

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI *STARTER* KOTORAN KUDA, RAGI DAN EM-4 TERHADAP KUALITAS BAHAN BAKAR BIOGAS LIMBAH CAIR TAHU

THE EFFECT OF VARIATION OF HORSE DUNG, YEAST AND EM-4 ON QUALITY OF FUEL BIOGAS TOFU LIQUID WASTE

Dika Wahyu Pratama¹, Nely Ana Mufarida, S.T., M.T², Asroful Abidin S.T., M.Eng.³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
dikawahyupratama@gmail.com

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember nelyana@unmuhjember.ac.id

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
asroful07@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan energi Indonesia masih bergantung pada energi yang berasal dari fosil, energi fosil ini akan semakin menipis dan berpotensi habis. Salah satu cara mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yaitu dengan pemanfaatan sumber energi terbarukan yang sederhana namun berdampak besar bagi masyarakat seperti biogas. Sumber bahan yang dapat digunakan pada biogas sangat beragam, salah satunya adalah limbah cair tahu. Penelitian ini melakukan pengujian terhadap kualitas bahan bakar biogas yang dihasilkan, yaitu; rasio C/N, nilai pH, suhu, volume, kandungan gas metana (CH₄), kandungan oksigen (O₂), kandungan hidrogen sulfida (H₂S), dan kandungan karbon monoksida (CO) dengan variasi komposisi *starter*: (1) limbah cair tahu 50% + kotoran kuda 50%, (2) limbah cair tahu 50% + kotoran kuda 45% + EM-4 5%, (3) limbah cair tahu 50% + kotoran kuda 48% + ragi 2%.

Pengaruh variasi komposisi campuran *starter* pada limbah cair tahu 50% + kotoran kuda 50% yang mengandung rasio C/N sebesar 1,555 mengalami peningkatan kualitas bahan bakar biogas ditandai dengan meningkatnya kandungan CH₄ sebesar 68%, suhu 30,5°C, volume 318,2 ml dan menurunnya kandungan H₂S sebesar 13 ppm, O₂ sebesar 13,4%, CO sebesar 7 ppm.

Kata Kunci: Biogas Limbah Cair Tahu, kotoran kuda, Ragi dan EM-4.

Abstract

Indonesia's energy needs are still dependent on energy derived from fossils, this fossil energy will be increasingly depleted and potentially depleted. One way to reduce the use of fossil fuels is to use renewable energy sources that are simple but have a major impact on society such as biogas. Sources of materials that can be used in biogas are very diverse, one of which is tofu liquid waste. This research tests the quality of the biogas fuel produced, namely; C / N ratio, pH value, temperature, volume, methane gas content (CH₄), oxygen content (O₂), hydrogen sulfide (H₂S) content, and carbon monoxide (CO) content with a variety of starter compositions: (1) tofu liquid waste 50% + 50% horse dung, (2) 50% tofu liquid waste + 45% horse dung + 5% EM-4, (3) 50% tofu liquid waste + 48% horse dung + 2% yeast.

The effect of variations in the composition of the starter mixture on 50% tofu liquid waste + 50% horse dung containing a C / N ratio of 1.555 experienced an increase in the quality of biogas fuels characterized by an increase in CH₄ content by 68%, a temperature of 30.5°C, a volume of 318.2 ml and decreased H₂S content by 13 ppm, O₂ by 13.4%, CO by 7 ppm.

Keywords: Biogas Tofu Liquid Waste, horse dung, Yeast and EM-4.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi Indonesia masih bergantung pada energi yang berasal dari fosil, hal ini jika digunakan secara terus-menerus maka energi fosil ini akan semakin menipis dan berpotensi habis. Salah satu cara mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yaitu dengan pemanfaatan sumber energi terbarukan yang sederhana namun berdampak besar bagi masyarakat, seperti biogas yang bersumber dari bahan organik. Sumber bahan yang dapat digunakan pada biogas sangat beragam, contohnya adalah limbah tahu. Limbah cair tahu mempunyai kandungan protein, lemak, dan karbohidrat atau senyawa-senyawa organik yang cukup tinggi. Berdasarkan dari permasalahan tersebut, teknologi pengolahan limbah merupakan kunci untuk mengatasi masalah energi alternatif dan pemeliharaan kelestarian lingkungan. Salah satu energi alternatif yang telah banyak ditemukan yaitu biogas.

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu 1) Bagaimana pengaruh variasi komposisi *starter* kotoran kuda, ragi dan EM-4 terhadap kualitas biogas.

2) Bagaimana pengaruh variasi komposisi *starter* kotoran kuda, ragi dan EM-4 terhadap waktu pembentukan gas metan.

Tujuan dari penelitian ini yaitu

1) Mengetahui pengaruh variasi komposisi *starter* kotoran kuda, ragi dan EM-4 terhadap kualitas biogas.

2) Mengetahui pengaruh variasi komposisi *starter* kotoran kuda, ragi dan EM-4 terhadap waktu pembentukan gas metan

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen laboratorium, dimana pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan seluruh alat yang ada atau bisa juga diartikan mengadakan percobaan secara langsung di laboratorium. Penelitian ini dilaksanakan pada 14 Januari 2020 sampai dengan 3 Februari 2020 di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jember selama 21 hari.

Pengambilan bahan penelitian ini dilakukan di Kabupaten Banyuwangi yaitu limbah cair tahu dan peternakan kuda di Kecamatan Glenmore, Desa Karangharjo, ragi tape didapatkan di toko dan EM-4 (*Effective Microorganism-4*) didapatkan di toko bahan kimia.

Rancangan Penelitian

Pembuatan substrat untuk produksi biogas limbah cair tahu terdiri dari 3 variasi starter yang dapat dilihat pada Tabel 1.1 dibawah ini:

Tabel 1.1 Komposisi perlakuan starter

Perlakuan	Limbah Cair Tahu (%)	Kotoran Kuda (%)	EM-4 (%)	Ragi Tape (%)
DA	50	50	0	0
DB	50	45	5	0
DC	50	48	0	2

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

a. Alat

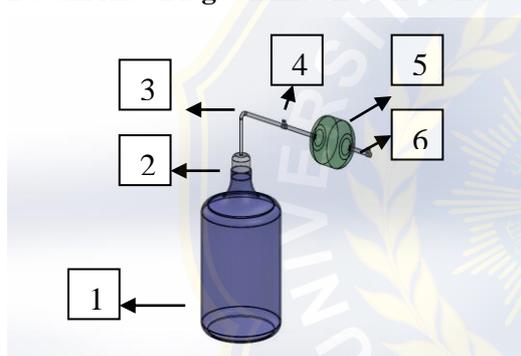
1. Gas *analyser* tipe HT-1805.
2. Kertas pH indicator universal.
3. Timba.
4. *Mixer*.

5. Galon air 19 liter.
6. Kantong Plastik.
7. Timbangan Elektronik.
8. Gelas ukur 2 liter.
9. Termometer *infrared* tipe GM320.

b. Bahan

1. Limbah cair tahu 42 liter.
2. Kotoran kuda 7,5 kg.
3. EM-4 1mililiter.
4. Ragi 20 gram.
5. NaOH 1molar.
6. Air Aquades 1 liter.
7. Gula 2 gram.
8. Air 9 liter

Desain Alat Biogas Limbah Cair Tahu



Gambar 1.1 Digester tipe *batch*

Keterangan Gambar:

1. Galon kapasitas 19 liter sebagai tempat fermentasi limbah cair tahu.
2. Karet ban dalam sebagai penutup galon atau tempat keluar gas.
3. Selang untuk mengalirkan gas menuju ke balon.
4. Kran 1 untuk pengaman dan untuk mengalirkan gas ke penampung.
5. Penampung gas atau kantong plastik sebagai penyimpanan biogas.

6. Kran 2 sebagai pengujian kandungan gas fermentasi dan nyala api.

Prosedur penelitian Penambahan variasi komposisi Starter Kotoran Kuda, Ragi dan EM-4

Prosedur penelitian kualitas biogas limbah cair tahu dengan penambahan *starteri* adalah sebagai berikut:

A. *Starter* Kotoran Kuda

1. Kotoran kuda yang diperoleh dari peternak kuda yang berada di desa Karangharjo, Kecamatan Glenmore Banyuwangi.
2. Mengencerkan kotoran kuda dengan menggunakan air dengan perbandingan 1 : 1, yaitu sebanyak 2,5 kg kotoran kuda : 2,5 kg air.
3. Kemudian mengisi timba dengan limbah cair tahu sebanyak 7 liter menggunakan gelas ukur 2 liter
4. Kotoran kuda yang sudah diencerkan dicampur dengan limbah cair tahu dengan perbandingan 1 : 1 dan diaduk sampai homogen menggunakan alat pengaduk.
5. Pengecekan pH sambil menambahkan NaOH sampai pH mencapai angka 6-8.
6. Kemudian mengecek ratio C/N dari campuran *starter* kotoran kuda.
7. Jika ratio C/N sudah sesuai, *digester* ditutup rapat dan dilakukan pengujian kandungan CH₄ (%), volume gas (mL) dan suhu (°C).
8. Pengujian dilakukan 24 jam sekali atau 3 hari selama 21 hari.

B. *Starter* Ragi

1. Selanjutnya ragi diambil untuk ditimbang dengan jumlah 20 gram.
2. Kemudian ragi yang sudah ditimbang dihaluskan dan di campur dengan air 200 ml.
3. Kemudian Mengencerkan kotoran kuda dengan menggunakan air dengan perbandingan 1 : 1, yaitu sebanyak 2,5 kg kotoran kuda : 2,5 kg air.
4. Setelah itu mengisi timba dengan limbah cair tahu sebanyak 7 liter menggunakan gelas ukur 2 liter.
5. Kotoran kuda yang sudah diencerkan dicampur dengan limbah cair tahu dengan perbandingan 1 : 1 dan ditambahkan ragi yang sudah dilarutkan dengan air kemudian diaduk sampai homogen menggunakan alat pengaduk
6. Pengecekan pH sambil menambahkan NaOH sampai pH mencapai angka 6-8.
7. Kemudian mengecek ratio C/N dari campuran *starter* ragi.
8. Jika ratio C/N sudah sesuai, *digester* ditutup rapat dan dilakukan pengujian terhadap kandungan CH₄ (%), volume gas (mL) dan suhu (°C).
9. Pengujian dilakukan 24 jam sekali atau 3 hari selama 21 hari.
3. Kotoran kuda yang sudah diencerkan dicampur dengan limbah cair tahu dengan perbandingan 1 : 1 dan ditambahkan EM-4 yang sudah dibuat sebanyak 1 liter, kemudian diaduk sampai homogen menggunakan alat pengaduk
4. Pengecekan pH sambil menambahkan NaOH sampai pH mencapai angka 6-8.
5. Kemudian mengecek ratio C/N dari campuran *starter* EM-4
6. Setelah ratio C/N sudah sesuai, *digester* ditutup rapat dan dilakukan pengujian kandungan CH₄ (%), volume gas (mL) dan suhu (°C).
7. Pengujian dilakukan 24 jam sekali atau 3 hari selama 21 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai pH Hasil Penelitian

Data nilai pH pada tiap perlakuan variasi *starter* kotoran kuda, EM-4 (*Effective Microorganism-4*), ragi dan limbah cair tahu, sebelum dan sesudah penambahan Natrium Hidroksida (NaOH). Ditunjukkan dalam **Tabel 1.2** sebagai berikut:

C. *Starter* EM-4 (*Effective Microorganism-4*)

1. Selanjutnya pembuatan *starter* EM-4, sebanyak 1 ml EM-4 dan 2 gr gula pasir dilarutkan dalam 1 liter air destilasi.
2. Kemudian mengisi timba dengan limbah cair tahu sebanyak 7 liter menggunakan gelas ukur 2 liter

Rasio C/N Hasil Penelitian

Pengukuran rasio C/N dilakukan pengujian di laboratorium Biosen Politeknik Negeri Jember

Sampel	C/N ratio (%)	Rata-rata (%)
DA	1,572	1,555
	1,538	
DB	1,464	1,479
	1,495	
DC	1,239	1,357
	1,475	

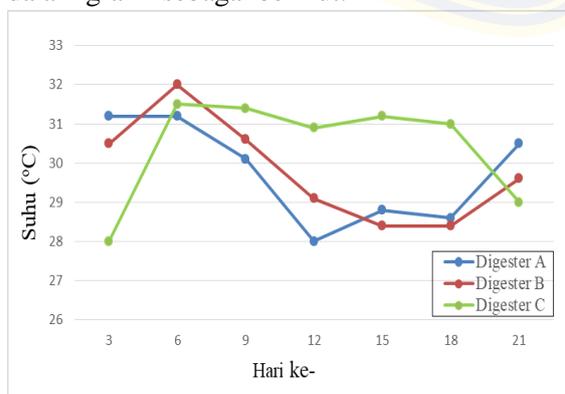
dengan hasil yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini: Pengukuran rasio C/N dilakukan pengujian di laboratorium Biosen Politeknik Negeri Jember dengan hasil yang dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini:

Tabel 1.3. Data C/N Ratio tiap sampel

Berdasarkan tabel diatas, rasio C/N dari sampel DA yaitu 1,555%, sampel DB yaitu 1,479% dan sampel DC yaitu 1,357%. Rasio C/N dari ketiga sampel tersebut cukup kecil, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk fermentasi mencapai 21 hari. Kecilnya rasio C/N yang dihasilkan karena komposisi limbah cair tahu yang terlalu banyak.

Suhu Biogas Hasil Penelitian

Suhu yang diukur dalam penelitian ini adalah suhu di dalam *digester* biogas. Data suhu pada tiap perlakuan variasi *starter* kotoran kuda, ragi dan EM-4 disajikan dalam grafik sebagai berikut:



Nama Bahan	Nilai pH Sebelum Penambahan (NaOH)	Nilai pH Sesudah Penambahan (NaOH)
Limbah cair tahu	4	
Kotoran kuda	7	
Limbah cair tahu + kotoran kuda	6	7
Limbah cair tahu + kotoran kuda + EM-4	6	7
Limbah cair tahu + kotoran kuda + ragi tape	6	7

Gambar 1.2 Suhu Biogas pada tiap *starter*

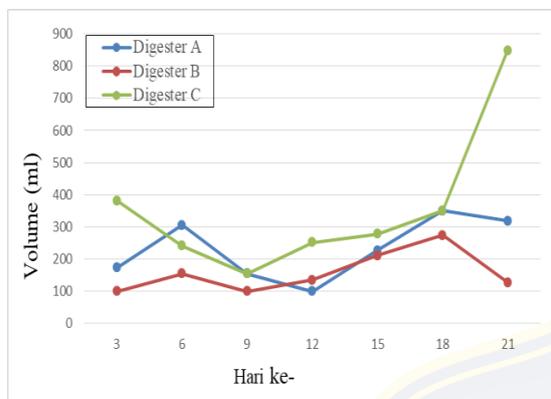
Berdasarkan gambar 1, suhu terukur yang bekerja pada reaktor menunjukkan pada angka 28 – 33 °C. Pada suhu ini, bakteri atau mikroba akan tumbuh sehingga dapat memproduksi biogas. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Ilham (2018) yang menyatakan bahwa temperatur yang terbaik untuk pertumbuhan mikroba mesofilik adalah 30 °C atau lebih tinggi sedikit. Jika dilihat dari grafik suhu biogas, pada hari ke-15 sampai hari ke-21 berada pada rentang 29-30,5°C maka pada suhu ini pertumbuhan mikroba meningkat.

Perubahan suhu biogas yang terjadi mulai hari ke-3 sampai hari ke-21 terlihat fluktuatif yang tidak terlalu jauh, baik naik maupun turun. Hal ini terjadi karena suhu disekitar *digester* atau suhu lingkungan sangat berpengaruh terhadap suhu di dalam *digester*. Nilai suhu yang digunakan pada penelitian ini mengalami fluktuasi mengikuti perubahan suhu lingkungan (Ramdiana, 2017).

Volume Biogas Hasil Penelitian

Nilai volume yang diambil dalam penelitian ini dihitung setiap 3 hari sekali. Data volume pada tiap perlakuan variasi *starter*

kotoran kuda, ragi dan EM-4 disajikan dalam grafik sebagai berikut:

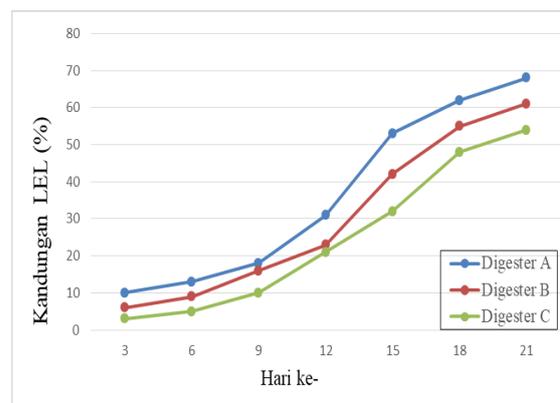


Gambar 1.3 Volume Biogas pada tiap starter

Berdasarkan grafik volume diatas, pada hari ke-3 sampai hari ke-21 menunjukkan bahwa volume biogas terus mengalami peningkatan pada starter DA, DB dan DC. Pada hari ke-21, starter yang menghasilkan volume tertinggi pada starter DC sebesar 848,6 ml, sedangkan volume starter DA dan DB mengalami penurunan sebesar 318,2 ml dan 127,3 ml. Hal ini menunjukkan bahwa waktu fermentasi yang makin lama dapat meningkatkan produksi biogas atau volume biogas.

Kandungan Gas Metana (CH₄) Hasil Penelitian

Pada penelitian ini, untuk mengetahui kandungan CH₄ menggunakan nilai LEL karena dapat mendeteksi semua gas yang mudah terbakar. Nilai dari LEL dari penelitian ini memiliki kandungan gas CH₄ paling banyak dibanding gas-gas mudah terbakar lainnya. Data kandungan gas metana pada tiap perlakuan variasi starter kotoran kuda, ragi dan EM-4 disajikan dalam grafik sebagai berikut:



Gambar 1.4. Kandungan CH₄ pada tiap starter

Berdasarkan grafik kandungan CH₄ diatas, starter DA, DB, dan DC pada hari ke-15 mengandung CH₄ sebesar 53% (530.000 ppm), 42% (420.000 ppm) dan 32% (320.000 ppm). Pada saat dilakukan uji nyala api, starter DA menyala dengan warna api biru. Starter DB juga menyala dengan warna api biru dan ada sedikit warna kuning. Starter DC tidak menyala.

Produksi biogas didasarkan pada perombakan anaerob kotoran hewan dan bahan buangan organik lainnya (Simamora, 2006). Selama perombakan anaerob akan menghasilkan gas metana 54-70 %, karbondioksida 25-45 %, hidrogen, nitrogen, dan hidrogen sulfida dalam jumlah yang sedikit (Simamora, 2006). Rahmadian (2012) juga mengatakan bahwa kandungan gas metana yang ideal dalam biogas adalah sekitar 60-70%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar gas metana dari seluruh starter pada hari ke-21 nilainya diatas 50%, yaitu pada starter DA sebesar 68 %, starter DB sebesar 61% dan starter DC sebesar 54%. Hasil ini menunjukkan bahwa biogas dari seluruh perlakuan telah mencapai nilai yang diharapkan.

Kandungan Gas Oksigen (O₂) Hasil Penelitian

Data kandungan gas oksigen pada tiap perlakuan variasi *starter* kotoran kuda, ragi dan EM-4 disajikan dalam grafik sebagai berikut:



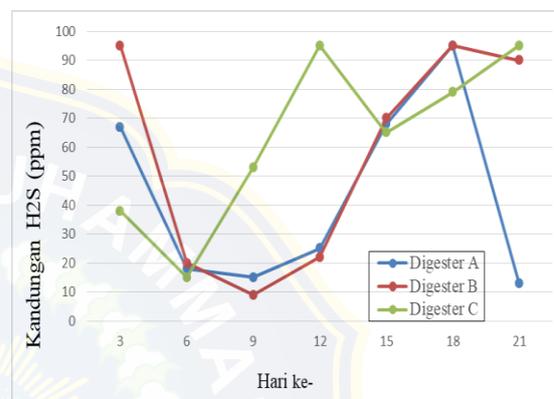
Gambar 1.5. Kandungan O₂ pada tiap starter

Berdasarkan grafik kandungan O₂ diatas, mulai dari hari ke-3 sampai hari ke-6 mengalami kenaikan kandungan O₂ yang cukup tinggi yaitu rentang 15 – 25%. Dari hari ke-9 grafik kandungan O₂ mengalami penurunan sampai hari ke-21. Hal ini akan mempercepat proses fermentasi anaerob, sehingga produksi biogas menjadi maksimal. Penyebab tingginya kandungan oksigen adalah terjadi kebocoran pada digester dan ada oksigen yang masuk pada saat pengambilan data. Pada penelitian Gita (2013) menyatakan bahwa produksi biogas akan lebih optimum jika fermentasi anaerobik yang dilakukan benar-benar pada kondisi tanpa oksigen (O₂). Gita (2013) juga menambahkan kondisi yang memungkinkan masuknya oksigen pada reaktor adalah ketika dilakukannya pengambilan sampel bahan dari dalam reaktor. Hasil penelitian yang telah dilakukan, ketiga *starter* memiliki

kandungan oksigen terkecil yang terjadi pada hari ke-21 yaitu sebesar 13,4% pada *starter* DA, 18,1% pada *starter* DB dan 20,8% pada *starter* DC.

Kandungan Gas Hidrogen Sulfida (H₂S) Hasil Penelitian

Data kandungan gas H₂S pada tiap perlakuan variasi *starter* kotoran kuda, ragi dan EM-4 disajikan dalam grafik sebagai berikut:



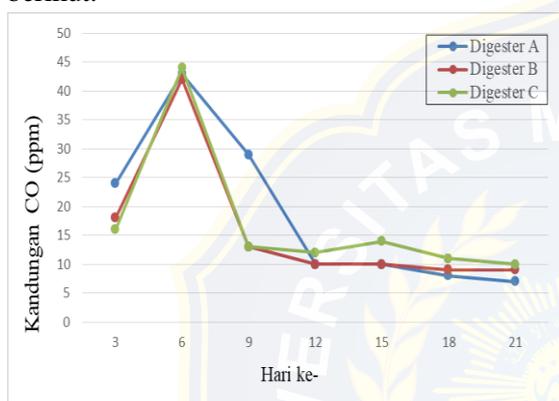
Gambar 1.6. Kandungan H₂S pada tiap starter

Berdasarkan grafik kandungan H₂S, mulai dari hari ke-3 sampai hari ke-21 mengalami penurunan yang cukup signifikan. Semakin sedikit kandungan H₂S yang terkandung di dalam *starter*, maka kandungan gas CH₄ akan meningkat. Hal ini terjadi karena gas H₂S akan terurai, sehingga menghasilkan gas CO₂. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Nurkholis (2011) bahwa Peningkatan kandungan gas CH₄ disebabkan oleh terserapnya gas CO₂ dan gas H₂S yang terkandung dalam biogas. Selanjutnya gas CO₂ akan terurai menjadi satu atom C dan dua atom O, sedangkan gas H₂S akan terurai menjadi dua atom H dan satu atom S. Timbulnya kandungan H₂ yang diperoleh dari proses penguraian H₂S akan menyebabkan terjadinya reaksi kimia dengan atom C yang diperoleh dari

penguraian CO₂ sehingga menghasilkan gas CH₄. Nilai kandungan H₂S pada hari ke-21 dari ketiga *starter* yaitu 13 ppm pada DA, 90 ppm DB dan 95 ppm pada DC.

Kandungan Gas Karbon Monoksida (CO) Hasil Penelitian

Data kandungan gas H₂S pada tiap perlakuan variasi *starter* kotoran kuda, ragi dan EM-4 disajikan dalam grafik sebagai berikut:



Gambar 1.7. Kandungan CO pada tiap *starter*

Berdasarkan grafik kandungan CO, dapat dilihat bahwa pada hari ke-3 sampai hari ke-6 kandungan gas karbon monoksida (CO) mengalami kenaikan yang cukup signifikan dari *starter* DA, DB, dan DC pada hari ke-6 memiliki kandungan CO yang paling tinggi. Pada hari ke-9 sampai dengan hari ke-21, kandungan gas CO mengalami penurunan secara terus-menerus jika penelitian diteruskan, maka kandungan CO akan terus mengalami penurunan dan sampai pada akhirnya habis. Semakin kecil nilai gas CO dalam suatu *digester*, maka semakin efisien dalam membentuk gas CO₂, sehingga polusi udara yang disebabkan oleh *digester* semakin kecil.

Kadar karbon monoksida (CO) semakin turun dengan bertambahnya beban dan nilai CO₂ akan semakin besar (Menurut Rendhi, 2013). Jika dilihat pada grafik kandungan gas CO, maka nilai gas CO yang paling sedikit adalah *starter* DA sebesar 7 ppm pada proses fermentasi hari ke-21.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan seluruh hasil penelitian yang telah dilaksanakan, maka kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengaruh variasi komposisi campuran *starter* pada limbah cair tahu 50% + kotoran kuda 50% yang mengandung rasio C/N sebesar 1,555 mengalami peningkatan kualitas bahan bakar biogas ditandai dengan meningkatnya kandungan CH₄ sebesar 68%, suhu 30,5°C, volume 318,2 ml dan menurunnya kandungan H₂S sebesar 13 ppm, O₂ sebesar 13,4%, CO sebesar 7 ppm.
2. Pengaruh variasi komposisi campuran *starter* pada limbah cair tahu 50% + kotoran kuda 48% + ragi 2% yang mengandung rasio C/N sebesar 1,357 mengalami penurunan kualitas bahan bakar biogas ditandai dengan meningkatnya kandungan H₂S sebesar 95 ppm, O₂ sebesar 20,8%, CO sebesar 10 ppm dan menurunnya kandungan CH₄ sebesar 54%, suhu 29°C, volume 154 ml.

Saran

Saran yang diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya melakukan pengujian rasio C/N

sebelum memulai penelitian agar mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan biogas sebelum proses fermentasi.

2. Penelitian selanjutnya mengadakan pengukuran suhu disekitar digester, pada suhu lingkungan sangat mempengaruhi proses fermentasi biogas yang ada di dalam digester

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agusman, Delvis. 2017. *Pengaruh Starter Ragi dalam Proses Pembentukan Biogas Limbah Buah*. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA.
- [2] Darmanto, Ardyanto. 2012. *Pengaruh Kondisi Temperatur Mesophilic (35°C) Dan Thermophilic (55°C) Anaerob Reaktor Kotoran Kuda Terhadap Produksi Biogas*. Universitas Brawijaya Malang.
- [3] Dewi, Rizkiyah dan Sakinah. 2008. *Pemanfaatan Limbah Cair Tahu untuk Sumber Biogasdengan Menggunakan Filter Anaerobik*. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Master-20729-2410201007-Chapter.pdf> (Diunduh tanggal 28 Pebruari 2013).
- [4] Haryati, T. 2006. *Limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif*. Balai Penelitian Ternak. WARTAZOA.
- [5] Hidayat, Rusdi. 2012. *Produksi Biogas dari Limbah Cair Tahu dengan Biokatalis EM4*.
- [6] Hikma N, Alwi M, dan Umrah. 2014. *Potensi limbah cair tempe secara mikrobiologis sebagai alternatif penghasil biogas*. Biocelebes: 54-59
- [7] Iman, Sadzali. 2010. *Potensi limbah tahu sebagai biogas*, Jurnal UI Untuk Bangsa Seri Kesehatan, Sains, dan Teknologi, Volume 1.
- [8] Irawan, Dwi. 2016. *Pengaruh EM4 (Effective Microorganism) Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Bahan Baku Kotoran Sapi*. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro.
- [9] Lateng N. 2010. *Pengaruh Jumlah Biostarter Dan Waktu Fermentasi Pada Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biogas*. Tesis. Program Pascasarjana. UNHAS, Makassar.
- [10] Marsudi. (2012). *Produksi Biogas dari Limbah Rumah Tangga sebagai Upaya Mengatasi Krisis Energi dan Pencemaran Lingkungan*.
- [11] Nurmay, Siska Rosilawati Siallagan. 2010. *Pengaruh waktu tinggal dan komposisi bahan baku Pada proses fermentasi limbah cair industri tahu terhadap produksi biogas*. Medan : Tesis Universitas Sumatera Utara.
- [12] Permana,Satria Buyung. 2012. *Pengaruh Perbandingan Kandungan Kotoran Kuda Dan Air Pada Mesophilic Digester Terhadap Produksi Biogas*. Universitas Brawijaya Malang.
- [13] Rahman AN. 2007. *Pembuatan biogas dari sampah buah-buahan melalui fermentasi aerobik dan anaerobik*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

- [14] Ridhuan, Kemas. (2016). *Pengolahan Limbah Cair Tahu Sebagai Energi Alternatif Biogas yang Ramah Lingkungan*. Metro: Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro.
- [15] Sanjaya, I Gusti Made. 2010. *Biokonversi Sampah Organik Pasar Menjadi Biogas Menggunakan Starter Effektive Micro Organisme (EM4)*. Universitas Negeri Surabaya.
- [16] Sukmana RW dan Muljatiningrum A. 2011. *Biogas dari Limbah Ternak*. Bandung: Penerbit Nuansa.
- [17] Tonglolangi, Yeni Yusuf. 2017. *Teknologi Biogas dari Kotoran Ternak sebagai Sumber Energi Alternatif*. Program Studi Teknik Mesin-Fakultas Teknik-UKI Toraja.
- [18] Wahyudi R. 2016. *Produktivitas makroalga *eucheuma cottonii* dalam memproduksi biogas dengan Metode Batch*. Tesis S2. (Tidak dipublikasikan). Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- [19] Wahyuni, Sri. 2013. *Biogas Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas, dan Listrik*, Bogor. Penerbit: Agro Media.
- [20] Widodo T. 2006. *Rekayasa dan pengujian reactor biogas skala kelompok tani ternak*. Jurnal Engeneering Pertanian.
- [21] Yonathan, Arnold. 2013. *Produksi Biogas Dari Eceng Gondok (*Aichhornia Crassipes*):Kajian Konsistensi Dan pH Terhadap Biogas Dihasilkan*. Universitas Diponegoro.