ANALISIS KINERJA DIGESTER BIOGAS BERDASARKAN PARAMETER OKSIGEN

BIOGAS DIGESTER PERFORMANCE ANALYSIS BASED ON OXYGEN PARAMETER

Pijar Ramanda Meliala[1], Amaliyah Rohsari indah utami[2], Ahmad Qurthobi[3]

[1,2,3]Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

[1]pijarramanda@telkomuniversity.ac.id, [2]amaliyahriu@telkomuniversity.ac.id, [3]ghurthobi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Biogas merupakan salah satu energi alternatif untuk menanggulangi krisis energi. Substrat yang digunakan pada biogas adalah campuran kotoran sapi dan limbah cair tahu. Untuk mewujudkan substrat menjadi biogas secara maksimum, maka diperlukan adanya penelitian tentang analisis kinerja digester biogas berdasarkan parameter gas oksigen. Digester biogas merupakan peran penting dalam proses biogas ini. Digester biogas dikondisikan anaerob, mudah digunakan dan bahan konstruksinya mudah digunakan serta mampu menghantarkan serta menjaga panas dengan baik. Dari hasil penelitian ini dibuat rancang bangun digester biogas anaerob, mudah digunakan dan mampu menghantarkan serta menjaga panas dengan baik. Rancang bangun tersebut dibuat satu tahap (*single stage*) dengan volume 6 liter berbahan *stainless steel.* Pada digester biogas diamati kadar gas oksigen selama 25 hari dengan variasi awal kadar oksigen sebesar 0,2%, 10,7%, 15,7%, 17,8% dan 18,1%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa digester dengan kadar oksigen paling kecil 0,2% menghasilkan konsentrasi metana 62,73% lebih besar dibandingkan keempat variasi lainnya, dikarenakan bakteri pada biogas lebih produktif menghasilkan gas metana pada kondisi anaerob atau kadar oksigen yang kecil. Semakin kecil kadar oksigen pada digester, gas metana yang dihasilkan lebih besar, begitu juga sebaliknya semakin besar kadar oksigen pada digester maka gas metana yang dihasilkan semakin kecil.

Kata kunci : biogas, metana, gas oksigen, kotoran sapi, limbah cair tahu

Abstract

Biogas is one of alternative energy to reduce the energy crisis. A substrate used in biogas is a mixture of cow manure and tofu wastewater. To realize a substrate into biogas in maximum, then there needs to be research on performance based on analysis of the parameters of gaseous oxygen biogas digester. Digester biogas is an important role in the process of biogas this. Biogas conditioned anaerobic digester, easy to use and materials the construction is easy to use and able to send as well as maintaining heat well. From the results of this research made architecture typical analysis for digester biogas anaerobic, easy to use and capable of delivering and keeping the heat very well. The architecture made one stage (Single Stage) with a volume of 6 litres made of stainless steel. On a typical analysis for digester biogas observed levels of oxygen gas for 25 days with an early variation of the oxygen levels of 0,2%,10,7%,15.7%17,8% and 18,1%. The results showed that a typical analysis for digester with very small levels of oxygen 0.2% yield methane concentration 62,73% greater than the four other variations, due to bacteria on biogas methane gas to generate more productive on anaerobic conditions or the less oxygen levels. The less oxygen levels at digester, methane gas produced larger, so also on the other hand the greater levels of oxygen at digester then methane gas produced the less .

Keywords : biogas, methane, oxygen gas, manure, tofu wastewater

1. Pendahuluan

Salah satu energi alternatif yang dapat mengurangi permasalahan lingkungan adalah biogas [1]. Biogas dapat dihasilkan dari limbah rumah tangga, kotoran hewan, kotoran manusia, sampah organik dan sebagainya yang mengalami proses penguraian atau fermentasi oleh mikroorganisme[2]. Komponen utama dalam proses pembuatan biogas yaitu digester. Digester harus dirancang sedemikian rupa agar proses produksi biogas dapat berlangsung dengan baik. Rancangan tersebut memenuhi kriteria sebagai berikut : digester tidak bocor, mudah digunakan dan konstruksi yang digunakan mampu menghantarkan panas dengan baik.

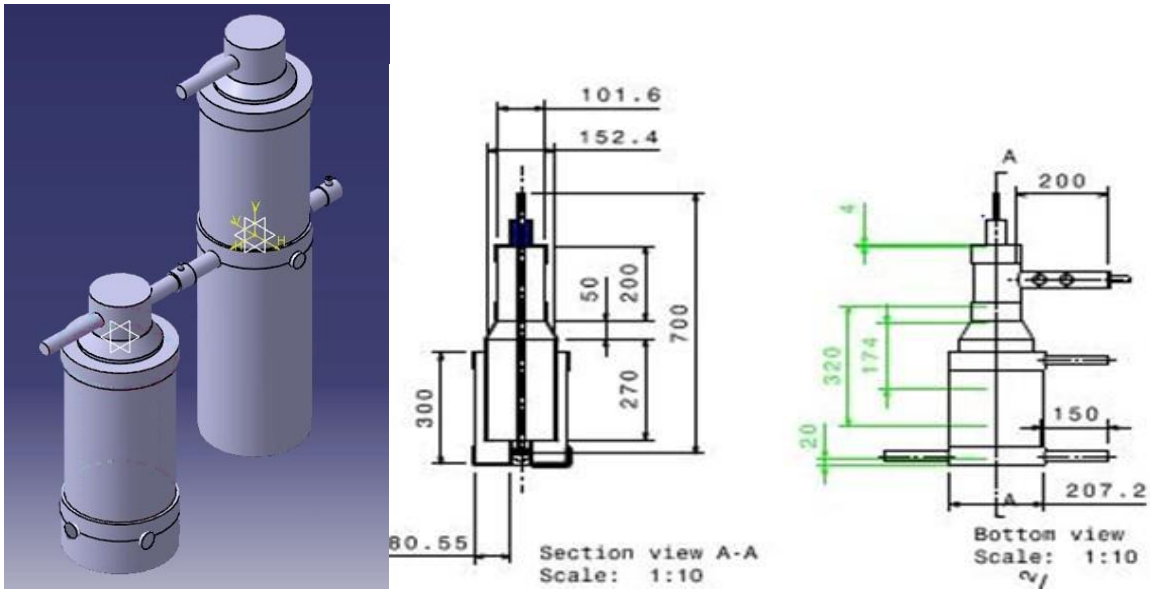
Pada digester biogas terdapat gas-gas yang mempengaruhi gas metana. Salah satu gas yang merupakan kendala dalam proses biogas adalah oksigen. Oksigen tidak diperlukan pada proses biogas karena proses ini menggunakan fermentasi anaerob yang tidak memerlukan oksigen. Semakin besar kadar oksigen pada digester anaerob, akan menghambat produksi gas metana oleh bakteri. Oleh karena itu kadar oksigen yang harus dijaga sampai akhir adalah 0,1%-0,5%.

Pada penelitian ini yang dibahas adalah bagaimana merancang sistem instrumentasi yang memonitor kadar oksigen pada digester biogas *anaerob* dan bagaimana pengaruh gas oksigen terhadap produktivitas gas metana pada biogas. Pengamatan dilakukan pada 5 variasi awal kadar oksigen didalam digester selama 25 hari dan yang diamati adalah kadar oksigen dan konsentrasi metana dalam kondisi *anaerob*.

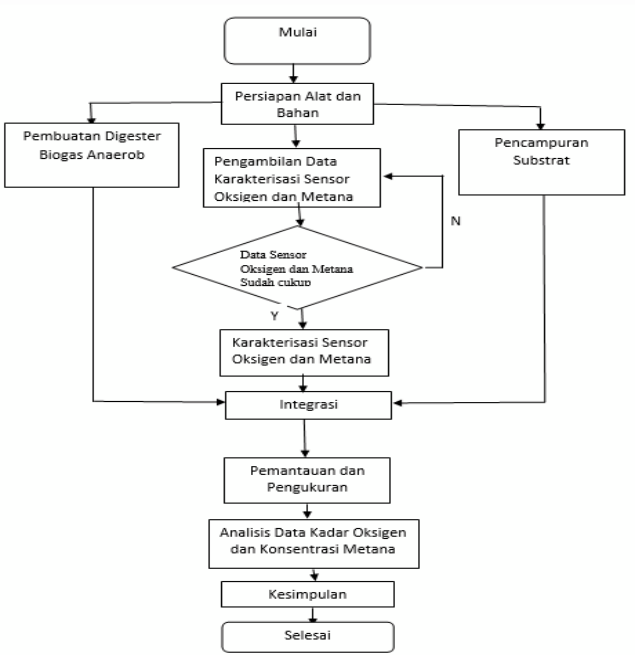
2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Perancangan Sistem

Pada sistem biogas ini dibangun 3 digester sederhana dengan waktu tinjau 25 hari. Ketiga digester tersebut dibuat dengan variasi kondisi awal kadar oksigen sebesar 0,2%, 10,7%, 15,7%, 17,8% dan 18,1% Pada awal penelitian gas oksigen dikondisikan dengan memasukkan gas nitrogen pada digester. Variasi kondisi awal kadar oksigen pada digester dibuat dengan tujuan untuk melihat pengaruh kadar oksigen terhadap produktivitas gas metana biogas. Pengamatan dilakukan terhadap konsentrasi oksigen dan gas yang dihasilkan, setelah itu data dikumpulkan yang berasal dari dua digester tersebut, dan dianalisis hasilnya sampai akhirnya didapatkan kesimpulan. Pembuatan digester disesuaikan dengan kebutuhan penelitian skala laboratorium yaitu 6 liter dengan dimensi digester anaerob berbentuk silinder memiliki ukuran diameter 15,24 x 10^{-2} meter, tinggi 0,33 meter, sedangkan tandon gas menggunakan balon karet. Pemilihan dimensi tersebut didasarkan pada ketersediaan bahan dasar pembuat digester di lapangan dengan menggunakan PVC. Pada sisi luar dilengkapi dengan pengondisi temperatur dan thermal jacket.



Gambar 1 Rancangan Digester Anaerob 3 Dimensi



Gambar 2 Diagram Alir Rancang Bangun Kontrol Oksigen Digester Biogas

Pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran konsentrasi oksigen dan kadar metana selama 25 hari. dalam digester anaerob. Setelah data diambil dari digester, kemudian data diolah dan diambil kesimpulan tentang pengaruh oksigen pada produksi biogas.

3. Pembahasan

3.1 Kinerja Digester Biogas

Pada proses biogas menggunakan fermentasi *anaerob* (tanpa oksigen) sehingga digester yang digunakan dibuat tidak bocor. Selain itu, digester yang dibuat juga mudah digunakan dan konstruksi digester dapat menghantarkan serta menjaga panas yang baik dengan menggunakan bahan *stainless steel*. Untuk dinding dalam digester digunakan bahan *stainless steel* karena termasuk konduktor yang mudah digunakan, tahan karat, ketersediaan bahannya ada dipasaran dan lebih ekonomis. *Stainless steel* termasuk konduktor yang baik dengan nilai kalor konduksi 4,59 kW. Digester yang telah dibuat dengan ukuran volume 6 liter dengan dimensi digester *anaerob* berbentuk tabung dengan diameter 15,24 x 10^{-2} meter, tinggi 0,33 meter. Sedangkan untuk penampung gas menggunakan balon karet.

Gambar 3.1 Realisasi Digester Biogas.

3.2 Karakterisasi Substrat

Pada saat fermentasi, bakteri membutuhkan karbon dan nitrogen. Karbon digunakan sebagai energi dan nitrogen dibutuhkan oleh bakteri untuk kelangsungan pertumbuhan bakteri. Maka dari itu rasio C/N yang optimal adalah 25-30[3]. Maka dari itu dilakukan karakterisasi terhadap substrat yang dilakukan di Laboratorium Buangan Padat dan B3 Labtek IX C Institut Teknologi Bandung.

Tabel 3.1 Kadar C/N Substrat

Substrat	Rasio C (%)	Rasio N (%)	Rasio C/N (%)
Kotoran Sapi dan Limbah Cair tahu	37,09	0,49	75,69

Rasio C/N campuran kotoran sapi dan limbah cair tahu sebesar 75,69. Nilai rasio C/N tersebut melewati nilai batas optimal rasio C/N biogas. Jika rasio C/N terlalu tinggi, maka Nitrogen akan terkonsumsi sangat cepat oleh bakteri metanogen untuk memenuhi kebutuhan protein dan tidak akan bereaksi dengan sisa karbonnya sehingga menyebabkan produktivitas metana akan rendah[4].

Nilai rasio C/N substrat yang tinggi disebabkan pada kotoran sapi dicampurkan dengan limbah cair tahu yang bersifat asam. Sehingga substrat campuran kotoran sapi dan limbah cair tahu menjadi asam dan mengakibatkan rasio C/N meningkat. Untuk mengatasi rasio C/N yang tinggi maka substrat diberi kapur yang bersifat basa agar ph substrat lebih stabil. Sehingga dengan ph stabil antara 6,5-7 [5] dapat mengoptimalkan rasio C/N substrat sehingga produktivitas gas metana yang dihasilkan lebih optimal.

3.3 Pengambilan Data

Pada ketiga digeser diamati kadar oksigen dengan menggunakan sensor oksigen KE50 dan *oxygen meter* DO5510. Ketiga digester tersebut diproleh data produktivitas metana, suhu, kadar oksigen, dan pH substrat. Pengambilan data kadar oksigen menggunakan sensor oksigen KE50 dan *oxygen meter* DO5510. Pada hari pertama masing-masing digester dikondisikan dengan variasi kadar oksigen sebesar 0,2%, 10,7%, 15,7%, 17,8% dan 18,1%. selanjutnya data kadar oksigen pada ketiga digester diamati setiap hari.

Pengambilan data dilakukan sebanyak 25 hari di Laboratorium Biomassa Universitas Telkom. Data utama yang diambil dari kedua reaktor *anaerob* skala laboratorium adalah konsentrasi gas oksigen, konsentrasi gas metana dan data pendukung dari penelitian sebelumnya seperti pH, suhu substrat. Pengambilan data dilakukan secara kontinu setiap harinya pada pukul 09.00 menggunakan sensor Oksigen KE50, oxygen meter DO5510 dan TGS2611. Khusus pengambilan data gas metana dilakukan uji kromatografi gas di Laboratorium Metode Perancangan dan Pengendalian proses, Fakultas Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung pada hari ke 1,3,5,8,10,12,15,17,19,21,23, 25 untuk kadar oksigen 10,7%, 15,7%, 18,1% dan hari ke 3,6,10,14,18,21,25 untuk kadar oksigen 0,2% dan 17,8%.

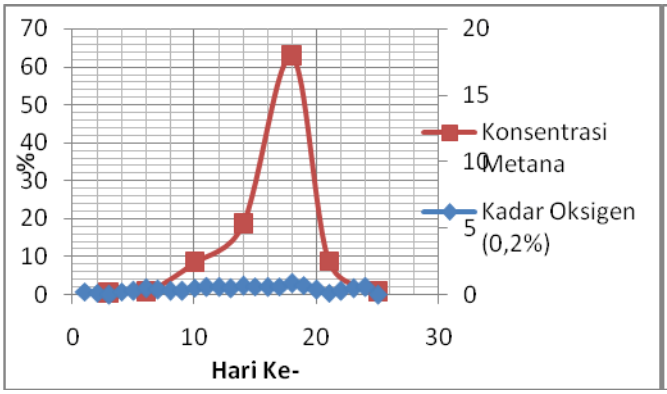
3.3.1 Pengaruh Kadar Oksigen Digester Biogas terhadap Produktivitas Gas Metana

Kadar oksigen mempengaruhi produktivitas metana dalam biogas. Di dalam digester dikondisikan *anaerob* agar bakteri dapat bekerja optimal. Pada penelitian ini dikondisikan kadar oksigen pada digester dengan variasi awal kadar oksigen sebesar 0,2%, 10,7%, 15,7%, 17,8% dan 18,1% dengan menggunakan gas nitrogen untuk mengatur variasi awal kadar oksigen. Variasi awal kadar oksigen dibuat untuk melihat pengaruh kadar oksigen terhadap produktivitas gas metana pada biogas. Dapat dilihat seperti gambar 3.2 kadar oksigen pada ketiga digester.

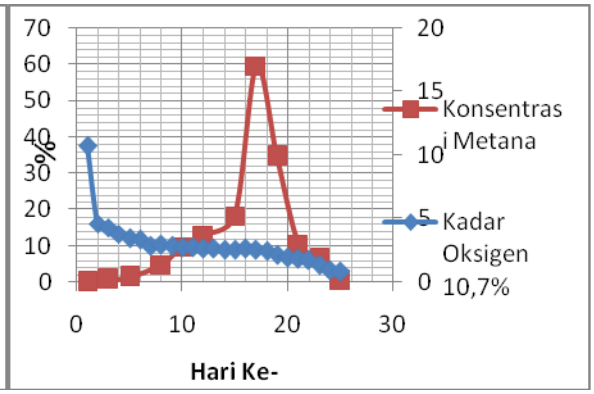
Digester dengan kondisi awal kadar oksigen sebesar 0,2% memiliki rata-rata kadar oksigen sebesar 0,4% relatif stabil sampai hari ke 25 dengan konsentrasi metana maksimal sebesar 62,73% pada hari ke 18. Pada digester dengan kondisi awal kadar oksigen sebesar 10,7% memiliki rata-rata kadar oksigen sebesar 2,9% dengan kadar oksigen pada digester tersebut relatif menurun sampai hari ke 25 dengan konsentrasi metana maksimal sebesar 59,5% pada hari ke 17. Untuk digester dengan kondisi awal kadar oksigen sebesar 15,7% memiliki rata-rata kadar oksigen sebesar 4,2%, konsentrasi metana terbesar yang dihasilkan digester ini sebesar 52,42% pada hari ke 17.

Digester dengan kadar oksigen awal sebesar 17,8% memiliki rata-rata kadar oksigen sebesar 7,5% dengan konsentrasi metana maksimal sebesar 43,97% pada hari ke 18. Digester dengan kondisi awal kadar oksigen sebesar 18,1 % memiliki rata-rata kadar oksigen sebesar 8,2% sampai hari terakhir, digester tersebut menghasilkan konsentrasi metana maksimal sebesar 35,18% pada hari ke 17. Hari dimana menghasilkan gas metana maksimal pada hari ke 17 dan ke 18 pada proses penelitian. Hari dimana konsentrasi metana terbesar dihasilkan tidak dipengaruhi dengan kadar oksigen pada digester. Kadar oksigen pada digester dikondisikan pada awal penelitian dengan menggunakan gas nitrogen. Gas nitrogen dimasukkan ke dalam digester dan mendorong gas oksigen keluar karena gas nitrogen merupakan gas inert atau sulit bereaksi [6].

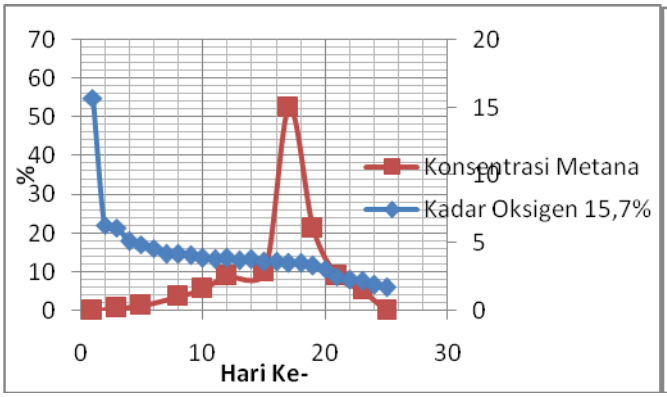
Digester yang memiliki kadar oksigen paling kecil sebesar 0,2% menghasilkan konsentrasi metana lebih besar dibandingkan keempat variasi lainnya dikarenakan bakteri pada biogas lebih produktif pada kondisi anaerob. Konsentrasi metana paling besar dihasilkan pada hari ke 17 atau hari ke 18. Pada hari pertama konsentrasi metana cenderung tidak ada, konsentrasi metana cenderung naik setelah itu sampai hari ke 15, dan pada hari ke 15 mengalami kenaikan signifikan sampai hari ke 17 atau ke 18 dan mengalami penurunan pada hari ke 19 secara perlahan sampai hari ke 25. Dalam penelitian ini dijaga temperatur dan pH stabil, yang mengalami perubahan hanya kadar oksigen dan konsentrasi metana untuk melihat hubungan kadar oksigen dan konsentrasi metana tersebut. Semakin kecil kadar oksigen, gas metana yang dihasilkan lebih optimal. Begitu juga sebaliknya semakin besar kadar oksigen gas metana yang dihasilkan lebih kecil karena bakteri produktif pada kondisi anaerob.



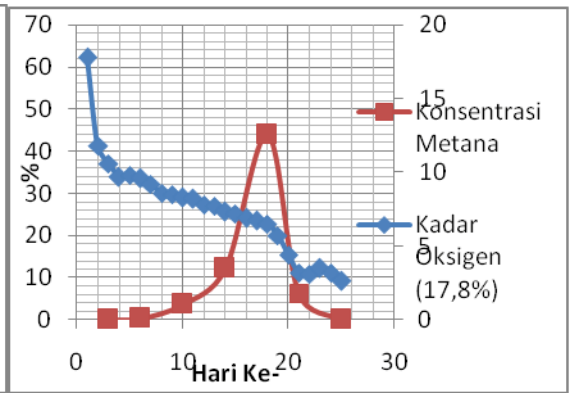
(a) Digester Dengan Kadar Oksigen 0,2%



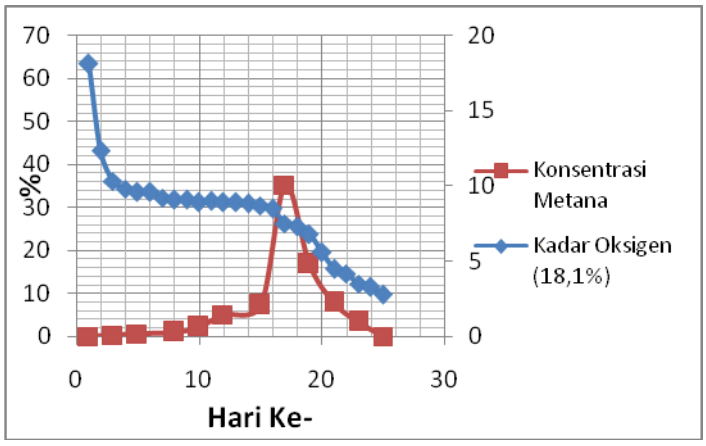
(b) Digester Dengan Kadar Oksigen 10,7%



(c) Digester Dengan Kadar Oksigen 15,7%



(d) Digester Dengan Kadar Oksigen 17,8%



(d) Digester Dengan Kadar Oksigen 18,1%

Gambar 3 Grafik Hubungan Kadar Oksigen terhadap Konsentrasi Metana

Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari hasil Berdasarkan penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini dapat disimpulkan yaitu :

1. Dirancang bangun sistem instrumentasi untuk memonitor kadar oksigen dengan menggunakan sensor oksigen KE50 dan *oxygen meter* DO5510. Pada sensor oksigen KE50 dikarakterisasi dengan menggunakan tiesto di Balai Keselamatan Kerja Bandung, didapatkan pada sensor pertama memiliki persamaan trendline linier y=36,81x+0,725 dengar rata-rata 0,2 dan sensor kedua memiliki persaman trendline linier y=36,1x+0,668 dengan eror rata-rata sebesar 2,8 dimana sumbu y=kadar oksigen(%) dan x=tegangan(v). Setelah itu dikalibrasi dengan menggunakan *oxygen meter* DO5510. Didapatkan hasil pada sensor pertama memiliki persamaan trendline linier y=0,9727x + 0,2437 dengan eror rata-rata kadar oksigen sebesar 0,08 dan untuk sensor kedua memiliki persaman trendline linier y=0,9982x + 2,7877 dengan eror rata-rata kadar oksigen sebersar 0,1 dimana sumbu y=O_2 sensor (%) dan x=O_2 kalibrator(%).
2. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh kadar oksigen terhadap produktivitas gas metana adalah :

a. Luas produksi metana terbesar pada kadar oksigen 0,2% sebesar 361,15% sedangkan luas produksi metana terkecil pada kadar oksigen 18,1% sebesar 167,66%**.** Sehingga diperoleh informasi bahwa semakin kecil kadar oksigen, bakteri pada biogas lebih produktif menghasilkan gas metana dibandingkan dengan kadar oksigen lebih besar. begitu juga sebaliknya semakin besar kadar okigen maka gas metana yang dihasilkan semakin kecil.

b. Hari dimana konsentrasi metana maksimal dihasilkan tidak dipengaruhi dengan kadar oksigen pada digester karena pada penelitian dari kelima variasi kadar oksigen konsentrasi metana terbesar sama-sama dihasilkan pada hari ke 17 dan ke 18.

c. Konsentrasi maksimal metana sebesar 62,73% pada kadar oksigen 0,2% dan konsentrasi terkecil metana sebesar 35,17% pada kadar oksigen 18,1%. Sehingga didapatkan informasi bahwa konsentrasi metana yang dihasilkan paling besar pada saat kadar oksigen kecil, semakin kecil kadar oksigen, gas metana yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan kadar oksigen lebih besar.

4.2 Saran

Untuk menghasilkan gas metana yang lebih optimal, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan :

1. Untuk sistem kontrol oksigen sebaiknya menggunakan telemetri untuk mempermudah mengontrol kadar oksigen pada digester.
2. Pada sistem kontrol sebaiknya dibuat *data logger* sehingga data terbaca secara *real time.*

Daftar Pustaka :

[1] Wahyuni, S. 2011. Biogas Energi Terbarukan Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan, Kongres Ilmu Pengetahuan Nasional, Jakarta.

[2] Imam, S. 2010. Potensi Limbah Tahu Sebagai Biogas, Universitas Indonesia, Jakarta.

[3] Hartono,R. 2009. Produksi Biogas dari Jerami Padi dengan Penambahan Kotoran Kerbau. Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia 2009. Bandung.

[4] Ludifia, dkk. 2012. Pengaruh Jenis Kotoran Ternak sebagai Substrat dengan Penambahan Serasah Daun Jati terhadap Produksi Biogas sebagai Proses Fermentasi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
[5] Trisno, dkk. 2010. Produksi Biogas dari Campuran Feses Sapi dan Ampas Tebu (Baggase) dengan Rasio C/N yang Berbeda. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
[6] 16. Fessenden. 1989. Kimia Organik Jilid I, Edisi ke 3. Erlangga. Jakarta.