

Pengaruh macam limbah organik dan pengenceran terhadap produksi biogas dari bahan biomassa limbah peternakan ayam

DODIK LUTHFIANTO, EDWI MAHAJOENO[♥], SUNARTO

Luthfianto D, Mahajoeno E, Sumarto. 2012. The impact of various organic waste and dilution to the biogas production of biomass waste of poultry farms. Bioteknologi 9: 18-25. The scarcity of fuel currently becomes a popular issue, so that it takes many alternative problem solving. Through biodigester anaerobe system, the chicken's feces by the addition of organic waste can result biogas, a renewable energy. The objectives of the research are (1) Examining biogas production resulted from biodigester anaerobe process of chicken's feces. It was executed by dilution treatment and the addition of organic waste substrate on a laboratory scale (2) Identifying biogas production resulted from biodigester anaerobe of chicken's feces bulk system on a semi pilot scale with different agitation frequency. The research was done using two scales: a laboratory scale and a semi pilot scale. Experimental design used in this research was complete random design. It consists of two factors, they are dilution ratio, and the addition of substrate. The best result of biogas production was recommended to be used on a semi pilot scale research. The digester of bulk system was used in the experiment to identify the number of biogas production. Steering in the treatment on the semi pilot scale was at intervals of 4 hours/day and 8 hours/day. The parameter of observation included COD, TSS, VS, pH, and gas production. The data were analyzed using one way ANOVA and 5% DMRT test. Based on the research on a laboratory research scale, the highest biogas production resulted from a compound of chicken's feces and water hyacinth by the dilution of 1:1 was 0,60 L. The highest efficient change COD, TSS, VS by the dilution of 1:1 was 68,99% (straw), 32,05% (stray), 75, 14% (water hyacinth). On the semi pilot scale, the frequencies of steering were difference: 4 hours/day and 8 hours/day. And the highest biogas production of 8 hours/day steering for 6 weeks was 624,99 L.

Key words: biogas, biomass, poultry farms waste

*Pamungkas GS, Sutarno, Mahajoeno E. 2012. Pengaruh macam limbah organik dan pengenceran terhadap produksi biogas dari bahan biomassa limbah peternakan ayam. Bioteknologi 9: 18-25. Kelangkaan bahan bakar merupakan masalah penting saat ini, sehingga diperlukan berbagai alternatif sumbernya. Dengan sistem biodigester anaerob, limbah peternakan ayam dengan penambahan limbah organik lain dapat menghasilkan biogas, sebagai sumber energi terbarukan (*renewable energy*). Tujuan penelitian ini adalah (i) menguji produksi biogas dari pencerna anaerob limbah peternakan ayam dengan perlakuan pengenceran, dan penambahan berbagai substrat sampah organik skala laboratorium, (ii) mengetahui produksi biogas dari pencerna anaerob sistem curah limbah peternakan ayam dengan frekuensi agitasi berbeda pada skala semi pilot. Penelitian dilakukan dua tahap yaitu penelitian skala laboratorium dan skala semi pilot. Rancangan percobaan menggunakan pola Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 2 faktor yaitu, rasio pengenceran, dan penambahan substrat. Hasil dari produksi biogas terbaik direkomendasikan pada penelitian skala semi pilot sistem curah. Perlakuan dalam tahapan semi pilot dengan interval waktu pengadukan, yaitu 4 jam/hari dan 8 jam/hari. Produksi biogas tertinggi diperoleh dari penyampuran kotoran ayam dengan eceng gondok pengenceran 1:1 sebesar 0,60 L dalam 6 minggu dan efisiensi perombakan COD, TSS, VS adalah 63,80%; 14,79%; 75,14%. Pada skala semi pilot sistem curah dengan frekuensi pengadukan 8 jam/hari, diperoleh hasil biogas tertinggi sebesar 624,99 L dalam 6 minggu.*

Key words: biogas, limbah biomassa, limbah peternakan ayam

♥ Alamat korespondensi:

¹ Program Studi Biosains, Program Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret, Surakarta 57126, Jawa Tengah, Indonesia

Manuskrip diterima: 2 Februari 2012.
Revisi disetujui: 26 Maret 2012.

PENDAHULUAN

Kelangkaan bahan bakar merupakan masalah yang krusial dan sering diperbincangkan dalam beberapa tahun ini, sekitar 90% kebutuhan energi

dipasok dari bahan bakar fosil yang ketersediaannya terbatas, sehingga sudah saatnya memutuskan ketergantungan terhadap sumber energi fosil dan beralih ke sumber energi alternatif berbahan baku nabati yang sifatnya

terbarukan (Hambali et al. 2007), seperti pemanfaatan biomassa (bahan organik) untuk produksi biogas.

Biogas adalah gas hasil produk fermentasi dari bahan-bahan organik/biomassa dengan bantuan bakteri anaerob, seperti limbah kotoran ternak. Peternakan merupakan salah satu penghasil biomassa yang berlimpah, antara lain limbah cair (urin) dan padat (kotoran) serta penghasil gas metan (CH_4) yang cukup tinggi, salah satu penyebab terjadinya pemanasan global (*global warming*) dan perusakan ozon, dengan laju 1% pertahun dan terus meningkat (Suryahadi et al. 2002). Limbah yang dihasilkan dari usaha peternakan ayam terutama berupa kotoran ayam, bau dan air buangan. Kandungan rasio C/N kotoran ayam yang rendah menjadi penyebab terbentuknya pencemaran, dampak negatif yang ditimbulkan dari penumpukan limbah peternakan ayam adalah timbulnya bau yang banyak mengandung unsur nitrogen dan sulfide (Svensson 1990; Pauzenga 1991).

Limbah peternakan ayam umumnya hanya digunakan sebagai pupuk secara langsung oleh peternak. Pemanfaatan lain yang bisa dilakukan adalah dengan memprosesnya menjadi sumber energi yang potensial dalam bentuk biogas. Limbah organik merupakan limbah yang mudah terurai yang mengandung unsur karbon (C), kandungan unsur C ini yang dapat mempercepat proses penguraian oleh mikroorganisme.

Umumnya, limbah kotoran hewan ternak memiliki rerata C/N rasio sekitar 24. Kandungan rasio C/N rendah menyebabkan nitrogen akan dibebaskan dan dikumpulkan dalam wujud amoniak (NH_4). Kandungan C/N kotoran ayam berkisar 5-7,1 (Kaltwasser 1980), menyebabkan produksi amoniak tinggi dan jika diproses menjadi biogas memerlukan waktu yang relatif lama dan hasilnya tidak optimal. Rasio C/N antara 20-30 optimum untuk pencernaan anaerob (Demuyne et al. 1984). Untuk mendapatkan produksi biogas tinggi, maka perlu penambahan bahan padatan/selulose yang mengandung karbon (C) berupa sampah organik seperti jerami, enceng gondok atau sisa daun-daun/serasah, atau dengan penambahan unsur N (misalnya: urea) yang dapat meningkatkan kandungan rasio C/N pada kotoran ayam sehingga meningkatkan produksi biogas. Bahan dasar biogas adalah biomassa berupa limbah, dapat berupa kotoran ternak, sisa-sisa panen seperti jerami, sekam dan daun-daunan sortiran sayur dan sebagainya, namun sebagian besar terdiri atas kotoran ternak. Dalam hal ini,

pencernaan anaerob merupakan metode alternatif yang mampu mengubah biomasa menjadi energi (De Baere 2000; Hulshoff et al. 1997).

Biogas adalah gas produk akhir pencernaan atau degradasi anaerobik bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik dalam lingkungan bebas oksigen atau udara. Gas metana dalam biogas, bila terbakar relatif lebih bersih daripada batu bara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Terdapat dua tipe alat pembangkit biogas atau digester, yaitu tipe terapung (*floating type*) dan tipe kubah tetap (*fixed dome type*). Sistem produksi biogas dibedakan menurut cara pengisian bahan bakunya yaitu pengisian curah dan kontinyu. Secara garis besar, reaksi kimia proses dekomposisi anaerobik pembentukan biogas dengan hasil utamanya adalah gas metana dapat dibagi menjadi tiga tahap proses yaitu: hidrolisis, pengasaman dan pembentukan gas metana, Bahan organik akan didegradasi mikroorganisme secara eksternal oleh enzim ekstraseluler (selulosa, amilase, protease, dan lipase). Hidrolisis akan mempengaruhi kinetika proses keseluruhan karena tahap yang berlangsung paling lambat dapat mempengaruhi laju keseluruhan (Adrianto et al. 2001). Pada tahap pengasaman (asidifikasi) akan terjadi pembentukan asam pada kondisi anaerob yang penting untuk pembentukan gas metana oleh mikroorganisme. Pada tahap pembentukan gas metana, bakteri yang bekerja adalah bakteri metanogen (*Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanosarcin* dan *Methanococcus*), pada proses ini terjadi simbiosis antara bakteri asam dengan bakteri metan yaitu dengan menggunakan hidrogen, CO_2 , dan asam asetat untuk membentuk metana dan CO_2 .

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti mengangkat masalah bagaimana produksi biogas dari limbah peternakan ayam dengan penambahan berbagai limbah organik yang terdiri dari dua tahapan penelitian yaitu penelitian skala laboratorium dan penelitian skala semi pilot / rumah tangga.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan untuk mengisi digester meliputi inokulum dari kotoran ayam. Substrat terdiri dari kotoran ayam yang dicampur dengan sampah organik yang terdiri

dari jerami, enceng gondok dan serasah, dan air. Bahan analisis kimia meliputi $MnSO_4 \cdot 4H_2O$, air suling, NaOH, Na iodida, amilum, natrium azida, asam salisilat, H_2SO_4 pekat, $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$, $K_2Cr_2O_7$, larutan pencerna $K_2Cr_2O_7$ konsentrasi tinggi dan rendah, Ag_2SO_4 .

Cara kerja

Pengadukan secara otomatis dengan alat pengaduk dari dinamo pompa air yang didesain khusus sehingga dapat digerakkan secara paralel. Inokulum menggunakan biomasa limbah peternakan ayam. Penambahan substart terdiri dari jerami, enceng gondok, dan serasah yang dilembutkan dengan mesin pencacah, substart kotoran ayam dengan bahan limbah organik dengan perbandingan 2:1 dan dihomogenkan. Setelah tercampur rata substrat diencerkan sesuai perlakuan yaitu 1:1 dan 1:3. Biodigester yang telah dimodifikasi dengan volume 5 kg. Diisi dengan kotoran ayam yang telah dicampur dengan substrat organik, pengisian volume biodigester terdiri dari 20% untuk inokulum, 60% substrat, dan 20% rongga untuk produksi biogas yang dihasilkan (Mahajoeno 2007). Tujuan dari penelitian skala laboratorium untuk mengetahui produksi biogas terbaik dari berbagai campuran substrat. Hasil produksi gas terbaik pada skala laboratorium direkomendasikan pada skala semi pilot, pengisian digester semi pilot menggunakan substrat eceng gondok yang telah homogen diencerkan dengan perbandingan 1:1 selanjutnya dimasukkan kedalam digester. Pengisian digester skala semi pilot sesuai dengan Mahajoeno (2007), yaitu 20% inokulum, 60% substart dan 20% untuk tempat terbentuknya gas. Pada penelitian skala semi pilot menggunakan sistem curah. Tujuan dari penelitian skala semi pilot adalah untuk mengetahui produksi biogas dengan perbedaan agitasi.

Pengamatan parameter meliputi produksi gas, karakterisasi nilai kisaran, rata-rata maupun baku mutu pada parameter: COD, TS, VS, pH. Pengambilan data produksi gas skala semi pilot dilakukan tiap minggu selama 6 minggu. Data parameter skala laboratorium meliputi produksi gas, COD, pH, TSS dan VS. Data produksi biogas skala semi pilot diuraikan secara deskriptif dan disajikan secara tabulasi data

Analisis data

Data yang diperoleh adalah data kualitatif dan data kuantitatif. Data kuantitatif yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan analisis

varian (ANOVA). Uji lanjut menggunakan Duncan's Multiple Range Test (DMRT) dengan taraf uji 5%. Sedangkan data kualitatif dianalisis dengan deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian skala laboratorium

Karakterisasi limbah peternakan ayam

Hasil analisis laboratorium diperoleh bahwa kandungan rasio C/N kotoran ayam termasuk rendah yaitu 17,71% jika akan diproses secara anaerob untuk produksi biogas (tabel 1)

Tabel 1. Karakteristik limbah peternakan ayam

Parameter (%)	Kotoran ayam murni
C organik	23,91
Bahan Organik	41,22
N	1,35
C/N ratio	17,71

Rasio C/N yang rendah bila akan diproses secara anaerob dapat menyebabkan amonifikasi dan meracuni bakteri yang ada di dalam digester (Ratnaningsih et al. 2009). Dalam penelitian ini dilakukan pencampuran bahan organik untuk meningkatkan rasio C/N kotoran ayam, substrat bahan-bahan organik terdiri dari jerami, eceng gondok dan serasah. Sebelum limbah difermentasi secara anaerob dilakukan karakterisasi untuk mengetahui tingkat pencemaran terhadap lingkungan perairan.

Parameter pencemaran dapat diketahui dari nilai COD, pH dan TSS. Dari hasil analisis limbah peternakan diperoleh parameter-parameter pencemar tergolong masih tinggi dengan kadar COD dan TSS di atas standar Kementerian Lingkungan Hidup, RI. (Tabel 2). Perbedaan pengenceran memberikan pengaruh terhadap konsentrasi perombakan COD. Perombakan pada rasio pengenceran 1:1 relatif lebih tinggi dibandingkan pengenceran 1:3, karena perombakan yang terjadi akibat aktivitas mikroba. Pertumbuhan dan aktivitas mikroba sangat dipengaruhi tersedianya nutrisi dalam substrat, pH, dan suhu (Darsono 2007). Keuntungan lain dari pengolahan secara anaerob adalah dihasilkan pupuk dari limbah sisa fermentasi.

Sisa dari limbah yang telah dicerna oleh bakteri metan atau bakteri biogas yang disebut *slurry* atau lumpur, mempunyai kandungan hara yang sama dengan pupuk organik yang telah matang sebagaimana halnya kompos jika dibandingkan dengan standar baku mutu pupuk yang ditetapkan Permentan, sehingga dapat langsung digunakan untuk memupuk tanaman. *Sludge* yang berasal dari biogas (*slurry*) sangat baik untuk dijadikan pupuk karena mengandung berbagai macam unsur yang dibutuhkan oleh tumbuhan seperti P, Mg, Ca, K, Cu dan Zn (Oman 2003), .

Hasil perombakan limbah kotoran ayam skala laboratorium

Beberapa persyaratan parameter dalam penentuan pencemaran lingkungan perairan adalah COD, BOD, TSS, dan VS, tetapi tidak semua parameter tersebut harus dianalisis (Darsono 2007). Dalam penelitian ini mengabaikan parameter BOD karena dengan mengetahui nilai COD sudah dapat menginterpretasikan tingkat pencemaran yang ditimbulkan limbah hasil proses biodigester.

Proses perombakan COD relatif tidak stabil disebabkan oleh beberapa faktor, pertama pada saat nilai COD turun terjadi proses hidrolisis dan pada saat nilai COD meningkat terjadi penguraian substrat. Rendahnya nilai efisiensi reduksi COD mungkin dikarenakan kandungan bahan organik yang terlalu tinggi hal ini menunjukkan bahwa limbah dominan mengandung senyawa organik yang bersifat kompleks dengan tingkat pencemaran yang tinggi (Welasih 2008). Kemungkinan kedua karena pada

Tabel 2. Karakterisasi hasil perombakan limbah kotoran ayam dan baku mutu air limbah

Parameter	Standar baku mutu limbah *)	Perombakan limbah kotoran ayam (ppm)					
		Kotoran ayam + jerami		Kotoran ayam + eceng gondok		Kotoran ayam + serasah	
		1:1	1:3	1:1	1:3	1:1	1:3
pH	6-9	7,47	7,37	7,41	7,26	7,36	7,26
TSS (ppm)	150	11855	8390	10005	5300	7565	4890
VS (ppm)	-	16330	3050	13880	5735	18880	11795
COD (ppm)	100	9844	4995	6846	3625	6536	5331

Keterangan: *) Undang-undang Republik Indonesia No. 4/1982

Tabel 3. Karakterisasi limbah anaerob kotoran ayam dengan berbagai penambahan bahan organik dan standar baku mutu pupuk.

Parameter	Standar baku mutu pupuk *)	Kotoran ayam setelah fermentasi anaerob					
		Kotoran ayam + jerami		Kotoran ayam + eceng gondok		Kotoran ayam + serasah	
		1:1	1:3	1:1	1:3	1:1	1:3
C organik (%)	>12	7,95	7	7,43	8,40	8,77	8,37
Bahan organik (%)	-	13,82	12,08	12,81	14,49	15,12	14,43
N (%)	<6	0,60	0,67	0,74	0,59	0,54	0,6
C/N ratio (%)	12-25	13,25	10,45	10,04	14,24	16,24	13,95
P ₂ O ₅ (ppm)	<5	0,64	0,78	0,81	0,68	0,70	0,57
K ₂ O (%)	<5	1,91	1,23	1,89	1,14	1,57	1,11

Keterangan: *) Peraturan Menteri Pertanian No. 28/Permentan/OT.140/2/2009

Tabel 4. Nilai efisiensi perombakan bahan organik COD, TSS dan VS

Pengenceran	Substrat	Efisiensi perombakan (%)		
		COD	TSS	VS
1:1	Jerami	68,99	32,05	22,90
	Eceng gondok	63,80	14,79	75,14
	Serasah	60,58	18,83	32,20
1:3	Jerami	66,30	38,73	30,49
	Eceng gondok	66,75	18,77	66,60
	Serasah	62,83	17,89	80,96

Tabel 5. Pengaruh jenis substrat dan pengenceran terhadap produksi gas (mL)

Substrat	Pengen- ceran	Waktu pengamatan (minggu ke-)					
		1	2	3	4	5	6
Jerami		238.50	579.00	613.50	932.75	471.25	311.75
Eceng gondok	1:1	408.25	995.25	885.75	814.75	302.25	179.00
serasah		105.50	551.50	618.25	563.25	152.00	214.00
Jerami		386.25	690.00	381.25	278.25	302.00	169.00
Eceng gondok	1:3	93.75	186.25	221.50	145.00	105.75	61.25
Serasah		96.50	208.00	240.25	196.75	135.00	214.25

pengambilan sampel untuk keperluan analisis, padatan lumpur digester berupa campuran antara limbah kotoran dengan sampah organik ikut terbawa yang masih mengandung bahan-bahan kimia yang belum terurai sehingga mempengaruhi nilai konsentrasi COD.

Secara umum perombakan TSS dan VS selama mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena bahan-bahan organik mengalami proses degradasi, pada saat reaksi hidrolisis yang akan berubah menjadi senyawa yang larut dalam air. Pada saat reaksi hidrolisis masih berlangsung, zat terlarut tersebut digunakan untuk reaksi selanjutnya yaitu asidogenesis, sehingga total padatan terlarut turun kembali (Kresnawaty et al. 2008).

Nilai efisiensi perombakan sebagian besar sangat rendah. Rendahnya nilai efisiensi karena bercampurnya substrat dengan limbah pertanian yang mengandung lignin sehingga proses penguraiannya lambat dan menghambat proses perombakan. Neves et al (2008) menyatakan bahwa bahan dengan kandungan karbohidrat menghasilkan biogas lebih tinggi dibandingkan dengan bahan yang mengandung selulosa yang membutuhkan waktu retensi tinggi, dengan pencampuran substrat antara kotoran ternak dengan limbah pertanian yang mengandung selulosa membutuhkan waktu pemeraman relatif lebih lama untuk menurunkan nilai efisiensi perombakan. Rendahnya reduksi ini dimungkinkan karena limbah dominan mengandung senyawa organik yang bersifat kompleks sehingga menjadi beban influen. Menurut Munazah dan Prayatni (2008), semakin tinggi beban influen maka efisiensi perombakan akan menurun.

Dengan penambahan bahan organik, penguraian oleh bakteri menjadi lebih lama karena mengandung lignin, selulosa dan hemiselulosa. Lignin merupakan molekul kompleks yang tersusun dari unit phenylpropane yang terikat dalam struktur tiga dimensi yang sangat sulit terurai (Taherzadeh et al. 2008). Rendahnya nilai efisiensi karena tingginya beban padatan yang dimasukkan kedalam digester, sehingga berpengaruh terhadap produksi biogas (Subramanian 1978). Menurut Stafford et al. (1980), laju beban yang terlalu tinggi dapat menghasilkan keadaan jenuh dimana asam lemak volatile (VFA) meningkat yang berakibat produksi gas menurun dan proporsi CO₂ akan meningkat.

Produksi biogas skala laboratorium

Hasil produksi biogas pada penelitian skala laboratorium disajikan pada Tabel 5. Hasil produksi biogas pada percampuran substrat jerami tertinggi diperoleh pada pengenceran 1:1, yaitu pada minggu ke-4 dengan produksi 932,75 ml, produksi biogas pada penambahan substrat eceng gondok dengan variasi pengenceran menunjukkan bahwa produksi pada pengenceran 1:1 mempunyai hasil yang lebih baik dibandingkan pada pengenceran 1:3. Hasil terbaik pada pengenceran 1:1 adalah 995,25 ml pada minggu ke-2 sedangkan seiring dengan bertambahnya waktu inkubasi produksi menjadi menurun. Produksi biogas pada penambahan substrat serasah dengan pengenceran 1:1 dan 1:3 menunjukkan hasil yang berbeda. Pada pengenceran 1:1 hasil terbaik pada minggu ke-3 dengan total produksi 618,25 ml dan hasil terendah pada awal minggu yaitu 105,5 ml, karena pada awal-awal minggu proses perombakan oleh bakteri metanogen belum sempurna sehingga produksi gas masih rendah.

Rendahnya produksi biogas dengan substansi serasah karena sebagian besar bahan dasar penyusun serasah adalah lignin, disamping unsur-unsur lain seperti karbohidrat dan selulosa. Untuk karbohidrat dan selulosa proses pendegradasian relatif lebih cepat dibandingkan lignin. Sebagian besar limbah daun-daunan tersusun atas *lignocellulosic* (Bhattacharya 2008), sehingga proses biodegradasinya lebih lambat. Peningkatan produksi biogas pada awal minggu karena hanya unsur karbohidrat dan selulosa yang mampu didegradasi oleh bakteri methanogen, sedangkan peningkatan produksi terjadi karena penguraian lignin sehingga terbentuk gas kembali (Bhattacharya 2008).

Rasio pengenceran berpengaruh terhadap produksi biogas karena banyaknya air didalam substrat menyebabkan perkembangan mikroba kurang optimal. Pada rasio pengenceran 1:1 produksi biogas lebih tinggi karena kandungan bahan padatan yang digunakan sebagai nutrisi bagi mikroba lebih tinggi sehingga dapat mendukung perkembangan mikroba dengan baik (Weda et al. 2010).

Penelitian skala semi pilot

Penelitian skala semi pilot bertujuan untuk mengetahui produksi biogas dengan frekuensi agitasi yang berbeda dengan menggunakan sistem curah, yang merupakan rekomendasi dari penelitian skala laboratorium. Pada percobaan skala laboratorium diperoleh hasil produksi biogas tertinggi dari percampuran antara kotoran

ayam dengan eceng gondok dengan pengenceran 1:1

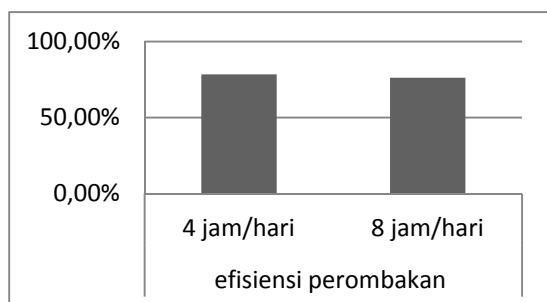
Kualitaif nyala api biogas

Berdasarkan uji nyala api, pada produksi minggu awal gas belum menyala jika dibakar, karena kadar metana yang diproduksi masih rendah, karena proses perombakan anaerob memerlukan beberapa tahapan, diantaranya: hidrolisis, asidogenesis, dan methanogenesis. Energi biogas menjadi mudah terbakar jika memiliki kandungan gas metana lebih dari 50%. Hammad (1996) mengatakan bahwa biogas dapat terbakar apabila terdapat kadar metana minimal 57%.

Uji nyala api pada minggu ke-2 diperoleh warna nyala api menjadi biru, karena telah terbentuk gas metana (CH_4). Pada umumnya apabila gas metana ini dibakar maka akan berwarna biru dan menghasilkan banyak energi panas. Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana. Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas (Kapdi et al. 2004; Pambudi 2008).

Efisiensi perombakan COD

Hasil efisiensi perombakan bahan terlarut disajikan pada gambar 1. Hasil perhitungan efisiensi perombakan COD menunjukkan perbedaan pada perlakuan perbedaan agitasi 4 jam/hari dan 8 jam/hari.



Gambar 1. Efisiensi perombakan COD

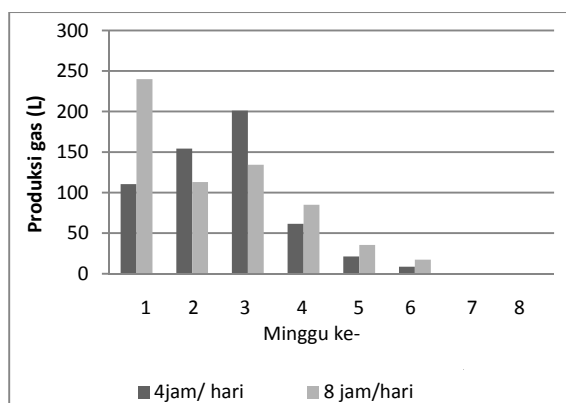
Nilai efisiensi perombakan tertinggi pada perlakuan agitasi 4 jam/hari yaitu 78,46%. Pada perlakuan agitasi 8 jam/hari efisiensi perombakan lebih rendah yaitu 76,23%. Perlakuan agitasi mampu meningkatkan efisiensi perombakan sebesar 95% pada substrat limbah sawit (Alawi et al. 2009). Perombakan COD dengan menggunakan digester berpengaduk

mampu meningkatkan efisiensi perombakan COD sebesar 71,10% pada suhu 37 °C dan 70,32% pada suhu 55 °C, dengan produksi gas masing-masing 3,73 L dan 4,66 L (Choorit dan Wisarnwan 2007). Perbedaan nilai efisiensi perombakan dimungkinkan karena perbedaan substrat serta pengenceran. Penggunaan pengadukan berfungsi antara lain untuk mencampur substart dengan inokulum, menghindari padatan yang terapung dan tenggelam, meningkatkan aktivitas bakteri sehingga produksi biogas menjadi optimal, serta meningkatkan laju dekomposisi dengan membebaskan (mengeluarkan) gelembung gas yang terperangkap dalam matrik sel mikroorganisme (Subramanian 1978).

Stroot et al. (2001) berpendapat bahwa pengadukan yang kontinyu dapat meningkatkan produksi biogas dibandingkan tanpa pengadukan. Semakin besar reduksi COD, berarti bahan organik yang terdegradasi menjadi asam-asam organik/TVA juga semakin besar. Asam-asam organik inilah yang kemudian terkonversi menjadi gas metan, maka jika reduksi COD semakin besar maka laju pembentukan gas metana juga semakin besar (Widjaja et al. 2008). Dari hasil penelitian diperoleh terdapat pengecualian karena reduksi perombakan belum mencapai 90% namun produksi gas yang terbentuk tinggi, yang merupakan campuran dari gas metana dan CO_2 .

Produksi biogas skala semi pilot

Penelitian skala semi pilot dilakukan selama 8 minggu. Parameter yang diamati adalah produksi biogas dengan beda pengadukan yaitu 4 jam/hari dan 8 jam/hari (Gambar 2). Pada perlakuan agitasi 4 jam/hari gas telah terbentuk pada minggu awal pengamatan. Selama 8 minggu pengamatan produksi biogas paling tinggi pada minggu ke-3 yaitu 210,07 L, Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan Mahajoeno (2007), bahwa perlakuan agitasi merupakan salah satu faktor untuk peningkatan produksi biogas limbah cair kelapa sawit secara anaerob. Penurunan produksi biogas terlihat pada minggu ke-4 sampai ke-6 sedangkan pada minggu ke-7 dan akhir pengamatan biodigester sudah tidak berproduksi. Pada perlakuan agitasi 8 jam/hari, pada awal minggu produksi biogas meningkat dengan cepat yaitu 240 L selanjutnya sering dengan bertambahnya waktu terjadi penurunan produksi, namun pada minggu ke-3 produksi meningkat dari 112,95 L (minggu ke-2) menjadi 134,36 L (minggu ke-3).



Gambar 2. Produksi biogas skala semi pilot dengan beda pengadukan

Campuran limbah kotoran ayam dengan eceng gondok mengandung karbohidrat, protein, lemak, dan mineral yang dibutuhkan oleh mikroba. Jumlah kandungan bahan makanan dalam limbah harus dipertahankan agar bakteri tetap berkembang dengan baik. Jumlah lemak yang terdapat dalam limbah akan mempengaruhi aktivitas perombak limbah karbohidrat dan protein. Selain kontinuitas makanan juga kontak antara makanan dan bakteri perlu berlangsung dengan baik yang dapat dicapai dengan melakukan agitasi (pengadukan). Agitasi juga berpengaruh terhadap produksi biogas, pemberian agitasi berpengaruh lebih baik dibandingkan tanpa agitasi dalam peningkatan laju produksi gas. Dengan agitasi substrat akan menjadi homogen, inokulum akan kontak langsung dengan substrat dan lebih merata, sehingga proses perombakan akan lebih efektif. Agitasi dimaksudkan agar kontak antara substrat dan bakteri perombak lebih baik dan menghindari padatan terbang (*scum*) atau mengendap (Siregar 2009). Callander dan Barford (1983) menyatakan bahwa pengadukan dimaksudkan agar terdapat kontak yang baik antara limbah segar dan bakteri pencerna yang aktif dan menghindari akumulasi dari padatan terapung ataupun padatan mengendap yang akan mengurangi volume keaktifan digester dan menimbulkan *plugging* gas dan lumpur keluaran. Selama pengadukan lingkungan yang kondusif selalu tersedia bagi pertumbuhan bakteri yang bekerja mengubah bahan organik menjadi metan. Dengan pengadukan, lebih dari 80% dari patogen dan padatan tereliminasi, dan lebih efektif untuk mengubah padatan organik menjadi unsur hara

terlarut dengan bantuan mikroorganisme (Thy et al. 2003; Lansing et al. 2008).

KESIMPULAN

Produksi biogas skala laboratorium tertinggi diperoleh dari pencerna anaerob substrat campuran kotoran ayam dan eceng gondok dengan pengencer 1:1 rerata 0,6 L selama 6 minggu. Substrat campuran kotoran ayam dan jerami maupun serasah pada pengenceran yang sama masing-masing menghasilkan biogas sebesar 0,52 L dan 0,35 L. Nilai efisiensi perombakan COD, TSS, VS berturut-turut 68,99% (kotoran ayam dengan penambahan jerami pengenceran 1:1), 38,73% (kotoran ayam dengan penambahan jerami pengenceran 1:3), 80,96% (kotoran ayam dengan penambahan serasah pengenceran 1:3). Agitasi berpengaruh terhadap produksi biogas skala semi pilot. Produksi tertinggi diperoleh pada pengadukan 8 jam/hari sebesar 624.99 L selama 8 minggu. Pada pengadukan 4 jam/hari biogas yang diperoleh sebesar 557.07 L selama 8 minggu. Efisiensi perombakan bahan organik (COD) dengan pengadukan 4 jam/hari sebesar 78,46%, sedangkan pada pengadukan 8 jam/hari 76,23%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto A, Setiadi T, Syafilla M, Liang OB. 2001. Studi kinetika reaksi hidrolisis senyawa kompleks organik dalam proses biodegradasi anaerob. *J Biosains* 1: 1-10
- Alawi S, Hassan MA, Shirai Y, Abd-Aziz S, Meisam T, Zainuri B, Shakrabbah Y. 2009. The effect of mixing on methane production in a semi-commercial closed digester tank treating palm oil mill effluent. *Australian J Basic Appl Sci* 3 (3) : 1577-1583.
- Bhattacharya SS, Banerjee R. 2008. Laccase mediated biodegradation of 2,4 Dichlorophenol using response surface methodology. *J Chemosphere* 73 : 5-83.
- Callander IJ, Barford JP. 1983. Improved Anaerobic Digestion of Pig Manure Through Increased Retention of Substrate and Bacterial Solids. *Biotech Lett* 5 (3) : 147-152.
- Choorit W, Wisarnwan P. 2007. Effect of temperature on the anaerobic digestion of palm oil mill effluent. *Electr J Biotech* 10 (3): 376-385.
- Darsono. 2007. Pengolahan Limbah Cair Tahu Secara Anaerob Dan Aerob Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya. *J Teknologi Industri* 9 (1) : 9-20.
- DeBaere L. 2000. Anaerobic digestion of solid waste: state-of the art. *Water Sci Technol* 41 (3): 283-290.
- Demuyneck M, Nyns EJ, Naveau HP. 1984. A review of the effects of anaerobic digestion on odor and on disease survival. In: *Composting of agricultural and other wastes*. In: Gasser JKR (ed) Elsevier Applied Science Publisher, London.

- Hambali E. 2007. *Teknologi Bioenergi*. PT. Agromedia Pustaka, Bogor
- Hulshoff LH, Euler H, Eitner A, Gronganz D. 1997. GTZ sectorial project, promotion of anaerobic technology for the treatment of municipal and industrial sewage and wastes. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Anaerobic Digestion, Sendai 2* : 285-292.
- Kaltwasser W. 1980. *Xenobiotics removal from polluted water*. Koeln, German.
- Kapdi SS, Vijay VK, Rajesh SK, Guar RR. 2004. Feasibility study on purification and compression of iogas for rural areas. *Proceedings of International Conference in Energy and Rural Development*. MNT, Jaipur.
- Kresnawaty I, Susanti I, Siswanto, Panji T. 2008. Optimasi produksi biogas dari limbah lateks cair pekat dengan penambahan logam. *J Menara Perkebunan* 76 (1) : 23-35
- Neves L, Goncalo E, Oliveira R, Alves M. 2008. Influence of composition on the biomethanation potential of restaurant waste at mesophilic temperatures". *Waste Management* 28: 965-72.
- Lansing S, Botero RB, Martin JF. 2008. Waste treatment and biogas quality and small-scale agriculture digesters. *Bioresource Technol* 99 5881-5890.
- Mahajoeno E. 2007. *Energi Alternatif Pengganti BBM : Potensi Biomassa Sawit Sebagai Sumber Energi Terbarukan*. Jakarta : Lembaga Riset Perkebunan Indonesia.
- Munazah A.R. Prayatni S. 2008. *Penyisihan Organik Melalui Dua Tahap Pengolahan Dengan Modifikasi ABR Dan Constructedwetland Pada Industri Rumah Tangga*. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 4 (4) 93-100.
- Oman. 2003. Kandungan Nitrogen (N) Pupuk Organik Cair Dari Hasil Penambahan Urine Pada Limbah (Sludge) Keluaran Instalasi Gas Bio Dengan Masukan Feces Sapi. Skripsi Jurusan Ilmu Produksi Ternak. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Pambudi A. 2008. *Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Pauzenga. 1991. *Animal Production in The 90`s in Harmony with Nature, a Case Study in The Netherlands*. In *Biotechnology in The Feed Industry*. Proc Alltech`s seventh Annual Symp. Nicholasville Kentucky.
- Ratnaningsih H. Widyatmoko, Yananto T. 2009. Potensi pembentukan biogas pada proses biodegradasi campuran sampah organik segar dan kotoran sapi dalam batch reaktor anaerob 5. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti, Jakarta.
- Siregar AS. 2009. *Analisis Pendapat Peternak Sapi Potong di Kecamatan Stabat Kabupaten Langkat*. [Skripsi] Departemen Peternakan-Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Stafford DA, Hawkes DL, Horton R. 1980. *Methane Production from Water Organic Matter*. CRC Press, Florida.
- Stroot PG, McMahon KD, Mackie RI, Raskin L. 2001. Anaerobic codigestion of municipal solid waste and biosolids under various mixing conditions-I. *Digester performance Water Res* 35: 1804-1816.
- Subramanian SK. 1978. *Biogas in Asia: A survey*. Didalam Barnett AL, Pyle L, Subramanian SK. 1978. *Biogas Technology in the Thrid World*, Ottawa.
- Svensson L. 1990. Puffing the lid on The dung heaps. *Acid Environment Magazine* 9 : 13-15.
- Taherzadeh MJ, Karimi K. 2008. Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production : A Review. *Int J Mol Sci* 9 : 1621-1651.
- Thy S, Preston TR, Ly J. 2003. Effect of retention time on gas production and fertilizer value of biodigester effluent. *Livest Res Rural Dev* 15 (7).
- Undang-undang Republik Indonesia no. 4 tahun 1982 Tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Weda S, Mahajoeno E, Sutarno. 2010. *Produksi biogas dari biomassa kotoran sapi dalam biodigester fix dome dengan pengenceran dan penambahan agitasi*. Program Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Welasih Tj. 2008. Penurunan BOD dan COD limbah industri kertas dengan air laut sebagai koagulan. *J Rekayasa Perencanaan* 4 (2):-
- Widjaja T, Altway A, Prameswarhi P, Wattimena FS. 2008. Pengaruh HRT dan beban COD terhadap pembentukan gas metan pada proses anaerobic digestion menggunakan limbah padat tepung tapioka. *Seminar Nasional Pengolahan Sumber Daya Alam dan Energi Terbarukan*. Surabaya, 18 Juni 2008