

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KULIT PISANG (*Musa spp*) TERHADAP PRODUKSI GAS METAN DALAM FERMENTASI METANOGENIK KOTORAN TERNAK***EFFECT OF BANANA PEEL (*Musa spp*) WASTE ADDITION TOWARD METHANE PRODUCTION IN THE MANURE METHANOGENIC FERMENTATION PROCESS*****Abbas*, Suharjono Triatmojo, dan Lies Mira Yusiati**

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

INTISARI

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah kulit pisang (*Musa spp*) terhadap kotoran sapi dan kuda sebagai substrat pada proses fermentasi metanogenik yang meliputi asam lemak volatil, suhu, pH, kadar metan, dan produksi gas metan. Percobaan dilakukan dengan 2 perlakuan, yaitu P1 untuk produksi biogas dengan substrat kotoran sapi, dan P2 untuk produksi biogas dengan substrat kotoran kuda. Masing-masing perlakuan dilakukan dalam 3 level perbandingan feses terhadap kulit pisang, yaitu 100:0%, 85:15%, dan 70:30%, dan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan dengan pengambilan sampel hari ke-10, 20, dan 30. Variabel yang diukur adalah VFA, pH, suhu, total volume gas, persentase gas metan, dan produksi metan. Perbandingan substrat (kotoran + limbah kulit pisang) dengan air masing-masing 1:1,5 untuk P1 dan 1:2 untuk P2. Pengolahan data penelitian menggunakan perhitungan analisis split-plot, beda rerata antar perlakuan diuji dengan *Duncan New Multiple Range Test* (DMRT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah kulit pisang memberikan pengaruh yang nyata ($P < 0,05$) terhadap produksi VFA, sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap konsentrasi gas metan dan produksi gas metan (CH_4), tetapi tidak berpengaruh terhadap suhu dan pH digester.

(Kata kunci: Kotoran sapi, Kotoran kuda, Limbah kulit pisang (*Musa spp*), Fermentasi metanogenik, Biogas)

ABSTRACT

*This experiment was aimed to investigate the influence of addition of waste banana peel (*Musa spp*) into the manure, cow faeces and horse faeces, as a substrate on methanogenic fermentation process. Parameters observed during fermentation were volatile fatty acids, temperature, pH, percentage of methane and methane production. Two treatments were conducted in this experiment, that were P1 with cow faeces, and P2 with horse faeces as substrate. Each treatment was performed in 3 levels of ratio faeces to banana peel, namely 100:0%, 85:15%, and 70:30%, and repeated 3 times with sampling times at day of every 10th, 20th, and 30th. Variable measured were pH, temperature, volume of biogas, percentage of methane and methane production. Ratio substrate: water for each treatment were 1:2. Design experiment used was split-plot, and then followed by *Duncan New Multiple Range Test* (DMRT). Results showed that addition of banana peel influenced on VFAs ($P < 0.05$) production, and yield biogas, methane concentration and methane production (CH_4) ($P < 0.01$), but non significant on temperature and pH of digester.*

(Keywords: Cow faeces, Horse faeces, Waste of banana peel (*Musa spp*), Renewable energy, Biogas)

Pendahuluan

Jumlah populasi ternak sapi dan kuda di Indonesia yang sangat besar, serta tingkat produksi tahunan tanaman pisang yang sangat tinggi, menyebabkan limbah yang dihasilkan oleh kedua sektor ini sangat melimpah. Data populasi ternak sapi yang berjumlah 14,28 juta ekor dan kuda 409 ribu ekor pada tahun 2010, merupakan penghasil limbah yang sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif (BPS, 2011).

Akumulasi dari kedua jenis limbah ini sangat potensial untuk dimanfaatkan, tetapi belum dilakukan dengan maksimal. Hal ini disebabkan oleh pengolahan limbah pertanian dan peternakan masih konvensional dan tradisional, pengolahannya belum tersentuh oleh teknologi tepat guna. Feses yang tidak ditreatment biasanya hanya ditumpuk atau dibuang ke lahan pertanian. Hal ini akan menimbulkan dampak yang buruk terhadap lingkungan. Untuk menghindari hal tersebut, maka perlu adanya teknologi tepat guna yang dapat mengolah limbah sehingga dapat mengurangi pencemaran terhadap lingkungan, atau diolah menjadi suatu sumber energi terbarukan yang dapat

* Korespondensi (*corresponding author*):

Telp. +62 852 9997 1945

E-mail: adolf_scfm@yahoo.co.uk

mengatasi permasalahan energi dan juga ramah lingkungan.

Limbah peternakan adalah sisa buangan dari suatu kegiatan usaha peternakan seperti usaha pemeliharaan ternak, rumah potong hewan, pengolahan produk ternak dan lain-lain. Limbah tersebut meliputi hasil ikutan ternak, limbah padat dan limbah cair seperti feses, urine, sisa makanan dan isi rumen (Sihombing, 2000).

Hambali *et al.* (2007) menyatakan bahwa limbah pertanian merupakan limbah organik yang berasal dari bahan-bahan penyusun tanaman yang dihasilkan dari kegiatan pertanian antara lain; sisa sayuran, kulit buah, buah busuk, daun-daunan, jerami, dan sekam.

Limbah pertanian umumnya kaya akan komponen C, karena kandungan bahan selulosa yang tinggi, tetapi kekurangan N (Shuler dan Kargi, 2002). Sebaliknya limbah peternakan umumnya kaya akan N tetapi kekurangan C, karena kandungan amoniaknya tinggi. Menurut Suriawiria dan Sastramihardja (1980), kotoran kuda mempunyai kandungan rasio C/N 25 dan kandungan rasio C/N feses sapi 18. Sementara menurut Bardiyah *et al.* (1996) limbah kulit pisang memiliki rasio C/N 39, dengan demikian perlu disinergikan kedua jenis limbah ini untuk memperoleh kisaran rasion C/N yang optimum dalam proses pembuatan biogas, yang berada pada kisaran 25-30 (Triatmojo, 2004).

Biogas merupakan *renewable energy* yang dapat dijadikan bahan bakar alternatif untuk menggantikan bahan bakar yang berasal dari fosil seperti minyak tanah dan gas alam. Akhir-akhir ini diversifikasi penggunaan energi menjadi isu yang sangat penting karena berkurangnya sumber bahan baku minyak. Pemanfaatan limbah pertanian untuk memproduksi biogas dapat memperkecil konsumsi sumber energi komersial seperti minyak tanah juga penggunaan kayu bakar (Haryati, 2006).

Biogas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi anaerob dalam sebuah alat atau bangunan yang disebut reaktor. Biogas yang diperoleh dengan konsentrasi metan yang tinggi memiliki nilai kalor dan laju pembakaran yang tinggi.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka dipandang perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah kulit pisang (*Musa spp*) terhadap kotoran sapi dan kuda sebagai substrat dalam proses fermentasi metanogenik yang meliputi VFA, suhu, pH, volume biogas, konsentrasi gas metan dan produksi metan.

Dengan adanya informasi ilmiah ini, tentang pemanfaatan kotoran sapi, kuda dan limbah pertanian khususnya kulit pisang (*Musa spp*) sebagai substrat pembuatan biogas sebagai upaya

penanggulangan pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh aktivitas peternakan dan pertanian serta menciptakan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan *renewable*.

Materi dan Metode

Materi penelitian

Bahan yang digunakan adalah feses sapi, feses kuda dan limbah kulit pisang. Feses sapi dan feses kuda yang digunakan adalah feses segar dari kandang UPT Ternak Potong Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada. Kulit Pisang (*Musa spp*) yang digunakan adalah limbah kulit pisang yang berasal dari beberapa pasar tradisional, di Sleman dan Yogyakarta.

Alat yang digunakan adalah oven merk Memmert dengan kepekaan 5°C dan suhu maksimal 120°C, desikator, krus porselin 30 ml, timbangan analitik merk Sartorius dengan kepekaan 0,1 mg, labu takar 100 ml, pipet 5 ml, spektrofotometer, tabung dan blok *digestion* (Kjeldahl), stirrer, alat destilasi, labu didih 250 ml, instalasi biogas berupa tangki pencerna (*digester*) tipe *batch* kapasitas 2,8 l, selang diameter 1 cm, mikropipet 1 ml, water bath, eppendorf, spektrofotometer, *syringe* sebagai penyedot, selang, eppendorf 1,5 ml, sentrifuge, kertas universal indikator pH (pH stick) kepekaan 0-14 merek Merck, haemocytometer, koloni counter, dan mikroskop, termometer ruang dengan kepekaan 0,5°C dan suhu maksimal 110°C, *vacutainer*, gas kromatografi merek Hitachi, kolom dari karbon aktif panjang 1 m diameter 0,5 cm, Flame Ionisasi Detector, penguat signal Amplifine, recorder integrator C.RGA dan alat-alat gelas.

Metode penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai Desember 2011, dan dilaksanakan dalam 3 tahap, yaitu tahap pertama preparasi substrat untuk pembuatan biogas, tahap kedua yaitu pembuatan biogas dan tahap ketiga yaitu analisis sampel.

Preparasi substrat dan fermentasi metanogenik. Pada penelitian ini, bahan isian dimasukkan ke dalam fermentor sebanyak 75% dari volume fermentor. Feses sapi dan feses kuda masing-masing ditambah limbah kulit pisang sebesar 0, 15, dan 30%. Pada penambahan limbah kulit pisang 0% terdiri dari 667 g feses, 0 g limbah kulit pisang dan 1.000,5 ml air untuk substrat feses sapi dan 1.334 ml air untuk substrat feses kuda. Pada penambahan limbah kulit pisang 15% terdiri dari 567 g feses, 100,5 g limbah kulit pisang dan ditambah air sebanyak 1.000,5 ml air untuk substrat feses sapi dan 1.334 ml air untuk substrat feses kuda. Pada penambahan 30% limbah kulit pisang

terdiri dari 467 g feses, 200,1 g limbah kulit pisang dan ditambah air sebanyak 1.000,5 ml air untuk substrat feses sapi dan 1334 ml air untuk substrat feses kuda (perbedaan jumlah air yang ditambahkan untuk memperoleh range BK yang optimal, 7-10%). Analisis proksimat terhadap feses sapi, feses kuda dan limbah kulit pisang untuk mengetahui komposisi kimia masing-masing bahan, dan sampel limbah kulit pisang juga diukur kandungan taninnya.

Substrat yang berupa campuran kotoran ternak, limbah kulit pisang yang telah digiling dicampur dengan air lalu dihomogenkan dengan diremas-remas agar lebih mudah hancur sehingga substrat dalam digester akan tercampur merata. Digester diletakkan pada ruangan terbuka dengan temperatur lingkungan selama 0-30 hari.

Pengambilan sampel dan analisis. Selama pembuatan biogas, dilakukan pengamatan volume gas yang terbentuk setiap hari. Temperatur digester dan temperatur lingkungan diamati setiap pukul 07.00, 13.00, dan 19.00 WIB. Pada hari ke-10, 20, dan 30 diambil sampel gas metan dan digesta untuk pengukuran kadar metan, VFA dan pH.

Volume biogas. Volume biogas yang terbentuk diukur dengan mengamati perubahan volume air pada selang (asumsi: biogas yang dihasilkan sama dengan perubahan air yang didorong gas dalam selang). Volume gas dihitung dengan menggunakan rumus:

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

Keterangan:

V = volume gas berbentuk silinder

$\pi = 3,14$

r^2 = jari-jari selang (silinder)

t = tinggi selang (silinder).

Volume gas yang diperoleh dikonversi ke dalam hukum Boyle-Gay Lussac untuk memperoleh volume gas pada suhu dan tekanan ruang (1 atm) (Kartohadiprojo, 1996), dengan menggunakan rumus:

$p_2 = \rho g h + p_0$ (untuk mendapatkan tekanan gas yang terbentuk)

$p_2 V_2 = p_1 V_1$ (untuk mendapatkan volume gas pada 1 atm)

Keterangan:

p_0 = tekanan 1 atmosfer (Kpa)

p_1 = tekanan awal gas (Kpa)

p_2 = tekanan gas pada 1 atm (Kpa)

g = percepatan gravitasi bumi (9,8 m/det²)

h = tinggi selang (m)

V_1 = volume awal gas (liter)

V_2 = volume gas pada tekanan 1 atm (liter)

Kadar gas metan. Kadar gas metan dianalisis dengan menggunakan metode Gas Chromatography (Asro, 2008). Preparasi sampel dilakukan dengan menggunakan *syringe* 10 ml yang disuntikkan kedalam selang keluar gas dan kemudian segera dimasukkan ke dalam *vacutainer* 10 ml yang sudah dalam keadaan vacum.

Produksi metan. Produksi metan diperoleh dengan cara menghitung jumlah produksi gas yang dihasilkan dengan hasil kadar metan berdasarkan jumlah produksi gas (z) dan kadar metan (y), sehingga diperoleh perhitungan dengan rumus:

$$PM = \frac{Y}{100} \times Z$$

Keterangan:

PM = produksi metan (ml/100 g BK)

Y = nilai kadar metan

Z = jumlah volume gas yang dihasilkan.

Kadar asam lemak volatile. Asam lemak volatil dianalisis dengan menggunakan metode Gas Chromatography (Bachruddin, 1996). Sampel digesta disentrifuge sehingga diperoleh supernatan. Sampel diambil 2 μ l supernatan kemudian diinjeksikan ke dalam kolom pada alat gas Chromatography.

Aktivitas enzim. Pengukuran aktivitas enzim CMC-ase ditentukan dengan menghitung jumlah glukosa yang dibebaskan dari reaksi hidrolisis substrat Carboxymethyl cellulose (CMC-ase) pada pH 5,5 yang diatur dengan penambahan larutan buffer asetat 0,1 M pH 5,5 (Halliwell *et al.*, 1985). Penentuan kadar glukosa dilakukan dengan reaksi potassium ferrisianida. Metode pengujian aktivitas CMC-ase beserta komposisi reagen-reagen yang digunakan untuk menghitung besarnya aktivitas enzim CMC-ase, yaitu dengan menggunakan persamaan prediksi inverse regresi.

Analisis data

Data hasil pengukuran suhu, pH, volume gas bio, kandungan *volatile fatty acid* (VFA), kadar gas metan dan produksi metan dianalisis menggunakan perhitungan analisis variansi pola split-plot (Hanafiah, 1991) untuk mengetahui adanya perbedaan antar perlakuan dilakukan uji DMRT (Gasperzs, 2006).

Hasil dan Pembahasan

Komposisi kimia bahan

Substrat yang berupa feses sapi, feses kuda dan limbah kulit pisang diukur kandungan kimianya dengan menggunakan analisis proksimat (Kamal, 1997). Hasil pengukuran tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis kandungan kimia feses sapi, feses kuda dan kulit pisang (*chemical composition of cattle faeces, horse faeces and banana peel*)

Analisis bahan (<i>parameters</i>)	Persentase berdasar BK (%) (<i>percentage based on DM (%)</i>)		
	Feses sapi (<i>cattle faeces</i>)	Feses kuda (<i>horse faeces</i>)	Kulit pisang (<i>banana peel</i>)
Bahan kering (BK) (<i>dry matter (DM)</i>)	22,83	28,73	17,49
Kadar air (<i>moisture</i>)	77,17	71,27	82,51
Protein kasar (PK) (<i>crude protein (CP)</i>)	6,35	4,39	8,29
Lemak kasar (LK) (<i>crude fat (CF)</i>)	1,27	1,53	5,03
Serat kasar (<i>crude fibre</i>)	32,72	41,04	16,41
Rasio C/N (<i>C/N ratio</i>)	18,30	25,10	34,98
Tanin (<i>tannin</i>)	-	-	8,40 ^a

^a persentase berdasarkan bahan segar (*percentage based on fresh matter*).

Limbah pertanian umumnya kaya akan karbon (C) dibandingkan dengan kandungan nitrogen (N), sehingga rasio C/N-nya relatif lebih tinggi dari feses ternak. Hasil pengukuran kandungan kimia ketiga substrat yang digunakan menunjukkan bahwa limbah kulit pisang memiliki rasio C/N sebesar 34,98, jauh lebih tinggi dari rasio C/N feses kuda dan feses sapi. Namun demikian limbah kulit pisang juga memiliki kandungan tanin sebesar 8,40%, hal ini dapat menghambat pertumbuhan mikrobia di dalam proses fermentasi. Pengaruh tanin terhadap CH_4 , disebabkan penurunan produksi H_2 dari sintesis asetat. Hal itu terkait penurunan degradasi serat yang disebabkan penurunan aktivitas mikrobia fibrolitik. Tanin berpengaruh negatif pada pengikatan mikrobia terhadap substrat dan aktivitas enzim (Bento *et al.*, 2005). Campuran substrat yang digunakan pada masing-masing perlakuan, memiliki karakteristik masing-masing, disajikan pada Tabel 2.

Penambahan limbah kulit pisang terhadap feses sapi sebesar 15 dan 30%, belum mencapai imbang rasio C/N yang optimal, di mana imbang rasion C/N yang optimal dalam proses produksi biogas adalah berkisar antara 25 hingga 30 (Triatmojo, 2004; UNEP, 1981). Pada substrat yang menggunakan feses kuda, dengan tanpa penambahan limbah kulit pisang, rasio C/N nya telah berada pada kisaran yang optimal. Kandungan karbon feses kuda sebesar 33,40, jauh lebih tinggi dari kandungan karbon feses sapi (19,80), sehingga menyebabkan rasio C/N dari feses kuda lebih tinggi dari pada feses sapi.

Hal ini sejalan dengan pernyataan Suriawiria dan Sastramihardja (1980), bahwa kotoran kuda mempunyai kandungan rasio C/N 25, lebih tinggi daripada rasio C/N kotoran sapi yang mempunyai nilai rasio C/N 18. Penambahan limbah kulit pisang diharapkan dapat meningkatkan nilai rasio C/N pada isian digester, hingga berada atau mendekati imbang yang optimum, imbang rasio C/N yang

terkandung dalam bahan organik sangat menentukan kehidupan dan aktivitas mikroorganisme (UNEP, 1981).

Pengaruh penambahan limbah kulit pisang terhadap produksi biogas, VFA, aktivitas enzim, pH dan temperatur digester

Pengaruh penambahan limbah kulit pisang terhadap rerata produksi biogas, VFA, aktivitas enzim, pH dan temperatur pada feses sapi dan kuda disajikan pada Tabel 3.

Rerata volume biogas dengan substrat feses kuda jauh lebih tinggi dibandingkan dengan rerata volume biogas dengan substrat feses sapi. Rerata volume biogas feses kuda lebih tinggi 2,78 kali dibandingkan dengan rerata volume biogas feses sapi. Hal ini disebabkan oleh *pseudofermentasi* pada feses oleh kuda sehingga masih mengandung nutrisi yang cukup tinggi dalam feses tersebut, dibandingkan dengan feses sapi yang telah mengalami fermentasi yang sempurna dalam rumen sapi. Persentase serat kasar pada feses kuda (41,04%) lebih tinggi dibandingkan dengan persentase serat kasar pada feses sapi (32,72%). Rasio perbandingan C/N pada feses kuda (25,10) juga lebih tinggi dibandingkan dengan rasio C/N pada feses sapi (18,30). Pemberian limbah kulit pisang pada feses sapi dan kuda menunjukkan peningkatan konsentrasi pemberian limbah kulit pisang, semakin menurunkan volume produksi biogas.

Rerata kadar metan feses sapi yang ditambahkan limbah kulit pisang sebesar 15% menurun sebesar 70,81%, penurunan meningkat dengan penambahan kulit pisang menjadi 81,49% pada level penambahan 30%. Rerata kadar gas metan pada feses kuda dengan penambahan limbah kulit pisang 15% menurun sebesar 18,26%, kemudian menurun lagi sebesar 70,95% pada level penambahan 30%. Meskipun rasio C/N telah ditingkatkan, namun adanya kandungan tanin dalam

Tabel 2. Karakteristik berbagai kombinasi substrat (*characteristics of substrat combinations*)

Perlakuan (<i>treatment</i>)	Karakteristik (<i>characteristics</i>)	
	Rasio C/N (<i>C/N ratio</i>)	BK (%)
Feses sapi 100% (<i>cattle faeces 100%</i>)	18,30	9,13
Feses sapi 85% + kulit pisang 15% (<i>cattle faeces 85% + banana peel 15%</i>)	20,80	8,80
Feses sapi 70% + kulit pisang 30% (<i>cattle faeces 70% + banana peel 30%</i>)	23,30	8,50
Feses kuda 100% (<i>horse faeces 100%</i>)	25,10	9,57
Feses kuda 85% + kulit pisang 15% (<i>horse faeces 85% + banana peel 15%</i>)	26,57	9,01
Feses kuda 70% + kulit pisang 30% (<i>horse faeces 70% + banana peel 30%</i>)	28,06	8,45

BK: bahan kering (*dry matter*).

Tabel 3. Rerata produksi biogas, konsentrasi metan, produksi metan, VFA, aktivitas enzim, pH dan temperatur dalam fermentasi metanogenik campuran kotoran ternak dan limbah kulit pisang (*average of biogas production, level of methane, methane production, VFAs enzyme activity, pH and temperatures in the methanogenic fermentation of mixtures of manure and banana peel*)

Parameter (<i>parameters</i>)	Feses sapi (<i>cattle faeces</i>)			Feses kuda (<i>horse faeces</i>)		
	0%	15%	30%	0%	15%	30%
	K.pisang (<i>B.peel</i>)	K.pisang (<i>B.peel</i>)	K.pisang (<i>B.peel</i>)	K.pisang (<i>B.peel</i>)	K.pisang (<i>B.peel</i>)	K.pisang (<i>B.peel</i>)
Vol. biogas (ml/100 g DM) (<i>vol. of biogas (ml/100 g DM)</i>)	35,04 ^s	11,12 ^s	7,36 ^s	132,67 ^r	79,53 ^{rs}	11,35 ^s
Kons. metan (%) (<i>level of methane (%)</i>)	34,65 ^r	10,11 ^s	6,41 ^s	35,27 ^r	28,82 ^{rs}	10,24 ^s
Prod. metan (ml/100 g DM) (<i>methane production (ml/100 g DM)</i>)	15,91 ^{ab}	1,09 ^b	0,43 ^b	61,95 ^a	30,46 ^{ab}	1,18 ^b
VFA (mM) (<i>VFAs (mM)</i>):						
Asetat (<i>acetate</i>)	16,16 ^u	15,43 ^u	14,63 ^u	26,51 ^r	23,48 ^s	22,37 ^t
Propionat (<i>propionate</i>)	5,04 ^t	5,43 ^t	6,02 st	6,85 ^s	7,51 ^{rs}	8,11 ^r
Butirat (<i>butyric</i>)	1,68 ^b	1,93 ^b	2,26 ^b	3,64 ^a	3,96 ^a	4,20 ^a
Akt. enzim (unit/g protein) (<i>enzyme activity (unit/g protein)</i>) ^{rs}	0,09	0,10	0,12	0,12	0,12	0,11
pH (<i>pH</i>) ^{rs}	7,16	6,94	6,94	7,16	7,16	6,94
Temperatur (°C) (<i>temperatures (°C)</i>) ^{rs}	28,33	28,00	28,33	29,33	29,33	29,33

^{r,s,t,u} Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,01$) (*different superscripts at the same row indicate significant differences ($P < 0.01$)*).

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

^{rs} tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) (*non significant ($P > 0.05$)*).

kulit pisang, menyebabkan terjadinya penurunan tersebut. Dalam proses *methanogenesis* jalur pembentukan gas metan pada proses fermentasi anaerobik adalah dekarboksilasi asetat dan reduksi gas CO₂ yang memerlukan empat molekul H₂. Pengaruh tanin terhadap produksi CH₄, disebabkan oleh penurunan produksi H₂ dari sintesis asetat. Hal ini terkait dengan penurunan degradasi serat yang disebabkan oleh penurunan aktivitas mikrobia (Yusiati, 2011). Tanin berpengaruh terhadap pengikatan mikrobia pada substrat dan aktivitas enzim (Bento *et al.*, 2005).

Pada substrat feses kuda, rerata produksi gas metannya adalah 61,95 l lebih tinggi sekitar 2,89 kali dari rerata produksi gas metan dengan substrat feses sapi (15,91 l). Hal ini disebabkan oleh masih tingginya kandungan BK feses kuda yaitu 28,73%

dibandingkan BK pada feses sapi sebesar 22,83%. Produksi gas metan dalam fermentasi mikrobia rumen dipengaruhi oleh macam substrat yang digunakan. Mikroba rumen mengubah asam organik menjadi VFA disertai dengan terbentuknya gas (Orskov dan Ryle, 1990). Tingginya produksi gas merupakan indikator terbentuknya VFA terutama asam asetat dan propionat (Menke *et al.*, 1979).

Produksi gas yang tinggi menunjukkan aktivitas mikroorganisme dan kaya nutrisi dalam digester. Produksi gas semakin cepat mencapai puncak bila bahan organik yang larut dan mudah terdegradasi semakin banyak.

Meskipun tidak tampak perbedaan yang nyata pada aktivitas enzim CMC-ase (0,099; 0,108; dan 0,123 unit/g protein), namun pada feses sapi cenderung mengalami peningkatan seiring dengan

meningkatkan konsentrasi limbah kulit pisang yang ditambahkan, sedangkan pada feses kuda aktivitas enzim CMC-ase (0,120; 0,127; dan 0,113 unit/g protein), meningkat pada penambahan limbah kulit pisang sebesar 15%, tetapi menurun pada penambahan 30%.

Rerata produksi asam asetat feses kuda adalah 26,50 mM, lebih tinggi sekitar 63% dari rerata produksi asam asetat pada feses sapi (16,16 mM). Nilai rerata produksi asam propionat dengan substrat feses kuda adalah 6,85 mM lebih tinggi sekitar 35,91% dari rerata produksi asam propionat feses sapi (5,04 mM). Nilai rerata produksi asam butirat dengan substrat feses kuda adalah 3,64 mM, lebih tinggi sekitar 1,16 kali dari rerata produksi asam butirat feses sapi.

Produksi asam asetat cenderung menurun dengan peningkatan konsentrasi limbah kulit pisang yang ditambahkan, sedangkan asam propionat dan butirat cenderung mengalami peningkatan dengan peningkatan konsentrasi limbah kulit pisang yang ditambahkan. Produksi asam volatil akan menurun seiring dengan berkurangnya komponen organik *sludge* di dalam digester yang berpengaruh pada menurunnya produksi biogas sampai komponen organik bahan habis dan akhirnya mikrobia mengalami fase kematian. Penurunan produksi asam asetat juga disebabkan karena kondisi di dalam digester yang semakin anaerob, yaitu pada saat bahan organik mulai habis dan bakteri asetogenik menggunakan H_2 untuk memproduksi asam asetat, maka akan bersaing dengan bakteri metanogenik yang semakin berkembang yang menggunakan H_2 untuk memproduksi metan, padahal afinitas bakteri metanogenik terhadap H_2 adalah 10 sampai 100 kali lipat dibanding bakteri asetogenik, maka tekanan parsial H_2 menurun menyebabkan bakteri asetogenik tidak berkembang (Nollet et al., 1997).

Dari hasil penelitian, terlihat bahwa produksi asam asetat merupakan produksi tertinggi dari kandungan VFA dibandingkan dengan asam lemak yang lain yakni asam propionat dan asam butirat. Tidak nampak perbedaan pH yang signifikan dalam digester antara feses kuda dan feses sapi akibat penambahan limbah kulit pisang. Proses fermentasi dalam digester akan berlangsung dengan optimal bila berada pada kisaran pH 7,0-8,0 (Kirby, 1983) dan proses akan terhambat jika pH mengalami penurunan hingga 6,5 dan produksi gas akan berhenti pada pH 5,5 (Taiganides, 1980).

Temperatur dalam digester antara feses kuda dan feses sapi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan akibat penambahan limbah kulit pisang, meskipun pada proses perombakan bahan organik dalam kondisi anaerob, akan menghasilkan kalor (Hadiwiyoto, 1983). Polprasert (1995) menyatakan

bahwa temperatur pada proses produksi metan, yaitu mesofilik (25-44°C) dan termofilik (50-65°C). Produksi metan akan meningkat seiring dengan peningkatan temperatur tetapi terjadi penurunan pada sekitar 45°C sehingga yang paling optimal adalah kisaran temperatur mesofilik. Biogas akan terbentuk dengan suhu tangki pencerna 28°C.

Pengaruh lama fermentasi terhadap produksi biogas, VFA, aktivitas enzim, pH dan temperatur digester

Pengaruh lama fermentasi terhadap rerata produksi biogas, VFA, aktivitas enzim, pH dan temperatur pada feses sapi dan kuda disajikan pada Tabel 4.

Pada feses sapi dan kuda, volume biogas, konsentrasi metan dan produksi metan cenderung mengalami peningkatan dengan semakin bertambahnya waktu fermentasi, sedangkan asam asetat, propionat dan butirat cenderung menurun dengan semakin bertambahnya waktu fermentasi. Aktivitas enzim CMC-ase juga menunjukkan tren yang masih terus meningkat seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi (Tabel 4).

Tidak nampak perbedaan pH yang signifikan dalam digester antara feses kuda dan feses sapi akibat perbedaan lama waktu fermentasi. Pada awal proses fermentasi, asam organik dalam jumlah yang besar diproduksi oleh bakteri pembentuk asam, pH dalam digester akan turun hingga pH 5,0. Kemudian proses fermentasi berlanjut NH_4 dalam digester bertambah dan pH meningkat hingga mencapai 8,0 (Wahyuni, 2010). Tahap awal proses fermentasi, asam organik dalam jumlah besar diproduksi oleh bakteri pembentuk asam, pH dalam digester dapat mencapai di bawah 5. Keadaan ini cenderung menghentikan proses pencernaan (fermentasi). Bakteri-bakteri metanogenik sangat peka terhadap pH dan tidak bertahan hidup di bawah pH 6,5. Kemudian proses fermentasi berlangsung, NH_4 bertambah dan dapat meningkatkan nilai pH > 7.

Temperatur digester antara feses kuda dan feses sapi tidak berbeda dengan signifikan akibat perbedaan lama waktu fermentasi. Menurut Junus (1995) produksi biogas sangat bergantung pada suhu substrat dalam tangki pencerna. Umumnya di daerah tropis termasuk Indonesia, temperatur yang terjadi dalam digester adalah dalam kondisi mesofilik. Menurut Kaparaju (2006) temperatur menentukan aktivitas mikroorganisme dalam *sludge*, semakin tinggi temperatur maka aktivitas mikroorganisme juga semakin meningkat.

Digester yang digunakan diletakkan pada lingkungan terbuka dan terbuat dari tabung kaca yang dapat menyerap suhu lingkungan, sehingga apabila suhu lingkungan di luar digester lebih tinggi akan dialirkan masuk ke dalam digester dengan cara

Tabel 4. Rerata produksi biogas, konsentrasi metan, produksi metan, VFA, aktivitas enzim, pH dan temperatur dalam fermentasi metanogenik kotoran ternak dengan lama fermentasi yang berbeda (*average of biogas production, level of methane, methane production, VFAs enzyme activity, pH and temperatures in the methanogenic fermentation of mixtures with vary length of fermentation*)

Parameter (parameters)	Feses sapi (<i>cattle faeces</i>)			Feses kuda (<i>horse faeces</i>)		
	Hari-10 (days)	Hari-20 (days)	Hari-30 (days)	Hari-10 (days)	Hari-20 (days)	Hari-30 (days)
Vol. biogas (ml/100 g DM) (<i>vol. of biogas (ml/100 g DM)</i>)	4,61 ^b	20,14 ^b	28,77 ^b	7,24 ^b	ii95,01 ^{ab}	121,29 ^a
Kons. metan (%) (<i>level of methane (%)</i>)	10,25	19,87	21,06	9,85	31,60	32,88
Prod. metan (ml/100 g DM) (<i>methane production (ml/100 g DM)</i>)	0,46 ^b	5,68 ^b	11,30 ^b	0,69 ^b	39,19 ^{ab}	53,70 ^a
VFA (mM) (<i>VFAs (mM)</i>):						
Asetat (<i>acetate</i>)	20,48 ^b	15,52 ^c	9,56 ^c	31,38 ^a	25,42 ^{ab}	15,46 ^c
Propionat (<i>propionate</i>)	7,91 ^{ab}	5,26 ^b	3,33 ^b	10,64 ^a	7,42 ^{ab}	4,41 ^b
Butirat (<i>butyric</i>)	3,37 ^{ab}	2,19 ^{ab}	0,31 ^b	6,02 ^a	4,27 ^a	1,50 ^b
Akt. enzim (unit/g protein) (<i>enzyme activity (unit/g protein)</i>) ^{ns}	0,093 ^t	0,110 ^t	0,127 ^{ns}	0,098 ^t	0,124 ^{ns}	0,138 ^t
pH (pH) ^{ns}	7,16	6,94	6,94	7,16	6,99	6,99
Temperatur (°C) (<i>temperatures (°C)</i>) ^{ns}	27,67	28,00	29,00	29,00	29,33	29,67

^{t,s,t} Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,01$) (*different superscripts at the same row indicate significant differences ($P < 0.01$)*).

^{a,b,c} Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$) (*different superscripts at the same row indicate significant differences ($P < 0.05$)*).

^{ns} tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) (*non significant ($P > 0.05$)*).

konduksi dan radiasi. Sebaliknya, jika suhu lingkungan lebih rendah, maka suhu digester akan diserap ke lingkungan luar dengan cara konduksi. Perubahan suhu digester yang mengikuti suhu lingkungan kemungkinan berpengaruh terhadap produksi gas yang dihasilkan dalam digester.

Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa feses kuda sangat potensial dijadikan substrat dalam fermentasi metanogenik untuk menghasilkan biogas. Total hasil biogas yang diperoleh sebesar 398,02 liter/100 g BK substrat, dibandingkan dengan feses sapi yang hanya menghasilkan 105,13 liter/100 g BK substrat, dengan waktu retensi 30 hari dan rerata temperatur lingkungan 26,75°C di pagi hari hingga 33,33°C di siang hari. Penambahan limbah kulit pisang terhadap feses ternak sebagai substrat dalam fermentasi metanogenik, dapat meningkatkan aktifitas enzim, tetapi berpengaruh negatif terhadap VFA jumlah hasil produksi biogas, kadar gas metan dan produksi gas metan (CH₄).

Daftar Pustaka

Asro. 2008. Pengukuran TOC (1-Prinsip Kerja). Wordpress, category laboratory instrument.

Available at <http://go2.wordpress.com>.
Accession date: 09 Juli, 2011.

Bachruddin, Z. 1996. Aplikasi enzim dalam Bioteknologi Pertanian. Buletin Peternakan. Edisi Khusus: 221-223. Fakultas Peternakan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Bardiyah, N., D. Somayaji, and S. Khanna. 1996. Biomethanation of Banana Peel and Pineapple Waste. Microbiology and Molecular Genetics Unit, Tata Energy Research Institute, Darbari Seth Block, Habitat Place, Lodi Road, New Delhi.

Bento, M.H.L., T. Acamovic, and H.P.S. Makkar. 2005. The influence of tannin, pectin and polyethylene glycol on attachment of 15N-labelled rumen microorganism to cellulose. Anim. Feed Sci. and Technol. 122: 41-57.

BPS. 2011. Populasi Ternak Indonesia. Available at http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subyek=24¬ab=12.
Accession date: 6 Februari, 2012.

Gasperzs, V. 2006. Teknik Analisis Rancangan Percobaan. Tarsito, Bandung.

Hadiwiyoto, S. 1983. Penanganan dan Pemanfaatan Sampah. Yayasan Idayu. Jakarta.

Hambali, E., S. Mujdalipah, H.A. Tambunan, W.A. Pattiwiri, dan R. Hendroko. 2007. Teknologi Bioenergi. Agromedia Pustaka. Jakarta.

Hanafiah, K.A. 1991. Rancangan Percobaan: Teori dan Aplikasi. Raja Grafindo Persada. Jakarta.

- Halliwell, G., M.N. Wahab, and A.H. Patel. 1985. Chemical composition of endo 1,4-B-D-glukanase to cellulolytic in *Trichoderma conigi*. *J. Appl. Bio.* 7: 43-45.
- Haryati, T. 2006. Biogas: limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif. *Buletin Wartazoa* 16(3): 163.
- Junus, M. 1995. Teknik Membuat dan Memanfaatkan Unit Biogas. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kamal, M. 1997. Kontrol Kualitas Pakan Ternak. Laboratorium Makanan Ternak. Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak. Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kartohadiprojo, I.I. 1996. Kimia Fisika. Edisi keempat. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Kaparaju, P. 2006. Effect of temperature and active biogas process on passive separation of digested manure. *Journal Bioresources Technology*. 97: 113-125.
- Kirby, K.D. 1983. Anaerobic Digester and Their Application to Agriculture Residue Utilization. Australian Government Publishing Service, Canberra.
- Menke, K.H., L. Raab, A. Salewaki, H. Steingass, D. Fruitz, and W. Schneider. 1979. Estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *J. Agric. Sci.* 93: 217-222.
- Nollet, L., D. Demeyer, and W. Verstraete. 1997. Effect of Bromoethanesulfonic acid and *Peptostreptococcus productus* addition on stimulation of reductive acetogenesis in the ruminal ecosystem by selective inhibition of methanogenesis. *Journal Applied and Environmental Microbiology*, 63(1): 194-200.
- Orskov, E.R. and M. Ryle. 1990. Energy Nutrition in Ruminant. Elsevier Applied Science Publisher. London. New York. pp. 34-38.
- Polprasert, C. 1995. Organic Waste Recycling. Environmental engine, Asian Institute of Technology, Bangkok Thailand. John Willey and Sons.
- Shuler, M.L. and F. Kargi. 2002. Bioprocess Engineering. 2nd ed. Prentice-Hall, Inc.
- Sihombing, D.T.H. 2000. Teknik Pengelolaan Limbah Kegiatan/Usaha Peternakan. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Lembaga Penelitian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suriawiria dan Sastramihardja. 1980. Faktor Lingkungan Biotis dan Abiotis di dalam Proses Pembentukan Biogas serta Kemungkinan Penggunaan Starter Efektif di dalamnya. Lokakarya Pengembangan Energi Non-Konvensional. Direktorat Jendral Ketenagaan Departemen Pertambangan dan Energi. Jakarta.
- Taiganides, E.P. 1980. Bio Engineering Properties of Feedlot Waste Animal. Applied Science Publishers Ltd, London.
- Triatmojo, S. 2004. Penanganan Limbah Peternakan. Jurusan Teknologi Hasil Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- UNEP. 1981. Biogas Fertilizer System: Technical Report on a Training Seminar in China. United Nation Environment Program, Nairobi.
- Wahyuni, S. 2010. Biogas. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Yusiati, L.M. 2011. *Global Warming*, Methan dan Peternakan. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Peternakan. Universitas Gadjah Mada.