

**PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN FESES SAPI DAN AMPAS TEBU (BAGASSE) DENGAN RASIO C/N YANG BERBEDA*****BIOGAS PRODUCTION FROM MIXTURE OF DAIRY MANURE AND BAGASSE WITH DIFFERENT C/N RATIO*****Trisno Saputra\*, Suharjono Triatmojo, dan Ambar Pertiwiningrum**

Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Fauna No.3, Bulaksumur, Yogyakarta, 55281

**INTISARI**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas biogas yang dihasilkan dari campuran feses sapi dan *bagasse* dengan rasio C/N yang berbeda, sehingga diketahui campuran yang paling optimal. Tiga kelompok perlakuan berdasarkan perbedaan rasio C/N yaitu C/N 22, C/N 30, dan C/N 35 dengan tiga ulangan. Digester tipe *batch-feeding* kapasitas 20 liter digunakan selama 30 hari pengamatan. Parameter utama adalah kadar BOD dan COD, nilai pH, kadar VFA, volume biogas total dan kadar metan. Kadar bahan kering campuran adalah 7%. Perlakuan rasio C/N 22, rasio C/N 30, dan rasio C/N 35 menurunkan kadar BOD sebesar 54,33%, 27,89%, dan 42,86%, dan kadar COD sebesar 35,85%, 8,29% dan 27,88%, mempunyai kadar VFA 27,19 milimol, 27,86 milimol, dan 30,73 milimol, menghasilkan biogas sebanyak 29,42 liter, 68,51 liter, dan 114,73 liter dengan kadar metan 24,16%, 27,5%, dan 23,38%. Penurunan kadar BOD dan COD, nilai pH, temperatur biogas, dan total volume biogas berbeda di antara perlakuan. Campuran yang optimal adalah perlakuan rasio C/N 30. Dapat disimpulkan bahwa *bagasse* dapat digunakan sebagai campuran bahan isian untuk produksi biogas.

(Kata kunci : Biogas, Feses sapi, *Bagasse*, Rasio C/N, Metan)

**ABSTRACT**

*The experiment was conducted to determine biogas quality produced from mixture of dairy manure and bagasse with different C/N ratio level, and to know the optimal mixture ratio. There were three group treatments based on C/N ratio level : C/N ratio 22, 30, and 35 with three replications each. Nine units of 20 litre batch-feeding digesters were used during 30 days examination. The main data were BOD, COD, pH and VFA values, total biogas volume, and methane value. C/N ratio of dairy manure and bagasse was 22, 12, and 198. Dry matter mixture was 7%. BOD value was decreased 54.33%, 27.89%, and 42.86%, COD value was decreased 35.85%, 8.29%, and 27.88% and biogas was produced as much as 29.42 litre, 68.51 litre, and 114.73 litre by each treatment with methane values of 24.16%, 27.5%, and 23.38%. VFA value were 27.19 ml mol, 27.86 ml mol, and 30.73 ml mol respectively during operation. BOD and COD value decrease, pH value, biogas temperature, and total biogas volume was different among treatment. The optimal mixture was C/N ratio 30 treatment. The results indicated that bagasse could be used as material mixture in biogas production.*

(Key words : Biogas, Dairy manure, *Bagasse*, C/N ratio, Methane)

**Pendahuluan**

Energi dari bahan bakar minyak yang digunakan dalam kebutuhan sehari-hari semakin menipis dan harganya semakin tinggi, terutama di Indonesia. Proporsi penggunaan energi oleh sektor transportasi yang mencapai lebih dari 30 persen dari total penggunaan energi nasional yang hampir seluruhnya (92%) bersumber dari bahan bakar minyak (BBM) selain masalah pada pasokan BBM juga berdampak buruk bagi lingkungan (Susilowati, 2009), untuk itu perlu dicari sumber energi

alternatif lainnya yang lebih menguntungkan yang berasal dari bahan-bahan limbah yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi. Limbah dari kegiatan manusia, antara lain limbah pertanian, peternakan, industri dan konsumsi, terdiri dari tiga, yaitu limbah padat, limbah cair dan limbah gas. Berbagai cara perlakuan telah banyak diterapkan untuk mengolah limbah yang dihasilkan tersebut, seperti perlakuan fisik, kimia dan biologi.

Perlakuan biologi yang biasanya digunakan untuk pengolahan limbah padat adalah proses anaerobik. Proses anaerobik dilakukan di dalam sebuah tangki pencerna (digester), dengan keuntungan antara lain adalah pengurangan masa organik, menghasilkan biogas sebagai sumber energi

\* Korespondensi (*corresponding author*):  
Telp. +62 815 7944 774, E-mail: trisno.kopi@gmail.com

substitusi bahan bakar minyak, dan lumpur (*sludge*) yang dihasilkan dapat langsung digunakan layaknya pupuk kompos. Sampai saat ini, teknologi proses anaerobik ini kebanyakan masih menggunakan kotoran hewan sebagai bahan isian digester. Di sisi lain masih terdapat beberapa material lain yang potensial sebagai bahan isian, di antaranya adalah *bagasse*.

Proses anaerobik adalah proses mikrobiologi. Mikroorganisme anaerobik membutuhkan unsur karbon (C) sebagai sumber utama energi dan pembentukan karbon sel, untuk menghasilkan asam lemak volatil, gas metan (CH<sub>4</sub>) dan CO<sub>2</sub>. Mikroorganisme anaerobik juga membutuhkan unsur nitrogen (N) yang diperlukan untuk hidup dan pembelahan sel.

Limbah pertanian umumnya kaya akan komponen C, tetapi kekurangan N (Shuler dan Kargi, 2002). Sebaliknya limbah peternakan umumnya kaya akan N tetapi kekurangan C, sehingga perlu disinergiskan antara limbah pertanian dan peternakan. Feses sapi sebagai limbah peternakan diperlukan sebagai sumber C dan N dalam pembentukan gas metan. Feses sapi sebagai bahan isian utama mempunyai rasio C/N sebesar 22,12 (Tamara, 2008), maka perlu ditambah sumber C agar rasio C/N menjadi ideal yaitu 30:1 (Samiadi, 1987). *Bagasse* adalah limbah pertanian yang kaya unsur C dengan rasio C/N 150 (Pound et al., 1981). *Bagasse* memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi dan daya cerna yang rendah sehingga tidak baik dan kurang berpotensi jika dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Utomo et al., 1985; Soejono et al., 1985). *Bagasse* sangat potensial digunakan sebagai bahan isian digester untuk menghasilkan biogas.

Berbagai penelitian telah dilakukan dan dapat membuktikan bahwa *bagasse* dapat dijadikan sebagai bahan campuran isian digester untuk menghasilkan biogas, seperti penelitian yang dilakukan oleh Pound et al. (1981) dan Kivaisi dan Eliapenda (1995). Untuk itu perlu dilakukan penelitian terutama di perusahaan penggilingan tebu atau sekitarnya tentang penggunaan *bagasse* sebagai bahan campuran isian digester untuk menghasilkan biogas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan bahan kering dan rasio C/N feses sapi dan *bagasse*, dan kualitas biogas yang dihasilkan dari campuran antara feses sapi dan *bagasse* dengan tingkat rasio C/N yang berbeda, serta campuran yang paling optimal. Penelitian ini bermanfaat sebagai acuan untuk diterapkan pada petani peternak dan pabrik gula dengan memanfaatkan limbahnya untuk menghasilkan biogas sebagai sumber energi alternatif, dan juga mengurangi be-

ban cemaran dari limbah karena lumpur buangnya menjadi berguna sebagai pupuk kompos.

## Materi dan Metode

### Bahan penelitian

Bahan yang digunakan adalah feses sapi, *bagasse* dan inokulum. Feses sapi yang digunakan adalah feses sapi perah (*Friesian Holstein*) segar. *Bagasse* yang digunakan diambil dari Perusahaan Pabrik Gula dan Spritus Madukismo, Kasihan, Bantul, Yogyakarta, kemudian digiling dengan *blender* dan diayak. Inokulum yang digunakan adalah cairan *sludge* yang diambil dari digester *fixed dome*.

### Analisis bahan

**Kadar air.** Analisis kadar air dilakukan secara gravimetrik sesuai metode APHA section 2540 B (APHA, 1998).

**Total C.** Analisis total C dikerjakan dengan metode spektrofotometri (Anonimus, 2005). Disiapkan larutan pereaksi K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 2N yaitu 98,1 g K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ditambah 100 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dilarutkan dalam 1.000 ml air bebas ion, larutan standar 5.000 ppm C yaitu 12,5 g glukosa dilarutkan ke dalam 1.000 ml air bebas ion. Sampel halus sebanyak 0,10 g dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml. Ditambahkan berturut-turut 5 ml larutan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 2N, 7 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> lalu dikocok dan dibiarkan 30 menit. Untuk standarnya sebanyak 5 ml larutan standar 5.000 ppm C dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml lalu ditambahkan 5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan 7 ml larutan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 2N. Dikerjakan pula blanko yang digunakan sebagai standar 0 ppm C. Masing-masing diencerkan dengan air bebas ion dan setelah dingin volume ditepatan hingga 100 ml, lalu dikocok dan dibiarkan semalam. Esoknya diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 651 nm.

Perhitungan :

Kadar C-organik (%) = ppm kurva x 100/mg sampel x fk  
Keterangan:

Ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikurangi blanko.

fk = faktor koreksi kadar air = 100/(100 - % ka).

**Total N.** Analisis total N dikerjakan berdasarkan pada metode Kjeldhal (Anonimus, 2005). Tahap pertama adalah destruksi sampel. Sampel halus 0,25 g dimasukkan ke dalam tabung *digestion*. Ditambahkan 1 g campuran selen dan 2,5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Campuran diratakan dan dibiarkan satu malam. Esoknya dipanaskan ke dalam blok *digestion* hingga suhu 350<sup>0</sup>C. Destruksi selesai bila keluar uap putih dan didapat ekstrak jernih (sekitar 4 jam), kemudian

tabung diangkat dan didinginkan. Ekstrak diencerkan dengan air hingga 50 ml. Dikocok sampai homogen dan dibiarkan semalam agar mengendap. Ekstrak jernih digunakan untuk pengukuran N. Tahap selanjutnya adalah pengukuran N. Ekstrak sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam labu didih. Ditambahkan sedikit serbuk batu didih dan aquades hingga setengah volume labu. Disiapkan penampung  $\text{NH}_3$  yang dibebaskan yaitu erlenmeyer yang berisi 10 ml asam borat 1% ditambah dua tetes indikator Conway (berwarna merah) dihubungkan dengan alat destilasi. Ditambahkan 10 ml NaOH 40% ke dalam labu didih yang berisi contoh dan ditutup secepatnya. Didestilasi hingga volume penampung mencapai 50-75 ml (berwarna hijau). Destilat dititrasi dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05 N hingga berwarna merah muda. Dicatat volume titar sampel ( $V_c$ ) dan blanko ( $V_b$ ) kemudian dihitung :

$$\text{Kadar N (\%)} = (V_c - V_b) \times N \times 14 \times \frac{50}{10} \text{ ml} \times \frac{100}{250} \text{ mg} \times \text{fk}$$

Keterangan:

- $V_{c,b}$  = ml titar sampel dan blanko  
 N = normalitas larutan baku  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
 14 = bobot setara N  
 100 = konversi ke %  
 fk = faktor koreksi kadar air =  $100/(100 - \% \text{ ka})$ .

### Produksi biogas

Digester tipe *batch feeding* kapasitas 20 liter sebanyak 9 unit dibagi menjadi 3 kelompok yaitu digunakan untuk rancangan 2 perlakuan dan 1 kontrol dengan 3 replikasi. Perlakuannya adalah perbedaan rasio C/N yaitu :

- I. Kelompok I sebagai kontrol (rasio C/N 22)
- II. Kelompok II (rasio C/N 30)
- III. Kelompok III (rasio C/N 35)

Tiap digester diisi *slurry* sebanyak 16 liter. Digester hanya diisi satu kali selama periode penelitian. Bahan dicampur dan diaduk sehomogen mungkin dan selanjutnya tidak ada pengadukan. *Slurry* yang sudah homogen dianalisis BOD, COD, dan VFA.

### Analisis hasil

**Kadar BOD dan COD.** Analisis kadar BOD dilakukan dengan instrumentasi menggunakan OT Meter merk HANNA. Analisis kadar COD menggunakan metode APHA *section 5220 C* (APHA, 1998).

**pH.** Pengukuran pH menggunakan kertas universal indikator pH (*pH stick*) yang dioleskan pada *slurry* yang diambil dari dalam digester.

**Temperatur.** Temperatur lingkungan diukur dengan menggunakan termometer. Temperatur gas diukur dengan termometer batang yang dipasang pada tutup digester.

**Volume gas.** Volume gas (V) diukur dengan mengukur kenaikan bejana tutup digester (t) menggunakan pengukur, dihitung menggunakan rumus berikut :

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

V = volume gas (l)

$\pi$  = 22/7

r = jari-jari lingkaran

t = tinggi silinder

**Tekanan gas.** Tekanan gas diukur dengan menggunakan manometer yang dihubungkan dengan kran digester, dihitung dengan rumus (Sujahtra, 1990) :

$$P = P_o + \int \times g \times h$$

$P_o$  = tekanan atmosfer (1 atm = 76 cmHg = 1.033,3 g/cm<sup>2</sup>)

P = tekanan gas (N/m<sup>2</sup> = pascal = Pa; atm; cmHg)

$\int$  = massa jenis air (1 g/cm<sup>3</sup> = 1.000 kg/m<sup>3</sup>)

g = gaya gravitasi bumi (m/s<sup>2</sup>)

h = selisih permukaan air pada manometer (cm).

Volume dan tekanan gas di atas kemudian dikonversikan ke dalam rumus hukum Boyle (Sastrohamidjojo, 2005), sebagai berikut :

$$V \times P = V_t \times P_t$$

$$V_t = \frac{V \times P}{P_t}$$

$V_t$  = volume gas pada temperatur tetap (l)

V = volume gas terukur (l)

$P_t$  = tekanan gas pada temperatur tetap (1 atm)

P = tekanan gas terukur (atm).

Volume gas yang terhitung di atas ( $V_t$ ) dikonversikan ke dalam rumus hukum Gay-Lussac, yaitu volume gas pada tekanan tetap, sebagai berikut :

$$V_{t1} = V_t \left( 1 + \frac{26 - t}{273} \right)$$

$V_{t1}$  = volume gas pada tekanan tetap (l)

$V_t$  = volume gas pada temperatur tetap (l)

26 = temperatur gas tetap (<sup>0</sup>C)

t = temperatur gas terukur (<sup>0</sup>C)

$\frac{1}{273}$  = volume sembarang gas dengan massa

tertentu pada tekanan konstan akan bertambah 1/273 bagian dari volumenya untuk kenaikan suhu sebesar 1<sup>0</sup>C (Samiadi, 1987).

**Kadar VFA.** Sampel *slurry* diambil melalui lubang *outlet* digester dengan menggunakan *syringe* dan selang kemudian ditampung ke dalam eppendoff 1,5 ml, kemudian disentrifuge untuk memisahkan filtrat dan endapan. Filtrat kemudian di-

analisis VFAny dengan menggunakan metode gas kromatografi.

**Kadar metan.** Pengambilan sampel gas dilakukan dengan penyedotan menggunakan *syringe* yang disuntikkan melalui selang yang terhubung pada kran digester kemudian secepatnya ditampung ke dalam venojeck. Analisis kadar metan dilakukan dengan gas kromatografi (GC), dengan cara sebagai berikut. Sampel gas sebanyak 1 ml diinjeksikan ke dalam injektor dengan temperatur injeksi 170°C. Gas nitrogen (N<sub>2</sub>) digunakan sebagai gas pembawa dengan kecepatan 30 ml/menit. Sampel gas yang dibawa oleh gas N<sub>2</sub> diinjeksikan ke dalam kolom. Kolom dari bahan *carbon active* panjang 1 m diameter 0,5 cm temperatur 140°C. Gas hidrogen (H<sub>2</sub>) 1 kg/cm<sup>2</sup> dan oksigen (O<sub>2</sub>) 1 kg/cm<sup>2</sup> digunakan sebagai gas pembakar. Kemudian dideteksi menggunakan detektor FID dengan temperatur 170°C. Pada kondisi yang sama diinjeksikan juga gas *acethylen* sebagai standar pembanding. Hasil deteksi yang didapat berupa puncak grafik dicatat dengan *recorder* untuk diketahui luas areanya. Konsentrasi gas metan didapat dengan rumus :

$$\% \text{ relatif gas metan} = \frac{\text{luas area sampel}}{\text{luas area pembanding}} \times 99,9\%$$

#### Analisis data

Data dianalisis menggunakan analisis variansi rancangan acak lengkap, *Completely Randomized Design* (CRD), pola searah, apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan uji Tukey HSD (Astuti, 1980) menggunakan program SPSS for Windows version 12.0.

### Hasil dan Pembahasan

#### Komposisi kimia bahan

Hasil analisis menunjukkan bahwa feses sapi mempunyai kadar air yang tinggi yaitu 84,02% dan bahan kering yang rendah yaitu 15,8% serta rasio C/N yang masih rendah yaitu 22,12 (Tabel 1) dibandingkan dengan kondisi optimum yang dibutuhkan untuk produksi biogas. Rasio C/N yang optimum untuk produksi biogas yaitu berkisar 25-30 (Triatmojo, 2004).

Analisis menunjukkan bahwa *bagasse* berada dalam kondisi yang kering dengan kadar air 16,5%, dan mempunyai kandungan unsur C yang tinggi yaitu 55,44% dan unsur N yang sangat rendah yaitu 0,28% sehingga rasio C/N menjadi sangat tinggi yaitu 198 (Tabel 1). Unsur C pada *bagasse* ini sangat diperlukan oleh mikrobia sebagai energi dan pembentukan metan. Oleh karena itu *bagasse* sangat potensial digunakan sebagai bahan penghasil biogas, tetapi rasio C/N yang tinggi ini sangat jauh dari rasio C/N yang optimum yang dibutuhkan untuk produksi biogas.

#### Komposisi campuran isian digester

Hasil analisis feses sapi perah dan *bagasse* digunakan sebagai acuan untuk membuat campuran bahan isian dalam produksi biogas sesuai dengan kelompok perlakuan perbedaan tingkat rasio C/N, yaitu Rasio C/N 22, Rasio C/N 30, dan Rasio C/N 35 (Tabel 2).

Rasio C/N yang optimum untuk produksi biogas yaitu berkisar 25-30 (Triatmojo, 2004). Rasio C/N feses sapi adalah 22. Perlakuan yang diterapkan adalah rasio C/N 30 dan rasio C/N 35. Pada perlakuan rasio C/N 30 jumlah feses sapi yang ditambahkan adalah sebanyak 92,61% dan *bagasse* sebanyak 4,55%, sedangkan pada perlakuan rasio C/N 35 jumlah feses sapi yang ditambahkan adalah sebanyak 95,45% dan *bagasse* sebanyak 7,39%. Sebagai kontrol adalah feses sapi tanpa ditambah *bagasse*.

Campuran antara feses sapi dan *bagasse* dihitung kadar bahan keringnya. Kadar bahan kering kontrol adalah 15,8%, sedangkan untuk rasio C/N 30 kadar bahan kering 18,9% dan rasio C/N 35 kadar bahan kering 20,8%. Kadar bahan kering ini digunakan untuk mengetahui air yang dibutuhkan untuk pengenceran agar mencapai kadar bahan kering optimal yaitu 7% (Junus, 1987). Inokulum ditambahkan sebanyak 1% dari air pengencer. Dalam campuran 10 kg feses sapi dan *bagasse*, untuk kontrol banyaknya air yang ditambahkan adalah 11,34 l dan inokulum 1,26 l, untuk rasio C/N 30 banyaknya air yaitu 15,3 l dan inokulum 1,7 l, dan untuk rasio C/N 35 banyaknya air yaitu 17,73 l

Tabel 1. Komposisi feses sapi perah dan *bagasse* yang digunakan sebagai bahan isian produksi biogas (*composition of dairy faeces and bagasse used as biogas production materials*)

Komposisi ( <i>composition</i> )	Feses sapi ( <i>dairy faeces</i> ) <sup>a</sup>	<i>Bagasse</i>
Kadar air (%) ( <i>water (%)</i> )	84,20	16,50
Bahan kering (%) ( <i>dry matter (%)</i> )	15,80	83,50
Total C (%) ( <i>carbon total (%)</i> )	45,56	55,44
Total N (%) ( <i>nitrogen total (%)</i> )	2,06	0,28
Rasio C/N ( <i>C/N ratio</i> )	22,12	198,00

<sup>a</sup> Tamara (2008).

Tabel 2. Komposisi campuran bahan isian produksi biogas dengan tiga kelompok perlakuan berdasarkan perbedaan tingkat rasio C/N (*composition of biogas production material mixture with three treatment groups based on different C/N ratio*)

Komposisi ( <i>composition</i> )	Rasio C/N ( <i>C/N ratio</i> )		
	22	30	35
Feses sapi ( <i>dairy faeces</i> )			
Persentase ( <i>percentage</i> )	100,00	95,45	92,61
Jumlah (kg/10 kg bahan) ( <i>amount (kg/10 kg matter)</i> )	10,00	9,55	9,26
Bagasse			
Persentase ( <i>percentage</i> )	0,00	4,55	7,39
Jumlah (kg/10 kg bahan) ( <i>amount (kg/10 kg matter)</i> )	0,00	0,45	0,74
BK sebelum pengenceran (%) ( <i>dry matter before dilution (%)</i> )	15,80	18,90	20,80
Inokulum 1% (l) ( <i>starter 1% (l)</i> )	1,26	1,70	1,97
Air (l/10 kg bahan) ( <i>water (l/10kg matter)</i> )	11,34	15,30	17,73

Tabel 3. Karakteristik *slurry* selama produksi biogas dari tiap kelompok perlakuan perbedaan tingkat rasio C/N (*characteristics of slurry during biogas production from each treatment group with different C/N ratio*)

Parameter	Rasio C/N ( <i>C/N ratio</i> )		
	22	30	35
Kadar BOD awal (g/l) ( <i>initial BOD value (g/l)</i> )	20,00	11,83	14,00
Kadar COD awal (g/l) ( <i>initial COD value (g/l)</i> )	81,47	49,31	48,78
Kadar BOD akhir (g/l) ( <i>ultimate BOD value (g/l)</i> )	91,33 <sup>c</sup>	85,33 <sup>b</sup>	80,00 <sup>a</sup>
Kadar COD akhir (g/l) ( <i>ultimate COD value (g/l)</i> )	52,26 <sup>c</sup>	45,23 <sup>b</sup>	35,18 <sup>a</sup>
Kadar VFA :			
Asam asetat (m mol) ( <i>acetic acid (m mol)</i> )	17,27	17,76	18,22
Asam propionat (m mol) ( <i>propionic acid (m mol)</i> )	7,70	7,60	10,67
Asam butirrat (m mol) ( <i>butyric acid (m mol)</i> )	2,23	2,51	2,62
pH <i>slurry</i>	6,96 <sup>b</sup>	6,74 <sup>a</sup>	6,74 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan ( $P < 0,05$ ) (*different superscripts at the same row indicate significant differences ( $P < 0,05$ )*).

dan inokulum 1,97 l. Campuran ini disebut *slurry*, yang kemudian dianalisis selama produksi biogas.

Kapasitas digester adalah 20 liter, dan kondisi yang optimal *slurry* yang dibutuhkan untuk pengisian awal yang dimasukkan ke dalam digester adalah sebanyak 80% (Junus, 1987), sehingga *slurry* yang dimasukkan ke dalam digester sebanyak 16 liter.

### Kadar BOD dan COD

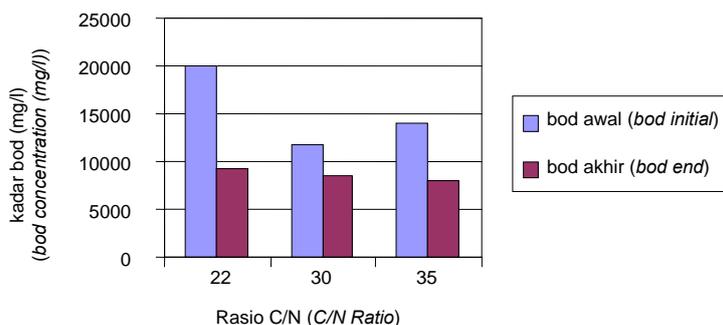
Kadar BOD dan COD berdasarkan Tabel 3 tidak menunjukkan perbedaan di antara perlakuan, tetapi mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya aras perlakuan, yaitu semakin banyak *bagasse* yang ditambahkan maka kadar BOD dan COD semakin menurun. Di dalam feses sapi terdapat bahan yang telah terdegradasi di dalam rumen sehingga banyak bahan organik yang terlarut, sedangkan *bagasse* adalah bahan yang belum terdegradasi sehingga tidak banyak bahan organik yang terlarut. Penurunan kadar BOD dan COD selama produksi menunjukkan adanya perbedaan aktifitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik dan mengubahnya menjadi metan dan biogas.

Penurunan COD berarti juga penurunan VS yang berarti juga penurunan bahan organik yang menandakan adanya pengurangan bahan organik dan dikonversi untuk produksi metan dan total biogas. Penurunan COD menandakan adanya konsumsi asam untuk produksi metan (Barlaz, 1996).

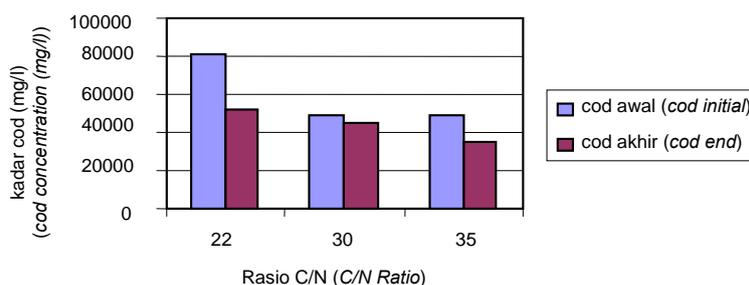
Kadar BOD dan COD akhir produksi biogas lebih kecil dibandingkan dengan awal periode produksi, berarti selama masa periode produksi biogas terjadi penurunan kadar BOD dan COD (Gambar 1 dan 2). Proses digesti anaerobik mampu menurunkan bahan BOD dan COD bahan isian, berarti proses digesti anaerobik mampu menurunkan beban cemaran dari feses sapi dan *bagasse*.

Penurunan kadar BOD dan COD dalam digesti anaerobik menunjukkan bahwa material selain asam dapat terdegradasi (Hobson *et al.*, 1984). Dapat dikatakan bahwa proses degradasi bahan organik kompleks menjadi metan dan biogas berjalan efektif.

Kadar BOD mengalami penurunan selama produksi biogas (Gambar 1), yaitu 54,33% untuk rasio C/N 22; 27,89% untuk rasio C/N 30, dan 42,86% untuk rasio C/N 35.



Gambar 1. Kadar BOD awal dan akhir periode produksi biogas dengan perlakuan perbedaan tingkat rasio C/N (initial and end BOD value during biogas production period with different C/N ratio treatment).



Gambar 2. Kadar COD awal dan akhir periode produksi biogas dengan perlakuan perbedaan tingkat rasio C/N (initial and end COD value during biogas production period with different C/N ratio treatment).

Kadar COD mengalami penurunan selama produksi biogas (Gambar 2), yaitu 35,85% untuk rasio C/N 22; 8,29% untuk rasio C/N 30, dan 27,88% untuk rasio C/N 35.

Penurunan kadar BOD dan COD efektif terjadi pada perlakuan rasio C/N 22, karena bahan organik yang banyak terlarut langsung bisa digunakan oleh bakteri metanogenik untuk memproduksi metan, sedangkan *bagasse* mengandung ligno-selulosa tinggi yang proses degradasinya lebih lama sehingga bahan organik yang terlarut tidak bisa langsung digunakan oleh bakteri metanogenik.

#### Kadar VFA

Asam *volatile* diubah menjadi metan dan CO<sub>2</sub> dan produk lain (Shuler dan Kargi, 2002; Polprasert, 1995). Kadar VFA, terutama asam asetat, terus meningkat seiring dengan waktu produksi (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan mikroba asetogenik meningkat, berpengaruh pada jumlah produksi biogas yang meningkat. Peningkatan produksi asam *volatile* dan biogas ini sesuai dengan fase pertumbuhan mikroba yaitu pola sigmoid (Shuler dan Kargi, 2002).

#### pH

Proses anaerobik yang ideal berjalan pada pH sekitar 6,5-7,6 (Rittmann dan McCarty, 2001) dengan pH optimal berkisar antara 7-7,2 (Polprasert, 1995). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pH masing-masing perlakuan berada pada kisaran

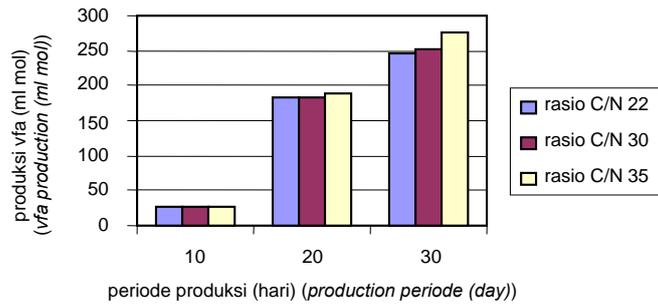
pH ideal (Gambar 4). Kondisi pH ini berpengaruh pada pertumbuhan mikroba anaerobik dalam menghasilkan biogas terutama metan. Melihat kondisi pH maka pertumbuhan mikroorganisme di dalam digester berlangsung optimal.

#### Temperatur, volume biogas dan kadar metan

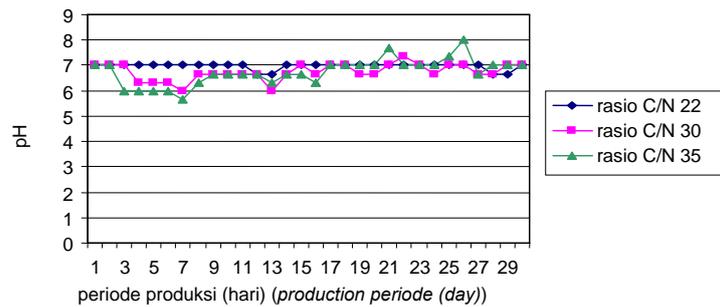
Umumnya terdapat dua kisaran temperatur yang terdapat pada produksi metan, yaitu mesofilik (25-44°C) dan termofilik (50-65°C) (Hobson *et al.*, 1984). Temperatur lingkungan tempat penelitian berlangsung, yaitu pagi 27,25 siang 31,8 dan sore 29,15°C, berada dalam kondisi mesofilik yang ideal tetapi kurang optimal karena temperatur optimal adalah 35-40 °C (Shuler dan Kargi, 2002), sehingga proses degradasi bahan organik, pembentukan asam organik dan pembentukan metan kurang maksimal.

Temperatur biogas disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 5. Temperatur biogas berbeda di antara perlakuan, karena selain dipengaruhi oleh temperatur lingkungan juga dipengaruhi oleh aktifitas mikroorganisme dan gas metan yang dihasilkan. Pada tahap pembentukan asam, bakteri mengubah glukosa menjadi asam asetat menghasilkan energi sebesar 4 mol ATP/mol glukosa (Mosey dan Fernandes, 1984). Gas metan yang dihasilkan mempunyai energi sebesar 35,8 kJ/l pada STP (Rittmann dan McCarty, 2001).

Pengukuran volume biogas dengan mengukur kenaikan bejana tutup digester. Kemudian diukur temperatur biogas menggunakan termometer. Hasil



Gambar 3. Peningkatan kadar VFA *slurry* selama produksi biogas dari tiap kelompok perlakuan perbedaan tingkat rasio C/N (*the increase of VFA value during biogas production period with different C/N ratio treatment*).

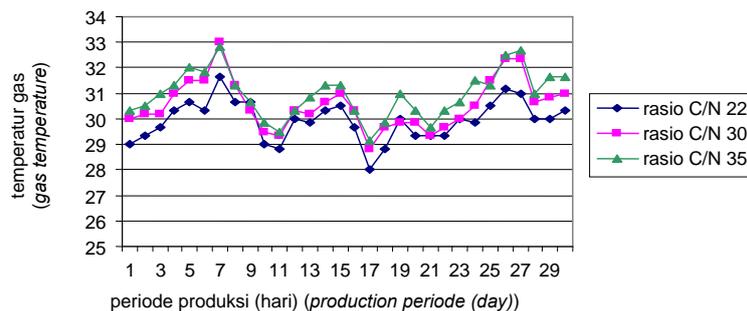


Gambar 4. Perubahan pH *slurry* harian selama produksi biogas dari tiap kelompok perlakuan perbedaan tingkat rasio C/N (*changes of pH slurry during biogas production period with different C/N ratio treatment*).

Tabel 4. Karakteristik biogas (temperatur, volume dan metan) selama produksi biogas dari tiap kelompok perlakuan perbedaan tingkat rasio C/N (*characteristics of biogas (temperature, volume and methane) during biogas production from each treatment group with different C/N ratio*)

Parameter	Rasio C/N		
	22	30	35
Temperatur ( <sup>0</sup> C) ( <i>temperature</i> ( <sup>0</sup> C))	29,94 <sup>a</sup>	30,56 <sup>b</sup>	30,96 <sup>b</sup>
Volume total (l) ( <i>total volume</i> (l))	226,77 <sup>a</sup>	253,09 <sup>a</sup>	599,72 <sup>b</sup>
Kadar metan (%) ( <i>methane value</i> (%))	24,16	27,50	23,38

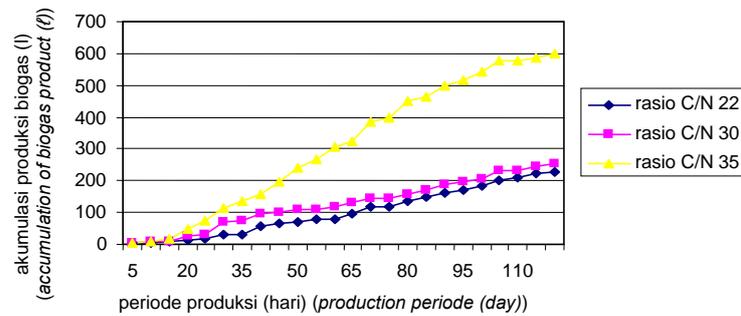
<sup>a,b</sup> Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan ( $P < 0,05$ ) (*different superscripts at the same row indicate significant differences (P < 0.05)*).



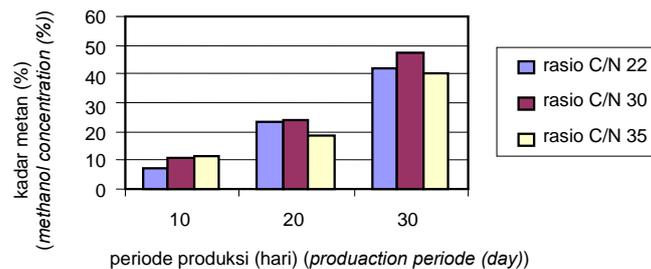
Gambar 5. Perubahan temperatur biogas harian tiap kelompok perlakuan perbedaan tingkat rasio C/N (*biogas temperature during biogas production period with different C/N ratio treatment*).

pengukuran temperatur biogas digunakan di dalam rumus sesuai hukum Boyle. Tekanan biogas diukur dengan manometer lalu dimasukkan ke dalam rumus sesuai hukum Gay-Lussac. Dari data volume biogas, temperatur biogas dan tekanan biogas diperoleh hasil perhitungan volume biogas total.

Volume biogas total berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 6 berbeda di antara perlakuan, dan yang tertinggi adalah pada perlakuan rasio C/N 35, kemudian diikuti oleh perlakuan rasio C/N 30 dan rasio semakin tinggi pula produksi biogas. Hal ini karena pada perlakuan rasio C/N 35 semakin banyak *bagasse* yang ditambahkan, semakin banyak



Gambar 6. Akumulasi peningkatan volume biogas total tiap kelompok perlakuan perbedaan tingkat rasio C/N (total biogas volume accumulation during biogas production period with different C/N ratio treatment).



Gambar 7. Peningkatan kadar metan dalam biogas selama produksi dari tiap kelompok perlakuan perbedaan tingkat rasio C/N (methane value during biogas production period with different C/N ratio treatment).

unsur C tersedia di dalamnya, sehingga produksi biogas menjadi tinggi. Akumulasi peningkatan volume biogas total dapat dilihat pada Gambar 6.

Analisis kadar metan dilakukan sebanyak tiga kali selama masa periode produksi, mulai hari ke-10 yang diharapkan bahwa kadar metan telah cukup tinggi, kemudian dilakukan analisis kembali pada hari ke-20 dan hari ke-30 (Gambar 7).

Produksi metan ini dipengaruhi oleh pertumbuhan bakteri metanogenik yang mengubah asam volatil menjadi metan dan CO<sub>2</sub> dan produk lain (Shuler dan Kargi, 2002; Polprasert, 1995), sehingga laju pembentukan metan seiring dengan laju pertumbuhan bakteri metanogenik. Kadar metan tertinggi dihasilkan dari perlakuan rasio C/N 30 yaitu 27,5%, dan dapat dikatakan sebagai campuran yang paling optimal, sehingga bisa menjadi acuan campuran untuk produksi biogas.

### Kesimpulan

Bagasse dapat digunakan dalam campuran bahan isian digester sebagai sumber karbon untuk menghasilkan biogas. Perlakuan perbedaan rasio C/N mempengaruhi jumlah produksi gas, dan volume biogas total perlakuan rasio C/N 35 lebih tinggi daripada rasio C/N 22 dan rasio C/N 30. Perlakuan perbedaan rasio C/N tidak mempengaruhi kadar metan, tetapi didapatkan angka tertinggi kadar metan adalah pada perlakuan rasio C/N 30. Campuran bahan isian digester untuk produksi biogas yang paling efektif dan optimal adalah perlakuan rasio C/N 30.

### Daftar Pustaka

- Anonimus. 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah, BPPT, Departemen Pertanian. Jakarta.
- APHA. 1998. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ed. American Public Health Association, United Book Press, Inc., Washington DC., USA.
- Astuti, M. 1980. Rancangan Percobaan dan Analisa Statistik, Bagian I. Bagian Pemuliaan Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Barlaz, M.A. 1996. Microbiology of solid waste landfills. In : Microbiology of Solid Waste. A.C. Palmisano, and M.A. Barlaz (eds.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA.
- Hobson, P.N., R. Summers, and C. Harries. 1984. Single- and multi-stage fermenters for treatment of agricultural wastes. In : Microbiological Methods for Environmental Biotechnology. J.M. Grainger, and J.M. Lynch (eds.). Academic Press Inc., Florida, USA.
- Junus, M. 1987. Teknik Membuat dan Memanfaatkan Unit Gas Bio. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kivaisi, A.K. and S. Eliapenda. 1995. Application of rumen microorganisms for enhanced anaerobic degradation of bagasse and maize bran. J. Biomass and Bioenergy 8(1):45-50.
- Mosey, F.E. and X.A. Fernandes. 1984. Mathematical modelling of methanogenesis in

- sewage sludge digestion. In : Microbiological Methods for Environmental Biotechnology. J.M. Grainger, and J.M. Lynch (eds.). Academic Press Inc., Florida, USA.
- Polprasert, C. 1995. Organic Waste Recycling. Environmental Engine, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand. John Willey and Sons.
- Pound, B., F. Don and T.R. Preston. 1981. Biogas production from mixtures of cattle slurry and pressed sugar cane stalk, with and without urea. Trop. Anim. Prod. 6(1):11-21.
- Rittman, B.E. and P.L. McCarty. 2001. Environmental Biotechnology : Principles and Applications. The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Samiadi. 1987. Pengaruh pengenceran dan penambahan jerami padi dalam slurry sapi Peranakan Ongole terhadap produksi gas bio. Tesis. Program Studi Ilmu Ternak. Fakultas Peternakan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sastrohamidjojo, H. 2005. Kimia Dasar. Cetakan Kedua. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Shuler, M.L. and F. Kargi. 2002. Bioprocess Engineering. Second ed. Prentice-Hall, Inc., USA.
- Soejono, M., R. Utomo, dan S. Priyono. 1985. Pengaruh perlakuan alkali terhadap kecernaan *in vitro* bagasse. Prosiding. Seminar Pemanfaatan Limbah Tebu untuk Pakan Ternak. Puslibangnak. Deptan. Grati.
- Sujahtra. 1990. It'Mine Rumus dan Konsep Fisika. Direktorat Penelitian dan Pengembangan Perangkat Lunak Pendidikan, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Susilowati, E. 2009. Uji potensi pemanfaatan cairan rumen sapi untuk meningkatkan kecepatan produksi biogas dan konsentrasi gas metan dalam biogas. Tesis. Program Studi Magister Sistem Teknik. Program Pascasarjana. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Tamara, D. 2008. Kuantitas dan komposisi kimia manure sapi perah pada kelompok peternak Kemirikebo, Girikerto, Turi, Sleman. Skripsi. Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Triatmojo, S. 2004. Diktat Penanganan Limbah Peternakan. Jurusan Teknologi Hasil Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Utomo, R., M. Soejono, dan B. Suhartanto. 1985. Pengaruh sodium hidroksida, kalsium hidroksida dan karbamida terhadap nilai hayati *bagasse*. Prosiding. Seminar Pemanfaatan Limbah Tebu untuk Pakan Ternak. Puslibangnak. Deptan. Grati.