan, khususnya sapi ini berpotensi sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan, karena selain dapat memanfaatkan limbah ternak, sisa dari pembuatan biogas yang berupa bubur dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik yang kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman (Sufyandi, 2001 dalam Herlina 2010).

Selama ini pemanfaatan kotoran sapi masih belum optimal. Biasanya hanya digunakan sebagai pupuk kandang atau bahkan hanya ditimbun sehingga dapat menimbulkan masalah lingkungan. Dengan kata lain, kotoran sapi dapat dijadikan bahan baku untuk menghasilkan energi terbarukan (*renewable*) dalam bentuk biogas. Permasalahannya adalah masyarakat belum mampu memanfaatkan limbah kotoran sapi sebagai penghasil energi alternatif pengganti kayu dan BBM, karena kegiatan sehari-hari mereka sangat tergantung pada BBM dan kayu, baik untuk memasak maupun penerangan. Hal ini sangat berdampak terhadap pendapatan dari masyarakat desa (peternak) itu sendiri. Atas dasar masalah inilah, penelitian ini dilakukan.

Biogas pada hakikatnya telah lama dikenal oleh masyarakat Indonesia terutama masyarakat yang ada di pulau Jawa. Biogas yang telah dikenal tersebut diolah dari kotoran hewan terutama kotoran sapi dalam keadaan kedap udara. Secara ilmiah, biogas yang dihasilkan dari sampah organik adalah gas yang mudah terbakar (*flammable*). Gas ini dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa udara). Umumnya, semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas. Tetapi hanya bahan organik homogen, baik padat maupun cair yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Bila sampah-sampah organik tersebut membusuk, akan dihasilkan gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Tapi,

hanya CH_4 yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar (Said, 2008).

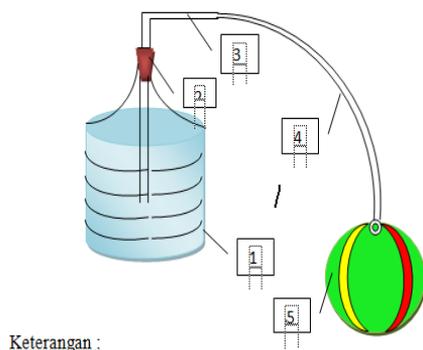
Biogas sebagian besar mengandung gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2), dan beberapa kandungan gas yang jumlahnya kecil diantaranya hidrogen (H_2), hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3) serta nitrogen (N) yang kandungannya sangat kecil. Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana (CH_4). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana (CH_4) semakin kecil nilai kalor (Murjito, 2008).

II. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan utama dalam penelitian ini adalah sampah basah yang diambil dari pasar Manonda Palu. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, meliputi:

1. Tahap persiapan fermentor

Pada tahap ini disiapkan galon air mineral dengan jumlah sesuai perlakuan, kemudian disumbat dengan prop karet yang terpasang pipa kaca. Selang plastic yang terpasang balon plastic penampung gas dipasang pada pipa kaca seperti terlihat pada Gambar 1.



Keterangan :

Gambar 1 Rangkaian alat fermentasi (fermentor)

Keterangan Gambar:

1. Galon air mineral
2. Prop karet besar
3. Pipa kaca
4. Selang plastik
5. Balon plastik

2. Tahap Penentuan Konsentrasi Starter Kotoran Sapi

Penentuan konsentrasi starter kotoran sapi, diterapkan perlakuan pengaruh konsentrasi starter dalam medium fermentasi yang terdiri atas lima tingkatan konsentrasi masing-masing 0% (A), 6,25% (B), 12,5% (C), 18,75% (D), dan 25% (E). Setiap perlakuan diulang dua kali sehingga terdapat 10 unit percobaan. Medium fermentasi yang digunakan adalah sampah basah rumah tangga yakni sisa makanan. Sampah basah rumah tangga yang diambil dari 10 rumah tangga dipilah antara sisa makanan dengan yang bukan sisa makanan, misalnya plastik, botol-botol, daun dan lain-lain yang bukan sisa makanan. Medium dari sampah rumah tangga selanjutnya dicampur dengan air dengan

perbandingan 1:2 atas dasar berat per volume (b/v), kemudian dihancurkan dengan blender. Medium selanjutnya dimasukkan kedalam fermentor, kemudian ditambah starter dengan konsentrasi sesuai perlakuan (volume medium + starter 16 liter), selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang. Pengamatan terhadap berat biogas yang dihasilkan dilakukan setiap hari hingga tidak lagi terbentuk biogas. Rendemen biogas yang terbentuk dinyatakan dalam satuan berat per volume medium (mg/liter). Konsentrasi starter yang menghasilkan biogas dengan rendemen tertinggi diterapkan pada perlakuan selanjutnya yakni pengaruh rasio air terhadap sampah basah rumah tangga.

3. Tahap Penentuan Rasio Air Terhadap Sampah Basah Rumah Tangga

Untuk mendapatkan rasio air terhadap sampah basah rumah tangga yang menghasilkan biogas dengan rendemen tinggi, diterapkan perlakuan pengaruh rasio sampah basah rumah tangga terhadap air dengan lima tingkatan rasio, masing-masing 1:2 (A), 1:2,5 (B), 1:3 (C), 1:3,5 (D) dan 1:4 (E) atas dasar berat per volume (b/v). Setiap perlakuan diulang dua kali sehingga terdapat 10 unit percobaan. Pengamatan terhadap berat biogas yang dihasilkan dilakukan setiap hari hingga tidak lagi terbentuk biogas. Rendemen biogas dinyatakan dalam satuan berat per volume medium (mg/liter).

4. Uji Nyala

Gas yang telah ditampung dalam balon disulutkan pada sumber api. Uji positif ditandai dengan nyala semakin besar dan tidak padam, spesifikasi gas metan akan memperlihatkan nyala api biru.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

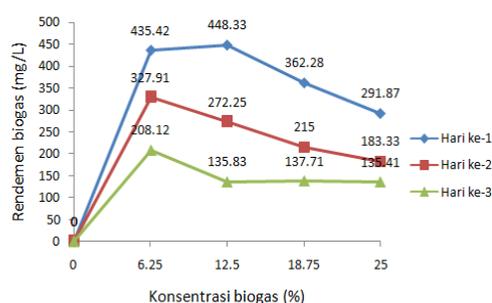
1. Konsentrasi Starter Untuk Produksi Biogas Dari Sampah Basah Rumah Tangga

Starter yang digunakan dalam produksi biogas dari limbah rumah tangga (sisa makanan) adalah kotoran sapi yang dicampur dengan air dengan perbandingan 1:1 atas dasar berat/volum (b/v). Penggunaan kotoran sapi sebagai starter didasarkan atas proses produksi biogas dari kotoran sapi yang tidak menggunakan biakan mikroba atau starter maupun biang. Keadaan tersebut memberikan keterangan dalam kotoran sapi telah terdapat mikroba yang berperan dalam proses produksi biogas. Penggunaan campuran air terhadap kotoran sapi 1 : 1 juga didasarkan atas kondisi fermentasi biogas dari kotoran sapi yang produksinya mencapai optimal pada penggunaan air/kotoran sapi 1 : 1 (Herlina Dewi, M, 2010).

Kandungan mikroba sampah basah rumah tangga berupa sisa makanan sangat mungkin ada, akan tetapi mikroba yang berperan dalam produksi metana mungkin ada dan mungkin pula tidak ada. Untuk mengetahui ada tidaknya kandungan mikroba

sampah basah rumah tangga diperlukan perlakuan tanpa menggunakan starter kotoran sapi. Dengan pola pikir tersebut, diterapkan perlakuan pengaruh konsentrasi starter dengan 5 tingkatan konsentrasi masing-masing 0% (A), 6,25% (B), 12,5% (C), 18,75% (D), dan 25% (E). Pengamatan dilakukan setiap hari selama tiga hari.

Hasil pengamatan rendemen biogas untuk hari pertama sampai hari ketiga (Gambar 4.1 Tabel Lampiran 5,6 dan 7) menunjukkan biogas tidak terbentuk pada bak fermentor yang tidak mengandung starter kotoran sapi hingga hari ketiga pengamatan. Keadaan tersebut memberikan indikasi bahwa sampah basah rumah tangga yang dijadikan sebagai medium fermentasi tidak mengandung mikroba penghasil metana. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan kotoran sapi dapat dijadikan sebagai sumber mikroba untuk produksi biogas dari sampah basah rumah tangga.



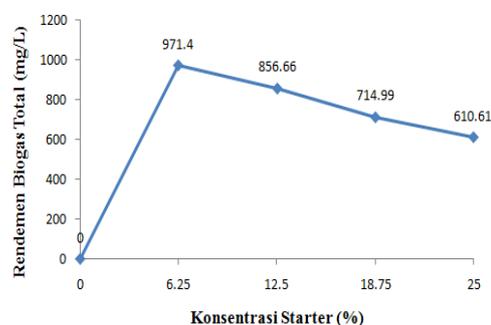
Gambar 2. Hasil pengukuran rendemen biogas pada berbagai konsentrasi starter dengan waktu pengamatan 1 sampai 3 hari.

Pada Gambar 2 memperlihatkan makin banyak starter kotoran sapi yang digunakan

semakin rendah rendemen biogas yang dihasilkan, kecuali pada hari pertama, dimana rendemen biogas yang terbentuk pada konsentrasi 12,5 % (448,33 mg/liter) relative lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi 6,25 %, yakni sebesar 435,42 mg/liter medium. Penurunan rendemen biogas yang dihasilkan pada peningkatan konsentrasi starter kotoran sapi diduga disebabkan karena pertumbuhan mikroba terhambat yang berdampak terhadap produksi biogas yang menurun. Faktor penyebab terjadinya penghambatan pertumbuhan mikroba diduga disebabkan karena jumlah nutrient yang tidak seimbang dengan jumlah mikroba yang ada serta konsentrasi padatan terlarut yang juga tidak seimbang. Menurut Monet (2003) dalam Andreas F. S (2012) kandungan protein, mineral dan padatan terlarut medium sangat berpengaruh terhadap produksi biogas. Produksi biogas akan menurun jika padatan terlarutnya rendah. Demikian sebaliknya produksi biogas akan menurun jika padatan terlarutnya terlalu tinggi (Deublein *et al.*, 2008).

Pada Gambar 4.1 juga teramati rendemen biogas menurun dengan meningkatnya waktu inkubasi. Penurunan rendemen biogas terhadap kenaikan waktu fermentasi memberikan indikasi bahwa nutrient sebagai bahan baku biogas telah mengalami penurunan akibat dari meningkatnya waktu fermentasi pada satu sisi, dan pada sisi lain jumlah mikroba meningkat dengan meningkatnya waktu fermentasi.

Produksi biogas untuk setiap konsentrasi starter adalah jumlah rendemen biogas yang dihasilkan dari setiap hari pengamatan. Hasil perhitungan (Gambar 3; dan Tabel Lampiran 8) menunjukkan produksi biogas pada konsentrasi starter 6,5 % relative tinggi, yakni sekitar 971,4 mg/liter, sekitar 1,5 kali lebih besar dibandingkan dengan produksi biogas pada konsentrasi 25 % sebesar 610,61 mg/liter.



Gambar 3. Hasil pengukuran rendemen biogas total pada berbagai konsentrasi starter.

Dari uji lanjut Duncan dengan uji BNJ (Beda Nyata Jujur) taraf 5 % yang tersaji pada Lampiran 13, 14 dan 15, menunjukkan perbedaan tiap kelompok dapat dilihat dari nilai harmonic mean yang dihasilkan tiap kelompok berada dalam kolom subset yang sama atau berbeda. Pada hasil uji menunjukkan perlakuan kelompok sampel berada pada kolom subset yang berbeda. Hasil pengamatan rendemen biogas untuk hari pertama sampai hari ketiga pada konsentrasi starter 0 % masuk ke dalam kolom 1 dan konsentrasi starter 6,25 %; 12,5 %; 18,75 %

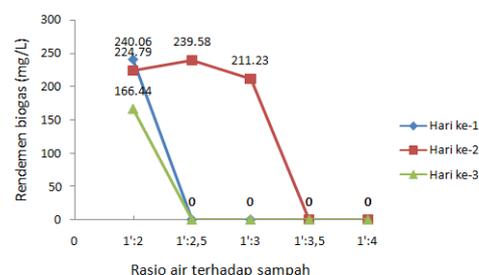
dan 25 % masuk dalam kolom 2. Untuk perlakuan yang terdapat pada kolom yang berbeda mengidentifikasi perbedaan yang signifikan, dan perlakuan yang terdapat pada kolom yang sama mengidentifikasi perbedaan yang tidak signifikan atau berbeda tidak nyata. Starter 0% memberikan pengaruh yang nyata terhadap starter 6,25 %; 12,5 %; 18,75 % dan 25 %.

2. Rasio Air Terhadap Sampah Basah Rumah Tangga pada Produksi Biogas

Hasil penelitian tahap pertama menunjukkan konsentrasi starter kotoran sapi berpengaruh terhadap produksi biogas dengan konsentrasi terbaik terdapat pada 6,25 % dan konsentrasi terburuk ditemukan pada konsentrasi 0 %. Dengan mengacu pada temuan tersebut, terdapat praduga produksi biogas dari sampah basah rumah tangga juga dipengaruhi oleh rasio sampah terhadap air atau konsentrasi sampah basah rumah tangga dalam medium fermentasi. Untuk membuktikan praduga tersebut diterapkan perlakuan pengaruh rasio sampah/air dengan lima tingkatan rasio, masing-masing 1:2, 1:2,5, 1:3, 1:3,5 dan 1:4 (sampah:air). Perlakuan tersebut bertujuan untuk mengetahui rendemen biogas yang terbentuk jika konsentrasi sampah basah rumah tangga diturunkan atau diperkecil.

Hasil pengukuran rendemen biogas yang terbentuk pada penggunaan berbagai rasio sampah terhadap air (Gambar 4.3; dan Tabel Lampiran 9, 10, dan 11) menunjukkan pada hari pertama inkubasi (pada waktu

inkubasi 24 jam) hanya rasio sampah/air 1 : 2 (b/v) yang menghasilkan biogas dengan rendemen 240,06 mg/liter, sedangkan rasio sampah/air lainnya tidak menghasilkan biogas. Pada hari kedua, biogas telah terbentuk pada rasio sampah/air 1 : 2,5 dan pada rasio sampah/air 1 : 3 masing-masing sebesar 239,58 mg/liter dan 211,23 mg/liter, sedangkan pada penggunaan rasio sampah/air 1 : 3,5 dan 1: 4 belum terbentuk biogas. Pada hari ketiga, perlakuan yang menghasilkan biogas hanya penggunaan rasio sampah terhadap air 1 : 2 dengan rendemen yang menurun terhadap peningkatan waktu inkubasi atau waktu pengamatan, sedangkan perlakuan lainnya tidak menghasilkan biogas. Keadaan tersebut memberikan keterangan pengenceran menurunkan rendemen biogas yang terbentuk. Hal tersebut diduga disebabkan oleh konsentrasi nutrien yang menurun dengan meningkatnya penggunaan air dalam medium fermentasi. Praduga tersebut didukung oleh pernyataan Weda dkk. (2010) dalam Lutfianto (2012) yang berpendapat produksi biogas akan menurun dengan menurunnya kandungan nutrient medium serta kandungan padatan terlarut medium fermentasi.

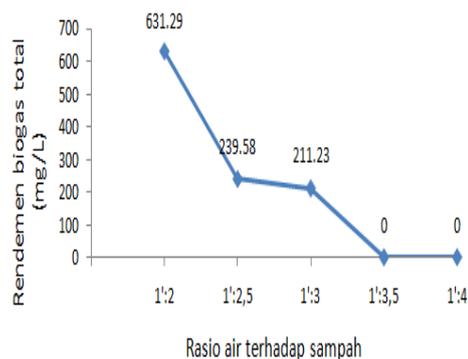


Gambar 4. Hasil pengukuran rendemen biogas pada berbagai rasio

sampah/air dengan waktu pengamatan satu sampai tiga hari.

Produksi biogas untuk setiap penggunaan rasio sampah terhadap air adalah jumlah keseluruhan produksi. Untuk mengetahui produksi biogas relatif terhadap rasio sampah/air dilakukan perhitungan total rendemen biogas selama tiga hari inkubasi. Hasil yang diperoleh (Gambar 4; dan Tabel Lampiran 12) menunjukkan rendemen produksi biogas pada rasio sampah/air 1:2 mencapai 631,29 mg/liter, sekitar dua kali rendemen produksi biogas pada penggunaan rasio sampah/air 1:2,5 dan sekitar tiga kali rendemen biogas pada penggunaan rasio sampah/air 1:3 atas dasar berat per volum (b/v).

Penurunan produksi biogas pada penggunaan rasio sampah/air yang meningkat atau pada penggunaan air yang meningkat diduga disebabkan karena penurunan konsentrasi nutrient atau bahan baku pembentuk biogas seperti karbohidrat, lipida dan protein, bahkan juga mungkin vitamin dan mineral. Selain itu, penurunan rendemen produksi biogas juga mungkin disebabkan karena penurunan padatan terlarut medium.



Gambar 5. Hasil pengukuran rendemen biogas total pada berbagai rasio sampah/air

Dari uji lanjut Duncan dengan uji BNJ (Beda Nyata Jujur) taraf 5 % yang tersaji pada Lampiran 15, 16 dan 17, menunjukkan perbedaan tiap kelompok dapat dilihat dari nilai harmonic mean yang dihasilkan tiap kelompok berada dalam kolom subset yang sama atau berbeda. Pada hasil uji menunjukkan perlakuan kelompok sampel berada pada kolom subset yang berbeda. Hasil pengamatan rendemen biogas untuk hari pertama sampai hari ketiga pada rasio air terhadap sampah, dimana rasio 1:2,5, 1:3, 1:3,5 dan 1:4 masuk ke dalam kolom 1 dan rasio 1:2 masuk dalam kolom 2. Untuk perlakuan yang terdapat pada kolom yang berbeda mengidentifikasi perbedaan yang signifikan, dan perlakuan yang terdapat pada kolom yang sama mengidentifikasi perbedaan yang tidak signifikan atau berbeda tidak nyata. Penggunaan rasio 1:2 memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap rasio 1:2,5, 1:3, 1:3,5 dan 1:4.

Untuk mengetahui apakah gas yang terbentuk mengandung gas metan, dilakukan

uji nyala. Hasil yang diperoleh menunjukkan gas yang dihasilkan mengandung gas metan sebab nyala yang ditimbulkan berwarna biru dengan nyala yang cukup besar. Pada umumnya apabila gas metana ini dibakar maka akan berwarna biru dan menghasilkan banyak energi panas (Pambudi, 2008 dalam Lutfianto 2012).

KESIMPULAN

1. Konsentrasi starter kotoran sapi dalam medium sampah basah rumah tangga yang menghasilkan biogas dengan rendemen tertinggi (971,4 mg/liter) adalah 6,25 %
2. Rasio sampah/air yang menghasilkan biogas dengan rendemen tertinggi terdapat pada rasio 1 : 2 atau pada konsentrasi sampah terhadap air 0,5 %. Pada rasio tersebut dihasilkan biogas dengan rendemen 631,29 mg/liter
3. Waktu fermentasi yang menghasilkan rendemen biogas tertinggi tercepat terdapat pada waktu fermentasi satu hari (971,4 mg/L) pada konsentrasi 6,25% dan (631,29 mg/L) pada rasio 1:2.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2008. *Penerapan Teknologi Biogas*. ([http:// rizakhoiruddin. Blogspot. Com/ 2009/ 08/ pembuatan-biogas-dari-kotoran-kuda 23.html](http://rizakhoiruddin.Blogspot.Com/2009/08/pembuatan-biogas-dari-kotoran-kuda-23.html), diakses pada tanggal 2 oktober 2011).
- Anonim. 2008. *Masalah Sampah Diindonesia*. Kompas 2008.
- Darmaji, P. 2000. *Perancangan Pengolahan Sampah Kota Berwawasan Lingkungan Berbasis Teknologi Asap Cair*. Agritech 25 (4) 200-204.
- Dinas Kebersihan dan Pertamanan Propinsi. 2004. Sulawesi Tengah. Palu
- Dewi, M. H, I. Muchlis, L. Nur'aini dan M. Rizky. 2012. *Pembuatan Biodegester Dengan Uji Coba Kotoran Sapi Sebagai Bahan Baku*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Felix S, A, P. Salim, dan D. Ikhsan. 2012. *Pembuatan Biogas dari Sampah Sayuran*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri. 1 (1)103-108.
- Fry. 1973. *Methane Digesters for Fuel Gas and Fertilizer*. The New Alchemy Institute. Massachusetts. 8th Printing
- Harmadi T. dan Widodo. 1990. *"Teknik pembakaran Dasar dan Bahan Bakar"*. ITS. Surabaya.
- Hermawan. 2007. *Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Biogas*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Lutfianto, D, E. Mahajoeno dan Sunarto. 2012. *Produksi Biogas Dari Limbah Peternakan Ayam*. Universitas Sebelas Maret, Jawa Tengah.
- Mappiratu. 2011. *Makalah Disampaikan Pada Seminar Nasional Sehari, 13 Oktober 2011*. Universitas Tadulako. Palu.
- Murjito. 2008. *Desain Alat Penangkap Gas Methan Pada Sampah Menjadi Biogas*. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.

- Pambudi . 2008. *Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Purwati, S, R. Soetopo dan T. Idiyanti. 2011. *Aplikasi Enzim Protease dan Pengaruh Suhu Pada asidifikasi Digestasi Anaerobik*. Jurnal Selulosa.1(1) 20-30.
- Rahayu, S. D. Purwaningsih dan Pujianto. 2009. *Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi Sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosial Kulturalnya*. Inotek 13(2).
- Richardo. 2010. *Cara Mudah Membuat Digester Biogas*. Universitas Gadjah Mada. Jokjakarta.
- Said. 2010. *Tinjauan Pustaka Biogas*. (<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/>, diakses pada tanggal 9 november 2011).
- Samsia, S. 2011. *Produksi Biogas Dari Buah Busuk Sebagai Sumber Listrik*. Makalah Wodshop Energi Baru Dan Terbarukan. Jokjakarta 21 – 22 september 2011.
- Sufyandi. 2001. *Informasi Teknologi Tepat Guna Untuk Pedesaan Biogas*. Bandung.