

UJI PEMBENTUKAN BIOGAS DARI SUBSTRAT SAMPAH SAYUR DAN BUAH DENGAN KO-SUBSTRAT LIMBAH ISI RUMEN SAPI

STUDY OF BIOGAS PRODUCTION FROM VEGETABLE AND FRUIT WASTE WITH BOVINE RUMEN WASTE CO-SUBSTRATE

Yenni ¹⁾, Yommi Dewilda ²⁾, Serly Mutia Sari ²⁾

¹⁾Laboratorium Air Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas

²⁾Laboratorium Buangan Padat Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas

Email: yen@ft.unand.ac.id

ABSTRAK

Artikel ini memaparkan hasil penelitian 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.

Kata kunci: biogas, digester, limbah isi rumen sapi, sampah sayur dan buah.

ABSTRACT

This article is explaining research results on the effect of bovine rumen waste as co-substrate in biogas production from vegetable and fruit waste (substrates). Biogas production was conducted by using laboratory scale anaerob batch digester, consisted of controlled digester (containing substrate) and testing digester (containing substrate and co-substrate) with volume of 50 litre and 30 days retention time. Biogas volume was measured based on the increasing biogas container, while biogas composition was measured by absorption method using alcohol as the absorbance for the examination of methane gas and NaOH for carbon dioxide gas examination. Results showed that the addition of bovine rumen waste co-substrate could increase the biogas volume formed. Average cumulative production of testing biogas digester (38.13 litre) was 79.88% which was higher than average cumulative production controlled biogas digester (21.20 litre). The addition of co-substrate was able to increase the formed biogas quality, reviewed from methane content in testing digester (average volume of 11.74 litre or 30.78% from gas total volume) which is around sevenfold higher compared with methane content in controlled digester (average volume of 1.41 litre or 11.27% from total gas volume). Flame test proved that testing biogas digester could be burned with blue color flame, while biogas in controlled digester could not be burnt at all.

Keywords: biogas, bovine rumen waste, digester, vegetable and fruit waste

PENDAHULUAN

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 lokasi pemrosesan akhir (LPA) (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 LPA 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 & Steinhauser, 2008).

Permasalahan pengelolaan sampah tersebut dapat diminimalkan dengan menerapkan pengelolaan sampah yang terpadu (*Integrated Solid Waste Management/ISWM*), diantaranya *waste to energy* atau pengolahan sampah menjadi energi (Damanhuri, 2010). Salah satu bentuk energi yang dihasilkan dari sampah adalah biogas, yaitu energi terbarukan yang dibuat dari bahan buangan organik berupa sampah, kotoran ternak, jerami, eceng gondok serta bahan lainnya (Surawiria, 2005).

Pemanfaatan sampah dan bahan organik lain sebagai penghasil biogas dapat mengurangi jumlah sampah organik yang diangkut ke LPA dan dapat mengurangi

emisi gas metan sekaligus mengurangi risiko pemanasan global. Selain itu, residu dari proses pembuatan biogas merupakan bahan yang ramah lingkungan dan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik (Deublein & Steinhauser, 2008).

Salah satu sumber bahan organik yang murah dan dominan ditemukan di Kota Padang serta potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku biogas adalah sampah sayur dan buah serta limbah isi rumen sapi. Isi rumen sapi merupakan salah satu limbah terbesar yang dihasilkan dari suatu pemotongan hewan, berupa rumput yang belum terfermentasi dan tercerna sepenuhnya oleh hewan (Nengsih, 2002). Pemotongan satu ekor sapi dapat menghasilkan isi rumen berkisar 10-12% dari berat hidup. Di dalam isi rumen sapi telah terkandung bakteri *Methanosarcina sp.* yang berperan dalam proses pembentukan biogas (Fithry, 2010). Selama ini, limbah isi rumen sapi jarang dimanfaatkan dan biasanya ditumpuk atau langsung dibuang ke badan air, sehingga dapat menimbulkan pencemaran lingkungan (Irawan, 2009).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan limbah isi rumen sapi sebagai bahan tambahan (ko-substrat) terhadap pembentukan biogas dari sampah organik berupa sampah sayur dan buah yang merupakan bahan utama pembentukan biogas (substrat).

METODOLOGI PENELITIAN

Persiapan Alat

Digester yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil modifikasi rancangan Mayasari, dkk (2010) dengan tipe *floating*

drum. Pertimbangan pemilihan tipe *floating drum* ini adalah untuk memudahkan perhitungan volume biogas yang terbentuk setiap hari selama proses fermentasi. *Digester* yang digunakan terdiri atas empat unit, yaitu dua unit rangkaian *digester* kontrol dan dua unit rangkaian *digester* uji dengan volume *digester* masing-masing 30 liter.

Persiapan Bahan

Bahan isian *digester* berupa sampah sayur dan buah (substrat), dan limbah isi rumen sapi (ko-substrat), dicacah untuk dilakukan uji pendahuluan, meliputi pengujian rasio C/N, kadar air substrat, dan kadar air ko-substrat. Berdasarkan data tersebut, dihitung komposisi substrat dan ko-substrat yang akan dicampurkan sebagai bahan isian sehingga dapat memenuhi rasio C/N yang disyaratkan untuk pembentukan biogas, yaitu 20-30 (Fithry, 2010). Penambahan air ke dalam bahan isian bertujuan untuk dapat memenuhi kadar air yang disyaratkan untuk pembentukan biogas, yaitu 91-93% (Ratnaningsih, 2009). Masing-masing bahan isian tersebut kemudian dicampur sesuai dengan komposisi hasil perhitungan dan diaduk sehingga homogen. Sebelum dimasukkan ke dalam *digester*, rasio C/N dan kadar air bahan isian yang telah tercampur tersebut diuji ulang. Bahan isian dimasukkan ke dalam *digester* sebanyak 2/3 bagian dari volume *digester*, yaitu ± 30 liter. Dengan demikian, pada *digester* masih terdapat ruangan sebesar ± 20 liter untuk pengadukan.

Pembuatan Biogas

Pembentukan biogas dilakukan pada temperatur lokal Kota Padang yang berkisar antara 22-31,7°C, sehingga tidak memerlukan suplai energi tambahan untuk pengkondisian temperatur (Mayasari dkk, 2010). Rentang temperatur Kota Padang tersebut termasuk rentang temperatur *mesophilic* (20-40°C) dengan waktu tinggal tipikal yang dibutuhkan untuk pembentukan biogas selama 30 hari.

Parameter yang diamati selama proses pembentukan biogas meliputi:

- a. pH
Pemantauan pH selama proses anaerobik dilakukan dengan mengambil sedikit sampel bahan isian biogas dari *outlet digester* lalu diukur dengan menggunakan kertas pH. Pengukuran pH dilakukan 1 kali dalam 5 hari.
- b. Temperatur selama proses fermentasi anaerob
Pemantauan temperatur selama proses anaerob dilakukan 1 kali dalam 5 hari dengan menggunakan termometer.
- c. Level kenaikan pengumpul gas
Pada tahap ini diamati kenaikan drum pengumpul biogas setiap harinya.

Penentuan Volume dan Komposisi Biogas

Volume biogas diukur dengan menghitung kenaikan drum aluminium pengumpul biogas setiap hari, sedangkan komposisi biogas ditentukan dengan metode sebagai berikut:

- a. Pengukuran komposisi biogas secara kuantitatif
Pengukuran komposisi biogas dilakukan dengan metode absorpsi gas.

Biogas yang terbentuk ditampung di dalam tangki penampung gas yang terhubung dengan *digester*. Gas yang telah terkumpul disalurkan ke absorban CO₂ (NaOH) dan absorban CH₄ (alkohol). Dengan cara ini, komposisi CO₂ dan CH₄ yang terdapat di dalam biogas dapat ditentukan. Pengukuran komposisi biogas dilaksanakan pada hari ke-16 dan hari ke-30.

- b. Pengukuran komposisi biogas secara kualitatif

Uji kualitatif terhadap komposisi biogas dilakukan dengan uji nyala untuk mengetahui kualitas gas dengan melihat warna nyala api yang dihasilkan pada saat pembakaran. Jika gas langsung terbakar dan warna api yang dihasilkan biru, maka gas yang dihasilkan berkualitas baik. Jika biogas mengandung lebih banyak gas-gas pengotor lainnya maka warna api yang dihasilkan adalah cenderung kemerah-merahan. Jika nyala api hampir tidak terlihat (tidak terbakar) menandakan bahwa kandungan metana dalam biogas yang terbentuk masih sangat sedikit.

Penentuan Kondisi Akhir Bahan Isian (Setelah 30 Hari)

Setelah 30 hari masa pembentukan biogas, rasio C/N dan kadar air bahan isian diuji untuk melihat perubahan kondisi bahan isian setelah dicerna di dalam *digester*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Pendahuluan

Hasil uji rasio C/N dan kadar air masing-masing komponen bahan baku biogas,

beserta kondisi optimum yang ingin dicapai ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Pendahuluan

No	Uji Pendahuluan	Jenis Bahan		Kondisi Optimum
		Sampah Sayur dan Buah (Substrat)	Limbah Isi Rumen Sapi (Ko-substrat)	
1	Rasio C/N	37,61	13,09	20-30
2	Kadar Air (%)	55,38	58,46	91-93

Penentuan Komposisi Bahan Isian *Digester*

Berdasarkan hasil uji pendahuluan tersebut, didapatkan bahwa jumlah substrat dan air yang akan dicampurkan sebagai bahan isian pada *digester* kontrol berturut-turut adalah sebanyak 22 liter dan 8 liter, sedangkan jumlah substrat, ko-substrat dan air yang digunakan pada *digester* uji berturut-turut adalah sebanyak 15 liter, 7,1 liter dan 7,9 liter. Volume total bahan isian setiap *digester* adalah 30 liter. Bahan isian yang telah tercampur kemudian diaduk sehingga homogen dan diuji ulang. Pada pengujian ulang, pencampuran bahan isian tersebut menghasilkan nilai rasio C/N dan kadar air seperti ditampilkan pada tabel 2. Setelah dipastikan bahwa rasio C/N dan kadar air campuran bahan isian memenuhi kondisi yang disyaratkan, bahan isian dimasukkan ke dalam masing-masing *digester*.

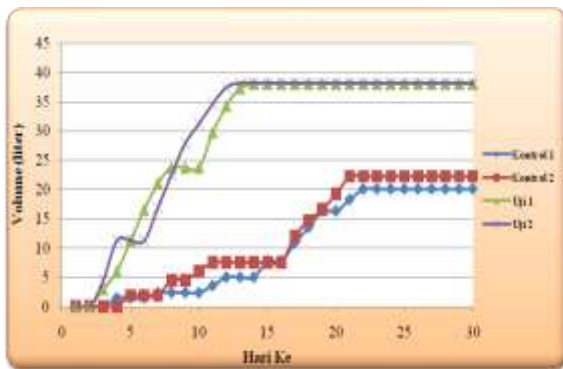
Perbandingan Volume Biogas yang Terbentuk

Perbandingan volume biogas kumulatif yang terbentuk pada *digester* kontrol dan uji dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan adanya perbedaan yang cukup besar antara volume biogas kumulatif yang dihasilkan dari *digester* uji dengan volume biogas kumulatif yang dihasilkan *digester* kontrol.

Tabel 2. Kondisi Awal Bahan Isian *Digester*

<i>Digester</i>	Jenis Bahan Isian	Volume (liter)	Rasio C/N	Kadar Air (%)
Kontrol 1	Substrat (22 l) + Air (8 l)	30	34,39	91,36
Kontrol 2	Substrat (22 l) + Air (8 l)	30	34,07	90,69
Uji 1	Substrat (15 l) + Ko-substrat (7,1 l) + Air (7,9 l)	30	29,76	91,47
Uji 2	Substrat (15 l) + Ko-substrat (7,1 l) + Air (7,9 l)	30	30,51	91,88

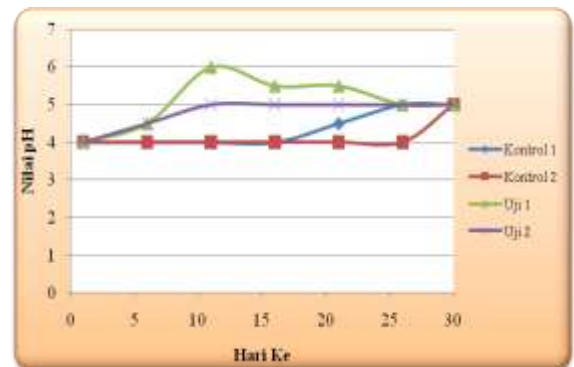


Gambar 1. Grafik Perbandingan Volume Biogas Kumulatif *Digester* Kontrol dan Uji

Volume kumulatif biogas yang dihasilkan *digester* uji lebih besar jumlahnya dibandingkan dengan volume biogas kumulatif yang dihasilkan *digester* kontrol. Rata-rata volume biogas kumulatif *digester* uji adalah 38,13 liter, sedangkan rata-rata volume biogas kumulatif *digester* kontrol adalah 21,20 liter. Berdasarkan perbedaan volume biogas kumulatif ini, dapat disimpulkan bahwa penambahan ko-substrat limbah isi rumen sapi ke dalam substrat sampah sayur dan buah, dapat

meningkatkan volume biogas yang dihasilkan hingga $\pm 28,54\%$ lebih besar daripada pembentukan biogas dari substrat sampah sayur dan buah saja.

Selama ini, yang cenderung digunakan sebagai bahan tambahan dalam proses pembentukan biogas dari sampah organik adalah cairan rumen sapi saja. Pada kenyataannya, penggunaan limbah isi rumen sapi secara keseluruhan sebagai ko-substrat, juga dapat meningkatkan volume biogas yang terbentuk dan sekaligus mempercepat proses pembentukan biogas tersebut. Namun, penambahan limbah isi rumen sapi sebagai ko-substrat sepertinya tidak mempengaruhi nilai pH dan temperatur bahan isian. Hal ini diketahui dari perbandingan nilai pH dan temperatur *digester* kontrol dengan *digester* uji yang tidak terlalu berbeda. Perbandingan nilai pH *digester* kontrol dan *digester* uji ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai pH *Digester* Kontrol dan Uji

Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa proses anaerobik yang terjadi pada *digester* kontrol dan uji sepenuhnya berada dalam kondisi asam. Kondisi ini sulit dihindari karena menurut Siregar (2011), laju reaksi yang melibatkan bakteri pembentuk asam lebih tinggi (cepat) dibandingkan laju

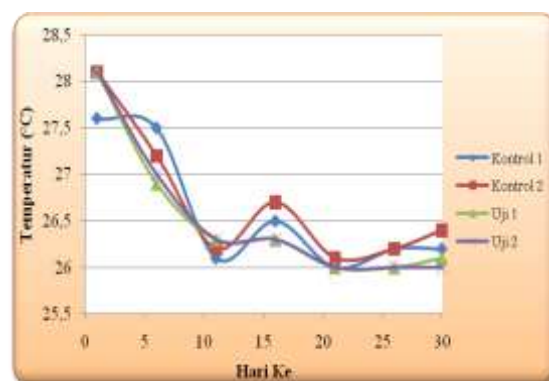
reaksi yang melibatkan bakteri metanogenik.

Ketika *digester* diberi *starter* untuk pertama kalinya, bakteri pembentuk asam akan menghasilkan asam dengan sangat cepat. Populasi metanogenik bisa saja kurang memadai untuk mengonsumsi asam yang dihasilkan sehingga tidak mampu mempertahankan atau mencapai pH netral. Apabila $\text{pH} < 6,5$, maka populasi metanogenik akan mulai mati dan populasi bakteri secara keseluruhan akan semakin tidakimbang (Siregar, 2011).

Hal serupa terjadi pada uji pembentukan biogas ini. Hasil pengamatan pH *digester* kontrol dan uji selama 30 hari pengujian pembentukan biogas menunjukkan kondisi yang asam, dan kenaikan pH yang terjadi hanya mampu mencapai pH 6 (*digester* uji) dan pH 5 (*digester* kontrol). Kondisi ini menunjukkan ketidakmampuan bakteri metanogenik yang ada pada *digester* kontrol dan uji untuk mengonversi semua asam organik dikarenakan laju reaksinya yang lebih lambat dibandingkan laju reaksi bakteri asam (Siregar, 2011). Namun, kondisi proses anaerobik yang asam ini sepertinya kurang terlalu mempengaruhi pembentukan biogas dari *digester* uji. Hal ini disebabkan oleh keberadaan *Methanosarcina sp* dalam limbah isi rumen sapi. Sebaliknya, kondisi proses anaerobik yang asam memberikan pengaruh yang nyata pada pembentukan biogas *digester* kontrol. Hal ini ditunjukkan dengan adanya perbedaan kecepatan produksi biogas dan volume biogas kumulatif antara *digester* kontrol dan uji. Pada *digester* uji biogas sudah terbentuk pada hari ke-3, lebih cepat sehari daripada *digester* kontrol yaitu pada hari ke-4. Produksi biogas *digester* uji

sudah terjadi maksimal pada 15 hari pertama dan tidak terbentuk lagi di 15 hari terakhir, sedangkan pembentukan biogas *digester* kontrol baru maksimal di 15 hari terakhir.

Selain pH, temperatur yang optimal juga menjadi salah satu syarat agar proses anaerobik dapat terjadi dengan cepat dan produksi biogas yang dihasilkan banyak serta berkualitas bagus yang ditandai dengan kadar gas CH_4 yang tinggi. Namun, hal ini tidak mutlak dipengaruhi oleh temperatur saja tapi juga disertai dengan optimalnya faktor-faktor lain yang mempengaruhi pembentukan biogas. Faktor-faktor tersebut diantaranya jenis bahan isian, rasio C/N bahan isian, pH dan beberapa parameter lainnya. Perbandingan temperatur *digester* kontrol dan uji selama 30 hari pengujian pembentukan biogas ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Temperatur *Digester* Kontrol dan Uji

Berdasarkan Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa proses anaerobik yang terjadi pada *digester* kontrol dan uji berada dalam kisaran temperatur 26-28,3°C. Temperatur ini merupakan temperatur yang sesuai dengan kondisi Negara Indonesia yang tropis dan sesuai dengan rentang temperatur Kota Padang yaitu 22-31,7°C

sehingga cukup ideal jika diterapkan di daerah setempat.

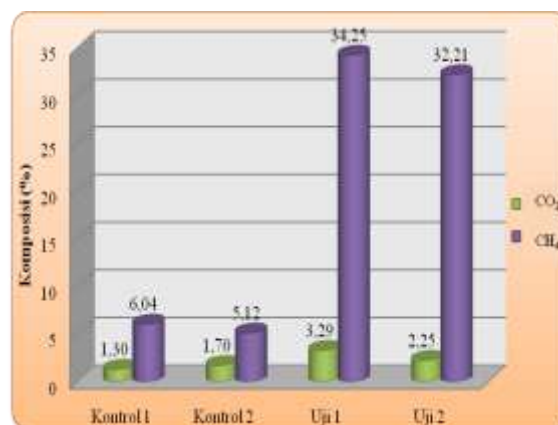
Beberapa literatur memberikan nilai yang bervariasi mengenai rentang temperatur optimum untuk menghasilkan biogas. Lazuardi (2008) menyatakan temperatur yang baik untuk proses pembentukan biogas berada dalam kisaran 20-40°C dan temperatur optimum antara 28-30°C. Deublein & Steinhauser (2008) menyatakan bahwa temperatur ideal untuk proses pembentukan biogas berkisar 32-42°C. Pada pengujian di laboratorium, pembentukan gas CH₄ juga berlangsung pada temperatur yang sangat dingin (hingga di bawah -3°C). Berdasarkan beberapa literatur di atas, dapat disimpulkan bahwa pembentukan biogas bisa berlangsung pada kisaran temperatur -3°C hingga 60°C dan pembentukan biogas akan optimum pada 30-40°C. Akan tetapi, pengaturan temperatur *digester* relatif sulit dilaksanakan (Damanhuri, 2008). Oleh karena itu, penggunaan temperatur lokal dinilai sudah relatif baik untuk menghasilkan biogas.

Perbandingan Komposisi Biogas dengan Uji Kuantitatif

Hasil uji kuantitatif biogas dari *digester* kontrol dan uji menunjukkan perbedaan yang cukup besar. Pada uji kuantitatif yang pertama, kandungan gas CH₄ dan CO₂ biogas *digester* kontrol lebih kecil dibandingkan kandungan gas CH₄ dan CO₂ biogas *digester* uji. Hasil uji kuantitatif yang pertama ditunjukkan pada Gambar 4.

Besarnya rata-rata kandungan gas CH₄ (33,23%) yang terdapat dalam biogas *digester* uji dipengaruhi oleh kondisi ko-substrat limbah isi rumen sapi, yang

diketahui memang sudah mengandung bakteri metanogenik yaitu *Methanosarcina sp.* Kemampuan bakteri tersebut untuk tetap bertahan hidup pada pH asam (pH 5) juga merupakan faktor kunci dalam hal ini.



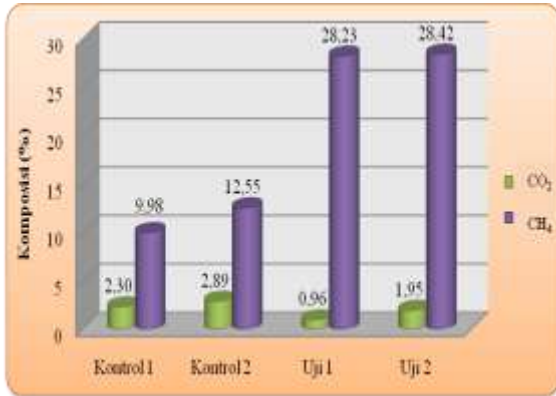
Gambar 4. Perbandingan Hasil Uji Kuantitatif I Biogas *Digester* Kontrol dan Uji

Pada uji kuantitatif yang kedua, kandungan gas CH₄ dan CO₂ biogas *digester* uji mengalami penurunan dibandingkan pada uji kuantitatif yang pertama. Akan tetapi, rata-rata kandungan gas CH₄ biogas *digester* uji (28,32%) tetap lebih besar dibandingkan rata-rata kandungan gas CH₄ biogas *digester* kontrol (11,27%). Sebaliknya, kandungan gas CO₂ biogas *digester* uji lebih kecil (1,45%) daripada kandungan gas CO₂ biogas *digester* kontrol (2,59%). Hasil uji kuantitatif yang kedua ditunjukkan pada Gambar 5.

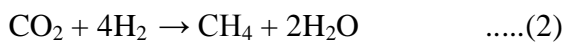
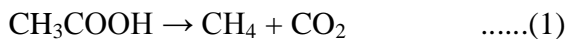
Gas CH₄ diketahui terbentuk sebagai hasil dari aktivitas bakteri metanogenik dalam mengonversi asam asetat (persamaan 1) dan mereduksi CO₂ dengan menggunakan H₂ (persamaan 2). Dalam proses pembentukan gas CH₄ tersebut, akan dihasilkan hasil sampingan yang salah satunya berupa gas CO₂.

Semakin banyak asam asetat yang digunakan oleh bakteri metanogenik, maka

akan semakin besar gas CH₄ yang dihasilkan dan begitu juga dengan gas CO₂. Hal serupa terjadi pada pengujian pembentukan biogas ini



Gambar 5. Perbandingan Hasil Uji Kuantitatif II Biogas *Digester* Kontrol dan Uji



Pada pengujian yang kedua, kandungan gas CH₄ dan CO₂ biogas *digester* uji mengalami penurunan dibandingkan pada pengujian yang pertama. Sebaliknya, kandungan gas CH₄ dan CO₂ biogas *digester* kontrol mengalami peningkatan dibandingkan pada pengujian pertama. Kondisi inilah yang menyebabkan kandungan CO₂ biogas *digester* uji lebih kecil daripada kandungan CO₂ biogas *digester* kontrol pada pengujian kedua.

Pada *digester* kontrol, kandungan gas CH₄ yang dihasilkan pada awal pengujian sangat kecil dan baru meningkat pada 15 hari terakhir. Namun, peningkatan kandungan gas CH₄ ini juga tidak terlalu besar. Ketidakmampuan bakteri metanogenik merombak semua asam-asam organik dalam bahan isian hingga menghasilkan pH netral, menyebabkan bakteri metanogenik tidak bisa bertahan lama-lama dalam *digester* kontrol yang

berada dalam kondisi asam (pH 4-5), sehingga gas CH₄ yang berhasil dihasilkannya juga sedikit.

Adanya perbedaan komposisi biogas antara *digester* kontrol dengan *digester* uji yang tergolong besar ini menunjukkan besarnya pengaruh penambahan ko-substrat limbah isi rumen sapi terhadap substrat sampah sayur dan buah. Penambahan ko-substrat limbah isi rumen sapi ke dalam substrat sampah sayur dan buah, tidak hanya dapat mempercepat dan memperbanyak produksi biogas, tapi juga dapat meningkatkan kandungan gas CH₄ dalam biogas yang dihasilkan.

Perbandingan Komposisi Biogas dengan Uji Kualitatif

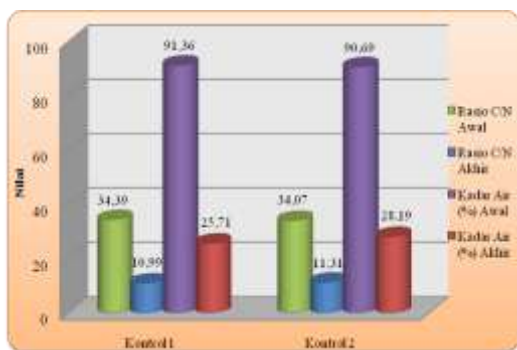
Pada uji kualitatif yang pertama dan kedua biogas *digester* kontrol, dapat diketahui bahwa kualitas gas yang dihasilkan dari kedua *digester* kontrol tergolong sangat rendah. Biogas yang dikeluarkan dari masing-masing *digester* kontrol tidak dapat terbakar, yang berarti bahwa gas CH₄ yang terdapat dalam biogas *digester* kontrol sangat sedikit. Hal ini sesuai dengan hasil uji kuantitatif biogas *digester* kontrol yang menunjukkan kandungan gas CH₄ yang kecil.

Pada uji kualitatif yang pertama dan kedua biogas *digester* uji, biogas dapat langsung terbakar dan menghasilkan warna biru seperti nyala kompor gas, yang menunjukkan kualitas biogas *digester* uji lebih bagus daripada biogas *digester* kontrol. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh perbedaan bahan isian antara *digester* kontrol dan *digester* uji terhadap kandungan gas CH₄ yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil uji kuantitatif, dapat diketahui bahwa kandungan gas CH₄ dalam biogas *digester* uji lebih besar daripada biogas *digester* kontrol. Dengan kata lain, terdapat pengaruh positif dari penambahan limbah isi rumen sapi terhadap kualitas biogas yang dihasilkan.

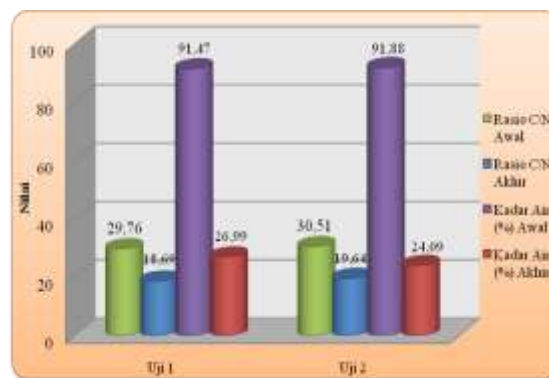
Kondisi Rasio C/N dan Kadar Air Bahan Isian Setelah Fermentasi

Kondisi awal rasio C/N masing-masing *digester* telah berada pada rentang optimum, yaitu 20-30 (Fithry, 2010). Rasio C/N tersebut akan mengalami penurunan setelah proses fermentasi. Gambar 6 dan 7 memperlihatkan perubahan rasio C/N dari masing-masing *digester* setelah proses fermentasi.



Gambar 6. Perubahan Kondisi Bahan Isian *Digester* Kontrol

Nilai rasio C/N dari masing-masing *digester* mengalami penurunan setelah mengalami proses fermentasi selama 30 hari. Hal ini disebabkan oleh unsur karbon dan bahan organik lainnya telah didekomposisi oleh bakteri. Unsur karbon dan bahan organik merupakan makanan pokok bagi bakteri anaerob.



Gambar 7. Perubahan Kondisi Bahan Isian *Digester* Uji

Bakteri yang ada selama proses fermentasi telah menggunakan unsur karbon (C) sebagai energinya dan nitrogen (N) untuk membangun struktur sel tubuhnya (Siallagan, 2010). Hal inilah yang menyebabkan penurunan rasio C/N. Penurunan nilai rasio C/N dapat menyebabkan produksi biogas berhenti karena nilai rasio C/N tersebut tidak lagi dapat membantu bakteri untuk memproduksi biogas (Siallagan, 2010).

Berdasarkan hasil pengujian kondisi akhir bahan isian, maka sisa dari bahan isian yang digunakan pada pengujian pembentukan biogas ini (residu) relatif dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik baik berbentuk padat maupun cair. Rasio C/N yang diizinkan untuk suatu bahan agar bisa menjadi pupuk padat berkisar 12-25 dengan kadar air maksimal 35% (Suriadikarta dkk, 2004), sedangkan untuk pupuk cair harus memiliki pH berkisar 5,5 – 6,5 (SNI 02-4958-1999).

SIMPULAN

Volume biogas kumulatif rata-rata yang dihasilkan dari *digester* kontrol yang berisi substrat sampah sayur dan buah adalah 21,20 liter. Pada pengujian pertama (hari ke-16 pembentukan biogas), kandungan

rata-rata gas CH₄ dan CO₂ dalam biogas *digester* kontrol berturut-turut adalah sebesar 5,58% dan 1,50%. Pada pengujian ke-2 (hari ke-30 pembentukan biogas), kandungan rata-rata gas CH₄ dan CO₂ dalam biogas *digester* kontrol berturut-turut adalah sebesar 11,27% dan 2,59%. Kedua pengujian memperlihatkan bahwa biogas pada *digester* kontrol tidak dapat terbakar;

Volume biogas kumulatif rata-rata yang dihasilkan dari *digester* uji yang berisi substrat sampah sayur dan buah dengan penambahan ko-substrat limbah isi rumen sapi adalah 38,13 liter. Pada uji kuantitatif biogas yang pertama (hari ke-16 pembentukan biogas), kandungan rata-rata gas CH₄ dan CO₂ dalam biogas *digester* uji berturut-turut adalah sebesar 33,23% dan 2,77%. Pada uji kuantitatif biogas yang ke-2 (hari ke-30 pembentukan biogas), kandungan rata-rata gas CH₄ dan CO₂ dalam biogas *digester* uji berturut-turut adalah sebesar 28,32% dan 1,45%. Pada uji kualitatif biogas yang pertama dan kedua, biogas *digester* uji dapat terbakar dan menghasilkan warna nyala biru;

Digester uji menghasilkan biogas dengan volume 79,88% lebih besar dibandingkan *digester* kontrol, sekaligus memperbaiki kualitas biogas dengan volume gas CH₄ 7 kali lebih besar dibandingkan biogas *digester* kontrol. Penambahan ko-substrat limbah isi rumen sapi ke dalam substrat sampah sayur dan buah juga mempercepat waktu yang dibutuhkan untuk pembentukan biogas.

DAFTAR PUSTAKA

Damanhuri, E. 1993. *Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Produksi Gas*

Metan Dari Sampah Dengan Kadar Materi Terbiodegradasi (Biodegradable) Tinggi. Jurnal Teknik Lingkungan No. 2 Vol. 1

Damanhuri, E. 1995. *Teknik Pembuangan Akhir*. Jurusan Teknik Lingkungan, ITB: Bandung

Damanhuri, E. 2008. *Diktat Landfilling Limbah*. Jurusan Teknik Lingkungan, ITB: Bandung

Damanhuri, Enri. 2010. *Pengelolaan Sampah*. Jurusan Teknik Lingkungan, ITB: Bandung

Deublein, Dieter and Angelika Steinhäuser. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources*. Wiley-VHC: Jerman

Fithry, Y. 2010. *Pengaruh Penambahan Cairan Rumen Sapi Pada Pembentukan Biogas dari Sampah Buah Mangga dan Semangka*. Tesis, Program Pasca Sarjana, Universitas Gajah Mada: Yogyakarta

Irawan, D. 2009. *Evaluasi Penambahan Sampah Organik Pada Isi Rumen Sapi Dan Lama Hari Pengamatan Produksi Biogas*. Skripsi, Fakultas Peternakan, Universitas Andalas: Padang

Khair AM, Hafidzul. 2009. *Detail Engineering Design (DED) Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kabupaten Sijunjung*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Universitas Andalas: Padang

Lazuardi, I. 2008. *Rancang Bangun Alat Penghasil Biogas Model Terapung*. Skripsi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara: Medan

Mayasari, H.D. dkk. 2010. *Pembuatan Biodigester Dengan Uji Coba Kotoran Sapi Sebagai Bahan Baku*.

- Laporan Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret: Surakarta
- Nengsih. 2002. *Penggunaan EM4 Dan GT1000-WTA Dalam Pembuatan Pupuk Organik Cair Dan Padat Dari Isi Rumen Limbah RPH*. Skripsi, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor: Bogor
- Ratnaningsih. 2009. *Potensi Pemebentukan Biogas Pada Proses Biodegradasi Campuran Sampah Organik Segar Dan Kotoran Sapi Dalam Batch reaktor Anaerob*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Trisakti: Jakarta
- Siallagan, N.S.R. 2010. *Pengaruh Waktu Tinggal dan Komposisi Bahan Baku pada Proses Fermentasi Limbah Cair Industri Tahu terhadap Produksi Biogas*. Tesis, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara: Medan
- Siregar, R.S 2011. *Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Compressed Natural Gas (CNG) dari Biogas Hasil Fermentasi termofilik Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Kapasitas 45 Ton TBS/Jam*. Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara: Medan
- SNI 02-4958-1999. *Pupuk Cair Sisa Proses Asam Amino (Sipramin)*. Badan Standarisasi Nasional-BSN
- Surawiria, U. *Menuai Biogas Dari Limbah*. Disadur dari Pikiran Rakyat, 7 April 2005
- Suriadikarta, D.A. dkk. 2004. *Petunjuk Teknis Uji Mutu dan Efektivitas Pupuk Alternatif Anorganik*. Balai Penelitian Tanah: Departemen Pertanian
- Susilowati, E. 2009. *Uji Potensi Pemanfaatan Cairan Rumen Sapi Untuk Meningkatkan Kecepatan Produksi Biogas dan Konsentrasi Gas Metan Dalam Biogas*. Tesis, Fakultas Teknik, UGM: Yogyakarta