

STUDI POTENSI BIOGAS DARI SAMPAH DAUN PISANG MELALUI PENGURAIAN SECARA ANAEROBIK

Made Gunamantha¹, Ni Wayan Yuningrat²

^{1,2} Jurusan Analis Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pendidikan Ganesha
Singaraja, Indonesia

e-mail: md_gunamantha@yahoo.com, niwyuningrat@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi produksi biogas dari sampah daun pisang dan karakteristik residu yang dihasilkan dalam potensinya sebagai pupuk. Daun pisang dipilih karena merupakan komponen sampah biorganik utama khususnya pada sampah yang ditimbulkan di wilayah perkotaan di Bali. Percobaan dilakukan melalui perlakuan awal terhadap substrat daun pisang yang telah dikecilkan ukurannya. Perlakuan awal dilakukan dengan merendam substrat dalam larutan NaOH 0%, 0,25%, 0,75%, 1,25%, dan 1,75% (selanjutnya dinyatakan sebagai P0, P1, P2, P3, dan P4) dengan rasio larutan/daun pisang (1 L:250 gr) selama 1 hari pada temperatur udara sekitar sebelum diinkubasi dalam digester yang telah diisikan inokulum. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa biogas yang dihasilkan sangat tergantung pada kondisi perlakuan awal. Produksi biogas kumulatif dari masing-masing digester berturut-turut untuk P0, P1, P2, P3, dan P4 adalah 1438, 2159, 2255, 2443, dan 2722 mL. Adapun biogas *yield* (L/kg VS) yang dihasilkan dari masing-masing perlakuan berturut-turut untuk P0, P1, P2, P3, dan P4 adalah 146; 220; 229; 248; dan 277 L biogas per kilogram *volatile solid* (VS) substrat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan semakin meningkatnya konsentrasi NaOH yang diberikan dalam perlakuan awal, biogas *yield* yang dihasilkan juga semakin meningkat.

Kata kunci : sampah, daun pisang, lignin, biogas *yield*

Abstract

This study was conducted to determine the potential of biogas production from banana leaf litter and the characteristics of the resulting residue in its potential as a fertilizer. Banana leaves have been a major component biorganik garbage in garbage generated especially in urban areas in Bali. Experiments conducted through pretreatment of the substrate leaves pisang yang been reduced in size. Initial treatment is done by immersing the substrate in a solution of NaOH 0%, 0.25%, 0.75%, 1.25%, and 1.75% (hereinafter referred to as P0, P1, P2, P3, and P4) with a weight ratio solution/banana leaf (2:1) for 1 day at ambient air temperature before it was incubated in the digester is loaded inoculum. The results of this study showed that the biogas produced is highly dependent on the pretreatment conditions. Cumulative biogas production from digester P0, P1, P2,

P3, and P4 were 1438, 2159, 2255, 2443, and 2722 mL. The biogas yield resulting from each treatment or digester P0, P1, P2, P3, and P4 were 146; 220; 229; 248, and 277 L of biogas per kilogram of volatile solids substrate (L / kg VS). The results of this study indicate that with the increasing concentration of NaOH were given in the initial treatment, the yield of biogas produced was also increasing. In terms of the quality of sludge generated in its potential as a fertilizer, the ratio C / N in the sludge has met national standards of organic fertilizer. However, in the fluid part, the C / N ratio did not met the national standard of organic fertilizers.

Keywords : garbage, banana leaf, lignin, biogas yield

PENDAHULUAN

Proses pengolahan secara anaerobik pada awalnya digunakan untuk mengolah limbah domestik dan kotoran hewan (Owen et al., 1979; Palmisano, 1996). Mengingat biogas yang dihasilkan dari proses penguraian secara anaerobik ini memiliki nilai kalor yang cukup tinggi (5000 – 5500 kcal/kg), saat ini pemanfaatan proses ini telah berkembang luas seperti untuk pengolahan limbah industri dan limbah perkotaan termasuk sampah.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi rancangan dan kinerja proses penguraian secara anaerobik. Beberapa diantaranya berkaitan dengan karakteristik masukan sebagai substansi, rancangan digester dan kondisi operasi (FAO, 1997; Iglesias et al., 2000; Zhang et al., 2007). Karakteristik fisik dan kimia substrat adalah informasi yang sangat penting untuk merancang dan mengoperasikan digester anaerobik karena mempengaruhi produksi biogas dan stabilitas proses selama penguraian secara anaerobik. Karakteristik tersebut meliputi tetapi tidak terbatas pada kandungan air, *volatile solid*, kandungan nutrisi, ukuran partikel, dan biodegradabilitas (Buffiere et al., 2006).

Biodegradabilitas menjadi penting terutama bila biomassa dari

tanaman digunakan sebagai substrat dalam digester anaerobik seperti misalnya jerami padi, kulit kopi, fraksi organik sampah, dan limbah industri pertanian. Penguraian biomassa-biomassa tersebut umumnya lambat dan memerlukan waktu yang lama di dalam digester. Hal ini terutama karena kandungan lignoselulosa yakni polimer-polimer yang resisten terhadap proses degradasi biologik dari bahan-bahan tersebut.

Lignoselulosa merupakan komponen yang cukup besar dalam fraksi organik sampah. Lignoselulosa tersusun atas selulosa, hemiselulosa, lignin, bahan-bahan ekstraktif dan beberapa bahan anorganik. Daun pisang memiliki kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulosa berturut-turut 24,3; 20,4; dan 32,1% (Yadvika et al., 2004; Mohaputra et al., 2010). Selulosa, hemiselulosa, dan lignin membentuk struktur yang disebut dengan mikrofibril yang memediasi stabilitas secara struktural sel tanaman (Rubin, 2008 in Mtui, 2009). Oleh karena itu, tidak seperti stark dan sukrosa yang dapat dibiodegradasi dengan mudah menjadi monosakarida, pemanfaatan bahan-bahan legnoselulosik dalam proses biokonversi memerlukan pengolahan awal. Tujuan utama dari pengolahan

awal ini adalah untuk merubah atau menyisihkan penghalang secara struktur dan komposisional untuk menghidrolisis dan dilanjutkan dengan tahapan penguraian berikutnya. Dalam hal ini adalah upaya untuk meningkatkan degistabilitinya, meningkatkan laju hidrolisis enzim, dan akhirnya meningkatkan hasil produk yang diinginkan (Hendriks and Zeeman, 2009).

Vacciano et al. (1987 dalam Taherzadeh et al., 2008) telah mempelajari pengaruh pengolahan awal dengan SO_2 , Na_2CO_3 , dan NaOH terhadap distabilitas enzimatis pada kulit buah anggur. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pengaruh degradasi terbesar diperoleh dari pengolahan awal dengan konsentrasi larutan NaOH 10% pada 120°C . Neves et al. (2006) menggunakan NaOH sebagai alkali untuk melakukan pengolahan awal terhadap fraksi organik sampah (FOS) perkotaan. Ditegaskan bahwa pengolahan awal terhadap bahan-bahan yang mengandung lignoselulosik dapat meningkatkan biodegradabilitasnya.

Penelitian terkait yang memanfaatkan daun pisang belum dilakukan. Mengingat potensi limbah daun pisang di Bali cukup dominan dalam komponen sampah, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk

mengetahui potensi produksi biogas dari sampah daun pisang yang diberikan perlakuan awal menggunakan larutan NaOH .

METODE

Penetapan Perangkat Percobaan

Digester dibuat dari botol besar air mineral ukuran 17 L. Volume kerja *digester* dirancang 10 L. Sisanya 7 L pada bagian atas disediakan sebagai ruang untuk timbulan gas. Lima botol besar (selanjutnya disebut tabung A) digunakan dengan disediakan penutup dari *rubber stopper* pada bagian atasnya yang dilengkapi pipa penyalur gas. Gas diukur dengan metode *water displacement method* dengan cara membalik botol plastik volume 1 L (selanjutnya disebut tabung B). Setiap botol A dihubungkan dengan botol B menggunakan selang plastik. Botol B diisi dengan larutan NaCl jenuh agar biogas yang dihasilkan tidak larut di dalamnya. Biogas yang dihasilkan dari botol A akan mengalir melalui selang ke botol B. Selanjutnya gas yang mengalir ke botol B akan menekan larutan dalam botol B sehingga akan memindahkan larutan tersebut. Larutan yang dipindahkan ditampung dalam tabung C. Banyaknya larutan yang dipindahkan inilah dipertimbangkan sebagai jumlah biogas yang dihasilkan (Gambar 1).



Gambar 1. Rangkaian Peralatan Percobaan.

Langkah Percobaan

1. Daun pisang yang telah dicacah untuk dijadikan umpan (substrat) disiapkan sebelumnya dan diberikan pengolahan awal.
2. Pengolahan awal terhadap daun pisang dilakukan dengan merendam daun pisang dalam larutan NaOH 0% (Blanko), 0,25%, 0,75%, 1,25%, dan 1,75% dengan rasio 250 gr daun pisang dalam 1 L larutan NaOH selama 1 hari pada temperatur udara sekitar.
3. *Digester* dioperasikan dengan volume kerja yang sama untuk tanpa substrat (starter/inokulum saja), untuk substrat tanpa pengolahan awal dan untuk substrat yang diberikan pengolahan awal.
4. Inokulum yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam masing-masing *digester* sebanyak 30% (3 L) dari volume kerja *digester* (17 L).
5. Substrat daun pisang yang telah diberikan perlakuan awal dimasukkan ke dalam masing-masing *digester* dan ditambahkan dengan air bebas klor hingga volumenya mencapai 10 L.
6. *Digester* yang hanya berisi starter ditambahkan air hingga volume kerja reaktor dan dinkubasi pada temperatur yang sama sebagai koreksi biogas yang dihasilkan dari satarter
7. *Digester* ditutup dengan rapat.
8. *Digester* diinkubasi selama 34 hari pada suhu udara sekitar.
9. Biogas yang dihasilkan diamati dari jumlah larutan yang dipindahkan dari tabung B ke tabung C.
10. Bagian cairan dan *sludge* yang dihasilkan setelah 10 hari inkubasi dianalisis kandungan Total karbon organik dan nitrogennya.

Metode Analisis Parameter-Parameter yang Diamati

Untuk mengkarakterisasi sampah daun pisang dan mengevaluasi kinerja *digester*, beberapa parameter diukur dan ditentukan dengan mengikuti metode standar American of Public Health Association (APHA) dan American Standar for Testing Metterial (ASTM). Total solid (TS) dan *Volatile Solid* ditentukan dengan metode ASTM sedangkan Karbon Organik, dan Total Kjehdal Nitrogen (TKN) ditentukan menurut metode APHA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daun pisang yang digunakan dipotong secara manual menjadi partikel-partikel dengan ukuran 2-5 mm. Setelah dikeringkan di udara bebas, partikel-partikel daun diwadahi plastik gelap dan disimpan dalam lemari es menunggu untuk digunakan. Adapun inokulum yang digunakan dalam penelitian ini disiapkan dari kotoran sapi segar. Sebelum digunakan, inokulum diadaptasikan dulu dengan daun pisang pada kondisi anaerobik.

Hal ini dilakukan agar mikroorganismenya dalam inokulum dapat menyesuaikan diri dengan substrat baru.

Penentuan karakteristik daun sebagai substrat dan inokulum dilakukan sebelum substrat dikubasi. Parameter-parameter uji yang ditentukan meliputi ukuran partikel, kadar air, *total solid* (TS), *volatile solid* (VS), dan kandungan total karbon organik dan nitrogen. Tabel 1 menunjukkan karakteristik substrat daun pisang dan inokulum.

Tabel 1 Karakteristik Daun pisang dan Inokulum

Bahan	Nilai
Partikel daun pisang	
Ukuran partikel (mm)	2 - 5
Kandungan air (%)	68,96
TS (%)	31,04
VS (%)	88,71
Kandungan C dalam TS (basis kering) (%)	3,55
Kandungan N dalam TS (basis kering) (%)	0,78
Inokulum	
TS (g/L)	61,79
VS (g/L)	99,84
Kandungan C dalam TS (basis kering) (%) ppm	0,19
Kandungan N dalam TS (basis kering) (%)	0,02

Penguraian secara anaerobik adalah proses biologis di mana bahan organik biodegradable diurai dalam ketiadaan oksigen untuk menghasilkan biogas yang merupakan campuran dari gas CH₄ (55-75 %), CO₂ (25-45 %), H₂ (0-3 %), N₂ (1-5 %), CO (0-0,3 %), H₂S (0,1-0,5), dan uap air (dalam jumlah kecil) (Paus et al.,1987). Bahan organik dapat terdegradasi melalui rangkaian tahapan proses hidrolitik, asidogenik, asetonik, dan metanogenik untuk menghasilkan biogas. Meskipun, daun pisang memiliki kandungan selulosa tinggi tetapi juga

mengandung lignin dan silika yang menghambat aktivitas mikroba untuk memproduksi biogas. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan awal terhadap daun pisang untuk memungkinkan selulosa menjadi lebih mudah diakses oleh mikroorganismenya secara enzimatik. Dalam penelitian ini pengolahan awal dilakukan secara kimia dengan hidrolisis basa menggunakan NaOH.

Beberapa faktor lain yang juga mempengaruhi adalah ketersediaan substrat, dan inokulum. Substrat sedapat mungkin harus dikarakterisasi

hususnya untuk komponen total padatan (TS) dan padatan mudah menguap (VS), karbon organik, total nitrogen, dan fosfor. Karakteristik lain yang penting adalah kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulosa, khususnya substrat yang berasal dari turunan tanaman atau limbah pertanian. Karakterisasi terhadap komponen-komponen tersebut harus selalu dipertimbangkan karena keberadaan lignin yang tidak diuraikan akan berkontribusi terhadap potensi biogas yang dihasilkan oleh substrat (Buffière et al. 2006).

Tabel 1 menunjukkan bahwa ukuran partikel substrat daun pisang yang digunakan berkisar antara 2-5 mm. Ukuran partikel juga faktor penting yang mempengaruhi cepat lambatnya proses biodegradasi. Ukuran yang semakin kecil akan memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga akan lebih mudah diuraikan. Kadar padatan total (TS) dari substrat adalah 31,04% atau kadar airnya 68,96%. Pada penguraian secara anaerobik kandungan padatan terlarut umumnya berada pada rentangan 5 – 10%. Oleh karena itu dalam hal ini diperlukan penambahan air. Dalam penelitian ini massa substrat yang digunakan pada masing-masing *digester* adalah 250 gr dalam 7 liter air. Mengingat TS daun pisang adalah 31,04% maka sebanyak 77,6 gr berat kering daun atau 11,086 gr TS/L sebagai kondisi substrat awal dari masing-masing *digester*. Kadar VS partikel daun adalah 88,71% sehingga VS awal dari substrat dalam volume kerja *digester* adalah 9.834 g/L. Adapun kadar total karbon dan nitrogen pada bahan baku berturut-turut adalah 3,55 dan 0,78 % (basis kering).

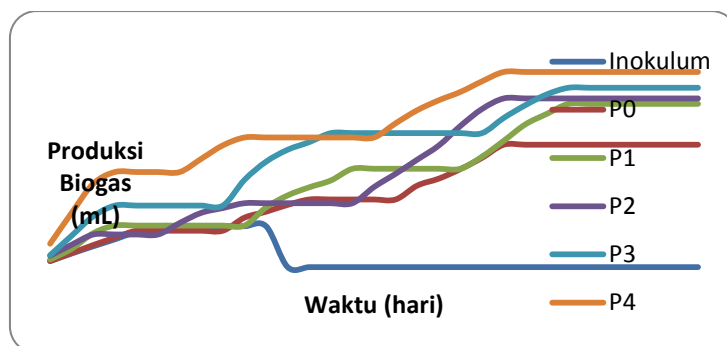
Ketersediaan substrat berpengaruh secara signifikan dalam uji *biometnanation potential* (BMP) atau produksi gas karena mempengaruhi rasio antara permukaan dan volume untuk setiap partikel organik. Rasio ini sangat penting karena mikroorganisme hanya dapat mendegradasi zat pada permukaan padatan organik (Esposito et al., 2012). Rasio substrat/inokulum (S/I) juga mempengaruhi kinerja uji BMP. Menurut Neves et al. (2004 dalam Esposito) rasio S/I berkisar antara 0,5 dan 2,3 gVS/gVS dapat mencegah terjadinya pengasaman. Ketidakstabilan dalam proses anaerobik, seperti tingginya beban organik dalam *effluent* dan akumulasi asam lemak volatil dapat terjadi karena rasio S/I tidak sesuai (Suharso et al., 2012). Feng et al. (2013) melaporkan, rasio S/I 1 menghasilkan gas *yield* tertinggi dan rasio S/I 6 menghasilkan biogas *yield* terendah. Berbeda dengan Feng, Suharso et al. (2012) melaporkan bahwa biogas *yield* tertinggi dihasilkan pada rasio S/I pada rentangan 17,64 – 35,27. Namun demikian, kedua penelitian tersebut menggunakan jenis substrat dan inokulum yang berbeda. Dalam penelitian ini rasio S/I yang digunakan adalah 0,45.

Pengolahan awal terhadap daun pisang dilakukan dengan merendam daun pisang dalam larutan NaOH 0% (Blanko), 0,25%, 0,75%, 1,25%, dan 1,75%. Hasil dari masing-masing perlakuan ini selanjutnya dimasukkan ke dalam *digester* berturut-turut diidentifikasi sebagai *digester* P0, P1, P2, P3, dan P4. *Digester-digester* tersebut diinkubasi selama 34 hari pada suhu sekitar. Produksi biogas dari masing-masing *digester* ditentukan

dengan metode volumetrik, dalam hal ini menggunakan peralatan pemindah likuid (*liquid displacement methods*). Biogas dari reaktor yang masuk pada tabung yang berisi cairan selanjutnya memindahkan volume likuid dalam jumlah yang ekuivalen. Dalam upaya untuk mencegah biogas terlarut dalam air, larutan garam yang telah diasidifikasi disiapkan dengan menambahkan NaCl ke air hingga larutan superjenuh terbentuk. Dua hingga tiga tetes asam sulfat pekat ditambahkan untuk mengasidifikasi larutan garam. Larutan yang telah terbentuk ini dimasukkan dalam tabung palstik 1000 mL. Biogas yang mulai dihasilkan di dalam *digester* akan mengalir masuk mengisi tabung yang berisi larutan garam. Mengingat biogas tidak larut dalam larutan, kenaikan tekanan akan memberikan daya dorong untuk memindahkan larutan. Larutan yang dipindahkan diukur yang merepresentasikan jumlah biogas yang dihasilkan. Jumlah biogas ditentukan baik melalui volume larutan garam yang dipindahkan.

Selanjutnya biogas yang dihasilkan dihitung dengan mengurangi biogas yang dihasilkan oleh inokulum dari biogas yang dihasilkan dalam uji dengan menggunakan substrat daun pisang dan inokulum. Kumulatif biogas yang dihasilkan dihitung sebagai jumlah biogas yang dihasilkan sepanjang periode inkubasi. Data produksi gas harian dan kumulatif ditunjukkan pada Gambar 2.

Produksi biogas terhadap waktu dari *digester* P0, P1, P2, P3, dan P4 ditunjukkan pada Gambar 2. Substrat P0 (tanpa perlakuan awal) memerikan biogas *yield* yang terendah. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2, pada awal proses penguraian (dari hari kedua hingga keenam), dihasilkan 107, 141, 142, 130, dan 123 ml biogas berturut-turut pada hari ke-2, 3, 4, 5, dan 6 atau 643 mL biogas kumulatif dihasilkan pada keseluruhan hari tersebut. Selanjutnya 4 hari tidak aktif dan baru aktif lagi pada hari ke-11 hingga ke-16. Aktivitas terhenti lagi hingga hari ke-20 dan aktif lagi pada hari ke-21 hingga ke-25 sehingga kumulatif biogas yang dihasilkan 2160 mL. Aktifitas yang periodikal ini mungkin disebabkan oleh metanogen mengalami proses pertumbuhan methamorphik dengan mengkonsumsi prekursor metana yang dihasilkan dari aktifitas di awal proses. Sebagaimana yang dilaporkan oleh Deublein and Steinhauser, (2008), pada tahap awal dari keseluruhan proses produksi biogas, bakteri pembentuk asam menghasilkan asam lemak mudah menguap atau *volatile fatty acid* (VFA) yang mengakibatkan penurunan pH dan mengurangi pertumbuhan bakteri metanogenik dan methagogenesis. Artinya, pembentukan asam yang berakibat pada penurunan nilai pH berpengaruh terhadap inaktivasi dalam memproduksi biogas. Perubahan jumlah bakteri fermentasi dan metanogen serta pH juga dapat mengakibatkan perubahan produksi biogas harian hingga akhirnya tidak diproduksi biogas lagi (Soewarno, dkk., 2011).



Gambar 2. Produksi Gas Harian dan Komulatif

Digester P1 dalam 4 hari pertama menunjukkan adanya produksi biogas. Pada hari ke-6 hingga hari ke-11 biogas tidak diproduksi. Pada hari ke-12 baru ada produksi lagi hingga hari ke-18. Selanjutnya kembali mengalami masa inaktif hingga hari ke-23. Lamanya masa tidak aktif disebabkan oleh kandungan lignin yang masih tinggi dalam substrat. Produksi biogas terjadi lagi pada hari ke-24 hingga hari ke-28 kemudian mengalami periode tidak aktif lagi hingga hari ke 34. *Digester* P2 pada awal periode operasi (hari ke-2 hingga ke-4) menunjukkan adanya produksi biogas. Jumlah biogas yang dihasilkan pada hari ke-2, 3, dan 4 berturut-turut adalah 221 mL, 195 mL, dan 180 mL. selanjutnya mengalami fase inaktif hingga hari ke-7. Pada hari ke-8 hingga ke-11 biogas diproduksi lagi begitu selanjutnya mengalami fase inaktif lagi hingga hari ke-18. Pada periode berikutnya produksi biogas terjadi lagi yakni dari hari ke-19 hingga hari ke-25 dan mengalami fase inaktif hingga hari terakhir pengamatan.. Dalam *digester* ini ditunjukkan bahwa waktu retensi substrat adalah 25 – 28 hari. Keberadaan lignin sangat mempengaruhi waktu retensi substrat. Pada *digester* P3 diamati total produksi

biogas 2543 mL. Pola produksi biogas pada *digester* ini juga bersifat periodik. Selama 34 hari pengamatan, terdapat tiga periode produksi biogas yakni pada periode pertama dari hari ke-2 hingga ke-5, periode kedua dari hari ke-11 hingga hari ke-17 dan periode ketiga dari hari ke-24 hingga ke-28. Volume komulatif biogas yang dihasilkan dari *digester* ini lebih tinggi daripada *digester* P2.

Sebagaimana pada *digester* yang sebelumnya, pada *digester* P4, produksi biogas juga terjadi secara periodik. Pada periode pertama biogas diproduksi dari hari ke-2 hingga hari ke-5 selanjutnya mengalami fase inaktif hingga hari ke-8. Biogas diproduksi lagi pada hari ke-9 hingga hari ke-11 dan inaktif lagi hingga hari ke-19. Pada hari ke-20 biogas diproduksi lagi hingga hari ke-25 dan selanjutnya mengalami fase inaktif lagi hingga akhir pengamatan.

Penelitian ini menunjukkan bahwa biogas yang dihasilkan sangat tergantung pada karakteristik substrat. Mengingat kandungan lignin dan selulosa yang masih tinggi pada substrat P0, maka produksi biogas komulatif yang dihasilkan paling rendah. Produksi biogas komulatif dari masing-masing *digester* berturut-turut untuk P0,

P1, P2, P3, dan P4 adalah 1438, 2159, 2255, 2443, dan 2722 mL. Adapun biogas *yield* (L/g VS) yang dihasilkan dari masing-masing perlakuan atau *digester* berturut-turut untuk P0, P1, P2, P3, dan P4 adalah 0,146; 0,220; 0,229; 0,248; dan 0,277 L biogas per gram *volatile solid* (VS) substrat. Bila biogas *yield* dinyatakan dalam L/kg TS maka berturut-turut untuk P0, P1, P2, P3, dan P4 adalah 165, 248, 258, 280, dan 321 L/kg TS. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan semakin meningkatnya konsentrasi sodium hidroksida yang diberikan dalam perlakuan awal, biogas *yield* yang dihasilkan juga semakin meningkat. Hosseini et. al. (2011) melaporkan

bahwa dengan meningkatnya konsentrasi sodium hidroksida dari 15 hingga 30 gr/L telah meningkatkan biodegradabilitas jerami padi sehingga meningkatkan biogas yang dihasilkan. Namun, penting untuk dicatat bahwa penggunaan NaOH yang terlalu banyak akan memberikan suasana basa pada substrat yang terlalu tinggi sehingga akan mempengaruhi aktifitas mikroorganismenya.

Bila dibandingkan dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan dengan tanpa pengolahan dari berbagai limbah biomassa memberikan biogas *yield* yang berbeda-beda. Hasil-hasil penelitian tersebut ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Perbandingan dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

No.	Peneliti	Substrat	Biogas	Kondisi
1	Iyagba et.al (2009)	Kotoran ternak dan sekam padi	10,78 L/kg TS; 13,49 L/kg VS	Temperature kamar 26 – 29°C
2	Kavitha (2007)	Limbah sayur	391 L/kg VS	Temperatur kamar
3	Lei et et.al (2010)	Jerami padi	280 – 300 L/kg TS; 330 – 350 L/kg VS	Temperatur kamar
4	Soewarno, dkk.	Sampah organik	401 L/kg TS	Pada suhu kama (mesofilik) 25 – 30°C
5	Anunputtikul and Rodtong (2004)	Umbi singkong	356,35 L/kg TS	
6	Bardiya et.al (1996)	Kulit buah pisang	231 L/kg TS	Temperatur kamar
7	Kalia et. al (2000)	Batang pisang	267 – 271 L/kg TS	Mesofilik

Walaupun tidak diberikan perlakuan awal terhadap bahan sumber substrat, beberapa substrat sebagaimana yang ditunjukkan dalam Tabel 4.5 memiliki potensi untuk

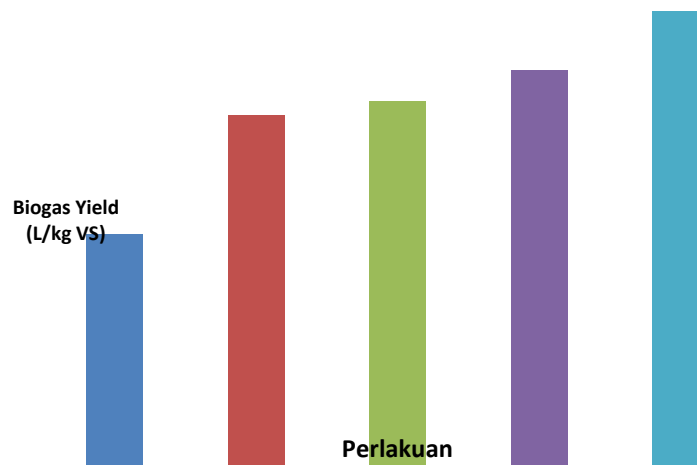
menghasilkan biogas lebih besar dibandingkan dengan hasil penelitian ini. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bila tanpa dilakukan pengolahan awal, biogas *yield* yang dihasilkan 165 L/Kg

TS. Kecuali bila dibandingkan dengan sekam padi, biogas *yield* yang diberikan jauh lebih rendah dibandingkan dengan substrat lainnya. Namun demikian setelah diberikan perlakuan awal, biogas *yield* yang dihasilkan dari daun pisang dapat mendekati substrat lainnya yang ditunjukkan pada Tabel 2. Hal ini menunjukkan tingginya kandungan lignin pada pada daun pisang. Mohapatra et al. (2010) melaporkan bahwa daun pisang memiliki kandungan lignin tertinggi (24,3%) dibandingkan dengan bagian-bagian dari pohon pisang lainnya. Kenyataan ini menunjukkan bahwa daun pisang relatif kurang potensial untuk menghasilkan biogas demikian pula pengolahan awal dengan menggunakan NaOH juga kurang efektif dibandingkan dengan substrat lainnya yang tanpa pengolahan awal. Gambar 3 menunjukkan potensi

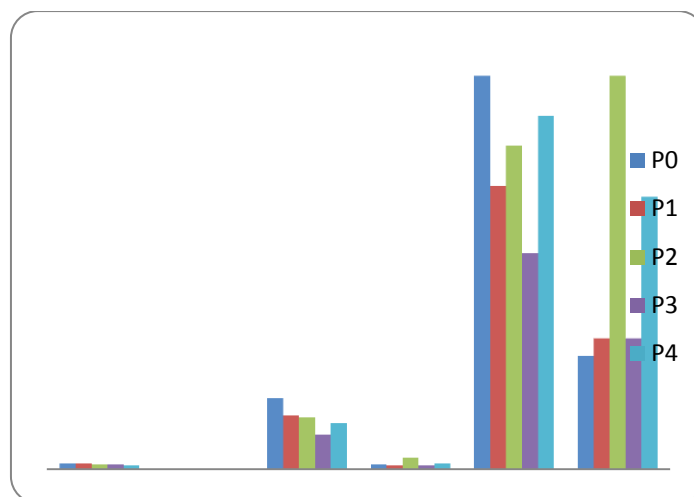
biogas yield dari masing-masing perlakuan.

Kualitas *Sludge* dan Cairan

Sludge dan cairan adalah dua komponen utama yang dihasilkan dari proses penguraian secara anaerobik. Kandungan C-organik dan total Nitrogen adalah informasi penting untuk mengetahui potensi *sludge* dan cairan sisa hasil pengolahan secara anaerobik untuk dimanfaatkan sebagai pupuk. Kedua unsur tersebut merupakan unsur hara utama yang dibutuhkan oleh tanaman. Karbon organik merupakan salah satu yang diperlukan oleh tanaman dalam jumlah banyak dan berfungsi sebagai pembangun bahan organik. Adapun nitrogen berfungsi sebagai nutrient atau biostimulan. Hasil analisis kandungan karbon organik dan total nitrogen dan nilai C/N dari *sludge* dan cairan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3 Potensi Biogas (komulatif) untuk Berbagai Perlakuan Awal Terhadap Substrat



Gambar 4 Kualitas *Sludge* dan Cairan setelah Penguraian

Gambar 4 menunjukkan bahwa kandungan karbon organik dan N total dari masing-masing perlakuan bervariasi dari 1,14 – 2,34 dan 0,13 – 0,19 berturut-turut untuk kandungan C dan N pada bagian *sludge*. Demikian pula pada bagian cairan, kandungan C dan N lainnya bervariasi dari 0,13 – 0,39 dan 0,04 – 0,04 berturut-turut untuk kandungan C dan N total. Adapun rasio C/N yang ditunjukkan pada masing-masing bagian adalah dari 7,13 – 13 dan 3,75 – 13 berturut-turut untuk bagian *sludge* dan cairan. Menurut SNI 19-7030 tahun 2004, standar rasio C/N untuk pupuk cair organik adalah 11 – 20. Berdasarkan standar tersebut maka hanya satu perlakuan yang menunjukkan rasio C/N pada bagian cairannya telah memenuhi standar tersebut. Pada sisi lain hampir semua perlakuan, rasio C/N pada bagian *sludgenya* telah memenuhi standar tersebut. Perbedaan rasio C/N pada bagian cairan dan *sludge* yang cukup lebar ini, menunjukkan bahwa substrat pada bagian cairan adalah yang

diuraikan oleh mikroorganisme sedangkan pada bagian *sludge* merupakan sel-sel yang sudah mati atau sisa substrat yang tidak diuraikan. Pada kondisi anaerobik karbon organik tersebut telah diubah menjadi sel-sel mikroorganisme baru, karbondioksida, metana, dan gas lainnya dalam jumlah kecil.

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa biogas yang dihasilkan sangat tergantung pada karakteristik substrat. Mengingat kandungan lignin yang masih tinggi pada substrat P0, maka produksi biogas kumulatif yang dihasilkan paling rendah. Produksi biogas kumulatif dari masing-masing *digester* berturut-turut untuk P0, P1, P2, P3, dan P4 adalah 1438, 2159, 2255, 2443, dan 2722 mL. Adapun biogas *yield* (L/kg VS) yang dihasilkan dari masing-masing perlakuan atau *digester* berturut-turut untuk P0, P1, P2, P3, dan P4 adalah 146; 220; 229; 248; dan 277 L biogas per kilogram *volatile solid* (VS)

substrat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan semakin meningkatnya konsentrasi NaOH yang diberikan dalam perlakuan awal, biogas *yield* yang dihasilkan juga semakin meningkat. Bila dilihat dari kualitas *sludge* yang dihasilkan dalam potensinya sebagai pupuk, rasio C/N pada *sludge* telah memenuhi standar pupuk organik nasional. Namun tidak demikian halnya dengan bagian cairan. Rasio C/N pada bagian ini tidak memenuhi standar pupuk organik nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Anunputtikul, W and Rodtong, S. 2004. *Laboratory Scale Experiments for Biogas Production from Cassava Tubers*. The Joint International Conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE). Hun-Hin Thailand.
- Bardiya, N., Somayaji, D., and Khanna. 1996. Biomethanation of Banana Peel and Pineapple Waste. *Bioresource Technology* 58 (1996) 73-76
- Buffiere, P.; Loisel, D.; Bernet, N.; Delgenes, J.P. 2006. Towards New Indicators for The Prediction of Solid Waste Anaerobic Digestion Properties. *Water Sci. Technol.* 53, 233-241.
- Deublein, D and Steinhäuser, A. 2008. *Biogas From Waste and Renewable Resources*. Wiley-Vch. Singapore
- Esposito, G., Frunzo, L., Liotta, F., Panico, A., and Pirozzi, F. Bio-Methane Potential Tests To Measure The Biogas Production From The Digestion and Co-Digestion of Complex Organic Substrates. *The Open Environmental Engineering Journal*, 2012, 5, 1-8
- FAO, 1997. Renewable Biological Systems for Alternative Sustainable Energy Production. FAO Agricultural Services Bulletin – 128
- Hendriks ATWM, Zeeman G. 2009. Pretreatments to Enhance The Digestibility of Lignocelluloses Biomass. *Bioresour. Technol.* doi:10.1016/j.biortech.2008.05.027. 100(1)10-18.
- Hosseini S.M., Aziz, H.A., Meisam, S., Kiamahalleh V. 2011. *Optimization of NaOH thermo-chemical pretreatment for enhancing solubilisation of rice straw by Response Surface Methodology*. 11th edition of the World Wide Workshop for Young Environmental Scientists (WWWYES-2011) - Urban Waters: resource or risks?, Arcueil : France
- Iglesias, J.R., Pelaez, L.C., Maison, E.M., 2000. Biomethanization of municipal solid waste in a pilot plant. *Water Research* 34, 447–454.
- Iyagba, E.T., Mengibo, I.A., Mohammad, Y.S. 2000. The study of cow dung as co-substrate with rice husk in biogas production. *Scientific Research and Essay Vol.4 (9)*, pp. 861-866

- Kalia, V.C., Sonakya, V., and Raizada, N. 2000. Anaerobic Digestion of Banana Stem Waste. *Bioresource Technology* 73 (2000) 191-193
- Kavitha, E.S dan Joshep, K. 2007. Biomethanation of Vegetable Wastes. *Journal of The IPHE India, Vol2007-08. No.3*
- Lei, Z., Chen, J., Zhang, Z., Sugiura, N. 2010. Methane production from rice straw with acclimated anaerobic sludge: Effect of phosphate supplementation. *Bioresource Technology* 101 (2010) 4343–4348
- Mohaputra, D., Mushra, S., and Sutar, N. 2010. Banana and its by-product utilization: an Overview. *Journal of Scientific & Industri Research. Vo. 69. 323-329.*
- Mtui, G.Y.S. 2009. Recent advances in pretreatment of lignocellulosic wastes and production of value added products. *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (8), pp. 1398-1415,
- Neves, L.,Ribeiro, R., Oliveira, R., and Alves, M.M. 2006. Enhancement of Methane Production From Barley Waste. *Biomass and Bioenergy* 30, 599–603
- Owen, W.F., Stuckey, D.C., Healy Jr., J.B., Young, L.Y., and McCarty, P.L. 1979. Bioassay for monitoring biochemical methane potential and anaerobic toxicity, *Water Resour.*, vol. 13, pp. 485-492
- Palmisano, A,C; Barlaz,M,A. 1996. *Microbiology of Solid waste.* Florida. CRC Press. Inc
- Pauss, A., Naveau, H., and Nyns, E.J. 1987. Biogas Production. In: *Biomass* (eds. Hall, D.O. & Overend, R.P.) pp. 273-291. A Wiley-Interscience Publication, New York.
- Soewarno, N., Sato, A., and Muchayat. 2009. Pengolahan Sampah Organik untuk Memproduksi Biogas Sebagai Sumber Energi Terbarukan. 2009. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia-STNKI 2009. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Sunarso, Johari, Widiassa, I.N., and Budiyo. The Effect of Feed to Inoculums Ratio on Biogas Production Rate from Cattle Manure Using Rumen Fluid as Inoculums. *Internat. J. of Waste Resources, Vol. 2(1):1-4.*
- Taherzadeh, M.J and Karimi, K. 2008. Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: A Review. *International Journal of Molecular Sciences. 9, 1621-1651*
- Yadvika., Santosh., Sreekrishnan., T.R., Kohli, S., and Rana, V. 2004. Enhancement of Biogas Production from Solid Substrates Using Different Techniques—a review. *Bioresource Technology* xxx (2004) xxx–xxx. Science direct. Elsevier.
- Zhang R., El-Mashad, H.M., Hartman, K., and Wang F. 2007. Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion. *Bioresource Technology* 98, 929–935.