

Studi Awal Pengolahan Sampah kota Sebagai Energi Baru Terbarukan Dengan Anaerobic Biodigester

Caturwati , Mekro, Angga

Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jend. Sudirman Km.3 Cilegon, 42435

Email : n4wati@yahoo.co.id

Abstrak

Sampah merupakan hasil samping kegiatan manusia yang sering kali dikesampingkan karena dianggap tidak berguna dan menjadi sumber pencemaran lingkungan. Sebaliknya dunia saat ini mengalami krisis energi akibat cadangan energi fosil yang semakin menipis. Hal ini menuntut dilakukannya pengembangan teknologi pengolahan sampah sebagai sumber energi seperti teknologi anaerobic biodigester. Paper ini menampilkan hasil eksperimen pengolahan sampah organik dengan anaerobic biodigester dengan starter kotoran sapi, kotoran kambing dan air lindi. Hasil penelitian menunjukkan biogas yang dihasilkan dari starter kotoran kambing memiliki kadar gas metana sebesar 64.3%. Nilai ini sangat baik mendekati nilai maksimal standar biogas menurut Energi Resources Development series No. 19 Esca, Bangkok dengan kisaran kandungan metana sebesar 55 – 65%

Kata kunci : sampah, biodigester, starter, biogas.

Abstract

Garbage is a byproduct of human activity that is often dismissed as useless and become a source of environmental pollution. Instead the world is currently experiencing an energy crisis due to fossil energy reserves are dwindling. It demanded the development of waste treatment technologies as energy sources such as anaerobic biodigester technology. This paper show the experimental results of processing organic waste by anaerobic biodigester with starter manure, goat manure and leachate. The results showed biogas produced from starter goat manure had higher levels of methane gas by 64.3%. This is very good value approaches the maximum value of the biogas standards according to the Energy Resources Development Series No. 19 Esca, Bangkok with a range of methane content of 55-65%

Keywords :garbage, biodigester, starter, biogas

1. Pendahuluan

Semakin menipisnya cadangan sumber energi tidak terbarukan yang berasal dari fosil seperti minyak bumi dan gas mengakibatkan nilai bahan bakar ini semakin meningkat. Sebaliknya peningkatan taraf hidup masyarakat diikuti dengan peningkatan kebutuhan energi dalam menunjang aktivitasnya. Hal ini memaksa kita untuk mencari dan mengembangkan segala bentuk energi alternative lain yang mungkin menjadi sumber energi baru terbarukan.

Ada banyak alasan mengapa energi terbarukan menjadi pilihan, diantaranya; relatif tidak mahal, bersifat netral karbon, kebanyakan tidak menimbulkan polusi dan semakin mendapatkan dukungan dari berbagai LSM untuk menggantikan solusi energi tidak terbarukan berbasis bahan bakar minyak. Alasan lain yang tidak kalah menarik adalah penggunaan penggunaan energi terbarukan untuk menggantikan energi berbasis minyak dan gas sekaligus mengurangi emisi gas penyebab pemanasan global.

Tingkat pertumbuhan penduduk Indonesia yang tinggi mengakibatkan jumlah sampah yang dihasilkan juga bertambah (Damanhuri, 1995). Kondisi ini menjadi masalah yang penting karena pengelolaan sampah di Indonesia masih belum memadai, dimana sampah hanya dikumpul,

diangkut lalu dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) (Khair AM,2009). Pengelolaan sampah yang demikian berpotensi mencemari lingkungan dan menurunkan kualitas hidup masyarakat. Salah satu konsekuensi jangka panjang yang tidak kalah penting dari sistem di TPA ini adalah pembentukan emisi gas metan yang tidak terkontrol dari tumpukan sampah yang terurai secara aerob dan anaerob, membentuk gas rumah kaca dan berkontribusi terhadap pemanasan global 21 kali lebih besar daripada gas karbondioksida (Deublein & Stenhauser, 2008).

Guna mengurangi pencemaran lingkungan dan efek global gas rumah kaca, perlu dikembangkan metode penanganan sampah yaitu dengan melakukan penumpukan sampah yang di tutup dengan tanah (landfill method) pada jangka waktu tertentu sehingga sampah tidak mengeluarkan bau yang mengganggu daerah sekitar, serta proses anaerob pada sampah dapat menghasilkan gas yang mengandung metana salah satu gas yang merupakan bahan bakar/ sumber energi.

Dengan adanya metode penanganan sampah tumpuk – timbun (landfill) diharapkan masalah lingkungan dan perolehan energi baru terbarukan dapat terpenuhi. Dalam studi awal potensi gas metana yang dihasilkan dengan metode landfill ini akan dibuat suatu penelitian anaerobic digester yang dipergunakan sebagai sistem untuk mengolah sampah kota .

Starter yang dipergunakan dalam anaerobic digester antara lain : kotoran sapi, kotoran kambing dan air lindi. Air lindi yang dipergunakan merupakan air limbah dari proses gasifikasi sampah dengan metode landfill yang sudah ada di TPA Bagendung.

2. Kajian Literatur

Mujahidah, dkk (2013) melakukan pengujian produksi biogas dari sampah basah rumah tangga dengan galon air sebagai digester (skala kecil). 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. Sedangkan 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.

Yeny , dkk (2012), melakukan pengujian mengenai pengaruh penambahan limbah isi rumen sapi (ko substrat) pada pembentukan biogas dari sampah sayur dan buah (substrat). Pembentukan biogas menggunakan digester batch anaerob, terdiri atas digester kontrol (berisi substrat) dan digester uji (berisi substrat dan ko-substrat) pada skala laboratorium dengan volume 50 liter dan waktu retensi 30 hari. Volume biogas yang terbentuk diukur berdasarkan kenaikan drum penampung biogas, sedangkan komposisi biogas diukur dengan metode absorpsi menggunakan absorban berupa alkohol untuk pengujian gas metan, dan NaOH untuk pengujian gas karbondioksida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ko-substrat limbah isi rumen sapi mampu meningkatkan volume biogas yang terbentuk, diketahui dari rata-rata produksi kumulatif biogas digester uji (38,13 liter) yang relatif lebih besar 79,88% daripada rata-rata produksi kumulatif biogas digester kontrol (21,20 liter). Penambahan ko-substrat sekaligus mampu meningkatkan kualitas biogas yang terbentuk, ditinjau dari kandungan gas metan pada

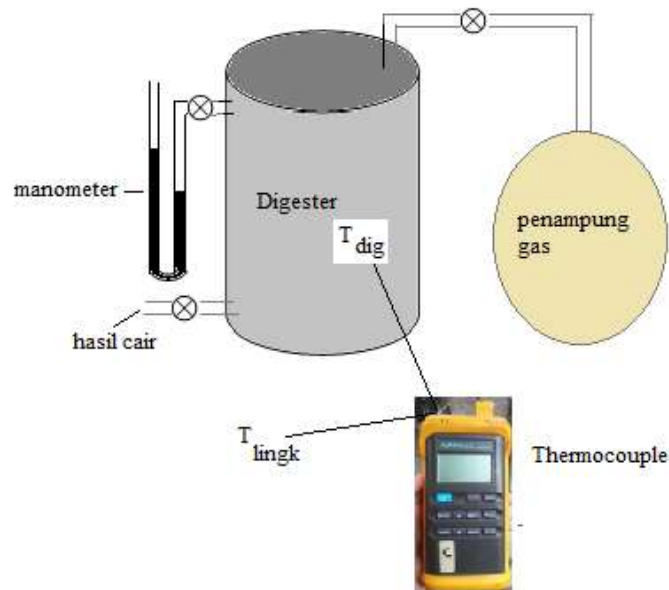
digester uji (volume rata-rata 11,74 liter atau 30,78% dari total volume gas) yang relatif lebih besar ± 7 kali lipat dibandingkan terhadap kandungan gas metan pada digester kontrol (volume rata-rata 1,41 liter atau 11,27% dari total volume gas). Melalui uji nyala, terbukti bahwa biogas digester uji dapat terbakar dengan nyala berwarna biru, sedangkan biogas pada digester kontrol tidak dapat terbakar sama sekali.

Maya Natalia, dkk (2014), melakukan pengujian biogas dari pencampuran antara sampah organik sayur-sayuran dengan kotoran sapi dan penambahan urea pada starter secara anaerobik pada reaktor batch. Variasi antara sampah organik dengan kotoran sapi 1:1, 1:2, 1:3 sedangkan variasi antara sampah organik dan kotoran sapi dengan penambahan urea sebanyak 30 gram, 40 gram, dan 50 gram. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh starter yang digunakan terhadap kuantitas gas metana yang dihasilkan serta pengaruh penambahan urea dan mengetahui komposisi optimum antara biogas dengan starter. Hasil penelitian menunjukkan kandungan glukosa yang terdapat pada sampah organik sayur-sayuran sebesar 1,53 % dan jumlah biogas terbaik dihasilkan oleh digester 1 sebesar 3,29 %.

Jika dilihat dari ketiga kasus diatas, semuanya melakukan pengujian produksi biogas dengan bahan dasar sampah. Kasus pertama menguji produksi biogas dari sampah basah rumah tangga dengan skala kecil yaitu dengan galon air sebagai digesternya. kasus kedua menguji mengenai pengaruh penambahan limbah isi rumen sapi (ko substrat) pada pembentukan biogas dari sampah sayur dan buah (substrat) pada kasus ketiga menguji biogas dari pencampuran antara sampah organik sayur-sayuran dengan kotoran sapi dan penambahan urea pada starter secara anaerobik pada reaktor batch.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan menguji produksi biogas dari sampah organik dengan menggunakan alat biodigester bertipe fixed domed yang terbuat dari drum plastic dengan penambahan starter : kotoran sapi, kotoran kambing dan air lindi. Rancang bangun alat uji diperlihatkan pada Gambar 1. Digester terbuat dari drum plastic berukuran 180 liter dan bahan baku berupa sampah organic dan air yang dicampur dengan starter.



Gambar 1. Susunan alat penelitian biodigester.

Dalam penelitian ini dibuat 3 buah digester dengan bahan baku sebagai berikut:

| | | |
|--------------|-----------------|----------------------|
| Digester 1 : | Sampah organik | : 60 liter |
| | Air | : 30 liter |
| | Kotoran Sapi | : 30 liter = 29.9 kg |
| Digester 2 : | Sampah organik | : 60 liter |
| | Air | : 30 liter |
| | Kotoran kambing | : 30 liter = 21.1 kg |
| Digester 3 : | Sampah organik | : 60 liter |
| | Air lindi | : 60 liter |

Proses pembentukan biogas untuk ketiga digester tersebut diamati melalui pengukuran temperatur dan tekanan dalam ruang digester setiap hari pada pagi hari pukul 06.00, siang hari pukul 12.00 dan sore hari pukul 18.00 . Selain itu dilakukan pencatatan massa biogas yang dihasilkan dari hari ke hari yang tertampung dalam penampung gas. Pengukuran temperatur dilakukan dengan menggunakan Thermocouple type K seperti tampak pada Gambar 2. Sedangkan pengukuran tekanan digester dilakukan dengan manometer dengan fluida kerja air.



Gambar 2. Thermocouple type K

Biogas yang dihasilkan diteliti kandungannya dengan biogas analyzer seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Biogas Analyzer

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

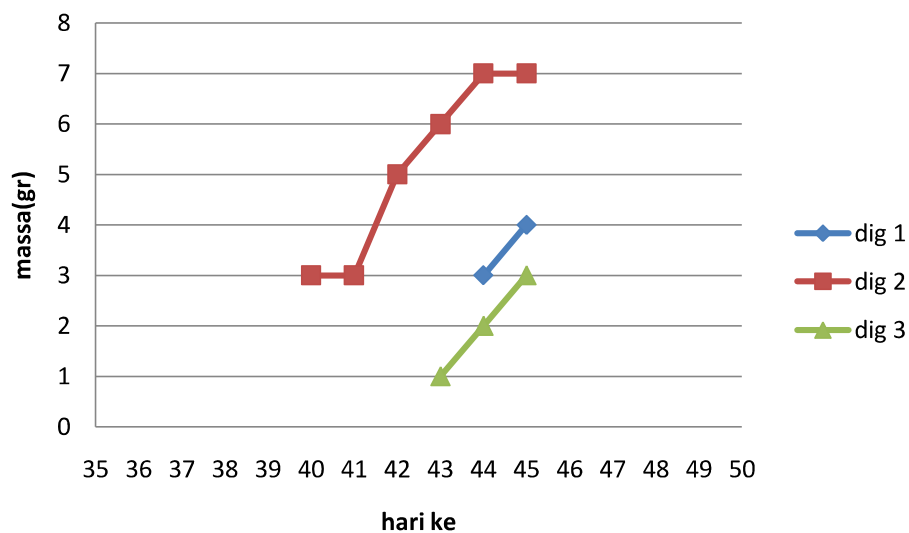
4.1 Massa biogas yang dihasilkan

Pengukuran massa biogas yang tertampung dilakukan setiap hari. Hasil pengukuran diperlihatkan pada Tabel 1 dimana gas mulai terukur pada hari ke 40 sejak bahan baku mulai dimasukkan ke dalam digester. Hasil pengamatan menunjukkan digester 2 yang menggunakan starter kotoran kambing menghasilkan biogas lebih cepat dan lebih banyak dibandingkan digester 1 dan digester 3 yang menggunakan starter kotoran sapid an air lindi.

Tabel 1. Massa biogas tertampung.

| hari ke | massa gas (gram) | | |
|---------|------------------|-------|-------|
| | dig 1 | dig 2 | dig 3 |
| 35 | | | |
| 36 | | | |
| 37 | | | |
| 38 | | | |
| 39 | | | |
| 40 | | 3 | |
| 41 | | 3 | |
| 42 | | 5 | |
| 43 | | 6 | 1 |
| 44 | 3 | 7 | 2 |
| 45 | 4 | 7 | 3 |

Besarnya massa biogas yang dihasilkan dan tersimpan dalam balon penampung diperlihatkan pada Gambar 3. Digester dengan starter kotoran kambing terlihat lebih besar menghasilkan biogas dibandingkan dengan starter dari kotoran sapi dan air lindi. Produksi biogas untuk starter kotoran kambing mulai menghasilkan gas pada hari ke 40. Starter air lindi mulai menghasilkan gas pada hari ke 43 lebih awal dibandingkan starter kotoran sapi yang memerlukan waktu 43 hari, namun dalam jumlah yang lebih rendah.



Gambar 3. Massa gas hasil proses gasifikasi anaerobic dalam digester

4.2 Kandungan Gas Metana

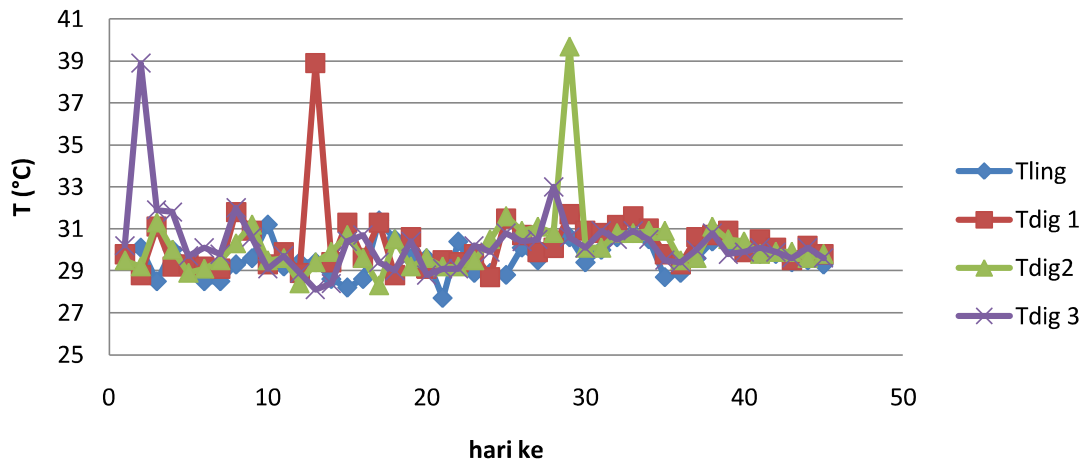
Hasil uji komposisi gas hasil bio digester 2 dengan starter kotoran kambing pada hari ke 42 dilakukan dengan gas analyzer di TPST Bantar Gebang hasil pengukuran diperlihatkan pada pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji komposisi biogas pada digester 2

| No. | Unsur | Komposisi % |
|-----|-----------------|-------------|
| 1 | CH ₄ | 64.3 |
| 2 | CO ₂ | 12.5 |
| 3 | O ₂ | 6.2 |
| 4 | BAL | 17.0 |

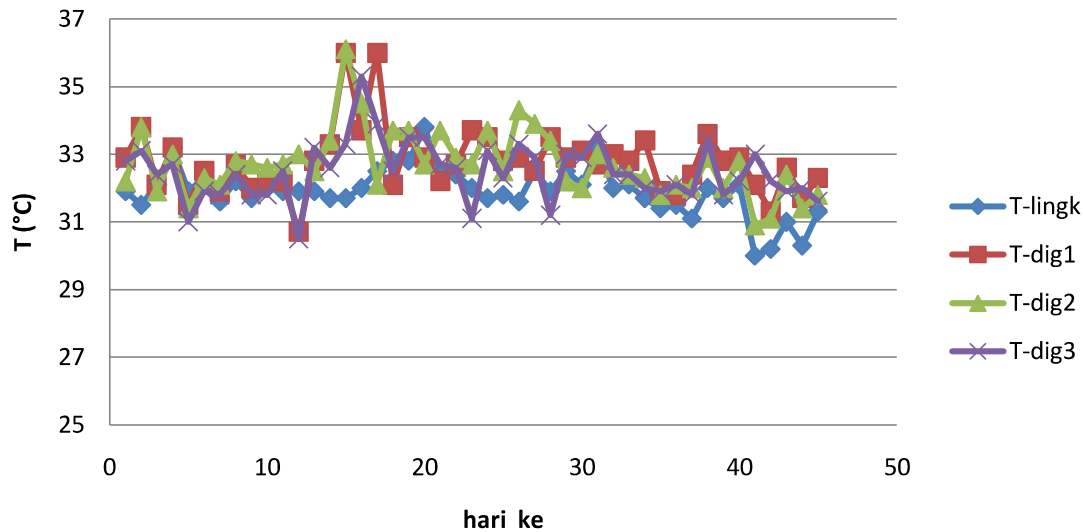
Hasil uji komposisi gas dari digester 2 yaitu sampah organic dengan starter kotoran kambing menghasilkan kualitas biogas yang cukup baik yaitu dengan kandungan unsure metana 64.3 %. Nilai ini berada dalam range komposisi biogas dari Energi Resources Development series No. 19 Esca, Bangkok seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 sebesar 55 – 65 %.

4.3 Temperatrur digester



Gambar 4. Temperatur lingkungan dan digester pada pagi hari.

Pengukuran temperatur digester dan temperatur lingkungan dilakukan dengan thermokople pada pagi siang dan sore hari. Hasil pengukuran pada pagi hari jam 06.00 diperlihatkan pada Gambar 4 sedangkan hasil pengukuran pada siang hari diperlihatkan pada Gambar 5 yaitu hasil pengukuran pada jam 12.00.



Gambar 5. Temperatur lingkungan dan digester pada siang hari pk. 12.00

Hasil pengukuran temperatur menunjukkan temperatur digester lebih tinggi dibandingkan temperatur lingkungan baik pada pagi hari maupun pada siang hari. Terdapat temperatur puncak untuk setiap digester pada hari yang berbeda untuk tiap digester terutama untuk pengukuran pagi hari.

Temperatur puncak digester 3 yaitu dengan starter air lindi memiliki temperatur puncak 38.9 pada hari ke 2. Sedangkan temperatur digester 1 yaitu dengan starter kotoran sapi memiliki temperatur puncak 38.9 pada hari ke 13. Digester 2 yaitu dengan starter kotoran kambing memiliki temperatur puncak sebesar 39.7 pada hari ke 29.

4.4 Tekanan Digester

Pengukuran tekanan digester pada siang hari jam 12.00 diperlihatkan pada Tabel 3. dimana manometer menggunakan air sebagai fluida kerja. Δh menunjukkan beda ketinggian pada kedua lengan manometer. Sehingga tekanan gage di dalam digester dapat dinyatakan sebagai :

$$P = \rho \cdot g \cdot \Delta h \quad (1)$$

Dimana :

P = tekanan dalam digester (N/m^2)

g = konstanta gravitasi (m/s^2)

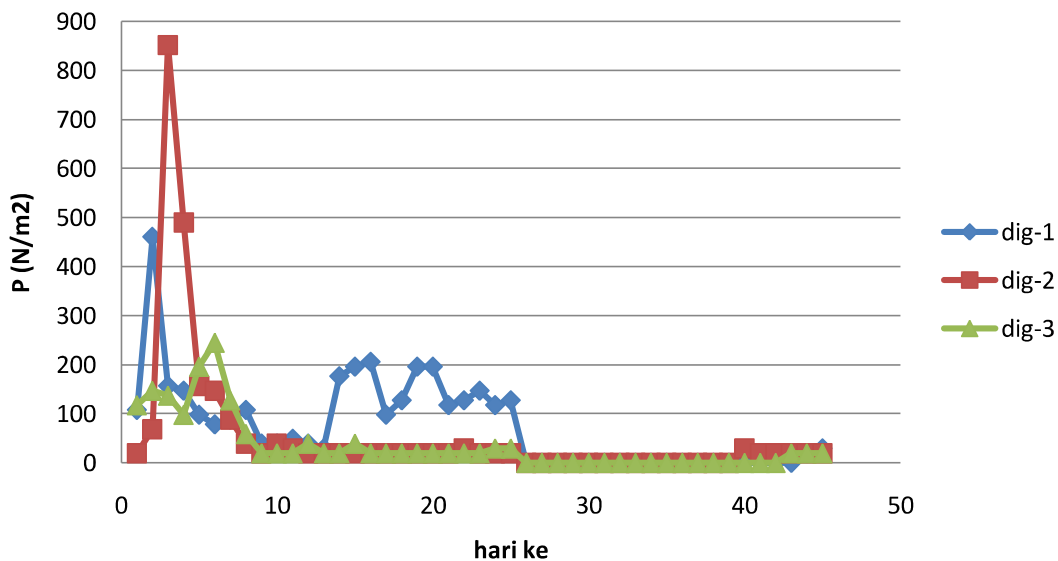
Δh = beda ketinggian permukaan cairan pada lengan manometer (m)

Tabel 3 Tekanan digester pada siang hari pk. 12.00

| hari ke | Jam | DIGESTER 1 (SAPI) | | DIGESTER 2 (KAMBING) | | DIGESTER 3 (LINDI) | |
|---------|-------|-----------------------|--------|-------------------------|--------|-----------------------|--------|
| | | $\Delta h(\text{mm})$ | P (Pa) | $\Delta h(\text{mm})$ | P (Pa) | $\Delta h(\text{mm})$ | P (Pa) |
| | 1:00 | | | | | | |
| 1 | 12:00 | 11 | 107.69 | 2 | 19.58 | 12 | 117.48 |
| 2 | 12:00 | 47 | 460.14 | 7 | 68.53 | 15 | 146.85 |
| 3 | 12:00 | 16 | 156.64 | 87 | 851.75 | 14 | 137.06 |
| 4 | 12:00 | 15 | 146.85 | 50 | 489.51 | 10 | 97.90 |
| 5 | 12:00 | 10 | 97.90 | 16 | 156.64 | 20 | 195.80 |
| 6 | 12:00 | 8 | 78.32 | 15 | 146.85 | 25 | 244.76 |
| 7 | 12:00 | 9 | 88.11 | 9 | 88.11 | 13 | 127.27 |
| 8 | 12:00 | 11 | 107.69 | 4 | 39.16 | 6 | 58.74 |
| 9 | 12:00 | 4 | 39.16 | 2 | 19.58 | 2 | 19.58 |
| 10 | 12:00 | 4 | 39.16 | 4 | 39.16 | 2 | 19.58 |
| 11 | 12:00 | 5 | 48.95 | 3 | 29.37 | 2 | 19.58 |
| 12 | 12:00 | 4 | 39.16 | 2 | 19.58 | 4 | 39.16 |
| 13 | 12:00 | 3 | 29.37 | 2 | 19.58 | 2 | 19.58 |
| 14 | 12:00 | 18 | 176.22 | 2 | 19.58 | 2 | 19.58 |
| 15 | 12:00 | 20 | 195.80 | 2 | 19.58 | 4 | 39.16 |
| 16 | 12:00 | 21 | 205.59 | 2 | 19.58 | 2 | 19.58 |
| 17 | 12:00 | 10 | 97.90 | 2 | 19.58 | 2 | 19.58 |
| 18 | 12:00 | 13 | 127.27 | 2 | 19.58 | 2 | 19.58 |
| 19 | 12:00 | 20 | 195.80 | 2 | 19.58 | 2 | 19.58 |
| 20 | 12:00 | 20 | 195.80 | 2 | 19.58 | 2 | 19.58 |
| 21 | 12:00 | 12 | 117.48 | 2 | 19.58 | 2 | 19.58 |
| 22 | 12:00 | 13 | 127.27 | 3 | 29.37 | 2 | 19.58 |
| 23 | 12:00 | 15 | 146.85 | 2 | 19.58 | 2 | 19.58 |
| 24 | 12:00 | 12 | 117.48 | 2 | 19.58 | 3 | 29.37 |
| 25 | 12:00 | 13 | 127.27 | 2 | 19.58 | 3 | 29.37 |
| 26 | 12:00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 27 | 12:00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 28 | 12:00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 29 | 12:00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 30 | 12:00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 31 | 12:00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 32 | 12:00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 33 | 12:00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 34 | 12:00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 35 | 12:00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 36 | 12:00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |

| | | | | | | | |
|----|-------|---|-------|---|-------|---|-------|
| 37 | 12:00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 38 | 12:00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 39 | 12:00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 40 | 12:00 | 0 | 0.00 | 3 | 29.37 | 0 | 0.00 |
| 41 | 12:00 | 0 | 0.00 | 2 | 19.58 | 0 | 0.00 |
| 42 | 12:00 | 0 | 0.00 | 2 | 19.58 | 0 | 0.00 |
| 43 | 12:00 | 0 | 0.00 | 2 | 19.58 | 2 | 19.58 |
| 44 | 12:00 | 2 | 19.58 | 2 | 19.58 | 2 | 19.58 |
| 45 | 12:00 | 3 | 29.37 | 2 | 19.58 | 2 | 19.58 |

Gambar 6. memperlihatkan hasil pengukuran tekanan dalam digester pada siang hari pk 12.00 selama 45 hari.



Gambar 6. Hasil pengukuran tekanan digester pada siang hari.

Puncak tekanan tertinggi untuk digester 2 yaitu digester dengan starter kotoran kambing memberikan nilai tekanan jauh lebih tinggi dibandingkan digester 1 dengan starter kotoran sapi dan digester 3 dengan starter air lindi.

5. Penutup dan Kesimpulan

Hasil pengujian biodigester sampah organik dengan starter : kotoran sapi, kotoran kambing dan air lindi memperlihatkan bahwa proses pembentukan biogas dalam digester memerlukan waktu paling singkat 40 hari.

Biodigester dengan starter berupa kotoran kambing (digester 2) memberikan hasil biogas yang lebih besar dibandingkan kotoran sapi maupun air lindi.

Hasil pengukuran komposisi biogas yang dihasilkan menunjukkan bahwa biogas yang dihasilkan dari digester 2 yaitu dengan starter kotoran kambing memberikan nilai kandungan metana 64.3 % mendekati nilai maksimum standar biogas menurut Energi Resources Development series No. 19 Esca, Bangkok dengan kisaran kandungan metana sebesar 55 – 65 %. Ini menunjukkan biogas yang dihasilkan sangat baik.

Hasil pengukuran temperatur dan tekanan dalam digester menunjukkan adanya kondisi-kondisi puncak yang spesifik untuk tiap starter, namun demikian penelitian ini perlu dilakukan pengulangan untuk memperoleh kepastian terhadap fenomena-fenomena proses yang terjadi dalam digester

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai melalui Hibah Bersaing Prioritas Untirta tahun 2015. Untuk itu kami mengucapkan banyak terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Sultang Ageng Tirtayasa atas dukungan pendanaan serta pembinaan yang diberikan.

Daftar Pustaka

- [1] Felix S, A, P. Salim, dan D. Ikhsan. 2012. *Pembuatan Biogas dari Sampah Sayuran*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri.
- [2] Fry. 1973. *Methane Digesters for Fuel Gas and Fertilizer*. The New Alchemy Institute. Massachusetts. 8th Printing.
- [3] Hermawan. 2007. *Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Biogas*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [4] Kevin Jonasson, Biomass to energy and chemicals through anaerobic digestion and gasification, NRC-Institute for Chemical Process and Environmental Technology, Sebnem Madrali, Canada.
- [5] Pambudi . 2008. *Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [6] Rahayu, S. D. Purwaningsih dan Pujiyanto. 2009. *Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi Sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosial Kulturalnya*. Inotek .
- [7] Samsia, S. 2011. *Produksi Biogas Dari Buah Busuk Sebagai Sumber Listrik*. Makalah Workhop Energi Baru Dan Terbarukan. Yogyakarta 21 – 22 september 2011.