

**PENDAYAGUNAAN LIMBAH SERASAH DI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SURAKARTA MENGGUNAKAN DUA JENIS FESES UNTUK PRODUKSI
BIOGAS SKALA LABORATORIUM**

NASKAH PUBLIKASI

**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Mencapai Derajat Sarjana S-1
Program Studi Pendidikan Biologi**



Disusun oleh :

ASITYA NOOR CAHYA PERDANA

A 420 090 224

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2013



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**

Jl. A. Yani Tromol Pos I – Pabelan, Kartasura Telp. (0271) 717417. Fax : 7151448 Surakarta 57102

Surat Persetujuan Artikel Publikasi Ilmiah

Yang bertanda tangan ini pembimbing skripsi/ tugas akhir :

Nama : Dr. Siti Chalimah, M.Pd.

NIP/NIK/NIDN : 07116125901

Telah membaca dan mencermati naskah artikel publikasi ilmiah, yang merupakan ringkasan skripsi/tugas akhir dari mahasiswa:

Nama : Aditya Noor Cahya Perdana

NIM : A 420090224

Program Studi : Pendidikan Biologi

Judul Skripsi :

”PENDAYAGUNAAN LIMBAH SERASAH DI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA MENGGUNAKAN DUA JENIS FESES UNTUK PRODUKSI BIOGAS SKALA LABORATORIUM “

Naskah artikel tersebut, layak dan dapat disetujui untuk dipublikasikan.

Demikian persetujuan dibuat, semoga dapat dipergunakan seperlunya.

Surakarta, 25 Juli 2013

Pembimbing,

Dr. Siti Chalimah, M.Pd

NIDN. 07116125901

**PENDAYAGUNAAN LIMBAH SERASAH DI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SURAKARTA MENGGUNAKAN DUA JENIS FESES UNTUK PRODUKSI
BIOGAS SKALA LABORATORIUM**

Aditya Noor Cahya Perdana¹, Dr. Siti Chalimah, M. Pd².

¹Mahasiswa Pendidikan Biologi FKIP UMS, aditya.aeinstein@gmail.com

²Staf Pengajar UMS Surakarta Chalimah_tuban@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pemanfaatan energi fosil yang berlebihan dapat menimbulkan krisis energi. Salah satu gejala krisis energi yang terjadi akhir-akhir ini yaitu kelangkaan bahan bakar minyak. Ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar fosil merupakan masalah penting saat ini, sehingga diperlukan beberapa alternatif pemecahan masalah. Dengan proses anaerob, limbah organik berupa limbah serasah di Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan penambahan limbah peternakan berupa feses sapi dan feses kuda dapat dihasilkan biogas, sebagai sumber energi terbarukan (renewable energy). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui produksi biogas terbaik dari limbah limbah serasah dengan penambahan feses yang berbeda. Metode penelitian menggunakan pola rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari satu faktor penambahan feses yaitu SA (serasah dengan feses sapi), SB (serasah dengan feses kuda). Parameter pengamatan meliputi produksi biogas, suhu, pH, dan karakteristik limbah biogas dengan nilai kisaran TV, VS, COD. Analisis data dengan anova satu jalur dan dilanjutkan dengan uji DMRT 5%. Produksi biogas tertinggi diperoleh dari proses anaerob selama 6 minggu adalah pencampuran limbah serasah dengan feses sapi sebesar 4645 ml.

Kata Kunci : Biogas, Limbah Organik, Limbah Peternakan, Limbah Biogas

A. PENDAHULUAN

Energi mempunyai peranan yang penting dalam kehidupan manusia. Hampir semua aktivitas manusia sangat tergantung pada energi. Berbagai alat pendukung, seperti alat penerangan, motor, dan mesin industri dapat difungsikan jika terdapat energi. Pemanfaatan energi, seperti energi matahari, energi air, energi listrik, energi minyak bumi, energi batu bara, energi nuklir, dan energi gas memang sudah dilakukan sejak dahulu. Pemanfaatan energi fosil yang berlebihan dapat menimbulkan krisis energi. Salah satu gejala krisis energi yang terjadi akhir-akhir ini yaitu kelangkaan bahan bakar minyak (BBM), seperti minyak tanah, bensin, dan solar. Kelangkaan terjadi karena tingkat kebutuhan BBM sangat tinggi dan selalu meningkat setiap tahunnya. Sementara itu, minyak bumi berjumlah terbatas dan membutuhkan waktu berjuta-juta tahun untuk proses pembentukannya.

Masalah-masalah yang ditimbulkan akibat penggunaan BBM menyebabkan kebutuhan akan energi alternatif yang sifatnya lebih ramah lingkungan menjadi suatu kebutuhan yang tidak dapat ditawar lagi. Saat ini telah tersedia beberapa sumber energi alternatif, seperti energi thermal, energi yang berasal dari angin, air, dan matahari (Kalia dan Purohit, 2008). Dibandingkan dengan bahan bakar minyak, sumber-sumber energi tersebut tidak dapat langsung digunakan sebagai bahan bakar. Selain sumber-sumber yang telah disebut diatas, bioenergi merupakan salah satu alternatif sumber energi yang diyakini dapat mengatasi permasalahan-permasalahan yang ditimbulkan oleh energi berbahan bakar minyak.

Salah satu bioenergi yang sangat prospektif adalah biogas, biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi tanpa oksigen (anaerob). Komponen biogas ± 60% CH₄ (metana), ± 38 % CO₂ (karbon dioksida), ± 2 % N₂, O₂, H₂, dan H₂S. biogas dapat dibakar seperti elpiji, dalam skala besar biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik, sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan (Musnif, *dkk*, 2006).

Biogas didefinisikan sebagai gas yang dilepaskan jika bahan-bahan organik (seperti, kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam dan daun-daun) difermentasikan atau mengalami proses metanisasi (Hambali *et al*, 2007). Fermentasi bahan organik dilakukan oleh bakteri anaerob. Proses metanisasi menghasilkan suatu gas yang sebagian besar merupakan metan dan karbon dioksida.

Dunia peternakan merupakan salah satu penghasil biomassa yang berlimpah, antara lain limbah cair (urin) dan padat (kotoran) serta penghasil gas metan yang cukup tinggi. Gas metan merupakan salah satu penyebab terjadinya pemanasan global dan perusakan ozon, dengan laju 1 % pertahun dan terus meningkat. Kotoran ternak yang dibiarkan saja akan terbawa air masuk ke dalam tanah atau sungai yang kemudian mencemari air tanah dan air sungai. Kotoran ternak mengandung racun yang membahayakan kesehatan manusia dan lingkungannya (Suryahadi *et al*, 2002).

Limbah organik merupakan limbah yang mudah terurai yang mengandung unsur karbon (C), kandungan unsur C dapat mempercepat proses penguraian oleh mikroorganisme. Suprihatin (1999), menggolongkan limbah menjadi dua, yaitu limbah organik dan anorganik. Limbah organik merupakan limbah terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam. Atau dihasilkan dari kegiatan pertanian, perikanan atau lainnya. Termasuk di dalamnya adalah limbah rumah tangga seperti limbah dapur, sisasayuran, kulit buah, dan daun. Limbah anorganik adalah limbah yang berasal dari sumber daya alam tak terbarui seperti mineral dan minyak bumi atau dari proses industri.

Hasil penelitian Dodik Luthfianto (2011), produksi biogas dari penyampuran inokulum kotoran ayam dengan substrat enceng gondok 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, hal ini karena pada awal-awal minggu proses perombakan oleh bakteri methanogen belum sempurna sehingga produksi gas masih rendah. Pada pengenceran 1:3 produksi terbaik

pada minggu ke-3 yaitu 240,25 ml dan hasil terendah pada awal minggu yaitu 96,5 ml.

Limbah serasah yang terdapat pada Universitas Muhammadiyah Surakarta tergolong sangat tinggi. Di setiap lokasi ditumbuhi dengan tumbuhan yang relatif besar ukurannya. Hal ini menyebabkan tingkat daun yang gugur sangat tinggi. Hasil observasi terhadap pekerja yang selalu mengumpulkan serasah diperoleh setiap harinya terdapat lebih kurang 200 kw serasah masih tercampur dengan bagian tumbuhan yang lain seperti ranting dan batang, tetapi hanya dibuang begitu saja, tidak dimanfaatkan. Hal ini dapat menyebabkan adanya pencemaran lingkungan. Limbah serasah merupakan salah satu dari limbah organik yang dapat digunakan dalam pembuatan biogas. Tetapi, proses produksi biogas dari limbah serasah memerlukan waktu yang lama dikarenakan daun mengandung lignin. Oleh karena itu, pembuatan biogas lebih efektif dikombinasikan dengan limbah ternak. Dari uraian akan dilakukan penelitian **“Pendayagunaan Limbah Serasah Di Universitas Muhammadiyah Surakarta Menggunakan Dua Jenis Feses Untuk Produksi Biogas Skala Laboratorium”**.

B. METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian mengenai pendayagunaan limbah serasah di Universitas Muhammadiyah Surakarta menggunakan dua jenis feses untuk produksi biogas skala laboratorium merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan pola rancangan satu faktor terdiri dari 2 perlakuan menggunakan 8 kali ulangan, dan penentu ulangan digunakan rumus $(t-1)(n-1) \geq 15$ (Nurulita & Budiyo, 2012). Faktor tersebut adalah feses sapi (SA) dan feses kuda (SB).

Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, ada beberapa metode yang digunakan dalam pengumpulan data, yaitu dengan mengadakan eksperimen untuk memperoleh data melalui pembuatan biodigester beserta isiannya yaitu feses yang berbeda

terhadap serasah. Kemudian mengamati pengaruh yang ditimbulkan dari perlakuan tersebut.

Analisis Data

Untuk mengetahui hasil penelitian pendayagunaan limbah serasah di Universitas Muhammadiyah Surakarta menggunakan dua jenis feses untuk produksi biogas skala laboratorium maka analisis yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Jenis data yang diambil dalam penelitian yang dilakukan, yaitu data kuantitas. Data kuantitatif yang diperoleh didiskripsikan melalui analisis dengan menggunakan analisis varian (ANAVA) dengan taraf uji 5%, kemudian dilanjutkan uji DMRT dengan taraf uji 5%.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Tabel 1.1 Produksi Biogas

Perlakuan	Waktu Pengukuran						Total	Rerata total
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
SA	1870**	4595**	6670**	6840**	4125**	3770**	27870	4645
SB	750*	2285*	3080*	1755*	1200*	1050*	10120	1686.667

Keterangan : *produksi biogas yang paling rendah
 **produksi biogas yang paling tinggi
 Satuan dalam ml

Produksi biogas dari kedua perlakuan cenderung mengalami peningkatan di minggu-minggu awal dan mengalami penurunan di minggu-minggu akhir. Minggu produksi biogas tertinggi dari kedua perlakuan berbeda-beda, perlakuan yang menggunakan feses kuda produksi biogas tertinggi terdapat pada minggu ke-3 yaitu 3080 ml, sedangkan perlakuan yang menggunakan feses sapi produksi biogas tertinggi terdapat pada minggu ke-4 yaitu 6840 ml. Perbedaan ini disebabkan karena pada saat pengumpulan kotoran hewan dalam waktu yang berbeda. Kotoran kuda didapatkan lebih kurang tiga minggu setelah dikeluarkan dari sistem pencernaan kuda, sehingga kondisi kotoran mempunyai tekstur yang mendekati kering. Sedangkan kotoran sapi didapatkan lebih kurang satu minggu setelah dikeluarkan dari sistem pencernaan sapi, sehingga kondisi kotoran mempunyai tekstur yang sedikit basah.

Tabel 1.2 Pengamatan Suhu

Perlakuan	Waktu Pengukuran					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
SA	28.013**	28.638*	30.025**	28.9*	27.288*	26.388*
SB	27.95*	28.76**	29.913*	28.938**	27.325**	26.58**

Keterangan : *suhu biodigester yang paling rendah
 **suhu biodigester yang paling tinggi
 Satuan dalam °C

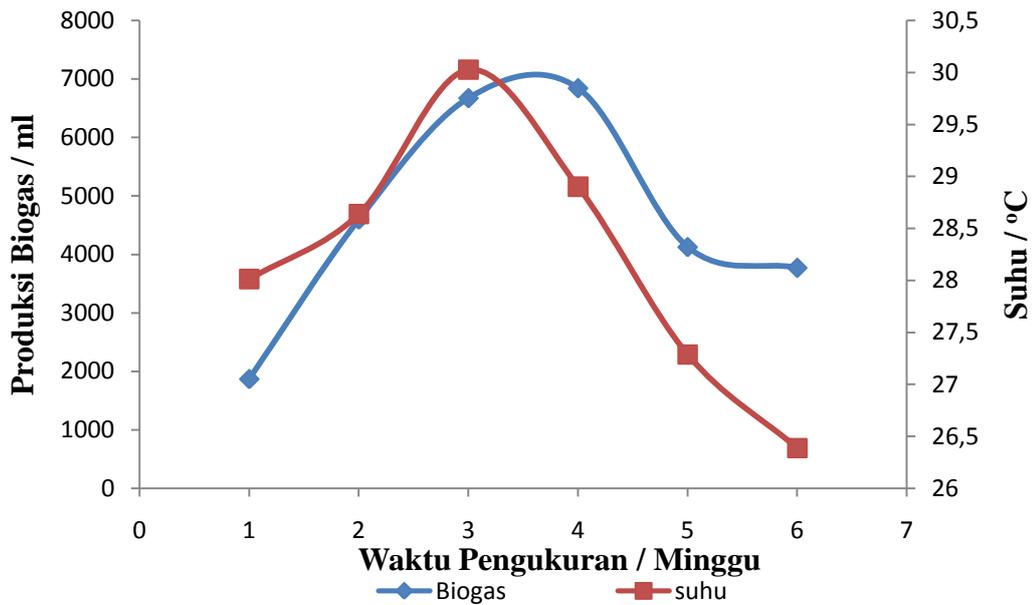
Hasil pengukuran suhu yang dilakukan setiap satu minggu sekali juga memiliki kesamaan antar ketiga perlakuan. Suhu mengalami peningkatan pada minggu-minggu awal, dan mengalami penurunan pada minggu-minggu terakhir. Suhu paling tinggi terdapat pada perlakuan penambahan feses sapi yaitu 30°C. Secara keseluruhan suhu kedua perlakuan berkisar antara 26°C – 30°C. Suhu yang baik untuk proses pembentukan biogas berkisar antara 20°C – 40°C, karena pada selang suhu tersebut kadar H₂S yang dihasilkan rendah dan bakteri mesofilik lebih toleran terhadap fluktuitas suhu (Simamora, 2006).

Tabel 1.3 Pengamatan pH

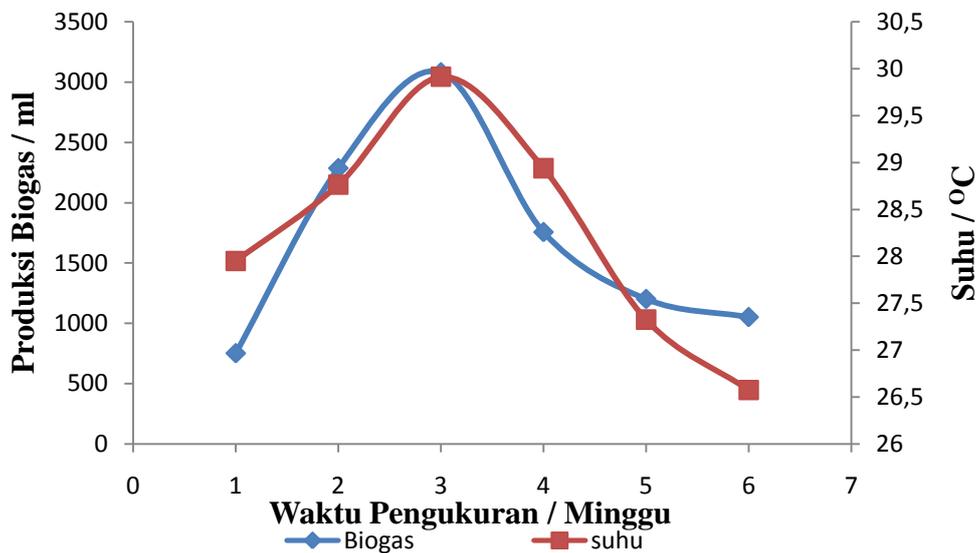
Perlakuan	Waktu Pengukuran					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
SA	7.9525*	7.815*	7.735*	7.725*	7.878*	8.10125*
SB	8.1125**	8.0337**	8.001**	8**	8.135**	8.30125**

Keterangan : *pH yang paling rendah
 **pH yang paling tinggi

Hasil pengukuran pH yang dilakukan setiap satu minggu sekali memiliki kesamaan pada tiap perlakuan yaitu diatas 7,9 dan mengalami penurunan disetiap minggunya, akan tetapi dua minggu terakhir mengalami kenaikan. Penurunan pH paling rendah terdapat di minggu ke-4 yaitu pada perlakuan dengan penambahan feses sapi nilai pH 7,73. Penurunan pH terjadi karena pembentukan asam organik selama proses asidogenesis seperti asam asetat, propionate, butirrat, valerat bahkan isovalerat dan isobutirat, sedangkan produk utama yang dihasilkan adalah asam lemak volatile (Kresnawati *et al.*, 2008).



Gambar 1.1 Grafik hubungan suhu terhadap produksi biogas pada limbah serasah dengan penambahan feses sapi.

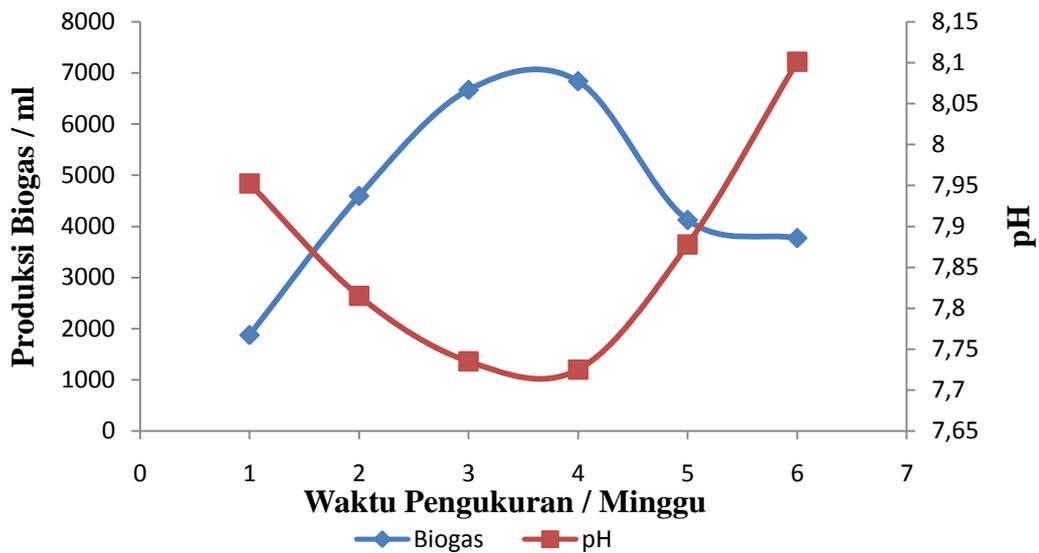


Gambar 1.2 Grafik hubungan suhu terhadap produksi biogas pada limbah serasah dengan penambahan feses kuda.

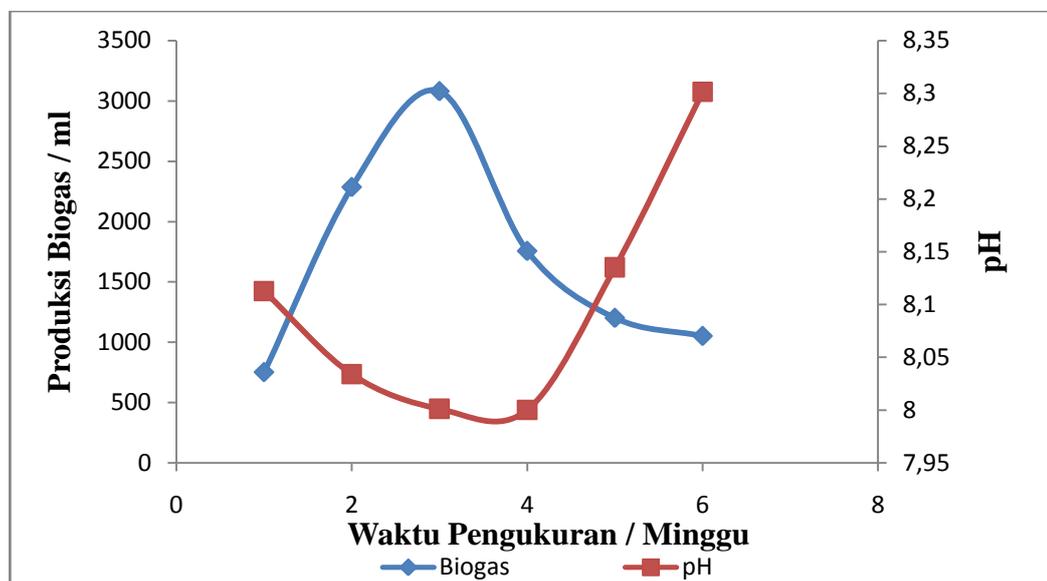
Hasil pengukuran suhu dibandingkan dengan hasil produksi gas menunjukkan hasil yang searah. Didapatkan, jika suhu mengalami penurunan, maka produksi biogas cenderung mengalami penurunan. Sebaliknya, jika suhu mengalami peningkatan, produksi biogas cenderung mengalami peningkatan. Ditunjukkan dengan hasil pengukuran suhu diawal minggu berkisar antara

27,9°C – 28°C sampai minggu ke-3 berkisar antara 29,9°C – 30°C cenderung mengalami peningkatan, produksi biogas mengalami peningkatan dari minggu awal berkisar antar 750 ml – 1870 ml sampai minggu ke-3 berkisar antara 3080 ml – 6670 ml.

Peningkatan suhu disebabkan adanya aktifitas mikroorganisme yang terdapat pada bahan di dalam biodigester. Terdapat tiga tahap proses pembentukan biogas, dimana setiap tahap membutuhkan peran mikroorganisme yang berbeda tetapi mempunyai keterkaitan. Pada tahap pertama tahap hidrolisis, bakteri perombak yang mempunyai peran utama merombak bahan biomassa yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan bahan ekstraktif seperti protein, karbohidrat menjadi senyawa dengan rantai pendek. Tahap kedua tahap asidifikasi, bakteri pengasam mempunyai peran utama memanfaatkan senyawa dengan rantai pendek yang terbentuk pada tahap hidrolisis menjadi bahan makanan. Produk akhir dari aktifitas perombakan senyawa rantai pendek ini yaitu asam asetat, propionate, alcohol, gas karbondioksida, hydrogen, dan amoniak. Semua aktifitas bakteri pada tahap hidrolisis dan asidifikasi dapat menaikkan suhu bahan, sehingga suhu optimal untuk kehidupan bakteri metanogen terpenuhi. Tahap ketiga tahap metanogenik, bakteri metanogen metanogen mempunyai peran utama dalam tahap ini, mendekomposisikan senyawa dengan berat molekul rendah menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi untuk membentuk metana dan karbondioksida. Bakteri pereduksi sulfat juga terdapat dalam proses ini, yaitu mereduksi sulfat dan komponen sulfur lainnya menjadi hydrogen sulfide. Suhu yang baik untuk proses pembentukan biogas berkisar antara 20°C – 40°C (Khasristya, 2004). Perubahan suhu juga dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, cuaca, dan iklim.



Gambar 1.3 Grafik hubungan pH terhadap produksi biogas pada limbah serasah dengan penambahan feses sapi.



Gambar 1.4 Grafik hubungan pH terhadap produksi biogas pada limbah serasah dengan penambahan feses kuda.

Hasil pengukuran pH dibandingkan dengan hasil produksi gas menunjukkan hasil yang berlawanan. Didapatkan, jika pH mengalami penurunan, maka produksi biogas cenderung mengalami peningkatan. Sebaliknya, jika pH mengalami peningkatan, produksi biogas cenderung mengalami penurunan. Ditunjukkan dengan hasil pengukuran pH di awal minggu pada keadaan sedikit basa berkisar antara 7,9 – 8,2 sampai minggu ke-

4 berkisar antara 7,7 – 8 cenderung mengalami penurunan, produksi biogas mengalami peningkatan dari minggu awal berkisar antar 750 ml – 1870 ml sampai minggu ke-4 berkisar antara 1755 ml – 6840 ml.

Pada proses pembentukan biogas pH berpengaruh pada pertumbuhan bakteri dan mempengaruhi disosiasi amonia, sulfide dan asam-asam organik, yang mana merupakan senyawa untuk pencernaan anaerob. pH pada proses perombakan anaerob biasa berlangsung antara 6,8 – 8,3. Bakteri metanogen tidak dapat toleran pada pH di luar 6,8 – 8,1; sedangkan bakteri non metanogen mampu hidup pada pH 5 – 8,5 (Hermawan *et al.*, 2007). Karena proses anaerobic terdiri dari tiga tahap yaitu tahap hidrolisis, pembentukan asam dan tahap pembentukan metana, maka pengaturan pH awal proses sangat penting. Tahap pembentukan asam akan menurunkan pH awal. Jika penurunan ini cukup besar akan dapat menghambat aktivitas mikroorganisme penghasil metana (Manurung, 2004).

Tabel 1.4 Pengukuran Total Solid (TS)

Perlakuan	Waktu Pengukuran				Total	Rerata Total
	T0	T2	T4	T6		
SA	63.45**	54.1**	33.1**	11.7**	162.35	40.5875
SB	31.75*	23.95*	8.3*	5*	69	17.25

Keterangan : *TS yang paling rendah
 **TS yang paling tinggi
 Satuan dalam ppm

Tabel 1.5 Pengukuran Volatile Solid (VS)

Perlakuan	Waktu Pengukuran				Total	Rerata Total
	T0	T2	T4	T6		
SA	20.075**	19.85**	16.875**	8.2**	65	16.25
SB	13.1*	4.45*	3.6*	1.3*	22.45	5.6125

Keterangan : *VS yang paling rendah
 **VS yang paling tinggi
 Satuan dalam ppm

Tabel 1.6 Pengukuran Chemical Oxygen Demand (COD)

Perlakuan	Waktu Pengukuran				Total	Rerata Total
	T0	T2	T4	T6		
SA	12900**	11528**	10753.33**	3136.67**	38318	9579.58
SB	2661.67*	1647.5*	1685*	905.83*	6900	1725

Keterangan : *COD yang paling rendah
**COD yang paling tinggi
Satuan ppm

Hasil pengamatan menunjukkan nilai efisiensi perombakan TS, VS, dan COD bervariasi. Pada penambahan inokulum sapi memiliki nilai efisiensi perombakan COD lebih baik dibandingkan dengan perlakuan yang lain yaitu 75,68 %, tetapi nilai efisiensi TS dan VS lebih rendah. Sedangkan pada penambahan inokulum kuda memiliki nilai efisien perombakan TS dan VS lebih baik dibandingkan dengan perlakuan yang lain yaitu 84,25 & (TS) dan 90,07 % (VS).

Nilai efisiensi perombakan sebagian sangat rendah. Rendahnya reduksi ini dimungkinkan karena limbah domain mengandung senyawa organik yang bersifat kompleks sehingga menjadi beban influen. Semakin tinggi beban influen maka efisiensi perombakan akan menurun (Munazah dan Prayatni, 2008). Dengan penambahan bahan organik penguraian oleh bakteri menjadi lama karena mengandung lignin yang tersusun atas 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).

Secara keseluruhan limbah hasil proses perombakan digester anaerob masih mengandung TS, VS, dan COD yang cukup tinggi sehingga menjadi pencemar jika dibuang ke lingkungan perairan, pemanfaatan yang lebih baik adalah digunakan sebagai pupuk tanaman (Junus, 1985). Pengendalian limbah secara biologis dapat dilakukan dengan proses aerob dan aerob. Proses perombakan bahan organik secara anaerob melibatkan aktivitas dari konsorsium bakteri. Kerja dari bakteri metanogen dipengaruhi oleh beberapa

faktor antara lain suhu, pH, konsentrasi substrat dan zat beracun (Manurung, 2004).

Kelebihan utama yang dimiliki pada proses anaerobic dibandingkan dengan aerobic yaitu tidak diperlukan energi untuk aerasi seperti halnya pada proses aerobic, dan dapat menghasilkan biogas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Hal tersebut didukung pernyataan Mahajoeno (2008), bahwa keuntungan pengelolaan sistem pencernaan anaerob adalah selain dapat menghasilkan biogas yang dapat digunakan sebagai pengganti BBM, terbarukan, dan ramah lingkungan. Sistem pencernaan anaerob juga dapat menurunkan kadar zat polutan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang menyatakan bahwa sistem pengelolaan secara anaerob pada limbah biomassa dapat menurunkan kadar polutan dan memproduksi biogas yang ramah lingkungan. Keuntungan lain dari pengolahan secara anaerob adalah dihasilkannya pupuk dari limbah sisa fermentasi.

D. SIMPULAN

Hasil analisis yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa

1. produksi biogas skala laboratorium tertinggi diperoleh dari pencernaan anaerob selama 6 minggu adalah campuran limbah serasah dan feses sapi sebesar 4645 ml. Sedangkan substrat campuran limbah serasah dan feses kuda produksi biogas sebesar 1686 ml.
2. Nilai efisiensi perombakan TS, VS, COD terbaik berturut-turut 84,24 % (serasah dengan penambahan feses kuda), 90,08 % (serasah dengan penambahan feses kuda), 75,68 % (serasah dengan penambahan feses sapi). Karakteristik limbah biogas tergolong masih tinggi terhadap baku mutu jika dibuang di lingkungan.

E. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan yang terhormat Ibu Dr. Siti Chalimah, M.Pd. atas kesediaannya membantu dan memberi masukan yang sangat berharga selama penelitian ini berlangsung sampai selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Hambali E., 2007. *Teknologi Bioenergi*. Bogor: PT. Agromedia Pustaka.
- Kalia, V.C. and Heamnt. J. Purohit., 2008. Microbial Diversity and Genomics in Aid of Bioenergy. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, (35): p 403-419.
- Khasristya Amaru, 2004. *Rancang Bangun dan Unit Kerja Biodigester Plastik Polyethylene Skala Kecil*. Fakultas Pertanian UNPAD: Indonesia.
- Kresnawaty, I., I. Susanti., Siswanto., dan Panji, T., 2008. Optimasi Produksi Biogas dari Limbah Lateks Cair Pekat dengan Penambahan Logam. *Jurnal Menara Perkebunan*: 14: 18-22.
- Luthfianto, Dodik, 2011. *Pengaruh Macam Limbah Organik dan Pengenceran Terhadap Produksi Biogas Dari Bahan Biomassa Limbah Peternakan Ayam*. Tesis Magister Sains. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Mahajoeno, Edwi, Lay, Bibiana Widiati, Sutjahjom Suryo Hadi, dan Siswanto, 2008. Potensi Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit untuk Produksi Biogas. *Jurnal Bioversitas* 9 (1) 48-52
- Manurung, 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.
- Musanif, J., Wildan A.A., David M.N., 2006. *Biogas Skala Rumah Tangga*. Jakarta: Departemen Pertanian.
- Simamora, S., Salundik, Sri W., Surajudin, 2006. *Membuat Biogas*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Suprihatin, Agung dkk., 1999. *Sampah dan Pengelolaannya*. Buku Panduan Pendidikan dan Latihan. Malang: PPPGT/VEDC.
- Suryahadi, Nugraha A.R., Bey A., dan Boer R., 2002. *Laju Konversi Metan dan Faktor Emisi Metan Pada Kerbau yang Diberi Ragi Tape Lokal yang Berbeda Kadarnya yang Mengandung Saccharomyces cereviseae*. Ringkasan Seminar Program Pascasarjana IPB.
- Taherzadeh, M. J., 2008. Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production. *Int. J. Mol. Sci.* 9: 1621-1651.