

**PENGARUH MACAM LIMBAH ORGANIK DAN PENGECERAN
TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI BAHAN BIOMASSA
LIMBAH PETERNAKAN AYAM**

TESIS

Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar

Magister Sains Program Studi Biosain



Diajukan oleh :

DODIK LUTHFIANTO

NIM. S900809003

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

commit to user
2011

**PENGARUH MACAM LIMBAH ORGANIK DAN PENGECERAN
TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI BAHAN BIOMASSA
LIMBAH PETERNAKAN AYAM**

TESIS

Oleh :

DODIK LUTHFIANTO

NIM. S900809003

Telah disetujui oleh pembimbing
pada tanggal2011

Komisi	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
pembimbing			
Pembimbing I.	Dr. Edwi Mahajeno, M.Si 2011
Pembimbing II.	Dr. Sunarto MS 2011

Mengetahui

Ketua Program Studi Biosains

Program Pascasarjana

Prof. Dr. Sugiyarto, M.Si
NIP. 196704301992031002

commit to user

**PENGARUH MACAM LIMBAH ORGANIK DAN PENGECERAN
TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI BAHAN BIOMASSA
LIMBAH PETERNAKAN AYAM**

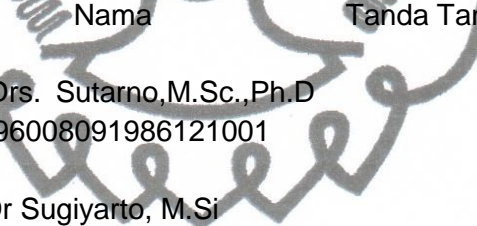
TESIS

Oleh

Dodik Luthfianto
S900809003

Telah dipertahankan di depan penguji
Dinyatakan telah memenuhi syarat
Pada tanggal.....2011

Telah disetujui oleh tim penguji

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	Prof. Drs. Sutarno, M.Sc., Ph.D NIP. 196008091986121001	2011
Sekretaris	Prof. Dr Sugiyarto, M.Si NIP. 196704301992031002	2011
Anggota Penguji	Dr. Edwi Mahajoeno, M.Si NIP.196010251997021001	2011
	Dr. Sunarto, M.S NIP.195406051991031002	2011

Mengesahkan

Direktur Program Pasca Sarjana

Ketua Program Studi Biosain

Prof. Dr. Ir. Ahmad Yunus, M.S.
NIP. 19610717198601 1 001

Prof. Dr. Sugiyarto, M.Si
NIP. 19670430199203 1 002

commit to user

PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

1. Tesis yang berjudul : “ **PENGARUH MACAM LIMBAH ORGANIK DAN PENGENCERAN TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI BAHAN BIOMASSA LIMBAH PETERNAKAN AYAM**” adalah karya penelitian saya sendiri dan tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur- unsur jiplakan, maka saya bersedia Tesis beserta gelar **MAGISTER** saya dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).
2. Tesis ini merupakan hak milik Prodi Biosains PPs-UNS. Publikasi sebagian atau keseluruhan isi Tesis pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seijin Ketua Prodi Biosains PPs-UNS dan minimal satu kali publikasi menyertakan tim pembimbing sebagai *author*. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya satu semester (6 bulan sejak pengesahan Tesis) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan Tesis ini, maka Prodi Biosains PPs-UNS berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Prodi Biosains PPs-UNS. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku.

Surakarta, November 2011

Mahasiswa

Dodik Luthfianto
S. 900809003

commit to user

PENGARUH MACAM LIMBAH ORGANIK DAN PENGECERAN TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI BAHAN BIOMASSA LIMBAH PETERNAKAN AYAM

Dodik Luthfianto, Edwi Mahajoeno, Sunarto
Program Studi Magister Biosains, Program Pasca Sarjana
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Abstrak

Kelangkaan bahan bakar merupakan masalah penting saat ini, sehingga diperlukan berbagai alternatif pemecahan masalah. Dengan sistem biodigester anaerob, limbah peternakan ayam dengan penambahan limbah organik dapat dihasilkan biogas, sebagai sumber energi terbarukan (*renewable energy*). Tujuan penelitian ini adalah (1) Menguji produksi biogas dari pencernaan anaerob limbah peternakan ayam dengan perlakuan pengenceran, dan penambahan substrat sampah organik skala laboratorium, (2) Mengetahui produksi biogas dari pencernaan 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 yang 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. Parameter pengamatan meliputi COD, TSS, VS, pH dan produksi gas. Analisis data dengan anova satu jalur dan dilanjutkan dengan uji DMRT 5%.

produksi biogas tertinggi diperoleh dari penyampuran kotoran ayam dengan eceng gondok pengenceran 1:1 sebesar 0,60 L dan efisiensi perombakan COD, TSS, VS adalah 63,80 %; 14,79 %; 75,14 %. Pada semi pilot sistem curah dengan frekuensi pengadukan 8 jam/ hari, diperoleh hasil biogas tertinggi sebesar 624,99 L 6 minggu.

Kata kunci : *Biogas, Biomassa, Limbah Peternakan Ayam, Limbah Organik,*

THE INFLUENCE OF ORGANIC WASTE AND DILUTION ON BIOGAS PRODUCTION RESULTED FROM BIOMASS OF CHICKEN'S FECES

Dodik luthfianto, Edwi Mahajoeno and Sunarto
Bioscience Program, School of Graduates
Sebelas Maret University of Surakarta

Abstract

The scarcity of fuel currently becomes a popular issue, so that it takes many alternative problem solving. Through biogas anaerobic 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 biogas anaerobic 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 biogas anaerobic 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 three factors, they are ripening, 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 8 weeks was 624,99 L.

Keywords: *Biogas, Biomass, Chicken's Feces, Organic Waste.*

PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada
Kedua Orang Tua dan
Saudara Tercinta

TERIMA KASIH

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil`alamin dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis dengan judul **"Pengaruh Macam Limbah Organik dan Pengenceran Terhadap Produksi Biogas Dari Bahan Biomasa Limbah Peternakan Ayam"**, Tulisan ini, disajikan beberapa pokok bahasan, meliputi berbagai penambahan substansi bahan organik dan pengenceran maupun agitasi dan produksi biogas pada biodigester anaerob. skala laboratorium dan skala semi pilot

Nilai penting penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil optimal produksi biogas terbaik dalam biodigester anaerob dari limbah peternakan ayam dan sampah organik, dengan perlakuan pengenceran dan agitasi, sehingga dapat memberi kontribusi bagi khasanah ilmu pengetahuan dan implementasi teknologi tepat guna di daerah-daerah sumber biomassa.

Dalam penyelesaian tesis ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun materiil. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penyusunan tesis. Semoga bantuan, dukungan, dan dorongan yang telah diberikan mendapatkan limpahan barokah dari Allah S.W.T.

Disadari bahwa dalam penulisan ini terdapat kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah berupaya segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kelemahan dan kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini lebih bermanfaat.

Surakarta, November 2011

Penulis,

commit to user

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah hirobil'alamin puji syukur atas segala rahmat dan inayah Allah SWT berkat rahmat dan hidayahNya yang telah senantiasa tercurah pada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tesis dengan judul "**Pengaruh Macam Limbah Organik dan Pengenceran Terhadap Produksi Biogas Dari Bahan Biomasa Limbah Peternakan Ayam**". Dalam penyusunan tesis ini penulis telah memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Rektor Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan ijin untuk mengadakan penelitian ini.
2. Prof. Dr. Ir. Ahmad Yunus, M.S. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan kesempatan yang seluas-luasnya mengikuti pendidikan pascasarjana ini.
3. Prof. Dr. Sugiyarto, M.Si selaku Ketua Program Studi BIOSAIN yang telah membimbing dan memotivasi dalam menyelesaikan program pembelajaran.
4. Dr.Edwi Mahajono, M.Si selaku pembimbing pertama dan Dr Sunarto M.S, selaku pembimbing kedua yang telah berkenan membimbing dengan penuh kesabaran dan ketelitian sehingga tesis ini dapat penulis selesaikan.
5. Ibu Dr.Siti Chalimah. M. Pd., Dosen Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan dorongan, bantuan dan bimbingan serta dukungan sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
6. Semua dosen Progdi Biosain yang telah memberikan bantuan dan pengarahan serta dorongan
7. Kepala UPT sub Laboratorium KIMIA Universitas Sebelas Maret yang telah berkenan mengijinkan dan membantu penulis dalam melakukan penelitian.
8. Teman-teman Biosain angkatan 2009 (pak Muryanto, pak Inpurwanto, Pak Heru, Pak Amar, Pak Supono, Pak Hamdin, Pak Supriyadi, Bu Yayuk, Ainun, Pipit, Ana, Nina, Zahra, Mbak Ifan, Bu Mamik, bu Nony, Phyllis, Bundo Ria, Mbak Rita, Bundo Tiwuk, Bu Turweni) yang telah memberikan bantuan , dukungan dan kerjasamanya. Mas Guruh, Mbak Emi dan Iffah Nadya Abror yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan dan selalu memberikan semangat dan dukungan.

commit to user

9. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini.

Semoga amal baik beliau-beliau senantiasa mendapatkan balasan pahala, rahmat dan hidayah dari Allah, SWT.

Surakarta, November 2011

Penulis



DAFTAR ISI

JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
UCAPAN TERIMA KASIH	x
DAFTAR ISI	x i
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	7
 BAB II LANDASAN TEORI	
A. Kelangkaan energi.....	8
B. Pencemaran lingkungan	10
C. Limbah organik Peternakan	11
1. Kotoran Ayam	11

commit to user

2. Sampah Organik	14
D. Biogas dan aktivitas anaerobik	17
1. Alat Pembangkit Biogas	20
2. Sistem Produksi Biogas.....	22
3. Teknologi Digesinya Anaerob	22
E. Kerangka berpikir.....	29
F. Hipotesis penelitian.....	32
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan waktu penelitian	33
B. Bahan dan alat	33
C. Jenis dan rancangan penelitian	34
D. Cara kerja	35
E. Pengamatan/ pengambilan data	38
F. Analisis data	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Penelitian Skala Laboratorium	41
1. Karakterisasi Limbah Peternakan Ayam	41
2. Hasil analisis perombakan limbah kotoran ayam skala laboratorium	46
3. Pengamatan pH	53
4. Produksi biogas skala laboratorium.....	55
B. Penelitian Skala Semi Pilot	60
1. Uji kualitatif nyala api biogas	61
2. Efisiensi perombakan COD	62
3. Produksi biogas skala semi pilot	64

commit to user

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN	68
B. SARAN	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	77



DAFTAR TABEL

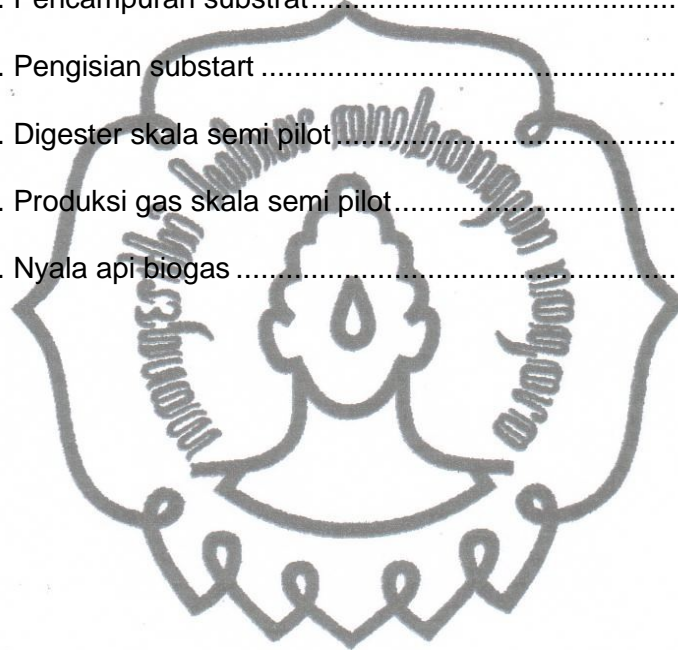
Tabel 1. Produksi metan limbah peternakan ayam	14
Tabel 2. Rasio C/N berbagai bahan organik	18
Tabel 3. Senyawa Penghambat Pertumbuhan Mikroorganisme	28
Tabel 4. Zat Organik Yang menghambat pertumbuhan Organisme	28
Tabel 5. Karakteristik limbah peternakan ayam	42
Tabel 6. Baku Mutu Limbah dan perombakan limbah kotoran ayam.....	43
Tabel 7. Karakterisasi limbah anaerob kotoran ayam dengan berbagai penambahan bahan organik dan standar baku mutu pupuk	46
Tabel 8. Nilai efisensi perombakan bahan organik COD, TSS dan VS	51
Tabel 9. Pengaruh jenis substrat dan pengenceran terhadap produksi biogas	55
Tabel 10. Rerata produksi biogas dengan beda agitasi	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pencerna tipe <i>Floating Dome</i> (India),.....	20
Gambar 2. Pencerna tipe <i>Fixed Dome</i> (China)	21
Gambar 3. Proses dalam reaktor biogas	24
Gambar 4. Skema kerangka berpikir penelitian skala laboratorium	31
Gambar 5. Skema kerangka berpikir penelitian skala semi pilot	31
Gambar 6. Grafik perombakan COD pengenceran pada penambahan berbagai substrat	47
Gambar 7. Grafik perombakan TSS rasio pengenceran dengan penambahan berbagai substrat.....	48
Gambar 8. Grafik perombakan VS rasio pengenceran dengan penambahan berbagai substrat.....	49
Gambar 9. Grafik nilai pH pada berbagai campuran substrat dengan pengenceran 1:1 dan 1:3	53
Gambar 10. Produksi biogas dengan penambahan substrat jerami.....	56
Gambar 11. Produksi biogas dengan penambahan substrat eceng gondok	57
Gambar 12. Produksi biogas dengan penambahan substrat serasah.....	58
Gambar 13. Grafik efisiensi perombakan organik (COD).....	63
Gambar 14. Grafik produksi biogas skala semi pilot dengan beda Pengadukan.....	64
Gambar 15. Skema digester anaerob sistem curah untuk produksi biogas skala laboratorium	117

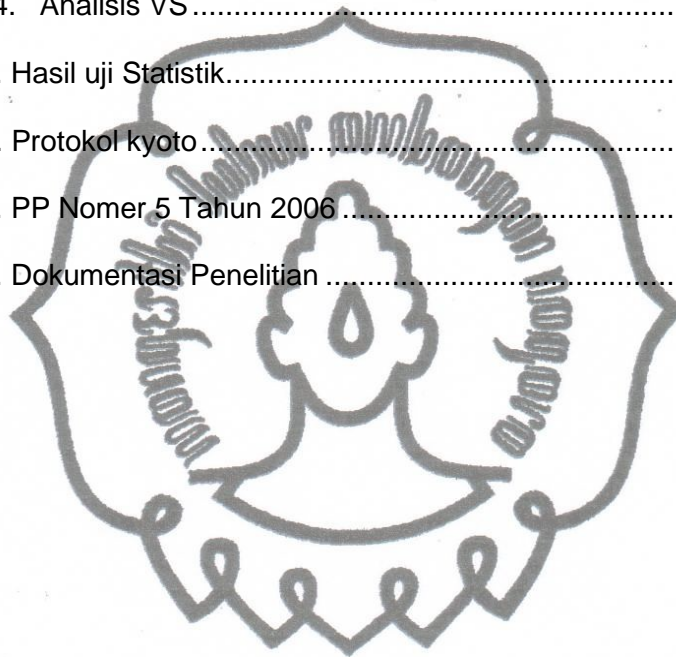
commit to user

Gambar 16. Digester modifikasi dengan pengaduk	117
Gambar 17. Substrat kotoran ayam.....	118
Gambar 18. Bahan campuran substrat jerami	118
Gambar 19. Bahan campuran substrat eceng gondok.....	119
Gambar 20. Bahan campuran substrat serasah	119
Gambar 21. Pencampuran substrat.....	120
Gambar 22. Pengisian substart	120
Gambar 23. Digester skala semi pilot	121
Gambar 24. Produksi gas skala semi pilot.....	121
Gambar 25. Nyala api biogas	122



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Metode analisis penelitian,.....	77
1. Analisis COD.....	77
2. Analisis pH dan suhu.....	77
3. Analisis TS.....	78
4. Analisis VS.....	78
Lampiran 2. Hasil uji Statistik.....	80
Lampiran 3. Protokol kyoto.....	91
Lampiran 4. PP Nomer 5 Tahun 2006.....	112
Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian.....	116



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kelangkaan bahan bakar merupakan masalah yang krusial dan sering diperbincangkan dalam beberapa tahun belakangan, disebabkan permintaan konsumen terhadap bahan bakar semakin meningkat, faktor lain adalah semakin tingginya harga bahan bakar karena ketersediaannya yang ada di alam semakin berkurang.

Saat ini, sekitar 90 % kebutuhan energi dipasok dari bahan bakar fosil. Meskipun Indonesia dikenal sebagai salah satu negara penghasil minyak dan gas, namun semakin berkurangnya cadangan minyak dan gas serta pencabutan subsidi menyebabkan harga bahan bakar cenderung naik. Dalam energi *mix* nasional diketahui bahwa lebih dari 50% penggunaan energi nasional didominasi oleh bahan bakar fosil, untuk itu pengembangan energi alternatif menjadi pilihan yang penting. Sudah saatnya semua negara memutuskan ketergantungan terhadap sumber energi fosil dan beralih ke sumber energi alternatif berbahan baku nabati yang sifatnya terbarukan (Hambali *et al*, 2007).

Negara-negara maju mulai berpacu untuk menghasilkan energi alternatif yang terbarukan yang lebih murah dibandingkan dengan minyak dan gas. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak pemerintah telah menerbitkan Peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak. Salah satu alternatifnya adalah dengan pemanfaatan *renewable energy* (energi yang dapat diperbarui) yaitu dengan

memanfaatkan biomassa (bahan organik). Untuk mensukseskan program tersebut diperlukan dukungan dari pemerintah terhadap masyarakat untuk mengatasi masalah ini secara bersama-sama, dengan cara mencari sumber energi alternatif terutama energi terbarukan (*renewable*).

Sumber-sumber energi yang ada di alam antara lain : batu bara, panas bumi, aliran sungai, angin, matahari, sampah/ biomassa serta sumber-sumber lain yang berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti pohon jarak, shorgum, ketela pohon, aren dll.

Bioenergi adalah salah satu sumber energi alternatif yang prospektif untuk dikembangkan. Pengembangan bioenergi bukan saja dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak (BBM) yang harganya terus meningkat, tetapi juga dapat meningkatkan keamanan pasokan energi nasional. Perhatian masyarakat dunia yang semakin meningkat pada penggunaan bahan bakar ramah lingkungan seperti tertuang dalam Protokol Kyoto menjadikan pengembangan bioenergi sangat strategis dan menuntut untuk direalisasikan.

Salah satu bioenergi yang prospektif adalah biogas, biogas adalah gas hasil produk fermentasi dari bahan-bahan organik/ biomassa dengan bantuan bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara). Bahan-bahan organik yang dapat diuraikan oleh bakteri antara lain berupa limbah dapat berupa kotoran ternak bahkan tinja manusia, sisa-sisa panen berupa jerami, sekam, daun-daun sortiran dan sebagainya, namun secara umum bahan dasar terdiri dari kotoran ternak.

Dunia 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. Gas metan merupakan salah satu penyebab terjadinya pemanasan global (*global warming*) dan kerusakan ozon, dengan laju 1 % pertahun dan terus meningkat (Suryahadi *et al*, 2002).

Dunia peternakan ayam saat ini makin berkembang dengan pesat, hal ini ditandai dengan munculnya berbagai cara untuk meningkatkan hasil produksi ternak. Tak terkecuali hasil kotoran ternak yang dulu hanya dimanfaatkan sebagai pupuk tanaman, saat ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yang jika ditekuni mungkin bisa dijadikan usaha sampingan yang sebanding dengan usaha pokoknya (www.poultryindonesia.com). Industri peternakan ayam di Indonesia saat ini mengalami peningkatan produksi, hal ini ditandai dengan semakin meningkatnya permintaan terhadap daging ayam.

Sejalan dengan peningkatan produksi maka akan terjadi pula peningkatan penumpukan kotoran ayam. Limbah yang dihasilkan dari usaha peternakan ayam terutama berupa kotoran ayam dan bau serta air buangan. Air buangan berasal dari cucian tempat pakan dan minum ayam serta keperluan domestik lainnya. Limbah air buangan relatif sedikit dan biasanya terserap ke dalam tanah serta tidak berpengaruh besar terhadap lingkungan sekitar.

Dampak negatif yang ditimbulkan dari penumpukan limbah peternakan ayam adalah timbulnya bau. Bau yang dikeluarkan sebagian besar didominasi dari kotoran ayam yang banyak mengandung unsur nitrogen dan sulfida, dari kotoran ayam ini yang selama proses dekomposisi akan terbentuk gas ammonia, nitrit dan gas hidrogen sulfida, gas-gas tersebutlah yang menyebabkan bau (Svensson, 1990; Pauzenga, 1991). Kandungan rasio C/N kotoran ayam yang rendah menjadi penyebab terbentuknya pencemaran, rasio C/N akan dibebaskan

dan berakumulasi dalam bentuk ammonia sehingga meningkatkan pH, pH tinggi akan berpengaruh terhadap bakteri penguraian substrat (Karki and Dixit, 1984).

Menurut Junus (1985) bahan yang dapat diperoleh dari kotoran ayam berupa : gas bio, pupuk padat, pupuk cair dan sisa pupuk cair . Sebagian besar pemanfaatan limbah peternakan ayam hanya sebagai pupuk secara langsung oleh peternak. Pemanfaatan lain yang bisa dilakukan adalah dengan memprosesnya menjadi sumber energi yang potensial dalam bentuk biogas. Biogas dihasilkan dengan mencampur limbah yang sebagian besar terdiri atas kotoran ternak dengan potongan-potongan kecil sampah organik seperti sisa-sisa tanaman, jerami, sisa makanan dan sebagainya, dengan air. Proses pembentukan metan dalam digester pertama kali dibutuhkan waktu lebih kurang dua minggu sampai satu bulan sebelum dihasilkan gas awal. Hasil dari proses perombakan biogas juga dapat digunakan sebagai pupuk organik. Pemanfaatan limbah biomassa kotoran ayam secara anaerob dapat menghasilkan metan (CH_4) yang dapat digunakan sebagai sumber energi yang *renewable* sehingga dapat menekan penggunaan BBM.

Penanganan limbah organik peternakan untuk diproses menjadi biogas dapat diolah dengan sistem kolam terbuka, metode ini cukup murah, namun kelemahannya dapat menimbulkan dampak lingkungan diantaranya adalah timbulnya gas rumah kaca yang berdampak pada pemanasan global serta sistem pengoperasiannya membutuhkan penggunaan lahan yang luas. Metode lain adalah menggunakan sistem digester tertutup, penerapan teknologi digester tertutup tidak membutuhkan lahan yang luas.

Limbah organik merupakan limbah yang mudah terurai yang mengandung unsur karbon (C), kandungan unsur C ini yang dapat mempercepat proses

penguraian oleh mikroorganisme. Suprihatin (1999), menggolongkan Limbah menjadi 2 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, sisa sayuran 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.

Kementrian Lingkungan Hidup mengemukakan bahwa sebagian besar komposisi limbah merupakan bahan organik, yaitu sebesar 65%. Sedangkan sisanya merupakan sampah plastik, kertas, kayu, dan lain-lain. Jika melihat besarnya komposisi limbah organik terlihat potensi untuk mengolah limbah organik menjadi biogas dan pupuk organik demi kelestarian lingkungan dan kesejahteraan masyarakat (Rohendi, 2005). Limbah merupakan sumber bahan organik yang dapat dikembangkan menjadi biogas, mengingat jumlahnya meningkat dari tahun ke tahun di tempat pembuangan sampah, sebagian besar berpotensi melepaskan metana ke atmosfer dalam proses pembusukan limbah organik. Pelepasan metana ke atmosfer memiliki dampak buruk yang lebih besar dibandingkan karbon dioksida. Gas metana menghasilkan efek pemanasan 23 kali lipat dari karbon dioksida. Selain itu gas metan memiliki masa hidup yang relatif panjang yaitu antara 12-17 tahun. Bila ini dibiarkan maka bisa mengakibatkan pencemaran. Upaya untuk mengatasi hal ini salah satunya adalah dengan mengambil gas bio dari hasil degradasi senyawa organik secara anaerobik. Proses penguraian senyawa organik secara anaerobik dilakukan dengan bantuan mikroorganisme.

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. Tahap pertama yaitu penelitian skala laboratorium dan tahap kedua adalah penelitian skala semi pilot / rumah tangga.

B. Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini terdiri dari dua tahap, tahap I yaitu penelitian skala laboratorium dan tahap II skala semi pilot, berdasarkan tahapan penelitian dan latar belakang yang telah diuraikan, maka masalah yang dapat dirumuskan adalah :

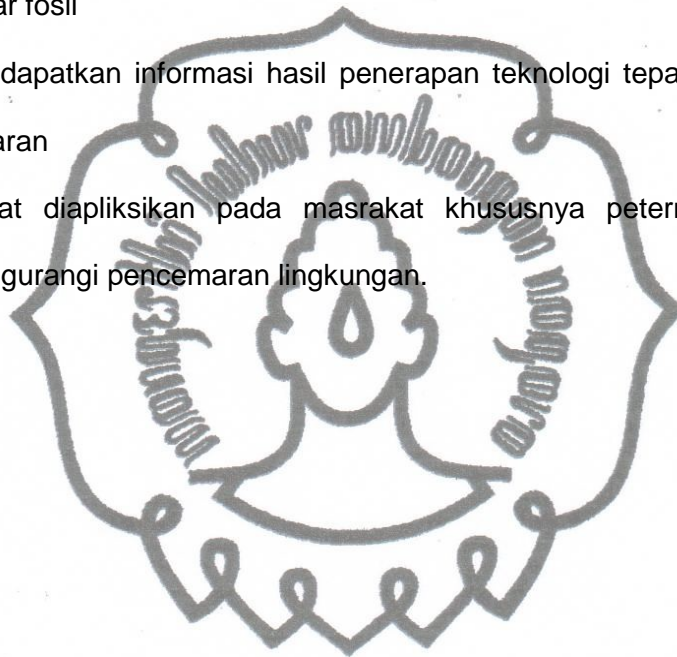
1. Bagaimana produksi biogas limbah peternakan ayam petelur dengan penambahan jenis substrat limbah organik dengan perbandingan pengenceran ?
2. Bagaimanakah produksi biogas dan efisiensi perombakan bahan organik pada skala semi pilot dengan sistem curah melalui perbedaan frekuensi agitasi ?

C. Tujuan Penelitian

1. Menguji produksi biogas dari pencernaan anaerob limbah peternakan ayam dengan perlakuan pengenceran, dan penambahan substrat sampah organik skala laboratorium.
2. Mengetahui produksi biogas dan efisiensi perombakan bahan organik terlarut dari pencernaan anaerobik sistem curah limbah peternakan ayam dengan frekuensi agitasi berbeda pada skala semi pilot.

D. Manfaat Penelitian

1. Mengetahui teknologi pencernaan anaerob bahan organik limbah biomassa peternakan ayam yang efektif, berdaya guna, dan bermanfaat
2. Mendapatkan produk biogas dari biomasa limbah peternakan ayam dengan penambahan limbah organik sebagai alternatif pengganti bahan bakar fosil
3. Mendapatkan informasi hasil penerapan teknologi tepat guna dan tepat sasaran
4. Dapat diaplikasikan pada masrakat khususnya peternak ayam untuk mengurangi pencemaran lingkungan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kelangkaan Energi

Isu yang marak diperbincangkan oleh masyarakat Indonesia dan dunia saat ini adalah mengenai krisis energi dan pemanasan global. Dampak krisis energi secara langsung bisa dirasakan oleh masyarakat, salah satunya adalah semakin tingginya harga bahan bakar, sedangkan kebutuhan akan bahan bakar itu sendiri semakin meningkat, disisi lain peningkatan permintaan terhadap bahan bakar semakin tinggi menyebabkan cadangan sumber energi dari alam semakin berkurang. Saat ini, 50% konsumsi energi nasional Indonesia berasal dari minyak bumi. Hal ini menunjukkan bahwa bangsa Indonesia masih sangat tergantung pada sumber energi tak terbarukan tersebut. Menurut data ESDM (2006), cadangan minyak bumi Indonesia hanya sekitar 9 miliar barrel per tahun dan produksi Indonesia hanya sekitar 900 juta barel per tahun.

Semakin melambungnya harga Bahan Bakar Minyak (BBM) akibat tingginya harga BBM di pasar dunia sangat memberatkan masyarakat terutama bagi masyarakat yang berada di daerah. Sebagai konsekuensi logis, tanpa bahan baku energi, memungkinkan siklus kehidupan akan terganggu. Keberadaan energi sangat vital dalam kehidupan manusia, yang diperlukan untuk pertumbuhan kegiatan industri, jasa, perhubungan dan rumah tangga, serta sebagai penggerak roda perekonomian. Dampak negatif dari penggunaan energi berlebihan adalah timbulnya pencemaran. Pencemaran sangat berpengaruh terhadap keadaan lingkungan karena menimbulkan efek negatif, yaitu terjadi penurunan kualitas lingkungan (Semedi, 1985 *cit* Wiryanto *et al*, 2000).

Penggunaan energi dapat mencemari lingkungan karena adanya penumpukan limbah padat, limbah cair dan timbulnya polutan akibat emisi dan pembakaran energi fosil, sisa pembakaran bahan bakar fosil mengandung beberapa partikel yang dapat menimbulkan gas rumah kaca seperti partikel SO_2 , NO_x dan Carbon Dioxide (CO_2) (Sugiono, 2002). Akibat penggunaan bahan bakar fosil dalam jangka panjang ternyata telah memberikan implikasi negatif terhadap kehidupan di dunia. Penggunaan bahan bakar dari minyak & batubara juga disinyalir sebagai pemicu pemanasan global yang berdampak langsung pada keadaan suhu dan cuaca saat ini.

Masalah pemanasan global mendapat perhatian dunia setelah Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) yang diadakan oleh PBB pada bulan Juni di Rio de Janeiro atau KTT Bumi (*Earth Summit*). Sebagaimana tertuang dalam protocol Kyoto bahwa Negara-negara maju wajib mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebesar 5%.

Dengan melihat implikasi negatif dari penggunaan bahan bakar fosil terhadap lingkungan dan keterbatasan persediaan telah mendorong kepada pencarian sumber energi alternatif yang diharapkan juga ramah lingkungan dan bersifat dapat diperbaharui (*renewable*). Energi terbarukan yang dapat dihasilkan dengan teknologi tepat guna yang relatif lebih sederhana dan sesuai untuk daerah pedesaan adalah energi biogas yaitu dengan memproses limbah bio atau bio massa di dalam alat kedap udara/ biodigester. 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 untuk mengubah biomasa menjadi energi. (De baere, 2000; Hulshoff pol *et al.*, 1997).

B. Pencemaran Lingkungan

Polusi atau pencemaran lingkungan adalah masuknya atau di masukannya makhluk hidup, zat energi, dan atau koponen lain ke dalam lingkungan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (UU Pokok Pengelolaan hidup No.4 Tahun 1982). Penyebab terjadinya pencemaran lingkungan karena faktor manusia dan alam seperti gunung meletus, banjir dan gas beracun.

Jenis-jenis sumber pencemaran lingkungan dapat terbagi menjadi tiga jenis yaitu : limbah alami, limbah domestik dan limbah industri. Limbah domestik merupakan limbah hasil buangan berasal dari rumah tangga yang secara langsung dibuang ke lingkungan. Seiring dengan kemajuan teknologi telah mempengaruhi jenis limbah domestik menjadi semakin sulit untuk dihancurkan. Limbah yang dihasilkan dari produk industri umumnya lebih ke sifat limbah anorganik, limbah industri dapat berbentuk gas, cair maupun padat. Seringkali antara limbah organik dan limbah anorganik dibuang bersama-sama sehingga dapat meningkatkan dampak kerusakan yang lebih parah. Namun, tidak semua hasil limbah industri adalah limbah anorganik, pada industri-industri peternakan limbah yang dihasilkan adalah limbah organik. Limbah peternakan merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Hal ini dikarenakan tingginya kandungan senyawa-senyawa yang terkandung di dalamnya berpotensi menjadi penyebab sumber pencemar dalam lingkungan. (Fauziah, 2009).

C. Limbah organik peternakan

Dunia peternakan kini makin berkembang dengan pesat hal ini ditandai dengan banyaknya berdiri perusahaan peternakan. Peternakan sering dituding sebagai usaha yang ikut mencemari lingkungan. Pencemaran ditimbulkan bermacam-macam diantaranya berupa bau kotoran, urine dan sisa makanan. Anjuran pemerintah dalam mendukung peternakan menjadi suatu usaha yang berwawasan lingkungan dan efisien, maka tata laksana pemeliharaan, perkandangan, dan penanganan limbahnya harus selalu diperhatikan. Pemerintah, dalam hal ini Departemen Pertanian telah menyadari hal tersebut dengan mengeluarkan peraturan menteri melalui SK Mentan No. 237/1991 dan SK Mentan No. 752/1994, yang menyatakan bahwa usaha peternakan dengan populasi tertentu perlu dilengkapi dengan upaya pengelolaan dan pemantauan lingkungan. (Fauziah, 2009)

1. Kotoran ayam

Limbah yang dihasilkan dari usaha peternakan terutama dari kotoran ayam adalah bau dari kotoran dan air buangan limbahnya. Air buangan bisa berasal dari tempat makan dan minum ayam serta keperluan domestik lainnya, jumlah air buangan ini sedikit dan biasanya terserap ke dalam tanah serta tidak berpengaruh besar terhadap lingkungan sekitar. Air buangan mempunyai pH netral 7 dan kandungan senyawa organik rendah yang ditunjukkan dengan nilai Biological Oxygen Demand (BOD) 15,32 ppm - 68,8 ppm dan Chemical Oxygen Demand (COD) 35,12 ppm – 92 ppm (Fauziah, 2009).

Jumlah kotoran ayam yang dikeluarkan setiap harinya sangat berlimpah, rata-rata per ekor ayam 0,15 kg (Charles dan Hariono, 1991) dalam (Fauziah, 2009). Fontenot *et al.*, (1983) melaporkan bahwa rata-rata produksi buangan segar ternak ayam petelur adalah 0,06 kg/hari/ekor, dan kandungan bahan kering sebanyak 26%, sedangkan dari pemeliharaan ayam pedaging kotoran yang dikeluarkan sebanyak 0,1 kg/hari/ekor dan kandungan bahan keringnya 2-5%. Kotoran ayam terdiri dari sisa pakan dan serat selulosa yang tidak dicerna. Kotoran ayam mengandung protein, karbohidrat, lemak dan senyawa organik lainnya. Protein pada kotoran ayam merupakan sumber nitrogen selain ada pula bentuk nitrogen inorganik lainnya. Penumpukan unsur nitrogen dan sulfide yang terkandung dalam kotoran ayam akan mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme membentuk gas ammonia, nitrat dan nitrit serta gas sulfide. Gas-gas tersebutlah yang menyebabkan timbulnya bau (Svensson, 1990; Pauzenga, 1991).

Pencemaran lingkungan berupa polusi udara merupakan problem yang selalu timbul di dunia peternakan. Pencemaran udara di peternakan timbul akibat kotoran hewan ternak. Khususnya pada peternakan ayam, akibat dari tercemarnya udara di lingkungan sekitar peternakan memberikan dampak bagi masyarakat dan lingkungan sekitar peternakan. Menurut Setyowati (2008), banyaknya peternakan ayam yang berada di lingkungan masyarakat dirasakan mulai mengganggu oleh warga terutama peternakan ayam yang lokasinya dekat dengan pemukiman penduduk. Salah satu dampaknya seringkali masyarakat menjauhi daerah sekitar peternakan ayam karena mereka tidak ingin mencium bau yang timbul dari kotoran ayam. Masyarakat juga segan untuk berbisnis peternakan ayam padahal bisnis ini cukup

menjanjikan keuntungan. Pencemaran dari peternakan ayam dampaknya terhadap lingkungan menyebabkan tercemarnya udara oleh bau kotoran ayam dan banyaknya lalat yang berkeliaran dikandang dan lingkungan sekitar. Dampak lain pencemaran limbah peternakan ayam adalah dapat memicu timbulnya emisi gas CH_4 penyebab pemanasan global.

Bau kotoran ayam selain berdampak negatif terhadap kesehatan manusia yang tinggal di lingkungan sekitar peternakan, juga berdampak negatif terhadap ternak karena menyebabkan produktivitas ternak menurun. Pengelolaan lingkungan peternakan yang kurang baik dapat menyebabkan kerugian ekonomi bagi peternak itu sendiri, salah satunya karena bau yang ditimbulkan. Bau dapat menyebabkan produktivitas ayam menurun, sedangkan biaya perawatan kesehatan semakin meningkat, yang menyebabkan keuntungan peternak menipis.

Rata-rata 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). Timbulnya amoniak akibat penumpukan kotoran ayam/ feses yang masih basah dalam kondisi anaerob yang akan menimbulkan bau yang kurang enak. Gas ammonia mempunyai pengaruh buruk terhadap hewan ternak sendiri juga terhadap manusia. Kandungan C/N kotoran ayam berkisar 10 menyebabkan produksi amoniak tinggi dan jika diproses menjadi biogas memerlukan waktu yang relatif lama dan hasilnya tidak optimal. Sedangkan rasio C/N antara 20 sampai 30 dianggap paling optimum untuk pencernaan anaerob (Demuynck *et.al.*, 1984).

Tabel 1. Produksi metan limbah peternakan ayam

substrat	HRT	Suhu (°C)	Jenis reaktor	Produksi gas metan (m ³ /kg VS)	Referensi
Kotoran unggas	22-24	35	Reaktor dengan Pengadukan kontinyu volume 5 m ³	0,22	Safley <i>et al.</i> , (1987)
	4	50	Reaktor dengan Pengadukan kontinyu volume 5 m ³	0.29	Steinberger and Shih (1984)
	40	34	Reaktor dengan Pengadukan kontinyu volume 5 L	0.20	Pechan <i>et al.</i> , (1987)
	14-29	35	Reaktor dengan Pengadukan kontinyu volume 5 L	0.24 – 0.26	Webb and Hawkes (1985b)

Sumber : E. Salminen & J. Rintala (2002).

Rendahnya kandungan C/N pada kotoran ayam berpengaruh ketika dimanfaatkan menjadi biogas. Beberapa penelitian telah dilakukan menunjukkan produksi biogas yang rendah. Karena itu, untuk mendapatkan produksi biogas yang tinggi, maka penambahan bahan yang mengandung karbon (C) berupa sampah organik seperti jerami, enceng gondok atau sisa daun-daun/ serasah, atau dengan penambahan unsur N (misalnya: urea) dapat meningkatkan kandungan rasio C/N pada kotoran ayam sehingga meningkatkan produksi biogas.

2. Sampah organik

Sampah adalah semua material yang dibuang dari kegiatan rumah tangga, perdagangan, industri dan kegiatan pertanian. Sampah yang berasal dari kegiatan rumah tangga dan tempat perdagangan dikenal dengan limbah *municipal* yang tidak berbahaya (*non hazardous*). Murtadho dan Gumbira

(1988) dalam Amurwaraharja (2006), membedakan sampah berdasarkan komposisinya, yaitu:

2.1. Sampah Organik, yaitu sampah yang mudah membusuk seperti sisa makanan, sayuran, daun-daun kering, dan sebagainya. Sampah ini dapat diolah lebih lanjut menjadi kompos;

2.2. Sampah Anorganik, yaitu sampah yang tidak mudah membusuk, seperti plastik wadah pembungkus makanan, kertas, plastik mainan, botol dan gelas minuman, kaleng, dan sebagainya. Sampah ini dapat dijadikan sampah komersil atau sampah yang laku dijual untuk dijadikan produk lainnya. Beberapa sampah anorganik yang dapat dijual adalah plastik wadah pembungkus makanan, botol dan gelas bekas minuman, kaleng, kaca, dan kertas, baik kertas koran, HVS, maupun karton;

Dampak negatif yang ditimbulkan dari sampah yang tidak dikelola adalah gangguan kesehatan, menurunnya kualitas lingkungan, menurunnya estetika lingkungan. Sampah organik adalah sampah yang bisa mengalami pelapukan (dekomposisi) dan terurai menjadi bahan yang lebih kecil dan tidak berbau (sering disebut dengan kompos). Kompos merupakan hasil pelapukan bahan-bahan organik seperti daun-daunan, jerami, alang-alang, sampah, rumput, dan bahan lain yang sejenis yang proses pelapukannya dipercepat oleh bantuan manusia.

Sampah-sampah organik lainnya seperti, jerami, eceng gondok (EG), serasah dan lain-lain, umumnya tidak banyak dimanfaatkan, tetapi dibiarkan menumpuk dan membusuk, sehingga dapat mengganggu pemandangan dan

mencemari lingkungan. Salah satu cara penanggulangan sampah organik yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia adalah dengan menerapkan teknologi anerobik untuk menghasilkan biogas. Menurut malik (2006) eceng gondok mengandung 95 % air dan menjadikannya terdiri dari jaringan berongga, mempunyai energi yang tinggi, terdiri dari bahan yang dapat difermentasikan dan berpotensi yang sangat besar dalam menghasilkan biogas (Chanakya *et.al.*, 1993 dalam Gunnarsson dan Cecilia, 2006). Menurut Musyafa (2004), secara umum daun kering yang termasuk sampah coklat kaya karbon (C) yang menjadi sumber energi atau makanan untuk mikrobia. Tanda sampah daun biasanya kering, kasar, berserat dan berwarna coklat (sampah coklat / serasah).

Secara ilmiah, biogas yang dihasilkan dari sampah organik adalah gas yang mudah terbakar (*flammable*). Gas ini dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa udara). Umumnya, semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas. Tetapi hanya bahan organik homogen, baik padat maupun cair yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Saat sampah-sampah organik tersebut membusuk, akan dihasilkan gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Tapi, hanya CH_4 yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Umumnya kandungan metana dalam reaktor sampah organik berbeda-beda. Zhang *et al.*, 1997 dalam penelitiannya, menghasilkan metana sebesar 50-80% dan karbondioksida 20-50%. Sedangkan Hansen (2001) , dalam reaktor biogasnya mengandung sekitar 60-70% metana, 30-40% karbon dioksida, dan gas-gas lain, meliputi amonia, hidrogen sulfida, merkaptan (tio alkohol) dan gas lainnya

D. Biogas dan aktivitas anaerobik

Biogas adalah gas produk akhir pencernaan atau degradasi anaerobik bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik dalam lingkungan bebas oksigen atau udara. Biogas yang dihasilkan oleh aktifitas anaerobik sangat populer digunakan untuk mengolah limbah biodegradable karena bahan bakar dapat dihasilkan sambil menghancurkan bakteri patogen dan sekaligus mengurangi volume limbah buangan. Gas metana dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batu bara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Pemanfaatan biogas memegang peranan penting dalam manajemen limbah karena metana merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya dalam pemanasan global bila dibandingkan dengan karbon dioksida. Karbon dalam biogas merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman. Sehingga, bila dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan menambah jumlah karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil. Saat ini, banyak negara maju meningkatkan penggunaan biogas yang dihasilkan baik dari limbah cair maupun limbah padat atau yang dihasilkan dari sistem pengolahan biologi mekanis pada tempat pengolahan limbah.

Komposisi biogas bervariasi tergantung dengan asal proses anaerobik yang terjadi. Gas landfill memiliki konsentrasi metana sekitar 50%, sedangkan sistem pengolahan limbah maju dapat menghasilkan biogas dengan kandungan CH_4 50-75 %. Kandungan metan dalam biogas yang dihasilkan tergantung jenis bahan baku yang dipakai.

Biogas berasal dari hasil fermentasi bahan-bahan organik diantaranya (Judoamidjojo dkk, 1992) :

commit to user

- Limbah tanaman : tebu, rumput-rumputan, jagung, gandum dan lain-lain
- Limbah dari hasil produksi : minyak, bagas, dedak, limbah sagu.
- Hasil sampingan industri : tembakau, limbah pengolahan buah-buahan dan sayur-sayuran, dedak, kain dari tekstil, ampas tebu dari penggilingan gula dan tapioka, industri tahu (limbah cair).
- Limbah perairan : alga laut, tumbuh-tumbuhan air.
- Limbah peternakan : kotoran sapi, kerbau, kambing, babi, unggas dll.

Rasio C/N yang ideal untuk proses dekomposisi anaerob untuk menghasilkan metana adalah 25-30. Rasio C/N dari beberapa bahan organik dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel. 2. Rasio C/N berbagai bahan organik

organik	N dalam %	Kandungan C/N
Kotoran manusia	6	5,9-10
Kotoran sapi	1,7	16,6-25
Kotoran babi	3,8	6,2-12,5
Kotoran ayam	6,3	5-7,1
Kotoran kuda	2,3	25
Kotoran kambing	3,8	33
Jerami	4	12,5-25
Lichenes	2,8	16,6
Alga	1,9	100
Gandum	1,1	50
Serbuk jerami	0,5	100-125
Ampas tebu	0,3	140
Serbuk gergaji	0,1	200-500

Kol	3,6	12,5
Tomat	3,3	12,5
Mustard (Runch)	1,5	25
Kulit kentang	1,5	25
Sekam	0,6	67
Bonggol jagung	0,8	50
Daun yang gugur (serasah)	1	50
Batang kedelai	1,3	33
Kacang toge	0,6	20

Sumber : Kaltwasser, 1980

Komponen terbesar biogas adalah gas metana (CH_4 , 54-80 %-vol) dan karbondioksida (CO_2 , 20-45 %-vol) serta sejumlah kecil H_2 , N_2 , dan H_2S .

Komposisi kandungan biogas

- Metana (CH_4) 55-80 %
- Karbon dioksida (CO_2) 36-45 %
- Nitrogen (N_2) 0-3 %
- Hidrogen (H_2) 0-1 %
- Hidrogen sulfida (H_2S) 0-1 %
- Oksigen (O_2) 0-1 %

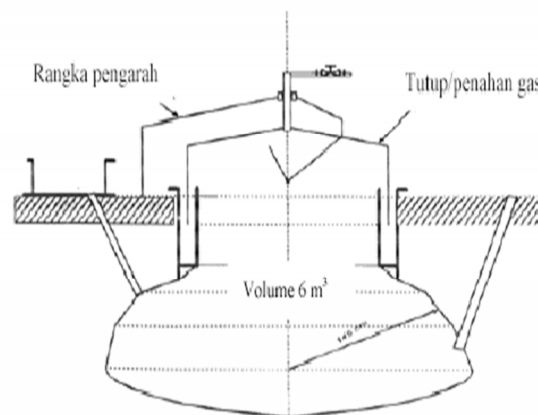
(Kadir, 1995)

Nilai kalori dari 1 meter kubik Biogas sekitar 6.000 watt/ jam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Oleh karena itu biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan sebagai pengganti minyak tanah, LPG, butana, batu bara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil.

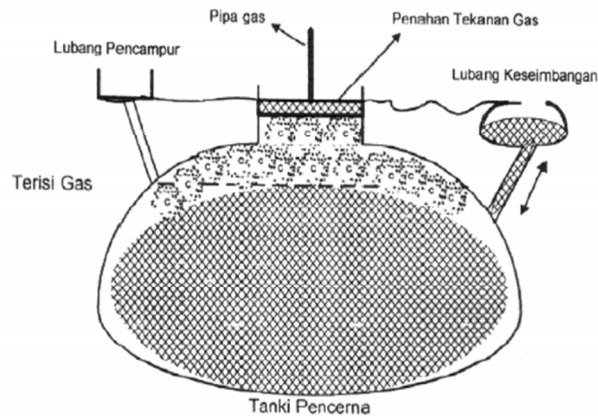
1. Alat pembangkit biogas

Ada dua tipe alat pembangkit biogas atau digester, yaitu tipe terapung (*floating type*) dan tipe kubah tetap (*fixed dome type*). Tipe terapung dikembangkan di India yang terdiri atas sumur pencernaan dan di atasnya ditaruh drum terapung dari besi terbalik yang berfungsi untuk menampung gas yang dihasilkan oleh digester. Karena dikembangkan di India, maka digester ini disebut juga tipe India. Tipe kubah adalah berupa digester yang dibangun dengan menggali tanah kemudian dibuat bangunan dengan bata, pasir, dan semen yang berbentuk seperti rongga yang kedap udara dan berstruktur seperti kubah (bulatan setengah bola). Tipe ini dikembangkan di China sehingga disebut juga tipe kubah atau tipe China. Terdapat dua macam tipe ukuran kecil untuk rumah tangga dengan volume 6-10 meter kubik dan tipe besar 60-180 meter kubik untuk kelompok. (Syamsudin dan Iskandar, 2005).

Gambar di bawah ini menunjukkan jenis-jenis reaktor



Gambar 1. Pencerna tipe *Floating Dome* (India), (Syamsudin dan Iskandar, 2005)



Gambar 2. Pencerna tipe *Fixed Dome* (China), (syamsudin dan Iskandar, 2005)

Untuk proses pertama kali dibutuhkan waktu lebih kurang dua minggu sampai satu bulan sebelum dihasilkan gas awal. Campuran tersebut selalu ditambah setiap hari dan sesekali diaduk, sedangkan yang sudah diolah dikeluarkan melalui saluran pengeluaran. Sisa dari limbah yang telah dicerna oleh bakteri methan atau bakteri biogas, yang disebut *slurry* atau lumpur, mempunyai kandungan hara yang sama dengan pupuk organik yang telah matang sebagaimana halnya kompos sehingga dapat langsung digunakan untuk memupuk tanaman, atau jika akan disimpan atau diperjualbelikan dapat dikeringkan di bawah sinar matahari sebelum dimasukkan ke dalam karung.

2. Sistem produksi biogas

Sistem produksi biogas dibedakan menurut cara pengisian bahan bakunya yaitu pengisian curah dan kontinyu (Teguh dan Anang, 2005).

a. Pengisian curah

Yang dimaksud Sistem Pengisian Curah (SPC) cara penggantian bahan dilakukan dengan mengeluarkan sisa bahan yang sudah dicerna dari digester, setelah produksi gas habis kemudian diisi lagi dengan bahan baku yang baru.

b. Pengisian kontinyu

pengisian secara kontinyu adalah pengisian bahan baku ke dalam digester yang dilakukan secara terus menerus setiap hari. Bahan baku yang diisikan setiap hari akan otomatis mendorong bahan baku yang telah dicerna di dalam digester.

3. Teknologi digesti anaerob

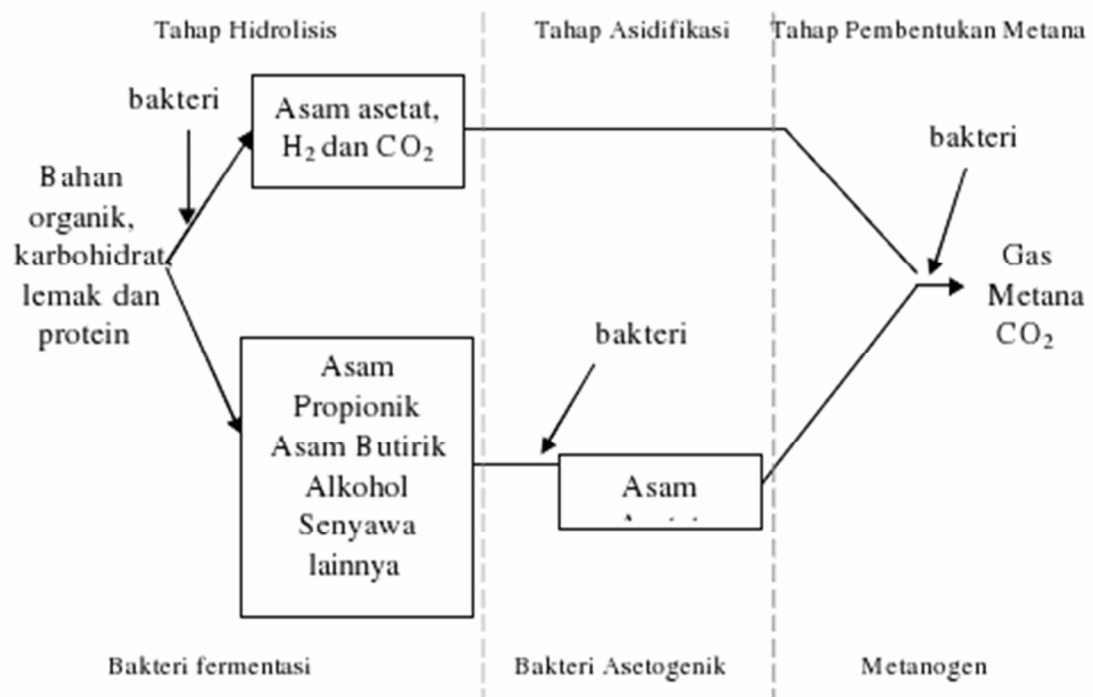
Proses bio atau biomassa dalam suatu alat kedap udara disebut dengan digester. Digester (pencernaan) anaerob merupakan proses sederhana secara teknologi yang membutuhkan energi rendah untuk mengubah bahan organik dari berbagai jenis limbah organik, buangan padat dan biomasa menjadi metana, dengan bantuan bakteri untuk menghasilkan gas methan (CH_4). Penggunaan bahan baku yang berupa bahan organik, berfungsi sebagai sumber karbon dan nitrogen merupakan sumber kegiatan dan pertumbuhan mikroorganisme. Secara garis besar, reaksi kimia proses dekomposisi anaerobik pembentukan biogas dengan hasil utamanya adalah gas metana dapat dibagi menjadi tiga tahap proses yaitu: tahap hidrolisis, tahap pengasaman dan tahap pembentukan gas metana. Pada tahap hidrolisis, bahan-bahan biomassa yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan bahan ekstraktif seperti protein, karbohidrat dan lipida diurai menjadi senyawa dengan rantai pendek. Sebagai contoh polisakarida terurai menjadi

monosakarida sedangkan protein terurai menjadi peptide dan asam amino. (Khasristya, 2004). 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).

Tahap pengasaman (Asidifikasi) akan terjadi pembentukan asam pada kondisi anaerob yang penting untuk pembentukan gas metana oleh mikroorganisme pada proses selanjutnya. Pada tahap ini bakteri akan menghasilkan asam dengan mengubah senyawa rantai pendek hasil proses pada tahap hidrolisis menjadi asam asetat, hidrogen (H_2) dan karbondioksida, bakteri ini juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam amino, karbondioksida, H_2S , dan sedikit gas metana.

Tahap terakhir yaitu pembentukan gas metana, bakteri yang bekerja adalah bakteri metanogen (*Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanosarcin* dan *Methanococcus*). Bakteri ini akan mendekomposisikan senyawa dengan berat molekul rendah menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi. 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 . Dengan adanya proses simbiosis bakteri asam akan membentuk keadaan atmosfer yang ideal untuk bakteri metanogen. Sedangkan metanogen menggunakan asam yang dihasilkan bakteri asam. Keuntungan yang diperoleh dari simbiosis ini adalah akan menciptakan kondisi toksik bagi mikroorganisme penghasil asam. (Werner *et al.*, 1989 dan Khasristya, 2004).

Biokonversi anaerob bahan organik merupakan teknologi yang dikembangkan melalui pengelolaan limbah dan air limbah. Produk dari biokonversi kondisi anaerob adalah biogas, suatu campuran metan dengan karbondioksida yang bermanfaat sebagai sumber energi terbarukan. Teknologi digester anaerob sangat sederhana namun memiliki manfaat yang sangat besar. Proses yang terjadi membutuhkan energi untuk mengubah bahan organik dari berbagai jenis limbah, buangan padat dan biomasa menjadi metan.



Gambar 3 . Proses dalam reaktor biogas (Sufyandi, 2001)

Digesi anaerob merupakan proses biologis, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan, antara lain: suhu, pH, alkalinitas, dan senyawa beracun. Dalam pembentukan biogas dipengaruhi oleh dua faktor yaitu, biotik dan abiotik, faktor biotik berupa mikroorganisme dan jasad aktif di dalam proses

ataupun mikroba dan jasad kehidupan diantara komunitas. Di dalam proses fermentasi anaerob untuk membentuk metana terjadi suatu simbiosis. Semakin banyak simbiosis, semakin baik daya dukung terhadap lingkungan kehidupan dari bakteri penghasil metan.

Faktor abiotik mencakup faktor luar yang dapat diatur serta berpengaruh secara langsung terhadap produksi gas. Faktor-faktor abiotik meliputi :

a. Kadar air umpan

Setiap jenis organisme mempunyai kebutuhan air yang unik untuk kelangsungan hidupnya. Dengan terpenuhi kebutuhan air akan menghasilkan daya dukung yang optimal.

b. C/N rasio

Syarat untuk proses digesti anaerob kandungan C/N antara 25-30, untuk meningkatkan kandungan C/N rasio dapat dilakukan dengan penambahan bahan yang mengandung karbon (C) atau dengan menambahkan bahan yang mengandung nitrogen (N).

c. Temperatur

Secara umum ada 3 rentang temperatur yang ideal untuk pertumbuhan bakteri, yaitu:

- Psicrphilic (suhu 4-20 °C), (biasanya digunakan untuk Negara-negara subtropik atau beriklim dingin).
- Mesophilic (suhu 20-40 °C)
- Thermophilic (suhu 40-60 °C)

d. pH

Bakteri berkembang baik pada keadaan lingkungan agak asam tetapi nilai ini cenderung stabil pada tahap selanjutnya yaitu range

6,7 - 7,7 (Kresnawaty *et al.*, 2008). Bakteri metanogen tidak dapat toleran pada pH diluar 6,7 – 7,4. Beberapa senyawa anorganik dan karbondioksida menyebabkan penurunan pH, sebaliknya senyawa seperti ammonia akan meningkatkan pH. Nilai pH yang tinggi dapat menyebabkan produk akhir yang dihasilkan adalah CO₂ sebagai produk utama. (Hermawan *et al.*, 2007). Dalam proses pembuatan biogas pengaturan pH sangat penting karena pembentukan asam akan menurunkan pH awal. Penurunan pH akan menghambat aktivitas mikroorganisme penghasil metan. Untuk meningkatkan pH dapat dilakukan dengan penambahan kapur [Ca(OH)₂].

e. Pengadukan

Pengadukan dilakukan untuk mendapatkan campuran substrat yang homogen dengan ukuran partikel yang kecil. Pengadukan dapat mencegah terjadinya benda-benda kecil yang terapung pada permukaan cairan serta dapat berfungsi juga untuk mencampur methanogen dengan substrat. Perlakuan pengadukan dapat memberikan kondisi temperatur yang seragam dalam biodigester. Pengadukan secara kontinu mampu meningkatkan produksi metan sebanyak 12 %, sedangkan tanpa pengadukan hanya meningkatkan produksi metan 7%. (Kaparaju *et al.*, 2007)

f. Starter

Starter mengandung mikroorganisme/ bakteri metana yang dapat mempercepat proses fermentasi anaerob. Beberapa jenis starter

- Starter alami, yaitu lumpur aktif seperti lumpur kolam ikan, air comberan atau cairan septik tank, sludge, timbunan kotoran, dan timbunan sampah organik. Kotoran sapi juga merupakan starter alami yang baik karena secara alami kaya akan bakteri metana.
- Starter semi buatan, yaitu dari fasilitas biodigester dalam stadium aktif.
- Starter buatan, yaitu bakteri yang dibiakkan secara laboratorium dengan media buatan.

g. Kebutuhan nutrisi

Bakteri fermentasi membutuhkan beberapa bahan gizi tertentu dan logam untuk meningkatkan produksi metana. Beberapa bahan nutrisi yang dibutuhkan antara lain : ammonia (NH_3) sebagai sumber nitrogen, nikel (Ni), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam jumlah yang sedikit. Selain itu, fosfor dalam bentuk fosfat (PO_4), magnesium (Mg), dan seng (Zn) dalam jumlah yang sedikit juga.

h. Konsentrasi substrat

Sel mikroorganisme mengandung unsur karbon, nitrogen, fosfor dan sulfur. Unsur-unsur tersebut mutlak diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme. Kondisi yang optimum dicapai jika jumlah mikroorganisme sebanding dengan substrat. Kandungan air dalam substrat dan homogenitas sistem juga mempengaruhi proses kerja mikroorganisme. Karena kandungan air yang tinggi akan memudahkan proses penguraian.

i. Zat beracun

Beberapa zat baik zat organik maupun zat anorganik yang terlarut dapat menghambat pertumbuhan bakteri beberapa bahkan dapat bersifat racun jika dalam konsentrasi yang tinggi.

Tabel 3. Senyawa penghambat pertumbuhan mikroorganisme

Senyawa	Konsentrasi (ppm)
Formaldehis	50-200
Chloroforms	0,5
Ethyl benzene	200-1.000
Etylene	5
Kerosene	500
Detergen	1 % dari berat kering

Beberapa zat organik yang dapat mengganggu pertumbuhan mikroorganisme

Tabel 4. Zat organik yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme

Komponen	Konsentrasi	
	Sedang (ppm)	Kuat (ppm)
Na ⁺	3500-5500	800
K ⁺	2500-4500	12000
Ca ⁺²	2500-4500	8000
Mg ⁺²	1000-1500	3000
NH ⁺	1500-3000	200
S ²⁻		5 (larut)
Cu		50-70 (total)
Cr (VI)		3.0 (larut)
Cr (III)		180-420 (larut)
Ni		2 (larut)
Zn		1 (larut)

(Kamase, 2008)

j. Konsentrasi padatan

Konsentrasi padatan yang ideal untuk pembentukan biogas adalah 7-9 % kandungan kering. Kondisi ini dapat membuat proses digester berjalan dengan baik.

Fasilitas biodigester dapat memberikan keuntungan secara ekonomis kepada warga masyarakat, dimana gas metana hasil produksi biodigester dapat digunakan untuk menggantikan pemanfaatan minyak tanah sebagai bahan bakar utama. Bahan bakar gas yang tersedia tidak perlu dicari dimana-mana, karena bisa didapatkan secara gratis dari instalasi.

Keuntungan lain adalah :

- mengurangi pemakaian bahan bakar minyak
- menghasilkan pupuk organik kualitas tinggi sebagai hasil sampingan
- Menjadi metode pengolahan sampah (*raw waste*) yang baik dan mengurangi pembuangan sampah ke lingkungan (aliran air/sungai)
- Meningkatkan kualitas udara karena mengurangi asap dan jumlah karbondioksida akibat pembakaran bahan bakar minyak/kayu bakar
- Secara ekonomi, murah dalam instalasi serta menjadi investasi yang menguntungkan dalam jangka panjang

E. Kerangka berpikir

Anjuran pemerintah untuk pemanfaatan teknologi perombakan biogas untuk mengurangi beban industri peternakan kembali digalakkan. Peternakan ayam menjadi salah satu penyumbang pencemaran lingkungan perlu mendapat perhatian khusus. Pemanfaatan limbah peternakan ayam untuk menjadi biogas sangat dianjurkan karena dapat mengurangi penggunaan energi fosil juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan serta mengurangi pencemaran gas metan. Teknologi produksi bioenergi merupakan teknologi tepat guna untuk diterapkan pada peternakan baik skala kecil maupun produksi besar. Proses perombakan limbah peternakan ayam dapat diolah dalam sistem kolam limbah atau dapat

dilakukan pada kolam tertutup tanpa oksigen yang disebut teknologi biodigester anaerob.

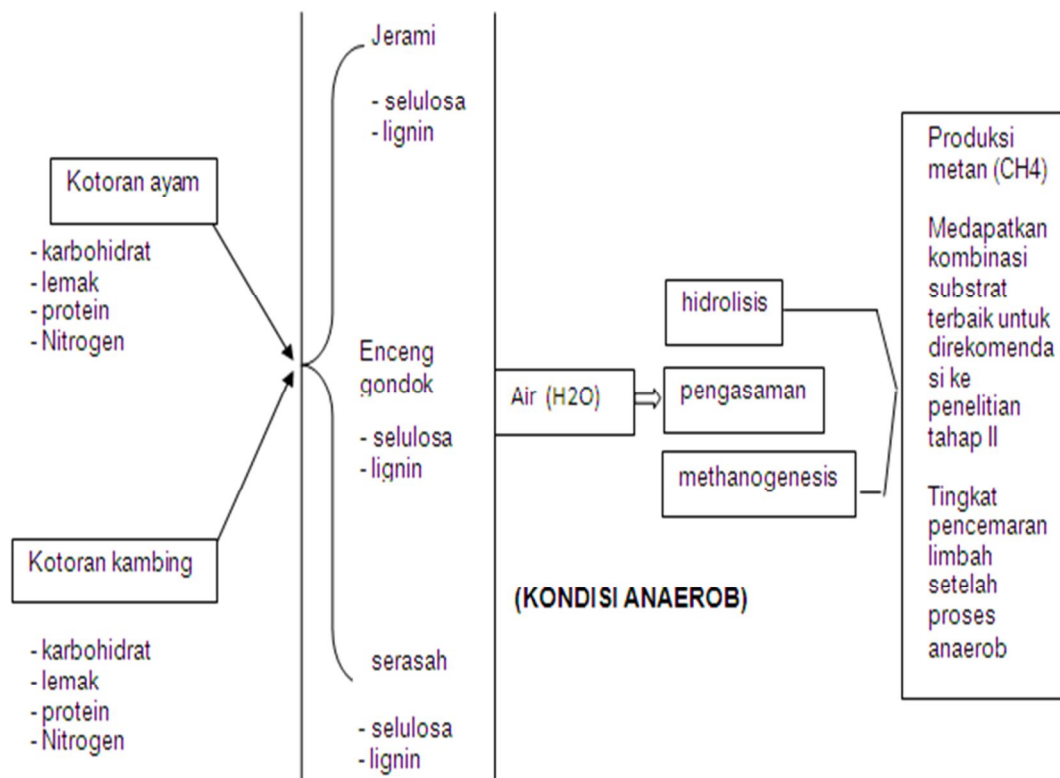
Pengelolaan kolam limbah penampungan dengan sistem kolam tertutup selain menghasilkan lumpur pekat (sebagai bahan organik) dapat dimanfaatkan untuk pupuk pertanian, begitu pula dengan hasil utamanya yaitu biogas yang dimanfaatkan untuk berbagai keperluan antara lain sebagai alternatif bahan bakar pengganti fosil, energi listrik, dan keperluan pabrik lainnya. Dampak positif dengan adanya teknologi ini adalah meningkatkan perekonomian masyarakat khususnya peternak ayam, penerapan untuk sistem pertanian dan peternakan terpadu, serta pengurangan emisi gas CO₂.

Pada sistem pengolahan bodigester terjadi perubahan senyawa-senyawa organik yang diurai menjadi gas metana dan karbon dioksida. Proses ini melewati beberapa tahap yang melibatkan berbagai jenis mikroba yang saling berinteraksi dan bekerja sama pada proses tersebut. Sehingga kebutuhan antara mikroba yang satu dengan yang lainnya berbeda. Melalui pengolahan limbah organik dengan 2 fase yaitu fase asidogenik dan fase methanogenik.

Kerangka berpikir :

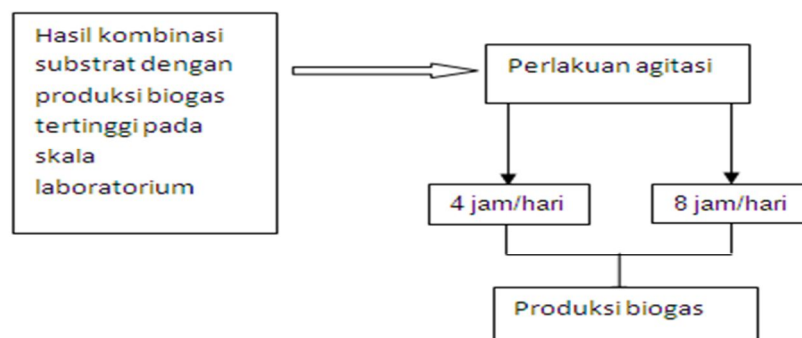
1. Tahap I

LIMBAH PETERNAKAN LIMBAH ORGANIK



Gambar 4. Skema kerangka berpikir skala laboratorium

2. Tahap II



commit to user

Gambar 5. Skema kerangka berpikir skala semi pilot.

F. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan uraian di atas dapat dirumuskan hipotesis , sebagai berikut :

1. Dengan perlakuan penambahan substrat limbah organik dan pengenceran akan berpengaruh terhadap produksi biogas dalam skala semi pilot. Lama waktu fermentasi anaerob berpengaruh terhadap efisiensi perombakan bahan organik terlarut.
2. Pemberian agitasi dapat meningkatkan produksi biogas skala semi pilot



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan mulai bulan Agustus 2010 sampai bulan Agustus 2011.

2. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di desa Demakan Mojolaban Sukoharjo Solo. Analisis sampel dilakukan di UPT Sub Laboratorium KIMIA UNS Surakarta dan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian UNS Surakarta

B. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat Penelitian

- 1.1. Alat yang digunakan perakitan biodigester antara lain ember volume 5 kg, meteran, bor listrik, isolasi, timbangan Nakami kapasitas 5 kg, korek api, selang air \varnothing 1 cm, solder listrik, karet ban, kayu silinder \varnothing 5 cm.
- 1.2. Alat yang dipakai analisis limbah meliputi pH meter, gelas ukur, botol winkler, buret mikro 2 mL, pipet ukur 5 mL, Erlenmeyer 125 mL, gelas piala 400 mL, labu ukur 1000 mL, spektrofotometer sinar tampak, kuvet, tabung pencernaan, pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung, timbangan analitik, penangas air, cawan porselen 5 mL, desikator, tanur, oven, penjepit kertas saring, penjepit cawan,

2. Bahan Penelitian

- 2.1. Bahan yang digunakan pengisian 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.
- 2.2. Bahan analisis kimia meliputi $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, air suling, NaOH , Na iodida, amilum, natrium azida, asam salisilat, H_2SO_4 pekat, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, larutan pencerna $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ konsentrasi tinggi dan rendah, Ag_2SO_4 .

C. Jenis/ Rancangan Penelitian

1. Penelitian skala laboratorium

Rancangan percobaan dengan pola Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor perlakuan yaitu :

- 1.1. Pengenceran
 - a) Pengenceran 1:1 (X)
 - b) Pengenceran 1:3 (Y)
- 1.2. Macam substrat tambahan
 - a) Substrat jerami (a)
 - b) Substrat eceng gondok (b)
 - c) Substrat serasah (c)

Masing-masing perlakuan dengan 4 ulangan

2. Penelitian skala Semi Pilot

Percobaan skala semi pilot dilakukan berdasarkan hasil produksi biogas terbaik dari skala laboratorium. Percobaan menggunakan digester sistem curah,

dengan 1 faktor yaitu perbedaan waktu pengadukan, yaitu 4 jam/hari dan 8 jam/hari.

D. Cara Kerja

1. Penelitian skala laboratorium

1.1. Persiapan

Membuat alat pengaduk yang terbuat dari dinamo pompa air yang didesain sehingga dapat digerakkan secara paralel. Penelitian menggunakan biomasa limbah peternakan ayam sebagai inokulum. Limbah kotoran ayam diperoleh dari peternakan ayam petelur Dukuh Ngemplak, Desa Pakis Kecamatan Jumantono Karanganyar. Penambahan substansi terdiri dari jerami, eceng gondok, dan serasah yang dilembutkan dengan mesin pencacah.

Bahan organik jerami dikoleksi dari lokasi persawahan di desa Mojolaban Sukoharjo jerami yang digunakan adalah jerami yang telah dipanen dan dalam kondisi kering. Eceng gondok diambil dari genangan air disekitar laboratorium pertanian Kampus Universitas Sebelas Maret dengan kondisi bahan masih segar. Serasah dikoleksi dari dalam lingkungan kampus Universitas Sebelas Maret, limbah serasah dikumpulkan dari daun-daun kering yang terdiri dari berbagai jenis daun tanaman yang ada didalam lingkungan kampus Universitas Sebelas Maret, dengan kondisi bahan telah kering. Bahan-bahan organik yang akan digunakan telah mengalami proses pencacahan secara mekanik menjadi berukuran ± 1 cm.

1.2. Pelaksanaan

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). Setelah inokulum bercampur dengan substrat kemudian diencerkan dengan perbandingan 1:1 dan 1:3. Pengadukan biodigester dilakukan setiap hari pada waktu pagi hari selama 15 menit, pengadukan bertujuan untuk mencegah terbentuknya endapan yang dapat menghalangi terbentuknya gas dan untuk mencampur isi biodigester.

Langkah pertama dilakukan pencampuran 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. Kedalam digester dimasukkan 20% inokulum, 60% substrat yang telah diencerkan dari total volume digester anaerob, sedangkan 20% untuk ruang gas (Mahajoeno, 2007). Setelah semua bahan masuk digester ditutup rapat agar proses fermentasi berjalan.

Selanjutnya dirangkaikan dengan botol pengumpul gas volume 600 ml yang yang penuh diisi air. Setelah biogas terbentuk maka biogas akan dialirkan dari digester ke dalam botol penampung gas, melalui selang kecil sehingga air akan terdorong keluar dan biogas akan masuk ke dalam botol tersebut (menggantikan air). Dengan demikian,

dapat diketahui volume gas yang masuk ke dalam botol pengumpul gas sama dengan volume air yang keluar dari botol pengumpul gas.

2. Penelitian Skala Semi Pilot

2.1. Persiapan

Hasil produksi gas terbaik pada skala laboratorium direkomendasikan pada skala semi pilot. Perakitan digester skala semi pilot dengan menambahkan kipas pengaduk. Volume digester 550 L, pengadukan digester dijalankan otomatis dengan motor. Bahan dasar kotoran ayam dan substart tambahan eceng gondok yang telah dicacah dicampur dengan perbandingan 2:1, dihomogenkan dengan mixer.

2.2. Pelaksanaan

Substat 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.

Setelah bahan masuk dalam digester, ditutup rapat sehingga proses fermentasi berlangsung. Selanjutnya menghubungkan kran dari digester ke plastik penampungan gas. Pengukuran gas dilakukan selama 8 minggu.

E. Pengamatan/ Pengambilan Data

1. Pengambilan data penelitian skala laboratorium

1.1. Pengamatan parameter meliputi produksi gas, karakterisasi nilai kisaran, rata-rata maupun baku mutu pada parameter : COD, TS, VS, pH.

1.2. Pengambilan sampel dilakukan tiap minggu selama 6 minggu. Pengukuran produksi biogas dilakukan setiap hari sebelum dilakukan pengadukan. Pengambilan sampel lumpur biodigester dilakukan tiap minggu pada hari rabu selama 6 minggu, pengambilan sampel dilakukan sebelum pengadukan biodigester.

1.3. Pengamatan parameter

1.3.1. Pengamatan produksi biogas

Biogas yang terbentuk diukur dengan banyaknya air yang pindah karena tekanan gas pada botol penampung. Banyaknya air ekuivalen dengan terbentuknya biogas. data selanjutnya ditabulasikan.

1.3.2. Pengukuran parameter COD

Sampel limbah diencerkan 10 kali dengan air suling. Pipet sampel uji 2,5 ml kedalam tabung pencernaan, tambahkan 1,5 mL larutan pencernaan ($K_2Cr_2O_7$) dan larutan peraksi asam sulfat 3,5 ml. Tutup tabung dan homogenkan. Letakkan tabung pada pemanas pada suhu $150^{\circ}C$ selama 2 jam.

Dinginkan sampel pada suhu ruang, setelah dingin dan mengendap ukur larutan standar pada panjang gelombang

commit to user

600 nm. Pada panjang gelombang 600 nm gunakan blangko yang tidak direfluks sebagai larutan referensi. Perbedaan absorbansi antara contoh yang direfluks dan yang tidak direfluks adalah pengukuran COD sampel uji. Perhitungan nilai COD sebagai mg/ L O₂.

1.3.3. Pengukuran TSS

Sebanyak 25-50 ml contoh yang telah diaduk dimasukkan ke dalam cawan dan ditimbang bersama cawan dan dianggap sebagai W2. Sebelum digunakan cawan dibersihkan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama satu jam. Setelah itu cawan didinginkan di dalam desikator hingga suhu ruang ditimbang (W1). Dilanjutkan pada suhu 550°C selama satu jam. Setelah itu cawan didinginkan di dalam desikator hingga suhu ruang ditimbang (W3). Contoh diuapkan dalam cawan dan diteruskan dengan pengeringan di dalam oven pada suhu 105°C, selama satu jam. Setelah didinginkan di dalam desikator, cawan ditimbang (W4) adalah TSS. (Greenberg *et al.*, 1992)

1.3.4. Pengukuran VS

Setelah penetapan padatan total kemudian dibakar pada suhu 550° C selama 1 jam menggunakan *furnace*, masukkan desikator dan timbang lagi (W5).

$$\text{Padatan terikat (ppm)} = \frac{(W3-W5) \times 10^6}{Z}$$

(Greenberg *et al.*, 1992)

1.3.5. Pengukuran pH

Elektroda pH meter dimasukkan ke dalam air suling, dilap dengan tisu lalu dimasukkan dalam larutan Buffer pH : 4, bilas dengan air, lap dengan tisu dan dimasukkan ke dalam Buffer pH : 7. pengukuran pada contoh, elektroda dimasukkan ke dalam 25 ml contoh dalam gelas piala lalu pH meter dibaca.

2. Pengambilan data penelitian skala semi pilot

Pengambilan data produksi gas skala semi pilot dilakukan tiap minggu selama 8 minggu. Gas yang tertampung dalam plastik bentuk tabung dengan panjang 3 m diameter 60 cm. Setelah tampungan gas penuh volume gas ekuivalen dengan volume tabung. Indikator tampungan gas penuh dengan memberikan tekanan pada plastik tampungan,

F. Analisis Data

1. Penelitian skala laboratorium

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. Data parameter skala laboratorium meliputi produksi gas, COD, pH, TSS dan VS.

2. Penelitian skala semi pilot

Data produksi biogas skala semi pilot diuraikan secara deskriptif dan disajikan secara tabulasi data.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dibagi dalam dua bagian yaitu skala laboratorium dan skala semi pilot. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel analisis statistik, dan analisis deskriptif yang disajikan dalam bentuk tabulasi data dan grafik. Hasil analisis statistik deskriptif meliputi nilai COD, TSS, VS dan pH .

A. Penelitian Skala Laboratorium

Penelitian skala laboratorium bertujuan untuk mengetahui produksi terbaik biogas skala laboratorium serta menguji efisiensi perombakan bahan organik terlarut, parameter yang diamati COD, TS, VS dan pH. Parameter tersebut untuk mengetahui karakterisasi limbah,. Dari hasil skala laboratorium selanjutnya direkomendasi pada percobaan skala semi pilot.

1. Karakterisasi limbah peternakan ayam

Limbah kotoran ayam diperoleh dari peternakan ayam petelur Dukuh Ngemplak, Desa Pakis Kecamatan Jumantono Karanganyar. Pemanfaatan limbah tersebut disamping dapat mengurangi tingkat pencemaran juga diperoleh keuntungan yaitu produksi biogas, hasil limbah proses fermentasi dapat digunakan sebagai pupuk organik sebagai pengganti pupuk kimia. Penggunaan pupuk limbah hasil proses fermentasi biogas dapat membantu mengurangi residu kimia, mengikat logam berat, mensuplai sebagian kebutuhan N untuk tanaman, melarutkan senyawa fosfat, melepaskan senyawa K dari ikatan koloid tanah.

Tabel 5. Karakteristik limbah peternakan ayam

No	Parameter (%)	Kotoran ayam murni
1	C organik	23,91
2	Bahan Organik	41,22
3	N	1,35
4	C/N ratio	17.71

(Luthfianto, 2010)

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 5). 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). Untuk memproses limbah dengan kandungan C/N rendah menjadi biogas dapat dilakukan dengan penambahan bahan organik untuk meningkatkan kandungan rasio C/N. Rasio C/N optimum yang dibutuhkan dalam proses pembentukan biogas adalah 25-30 %.

Dalam penelitian ini dilakukan pencampuran bahan organik untuk meningkatkan rasio C/N kotoran ayam. Apabila rasio C/N sangat rendah, nitrogen akan bebas dan berakumulasi dalam bentuk amoniak (NH_4), yang dapat meningkatkan derajat pH bahan dalam pencernaan. pH lebih tinggi dari 8,5 akan mulai menunjukkan akibat racun pada populasi bakteri metan, (Widodo dan Asari, 2009). Sedangkan rasio C/N sangat tinggi, nitrogen akan dikonsumsi sangat cepat oleh bakteri metan, sebagai akibatnya produksi metan akan menjadi rendah.

Substrat bahan-bahan organik terdiri dari jerami, eceng gondok dan serasah. Bahan-bahan organik yang digunakan merupakan jenis limbah pertanian dan limbah perairan yang apabila tidak dimanfaatkan akan menjadi pencemar terhadap lingkungan. Salah satu cara dengan memanfaatkan teknologi

fermentasi anaerob untuk penguraianya sehingga dapat diperoleh banyak keuntungan antara lain mempercepat proses penguraian, dan mendapatkan produk biogas. Sebelum limbah difermentasi secara anaerob dilakukan karakterisasi untuk mengetahui tingkat pencemaran terhadap lingkungan perairan.

Tabel 6. Baku mutu air limbah dan perombakan limbah kotoran ayam

No	Parameter	Standart 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
1	pH	6-9	7,47	7,37	7,41	7,26	7,36	7,26
2	TSS (ppm)	150	11855	8390	10005	5300	7565	4890
3	VS (ppm)	-	16330	3050	13880	5735	18880	11795
4	COD (ppm)	100	9844	4995	6846	3625	6536	5331

Sumber : www.menlh.go.id.

Berdasarkan hasil analisis dari limbah peternakan diperoleh bahwa limbah tersebut masih dikategorikan sebagai pencemar apabila masuk dalam badan perairan secara langsung serta mempunyai potensi untuk mencemarkan lingkungan karena mengandung parameter indikator pencemar yang cukup tinggi. Parameter pencemaran dapat dilihat pada nilai COD, pH dan TSS yang terkandung di dalamnya, dari hasil analisis limbah peternakan diperoleh parameter-parameter pencemar tergolong masih tinggi dengan kadar COD dan TSS di atas standar yang direkomendasikan departemen lingkungan hidup. (Tabel 6).

Secara keseluruhan limbah hasil proses perombakan digester anaerob mengandung konsentrasi COD, TSS yang tinggi sehingga masih menjadi pencemar jika dibuang ke aliran air, pemanfaatan yang lebih baik adalah digunakan sebagai pupuk tanaman (Junus, 1985). Penggunaan campuran berbagai bahan organik dengan kotoran ayam pada pengenceran berbeda

memberikan nilai COD, TSS bervariasi. Pada pengenceran 1:1 memiliki konsentrasi COD dan TSS lebih tinggi dibandingkan dengan pengenceran 1:3 pada setiap penambahan bahan organik. Konsentrasi COD tertinggi pada pengenceran 1:1 dengan penambahan substrat jerami sebesar 9844 mg/L diikuti dengan pencampuran eceng gondok dan serasah yaitu 6846 mg/L, 6536 mg/L. Pada pengenceran 1:3 konsentrasi COD tertinggi terjadi pada penambahan substrat serasah kemudian jerami dan eceng gondok yaitu 5331 mg/L, 4995 mg/L, 3625 mg/L (tabel 6).

Perbedaan pengenceran memberikan pengaruh terhadap konsentrasi COD. Perombakan pada rasio pengenceran 1:1 relatif lebih tinggi dibandingkan pengenceran 1:3. Hal tersebut karena perombakan yang terjadi disebabkan karena aktivitas mikroba. Pertumbuhan dan aktivitas mikroba sangat dipengaruhi oleh berbagai hal, diantaranya tersedianya nutrisi dalam substrat, pH, dan suhu (Darsono 2007; Nugraheni *et al.*, 2008). Pada parameter TSS konsentrasi tertinggi pada pencampuran dengan jerami pengenceran 1:1 diikuti eceng gondok dan serasah yaitu 11855 mg/L, 10005 mg/L, 7565 mg/L. Pada pengenceran 1:3 konsentrasi tertinggi pada pencampuran jerami, eceng gondok dan serasah yaitu 8390 mg/L, 5300 mg/L, 4890 mg/L. Sedangkan pH yang diukur berada pada kondisi netral 7.

Pengendalian limbah secara biologis dapat dilakukan dengan proses aerob dan anaerob. 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). Proses anaerob mampu merombak senyawa organik yang terkandung dalam limbah sampai batas tertentu yang

dilanjutkan dengan proses aerob secara alami atau dengan bantuan mekanik. Perombakan senyawa organik tersebut akan menghasilkan gas metana, karbon dioksida yang merupakan hasil kerja dari mikroba asetogenik dan metanogenik serta H_2O . Berbagai sistem dan jenis air buangan telah dikembangkan dan diteliti, yang semuanya bertujuan untuk memberi perlindungan terhadap lingkungan dan dari beberapa penelitian tersebut diketahui bahwa proses anaerobik memberikan hasil yang lebih baik untuk mengolah limbah dengan kadar COD yang lebih tinggi. (Manurung, 2004).

Kelebihan utama yang dimiliki pada proses anaerobik dibandingkan dengan aerobik yaitu: tidak diperlukan energi untuk aerasi seperti halnya pada proses aerobik (*aerated lagoon, activated sludge, RBC*), 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 menurunkan kadar zat polutan, juga dihasilkan biogas, yang dapat digunakan sebagai pengganti BBM, terbarukan dan ramah lingkungan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang menyatakan bahwa sistem pengelolaan secara anaerob pada limbah biomasa dapat menurunkan kadar polutan dan memproduksi biogas yang ramah lingkungan. Keuntungan lain dari pengolahan secara anaerob adalah dihasilkannya pupuk dari limbah sisa fermentasi.

Tabel 7. karakterisasi limbah anaerob kotoran ayam dengan berbagai penambahan bahan organik dan standar baku mutu pupuk.

No	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
1	C organik (%)	>12	7,95	7	7,43	8,40	8,77	8,37
2	Bahan Organik (%)	-	13,82	12,08	12,81	14,49	15,12	14,43
3	N (%)	<6	0,60	0,67	0,74	0,59	0,54	0,6
4	C/N ratio (%)	12-25	13,25	10,45	10,04	14,24	16,24	13,95
5	P ₂ O ₅ (ppm)	<5	0,64	0,78	0,81	0,68	0,70	0,57
6	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

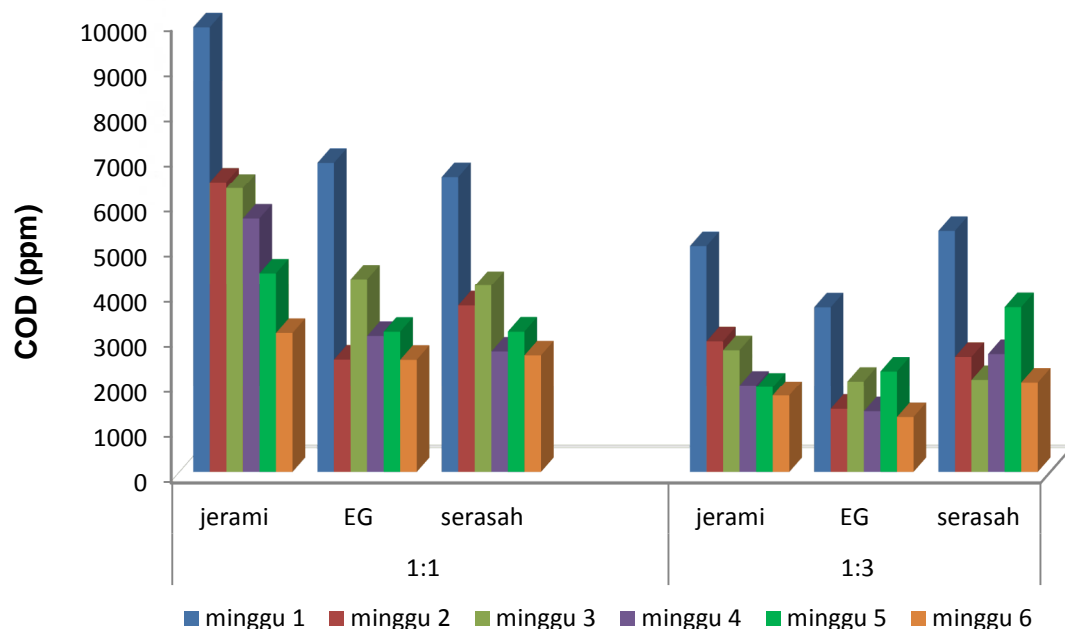
Berdasarkan hasil analisis, limbah kotoran ayam dengan pencampuran berbagai bahan organik setelah terfermentasi secara anaerob dapat dimanfaatkan sebagai pupuk tanaman. Sisa dari limbah yang telah dicerna oleh bakteri methan atau bakteri biogas yang disebut *slurry* atau lumpur, mempunyai kandungan hara 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. Menurut Suzuki *et al.*, (2001) dalam Oman (2003), *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.

2. Hasil Analisis Perombakan Limbah Kotoran Ayam Skala Laboratorium

Beberapa persyaratan parameter dalam penentuan pencemaran lingkungan perairan adalah COD, BOD, DO, TSS, dan VS, akan tetapi tidak harus semua parameter tersebut harus dianalisis, pernyataan ini dapat dipertanggung jawabkan. (Darsono, 2007). Dalam penelitian ini mengabaikan parameter BOD karena dengan mengetahui nilai COD sudah dapat

menginterpretasikan tingkat pencemaran yang ditimbulkan limbah hasil proses biodigester.

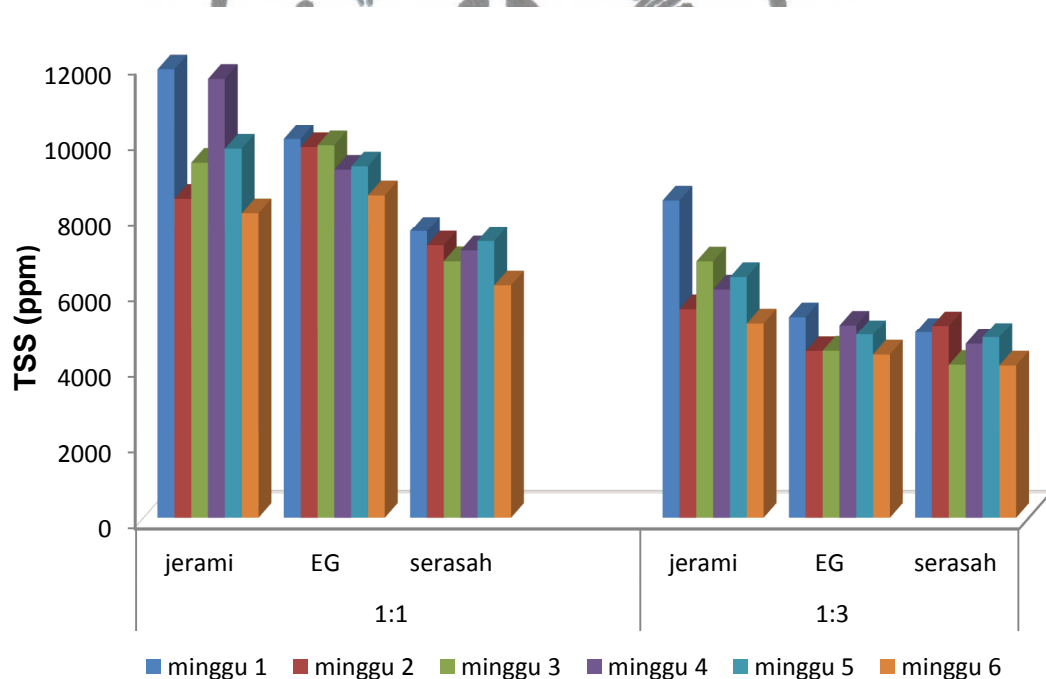
Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa perombakan yang terjadi tidak stabil dengan indikasi parameter yang diamati tiap minggu menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu pada minggu tertentu mengalami penurunan dan mengalami kenaikan pada minggu berikutnya. Ketidakstabilan proses perombakan kemungkinan disebabkan karena kondisi lingkungan dan penggunaan bahan organik sebagai bahan campuran substrat. Hasil analisis lumpur limbah digester dari limbah kotoran ayam menunjukkan tidak semua parameter mengalami penurunan setelah diproses secara anaerob, terdapat beberapa mengalami kenaikan seiring pertambahan waktu pengamatan.



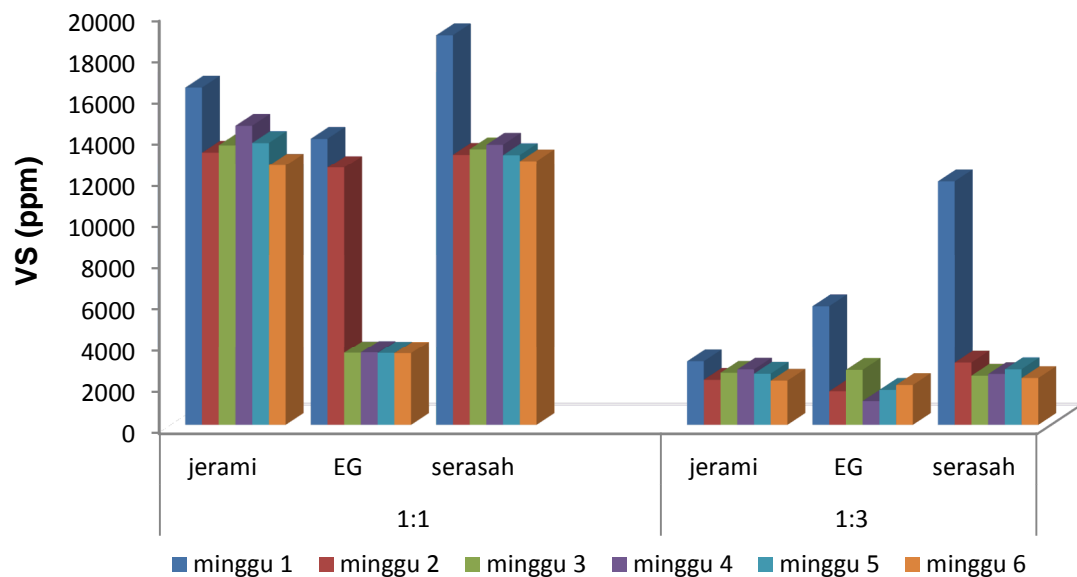
Gambar 6. Grafik perombakan COD dengan beda pengenceran dan penambahan berbagai substrat

Proses perombakan COD relatif tidak stabil. Hal ini dapat diketahui karena terjadi perubahan nilai tiap minggu pengamatan, kemungkinan

disebabkan kondisi lingkungan yang terbatas, yaitu menggunakan digester ukuran 5 kg. Hal tersebut dapat diamati pada parameter COD pada pencampuran bahan organik eceng gondok (EG) dan serasah pada pengenceran 1:1, dimana selama waktu inkubasi pada minggu ke-3 dan ke-5 nilai COD mengalami peningkatan dibandingkan minggu-minggu sebelumnya. Pada pengenceran 1:3 perombakan COD juga tidak stabil, khususnya pada pencampuran substrat serasah. Peningkatan nilai COD meningkat pada minggu ke-5.



Gambar 7. Grafik perombakan TSS dengan beda pengenceran dan penambahan berbagai substart



Gambar 8. Grafik perombakan VS dengan beda pengenceran dan penambahan berbagai substrat

Secara umum perombakan TSS dan VS selama waktu pengamatan mengalami penurunan pada penambahan berbagai substrat (gambar 7 dan 8), meskipun ada beberapa fenomena yang terjadi yaitu peningkatan nilai TSS dan VS pada minggu tertentu. Hal ini terjadi karena bahan-bahan organik mengalami 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).

Fenomena peningkatan nilai COD 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)

menyatakan bahwa, kadar COD semakin meningkat seiring dengan dilakukan pengadukan. Peningkatan ini disebabkan adanya pembentukan flok-flok yang lebih besar akibat dari gaya gravitasi yang diberikan koagulan lebih besar pada waktu pengadukan 20 menit. Pada percobaan ini pengadukan dilakukan secara rutin selama 15 menit pada semua perlakuan.

Kemungkinan kedua karena pada 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 sempat terurai ikut terbawa sehingga mempengaruhi nilai konsentrasi COD. Pada pengenceran 1:1 proses perombakan COD, TSS dan VS relatif lebih tinggi dibandingkan pada pengenceran 1:3. Kepekatan serta campuran bahan juga menjadi salah satu faktor yang menyebabkan nilai dari parameter pengamatan seperti COD, TSS, dan VS menjadi tidak stabil. Faktor pengenceran juga mempengaruhi kerja bakteri terhadap perombakan bahan-bahan organik. Sidik., (2008), menyatakan bahwa agar mikroba beraktivitas normal maka kadar padatan yang diperlukan adalah 8 – 10 % dengan kadar air 90 %. Bila air terlalu sedikit, asam asetat terakumulasi sehingga menghambat proses fermentasi, dan juga akan terbentuk lapisan kerak (*scum*) yang akan timbul dipermukaan. Pembentukan (kerak) *scum* akan terjadi bila bahan campuran substrat mengandung serat. Pembentukan *scum* yang tebal akan mempengaruhi proses terbentuknya gas karena proses penguraian (degradasi) limbah membutuhkan waktu yang cukup lama, hal ini karena mikroba terlebih dahulu mendegradasi bahan organik yang tidak larut menjadi bahan organik yang larut. (Widjaja *et.al.*, 2008). Mikroba dengan kondisi lingkungan yang ideal akan mempercepat proses perombakan bahan.

Tabel 8. 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 (EG)	63,80	14,79	75,14
	Serasah	60,58	18,83	32,20
1:3	Jerami	66,30	38,73	30,49
	Eceng gondok (EG)	66,75	18,77	66,60
	Serasah	62,83	17,89	80,96

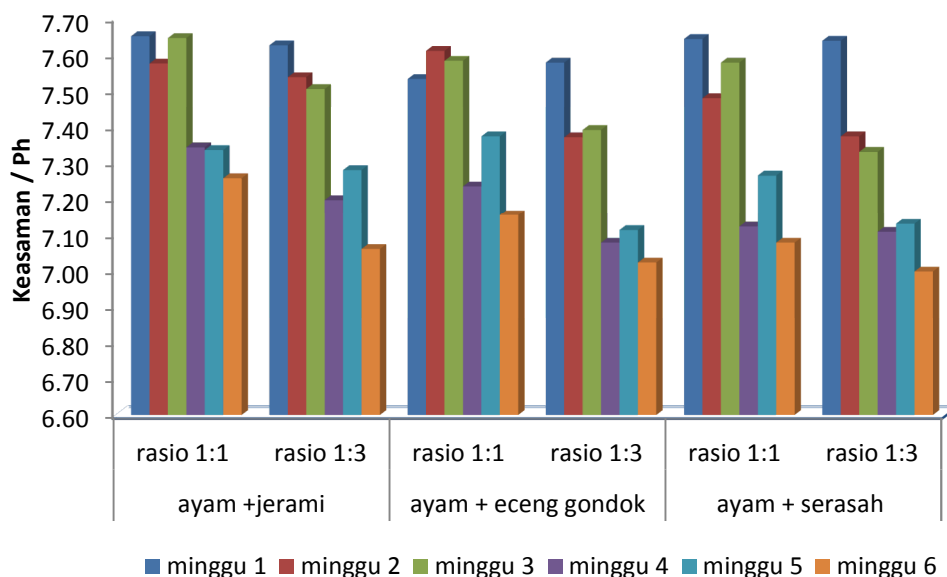
Hasil pengamatan menunjukkan nilai efisiensi perombakan COD, TSS dan VS bervariasi, hasil yang bervariasi pada pengenceran berbeda serta dengan penambahan substrat (tabel 9). Pada penambahan substrat jerami pengenceran 1:1 (68,99 %) memiliki nilai efisiensi perombakan COD lebih baik dibandingkan dengan pengenceran 1:3 (66,30 %), sebaliknya pada efisiensi perombakan TSS dan VS pada pengenceran 1:1 lebih rendah dibandingkan pengenceran 1:3 yaitu 32,05 % (1:1) dan 38,73 % (1:3) serta 22,90 % (1:1) dan 30,49 % (1:3). Pada penambahan substrat eceng gondok (EG) efisiensi perombakan COD pada pengenceran 1:1 lebih rendah dibandingkan pengenceran 1:3 yaitu 63,80 % dan 66,75 %, hal yang sama pada efisiensi perombakan TSS yaitu 14,79 % (1:1) dan 18,77 % (1:3), sedangkan pada perombakan VS, pengenceran 1:1 lebih tinggi dibandingkan 1:3 yaitu 75,14 % dan 66,60 %. Pada penambahan substrat serasah efisiensi perombakan COD pada pengenceran 1:3 lebih tinggi dibandingkan dengan pengenceran 1:1 yaitu 62,83 % dan 60,58 %, hal yang sama pada efisiensi perombakan VS yaitu 80,96 % (1:3) dan 32,20 % (1:1). Sebaliknya pada TSS, pengenceran 1:1 memiliki efisiensi perombakan yang lebih tinggi dibandingkan 1:3 yaitu 18,83 % dan 17,89 %.

Nilai efisiensi perombakan sebagian besar sangat rendah. Rendahnya nilai efisiensi disebabkan karena campuran substrat dengan limbah pertanian yang mengandung lignin sehingga proses penguraiannya lambat sehingga 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. 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 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). Rendahnya nilai efisiensi karena tingginya beban padatan yang dimasukkan kedalam digester, hal ini akan 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. Produksi gas akan menurun dan proporsi CO₂ akan meningkat.

3. Pengamatan pH

Parameter lain yang diamati adalah pH. Pada awal sebelum bahan dimasukkan kedalam digester dilakukan pengukuran, hasil penukuran nilai pH berkisar 7,0 - 7,2. Selama proses anaerob terjadi perubahan pH pada masing-masing perlakuan pengenceran dan penambahan substrat. Bakteri pembentuk metan hidup pada kondisi pH netral sampai sedikit basa, jika pH turun dibawah 6,2 akan memiliki efek racun pada bakteri.



Gambar 9. Grafik nilai pH pada berbagai campuran substrat dengan pengenceran 1:1 dan 1:3

Hasil pengukuran pH memiliki kesamaan pada tiap penambahan substrat dan pengenceran yaitu pada awal minggu pengamatan dengan nilai pH diatas 7,25. Secara keseluruhan nilai pH berkisar antara 7,00 - 7,65 (Gambar 9). Hal ini dapat dikatakan netral dan nilai ini termasuk dalam range nilai pH optimum dalam pembentukan biogas (Wijayanti, 1993). Pembentukan biogas dapat berjalan optimal pada kondisi pH 7 hal ini sejalan dengan Mahajoeno dkk., (2008) yang

menyatakan bahwa pH awal substrat 7 memberikan peningkatan laju produksi biogas lebih baik.

Selama waktu pemeraman terjadi penurunan pH setelah 6 minggu waktu pengamatan. Penurunan pH terjadi paling menonjol terlihat dari minggu ke-3 sampai minggu ke-4 dengan pH berkisar antara 7,10 - 7,40, namun pada minggu ke-5 pH kembali meningkat hal ini terjadi pada penambahan substrat jerami pada pengenceran 1:3, penambahan substrat eceng gondok pengenceran 1:1 dan 1:3. Serta pada penambahan substrat serasah pengenceran 1:1 dan 1:3 (Gambar 9). Pada seluruh proses anaerob dengan penambahan bahan organik dan pengenceran berbeda mempunyai kecenderungan pola perubahan nilai pH yang sama. Pada awal sampai minggu ke 2 nilai pH pada semua reaktor mengalami penurunan, kecuali pada penambahan substrat eceng gondok dengan pengenceran 1:1 pada minggu ke-2 mengalami kenaikan. penurunan pH terjadi karena pembentukan asam organik selama proses asidogenesis seperti asam asetat, propionat, butirrat, valerat bahkan isovalerat dan isobutirat, sedangkan pada tahap asetogenesis produk utama yang dihasilkan adalah asam lemak volatil. (Kresnawaty *et al.*, 2008).

Pada proses pembentukan biogas pH berpengaruh pada pertumbuhan bakteri dan mempengaruhi disosiasi ammonia, sulfida dan asam-asam organik, yang mana merupakan senyawa untuk proses pencernaan anaerob. pH pada proses perombakan anaerob biasa berlangsung antara 6,6 - 7,6; bakteri metanogen tidak dapat toleran pada pH di luar 6,7 - 7,4; sedangkan bakteri non metanogen mampu hidup pada pH 5 - 8,5 (NAS, 1981). Karena proses anaerobik terdiri dari dua tahap yaitu tahap 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 sebab pH yang menurun, dapat ditingkatkan dengan penambahan kapur dan NaOH (Manurung, 2004).

Proses anerobik dapat beroperasi dengan baik pada pH antara 6,0 – 7,0. Pada saat terjadi pemecahan selulosa akan menghasilkan asam anorganik yang menyebabkan pH turun dibawah 7, pada pH tersebut merupakan racun bagi bakteri metanogen sehingga dapat menurunkan produksi gas (Garba and Sambo, 1992).

4. Produksi Biogas Skala Laboratorium

Berdasarkan uji ANAVA yang dilanjutkan uji DMRT 5% untuk produksi gas ditampilkan pada Tabel berikut :

Tabel 9. Pengaruh jenis substrat dan pengenceran terhadap produksi gas (ml)

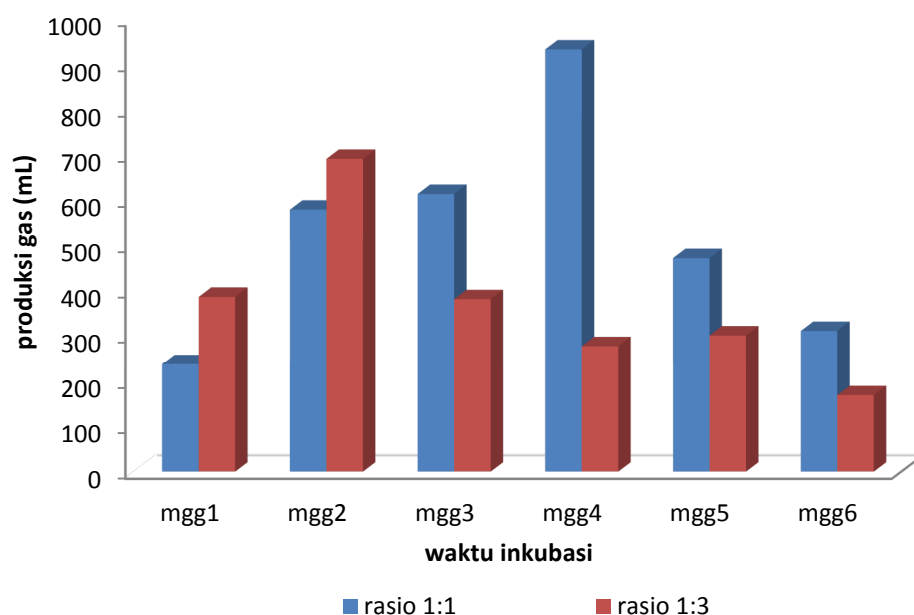
substrat	Pengen ceran	waktu pengamatan					
		minggu 1	minggu 2	minggu 3	minggu 4	minggu 5	minggu 6
jerami		238.50c	579.00a	613.50a	932.75c	471.25c	311.75b
EG	1:1	408.25b	995.25b	885.75b	814.75b	302.25b	179.00a
serasah		105.50a	551.50a	618.25a	563.25a	152.00a	214.00a
jerami		386.25b	690.00b	381.25b	278.25b	302.00b	169.00b
EG	1:3	93.75a	186.25a	221.50a	145.00a	105.75a	61.25a
serasah		96.50 a	208.00a	240.25a	196.75a	135.00a	214.25c

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata antar perlakuan pada DMRT taraf uji 5%).

Berdasarkan tabel diatas, interaksi yang terjadi antara jenis substrat dan pengenceran memberikan hasil yang beda nyata terhadap produksi biogas. Dari tabel 10 dapat dilihat rerata produksi biogas pada masing-masing substart dengan variasi pengenceran, pada penambahan substart jerami hasil terbaik

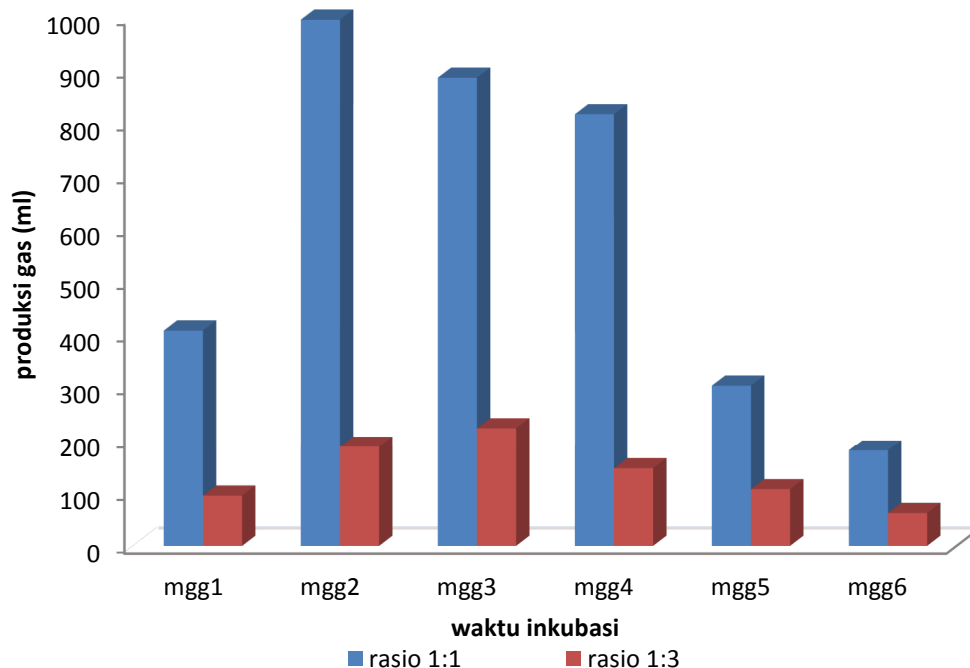
pada pengenceran 1:1 yaitu 932,75 ml pada minggu ke-4. Pada penambahan substart eceng gondok hasil terbaik pada pengenceran 1:1 pada minggu ke-2 yaitu 995,25 ml. Pada penambahan substart serasah hasil terbaik pada pengenceran 1:1 pada minggu ke-3 yaitu 618,25 ml.

Untuk melihat peningkatan produksi gas pada penambahan substart dengan variasi pengenceran dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik produksi biogas dengan beda pengenceran dan penambahan substrat jerami

Hasil produksi biogas pada percampuran substrat jerami tertinggi pada pengenceran 1:1, yaitu pada minggu ke-4 dengan produksi 932,75 ml, hasil terendah pada minggu ke-1 yaitu 238,5 ml. Pada pengenceran 1:3 hasil terbaik pada minggu ke-2 dengan hasil 690 ml dan hasil terendah pada minggu ke-6 yaitu 169 ml (gambar 10). Selama waktu pemeraman kecenderungan produksi gas meningkat seiring dengan bertambahnya waktu inkubasi. Produksi mencapai puncaknya pada minggu ke-4 (pengenceran 1:1) dan pada minggu ke-2 (pengenceran 1:3).

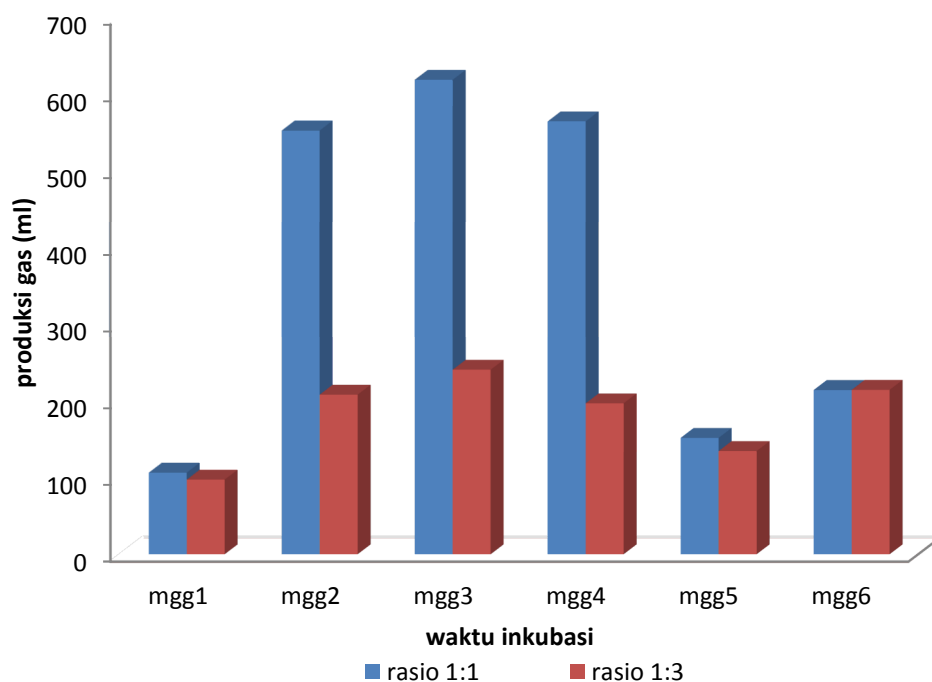


Gambar 11. Grafik produksi biogas dengan beda pengenceran dan penambahan substrat eceng gondok

Produksi biogas pada penambahan substrat eceng gondok dengan variasi pengenceran, dapat dilihat produksi pada pengenceran 1:1 mempunyai hasil yang lebih baik dibandingkan pada pengenceran 1:3 (gambar 11). Hasil terbaik pada pengenceran 1:1 adalah 995,25 ml pada minggu ke-2 sedangkan seiring dengan bertambahnya waktu inkubasi produksi menjadi menurun, yaitu pada minggu ke-6 yaitu 179 ml. pada pengenceran 1:3 hasil produksi biogas sangat rendah, produksi tertinggi pada minggu ke-3 yaitu 221,5 ml, hasil terendah pada minggu ke-6 yaitu 61,25 ml

Untuk produksi biogas tertinggi dihasilkan pada percampuran dengan bahan organik eceng gondok dengan rasio pengenceran 1:1. yaitu 597.5417 ml, produksi biogas yang tinggi disebabkan karena pada penambahan substrat eceng gondok dalam keadaan segar dibandingkan dengan substrat jerami dan serasah. Kandungan air dalam substart eceng gondok lebih tinggi dari jerami

maupun serasah. Jain *et al.*, (1990) dan Gupta (1979) menyatakan bahwa produksi biogas dari eceng gondok relatif lebih besar karena kandungan air yang tinggi (91,50%). Tingginya produksi biogas pada substrat eceng gondok karena kandungan protein dan selulosa yang lebih besar dari non selulosa seperti lignin, abu, lemak dan zat-zat lain. Hal ini sejalan dengan pernyataan Almusthapa, 2009 bahwa produk yang dihasilkan dari pencernaan bahan lignoselulosa secara anaerobik adalah biogas dan kompos. Kandungan hemiselulosa dan monosakarida pada eceng gondok relatif lebih mudah di degradasi menjadi gas. Sekitar 90% dari glukosa monosaccharida dikonversi ke produksi gas pada pencernaan anaerob pada keseluruhan waktu tinggal sekitar 4,5 hari (Klass dan Gosh, 1979).



Gambar 12. Grafik produksi biogas dengan beda pengenceran dan penambahan substrat serasah

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, hal ini karena pada awal-awal minggu proses perombahan oleh bakteri metanogen 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.

Pada penambahan substrat serasah ada kecenderungan produksi gas meningkat pada akhir waktu pengamatan yaitu pada minggu ke-6 meskipun kenaikan produksi tidak signifikan. Pada pencampuran substrat serasah produksi biogas lebih rendah. Rendahnya produksi biogas dengan substrat 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 dengan lignin. Sebagian besar limbah daun-daunan tersusun atas *lignocellulosic* (Bhattacharya, 2008), sehingga proses biodegradasinya relatif lebih lambat. Pada rasio pengenceran 1:1 produksi biogas meningkat pada minggu ke-2,3,4 berturut-turut yaitu 551,5 ml; 618,25 ml; 563,25 ml dan menurun drastis pada minggu ke-5 (152 ml) dan kembali meningkat pada minggu ke-6 (214 ml). Peningkatan produksi biogas pada awal minggu disebabkan karena hanya unsur karbohidrat dan selulosa yang mampu didegradasi oleh bakteri methanogen, sedangkan peningkatan produksi pada minggu ke-6 telah terjadi penguraian lignin sehingga terbentuk gas kembali. (Bhattacharya, 2008).

Rasio pengenceran berpengaruh terhadap produksi biogas hal ini disebabkan karena banyaknya air yang ada didalam substrat sehingga

perkembangan mikroba kurang optimal, sedangkan pada rasio pengenceran 1:1 produksi biogas lebih tinggi karena kandungan bahan padatan yang digunakan sebagai nutrisi bagi mikroba sehingga dapat mendukung perkembangan mikroba dengan baik (Weda *et al.*, 2010). Pengenceran substrat akan memudahkan dan mempercepat proses perombakan bahan yang tersedia, perkembangan konsorsium mikroba dapat berkembang secara leluasa, sehingga hasil produksi biogas yang diperoleh relatif lebih banyak. Pada pencampuran jerami dalam proses pendegradasian berjalan lebih lambat karena tersusun atas lignin, selulosa dan hemiselulosa, yang kuat, dan tahan terhadap kerusakan. Jerami sangat sulit untuk dicerna karena mengandung sebagian besar dari lignin. (Oosterkamp, 2008).

B. 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 pengenceran 1:1.

Bahan-bahan penelitian skala semi pilot mendapat perlakuan sama seperti pada saat penelitian skala laboratorium. Substrat eceng gondok terlebih dahulu mengalami proses pencacahan, selanjutnya dicampur dengan kotoran ayam dengan perbandingan 2:1 ; setelah dihomogenkan selanjutnya diencerkan dengan air dengan perbandingan 1:1, kemudian campuran substrat dengan air dihomogenkan dengan cara dimixer sehingga tercampur rata dan dimasukkan kedalam digester.

Dalam penelitian skala semi pilot menggunakan digester volume 550 L, pengisian digester berdasarkan hasil penelitian Mahajoeno. 2008, yaitu inokulum 20%, substrat 60% dan ruang untuk gas 20 %. Inokulum yang diisikan sebanyak 110 L, volume substrat 330 L. Perlakuan dalam penelitian skala semi pilot dengan beda agitasi, diasumsikan perbedaan agitasi dapat meningkatkan produksi biogas, hal tersebut sesuai dengan pernyataan Mahajoeno (2007), menyatakan bahwa perlakuan agitasi merupakan salah satu faktor untuk peningkatan produksi biogas limbah cair kelapa sawit secara anaerob. Perbedaan agitasi digester adalah 4 jam/hari dan 8 jam/hari, disesuaikan dengan waktu jam kerja harian. Pada agitasi 4 jam, mulai jam 06.00-07.00; 10.00-11.00; 14.00-15.00; dan 18.00-19.00, masing-masing 1 jam agitasi. Sedangkan pada agitasi 8 jam, mulai jam 05.00-08.00; 14.00-17.00; 22.00-23.00, masing-masing 3 jam dan 2 jam agitasi. Waktu penelitian skala semi pilot dilakukan selama 8 minggu.

Parameter yang diamati adalah uji kualitatif biogas dengan nyala api, efisiensi perombakan COD limbah digester dan volume produksi biogas. Produksi biogas terbentuk pada awal minggu pengamatan, namun produksi yang dihasilkan pada awal minggu tidak dapat menentukan nyala tidaknya gas metan.

1. Uji Kualitatif Nyala Api biogas

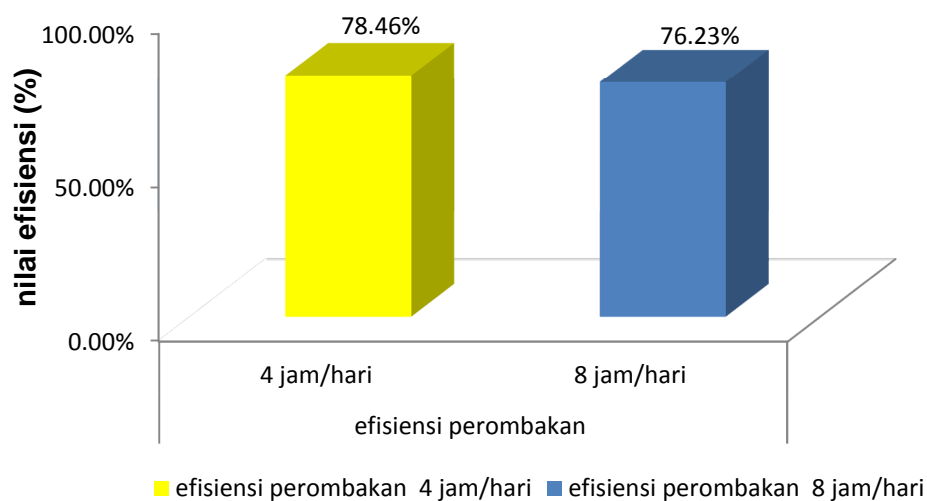
Berdasarkan uji nyala api, pada produksi minggu awal ternyata gas belum menyala jika dibakar, hal ini menunjukkan bahwa kadar metan yang diproduksi masih rendah, dikarenakan proses perombakan anaerob memerlukan beberapa tahapan, diantaranya : hidrolisis, asidogenesis, dan methanogenesis. Pada saat awal perombakan masih didominasi oleh proses hidrolisis, asidogenesis, dan asidogenesis sehingga gas yang dihasilkannya pun kebanyakan masih berupa gas CO₂, H₂, dan senyawa yang bersifat asam seperti asam asetat. Energi

biogas menjadi mudah terbakar jika memiliki kandungan gas metan lebih dari 50%. Hammad (1996) mengatakan bahwa biogas dapat terbakar apabila terdapat kadar metana minimal 57%.

Setelah minggu ke-2 dilakukan uji nyala api diperoleh warna nyala api menjadi biru, hal ini menunjukkan telah terbentuk gas metan (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, dan sebaliknya (Kapdi *et al.*, 2004 dan Pambudi, 2008).

2. Efisiensi Perombakan COD

Hasil efisiensi perombakan bahan terlarut disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 10. Hasil perhitungan efisiensi perombakan COD menunjukkan perbedaan pada perlakuan perbedaan agitasi 4 jam/ hari dan 8 jam/ hari.



Gambar 13. Grafik efisiensi perombakan COD

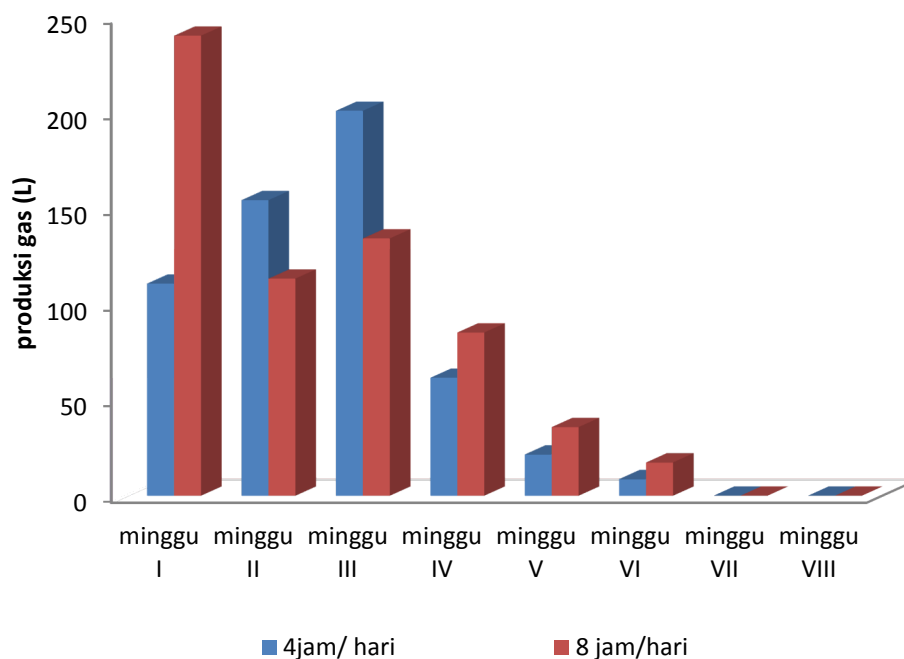
Nilai efisiensi perombakan tertinggi pada perlakuan agitasi 4 jam/ hari yaitu 78,46 %. Pada perlakuan agitasi 8 jam/ hari efisiensi perombakan lebih rendah yaitu 76,23 %. Perlakuan agitasi mampu meningkatkan efisiensi perombakan sebesar 95% pada substrat limbah sawit. (Alawi *et al.*, 2009). Hasil penelitian pada efisiensi 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 & Wisarnwan, 2007). Perbedaan nilai efisiensi perombakan dimungkinkan karena perbedaan substrat serta pengenceran. Penggunaan pengadukan berfungsi antara lain untuk mencampur substart dengan inokulum, untuk menghindari padatan yang terapung dan tenggelam, untuk meningkatkan aktivitas bakteri sehingga produksi biogas menjadi optimal, serta untuk meningkatkan laju dekomposisi dengan membebaskan (mengeluarkan) gelembung gas yang terperangkap dalam matrik sel mikroorganisme (Subramanian, 1978).

Perlakuan lama agitasi pada skala semi pilot ternyata tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap efisiensi perombakan COD, selisih perbedaannya hanya 2,23 %. Dapat disimpulkan bahwa dengan lamanya agitasi tidak meningkatkan efisiensi perombakan, hal tersebut berlawanan dengan produksi gas, dengan peningkatan agitasi produksi gas ikut meningkat. Stroot *et al.*, (2001) berpendapat bahwa dengan 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 rate

pembentukan gas metan juga semakin besar. (Widjaja dkk., 2008). Dari hasil penelitian diperoleh terdapat pengecualian karena reduksi perombakan belum mencapai 90% namun produksi gas yang terbentuk tinggi. Tingginya produksi gas mungkin tidak hanya gas metan yang terbentuk namun ada campuran dari gas CO₂.

3. Produksi Biogas Skala Semi Pilot

Penelitian skala semi pilot dilakukan selama 8 minggu waktu pengamatan. Parameter yang diamati adalah produksi biogas dengan beda pengadukan yaitu 4 jam/ hari dan 8 jam/ hari, hasil produksi biogas pada penelitian skala semi pilot disajikan dalam bentuk grafik (Gambar 14).



Gambar 14. Grafik produksi biogas skala semi pilot dengan beda pengadukan

. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa perbedaan lama waktu agitasi dapat meningkatkan produksi biogas. Dari gambar 5 menunjukkan pada perlakuan agitasi 4 jam/hari gas terbentuk pada minggu awal pengamatan.

Selama 8 minggu pengamatan produksi biogás paling tinggi pada minggu ke-3 yaitu 210,07 L, Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan Mahajoeno (2007), menyatakan bahwa perlakuan agitasi merupakan salah satu faktor untuk peningkatan produksi biogas limbah cair kelapa sawit secara anaerob. Penurunan produksi biogás terlihat pada minggu ke-4 sampai minggu ke-6 sedangkan pada minggu ke-7 dan akhir pengamatan biodigester sudah tidak berproduksi.

Pada perlakuan agitasi 8 jam/hari, pada awal minggu produksi biogás meningkat dengan pesat yaitu 240 L selanjutnya seiring 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). Produksi semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu pemeraman, dan pada minggu ke-7 dan ke-8 gas sudah tidak terbentuk lagi.

Tabel 10. Rerata produksi biogás dengan beda agitasi

waktu	produksi gas (L)	
	4 jam/ hari	8 jam/hari
minggu I	110.37	240
minggu II	154.2	112.95
minggu III	201.07	134.36
minggu IV	61.55	85
minggu V	21.29	35.5
minggu VI	8.59	17.18
minggu VII	-	-
minggu VIII	-	-
Σ	557.07	624.99
rerata	69.63	78.12

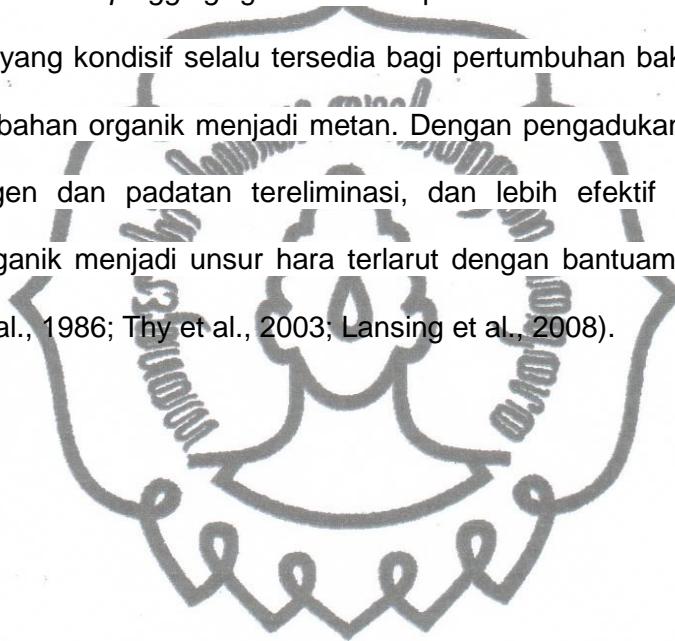
Dilihat dari efisiensi dan efektifitas perlakuan agitasi 4 jam/hari lebih menguntungkan dibandingkan dengan agitasi selama 8 jam/hari. Hal ini didapatkan karena produksi biogas tidak berbeda terlalu jauh, disamping itu

pengadukan 8 jam/hari dinilai kurang efektif karena waktu pengadukan dan penggunaan energi untuk penggerak mesin agitasi dinilai terlalu boros.

Pengadukan memberikan peran penting dalam menghasilkan produksi secara optimal, serta dapat menghomogenkan substrat inokulum sehingga bakteri-bakteri metanogen dapat bekerja secara optimal. Dengan kata lain dengan pengadukan kontinu berarti memberikan persediaan makanan bakteri akan selalu tersedia. Pengadukan merupakan faktor penting untuk memperoleh proses pembentukan biogas yang stabil karena dengan penggunaan agitasi dapat menghancurkan *scum* atau timbulnya lumpur yang muncul kepermukaan digester yang dapat mengganggu produksi biogas. Bahan baku eceng gondok campuran kotoran ayam merupakan bahan yang sukar dicerna sehingga dapat membentuk *scum* atau kerak dipermukaan cairan. Bila dibiarkan lapisan akan mengeras dan akan mengganggu dan menghambat laju produksi gas.

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 pencernaan yang aktif dan menghindari akumulasi dari padatan terbang 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 pathogen dan padatan tereliminasi, dan lebih efektif untuk mengubah padatan organik menjadi unsur hara terlarut dengan bantuan mikroorganisme. ((Mowat et al., 1986; Thy et al., 2003; Lansing et al., 2008).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Hasil analisis yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Produksi biogas skala laboratorium tertinggi diperoleh dari pencernaan anaerobik selama 6 minggu substrat campuran kotoran ayam dan eceng gondok dengan pengencer 1:1 sebesar 0,6 L selama 6 minggu. Sedangkan substrat campuran kotoran ayam dan jerami maupun serasah pada pengenceran yang sama masing-masing memproduksi 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).
2. Agitasi berpengaruh terhadap produksi biogas skala semi pilot. Produksi tertinggi diperoleh pada pengadukan 8 jam/ hari sebesar 624.99 L selama 8 minggu waktu pengamatan. Pada pengadukan 4 jam/ hari produksi yang diperoleh sebesar 557.07 L. Untuk efisiensi perombakan bahan organik (COD) pada pengadukan 4 jam/ hari sebesar 787,46 % sedangkan pada pengadukan 8 jam/ hari 76,23 %.

B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, beberapa saran diberikan sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan perlakuan waktu retensi untuk memperoleh hasil produksi biogas optimal dalam skala industri khususnya industri peternakan ayam.
2. Perlu dilakukannya penelitian waktu agitasi efektif untuk menghasilkan produksi biogas optimal.
3. Perlu dilakukan purifikasi gas untuk mendapatkan gas metan murni,

