

PENGARUH VARIASI NILAI RASIO KARBON DAN NITROGEN (C/N RATIO) PADA CAMPURAN KOTORAN KERBAU-SAPI PADA PRODUKSI BIOGAS MENGGUNAKAN SISTEM FERMENTASI *BATCH*

Purwinda Iriani, Tina Mulya Gantina, Arif Santya Budi dan Florida
Jurusan Teknik Konversi Energi – Politeknik Negeri Bandung
Email:

Abstrak

Penggunaan energi terbarukan di Indonesia mulai mengalami kenaikan, dimana salah satu jenisnya adalah biogas. Penggunaan biogas pada saat ini banyak memanfaatkan kotoran hewan ruminan sebagai bahan baku utama. Pada penelitian ini dilakukan kajian mengenai perbandingan antara produksi biogas berbahan baku campuran kotoran kerbau-sapi dengan C/N rasio 40/1, 50/1, 55/1 dan 65/1. Pengujian kimiawi bahan baku penelitian menunjukkan bahwa C/N rasio kotoran kerbau adalah 88/1 dan kotoran sapi adalah 38,5/1. Fermentasi bahan baku dilakukan dalam keadaan anaerob pada digester 19 L di temperatur lingkungan selama 34 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total volume biogas tertinggi diperoleh pada bahan baku kerbau-sapi dengan C/N rasio 50/1 sebanyak 24.3 L, sedangkan komposisi gas CH₄ tertinggi diperoleh pada baku kotoran kerbau-sapi dengan C/N rasio 55/1 yaitu 51,26% di fermentasi pada hari ke-15.

Abstract

The usage of renewable energy has been raising in Indonesia, which is biogas include in the term of it. Nowadays, biogas utilization is generally made by using ruminant's manure as its raw material. This research were conducted by using buffalo's-cow's manure mixture (with 40/1, 50/1, 55/1 and 65/1 of Carbon-Nitrogen-ratio) as the biogas production raw material. The C/N ratio analysis of buffalo's manure shows 88/1 whilst that of the cow's manure is 38,5%. The raw materials fermentation was undergo in a 19-Litre digester, with anaerobic condition and in ambient temperature within 34 days. The result showed that the highest of total biogas volume was reached by 50/1 of C/N ratio buffalo-cow's manure, which is 24.3 L. However, the highest CH₄ composition was attempted by 55/1 of C/N ratio buffalo-cow's manure, which is 51,26% of CH₄ at 15th day of fermentation.

PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan yang sangat penting, dimana semua aktivitas manusia bergantung pada keberadaan energi. Populasi dan kebutuhan hidup yang semakin meningkat menyebabkan kebutuhan energi seperti listrik dan bahan bakar mesin turut mengalami kenaikan. Akibat dari keadaan tersebut adalah harga sumber energi (minyak bumi) yang semakin merangkak. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan energi alternatif, dan salah satu energi alternatif yang dapat diaplikasikan di masyarakat (khususnya pedesaan) adalah biogas.

Biogas merupakan gas yang mudah terbakar dan umumnya dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik oleh bakteri penghasil metan dalam kondisi anaerob. Nilai kalor 1m³ biogas (kandungan metan sebesar 75%) setara dengan 0,6-0,8 Liter minyak tanah (Wahyuni, 2006).

Hanjie (2010) menyebutkan bahwa proses pembentukan biogas meliputi empat tahapan

yaitu : (a) Hidrolisis, pada tahap ini terjadi penguraian bahan-bahan organik mudah larut dan pencernaan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana, perubahan struktur bentuk polimer menjadi bentuk monomer; (b) Acidogenesis, pada tahap pengasaman komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam. Produk akhir dari perombakan gula-gula sederhana ini yaitu asam propionat, format, laktat, alkohol, dan sedikit butirat, gas karbondioksida, hidrogen dan amonia ; (c) Acidogenesis, pada tahap ini asam asetat terbentuk dari hasil penggunaan senyawa hasil acidogenesis oleh mikroorganisme. Beberapa jenis gas turut dihasilkan, yakni hidrogen dan karbondioksida, (d) Metanogenik, pada tahap metanogenik terjadi proses pembentukan gas metana. Bakteri pereduksi sulfat juga terdapat dalam proses ini, yaitu mereduksi sulfat dan komponen sulfur lainnya menjadi hidrogen sulfida.

Gas yang dihasilkan sebagian besar merupakan metana, dengan komposisi 55% hingga 60%, karbondioksida 35-40%, Nitrogen dan Hidrogen Sulfid masing-masing 0-2% (Suyog,2010). Salah satu bahan organik yang dapat digunakan adalah kotoran kerbau dan sapi yang mudah diperoleh di pedesaan

METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan digester tipe batch dengan kapasitas 5 Liter untuk masing-masing campuran bahan pembuatan biogas. Pembuatan digester dan penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Konversi Energi.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan untuk membuat. Bahan yang digunakan dalam produksi biogas adalah kotoran sapi yang berasal dari sebuah peternakan sapi Cikole-Lembang dan kotoran kerbau diambil dari pertanian di daerah Batujajar, Padalarang.

Alat-alat yang digunakan terdiri dari digester berkapasitas 5 Liter adalah galon air mineral kapasitas 5 L, seal tape, pentil ban, selang karet, selang silikon, ban dalam sepeda, klem, lem perekat, obeng min, pisau, timbangan, ember pengaduk, termometer, suntikan 1mL, gelas ukur 1000 mL.

Pembuatan Digester

Galon air mineral kapasitas 5L terlebih dahulu dibersihkan bagian dalamnya, dan kemudian ditutup dengan penutup galon air mineral yang telah dilubangi menggunakan bor tangan. Pada lubang tersebut dipasangkan sebuah pentil. Permukaan luar dan dalam penutup diberikan isolasi yakni memberikan lem perekat agar tidak terjadi kebocoran. Selang plastik dipasang di pentil keluarannya sepanjang 0,5 meter dan diberi klem pada sambungan pentil dan selang plastik. Ujung dari selang waterpass disambungkan dengan selang silikon untuk kemudian sambungan itu diberi isolasi agar tidak terjadi kebocoran. Ujung dari selang silikon kemudian disambung kembali dengan selang waterpass yang menuju ke penampungan gas (ban dalam) dan klem diberikan pada sambungan tersebut.

Pencampuran Bahan

Total volume bahan baku yang digunakan adalah 80% dari volume total digester, dimana 20% sisanya digunakan untuk ruang yang digunakan untuk gas metan dihasilkan.

Kondisi Lingkungan Fermentasi

Suhu lingkungan dapat mempengaruhi proses fermentasi dari metanogen yang berdampak langsung pada proses pembentukan biogas, hal ini diakibatkan karena bakteri metanogen sangat sensitif terhadap suhu (John, Fry. 1978). Suhu yang optimal untuk proses pembentukan biogas berkisar antara (25-35)^oC (Sri Wahyuni, 2009). Perlakuan terhadap digester harus diperhatikan mengingat keadaan cuaca Indonesia yang selalu berubah dan hampir tidak dapat diprediksi. Oleh karena itu tempat penyimpanan digester akan disimpan pada suatu ruangan khusus dengan dinding sekitar ruangan bening yang bertujuan memberikan efek rumah kaca yang menimbulkan panas pada daerah tersebut.

Pengambilan Data Volume

Karakteristik bahan baku pembuatan biogas berupa kotoran sapi dan limbah cair tahu diuji di Laboratorium Buangan Padat dan B3, Labtek IX C lantai 4 Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.

Pengukuran volume gas sendiri dilakukan setiap 4 hari sekali dengan cara mengalirkan gas yang telah tersimpan pada ban melalui air yang berada pada gelas ukur dengan posisi gelas ukur terbalik. Penurunan volume air di dalam gelas ukur merupakan volume gas yang terukur.

Komposisi gas yang dihasilkan dianalisa dengan menggunakan *Gas Chromatograf*. Analisa ini dilakukan di Lab. Teknologi X ITB. Gas yang dapat dideteksi oleh alat ini diantaranya CH₄ dan CO₂.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik kimiawi masing-masing bahan baku yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium dapat dilihat pada Tabel 1. Diperoleh bahwa nilai C/N rasio kotoran kerbau sebesar 88,81 sedangkan kotoran sapi sebesar 38,54. Kedua jenis kotoran tersebut dicampur hingga nilai rasio C/N masing-masing perlakuan adalah 40/1, 50/1, 55/1, dan 60/1.

Tabel 1. Karakteristik Kimia Bahan Baku Biogas

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	
			Kotoran Kerbau	Kotoran Sapi
1	Kadar Air	% BB	88	84,62
2	pH	-	8	6,65
3	NTK	% BK	0,6	1,53
4	C-Organik	% BK	52,8	45,66
5	C/N	%	88,81	38,54

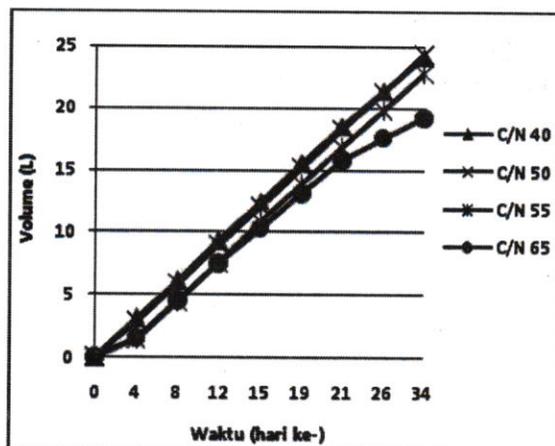
Menurut (Fairus, 2011). bahan baku biogas harus memiliki kandungan air optimum sebesar 90 %. Berdasarkan hasil pengujian kadar air kedua sampel kotoran, maka nilai tersebut berada di dalam rentang nilai kadar air bahan baku pembuatan biogas.

Volume biogas yang dihasilkan pada setiap perlakuan memiliki profil yang berbeda-beda (Tabel 2). Aktivitas fermentasi anaerobik telah dapat dilihat pada hari ke-4, dimana masing-masing perlakuan telah menghasilkan biogas, dimana volume biogas pada rasio C/N 40 dan 50 memiliki nilai dua kali lipat dari rasio C/N 55 dan 65. Produksi biogas paling tinggi dihasilkan pada perlakuan dengan rasio C/N 50, yakni 3.3 L pada hari ke-15. Produksi biogas setelah hari ke-15 pada perlakuan rasio C/N 50 dan 55 relatif stabil dibandingkan perlakuan rasio C/N 40 dan C/N 65.

Tabel 2. Produksi Volume Biogas (Liter)

hari ke-	C/N 40	C/N 50	C/N 55	C/N 65
0	0	0	0	0
4	3,05	2,9	1,4	1,5
8	3	3	3	3
12	3,2	3,1	3,1	3
15	3,2	3,1	3,3	2,8
19	3,1	3,1	3	2,8
21	3	3,1	3	2,6
26	2,85	3	3	1,9
34	2,75	3	3	1,6
total	24,15	24,3	22,8	19,2

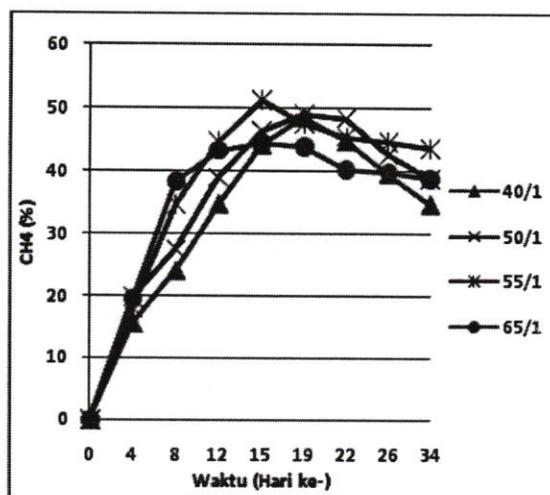
Akumulasi volume biogas selama fermentasi dapat dilihat pada Gambar 1. Profil peningkatan produksi biogas pada rasio C/N 50 relatif lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya, dengan total akumulasi gas yang dihasilkan selama 34 hari fermentasi adalah 24.3 L.



Gambar 1. Grafik Akumulasi Volume Biogas Selama 34 Hari Fermentasi

Perlakuan menggunakan bahan baku rasio C/N 65 menunjukkan aktivitas fermentasi anaerobik yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Hal tersebut dapat terjadi karena nilai rasio C/N yang tinggi. Menurut Schnurer dan Jarvis (2010) aktivitas pembentukan biogas dipengaruhi oleh proses hidrolisis bahan baku, dimana semakin tinggi rasio C/N maka proses hidrolisis senyawa kompleks akan memakan waktu lebih lama.

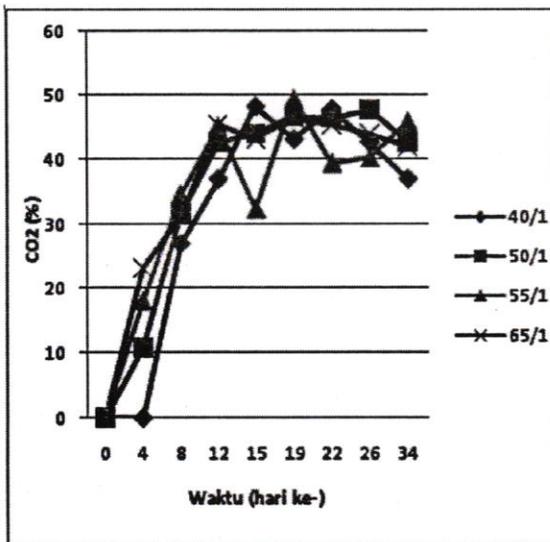
Pada penelitian ini, nilai volume biogas yang diproduksi tidak berkorelasi pada nilai kandungan gas metan (CH₄) yang terdapat di dalam biogas. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Komposisi CH4 pada Biogas

Pada Grafik diatas menunjukkan bahwa gas CH₄ telah diproduksi pada hari ke-4 di masing-

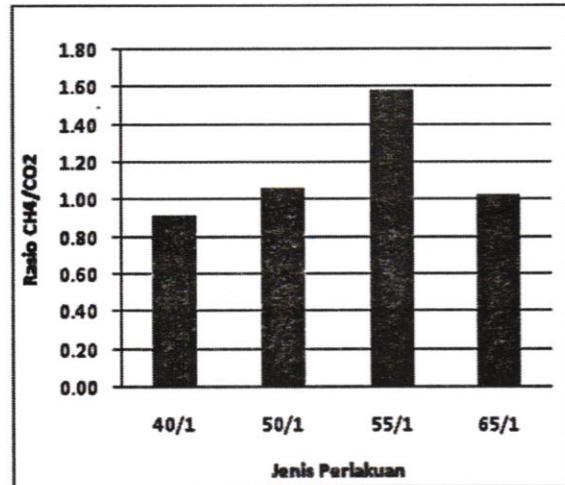
masing perlakuan. Nilai komposisi gas CH₄ paling tinggi diperoleh pada perlakuan dengan rasio C/N 55/1 yaitu 51.26% pada hari ke-15. Pada hari yang sama, perlakuan dengan rasio C/N 65/1 menghasilkan nilai % CH₄ tertinggi selama fermentasi, yaitu 44.52%. Sedangkan nilai % CH₄ tertinggi pada perlakuan dengan rasio C/N 40/1 dan 50/1 pada hari ke-19, dengan masing-masing mencapai 48.58% dan 49.20%. Profil komponen gas lainnya yang terukur selama proses produksi biogas adalah gas CO₂. Pada Grafik 3 menunjukkan bahwa profil persentase gas CO₂ selama fermentasi pada perlakuan dengan rasio C/N 55/1 relatif lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Pada saat persentase gas metan tertinggi (hari ke-15), nilai % gas CO₂ pada perlakuan tersebut adalah 32.37%. Pada hari yang sama, persentase CO₂ pada perlakuan dengan rasio C/N 40/1, 50/1, dan 65/1 masing-masing adalah 48.91%, 43.91% dan 43.21%.



Gambar 3. Grafik Komposisi CO₂ pada Biogas

Rasio perbandingan gas CH₄/CO₂ dapat dilihat pada Gambar 4. Histogram pada gambar tersebut menunjukkan bahwa rasio CH₄/CO₂ paling besar adalah pada perlakuan perlakuan dengan rasio C/N 55/1, yaitu 1.58. Sedangkan pada perlakuan lainnya hanya pada kisaran 0.92 hingga 1.06. Secara umum, persentase gas metan dan karbondioksida pada produksi biogas dari penggunaan kotoran hewan, masing-masing mendekati 60% dan 40% (Bothi, 2007). Berdasarkan hasil pengukuran,

maka persentase tertinggi gas CH₄ yang diproduksi pada perlakuan dengan rasio C/N 55/1 di hari ke-15 mendekati nilai ideal rasio CH₄/CO₂.



Gambar 4. Perbandingan Rasio CH₄/CO₂ pada Setiap Perlakuan pada Fermentasi Hari ke-15

Jumlah volume biogas yang diproduksi dan persentase gas metan yang dihasilkan akan menunjukkan nilai kalor biogas dan potensi energi yang terkandung di dalamnya. Pada Tabel 3 ditunjukkan nilai kalor biogas tertinggi diperoleh pada perlakuan dengan rasio C/N 55/1 di hari ke-15, yaitu 1838.4 kJ/L. Nilai kalor biogas tersebut berkorelasi dengan persentase komposisi gas metan yang dihasilkan.

Tabel 3. Nilai Kalor Biogas

hari ke	Nilai Kalor Biogas (kJ/L)			
	C/N 40	C/N 50	C/N 55	C/N 65
0	0	0	0	0
4	560.9	712.6	645.6	701.5
8	864.0	988.4	1245.6	1376.1
12	1246.6	1400.5	1598.1	1556.5
15	1586.3	1670.6	1838.4	1596.7
19	1742.3	1764.5	1705.7	1574.8
22	1607.4	1739.8	1632.2	1449.3
26	1422.0	1534.3	1601.7	1433.9
34	1246.6	1395.5	1568.0	1395.5

Potensi energi yang dihasilkan dari biogas merupakan hubungan antara volume biogas yang dihasilkan dan komposisi metan yang terkandung di dalamnya. Pada Tabel 4 diperoleh hasil perhitungan potensi energi biogas tertinggi adalah 6066.7 kJ yang

diperoleh pada perlakuan dengan rasio C/N 55/1 di hari ke-15.

Tabel 4. Potensi Energi Biogas Tiap Perlakuan

hari ke	Potensi Energi Biogas (kJ)			
	C/N 40	C/N 50	C/N 55	C/N 65
0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1710.8	2066.6	903.8	1052.3
8	2591.9	2965.3	3736.7	4128.3
12	3989.3	4341.6	4954.2	4669.5
15	5076.1	5178.7	6066.7	4470.7
19	5401.1	5470.0	5117.1	4409.4
22	4822.3	5393.3	4896.6	3768.1
26	4052.8	4602.8	4805.1	2724.3
34	3428.3	4186.4	4704.0	2232.8
Total	31072.5	34204.8	35184.1	27455.5

Total potensi energi biogas tertinggi yang dihasilkan selama fermentasi adalah 35,184.1 kJ, yang dihasilkan pada perlakuan dengan rasio C/N 55/1 . Sedangkan total potensi energi biogas terendah diperoleh pada perlakuan dengan rasio C/N 65/1, yaitu 27,455.5 kJ.

KESIMPULAN

1. Total volume produksi biogas tertinggi dihasilkan selama fermentasi adalah pada perlakuan dengan rasio C/N 50 yaitu adalah 24.3 L.
2. Nilai persentase gas metan tertinggi diperoleh pada perlakuan dengan rasio C/N 55/1 yaitu 51.26% pada hari ke-15.
3. Penggunaan campuran bahan baku kotoran kerbau-sapi dengan rasio C/N 55/1 lebih baik dibandingkan rasio C/N 40/1, 50/1, dan 65/1, yakni dengan menghasilkan total nilai potensi energi tertinggi sebesar 35,184.1 kJ.

DAFTAR PUSTAKA

Bothi, Kimberly Lynn. 2007. **Characterization Of Biogas From Anaerobically Digested Dairy Waste For Energy Use.** Cornell University. New York, United States Of America

Wahyuni, Sri. 2006. **BIOGAS.** Penerbit : Penebar Swadaya. Depok.

Suyog, Vj. 2010. **Biogas Production From Kitchen Waste Seminar Report,**

Department Of Biotechnology And Medical Engineering, NIT Rourkela, Odhisa.

Hanjie, Zhang. 2010 .Sludge Treatment To Increase Biogas Production. Trita-LWR Degree Project 10-20. Sweden

Fairus, Sirin Dkk. 2011, *Pemanfaatan Sampah Organik Secara Padu,* Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Bandung.

Schnurer, Anna And Asa Jarvis. 2010. *Microbiological Handbook For Biogas Plants.* Swedish Gas Centre Report 207. Swedia.