



PENGARUH VARIASI KOMPOSISI STARTER KOTORAN SAPI, KOTORAN AYAM DAN CAMPURAN KULIT PISANG TERHADAP KUALITAS BAHAN BAKAR BIOGAS LIMBAH CAIR TAHU

EFFECT COMPOSITION VARIATION STARTER OF COW DUNG, CHICKEN DUNG AND MIX BANANA PEEL ON QUALITY OF FUEL BIOGAS TOFU LIQUID WASTE

Muhammad Reza Ardian Putra¹, Nely Ana Mufarida, S.T., M.T.², Nurhalim, S.T., M.Eng³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
rezaardian25@gmail.com

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

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

Abstrak

Permintaan bahan bakar fosil telah meningkat secara pesat. Oleh karena itu, dibutuhkan bahan bakar alternatif yaitu biogas. Bahan yang digunakan sebagai biogas 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) Kotoran sapi 50% + limbah cair tahu 50%, 2) Kotoran sapi 50% + limbah cair tahu 47% + kulit pisang 3%, 3) Kotoran ayam 50% + limbah cair tahu 50%. Pengaruh variasi komposisi campuran starter pada 50% kotoran sapi + 50% limbah cair tahu yang mengandung rasio C/N sebesar 8,884 mengalami peningkatan kualitas bahan bakar biogas ditandai dengan meningkatnya kandungan CH₄ sebesar 63%, suhu sebesar 31,2°C, volume sebesar 251,4 mL dan menurunnya kandungan H₂S sebesar 7 ppm, CO sebesar 12 ppm, O₂ sebesar 17,4%.

Kata Kunci: Biogas Limbah Cair Tahu, Kotoran Sapi, Kotoran Ayam, Kulit Pisang

Abstract

Demand for fossil fuels has increased rapidly. Therefore, an alternative fuel is needed, namely biogas. The material used as biogas 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 content (H₂S), and carbon monoxide (CO) content with variations in starter composition: 1) Cow dung 50% + 50% tofu liquid waste, 2) 50% cow dung + 47% tofu liquid waste + 3% banana peel, 3) 50% chicken dung + 50% tofu liquid waste. The effect of variations in the composition of the starter mixture on 50% cow dung + 50% tofu liquid waste containing a C/N ratio of 8.884 experienced an increase in the quality of biogas fuels marked by an increase in CH₄ content by 63%, a temperature of 31.2°C, a volume of 251, 4 mL and decreasing H₂S content by 7 ppm, CO by 12 ppm, O₂ by 17.4%.

Keywords: content, formatting, article.

PENDAHULUAN

Pada era teknologi saat ini, permintaan bahan bakar fosil telah meningkat secara pesat yang mengakibatkan pemanasan global dan efek rumah kaca. Oleh karena itu, dibutuhkan energi terbarukan sebagai alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan yaitu biogas. Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau

fermentasi dari bahan-bahan organik oleh mikroorganisme anaerob. Sumber bahan yang dapat digunakan pada biogas sangat beragam, salah satunya adalah limbah cair tahu. Limbah cair tahu mempunyai kandungan protein, lemak, dan karbohidrat atau senyawa-senyawa organik yang cukup tinggi.

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu 1) bagaimana pengaruh variasi starter kotoran sapi, kotoran

ayam dan campuran kulit pisang terhadap kualitas biogas, 2) bagaimana pengaruh variasi kotoran sapi, kotoran ayam dan campuran kulit pisang terhadap kadar gas metana yang terbentuk. Tujuan dari penelitian ini yaitu 1) untuk mengetahui pengaruh variasi starter kotoran sapi, kotoran ayam dan campuran kulit pisang terhadap kualitas biogas, 2) untuk mengetahui pengaruh kotoran sapi, kotoran ayam dan campuran kulit pisang terhadap kadar gas metana yang terbentuk.

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 Jember yaitu peternakan sapi dan peternakan ayam di Kecamatan Arjasa serta pengambilan kulit pisang pada penjual gorengan di sekitar wilayah kampus.

Rancangan Penelitian

Pembuatan substrat untuk produksi biogas limbah cair tahu terdiri dari 3 variasi starter yang dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Komposisi perlakuan starter

Perlakuan	Kotoran Sapi (%)	Kotoran Ayam (%)	Limbah Cair Tahu (%)	Kulit Pisang (%)
D1	50	0	50	0
D2	50	0	47	3
D3	0	50	50	0

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

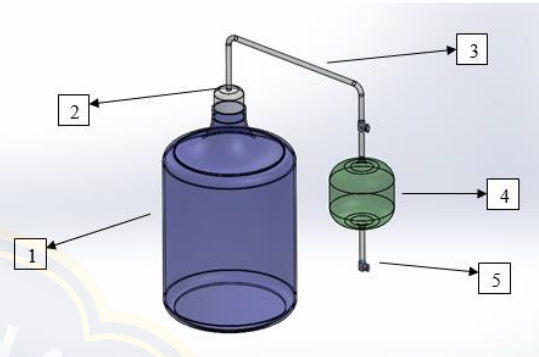
a. Alat

1. Gas analyser tipe HT-1805.
2. Kertas pH indicator universal.
3. Sekop.
4. Timba.
5. Mixer.
6. Galon air 19 L.
7. Kantong Plastik.
8. Timbangan Elektronik.
9. Gelas ukur 2 L.
10. Termometer *infrared* tipe GM320.

b. Bahan

1. Limbah cair tahu 7 L.
2. Kotoran sapi 3,5 kg.
3. Kotoran ayam 3,18 kg.
4. Kulit pisang kapok 320 gram.
5. NaOH 1M.
6. Air Aquades 3,5 L.

Desain Alat Biogas Limbah Cair Tahu



Gambar 1. Digester tipe *batch*

Keterangan Gambar:

1. Digester (galon kapasitas 19 L) 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. Balon atau kantung plastik sebagai penyimpanan biogas.
5. Kran sebagai pembuka dan penutup keluarnya gas.

Prosedur penelitian kualitas biogas limbah cair tahu dengan menggunakan starter kotoran sapi

Prosedur penelitian kualitas biogas limbah cair tahu dengan menggunakan *starter* kotoran sapi adalah sebagai berikut:

1. Pertama mengambil bahan baku limbah cair tahu di pabrik tahu dengan menggunakan galon air.
2. Selanjutnya, mengambil kotoran sapi di peternakan sapi menggunakan sekop dan ditampung di dalam timba.
3. Mengencerkan kotoran sapi dengan menggunakan air dengan perbandingan 1 : 1.
4. Mencampur *starter* kotoran sapi yang sudah diencerkan dengan limbah cair tahu dengan perbandingan 1 : 1 sebanyak 13 L menggunakan gelas ukur 2 L dan diaduk sampai homogen dengan alat pengaduk.
5. Melakukan pengecekan pH sambil menambahkan NaOH sampai pH mencapai angka 6-8 atau netral.
6. Kemudian mengecek ratio C/N dari campuran *starter* kotoran sapi.

7. Jika ratio C/N sudah sesuai, digester ditutup rapat dan dilakukan pengujian terhadap pH, kandungan CH₄ (%), volume gas (L) dan suhu (°C).
8. Pengujian dilakukan 24 jam sekali atau 1 hari selama 21 hari.

Prosedur penelitian kualitas biogas limbah cair tahu dengan menggunakan starter kotoran ayam

Prosedur penelitian kualitas biogas limbah cair tahu dengan menggunakan starter kotoran ayam adalah sebagai berikut:

1. Pertama mengambil bahan baku limbah cair tahu di pabrik tahu dengan menggunakan galon air.
2. Selanjutnya, mengambil kotoran ayam di peternakan ayam menggunakan sekop dan ditampung di dalam timba.
3. Mengencerkan kotoran ayam dengan menggunakan air dengan perbandingan 1 : 1.
4. Mencampur starter kotoran sapi yang sudah diencerkan dengan limbah cair tahu dengan perbandingan 1 : 1 sebanyak 12 L menggunakan gelas ukur 2 L dan diaduk sampai homogen dengan alat pengaduk.
5. Melakukan pengecekan pH sambil menambahkan NaOH sampai pH mencapai angka 6-8 atau netral.
6. Kemudian mengecek ratio C/N dari campuran starter kotoran sapi.
7. Jika ratio C/N sudah sesuai, digester ditutup rapat dan dilakukan pengujian terhadap pH, kandungan CH₄ (%), volume gas (L) dan suhu (°C).
8. Pengujian dilakukan 24 jam sekali atau 1 hari selama 21 hari.

Prosedur penelitian kualitas biogas limbah cair tahu dengan menggunakan starter campuran kulit pisang

Prosedur penelitian kualitas biogas limbah cair tahu dengan menggunakan starter campuran kulit pisang adalah sebagai berikut:

1. Pertama mengambil bahan baku limbah cair tahu di pabrik tahu dengan menggunakan galon air.
2. Selanjutnya, mengambil kulit pisang di penjual gorengan dan ditampung di dalam timba.
3. Menghaluskan kulit pisang dengan alat penghalus.
4. Kulit pisang tersebut ditambahkan dengan kotoran sapi yang sudah diencerkan dengan perbandingan 1 : 1 sebanyak 500gr.
5. Menambahkan starter campuran kulit dengan limbah cair tahu dengan perbandingan 1 : 1 sebanyak 12 L menggunakan gelas ukur 2 L dan diaduk sampai homogen dengan alat pengaduk.
6. Melakukan pengecekan pH sambil menambahkan NaOH sampai pH mencapai angka 6-8 atau netral.

7. Kemudian mengecek ratio C/N dari campuran starter kotoran sapi.
8. Jika ratio C/N sudah sesuai, digester ditutup rapat dan dilakukan pengujian terhadap pH, kandungan CH₄ (%), volume gas (L) dan suhu (°C).
9. Pengujian dilakukan 24 jam sekali atau 1 hari selama 21 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rasio C/N Hasil Penelitian

Pengukuran rasio C/N dilakukan pengujian di laboratorium Biosen Politeknik Negeri Jember 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 2. Data C/N Ratio tiap sampel

Sampel	C/N ratio (%)	Rata-rata (%)
D1	9,676	8,884
	8,092	
D2	5,609	6,738
	7,866	
D3	3,198	3,500
	3,803	

Berdasarkan tabel diatas, rasio C/N dari sampel D1 yaitu 8,884%, sampel D2 yaitu 6,738 dan sampel D3 yaitu 3,500. 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. Berdasarkan tabel diatas, rasio C/N dari sampel D1 yaitu 8,884%, sampel D2 yaitu 6,738 dan sampel D3 yaitu 3,500. 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.

Nilai pH Hasil Penelitian

Dalam pengujian pH dilakukan sebanyak tiga kali yaitu pada saat kondisi awal, ditambah limbah cair tahu, dan kondisi akhir. Kondisi awal yaitu pada saat kotoran belum dicampur dengan limbah cair tahu. Kondisi akhir yaitu setelah kotoran dicampur limbah cair tahu kemudian ditambah dengan NaOH. Berikut tabel nilai pH pada tiap starter:

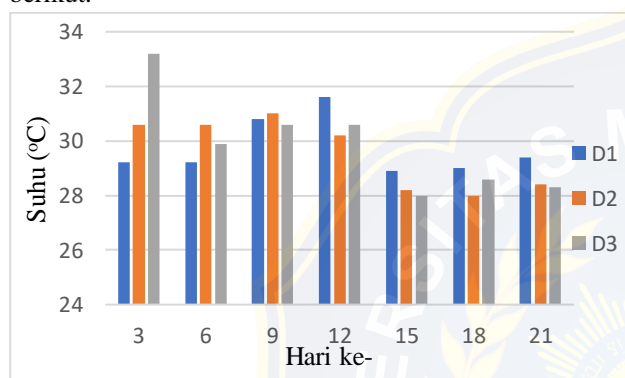
Tabel 3. Nilai pH tiap starter

Starter	Kondisi Awal	Ditambah Limbah Cair Tahu	Kondisi Akhir
D1	6	5	7
D2	6	5	7
D3	7	7	7

Berdasarkan tabel diatas, pH yang dimiliki oleh starter D1, D2 dan D3 pada saat kondisi awal secara berturut-turut yaitu 6, 6 dan 7. Kemudian ditambah dengan limbah cair tahu pH dari starter D1, D2 dan D3 yaitu menjadi 5, 5, dan 7. Nilai pH tersebut termasuk asam karena pada limbah cair tahu terdapat kandungan asam cuka yang cukup banyak. Kemudian pada kondisi akhir ditambah dengan NaOH, sehingga pH dari starter D1, D2 dan D3 menjadi sama yaitu 7.

Suhu Biogas Hasil Penelitian

Suhu yang diukur dalam penelitian ini adalah suhu di dalam reaktor biogas atau digester. Data suhu pada tiap perlakuan variasi *starter* kotoran sapi, kotoran ayam dan campuran kulit pisang disajikan dalam grafik sebagai berikut:



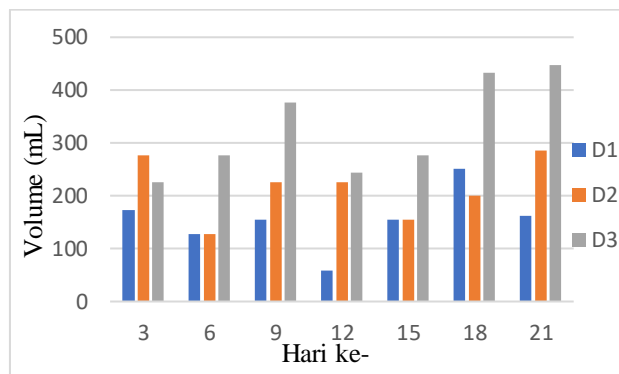
Gambar 1. Suhu Biogas pada tiap *starter*

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 28°C – 29,4°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 sapi, kotoran ayam dan campuran kulit pisang disajikan dalam grafik sebagai berikut:

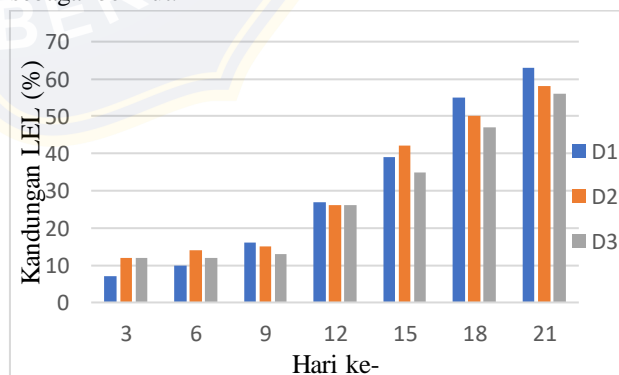


Gambar 2. Volume Biogas pada tiap *starter*

Berdasarkan grafik volume diatas, pada hari ke-3 sampai hari ke-21 menunjukkan bahwa volume biogas terus mengalami peningkatan pada *starter* D1, D2 dan D3. Pada hari ke-21, *starter* yang menghasilkan volume tertinggi pada *starter* D2 sebesar 286,4 mL dan D3 sebesar 447,8 mL sedangkan volume *starter* D1 sebesar 162,9 mL. Hal ini menunjukkan bahwa waktu fermentasi yang makin lama dapat meningkatkan produksi biogas atau volume biogas. Hasil ini dikuatkan oleh Angraini dkk. (2014) dalam penelitiannya yang menyebutkan bahwa produksi biogas dari limbah cair tahu dan kotoran sapi dari semua perlakuan secara umum mengalami peningkatan hingga hari ke-30 fermentasi.

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 sapi, kotoran ayam dan campuran kulit pisang disajikan dalam grafik sebagai berikut:



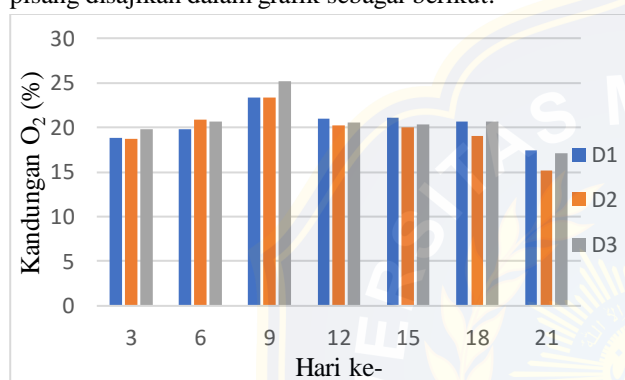
Gambar 3. Kandungan CH₄ pada tiap *starter*

Berdasarkan grafik kandungan CH₄ diatas, *starter* D1, D2, dan D3 pada hari ke-18 mengandung CH₄ sebesar 55%, 50% dan 47%. Pada saat dilakukan uji nyala api, *starter* D1 menyala dengan warna api biru. *Starter* D2 juga menyala dengan warna api biru dan ada sedikit warna kuning. *Starter* D3 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. 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* D1 sebesar 63 %, *starter* D2 sebesar 58% dan *starter* D3 sebesar 56%. 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 sapi, kotoran ayam dan campuran kulit pisang disajikan dalam grafik sebagai berikut:

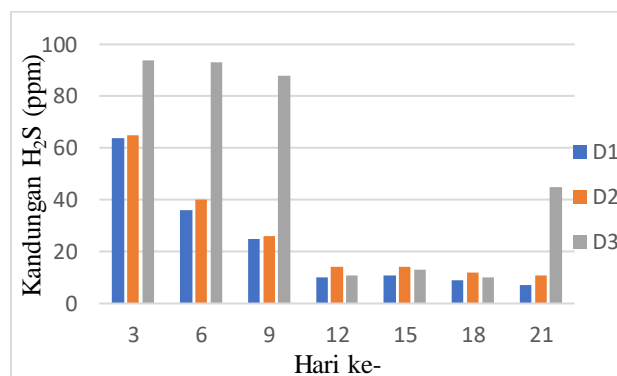


Gambar 4. Kandungan O₂ pada tiap starter

Berdasarkan grafik kandungan O₂ diatas, mulai dari hari ke-3 sampai hari ke-18 kandungan O₂ masih tinggi yaitu rentang 18 – 25%. Hal ini mengakibatkan produksi biogas menjadi tidak maksimal. Padahal untuk memproduksi biogas dibutuhkan proses fermentasi anaerob yang dilakukan tanpa oksigen (O₂). 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. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ketiga *starter* memiliki kandungan oksigen terkecil yang terjadi pada hari ke-21 yaitu sebesar 17,4% pada *starter* D1, 15,2% pada *starter* D2 dan 17,1% pada *starter* D3.

Kandungan Gas Hidrogen Sulfida (H₂S) Hasil Penelitian

Data kandungan gas H₂S pada tiap perlakuan variasi *starter* kotoran sapi, kotoran ayam dan campuran kulit pisang disajikan dalam grafik sebagai berikut:

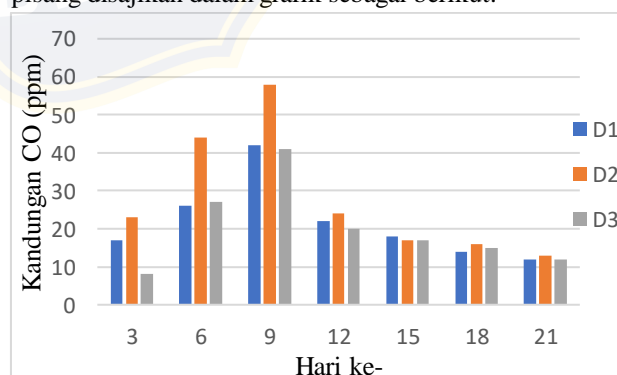


Gambar 5. Kandungan H₂S pada tiap starter

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 7 ppm *starter* D1, 11 ppm *starter* D2, dan 45 ppm *starter* D3.

Kandungan Gas Karbon Monoksida (CO) Hasil Penelitian

Data kandungan gas H₂S pada tiap perlakuan variasi *starter* kotoran sapi, kotoran ayam dan campuran kulit pisang disajikan dalam grafik sebagai berikut:



Gambar 6. Kandungan CO pada tiap starter

Berdasarkan grafik kandungan CO, dapat dilihat bahwa pada hari ke-3 sampai hari ke-9 kandungan gas karbon monoksida (CO) mengalami kenaikan yang cukup signifikan dan *starter* D1, D2, dan D3 pada hari ke-9 memiliki kandungan CO yang paling tinggi. Setelah hari ke-9 sampai dengan hari ke-21, kandungan gas CO

mengalami penurunan secara terus menerus dan 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. Hal tersebut diperkuat dengan pernyataan Rendhi (2013) bahwa kadar karbon monoksida (CO) semakin turun dengan bertambahnya beban dan nilai CO₂ akan semakin besar. Jika dilihat pada grafik kandungan gas CO, maka nilai gas CO yang paling sedikit adalah starter D1 sebesar 12 ppm dan starter D3 sebesar 12 ppm pada proses fermentasi hari ke-21.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh variasi komposisi campuran starter pada pada 50% kotoran sapi + 50% limbah cair tahu yang mengandung rasio C/N sebesar 8,884 mengalami peningkatan kualitas bahan bakar biogas ditandai dengan meningkatnya kandungan CH₄ sebesar 63%, suhu sebesar 31,2°C, volume sebesar 251,4 mL dan menurunnya kandungan H₂S sebesar 7 ppm, CO sebesar 12 ppm, O₂ sebesar 17,4%.
2. Pengaruh variasi komposisi campuran starter pada pada 50% kotoran ayam + 50% limbah cair tahu yang mengandung rasio C/N sebesar 3,500 mengalami penurunan kualitas bahan bakar biogas ditandai dengan menurunnya kandungan CH₄ sebesar 56%, suhu sebesar 28,3°C, volume sebesar 226,3 mL dan meningkatnya kandungan H₂S sebesar 45 ppm, CO sebesar 20 ppm, O₂ sebesar 20,7%.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka untuk penelitian berikutnya disusun saran sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian rasio C/N sebelum memulai penelitian agar mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan biogas sebelum proses fermentasi.
2. Melakukan pengukuran suhu disekitar digester karena suhu lingkungan sangat mempengaruhi suhu yang ada di dalam digester.
3. Mengadakan penelitian tentang pengukuran nilai kalor pada tiap starter kotoran sapi, kotoran ayam dan campuran kulit pisang.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ayu, Dewi; Sugito. 2013. Pembuatan Biogas Dari Limbah Cair Pabrik Tahu Dengan Tinja Sapi. Surabaya.

- [2] Abbas; Triatmojo, Suharjo, dan Mira, Lies Yusiati. 2012. Pengaruh Penambahan Limbah Kulit Pisang (*Musa Spp*) Terhadap Produksi Gas Metan Dalam Fermentasi Metanogenik Kotoran Ternak. Yogyakarta.
- [3] Aditya, Kusuma; Melisa, P; Hadiyanto, A. 2012. Pemurnian Biogas dari Kandungan Hidrogen Sulfida (H₂S) dengan NaOH, CuSO₄, Fe₂(SO₄) dalam *Packed Column* Secara Kontinyu. Semarang.
- [4] Christy, Berliani; Nugroho, W. J; Murwani, I. Y. 2016. Kualitas Unsur Hara Kompos Campuran Limbah Kulit Pisang Kepok *Musa paradisiaca* dan *Azolla microphylla*. Yogyakarta.
- [5] Coniwanti, Pamilia. 2009. Pembuatan Bbiogas Dari Ampas Tahu. Palembang.
- [6] Fattah, Fanni; Ali, Angger Kahfi. 2017. Proses Desain Pengembangan Digester Biogas Umt 2017 Untuk Pemanfaatan Energi Terbarukan Dengan Bahan Baku Kotoran Ternak Sapi. Banten.
- [7] Inpurwanto. 2012. Produksi Biogas Dari Limbah Peternakan Ayam Dengan Penambahan Beban Organik Dan Waktu Tinggal Hidraulik Pada Biodigester Anaerob Sistem Kontinyu. Surakarta.
- [8] Nisrina, Hanifah dan Andarani, Pertiwi. 2018. Pemanfaatan Limbah Tahu Skala Rumah Tangga Menjadi Biogas Sebagai Upaya Teknologi Bersih Di Laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan – BPPT. Semarang.
- [9] Noresta, F; Yavia, J. N; Faizal, M. 2013. Pengaruh Komposisi Masukan Dan Waktu Tinggal Terhadap Produksi Biogas Dari Kotoran Ayam. Palembang.
- [10] Prastya, Rendhi; Susilo, Bambang; Lutfi, Musthofa. 2013. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biogas terhadap Emisi Gas Buang Mesin Generator Set. Malang.
- [11] Purnama, Hadi; Andrio, David; Elystia, Shinta. 2016. Pengaruh Rasio Pencampuran Limbah Cair Tahu dan Kotoran Sapi Terhadap Proses Anaerob. Pekanbaru.
- [12] Ridwan, Irwan Rahim; Asriyanti, Erika. 2018. Efisiensi Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Dalam Menghasilkan Biogas. Gowa.
- [13] Surya, Untung Dharma; Bustomi, Hamim. 2017. Pengaruh Temperatur Digester Sistem Kontinyu Terhadap Produksi Biogas Berbahan Baku Blotong. Metro.
- [14] Saputra, Purwa. 2016. Potensi Campuran Limbah Cair Tahu Dan Kotoran Sapi Sebagai Substrat Penghasil Biogas. Malang.
- [15] Wulandari, Catur. 2017. Pembuatan Biogas Dari Campuran Kulit Pisang Dan Kotoran Sapi Menggunakan Bioreaktor Anaerobik. Surabaya.