

PENGARUH PENGADUKAN DAN VARIASI *FEEDING* PADA SAMPAH DAPUR RUMAH MAKAN TERHADAP LAJU PRODUKSI BIOGAS DENGAN PENAMBAHAN RUMEN SAPI (*BOS TAURUS*) SEBAGAI AKTIVATOR

Irawati, M. D. F., Sudarno^{*)}, Hadiwidodo, M^{*)}

* Dosen Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro

ABSTRACT

In the increasing of human necessity for energy, renewable resources will be needed to replace the role of fossil fuels which was limited. One of the alternative energy which it could be selected is biogas. Biogas is a gas which is formed from organic material reshuffle in anaerobic condition. One of the material which it could be produced into biogas is domestic garbage which has a high organic matter content. Stirring treatments and feeding could be increase the production of biogas. This study used 2 large reactors and 3 small reactors. The amount of waste for each large reactor waste is 2.5 kg of wastes, 1.3 L cow's rumen, and 12.3 L additional water. The first reactor used a batch system, whereas the second reactor used a semi-continuous system. It takes 32 days to observed of biogas production. Overall, the volume of biogas which is obtained from the second reactor is greater than the first reactor. The volume which is resulted from the second reactor is 9.29 L, whereas from the first reactor is 8.38 L. Additional sample in variation of feeding is 60 grams for 2a reactor, 180 grams for 2b reactor, and 240 grams for 2c reactor. The results which is obtained from the feeding variation showed that the volume of biogas which produced by 2c reactor is greater than 2a and 2b reactor, 2c reactor obtained 337 ml, 2a reactor obtained 233 ml, and 2b reactor obtained 313 ml.

Keywords : biogas, domestic garbage, stirring , variations of feeding

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Salah satu permasalahan serius yang dihadapi oleh kota-kota besar dan harus dipecahkan serta dicarikan jalan keluarnya pada saat ini adalah masalah sampah rumah tangga. Tidak hanya sampah anorganik, sampah organik pun sangat mengganggu lingkungan apabila tidak dikelola. Sampah organik yang membusuk dapat menyebabkan timbulnya bau yang tidak sedap terhadap lingkungan dan secara estetika tidak sedap dipandang. Untuk mengurangi berbagai dampak merugikan dari keberadaan sampah organik tersebut, upaya alternatif yang dapat dilakukan ialah memanfaatkannya serta mengonversi gas yang terkandung di dalam sampah organik, salah satunya ialah gas metana (CH₄) menjadi biogas, sehingga mampu digunakan

sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak tanah dan elpiji untuk rumah tangga.

Seperti yang kita ketahui beberapa tahun terakhir ini energi merupakan persoalan yang krusial di dunia. Peningkatan permintaan energi yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk dan menipisnya sumber cadangan minyak dunia serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil memberikan tekanan kepada setiap negara untuk segera memproduksi dan menggunakan energi terbarukan (*renewable resource*). Pemerintah telah menerbitkan Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak. Salah satu sumber energi terbarukan dan menjadi alternatif tersebut adalah biogas.

Biogas adalah hasil proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa udara (anaerob) mampu menghasilkan gas-gas seperti CH₄, CO₂, H₂S, nitrogen, dan hidrogen. Dimana CH₄ memiliki nilai kalor/panas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Dekomposisi anaerob menghasilkan biogas yang terdiri dari metana (50 – 70%), karbondioksida (25 – 45%) dan sejumlah kecil hidrogen, nitrogen, hydrogen sulfide (Price dan Cheremisinoff, 1981).

Teknologi biogas ini sangat sederhana, karena itu bisa dibuat dan dimanfaatkan oleh siapa saja dan dimana saja. Disamping itu pembuatannya pun tidak sulit. Dengan demikian kita dapat memanfaatkan potensi sampah dapur rumah makan yang merupakan sampah organik sebagai penghasil biogas. Seperti yang diketahui bahwa biogas mempunyai berbagai manfaat, diantaranya sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak, mengurangi polusi, serta ikut menjaga kesehatan lingkungan.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh pengadukan terhadap laju produksi biogas dari sampah dapur rumah makan yang ditambahkan dengan rumen sapi (*Bos Taurus*) sebagai aktivator.
2. Menganalisis laju produksi biogas dari sampah dapur rumah makan yang ditambahkan dengan rumen sapi (*Bos Taurus*) sebagai aktivator pada tahap awal (*start up*) sistem *batch* dan aliran kontinyu.
3. Menganalisis laju produksi biogas dari sampah dapur rumah makan yang ditambahkan dengan rumen sapi (*Bos Taurus*) sebagai aktivator pada saat terjadi penambahan jumlah sampah (*feeding*).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan bersifat eksperimen dengan memanfaatkan sampah dari dapur rumah makan di jalan Sirojudin, Tembalang, Semarang. Dalam pelaksanaannya ditambahkan rumen sapi (*Bos Taurus*) ke dalam sampel sebagai aktivator dan dilakukan variasi pengadukan serta variasi *feeding* (penambahan jumlah sampah).

Penelitian ini terbagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan penelitian dan tahap analisis data. Tahap persiapan meliputi persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Kemudian dilanjutkan dengan tahap pelaksanaan penelitian yaitu tahap dimulainya penelitian. Penelitian ini dilakukan selama 32 hari dengan melakukan pengujian parameter COD, temperatur (suhu), pH dan produksi biogas yang dihasilkan. Setelah data hasil pengujian di laboratorium diperoleh selanjutnya dilakukan tahap analisis data. Tahap analisis data yaitu tahap yang terdiri dari pengolahan data, analisis data, pembahasan serta membuat kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah

Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah rumah makan terdiri dari sisa nasi, sayuran, dan ikan dengan rumen sapi sebagai aktivator. Karakteristik dari limbah serta rumen sapi yang digunakan disajikan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1

Karakteristik Sampah Dan Rumen Sapi

Jenis	Temperatur (°C)	pH	COD (mg/l)	Rasio C/N
Sampah	28	4,61	6820	10,55
Rumen Sapi	28	6,57	-	-

Berdasarkan tabel 4.1 menunjukkan bahwa temperatur sampah maupun rumen sapi adalah 28°C. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa temperatur sampah maupun rumen sapi berada pada suhu ruang yang baik untuk perkembangan bakteri anaerob. terdapat dua kisaran temperatur yang terdapat pada produksi metan, yaitu mesofilik (25 - 44°C) dan termofilik (50 - 65°C) (Hobson et al., 1984).

Berdasarkan pengukuran pH sampah diperoleh hasil yakni 4,61. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pH sampah bersifat asam. Hal ini dikarenakan sampah yang digunakan merupakan sampah pada hari sebelumnya. Sehingga kondisi sampah sudah mengalami proses fermentasi terlebih dahulu. Sedangkan untuk rumen sapi yang digunakan memiliki pH 6,57. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pH rumen sapi ini baik untuk pertumbuhan bakteri pada proses anaerobik. pH pada proses anaerobik yang ideal berjalan sekitar 6,5 – 7,6 (Rittman dan McCarty, 2001).

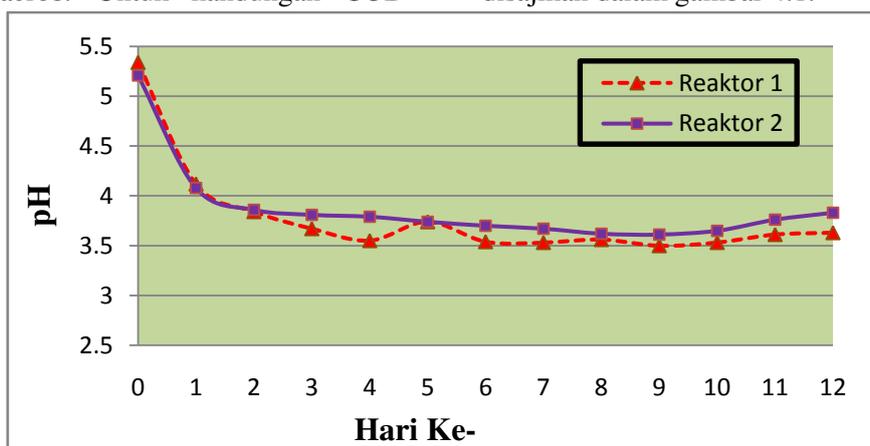
Analisis COD ini dilakukan untuk mengetahui sifat biodegradabilitas limbah organik. Bila limbah bersifat biodegradable dengan konsentrasi yang cukup tinggi (lebih dari 1000 mg/l), maka dapat dilakukan proses anaerob. Untuk kandungan COD

sampah adalah 6820 mg/l. Sehingga hal ini menunjukkan sampah dapat diolah secara anaerob.

Analisis rasio C/N dilakukan untuk mengetahui jumlah nutrisi yang tersedia untuk perkembangbiakan mikroorganismenya. Rasio C/N sampel menunjukkan hasil 10,55. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rasio C/N sampel terlalu rendah. Kisaran rasio C/N yang optimal menurut Deublein *et al.*, (2008) adalah 16:1 – 25:1. Sampel dengan rasio C/N yang terlalu rendah akan mengakibatkan peningkatan kadar ammonia yang dapat menghambat produksi metana. Oleh karena itu diperlukan keseimbangan rasio C/N agar produksi gas lebih optimal. Keseimbangan rasio C/N dilakukan dengan melakukan penambahan bahan yang memiliki unsur C organik yang tinggi.

Pengaruh Pengadukan Terhadap Pembentukan Biogas

Pada tahap ini penelitian dilakukan dengan sistem *batch*, yakni membandingkan laju pembentukan biogas dari reaktor 1 dan 2. Pada reaktor 1 dilakukan pengadukan, sedangkan reaktor 2 tanpa pengadukan. Hasil pengukuran pH pada reaktor 1 dan 2 dengan sistem *batch* di setiap harinya disajikan dalam gambar 4.1.



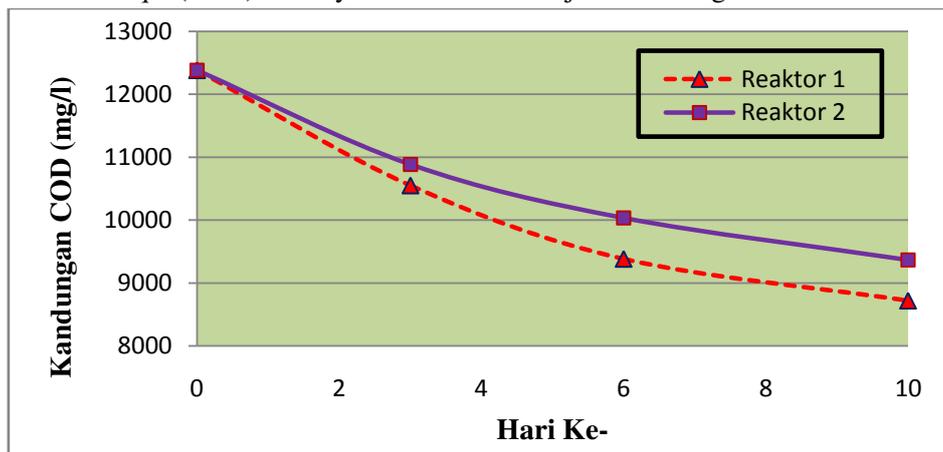
Gambar 4.1
Grafik Fluktuasi pH Pada Reaktor 1 Dan 2 Dengan Sistem *Batch*

Berdasarkan gambar 4.1 diketahui bahwa pH awal reaktor 1 adalah 5,34 kemudian pada hari ke-1 dan ke-2 terjadi penurunan pH secara signifikan hingga 3,84. Hal yang sama juga terjadi pada reaktor 2, dimana pH awalnya adalah 5,21 kemudian terjadi penurunan nilai pH secara signifikan pada hari ke-1 dan ke-2 hingga 3,86. Hasil pengukuran pH tersebut menunjukkan bahwa kondisi sampel dalam reaktor 1 maupun reaktor 2 berada pada kondisi asam. Hal ini memungkinkan terjadi karena sedang berlangsung proses asidifikasi dalam mendekomposisi bahan organik yang terdapat dalam sampel. Proses dekomposisi terhadap bahan organik menghasilkan asam-asam organik dalam bentuk yang lebih sederhana berupa asam asetat, butirat, dan asam-asam organik lainnya oleh bakteri asidogen. El haq (2010) menyebutkan

bahwa penurunan pH sampai mencapai terendah (asam) menunjukkan bahwa sedang terjadi proses asidifikasi dalam proses dekomposisi bahan organik. Proses dekomposisi ini mengubah bahan organik menjadi bentuk-bentuk yang lebih sederhana berupa asam asetat, asam butirat, asam propionat, dll.

Gambar 4.1 juga menunjukkan bahwa performa pH pada reaktor 2 lebih stabil jika dibandingkan dengan reaktor 1. Hal ini dimungkinkan karena pada reaktor 1 dilakukan pengadukan, sehingga sebaran substrat dan bakteri fermentasi dapat tercampur secara homogen dan proses fermentasi substrat pun dapat terjadi secara merata.

Hasil pengukuran kandungan COD pada reaktor 1 dan 2 dengan sistem *batch* disajikan dalam gambar 4.2.



Gambar 4.2
Grafik Penyisihan Kandungan COD Pada Reaktor 1 Dan 2 Dengan Sistem *Batch*

Berdasarkan gambar 4.2 diketahui bahwa kandungan COD awal untuk reaktor 1 dan 2 adalah 12383,33 mg/l. Kemudian terjadi penurunan kandungan COD cukup signifikan di reaktor 1 pada hari ke-3, yaitu 10550 mg/l. Hal yang sama juga terjadi pada reaktor 2, dimana terjadi penurunan kandungan COD cukup signifikan pada hari ke-3, yaitu 10883,33 mg/l. Kemudian pada reaktor 1 dan 2 secara terus menerus

mengalami penurunan hingga hari ke-10, pada reaktor 1 turun hingga 8716,67 mg/l dan reaktor 2 turun hingga 9366,67 mg/l. Penurunan kandungan COD pada reaktor 1 dan 2 menunjukkan bahwa tahap hidrolisis sedang berlangsung. Dimana penurunan COD juga berarti bahwa penurunan bahan organik yang menandakan adanya pengurangan/ penguraian bahan organik dan dikonversi untuk produksi total biogas.

Gambar 4.2 juga menunjukkan bahwa performa penurunan kandungan COD pada reaktor 1 lebih baik jika dibandingkan dengan reaktor 2. Hal tersebut dikarenakan pada reaktor 1 dilakukan pengadukan di setiap harinya, sehingga bakteri pengurai dapat tercampur secara homogen dengan substrat dan proses hidrolisis substrat pun dapat berlangsung lebih merata dan optimal. Sedangkan pada reaktor 2 tidak dilakukan pengadukan, sehingga proses hidrolisis substrat berlangsung kurang optimal. Polprasert, (1989) menyebutkan bahwa penurunan COD pada reaktor dengan pengadukan relatif lebih besar dari pada reaktor yang lain karena dengan pengadukan membuat kemungkinan terjadinya kontak antara mikroorganisme dengan nutrisi menjadi lebih besar.

Pengukuran volume biogas dilakukan setiap hari dengan metode Manometer U. Manometer U digunakan untuk mengukur

beda tinggi antara tingkat tekanan di suatu titik dan tekanan atmosfer (Munson et al., 2002). Kemudian hasil beda tinggi yang diperoleh tersebut dikonversikan menjadi volume biogas dengan menggunakan Persamaan Hukum Boyle. Persamaan Hukum Boyle dapat dilihat pada persamaan 4.1.

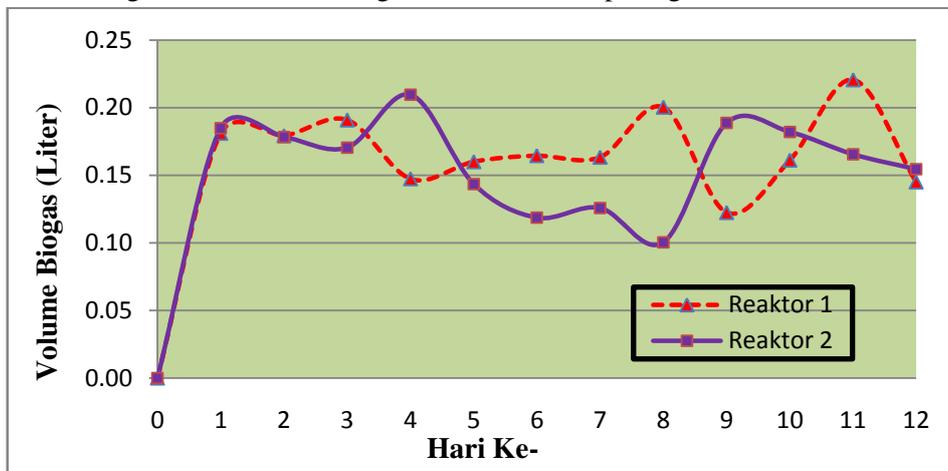
$$P_1 \times V_1 = P_2 \times (V_2 - V_1) \dots \dots \dots \text{Pers 4.1}$$

$$(P_1 + \rho g h) \times V_1 = P_2 \times (V_2 - V_1)$$

Keterangan:

- P_1, P_2 : Tekanan gas (1 atm = 101.325 Pa)
- V_1 : Volume sisa ruang gas pada reaktor (L)
- V_2 : Volume biogas yang dicari (L)
- ρ : Massa jenis air (kg/m^3)
- g : Gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
- h : Beda tinggi (meter)

Hasil volume biogas pada reaktor 1 dan 2 dengan sistem *batch* setelah dimasukkan ke dalam persamaan 4.1 dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3
Grafik Volume Biogas Pada Reaktor 1 Dan 2 Dengan Sistem *Batch*

Berdasarkan gambar 4.3 diketahui bahwa produksi biogas pada reaktor 1 dan reaktor 2 relatif stabil, meskipun terjadi kenaikan dan penurunan volume biogas. Volume biogas reaktor 1 dan 2 pada hari ke-1 adalah 0,18 liter. Kemudian terjadi kenaikan dan penurunan volume biogas hingga hari ke-12. Volume biogas

maksimum pada reaktor 1 terbentuk pada hari ke-11, yaitu sebesar 0,22 liter. Sedangkan volume biogas maksimum pada reaktor 2 terbentuk pada hari ke-4, yaitu sebesar 0,21 liter. Laju kenaikan dan penurunan produksi biogas pada reaktor 1 dan 2 ini dimungkinkan akibat proses anaerob yang sangat tergantung oleh

aktivitas mikroorganisme dan rentan terhadap terjadinya fluktuasi kondisi lingkungan. Hernandez Berriel, *et al.*, (2008) menyebutkan bahwa faktor primer yang mempengaruhi pembentukan biogas adalah komposisi substrat, keasaman (pH), suhu, dan kelembaban.

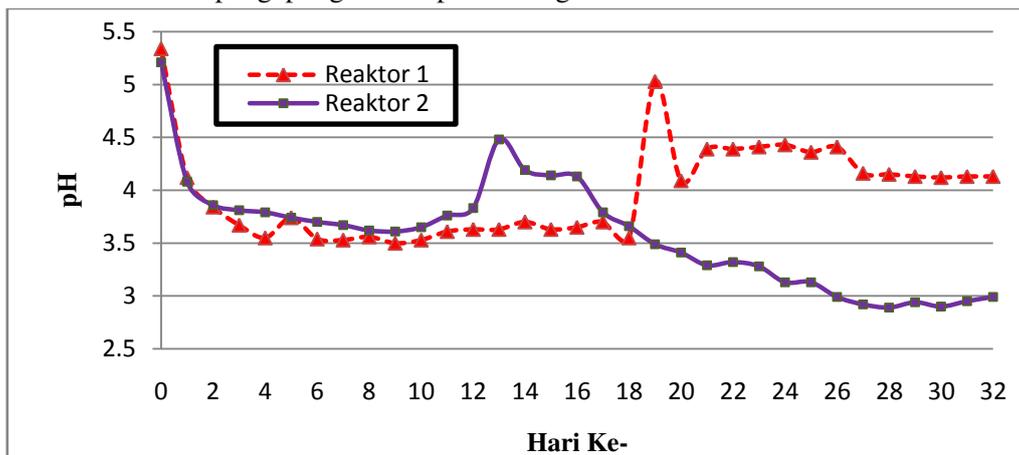
Gambar 4.3 juga menunjukkan bahwa hasil keseluruhan produksi biogas pada reaktor 1 dengan pengadukan lebih besar daripada reaktor 2 tanpa pengadukan. Polprasert, (1989) menyebutkan bahwa pengadukan membuat kondisi menjadi bagus bagi pertumbuhan mikroorganisme karena dengan pengadukan lebih memungkinkan terjadinya kontak antara mikroorganisme dengan penyediaan makanan, sehingga produksi biogas terus meningkat. Sedangkan pada reaktor 2 telah terbentuk *scum* dan pengapungan sampah

ringan. Hal ini disebabkan karena pada reaktor 2 ini tidak dilakukan pengadukan sehingga memungkinkan gas yang telah terbentuk sulit untuk keluar secara optimal.

Pengaruh Sistem Semi Kontinyu Terhadap Laju Pembentukan Biogas

Pada tahap ini, untuk reaktor 2 dilanjutkan dengan sistem semi kontinyu sedangkan reaktor 1 tetap dilanjutkan dengan sistem *batch*. Sistem semi kontinyu dilakukan dengan cara menambahkan sampel ke dalam reaktor 2 sebanyak 500 gram. Sampel ini dibuat artificial agar diharapkan sampel yang dimasukkan setiap harinya memiliki karakteristik yang sama.

Hasil pengukuran pH pada reaktor 1 dan 2 dengan sistem *batch* dan semi kontinyu di setiap harinya disajikan dalam gambar 4.4.



Gambar 4.4
Grafik Fluktuasi pH Pada Reaktor 1 dan 2 Dengan Sistem *Batch* dan Semi Kontinyu

Keterangan gambar:

- Pada reaktor 1 : Hari ke-0 hingga hari ke-32 dilakukan sistem *batch*
- Pada reaktor 2 : hari ke-0 hingga hari ke-12 dilakukan sistem *batch*
- Pada reaktor 2 : hari ke-13 hingga hari ke-22 dilakukan sistem kontinyu
- Pada reaktor 2 : hari ke-23 hingga hari ke-32 dilakukan sistem *batch* kembali

Berdasarkan gambar 4.4 diketahui bahwa pH sampel hari ke-13 pada reaktor 1 dengan sistem *batch* 2 adalah 3,63. Kemudian kondisi pH relatif stabil dalam kisaran nilai 3,55 – 4,43. Tetapi selama

proses berlangsung, terjadi kenaikan pH yang signifikan pada hari ke-19, yaitu 5,03. Kenaikan pH secara signifikan tersebut kemungkinan terbentuk akibat terjadinya akumulasi asam. Ketika pH mulai turun

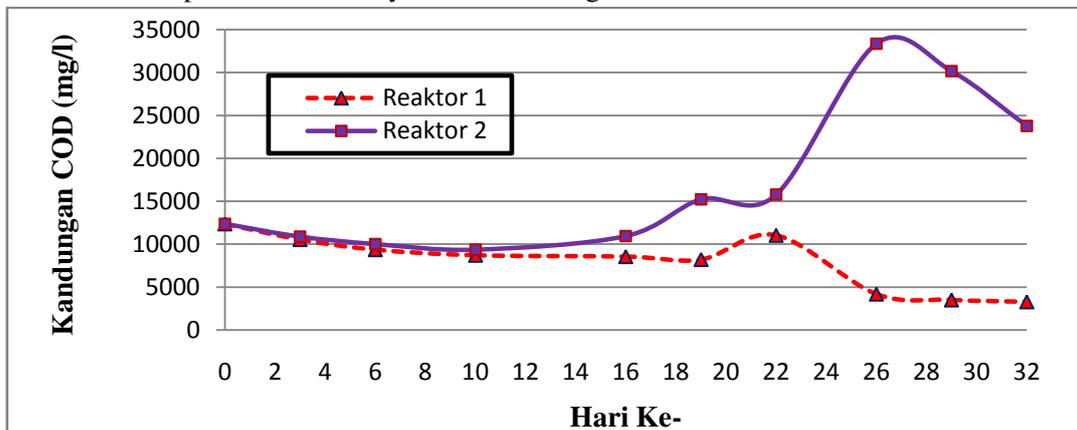
akibat akumulasi VFA (*Volatile Fatty Acid*), alkalinitas yang ada dalam sistem akan menetralkan asam dan menghambat penurunan pH lebih lanjut. Sehingga akan terjadi kenaikan nilai pH. Akan tetapi kenaikan pH tersebut tidak berlangsung lama. Dimana nilai pH pada hari ke-20 kembali mengalami penurunan hingga 4,09. Penurunan nilai pH ini dimungkinkan akibat alkalinitas yang terdapat dalam sampel tidak cukup untuk menyangga pH sampel, sehingga pH kembali turun.

Pada tahap ini penelitian pada reaktor 2 dilakukan dengan sistem semi kontinyu. Dimana pada hari ke-13 hingga hari ke-22 dilakukan penambahan sampel ke dalam reaktor 2 (sistem kontinyu), kemudian pada hari ke-23 hingga hari ke-32 dilanjutkan dengan sistem *batch* kembali. Berdasarkan gambar 4.7 diketahui bahwa pH hari ke-13 (hari pertama sistem kontinyu) pada reaktor 2 mengalami kenaikan pH, yaitu 4,48. Kemudian pada hari ke-14 hingga hari ke-32 nilai pH cenderung mengalami penurunan. Hal ini memungkinkan terjadi karena adanya penambahan sampel secara kontinyu selama

10 hari ke dalam reaktor 2, sehingga terjadi proses asidifikasi kembali dalam mendekomposisi bahan organik yang terdapat dalam sampel. Pada proses asidifikasi ini terjadi dekomposisi terhadap bahan organik menghasilkan asam-asam organik dalam bentuk yang lebih sederhana berupa asam asetat, butirat, dan asam-asam organik lainnya oleh bakteri asidogen. Terbentuknya asam-asam organik tersebut menjadikan pH sampel dalam reaktor menurun (bersifat asam).

Hasil dari proses asidifikasi ini sangat penting untuk kelanjutan proses pada tahap asetogenesis dan methanogenesis. Dimana hasil dari proses asidifikasi akan dikonversi menjadi hasil akhir berupa asam asetat, karbondioksida dan hidrogen oleh bakteri asetogenik. Ketiga bahan tersebut yang akan digunakan oleh bakteri metana untuk menghasilkan metan. dalam proses metanogenesis pada tahap selanjutnya.

Untuk hasil pengukuran kandungan COD pada reaktor 1 dan 2 dengan sistem *batch* dan semi kontinyu disajikan dalam gambar 4.5.



Gambar 4.5
Grafik Penyisihan Kandungan COD Pada Reaktor 1 dan 2 Dengan Sistem *Batch* dan Semi Kontinyu

Keterangan gambar:

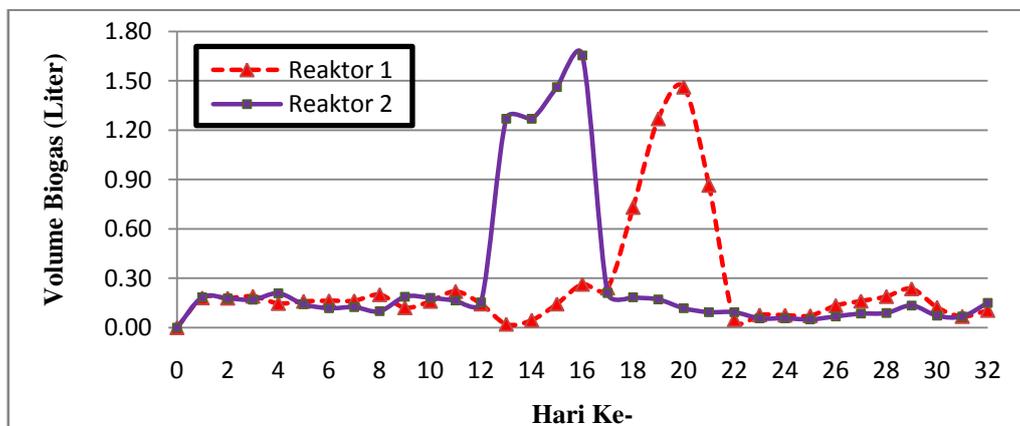
- Pada reaktor 1 : Hari ke-0 hingga hari ke-32 dilakukan sistem batch
- Pada reaktor 2 : hari ke-0 hingga hari ke-12 dilakukan sistem batch
- Pada reaktor 2 : hari ke-13 hingga hari ke-22 dilakukan sistem kontinyu
- Pada reaktor 2 : hari ke-23 hingga hari ke-32 dilakukan sistem batch kembali

Berdasarkan gambar 4.5 diketahui bahwa kandungan COD pada reaktor 1 hari ke-16 adalah 8550 mg/l. Kemudian COD mengalami penurunan hingga 3286,67 mg/l pada hari ke-32. Penurunan kandungan COD tersebut menunjukkan bahwa tahap hidrolisis sedang berlangsung. Barlaz (1996) menyebutkan bahwa penurunan COD menandakan adanya konsumsi asam untuk produksi metan. Sehingga memungkinkan pada tahap ini gas metan mulai terbentuk. Tetapi pada hari ke-22 kandungan COD mengalami kenaikan yaitu 11050 mg/l. Kenaikan COD ini dimungkinkan karena adanya perbedaan aktivitas mikroorganisme pengurai dan pengadukan yang dilakukan secara manual. Sehingga dimungkinkan kecepatan pengadukan dan homogenitas sampel yang dihasilkan tidak sama.

Pada gambar 4.5 juga diketahui bahwa kandungan COD reaktor 2 hari ke-16

adalah 10953,33 mg/l, kemudian pada hari ke-19 sampai hari ke-26 kandungan COD cenderung mengalami kenaikan hingga 33373,33 mg/l. Kenaikan kandungan COD ini disebabkan karena pada hari ke-13 hingga hari ke-22 dilakukan penambahan sampel setiap hari (sistem kontinyu), sehingga beban organik tinggi.

Setelah dilakukan sistem kontinyu selama 10 hari, penelitian dilanjutkan dengan sistem *batch* kembali. Pengukuran kandungan COD selama sistem *batch* mengalami penurunan hingga 23733,33 mg/l pada hari ke-32. Hal ini menunjukkan bahwa proses hidrolisis sedang berlangsung. Sehingga dapat dikatakan bahwa proses penguraian bahan organik kompleks menjadi total biogas berjalan cukup efektif. Untuk hasil pengukuran volume biogas pada reaktor 1 dan 2 dengan sistem *batch* dan semi kontinyu disajikan dalam gambar 4.6.



Gambar 4.6

Grafik Volume Biogas Pada Reaktor 1 dan 2 Dengan Sistem *Batch* dan Semi Kontinyu

Keterangan gambar:

- Pada reaktor 1 : Hari ke-0 hingga hari ke-32 dilakukan sistem *batch*
- Pada reaktor 2 : hari ke-0 hingga hari ke-12 dilakukan sistem *batch*
- Pada reaktor 2 : hari ke-13 hingga hari ke-22 dilakukan sistem kontinyu
- Pada reaktor 2 : hari ke-23 hingga hari ke-32 dilakukan sistem *batch* kembali

Berdasarkan gambar 4.6 diketahui bahwa produksi biogas pada reaktor 1 dengan sistem *batch* terjadi kenaikan dan

penurunan. Pada hari ke-18 hingga hari ke-21 terjadi kenaikan volume biogas secara signifikan. Dimana volume tertinggi pada reaktor 1 terjadi pada hari ke-20, yaitu 1,46

liter. Kemudian volume biogas kembali turun secara signifikan pada hari ke-22, yaitu 0,05 liter. Sama halnya dengan reaktor 1, pada reaktor 2 dengan sistem semi kontinyu juga mengalami kenaikan dan penurunan. Pada hari ke-13 hingga hari ke-16 terjadi kenaikan volume biogas yang signifikan, dimana volume biogas tertinggi terjadi pada hari ke-16 yaitu 1,66 liter. Tetapi pada hari ke-17 volume biogas kembali menurun secara signifikan hingga 0,21 liter. Kenaikan volume biogas yang signifikan pada reaktor 2 tersebut memungkinkan terjadi akibat gelembung gas yang sudah terbentuk tetapi masih terperangkap dalam substrat sudah dapat keluar akibat dilakukan pengadukan. Jika dibandingkan volume biogas secara keseluruhan dari reaktor 2 lebih besar jika dibandingkan dengan reaktor 1. Hal ini disebabkan karena pada reaktor 2 dilakukan sistem kontinyu. Sehingga terdapat *supply* bahan organik dan nutrisi untuk proses pembentukan biogas di setiap harinya.

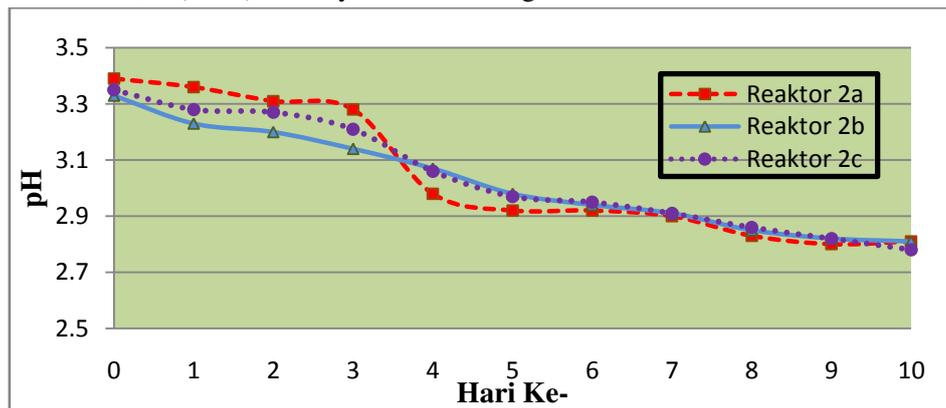
Gas yang terbentuk pada reaktor 1 kemungkinan sudah mengandung metan, karena terdapat satu jenis bakteri pembentuk metan yang dapat hidup pada pH rendah. Deublein *et al.*, (2008) menyebutkan

peningkatan pH paling tinggi akan terjadi pada tahap metanogenesis, dimana bakteri akan tumbuh optimal pada kondisi pH tersebut. Akan tetapi, terdapat satu jenis bakteri pembentuk metana yang dapat hidup pada pH rendah yaitu < 6,5, bakteri tersebut adalah *Methanosarcina*.

Pengaruh Variasi *Feeding* Terhadap Pembentukan Biogas

Variasi lain dalam penelitian ini adalah variasi *feeding*. Jumlah reaktor yang digunakan dalam variasi *feeding* adalah 3 buah reaktor yang dibuat dari botol air mineral 600 ml. Variasi *feeding* dilakukan dengan menambahkan sampel ke dalam reaktor yang sudah diisi dengan substrat dari reaktor 2 sebanyak 300 ml (50% dari volume total reaktor). Penambahan sampel pada reaktor 2a adalah 80 gram, reaktor 2b sebanyak 160 gram, dan reaktor 2c sebanyak 240 gram. Variasi *feeding* ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *feeding* (sampel) terhadap laju pembentukan biogas. Penelitian variasi *feeding* dilakukan dengan sistem *batch*.

Hasil pengukuran pH pada reaktor 2a, 2b, dan 2c di setiap harinya disajikan dalam gambar 4.7.



Gambar 4.7
Grafik Fluktuasi pH Pada Reaktor Variasi *Feeding*

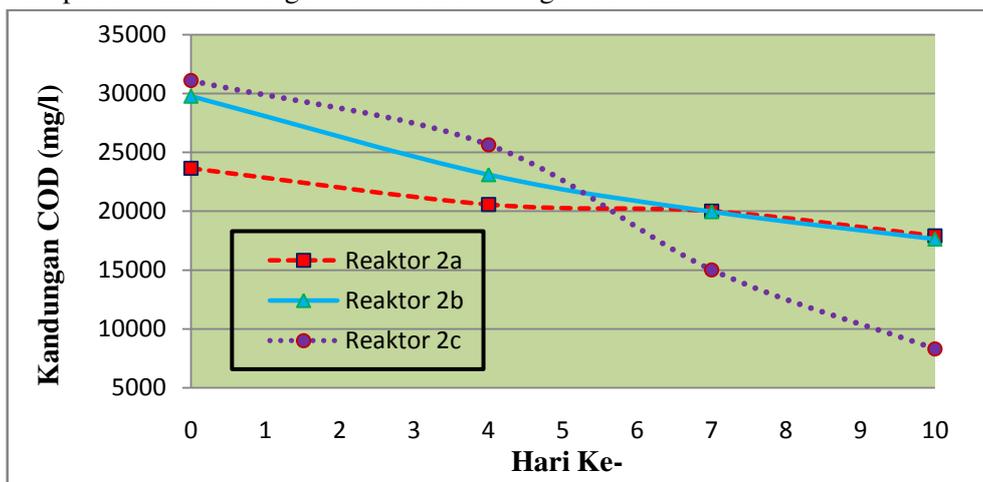
Berdasarkan gambar 4.7 diketahui bahwa pH awal reaktor 2a adalah 3,39 kemudian terjadi penurunan pH hingga 2,81

pada hari ke-10. Hal yang sama juga terjadi pada reaktor 2b dan 2c. Dimana pH awal reaktor 2b adalah 3,33 kemudian mengalami

penurunan pH hingga 2,81. Sedangkan untuk reaktor 2c memiliki pH awal 3,35 dan pH akhir 2,78. Hasil pengukuran pH tersebut menunjukkan bahwa kondisi sampel dalam reaktor 2a, 2b dan 2c berada pada kondisi asam. Hal ini dikarenakan pH substrat yang diambil dari reaktor 2 sudah bersifat asam, yaitu 3,32. Selain itu adanya penambahan sampel ke dalam reaktor memungkinkan terjadinya proses asidifikasi dalam mendekomposisi bahan organik. Proses

dekomposisi terhadap bahan organik menghasilkan asam-asam organik dalam bentuk yang lebih sederhana berupa asam asetat, butirrat, dan asam-asam organik lainnya oleh bakteri asidogen. Terbentuknya asam-asam organik tersebut menjadikan pH sampel dalam reaktor menurun (bersifat asam).

Hasil pengukuran kandungan COD pada reaktor 2a, 2b, dan 2c disajikan dalam gambar 4.8.



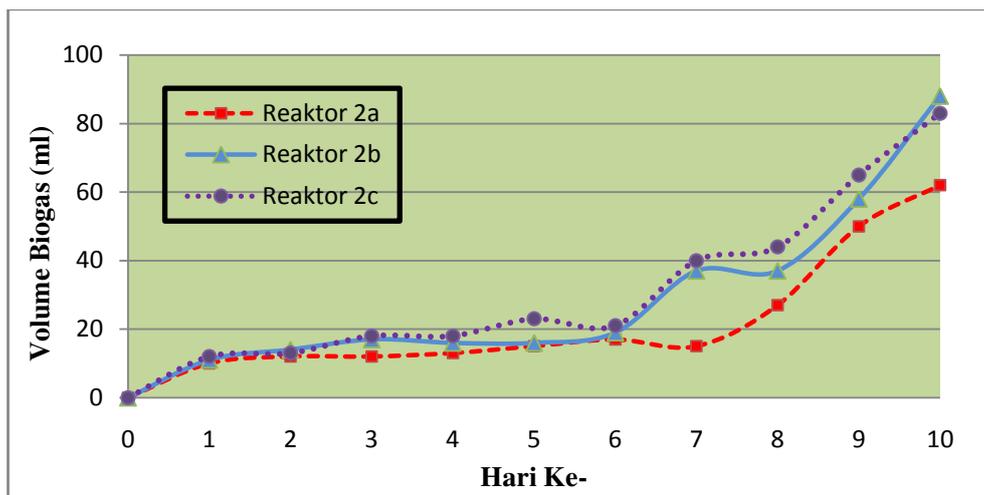
Gambar 4.8
Grafik Penyisihan Kandungan COD Pada Reaktor Variasi Feeding

Berdasarkan gambar 4.8 diketahui bahwa kandungan COD awal reaktor 2a adalah 23640 mg/l kemudian terjadi penurunan hingga 17906,67 mg/l pada hari ke-10. Hal yang sama juga terjadi pada reaktor 2b dan 2c. Dimana kandungan COD awal reaktor 2b adalah 29773,33 mg/l kemudian mengalami penurunan hingga 17640 mg/l. Sedangkan untuk reaktor 2c memiliki kandungan COD awal 31106,67 mg/l dan COD akhir 8306,67 mg/l. Hasil pengukuran kandungan COD tersebut menunjukkan bahwa pada reaktor 2c memiliki kandungan COD awal lebih besar dibandingkan dengan reaktor 2a dan 2b. Hal ini dimungkinkan karena jumlah sampel/feeding yang ditambahkan ke dalam reaktor 2c lebih besar dibandingkan dengan reaktor 2a dan 2b, sehingga beban organik

yang terdapat dalam reaktor 2c lebih besar dan aktivitas bakteri pengurai dalam menghidrolisis bahan organik pun juga semakin besar.

Penurunan kandungan COD yang terjadi pada reaktor 2a, 2b, dan 2c menunjukkan bahwa proses hidrolisis sedang berlangsung. Dimana proses hidrolisis ini penting untuk kelanjutan proses pada tahap selanjutnya. Penurunan COD ini berarti bahwa penurunan bahan organik yang menandakan adanya pengurangan bahan organik dan dikonversi untuk produksi total biogas. Penurunan COD menandakan adanya konsumsi asam untuk produksi metan (Barlaz, 1996).

Hasil pengukuran volume biogas yang dihasilkan pada reaktor 2a, 2b, dan 2c disajikan dalam gambar 4.9.



Gambar 4.9
Grafik Volume Biogas Pada Reaktor Variasi *Feeding*

Berdasarkan gambar 4.9 diketahui bahwa volume biogas awal reaktor 2a adalah 10 ml kemudian terjadi kenaikan hingga 62 ml pada hari ke-10. Hal yang sama juga terjadi pada reaktor 2b dan 2c. Dimana volume biogas awal reaktor 2b adalah 11 ml kemudian mengalami kenaikan hingga 88 ml pada hari ke-10. Sedangkan untuk volume biogas awal reaktor 2c adalah 12 ml dan volume biogas akhirnya adalah 83 ml. Secara keseluruhan hasil pengukuran volume biogas tersebut menunjukkan bahwa reaktor 2c menghasilkan volume biogas lebih banyak dibandingkan dengan reaktor 2a dan 2b. Hal ini dikarenakan jumlah sampel/*feeding* yang ditambahkan ke dalam reaktor 2c lebih banyak dibandingkan dengan reaktor 2a dan 2b, sehingga jumlah gas yang dihasilkan pun juga lebih banyak.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Laju produksi biogas pada reaktor 1 (dengan pengadukan) dan reaktor 2 (tanpa pengadukan) relatif stabil. Tetapi jika ditinjau dari volume biogas yang

dihasilkan secara keseluruhan diperoleh hasil bahwa volume biogas pada reaktor 1 lebih besar jika dibandingkan dengan reaktor 2, dimana volume biogas keseluruhan yang dihasilkan pada reaktor 1 adalah 2,04 liter dan reaktor 2 sebanyak 1,92 liter.

2. Laju produksi biogas dari sampah dapur rumah tangga yang ditambahkan dengan rumen sapi sebagai aktivator pada tahap awal (*start up*) sistem *batch* relatif stabil. Tetapi produksi biogas mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada hari ke-18 hingga hari ke-21. Hal yang serupa juga terjadi pada laju pembentukan biogas sistem semi kontinyu, dimana pola pembentukan biogas relatif stabil. Tetapi produksi biogas mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada hari ke-13 hingga hari ke-16.
3. Laju produksi biogas pada reaktor variasi *feeding* (reaktor 2a, 2b, dan 2c) cenderung mengalami kenaikan. Tetapi jika ditinjau dari volume biogas secara keseluruhan diperoleh hasil bahwa volume biogas pada reaktor 2c lebih besar jika dibandingkan dengan reaktor 2a dan 2b. Volume biogas keseluruhan

yang dihasilkan pada reaktor 2a adalah 233 ml; reaktor 2b sebanyak 313 ml; dan reaktor 2c sebanyak 323 ml.

Saran

1. Pengadukan sampel pada reaktor biogas sebaiknya menggunakan pengadukan mekanis, sehingga kecepatan pengadukannya sama/konstan dan menghasilkan homogenitas yang sama pula.
2. Penambahan larutan buffer basa sebaiknya perlu dilakukan, karena kondisi sampel yang selalu berada pada kondisi asam. Larutan buffer basa yang dapat digunakan seperti: larutan kapur, NaOH, NaHCO₃, CaCO₃, dll.
3. Reaktor yang digunakan sebaiknya dirancang sedemikian rupa, sehingga dapat mencegah terjadinya kebocoran gas. Yaitu dengan melakukan pengeleman secara berkala pada sambungan pipa pada reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

- Barlaz, M.A. 1996. *Microbiology of solid waste landfills*. In : *Microbiology of Solid Waste*. A.C. Palmisano, and M.A. Barlaz (eds.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA.
- Deublein, D dan A, Steinhäuser. 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources, An Introduction*. German: Wiley-VCH Verlag, Weinheim.
- El haq, P.S. 2010. *Tugas Akhir: Potensi Lunpur Tinja Manusia Sebagai Penghasil Biogas*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- Hobson, P.N., R. Summers, and C. Harries. 1984. *Single- and multi-stage fermenters for treatment of agricultural wastes*. In : *Microbiological Methods for Environmental Bio-technology*. J.M. Grainger, and J.M. Lynch (eds.). USA: Academic Press Inc., Florida.

Munson, B.R., Young, D.F., and Okiishi, T.H., 2002. *Fundamentals of Fluid Mechanics, 4th Edition*. John Willey & Sons, Inc. New York, USA.

Polprasert, Chongrak. 1989. *Organic Waste – Recycling Great*. Britain: John Willey & Sons Ltd.

Price, E. C and P. N Chermisinoff. 1981. *Biogas. Production. And Utilization*. Michigan: Ann Arbor Science Publisher. Inc.

Rittman, B.E and P.L McCarty. 2001. *Environmental Biotechnology: Principles and Applications*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.