

**PENGARUH PENAMBAHAN BEBERAPA CAIRAN RUMEN
TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI KOTORAN SAPI**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh

**SRI SUCIATI NINGSIH
16012/2010**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2014**

PERSETUJUAN SKRIPSI

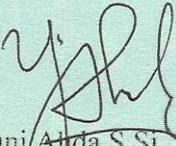
**PENGARUH PENAMBAHAN BEBERAPA CAIRAN RUMEN TERHADAP
PRODUKSI BIOGAS DARI KOTORAN SAPI**

Nama : Sri Suciati Ningsih
NIM/BP : 16012/2010
Program Studi : Biologi
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 22 Januari 2014

Disetujui Oleh:

Pembimbing I


Dr. Yuni Arda S.Si., M.Si
NIP. 19690629 199403 2 003

Pembimbing II


Dezi Handayani, S.Si., M.Si
NIP. 19770126 200604 2 002

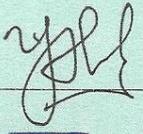
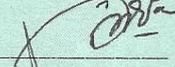
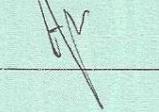
PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Biologi Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Judul : Pengaruh Penambahan Beberapa Cairan Rumen terhadap Produksi Biogas dari Kotoran Sapi
Nama : Sri Suciati Ningsih
NIM/TM : 16012/2010
Program Studi : Biologi
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 22 Januari 2014

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. Yuni Ahda, S.Si., M.Si.	1. 
2. Sekretaris	: Dezi Handayani, S.Si., M.Si.	2. 
3. Anggota	: Drs. Mades Fifendy, M. Biomed.	3. 
4. Anggota	: Irdawati, S.Si., M.Si.	4. 
5. Anggota	: Fitri Arsih, S.Si., M.Pd.	5. 

ABSTRAK

Sri Suciati Ningsih : Pengaruh Penambahan Beberapa Cairan Rumen terhadap Produksi Biogas dari Kotoran Sapi.

Pengembangan teknologi bahan bakar alternatif perlu dilakukan untuk mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar fosil. Salah satu teknologi bahan bakar alternatif yang memiliki prospek baik untuk dikembangkan adalah biogas. Penambahan biostarter dapat memaksimalkan produksi biogas. Cairan rumen dapat dijadikan sebagai biostarter yang baik karena di dalamnya terdapat bakteri selulolitik dan metanogenik. Penelitian ini mengenai pengaruh penambahan beberapa cairan rumen terhadap produksi biogas dari kotoran sapi.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Universitas Negeri Padang. Metode yang digunakan adalah eksperimen yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan menggunakan cairan rumen sapi (P1), kerbau (P2), kambing (P3), dan tanpa penambahan cairan rumen (P0). Fermentor berisi substrat dengan perbandingan kotoran sapi:air:cairan rumen adalah 1:1:1 difermentasi selama 7 hari. Variabel yang diukur adalah volume balon penampung biogas (cm^3) dan lama nyala biogas (dt).

Berdasarkan hasil uji ANOVA ($P < 0,05$) dan uji lanjut DNMR diketahui bahwa penambahan cairan rumen berpengaruh signifikan terhadap produksi biogas dari kotoran sapi. Penambahan cairan rumen sapi, kerbau, dan kambing meningkatkan volume biogas yang dihasilkan dibandingkan tanpa penambahan cairan rumen. Rerata volume maksimal biogas P1 sebanyak $71,97 \text{ cm}^3$, P2 sebanyak $80,26 \text{ cm}^3$ sedangkan P0 sebanyak $2,88 \text{ cm}^3$. Volume biogas tertinggi diperoleh dari penambahan cairan rumen kambing dengan rerata volume $102,7 \text{ cm}^3$ pada hari ke-4.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbal'alamin. Syukur tak terhingga kehadiran Allah SWT atas rahmah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Beberapa Cairan Rumen terhadap Produksi Biogas dari Kotoran Sapi”**.

Penulisan Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyelesaian Skripsi ini, antara lain:

1. Ibu Dr. Yuni Ahda, M. Si. pembimbing I dan Ibu Dezi Handayani, S. Si., M. Si. pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan arahan selama penelitian dan penulisan Skripsi ini.
2. Ibu dr. Elsa Yuniarti, S. Ked. Penasehat Akademik atas bimbingannya kepada penulis.
3. Bapak Drs. Mades Fifendy, M. Biomed., Ibu Irdawati, S. Si., Ibu Fitri Arsih, S. Si., M. Pd., dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran selama penelitian dan penulisan Skripsi ini.
4. Ketua Jurusan, Sekretaris Jurusan, Ketua Program Studi Biologi dan seluruh Dosen Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Staf Tata Usaha dan laboran Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Padang.

6. Semua keluarga dan rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan bantuan, semangat dan dorongan demi kesempurnaan Skripsi ini.

Mudah-mudahan semua bantuan dan ilmu yang telah diberikan mendapat balasan dari Allah SWT. Semoga Skripsi ini dapat memberikan kontribusi positif bagi kita semua.

Amin...

Padang, Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Hipotesis Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Biogas.....	6
B. Sumber Biogas	8
C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas.....	9
D. Mikroba Rumen sebagai Biostarter Biogas.....	12
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian.....	18
B. Waktu dan Tempat Penelitian	18
C. Alat dan Bahan.....	18

D. Rancangan Penelitian	18
E. Prosedur Penelitian.....	19
1. Persiapan	19
2. Pelaksanaan	20
3. Pengamatan	21
F. Analisis Data	22
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil	23
1. Hasil pengamatan volume biogas (cm ³).....	23
2. Hasil pengamatan waktu uji nyala biogas (dt).....	26
B. Pembahasan.....	28
1. Pengaruh beberapa cairan rumen terhadap produksi biogas	28
2. Pengaruh beberapa cairan rumen terhadap lama nyala biogas..	34
 BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	35
B. Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi biogas.....	6
Tabel 2. Bakteri rumen dan fungsinya	14
Tabel 3. Beberapa jenis protozoa rumen.....	14
Tabel 4. Bagan percobaan pengaruh cairan rumen terhadap produksi biogas	19
Tabel 5. Hasil uji ANOVA dan uji lanjut DNMRT volume biogas (cm ³) dari kotoran sapi dengan penambahan cairan rumen sapi (P1), cairan rumen kerbau (P2), cairan rumen kambing (P3), dan tanpa cairan rumen (P0) hari ke 1-7	25
Tabel 6. Hasil uji ANOVA waktu nyala api biogas (dt) dari kotoran sapi dengan penambahan cairan rumen sapi (P1), cairan rumen kerbau (P2), cairan rumen kambing (P3), dan tanpa cairan rumen (P0) hari ke-7	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Tahapan Proses Pembentukan Biogas (Yazid dan Bastianudin, 2011).....	7
Gambar 2. Botol fermentor biogas (koleksi pribadi, 2013)	21
Gambar 3. Pengukuran keliling balon penampung biogas (koleksi pribadi, 2013)	22
Gambar 4. Balon kosong (a) dan balon yang telah berisi biogas (b).....	23
Gambar 5. Grafik hasil pengukuran volume balon (cm ³) dari kotoran sapi dengan penambahan beberapa jenis cairan rumen hari ke 1-7	24
Gambar 6. Grafik hasil pengukuran uji nyala biogas dari kotoran sapi dengan penambahan beberapa jenis cairan rumen.	26
Gambar 7. Hasil pembakaran biogas. Uji positif mengandung gas metan (nyala api berwarna biru.	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengukuran volume biogas (cm^3) dari data pengukuran keliling balon (cm).....	39
Lampiran 2. Analisis statistik volume biogas	41
Lampiran 3. Analisis statistik uji nyala biogas	48
Lampiran 4. Foto hasil pengamatan dan kegiatan.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan energi global semakin meningkat, 88% dari kebutuhan tersebut pada saat ini adalah kebutuhan akan bahan bakar fosil (IEA, 2006 dalam Weiland, 2009). Persediaan bahan energi fosil semakin berkurang karena terus menerus digunakan manusia untuk memenuhi kebutuhan energi misalnya sebagai bahan bakar untuk alat transportasi, rumah tangga, pembangkit listrik, industri dan lain-lain. Berkurangnya persediaan bahan bakar fosil menyebabkan semakin menipisnya persediaan cadangan bahan bakar dan harganya pun semakin melonjak tinggi. Tingginya harga bahan bakar masih dirasakan oleh masyarakat, khususnya kalangan menengah ke bawah meskipun pemerintah Indonesia telah mengeluarkan subsidi bahan bakar minyak. Oleh karena itu pengembangan teknologi bahan bakar alternatif perlu dilakukan untuk mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar fosil.

Salah satu teknologi bahan bakar alternatif yang memiliki prospek baik untuk dikembangkan adalah bioenergi karena memiliki beberapa keunggulan yaitu murah, ramah lingkungan, kontinuitas bahan bakunya terjamin dan mampu mengeliminasi GHG (*Green House Gas*). Bioenergi dapat diperoleh dengan cara yang cukup sederhana, salah satunya dengan memanfaatkan kotoran ternak untuk menghasilkan biogas (Hambali dkk. 2007). Menurut Cu'ellar dan Webber (2008) dengan mengkonversi kotoran menjadi biogas dapat memberikan kontribusi positif mengurangi emisi GHG (*Green House Gas*) bila penerapan dilakukan

secara luas dan merata. Pemanfaatan kotoran ternak sebagai substrat pembuatan biogas juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat bau yang tidak sedap dan terganggunya pemandangan oleh kotoran ternak (Wilkie, 2005).

Teknologi pembuatan biogas sebenarnya telah diterapkan oleh negara-negara Eropa sejak perang dunia II dengan teknologi yang masih sederhana. Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi serta dipicu oleh krisis energi penerapan teknologi yang lebih efisien untuk menjadikan biogas menjadi sumber energi alternatif khususnya sebagai pembangkit listrik telah dikembangkan (Weiland, 2003). China telah melaksanakan program khusus yaitu BPP (*Biogas Promotion Program*) untuk mempromosikan penggunaan biogas sebagai sumber energi (Zhou, 2010). Beberapa negara berkembang misalnya India, Nepal dan Thailand juga menunjukkan respon yang baik dalam pengembangan teknologi ini (FAO, 1996). Begitu juga di Indonesia, teknologi biogas sangat cocok untuk dikembangkan mengingat Indonesia adalah negara tropis dan kaya akan sumber daya alam sehingga bahan baku pembuatan biogas dapat diperoleh secara kontinyu.

Biogas merupakan gas yang timbul dari proses fermentasi bahan-bahan organik misalnya kotoran hewan, kotoran manusia atau sampah organik secara anaerob dalam biodigester. Komponen biogas terdiri atas metana 50-70%, karbon dioksida 30-40%, dan sebagian kecil gas lain. Proses pembuatan biogas terjadi dalam tiga tahap yaitu hidrolisis, acetogenesis dan metanogenesis. Ketiga proses tersebut harus optimum, jika salah satu proses terhambat maka akan berdampak pada proses berikutnya sehingga produksi gas metana tidak optimal. Seluruh

proses tersebut melibatkan komunitas mikroba yang berasosiasi sintropik dalam proses degradasi biometanogenik dalam fermenter biogas (Schluter *et al.*, 2008).

Penambahan biostarter dapat memaksimalkan produksi biogas. Pemilihan starter yang baik sangat penting untuk mempercepat proses perombakan bahan organik. Cairan rumen dapat dijadikan sebagai biostarter yang baik karena di dalamnya terdapat bakteri selulolitik dan metanogenik. Bakteri selulolitik mendegradasi bahan organik yang akan menjadi substrat bakteri metanogenik. Hal ini sesuai dengan penelitian Gamayanti (2011) yang membuktikan penambahan cairan rumen sapi dapat memaksimalkan produksi biogas yaitu 119,36 ml dibandingkan tanpa diberi cairan rumen yaitu 91,15 ml. Hal itu disebabkan pada cairan rumen terdapat bakteri perombak serat kasar. Fakta ini diperkuat oleh penelitian Prihantoro dkk. (2012) yang menunjukkan bahwa dalam cairan rumen terdapat bakteri selulolitik misalnya *Ruminococcus albus*. Penambahan cairan rumen juga dapat mempersingkat waktu untuk mencapai puncak produksi gas metan dibandingkan substrat yang tidak diberi cairan rumen (Susilowati, 2009). Selain bakteri metanogenik antara lain genus *Metanobacterium*, *Metanosarcina* dan *Metanospirillum* yang berperan dalam pembentukan gas metan dapat tumbuh baik dalam cairan rumen (Yazid dan Bastianudin, 2011)

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Budiyono dkk. (2010), campuran 100 gram kotoran sapi dan 100 ml cairan rumen sapi dalam biodigester yang dioperasikan secara *batch mode* menunjukkan jumlah produksi biogas dua hingga tiga kali lebih tinggi yaitu 172.51 (ml/gVS) dibandingkan campuran

kotoran sapi dan air yaitu 73.81 (ml/gVS) dengan rasio yang sama. Penelitian Saputro dan Putri (2009) juga menunjukkan hasil yang sama yaitu cairan rumen mampu memaksimalkan fermentasi anaerob dalam biodigester. Cairan rumen dapat diperoleh dari limbah hewan potong ruminansia diantaranya sapi, kerbau dan kambing. Ketiga hewan tersebut mengkonsumsi sumber pakan yang sama yaitu pakan kaya selulosa, sehingga diperkirakan cairan rumen ketiganya mengandung mikroorganisme selulolitik yang berperan penting dalam tahap awal pembuatan biogas. Peneliti akan melakukan penelitian mengenai pengaruh cairan rumen terhadap produksi biogas dengan menggunakan cairan rumen dari sumber yang berbeda yaitu cairan rumen sapi, kerbau dan kambing dan mengamati pengaruhnya terhadap biogas yang dihasilkan.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah terdapat perbedaan volume biogas yang dihasilkan dari penambahan cairan rumen yang berbeda?

C. Batasan Masalah

Pengukuran biogas dibatasi pada pengukuran terhadap volume balon (cm^3) penampung biogas yang dihasilkan. Cairan rumen yang digunakan adalah seluruh cairan yang berada dalam rumen sapi, kerbau, dan kambing. Kotoran sapi dan cairan rumen yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari lingkungan sekitar Kota Padang. Kotoran sapi diambil dari lingkungan alami di Tunggul Hitam Kota Padang. Cairan rumen sapi dan kerbau diambil dari rumah potong hewan Bandar Buat dan cairan rumen kambing diambil dari tempat pemotongan hewan Pasar Raya, Kota Padang.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan volume biogas yang dihasilkan dari penambahan cairan rumen yang berbeda.

E. Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah terdapat perbedaan volume biogas yang dihasilkan dari penambahan cairan rumen yang berbeda.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi mahasiswa jurusan biologi sebagai informasi untuk mengembangkan bioenergi untuk diterapkan ke masyarakat.
2. Menjadi dasar pertimbangan agar memanfaatkan cairan rumen sebagai bahan campuran untuk meningkatkan produksi biogas dan mengatasi masalah penumpukan limbah kotoran dan cairan rumen sehingga dapat bernilai tinggi dan efisien.
3. Menjadi sumber informasi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Biogas

Biogas merupakan gas yang timbul jika bahan-bahan organik seperti kotoran hewan, kotoran manusia atau sampah direndam dalam air dan disimpan dalam tempat pada kondisi anaerob (tanpa oksigen dari udara). Komposisi biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerob adalah sebagai berikut.

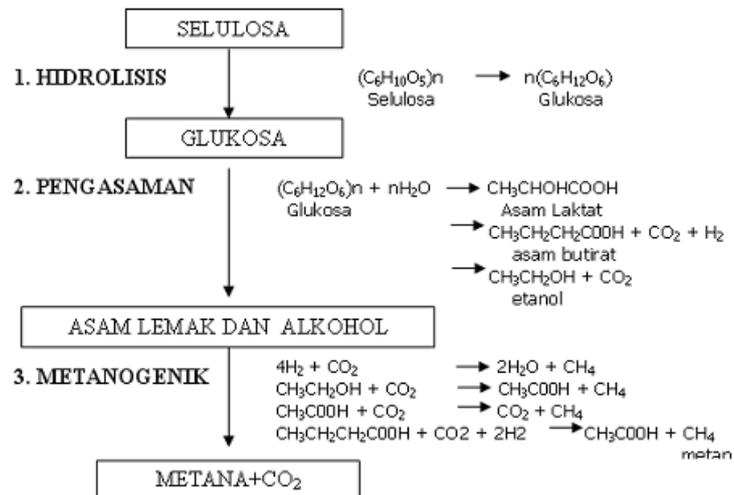
Tabel 1. Komposisi biogas

Substansi	Simbol	Persentase (%)
Metan	CH ₄	50-70
Karbon dioksida	CO ₂	30-40
Hidrogen	H ₂	5-10
Nitrogen	N ₂	1-2
Uap air	H ₂ O	0,3
Hidrogen sulfida	H ₂ S	Dalam jumlah kecil

Sumber: Yadav dan Hassen dalam FAO (1996)

Menurut Gerardi (2003) proses digesti anaerob menghasilkan biogas terdiri atas tiga tahapan yaitu: 1) hidrolisis yaitu proses hidrolisis molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana oleh bakteri hidrolitik, 2) asetogenesis (pengasaman) yaitu proses pembentukan asam asetat, karbondioksida dan hidrogen dari molekul organik hasil hidrolisis yang didegradasi oleh bakteri asetogenik. Asam organik yang paling penting adalah asam asetat yang akan menjadi substrat bagi bakteri metanogenik, dan 3) metanogenesis yaitu pembentukan gas metana dari karbondioksida, asam asetat dan gas hidrogen. Ketiga proses tersebut terlihat pada Gambar 1. Seluruh proses harus optimum, jika salah satu proses terhambat maka akan berdampak pada proses berikutnya sehingga produksi gas metana tidak optimal. Bakteri yang berperan dari ketiga

proses terdiri atas tiga kelompok bakteri yang berbeda, kelompok bakteri pada proses pertama akan menyediakan substrat bagi kelompok bakteri selanjutnya.



Gambar 1. Skema Tahapan Proses Pembentukan Biogas (Yazid dan Bastianudin, 2011)

Menurut Amaya dkk., (2013) selain proses hidrolisis, asidogenesis, dan metanogenesis terdapat satu proses lagi yaitu asidogenesis yaitu proses perombakan komponen cair hasil hidrolisis menjadi komponen organik sederhana misalnya asam lemak volatil (*volatile fatty acid*), alkohol, dan komponen mineral lain (CO_2 , H_2 , NH_3 , H_2S), dan lain-lain. Komponen hasil acidogenesis akan dieksresikan menjadi prekursor tahap selanjutnya yaitu asidogenesis untuk menghasilkan asam asetat. Proses fermentasi asam berdampak pada penurunan pH akibat produksi *Voatile Fatty Acid* (VFA). Jika proses berkurangnya asam proses pada metanogenesis jauh lebih rendah daripada tingkat produksi asam maka aktifitas metanogenesis akan terganggu. Proses metanogenesis hanya dapat berlangsung baik pada pH netral.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Schluter dkk., (2008) *Methanoculleus marisnigri* dominan ditemukan pada digester anaerob, mikroba

ini termasuk bakteri metanogenik yang menjalankan metanogenesis dalam proses fermentasi anaerob, selain itu juga ditemukan *Clostridia* yang penting dalam proses hidrolisis. Namun sebenarnya jenis mikroorganisme dominan dalam biodigester tergantung pada jenis substrat, misalnya *Methanomicrobiales* dominan pada reaktor biogas yang berisi substrat kotoran sapi dalam temperatur rendah (Rastogi dalam Schluter dkk., 2008). Pada umumnya biogas mulai terbentuk pada hari pertama setelah pengisian dan terus meningkat secara signifikan hingga akhirnya mencapai kondisi konstan. Mengetahui waktu pencapaian kondisi konstan, maka dapat diketahui pula waktu tinggalnya atau waktu retensi hidrolis (*Hidrolis Retention Time* atau HRT). Hal ini berguna untuk jadwal pengisian substrat jika akan diaplikasikan di lapangan. HRT dan kontak antara bahan baku dan bakteri gas metan merupakan faktor penting yang berperan dalam digester biogas (Hardyanti dan Sutrisno, 2007).

B. Sumber Biogas

Teknologi biogas merupakan teknologi pembentukan energi dari pemanfaatan limbah seperti limbah peternakan, pertanian maupun limbah manusia (Wahyuni, 2011). Limbah organik berasal dari hasil aktifitas makhluk hidup. Limbah ini masih memiliki kandungan bahan organik (karbohidrat, protein dan lemak) yang dapat digunakan kembali oleh mikroba pendegradasi, misalnya limbah yang berasal dari tumbuhan. Selulosa dapat didegradasi oleh mikroba yang mampu mensintesis enzim selulase. Secara alami proses degradasi selulosa terjadi pada rumen dan usus hewan oleh sekelompok bakteri penghasil. Pengolahan

limbah menjadi energi sejatinya ditunjukkan dengan perlakuan digesti anaerob dalam pembetukan biogas. Teknologi ini telah diterapkan untuk mengolah limbah industri, pertanian, dan rumah tangga khususnya di Belanda dan Jerman (Evans dan Furlong, 2003).

Limbah berupa kotoran ternak berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber substrat fermentasi anaerob untuk menghasilkan biogas. Pemanfaatan kotoran ternak perlu diupayakan untuk meminimalisir dampak buruk limbah terhadap lingkungan. Kotoran ternak menimbulkan pencemaran udara karena mengandung amonia dan hidrogen sulfida yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Selain itu, kotoran ternak mengandung gas rumah kaca yaitu gas metan dan nitrogen oksida yang berdampak buruk bagi lingkungan (Cuéllar dan Webber, 2008).

Kawasan Sumatera Barat terdapat banyak peternakan dan rumah potong hewan. Jika dimanfaatkan secara maksimal, kotoran ternak yang tadinya terbuang percuma dapat dimanfaatkan agar memiliki nilai yang lebih tinggi dan efisien. Hewan ternak dengan jumlah terbesar adalah sapi. Feses sapi mengandung hemisellulosa sebesar 18,6%, sellulosa 25,2%, lignin 20,2%, nitrogen 1,67%, fosfat 1,11% dan kalium sebesar 0,56% (Windyasmara dkk., 2012). Oleh karena itu kotoran sapi sangat potensial dimanfaatkan sebagai substrat digesti anaerob untuk menghasilkan biogas.

C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas

Fermentasi anaerob bahan organik untuk menghasilkan biogas dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu.

1. Perbandingan Carbon-Nitrogen (C/N) bahan baku isian

Unsur karbon (C) dan nitrogen (N) merupakan makanan pokok bagi bakteri. Unsur C digunakan untuk energi sedangkan unsur N untuk membangun struktur sel bakteri. Perbandingan C dan N yang paling baik adalah 30. Kotoran sapi memiliki perbandingan C/N 11-19 dan persentase berat kering N sekitar 1,7 % (Smill dalam Siregar, 2004).

Bila terlalu banyak karbon maka nitrogen akan habis terlebih dahulu dan hal ini menyebabkan proses pencernaan anaerob berjalan lambat dan mengakibatkan produksi biogas rendah. Jika terlalu banyak nitrogen, maka karbon akan habis terlebih dahulu sehingga proses fermentasi terhenti dan mengakibatkan pH meningkat (Bayuseno, 2009).

2. Kandungan bahan kering

Aktivitas normal dari mikroba gas metan membutuhkan 90% air dan sekitar 7–10% bahan kering dari bahan masukan untuk fermentasi. Persentase bahan kering yang paling baik adalah 7-9%. Untuk mendapatkan kandungan yang sedemikian, bahan isian biasanya diencerkan dengan air dengan perbandingan tertentu. Rata-rata kandungan bahan kering kotoran sapi adalah 18 (Yunus dalam Siregar, 2004).

3. Derajat keasaman (pH)

Aktifitas enzimatik pada bakteri penghasil biogas dipengaruhi oleh pH. Aktifitas enzimatik bakteri penghasil asam terjadi pada pH >5 dan aktifitas enzimatik bakteri penghasil gas metan tidak dapat terjadi pada pH <6,2. Sebagian besar bakteri anaerob termasuk bakteri metanogenik tumbuh baik pada kisaran pH 6,8-7,2.

4. Suhu

Terdapat dua rentang suhu optimum bagi bakteri metanogenik yaitu 30°-35°C untuk mesofilik dan 50°-60°C untuk termofilik. Sebagian besar bakteri metanogenik bersifat mesofilik dengan suhu optimum untuk pertumbuhan 35°C (Gerardi, 2003).

5. Pengadukan

Bahan isian yang sukar dicerna akan membentuk lapisan kerak (*scum*). Apabila hal ini dibiarkan, lapisan kerak akan mengeras dan menghambat laju produksi biogas. Untuk mencegahnya dapat dilakukan pengadukan, tetapi pemasangan pengaduk harus tetap menjaga kondisi anaerob (Siregar, 2004).

6. Starter

Cairan pemula atau starter yang dikenal ada tiga macam yaitu starter alami, semi buatan, dan buatan. Starter alami yaitu sumbernya berasal dari alam yang diketahui mengandung bakteri gas metan contohnya lumpur aktif, timbunan sampah lama, timbunan kotoran ruminansia. Starter semi buatan yaitu sumbernya berasal dari tabung biogas yang diharapkan kandungan bakteri gas metannya dalam stadia aktif. Starter buatan yaitu sumbernya sengaja dibuat baik dengan

media alami maupun buatan, sedangkan bakteri gas metannya dibiakkan secara laboratoris. (Kamaruddin dkk., dalam Siregar, 2004). Pemilihan starter yang baik sangat penting untuk mempercepat proses perombakan bahan organik. Starter yang bisa digunakan adalah lumpur aktif atau cairan isi rumen. (Saputro dan Putri, 2009)

7. Waktu Retensi

Waktu retensi adalah waktu yang diperlukan bakteri dalam digester anaerob untuk memeperbanyak diri. Terdapat dua jenis waktu retensi yaitu *Solids Retention Time* (SRT) dan *Hydraulic Retention Time* (HRT). HRT penting dalam menentukan konversi asam volatil menjadi gas metan, oleh karena itu kondisi operasional ini sangat berpengaruh dalam produksi biogas (Gerardi, 2003). Menurut Fantozzi dan Buratti (2009) HRT hampir sama jika substrat sama.

8. Digester

Pemilihan desain digester sesuai dengan pihak operator dan karakteristik kotoran yang akan digunakan. Tujuan pemilihan desain digester yang sesuai adalah untuk memaksimalkan konversi asam volatil menjadi gas metan, meningkatkan laju konversi dan stabilisasi, mengurangi penggunaan biaya dan energi (Wilkie, 2005).

Floating drum digester terdiri dari drum fermentasi bahan organik dan drum penahan gas. Drum penampung gas dapat dipasang terhubung langsung dengan drum fermentasi atau dipasang pada drum lain yang telah diisi air dan gas hasil fermentasi akan naik ke drum penampung gas. Digester ini sangat cocok diterapkan untuk pemakaian jangka pendek karena biaya dan operasionalnya

cukup mudah (Spuhler, 2012). Gas hasil fermentasi akan mengalir melalui pipa plastik menuju tabung yang berisi air. Gas karbondioksida akan terdispersi ke dalam air sedangkan gelembung gas metan akan menuju ke puncak tabung yang dipasang terbalik dan berisi air. Gas metan akan menekan air dalam tabung terbalik sehingga dihasilkan ruang yang berisi gas metan pada bagian atas tabung (Dahlman dan Forst, 2001).

Air yang akan digunakan sebagai pencampur atau pelarut juga harus diperhatikan. Jika air mengandung bahan penghambat seperti logam berat (kromium, kadmium, tembaga), disinfektan, detergen dan antibiotik dapat menghambat kerja mikroorganisme penghasil biogas sehingga berpengaruh terhadap jumlah biogas yang dihasilkan (Hambali dkk. 2007).

D. Mikroba Rumen Sebagai Biostarter Biogas

Rumen adalah organ khusus hewan ruminansia yang mendigesti selulosa dan molekul polisakarida dengan bantuan aktifitas populasi mikroorganisme spesifik didalamnya. Rumen mengandung banyak tipe bakteri, protozoa, dan jamur (Ismartoyo, 2011). Menurut Flint (1994) dalam Ismartoyo (2011) kelompok bakteri rumen yang mampu mendegradasi selulosa dan hemiselulosa dalam pakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Bakteri rumen dan fungsinya

Kelompok Fungsi	Spesies Bakteri Rumen
Lipolytic	<i>Anaerovibrio lipolytica</i> .
Cellulolytic	<i>Eubacterium cellulosolvens</i> , <i>Ruminococcus flavefaciens</i> , <i>R. albus</i> , <i>cellulolytic clostridia</i> , <i>Butyrivibrio</i> , <i>Fibrobacter succinogenes</i> ,
Xylanolytics	<i>Ruminococcus</i> , <i>Butyrivibrio</i> , <i>Fibrobacter</i> , <i>Eubacterium sp.</i>
Pectinolytics	<i>Lachnospira</i> , <i>Butyrivibrio</i> and <i>Prevotella sp.</i>
Methanogens	<i>Methanobrevibacter ruminatum</i> .

Sumber: (Stewart and Bryant, 1988; Flint 1994 dalam Ismartoyo, 2011)

Degradasi pakan oleh ternak ruminansia dilakukan di dalam rumen. Selain bakteri mikroba rumen terdiri atas protozoa dan fungi. Williams dan Coleman (1988) dalam Ismartoyo (2011) menyatakan protozoa rumen diklasifikasikan menjadi 2 kelompok yaitu *holotrich* dan *entodiniomorph* (Tabel 3). Aktifitas protozoa rumen yang mendegradasi hemiselulosa menyebabkan perenggangan ikatan lignin dengan komponen karbohidrat lainnya, seperti selulosa yang memungkinkan fermentasi karbohidrat tersebut oleh *mikrobal-enzymes*. Sebagian besar komponen pakan yang dikonsumsi oleh protozoa rumen difermentasi menjadi H₂, CO₂, asam asetat dan asam butirat.

Tabel 3. Beberapa jenis protozoa rumen

Protozoa	Genus
Rumen ciliates: Entodiniomorphs	<i>Polyplastron</i> <i>Diploplastron</i> <i>Entodinium</i>
Holotrich	<i>Isotricha</i> <i>Dasytricha</i>
Rumen flagellates:	<i>Trichomonas</i>

Sumber: Williams dan Coleman (1988) dalam Ismartoyo (2011)

Kemampuan digesti selulosa hewan ini tergantung pada keberadaan mikroorganisme anaerob dalam rumennya. Jumlah biogas yang dihasilkan juga

tergantung pada jenis substrat dan kesesuaiannya dengan sumber inokulum (Fantozi dan Buratti, 2009). Jenis fungi yang ada dalam cairan rumen antara diantaranya adalah *Caecomyces communis*, *Piromyces communis*, *Neocallimastix frontalis*, *Anaeromyces mucronatus*, dan *Orpinomyces joyonii*. Ada 15 spesies fungi rumen yang berhasil diisolasi dari rumenternak ruminansia dan sebagian besar adalah bersifat selulolitik. Kerusakan partikel pakan akibat penetrasi dan kerja fungi rumen memungkinkan bakteri rumen untuk mengkolonisasi permukaan dinding sel. Diduga fungi rumen merenggangkan ikatan hemiselulosa-lignin kompleks dan melepas lignin-karbohidrat kompleks. Fungi rumen memproduksi berbagai enzim, seperti selulase, hemiselulase, amylase, dan pektinase yang memungkinkan fungi mendegradasi dinding sel tanaman pakan (Ismartoyo, 2011).

Cairan rumen merupakan salah satu limbah peternakan yang masih memiliki potensi untuk digunakan sebagai biostarter dalam teknologi pembuatan biogas karena dalam cairan rumen terdapat bakteri metanogenik antara lain genus *Metanobacterium*, *Metanosarcina* dan *Metanospirillum* (Yazid dan Bastianudin, 2011). Selain bakteri metanogenik juga terdapat mikroba lain dalam cairan rumen yaitu protozoa dan fungi (Sudaryanto dalam Gamayanti, 2011) dan bakteri selulolitik yang mampu mencerna serat pakan (Prihantoro dkk. 2012).

Penambahan cairan rumen terbukti dapat memaksimalkan produksi biogas dalam beberapa penelitian. Menurut Gamayanti (2011) penambahan limbah cairan rumen hingga 25% dapat mempercepat proses fermentasi. Hal ini disebabkan pada cairan rumen terdapat bakteri perombak serat kasar penghasil asetat dan

hidrogen yang merupakan kelompok mikroba penting dalam proses pengolahan limbah secara anaerobik menjadi gas metan. Bakteri tersebut menyediakan prekursor metan dengan cara bersintrofi dengan bakteri metanogen. Selain itu, penambahan cairan rumen dapat mempersingkat waktu penguraian yaitu hidrolisis dan asetogenesis sebagai persiapan pembentukan gas metan atau metanogenesis, waktu untuk mencapai puncak produksi gas metan lebih cepat dibandingkan *slurry* yang tidak diberi cairan rumen (Susilowati, 2009). Namun penggunaan cairan rumen sebagai inokulum pada digester biogas menghasilkan metan lebih rendah jika dibandingkan kotoran babi dengan substrat yang sama yaitu sekam zaitun. (Fantozzi dan Buratti, 2009).

Pada kondisi alami, mikroorganisme penghasil gas metan tersebar pada tempat dengan kondisi anaerob, misalnya dibawah air (sedimen laut), perut ruminansia dan di rawa-rawa. Mereka bersifat anaerob obligat dan sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan yang tiba-tiba. Bakteri gas metanogenik termasuk dalam *Archaeobacteria*, memiliki beragam bentuk morfologi, biokimia dan struktur molekuler tertentu yang membedakannya dari bakteri lain. Simbiosis antara bakteri penghasil asam dan gas metan terjadi dalam biodigester. Bakteri penghasil asam menciptakan atmosfer yang ideal bagi bakteri penghasil gas metan. Bakteri penghasil gas metan menggunakan senyawa intermediet dari bakteri penghasil asam agar tidak menjadi bahan toksik bagi bakteri tersebut. Selama proses fermentasi, dibutuhkan aktifitas metabolik dari beberapa bakteri. Tidak satupun bakteri dapat melakukan fermentasi sendiri (ISAT, 1999).

Menurut FAO (1996), famili dari bakteri gas metanogenik (*Metanobacteriaceae*) terbagi dalam empat genus berdasarkan perbedaan sitologis yaitu; *Metanobacterium* dan *Metanobacillus* (berbentuk batang), *Metanosarcina* dan *Metanococcus* (berbentuk bulat). Penelitian Schnurer *et al* (1999) berhasil mengisolasi strain genus *Methanoculleus* dalam digester biogas. Cairan rumen mengandung beragam mikroorganisme. Salah satu jenis bakteri rumen adalah *Ruminococcus albus* yang mampu memfermentasi glukosa menjadi etanol, asetat, hidrogen, dan karbondioksida melalui glikolisis jalur EMP (*Embden Meyerhof Parnass*). Ketika ditumbuhkan bersama (kultur campuran), bakteri metanogen mengalami perubahan produksi fermentasi. Hidrogen yang dihasilkan dimanfaatkan oleh bakteri metanogen untuk penambatan karbondioksida menjadi metana (Purwoko, 2007).

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan bahwa penambahan cairan rumen sapi, kerbau, dan kambing meningkatkan volume biogas yang dihasilkan dari kotoran sapi. Volume biogas tertinggi diperoleh dari penambahan cairan rumen kambing yaitu dengan rerata volume $102,7 \text{ cm}^3$ pada hari ke-4.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan peneliti menyarankan ada penelitian lanjutan yang dapat mengukur efektifitas produksi biogas dengan parameter lain misalnya kadar gas metan, kadar asam volatil, dan lain-lain. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan fermentor dengan skala yang lebih besar dan desain yang lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaya, O. M., M. T. Barragán., dan F. J. A. Tapia. 2013. Microbial biomass in batch and continuous system. *INTECH*.10: 449-478.
- Bayuseno, A. P. 2009. Penerapan dan pengujian model teknologi anaerob digester untuk pengolahan sampah buah-buahan dari pasar tradisional. *Jurnal Rotasi*. 11(2):11.
- Budiyono, I. N. Widiassa, S. Johari dan Sunarso. The kinetic of biogas production rate from cattle manure in batch mode. *International Journal of Chemical and Biological Engineering* 3:1.
- Cu' ellar, A. D. dan M. E. Webber. 2008. Cow power: the energy and missions benefits of converting manure to biogas. IOP PUBLISHING *ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS*. *Environ. Res. Lett.*3(2008) 034002 (8pp) doi:10.1088/1748-9326/3/3/034002.
- Dahlman, J., dan C. Forst. 2001. Technologies demonstrated at echo: floating drum biogas digester. *Online*. <http://www.echonet.org>. Diunduh 31 Agustus 2012.
- Evans G. M. dan J. C. Furlong. 2003. Environmental biotechnology; theory and application. UK. John Willey and Sons, LTD.
- Fantozzi, F., dan C. Buratti. 2009. Biogas production from different substrates in an experimental continuously stirred tank reactor anaerobic digester. *Bioresource Technology*. 100: 5783–5789.
- FAO (Ed.). 1996. Biogas technology - a training manual for extension. consolidated management services nepal. (P) Ltd. and food and agriculture organization of the united nations, *Online*, http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/. Diunduh 19 September 2012.
- Gamayanti, K. N. 2011. Pengaruh Penggunaan Limbah Cairan Rumen dan Lumpur Gambut Sebagai Starter dalam Proses Fermentasi Metanogenik. *Tesis*. Yogyakarta: Fakultas Pendidikan. Universitas Gajah Mada.
- Gerardi, M. H. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digester*. Canada: John Wiley and Sons, Inc.
- Hambali, E., S. Mujdalifah, A. H. Tambunan, A. W. Pattiwiri, dan R. Hendroko. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta. Agromedia Pustaka.

- Hardyanti, N., dan E. Sutrisno. 2007. Uji pembuatan biogas dari kotoran gajah dengan variasi penambahan urine gajah dan air. *Jurnal Presipitasi*, Vol. 3, No. 2: 74-75.
- ISAT. & GTZ. (Eds.). 1999. "Biogas basics". information and advisory services on appropriate technology (isat) and german agency for technical cooperation gmbh (gtz), *Online*, http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/. Diunduh 19 september 2012.
- Ihsan, A., S. Bahri, dan Musafira. 2013. Produksi biogas menggunakan cairan isi rumen sapi dengan limbah cair tempe. *Jurnal of Natural Science*, 2(2): 27-35.
- Ismartoyo. 2011. Bahan Ajar Ilmu Nutrisi Ruminansia. Makasar: Fakultas Peternakan. Universitas Hasanudin.
- Mujahidah, Mappiratu, dan R. Sikanna. 2013. Kajian teknologi produksi biogas dari sampah basah rumah tangga. *Jurnal of Natural Science*. 2(1): 25-34.
- Prihantoro, I., T. Toharmat, D. Evvyernie, Suryani, dan L. Abdullah. 2012. Kemampuan isolat bakteri pencerna serat asal rumen kerbau pada berbagai sumber hijauan pakan. *JITV*. 17(3)189-200.
- Purwoko, T. 2007. *Fisiologi Mikroba*. Jakarta: Bumi Aksara
- Saputro, R. R. dan D. A. Putri. 2009. Pembuatan biogas dari limbah peternakan. *Online*.http://eprints.undip.ac.id/3215/1/Pembuatan_Biogas_dari_Limbah_Peternakan.pdf. Diunduh 8 Agustus 2012.
- Schluter, A., T. Bekel., N. N. Diaz., M. Dondrup., R. Eichenlaub., K. Gartemann., I. Krahn., L. Krause., H. Krömeke., O. Kruse., J. H. Mussnug, H. Neuweger., K. Niehaus., A. Pühler., K. J. Runte., R. Szczepanowski., A. Tauch., A. Tilker., P. Viehöver., dan A. Goesmann. 2008. The metagenome of a biogas-producing microbial community of a production-scale biogas plant fermenter analysed by the 454-pyrosequencing technology. *Journal of Biotechnology*. 136: 77-90.
- Schnurer, A., G. Zellner., dan B. H. Svensson. 1999. Mesophilic syntrophic acetate oxidation during methane formation in biogas reactors. *FEMS Microbiology Ecology* 29 (1999) 249-261.
- Siregar, R. T. 2004. Uji Frekuensi Pengadukan dan Konsentrasi Kotoran Kuda Terhadap Produksi Biogas. *Skripsi*. Medan: Universitas Sumatera Utara.

- Spuhler, D. Tanpa tahun. Anaerobic digestion (small-scale). seecon international gmbh. <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/site-storage-and-treatments/anaerobic-di>. Diakses 19 September 2012.
- Susilowati, Endang. 2009. Uji Potensi Pemanfaatan Cairan Rumen Sapi untuk Meningkatkan Kecepatan Produksi Biogas dan Konsentrasi Gas Metan dalam Biogas. *Tesis*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Ulya, A. 2007. Kajian *in vitro* mikroba rumen berbagai ternak ruminansia dalam fermentasi bungkil biji jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). *Skripsi*. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Wahyuni, S. 2011. *Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Weiland, P. 2003. Production and energetic use of biogas from energy crops and wastes in germany. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 109. Humana Press Inc.
- Windyasmara, L., A. Pertiwinigrum, dan L. M. Yusiati. 2012. Pengaruh jenis kotoran ternak sebagai substrat dengan penambahan serasah daun jati (*Tectona grandis*) terhadap karakteristik biogas pada proses fermentasi. *Buletin Peternakan* 36(1): 40-47.
- Wilkie, A. C. 2005. Anaerobic digestion of dairy manure: design and process considerations. *NRAES*. 176: 301-312.
- Yazid, M., A. Bastianudin. 2011. Seleksi mikroba metanogenik menggunakan irradiasi gamma untuk peningkatan efisiensi proses digesti anaerob pembentukan biogas. *J. Iptek Nuklir Ganendra*. 14(1):47-55.
- Zhen-Hu, Hu dan Han-Qing Yu. 2005. Application of rumen microorganisms for enhanced anaerobic fermentation of corn stover. *Elsevier*, 40(7): 2371-2377.
- Zhou, W. 2010. Making our communities greener: a case study of promoting biogas energy by tongwey evergreen libraries in china. *CALA OPS* No. 6. ISSN 1941-2037: 3.