

## **APLIKASI BIOTEKNOLOGI UNTUK ISI RUMEN SAPI, KERBAU DAN KAMBING SEBAGAI SUMBER ENERGI UNTUK BIOGAS YANG RAMAH LINGKUNGAN**

**Endang Purwati<sup>1</sup>, Rusfidra<sup>2</sup>, Indri Juliyarsi<sup>1</sup> dan Ronal Depson<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Hasil Ternak, <sup>2</sup>Program Studi Produksi Ternak, Fakultas Peternakan,  
Universitas Andalas

<sup>3</sup>Dinas Peternakan Kabupaten Agam Sumatera Barat

Email : [purwati17@yahoo.co.id](mailto:purwati17@yahoo.co.id)

### **Abstrak**

*Penelitian ini dilakukan untuk menguji hipotesis bahwa adanya interaksi antar jenis isi rumen dan jarak pengamatan terhadap produksi gas, derajat keasaman, temperatur dan lama nyala biogas. Materi penelitian ini menggunakan isi rumen sapi, kerbau dan kambing yang diperoleh dari Rumah Potong Hewan Lubuk Buaya Padang, Rumah Makan Muslim, Tempat Pemotongan Kambing By Pass dan Bandar Buat masing-masing 30 liter. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan pola Faktorial 3x3 dengan 2 kali ulangan. Faktor A sebagai jenis isi rumen yaitu sapi, kerbau dan kambing dan Faktor B sebagai jarak pengamatan yaitu hari ke 8, 16 dan 24. Selanjutnya data dianalisis dengan sidik ragam dan perbedaan antar perlakuan diuji dengan uji lanjut berganda (DMR). Variabel yang diukur adalah produksi gas, derajat keasaman, temperatur dan lama nyala gas. Hasil penelitian menunjukkan adanya interaksi yang sangat nyata antar jenis isi rumen dengan jarak pengamatan terhadap produksi gas dan lama nyala gas ( $P < 0.01$ ), namun tidak terdapat interaksi pada derajat keasaman dan temperatur digester. Jenis isi rumen (faktor A) dan jarak pengamatan (faktor B) masing-masing menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ( $P < 0.01$ ) terhadap produksi gas dan lama nyala, tetapi tidak berbeda pada temperatur digester. Faktor A menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0.05$ ) pada derajat keasaman dalam digester. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada isi rumen kambing dan jarak pengamatan hari ke 24 menghasilkan produksi gas dan lama nyala yang optimum.*

*Kata kunci: biogas; isi rumen; jarak pengamatan; produksi gas; temperatur*

## **Pendahuluan**

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) Tahun 1999, RPH adalah kompleks bangunan dengan desain dan konstruksi khusus yang memenuhi persyaratan teknis dan higienis tertentu serta digunakan sebagai tempat memotong hewan potong selain unggas bagi kesehatan masyarakat. Limbah isi lambung sapi dan kerbau 18% dari berat hidup dan limbah isi lambung kambing dan domba 20% dari berat hidup. Berdasarkan data statistik Dinas Pertanian, Peternakan, dan Kehutanan Kota Padang tahun 2007, jumlah ternak yang dipotong mencapai 37 749 ekor/tahun dengan rincian, sapi potong 14 200 ekor, kerbau 2 124 ekor, kambing 20 962 ekor, dan domba 463 ekor. Maka dapat diperkirakan jumlah limbah yang dihasilkan cukup banyak. Sebagai contoh, jika rata-rata berat sapi 300 kilogram (Kg) dengan persentase isi rumen 18% dan rata-rata berat kambing 25 Kg dengan persentase isi rumen 20% maka limbah isi rumen tahun 2007 adalah dari sapi dan kerbau  $18\% \times 16\,324 \text{ ekor} \times 300 \text{ kg} = 881\,496 \text{ Kg}$  dan dari kambing dan domba  $20\% \times 21\,425 \text{ ekor} \times 25 \text{ kg} = 107\,125 \text{ Kg}$ . Maka total limbah isi rumen 988 621 Kg. Limbah yang banyak ini tentu akan mengganggu kegiatan di RPH, kesehatan produk daging yang dihasilkan dan menambah beban pencemaran lingkungan disekitar RPH.

Sebagai pertimbangan menurut Rahman (2005), setiap unit yang diisi sebanyak 80 Kg kotoran sapi yang dicampur 80 liter air dan potongan limbah lainnya menghasilkan 1 m<sup>3</sup> biogas. Maka dengan jumlah isi rumen 988 621 Kg dapat menghasilkan 123 507.76 m<sup>3</sup> biogas. Dan ini setara dengan 161 736 327 KJ. Biogas yang dihasilkan dipengaruhi oleh bahan baku isian, bahan baku isian harus mengandung bahan kering 7–9% (Simamora, Wahyuni, dan Salundik, 2006<sup>a</sup>). Kandungan isi rumen ternak berbeda dan tergantung pada jenis ternak dan makanan yang dikonsumsi oleh ternak tersebut. Isi rumen sebagai bahan baku diencerkan dengan air dengan perbandingan 1:2 kemudian dimasukkan dalam digester. Berdasarkan hasil prapenelitian gas terbentuk pada hari kedelapan dan seterusnya kemudian turun setelah minggu ke empat.

## **Tinjauan Pustaka**

Parakhasi *et al.* (2000), menyatakan bahwa sebuah RPH dapat menghasilkan limbah ternak antara lain ; (1) Feses dan urine yang berasal dari hewan yang dikandang sebelum hewan-hewan tersebut dipotong; (b) Darah; (c) Isi rumen, isi rumen ini pada umumnya dikategorikan sebagai limbah dan jumlah cukup banyak yaitu 10-12% dari berat badan; (d) Kulit

Tabel 1. Kandungan Zat Makanan Isi Rumen (% Bahan Kering)

Zat Makanan	Sapi <sup>a</sup>	Kambing <sup>b</sup>	Kerbau <sup>c</sup>
Air	-	-	7.52
Bahan kering	12.00	15.20	92.48
Protein kasar	16.20	28.80	7.37
Lemak kasar	2.30	4.60	1.72
Serat kasar	25.40	25.50	23.10
BETN (Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen)	42.60	28.80	36.80
Abu	13.50	12.30	23.49

Sumber : a. Bo Ghol (1975) dalam Abbas (1987)

b. Hasil Analisa Laboratorium Non Ruminansia Tahun 2008

c. Anison dan Lewis (1959) dalam Winarno (1993)

Biogas adalah kumpulan gas yang timbul dari proses fermentasi bahan-bahan organik yang dapat dicerna oleh mikroorganisme dalam keadaan anaerob (tanpa oksigen dari udara bebas) (Samiadi, 2003). Biogas atau sering juga disebut gasbio merupakan gas yang timbul jika bahan-bahan organik seperti kotoran hewan, kotoran manusia, atau sampah direndam dalam air dan disimpan didalam tempat yang tertutup atau anaerob (tanpa oksigen dari udara) (Setiawan, 2005).

Menurut Wibawa (2001), biogas merupakan sumber daya energi bio, yang sebenarnya masih termasuk dalam klasifikasi biomassa, yaitu hasil konversi energi biomassa secara biologi dan kimiawi yang terutama menghasilkan gas metana. Setiawan (2005) menyatakan biogas yang terbentuk dapat dijadikan bahan bakar karena mengandung gas metana (CH<sub>4</sub>) dalam persentase yang cukup tinggi. Komponen biogas selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

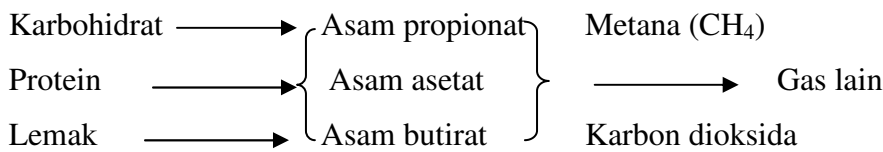
Tabel 2. Komposisi Biogas dari Kotoran Sapi

Jenis gas	Jumlah (%)
Metana ( CH <sub>4</sub> )	54 – 70
Karbon dioksida ( CO <sub>2</sub> )	27 – 5
Nitrogen (N)	0,5 – 3
Karbon monoksida ( CO)	0,1
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0,1
Hidrogen sulfida (H <sub>2</sub> S)	Hanya sedikit

Sumber : Pusat Informasi Dokumentasi Produksi Ternak Perah–Institut Pertanian Bogor dalam Setiawan (2005).

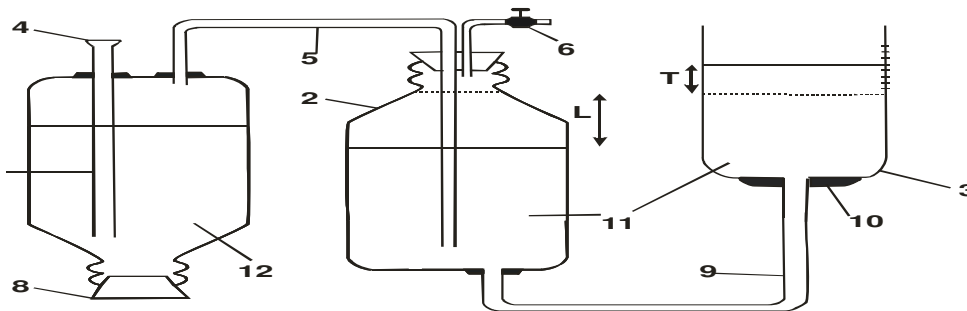
Menurut Samiadi (2003), Proses fermentasi anaerob dari bahan organik yang terdiri atas protein, karbohidrat dan lemak dirombak menjadi asam propionat, asam asetat

dan asam butirat. Dalam proses tersebut dihasilkan gas metana dan karbon dioksida yaitu terlihat sebagai berikut:



Menurut Murtadho dan Said (1988), pada pembuatan metana, digunakan mikroorganisme yang bersifat anaerobik sehingga proses ini dikenal sebagai proses biokonversi anaerobik. Ditambahkan oleh Simamora *et al.* (2006<sup>a</sup>), proses dekomposisi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri metana.

Tangki pengukur gas terbuat dari jerigen dengan dinding yang tegak dan transparan sehingga memudahkan menghitung volume dan tekanan gas. Pada bagian bawah terdapat selang air yang berasal dari tangki penampung gas. Sehingga pada tangki penampung gas berlaku hukum bejana berhubungan (Widodo, 1996). seperti Gambar 1.



Gambar 1. Skema Instalasi Biogas Skala Laboratorium

Sumber : Widodo (1996)

Keterangan : (1) Tangki pencerna; (2) Tangki pengumpul gas; (3) Tangki pengukur gas; (4) Penutup lubang masukan; (5) Pipa tembaga; (6) Kran gas; (7) Pipa paralon; (8) Penutup karet; (9) Selang air; (10) Karet isolator; (11) Air; (12) Bahan baku

T : Perubahan ketinggian air pada tangki pengukur gas

L : Perbedaan ketinggian air pada tangki pengukur dan penampung gas



**Gambar 2. Instalasi Biogas Skala Laboratorium**

Sumber : Widodo (1996)

Keterangan gambar : (1) Tangki pencerna; (2) Tangki pengumpul gas; (3) Tangki pengukur gas

**Metoda Penelitian**

Penelitian ini menggunakan isi rumen sapi, isi rumen kerbau dan isi rumen kambing masing-masing sebanyak 30 liter. Isi rumen diperoleh dari Rumah Potong Hewan (RPH) Lubuk Buaya, Tempat Pematangan Kambing By Pass dan Bandar Buat serta Rumah Makan Muslim. Isi rumen diencerkan dengan air dengan perbandingan 1:2. Dalam penelitian ini menggunakan alat-alat sebagai berikut: Instalasi biogas skala laboratorium 9 unit, pH meter merk Hanna instrument 1 unit, Korek api 1 unit, Corong 1 buah, Gayung 1 buah, Literan 1 buah, Ember 1 buah, Kayu pengaduk 1 buah dan Termometer 4 buah.

Produksi Gas dengan Pengukuran volume adalah dengan mengukur volume air yang terdapat pada tangki pengukur gas (Gambar 2). Pengukuran diatas dilakukan 3 kali yaitu pada hari ke 8, hari ke 16 dan hari ke 24. Volume gas yang terbentuk pada tangki pencerna masuk kedalam tangki penampung gas melalui pipa, dan mendorong air yang terdapat pada tangki penampung gas sehingga terjadi kenaikan air pada tangki pengukur gas, maka dapat dihitung volume gas pada tekanan 1 atm dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Volume gas} = M \times T \frac{100 L + 0.76}{0.76} \text{ Liter} \quad (1)$$

Keterangan :

M = Luas penampang tangki pengukur gas

T = Perbandingan ketinggian pada tangki pengukur

L = Perbedaan ketinggian pada tangki pengukur dan penampung gas

Derajat keasaman (pH) diukur dengan menggunakan pH meter merk Hanna instrument, dengan mengambil cairan kira-kira pada kedalaman 20-30 cm dari permukaan bahan masukan yang terdapat dalam tangki pencerna, cairan diambil kira-kira sebanyak 20 ml, kemudian dilakukan pengukuran.

Temperatur yakni Suhu instalasi pencerna diukur dengan menggunakan termometer alkohol skala 0<sup>0</sup>-100<sup>0</sup> C yang dimasukkan melalui pipa masukan sedalalam 15-20 cm dari permukaan bahan masukan selama 5 menit. Suhu lingkungan yang diukur yakni suhu udara disekitar lokasi penelitian dengan menggunakan termometer alkohol skala 0<sup>0</sup>-100<sup>0</sup>C.

Nyala Gas yakni Pengujian nyala gas dengan membuka kran pada tangki pengumpul gas kemudian dibakar dengan korek api. kemudian dilihat apakah ada nyala api, apabila nyala api ada dihitung berapa lama (detik) api dapat bertahan.

Pelaksanaan Penelitian yakni : (1) Siapkan bahan-bahan yang akan digunakan yaitu: isi rumen sapi 15 liter, isi rumen kerbau 15 liter dan isi rumen kambing 15 liter serta air sebanyak 90 liter; (2) Ukur 15 liter isi rumen sapi, 15 liter isi rumen kerbau dan 15 liter isi rumen kambing. Kemudian masing-masing diencerkan dalam ember dengan air masing-masingnya 30 liter; (3) Bahan baku yang telah diencerkan dengan air diaduk dengan kayu pengaduk dan dikeluarkan bahan yang tidak dapat tercerna seperti kaca, plastik, dan batu; (4) Bahan baku yang telah diencerkan diukur sebanyak 15 liter dan dimasukkan kedalam instalasi biogas sesuai dengan taraf perlakuan A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> dan A<sub>3</sub> kemudian kran ditutup; (5) Bahan baku diinkubasi sesuai dengan jarak pengukuran perlakuan B (hari ke 8, hari ke 16 dan hari ke 24); (6) Prosedur diatas dilakukan 2 kali sesuai dengan kelompok yang ditentukan yaitu 2 ulangan; (7) Lakukan pengamatan produksi gas, pH, temperatur dan nyala gas pada hari ke 8, 16 dan 24, sesuai taraf perlakuan B.

### Hasil dan Pembahasan

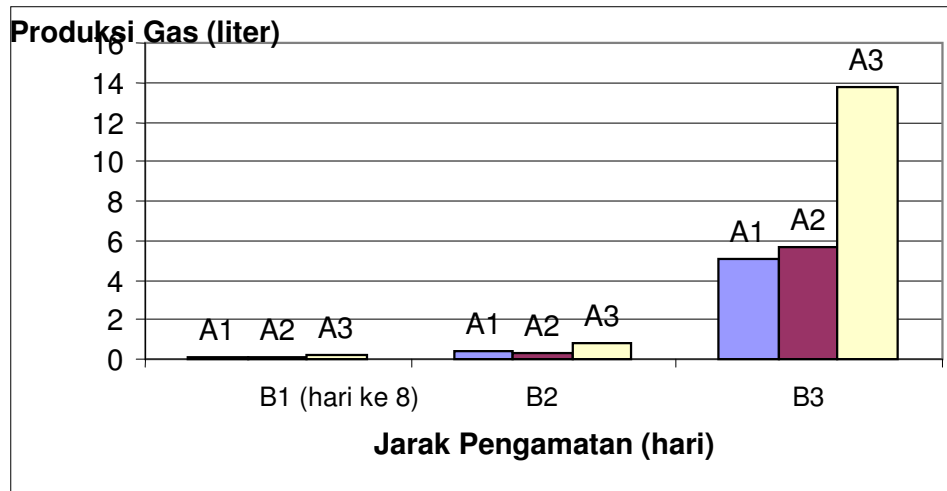
Tabel 3. Rataan Volume Gas Biogas dari Berbagai Jenis Isi Rumen dengan Jarak Pengamatan yang Berbeda (Liter).

Isi rumen	Jarak Pengamatan			Rataan
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	
A <sub>1</sub>	0.115 <sup>C</sup>	0.394 <sup>C</sup>	5.075 <sup>B</sup>	1.861
A <sub>2</sub>	0.115 <sup>C</sup>	0.271 <sup>C</sup>	5.688 <sup>B</sup>	2.025
A <sub>3</sub>	0.186 <sup>C</sup>	0.821 <sup>C</sup>	13.742 <sup>A</sup>	4.916
Rataan	0.138	0.496	8.168	

<sup>A,B,C</sup> Rataan dengan superskrip berbeda menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $p < 0.01$ ).

Hasil uji lanjut Duncan's menunjukkan bahwa pada isi rumen sapi, kerbau dan kambing pada jarak pengamatan hari ke 8 dan hari ke 16 (A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>-A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>) memperlihatkan bahwa produksi gas biogas tidak berbeda nyata ( $P > 0.05$ ), namun sangat berbeda nyata ( $P < 0.01$ ) pada jarak pengamatan hari ke 24 (A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>-A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>). Hal ini menunjukkan bahwa produksi gas yang sangat optimal terdapat pada jarak pengamatan hari ke 24. Optimalnya produksi gas pada hari ke 24 dikarenakan telah terjadi proses konversi asam organik menjadi gas yang sebelumnya telah dikonversi oleh mikroba dari bahan organik yang kompleks menjadi asam-asam organik. Hal ini sesuai dengan pendapat Murtadho dan Said (1988), pada proses pembuatan gas metana bahan-bahan organik dikonversi menjadi dua

tahap proses. Produksi gas biogas dari isi rumen dan jarak pengamatan berbeda dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Produksi Biogas dari Isi Rumen dan Jarak Pengamatan Berbeda  
 Keterangan : A<sub>1</sub> = Isi rumen sapi; A<sub>2</sub> = Isi rumen kerbau; A<sub>3</sub> = Isi rumen kambing; B<sub>1</sub> = Hari ke 8; B<sub>2</sub> = Hari ke 16; B<sub>3</sub> = Hari ke 24

Table 4. Rataan Derajat Keasaman/ pH Digester dengan Berbagai Jenis Isi Rumen Pada Berbagai Jarak Pengamatan

Isi Rumen	Jarak Pengamatan			Rataan
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	
A <sub>1</sub>	5.920	5.385	5.400	5.568
A <sub>2</sub>	5.745	5.615	5.510	5.623
A <sub>3</sub>	5.245	5.185	5.295	5.242
Rataan	5.637	5.395	5.402	

Pada isi rumen sapi sebelum dimasukkan kedalam digester derajat keasamannya adalah 6.29 kemudian mengalami kenaikan pada hari ke 8 dan hari ke 16 yaitu menjadi 5.92 dan 5.38 namun pada hari ke 24 derajat keasamannya mengalami penurunan menjadi 5.4. Pada isi rumen kerbau awalnya derajat keasamannya adalah 6.40 kemudian naik menjadi 5.75, 5.60 dan 5.5 pada hari ke 8, hari ke 16 dan hari ke 24. Pada isi rumen kambing derajat keasaman awalnya adalah 5.93 kemudian mengalami kenaikan pada hari ke 8 dan hari 16 yaitu 5.25 dan 5.19 namun pada hari ke 24 derajat keasamannya turun menjadi 5.3. Keadaan umum tentang bahan baku yang mengalami kenaikan derajat keasaman pada hari ke 8 dan hari ke 16 disebabkan berlangsungnya konversi bahan organik menjadi asam-asam organik meskipun proses konversi asam organik menjadi gas

metana telah berlangsung. Hal ini sesuai dengan pendapat Simamora *et al.* (2006<sup>a</sup>) yang menyatakan pada awal fermentasi bahan organik akan terbentuk asam-asam organik yang mengakibatkan pH menjadi turun. Hal ini sesuai dengan pendapat Murtadho dan Said (1988) pada proses pembuatan gas metana bahan-bahan organik dikonversi menjadi dua tahap proses. Tahap pertama bertujuan mendegradasi bahan-bahan organik menjadi asam organik oleh bakteri anaerobik pembentuk asam. Sedang tahap kedua bertujuan untuk mengubah asam-asam organik menjadi gas metana oleh bakteri anaerobik pembentuk metana. Pada tahap kedua ini juga dihasilkan gas CO<sub>2</sub>. Oleh karena itu menurut penelitian Simamora *et al.* (2006<sup>b</sup>) untuk mencegah terjadinya penurunan pH dapat ditambahkan larutan kapur, kapur dan lain-lain.

Tabel 5. Nilai Rataan Temperatur Digester Biogas dari berbagai jenis isi rumen dengan jarak pengamatan yang berbeda (°C)

Isi Rumen	Jarak Pengamatan			Rataan
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	
A <sub>1</sub>	26.000	25.500	27.000	26.167
A <sub>2</sub>	25.000	26.500	26.500	26.000
A <sub>3</sub>	25.000	25.000	26.000	25.333
Rataan	25.333	25.667	26.500	

Temperatur dalam digester tertinggi terdapat pada isi rumen sapi pada pengamatan hari ke 24 (A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>) sedang temperatur digester terendah terdapat pada isi rumen kerbau pada pengamatan hari ke 8 (A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>) dan isi rumen kambing pada pengamatan hari ke 8 (A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>) serta pengamatan hari ke 16 (A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>). Dari hasil penelitian yang diperoleh, temperatur tidak dipengaruhi oleh jenis isi rumen dan lama jarak pengamatan, namun temperatur dalam digester sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Akibatnya panas akibat reaksi perombakan oleh mikroba dalam digester tidak dapat dipertahankan oleh dinding digester, hal ini sesuai dengan pendapat Suyitno, (2007) yang menyatakan bahwa rancangan tanpa memperhitungkan tahanan thermal dinding akan diperoleh temperatur digester sebesar 19-20<sup>o</sup>C. Sehingga menurut pendapat Simamora *et al.* (2006<sup>b</sup>), untuk menstabilkan temperatur dalam digester dapat dilakukan dengan menanam instalasi pengolah dalam tanah dan memberi naungan agar temperatur stabil.

Tabel 6. Rataan Nilai Uji Lama Nyala Biogas dari Berbagai Jenis Isi Rumen dengan Jarak Pengamatan yang Berbeda (Sekon)

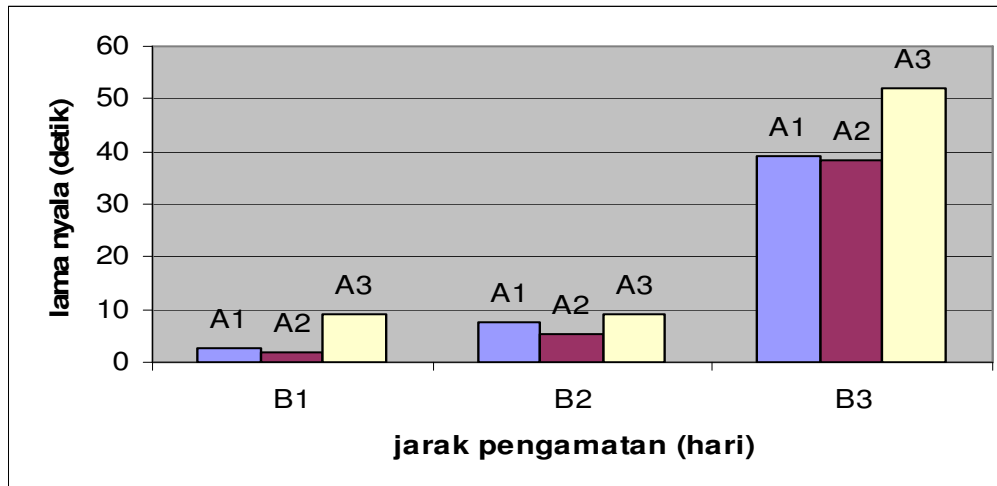
Isi Rumen	Jarak Pengamatan			Rataan
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	



A <sub>1</sub>	2.500 <sup>C</sup>	7.500 <sup>Cc</sup>	39.000 <sup>B</sup>	16.333
A <sub>2</sub>	2.000 <sup>C</sup>	5.500 <sup>C</sup>	38.500 <sup>B</sup>	15.333
A <sub>3</sub>	9.000 <sup>C</sup>	9.000 <sup>Cc</sup>	52.000 <sup>A</sup>	23.333
Rataan	4.500	7.333	43.167	

A,B,C, Rataan dengan superskrip berbeda menunjukkan perbedaan yang sangat nyata (P<0.01)

<sup>c</sup> Rataan dengan superskrip berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata (P<0.05)



Gambar 4. Grafik Lama Nyala Biogas dari Isi Rumen dan Jarak pengamatan Berbeda  
Keterangan : A<sub>1</sub> = Isi rumen sapi; A<sub>2</sub> = Isi rumen kerbau; A<sub>3</sub> = Isi rumen kambing; B<sub>1</sub> = Hari ke 8; B<sub>2</sub> = Hari ke 16; B<sub>3</sub> = Hari ke 24

Berdasarkan Gambar 4. Lama nyala A<sub>3</sub>B<sub>3</sub> lebih lama dari A<sub>1</sub>B<sub>3</sub> dan A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>, hal ini dikarenakan volume gas A<sub>3</sub>B<sub>3</sub> lebih banyak bila dibandingkan dengan volume gas A<sub>1</sub>B<sub>3</sub> dan A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>. Namun lama nyala A<sub>1</sub>B<sub>3</sub> lebih lama dari A<sub>2</sub>B<sub>3</sub> meskipun volume gas A<sub>2</sub>B<sub>3</sub> lebih banyak dari pada volume gas A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>. Hal tersebut dikarenakan faktor mikroba pembentuk gas biogas. Menurut Murti (2006) jumlah jasad renik protozoa dalam rumen kerbau lebih besar dari jumlah jasad renik sapi. Menurut penelitian Sihombing (1997) protozoa yang tinggi akan meningkatkan kadar H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub>.

### Kesimpulan

Penggunaan isi rumen yang berbeda dengan jarak pengamatan berbeda memberikan pengaruh yang berbeda sekali terhadap produksi gas dan lama nyala gas biogas. Namun, tidak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap derajat keasaman (pH) dan temperatur dalam digester. Interaksi yang terbaik terdapat pada bahan baku isi rumen kambing pada jarak pengamatan hari ke 24.

**Daftar Pustaka**

- Abbas, M.H. 1987. Penentuan zat-zat makanan pada isi rumen sebagai bahan pakan ayam broiler starter dan grower. Tesis. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Badan Standarisasi Nasional. 1999. Rumah Potong Hewan. SNI 01-6159-1999. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Dinas Pertanian, Peternakan dan Kehutanan Kota Padang. 2007. Kota Padang dalam Angka. Padang. Badan Pusat Statistik, Padang.
- Indriyati. 2002. Pengaruh waktu tinggal substrat terhadap efisiensi reaktor tipe totally mix. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, Vol.4, No.4. Hal. 67-71. dalam <http://www.iptek.net.id>. (17 Desember 2007)
- Junaidi, M. dan Sami'an. 2001. Pemanfaatan teknologi biogas sebagai sumber energi ramah lingkungan di perusahaan susu umbul katon surakarta. *Detil Jurnal*. Vol. ii, No. 4. dalam <http://webmail.asosiasi-politeknik.or.id>. (17 Desember 2007)
- Murtadho, D. dan G. Said. 1988. *Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Padat*. Penerbit Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Murti, T.W. 2006. *Ilmu Ternak Kerbau*. Cetakan ke 5. Penerbit Kanisius, Jogjakarta.
- Parakhasi, A., S. Dewiki, S.Y.P.K. Hardini, 2000. *Pengolahan Limbah Peternakan*. Penerbit Universitas Terbuka, Jakarta.
- Rahman, B. 2005. Biogas, Sumber Energi Alternatif. Dalam <http://www.Energi.lipi.go.id>. (17 Desember 2007)
- Samiadi. 2003. *Teknologi Pengolahan Kulit dan Hasil Sisa Peternakan*. Penerbit Universitas Mataram, Mataram.
- Setiawan, A.I. 2005. *Memfaatkan Kotoran Ternak*. Penerbit Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sihombing, D.T.H. 1997. *Ilmu Ternak Babi*. Penerbit Gajah Mada University Press, Jogjakarta.
- Simamora, S., Salundik, S. Wahyuni, Surajudin. 2006<sup>a</sup>. *Membuat Biogas Penganti Bahan Bakar Minyak & Gas Dari Kotoran Ternak*. Penerbit AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- , 2006<sup>b</sup>. *Pengolahan limbah peternakan ramah lingkungan dengan teknologi tepat guna untuk pengembangan agribisnis*. Penerbit Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Soeparno. 1998. *Ilmu dan Teknologi Daging*. Penerbit Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Suyitno, 2007. *Kajian teknologi energi*. Dalam <http://kajian-Energi.Blogspot.com>. (29 Mei 2008)

Wibawa, U. 2001. Sumber Daya Energi Alternatif. Penerbit Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

Widodo, S.W, 1996. Pengaruh penambahan urea dan kapur pada penggunaan isi rumen sebagai masukan untuk menghasilkan bahan bakar gasbio. Skripsi Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Winarno, F.G. 1993. Pangan, Gizi, Teknologi dan Konsumen. Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.