

Alternatif Pengolahan Limbah Organik Rumah Tangga Untuk Produksi Biogas

Prima Endang Susilowati)*, Harlia, Rozak Masihu, Ahmad Zaeni,

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo

Abstract

Waste is a source of organic material that can be recycled into biogas. This study sought to produce biogas from the fermentation of organic waste using anaerobic microbes isolated from sewage and cow rumen fluid. The study was conducted in the laboratory-scale anaerobic reactor with a volume of 750 mL, at room temperature, incubation time of 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 days, waste solids concentration 1%, 3%, 5%, 7% and 10 %. CO₂ produced was measured by the method of deposition by solution of Ba (OH) 2 is converted into volume using the general equation of the ideal gas. The difference between the total gas volume produced by CO₂ gas is methane gas volume value (CH₄). The results showed the highest production of waste solids obtained at 7% concentration, incubation time of 42 days. Biogas is produced 99.86 mL / g litter, the total amount of biogas produced during the 7 weeks of 537 mL / gram of waste.

Keywords: organic waste, biogas, anaerobic microorganisms

Received: 14 November 2011

Accepted: 12 December 2011

Abstrak

Sampah merupakan sumber bahan organik yang dapat di daur ulang menjadi biogas. Penelitian ini berusaha untuk memproduksi biogas dari fermentasi sampah organik menggunakan mikroba anaerob yang diisolasi dari air selokan dan cairan rumen sapi. Penelitian dilakukan di dalam reaktor anaerobik skala laboratorium dengan volume 750 mL, pada suhu kamar, waktu inkubasi 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 hari, konsentrasi padatan sampah 1%, 3%, 5%, 7% dan 10 %. Gas CO₂ yang dihasilkan diukur dengan metode pengendapan oleh larutan Ba(OH)₂ yang dikonversi ke dalam volume dengan menggunakan persamaan umum Gas Ideal. Selisih antara volume gas total yang dihasilkan dengan gas CO₂ merupakan nilai volume gas metan (CH₄). Hasil penelitian menunjukkan produksi tertinggi diperoleh pada konsentrasi padatan sampah 7%, waktu inkubasi 42 hari. Biogas yang dihasilkan 99,86 mL/gram sampah, jumlah total biogas yang dihasilkan selama 7 minggu sebesar 537 mL/gram sampah.

Kata kunci : limbah organik, biogas, mikroorganisme anaerob

Diterima: 14 November 2011

Disetujui untuk dipublikasikan: 12 Desember 2011

*Penulis Korespondensi/corresponding author: Telp. +62 401 3191929 Fax. +62 401 3190496

E-mail: primachem_kdi@yahoo.com

1. Pendahuluan

Sampah merupakan limbah yang dihasilkan dari proses kegiatan manusia. Tiap hari produksi sampah yang dihasilkan masyarakat semakin banyak. Hal ini cukup berpengaruh bagi kehidupan masyarakat, khususnya masyarakat yang bersinggungan langsung dengan tempat pembuangan sampah. Permasalahan tersebut secara garis besar dikarenakan volume sampah yang semakin bertambah, jenis dan komposisi sampah yang beragam serta semakin terbatasnya lahan yang diperuntukkan sebagai tempat pengolahan sampah.

Perhitungan Bappenas dalam buku infrastruktur Indonesia pada tahun 1995 perkiraan timbunan sampah di Indonesia sebesar 22.5 juta ton dan akan meningkat lebih dari dua kali lipat pada tahun 2020 menjadi 53,7 juta ton. Sementara di kota besar produk sampah perkapita berkisar antara 600-830 gram per hari. Berdasarkan data tersebut maka kebutuhan TPA pada tahun 1995 seluas 675 ha dan meningkat menjadi 1610 ha di tahun 2020 (Mungkasa dalam Nisandi, 2007).

Mikroorganisme mempunyai kemampuan mendegradasi sampah secara aerob dan anaerobik. Mikroorganisme aerob mampu mendegradasi sampah

organik dengan adanya oksigen menghasilkan produk berupa kompos, sedangkan mikroorganisme anaerob mampu mendegradasi sampah organik menghasilkan biogas tanpa kehadiran oksigen. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut (Suwarno dkk, 2009):

Proses aerobik:



Proses anaerobik:



Mikroorganisme anaerobik umumnya terdapat pada rumen/usus sapi dan lumpur dari rawa atau selokan. Bakteri Rumen Sapi dan air selokan terdiri dari kumpulan beberapa mikroorganisme yang sangat bermanfaat dalam proses pengolahan pupuk kandang, kompos, pupuk organik cair, dan sekaligus mampu mendegradasi sampah organik menjadi biogas. Mikroorganisme yang terdapat di dalam rumen sapi dan lumpur umumnya adalah golongan bakteri metanogen yang termasuk salah satu golongan *Archaeobacteria*. Bakteri metanogen umumnya terdapat di lingkungan air tawar yang anaerob seperti sedimen serta pada saluran pencernaan hewan (Purnama, 2008).

Biogas adalah campuran beberapa gas, tergolong bahan bakar gas yang

merupakan hasil fermentasi dalam bahan organik dalam kondisi anaerob, dan gas yang dominan adalah gas metan (CH₄) dan gas karbondioksida (CO₂) (Simamora, 1989). Biogas memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu kisaran 4800-6700 kkal/kg, bahkan gas metan murni (100%) mempunyai nilai kalor 8900 kkal/kg.

Biogas dihasilkan dari aktivitas bakteri saat menguraikan bahan organik tanpa kehadiran oksigen (proses anaerob). Bahan baku biogas adalah bahan-bahan organik seperti kotoran ternak, limbah pertanian, limbah industri, sampah kota dan lain-lain (Ofoefule and Uzodinma, 2005; Ezeonu *et al.*, 2005 ; Uzodinma *et al.*, 2007). Proses pembentukan biogas melibatkan reaksi-reaksi yang kompleks. Secara garis besar proses anaerob dapat dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu hidrolisis, asidogenik dan metanogenik (Hartono, 2009). Biogas merupakan salah satu sumber energi alternatif yang telah banyak dikembangkan. Energi alternatif ini sangat potensial sebagai pengganti bahan bakar untuk memasak, genset penerangan dan lain-lain.

2. Bahan Dan Metode

2.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan yaitu: Timbangan Analitik, Autoklaf, *Laminar Air Flow*, digester volume 1.500 mL dan peralatan gelas.

Bahan yang digunakan yaitu: sampah organik rumah tangga, campuran air dan lumpur selokan dari Perumahan Dosen Universitas Haluoleo serta rumen sapi dari tempat pemotongan hewan.

2.2 Cara kerja

2.2.1 Analisis Proksimat Sampah Rumah Tangga

Analisis proksimat sampah organik rumah tangga, meliputi: penetapan kadar air, kadar protein (cara Kjeldhal), serat kasar, kadar abu dan kadar lemak.

- *Penetapan kadar air (AOAC,2005).*

Sampel dihaluskan dipanaskan di dalam oven selama 3 jam pada suhu 105°C. selanjutnya dingin dan ditimbang. Perlakuan ini diulangi hingga diperoleh berat konstan.

- *Kadar Protein Cara Kjeldhal (AOAC, 2005)*

Sampel ditambahkan 1 g katalis (CuSO₄: Na₂SO₄, 1 : 1) dimasukan labu Kjeldhal dan ditambah H₂SO₄ pekat. Campuran didestruksi, selanjutnya larutan sampel didinginkan. Setelah ditambah

NaOH sampel didestilasi. Destilat yang telah direaksikan dengan HCl selanjutnya dititrasi dengan larutan NaOH.

- *Penentuan Kadar Serat Kasar (AOAC, 2005)*

Sampel kering ditambah H_2SO_4 0,3 N dididihkan. Selanjutnya ditambahkan larutan NaOH. Sampel disaring, residu dicuci berturut-turut dengan air panas, asam sulfat, air panas dan aseton. Residu dikeringkan dan ditimbang.

- *Penentuan Kadar Abu (AOAC, 2005)*

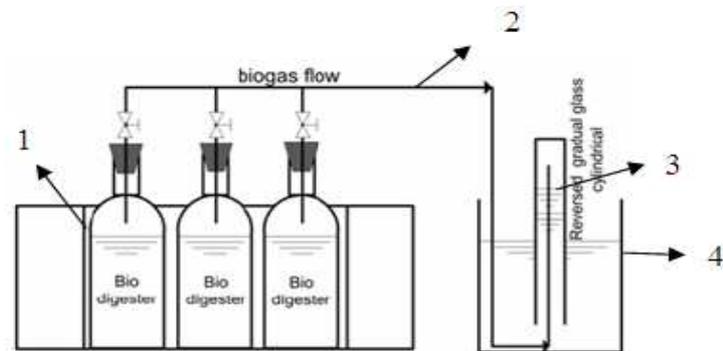
Sampel dibakar dalam tanur ($400^{\circ}C-550^{\circ}C$) hingga diperoleh abu. Selanjutnya didinginkan dan ditimbang beratnya.

- *Penentuan Kadar Lemak (AOAC, 2005)*

Sampel diekstraksi menggunakan pelarut dietil eter atau petroleum eter. Lemak hasil ekstraksi dipanaskan dalam oven pada suhu $105^{\circ}C$. Setelah dingin ditimbang

2.2.2 Produksi Biogas

Skema alat digester ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat produksi biogas (Budiono et al., 2010).

Keterangan: 1. Digester/fermentor biogas; 2. Selang alir gas; 3. Gelas ukur model terbalik; 4. Wadah tumpuan gelas ukur yang berisi air

- *Penentuan Mikroba sebagai Agen Pendegradasi*

Sampah organik dicampur dengan mikroba berasal dari air selokan, rumen sapi dan campuran air selokan dengan rumen sapi. Selanjutnya dimasukkan ke dalam digester.

- *Penentuan Konsentrasi Sampah Organik*

Sampah organik rumah tangga divariasikan konsentrasinya, selanjutnya dicampur dengan mikroorganisme dari (air selokan dan rumen sapi). Selanjutnya dimasukkan dalam digester biogas. Setiap satu minggu, diukur volume biogas yang dihasilkan.

- *Pengukuran Volume Biogas (CH₄ dan CO₂)*

Penentuan berat CO₂ dilakukan dengan cara: gas yang dihasilkan dialirkan ke dalam larutan Ba(OH)₂. Endapan yang terbentuk disaring, dikeringkan dan ditimbang. Berat endapan CaCO₃ yang terbentuk sama dengan berat CO₂. Berat CO₂ kemudian dikonversikan ke dalam volume (ml) dengan menggunakan persamaan gas ideal ($P.V = nRT$). Volume CH₄ ditentukan dengan cara mengurangi volume total gas yang dihasilkan dengan volume CO₂.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Komposisi Sampah Rumah Tangga

Komposisi kimia sampah organik rumah tangga perlu diketahui terlebih dahulu sebagai studi awal untuk pemilihan mikroorganisme dalam pembuatan biogas. Tahapan reaksi pembentukan biogas adalah tahap hidrolisis, asidogenik dan metanogenik. Pada tahap hidrolisis sampah organik memerlukan pemilihan mikroorganisme secara tepat agar proses pembentukan biogas menjadi efektif. Hasil analisis proksimat sampah organik rumah tangga menunjukkan kadar air dan serat kasar pada sampah rumah tangga cukup

tinggi dibandingkan dengan kadar lemak, abu dan protein (Tabel 1). Berdasarkan data ini maka diperlukan mikroorganisme yang mampu menghidrolisis serat kasar, lemak dan protein pada sampah menjadi molekul yang lebih sederhana sehingga siap dipergunakan oleh mikroorganisme penghasil gas metana.

Tabel 1. Analisis proksimat sampah organik rumah tangga

Analisis Peroksimat	Persentase (%)
Kadar air	61,08
Kadar abu	5,26
Kadar serat kasar	21,50
Kadar protein	5,95
Kadar Lemak	6,20

3.2. Mikroba Penghidrolisis Sampah

Mikroba penghidrolisis sampah organik secara garis besar ada 2 jenis, bergantung pada jenis produk yang ingin dihasilkan. Untuk menghasilkan kompos dibutuhkan mikroba bersifat aerob (membutuhkan oksigen untuk hidup), sedangkan untuk menghasilkan biogas diperlukan mikroba anaerob (tidak membutuhkan oksigen untuk hidup). Mikroba anaerob dapat diperoleh dari tempat-tempat yang kedap udara (Haryati, 2006).

Penelitian mengenai mikroba yang mampu meningkatkan produksi biogas

telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Penambahan starter EM4 (*Effective microorganism*) sebanyak 0,2% dapat meningkatkan produksi biogas sebanyak 1,76%, dan mampu meningkatkan pembentukan gas metana sekitar 41,3% (Purnomo, 2007). EM4 mengandung mikroorganisme fermentasi dan sintetik yang terdiri dari bakteri asam laktat (*Lactobacillus* sp.), bakterifotosintetik (*Rhodospseudomonas* sp.), *Actinomyces* sp., *Streptomyces* sp., dan ragi (*yeast*) (Marsono, 2001).

Penambahan cairan rumen sapi sebagai starter mikroorganisme berpotensi untuk mempercepat proses pembentukan biogas, yaitu 10 hari lebih cepat dibandingkan tanpa penambahan cairan rumen. Penambahan cairan rumen sapi sebanyak 20-40% mampu meningkatkan kadar gas metana yang terbentuk, sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai starter (Susilowati, 2009).

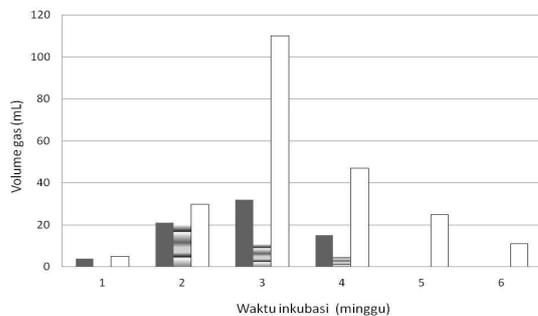
Sumber mikroba yang digunakan pada penelitian ini diambil dari cairan rumen sapi dan limbah air selokan. Pada rumen sapi terjadi pencernaan protein, polisakarida, dan fermentasi selulosa oleh enzim selulase yang dihasilkan oleh bakteri dan jenis protozoa tertentu. Enzim selulase yang dihasilkan oleh bakteri ini tidak hanya

berfungsi untuk mencerna selulosa menjadi asam-asam organik, tetapi juga dapat menghasilkan biogas berupa gas CH₄ (Susilowati, 2009).

Air limbah rumah tangga adalah air bekas yang banyak mengandung mikroorganisme, hal ini ditunjukkan dengan indikasi munculnya bau menyengat dan keluarnya gelembung udara di permukaan. Air ini banyak mengandung bahan organik seperti sampah daun, sayuran, minyak, ikan, nasi dan limbah aktifitas manusia lainnya yang lama-kelamaan akan mengendap menjadi lumpur. Di dalam lumpur selokan tidak terdapat udara yang memungkinkan mikroba anaerob untuk hidup dan berkembang biak. Oleh karena itu diduga air dan lumpur dari selokan baik digunakan sebagai starter untuk membuat biogas (Dwiyana dkk., 2009).

Pencampuran sampah organik dengan mikroorganisme, yaitu pada sampel cairan rumen sapi, air selokan dan campuran antara air selokan dan cairan rumen sapi. Hasil tertinggi pada penggunaan mikroba berasal dari campuran air selokan dan cairan rumen sapi (1:1) pada minggu ketiga dengan volume biogas 110 mL (Gambar 2). Data ini menunjukkan penggunaan mikroba campuran air selokan

dan cairan rumen sapi lebih efektif untuk pembentukan biogas yang berasal dari sampah organik rumah tangga. Diduga mikroba yang berasal dari selokan mampu meningkatkan daya hidrolisis sampah rumah tangga sehingga akan mempercepat tahap pertama proses pembentukan biogas yaitu tahap hidrolisis untuk menghasilkan molekul sederhana yang akan digunakan pada tahap selanjutnya.



Gambar 2. Pengaruh mikroorganisme terhadap produksi gas

(■ : mikroorganisme dari rumen sapi, ▨ : mikroorganisme dari selokan, □ : mikroorganisme dari campuran rumen sapi dan air selokan

Efektifitas penggunaan mikroorganisme untuk produksi biogas menunjukkan campuran antara cairan rumen sapi dan air selokan dengan perbandingan 2:3. Jumlah biogas yang dihasilkan menunjukkan volume biogas total dan gas metana (CH₄) paling tinggi pada minggu ke-3 (Tabel 2). Biogas sudah mulai

terbentuk pada minggu pertama setelah dilakukan proses fermentasi tetapi jumlahnya belum banyak.

Tabel 2. Perbandingan sampel campuran cairan rumen sapi dan air selokan

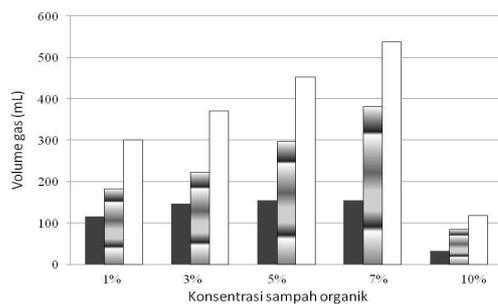
cairan rumen sapi : air selokan	Volume CO ₂ (mL)	Volume CH ₄ (mL)	Volume total gas (mL)
1:1	-	-	110
1:4	75,07	132,93	208
2:3	116,56	183,44	300

3.3. Konsentrasi optimum sampah

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses anaerobik adalah komposisi nutrisi, kandungan oksigen terlarut, temperatur, pH, konsentrasi VS (*volatile solids*) dan rasio C/N. fraksi VS adalah salah satu parameter penting dalam digester anaerob. Semakin tinggi konsentrasi VS semakin tinggi pula pembebanan. VS merupakan bahan makanan untuk proses hidrolisis dan pembentukan asam secara anaerob (Hartono, 2009).

Jumlah karbon dan nitrogen yang terdapat di dalam bahan-bahan organik yang ditunjukkan dengan rasio karbon/nitrogen juga menentukan banyaknya biogas yang dihasilkan. Rentang rasio C/N antara 20-30 merupakan rentang optimum untuk proses penguraian anaerob. Jika rasio C/N terlalu tinggi, maka

nitrogen akan terkonsumsi sangat cepat oleh bakteri metanogen untuk memenuhi kebutuhan protein sehingga tidak bereaksi dengan karbon. Sebagai hasilnya produksi gas akan rendah. Bila rasio C/N sangat rendah, nitrogen akan dibebaskan dan terkumpul dalam bentuk NH_4OH . Terbentuknya NH_4OH menyebabkan peningkatan pH dalam digester, yang akan berakibat populasi bakteri metanogen akan menurun jika pH lebih tinggi dari 8,5 (Hartono, 2009).



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi sampah organik terhadap volume biogas (■: gas CO_2 , ▒: gas CH_4 , □: gas total)

Hasil percobaan menunjukkan konsentrasi sampah organik 7% (waktu inkubasi 42 hari) menghasilkan volume biogas paling tinggi, yaitu 381,73 mL. Peningkatan konsentrasi sampah dalam digester menunjukkan makin meningkat jumlah biogas yang dihasilkan. Volume biogas yang dihasilkan menurun pada konsentrasi sampah organik 10% (Gambar

3). Pada konsentrasi sampah 10% ternyata biogas yang dihasilkan sangat sedikit, hal ini menunjukkan pembebanan pada digester sudah terlalu besar.

Hasil penelitian menunjukkan, salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mengimbangi kenaikan harga BBM ini adalah dengan memanfaatkan sampah-sampah organik yang berasal dari tanaman, hewan, ataupun manusia untuk menghasilkan biogas melalui aktivitas anaerobik dari mikroorganisme. Komposisi gas yang penting dalam biogas adalah gas metana (CH_4) yang mudah terbakar sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi pengganti bahan bakar minyak.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Perbandingan mikroba dari air selokan dan cairan rumen sapi diperoleh optimum pada perbandingan 2:3
2. Konsentrasi optimum sampah 7% dengan jumlah volume total biogas yang dihasilkan sebesar 537 mL, volume CH_4 381,73 mL dan volume CO_2 155,27 mL.

5. Daftar Pustaka

1. AOAC, 2005, *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist*, Virginia: The Association of official Analytical Chemist.
2. Budiono I.N, Widiassa S, Johari, Sunarso, 2010, The Kinetic of Biogas Production Rate from Cattle Manure in Batch Mode, *International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering*, Vol 3. No 1.
3. Ezeonu SO, Dioha IJ, Eboatu AN, 2005, Daily biogas production from different wastes and identification of methanogenic bacteria involved, *Nig.J. Solar Energy*, 15: 80-85.
4. Hartono R, 2009, Produksi Biogas dari Jerami Padi dengan Penambahan Kotoran Kerbau, *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia – SNTKI*, Bandung
5. Haryati, T., 2006, Biogas: limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif, *Wartazoa*, Vol. 16 No.3
6. Marsono, 2001, Pupuk Akar, Petunjuk dan Aplikasi, Jakarta: Penebar Swadaya
7. Nisandi, 2007, Pengolahan dan pemanfaatan sampah organik menjadi briket arang dan asap cair, *Seminar Nasional teknologi (SNT)*, Yogyakarta
8. Ofoefule AU, Uzodinma EO, 2005, Studies on the effect of anaerobic digestion on microbial flora of animal wastes: 1. Isolation and identification of common pathogens, *Nig. J. Solar Energy*, 15: 34–36.
9. Purnomo, C.W. 2007. The Optimization of Tunnel Type Biodigesters. Gadjah Mada University, Yogyakarta.
10. Simamora, S. 1989. Pengelolaan Limbah Peternakan (*Animal Waste Management*). Teknologi Energi Gasbio. Fakultas Politeknik Pertanian Bogor IPB. Bekerjasama dengan Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan. Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen P dan K.
11. Soewarno N, Abas. S, Muchayat, 2009, Pengolahan Sampah Organik Untuk Memproduksi Biogas Sebagai Energi Terbarukan, *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia – SNTKI*, Bandung
12. Susilowati, E., 2009, Uji potensi pemanfaatan cairan rumen sapi untuk meningkatkan kecepatan produksi

biogas dan konsentrasi gas metan dalam biogas, Tesis, Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta

13. Uzodinma EO, Ofoefule AU, Eze JI, Onwuka ND (2007). Biogas production from blends of agro-industrial wastes. Trends in Appl. Sci. Res. 2(6): 554 – 558.