

Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Bahan Kering Terhadap Produksi dan Nilai Kalor Biogas Kotoran Sapi

I Putu Awing Wiratmana^{1)*}, I Gusti Ketut Sukadana²⁾, I Gusti Ngurah Putu Tenaya³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran 80362, Bali
Email: awingwings@gmail.com

^{2, 3)}Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran 80362, Bali
Email: sukadana@me.unud.ac.id

Abstrak

Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan- bahan organik oleh bakteri anaerob. Nilai kalor yang terkandung pada biogas tergantung pada konsentrasi CH_4 . Salah satu hal yang mempengaruhi produksi CH_4 pada biogas adalah terminologi rasio C-N pada bahan kering yang berkisar antara 25:1 – 30:1. Kotoran sapi memiliki rasio C-N sebesar 18:1, sehingga harus ditambahkan bahan lainnya seperti sekam padi yang memiliki rasio C-N sebesar 65:1. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan sekam padi terhadap produksi dan nilai kalor biogas kotoran sapi. Pengujian ini dilakukan dengan sistem tumpak alami dan dengan penambahan 15%, 18%, 21% dan 24% sekam padi dari total 100% berat bahan kering yang digunakan. Data yang diamati adalah perubahan ketinggian air manometer (Δh), massa biogas dan komposisi gas pada biogas. Dari hasil penelitian didapat bahwa dengan penambahan 21 % sekam padi dari total 100% bahan kering memiliki produksi tertinggi yaitu sebesar 0,0597 kg serta nilai kalor biogas berturut- turut secara eksperimental dan teoritis sebesar 55,017 kJ dan 75,034 kJ dengan komposisi CH_4 sebesar 80 %.

Kata kunci : rasio C-N, produksi biogas, nilai kalor eksperimental, nilai kalor teoritis

Abstract

Biogas produced from the fermentation of organic matter by anaerobic bacteria. The calorific value contained in biogas depends on the concentration of CH_4 . The production of CH_4 in biogas is affected by C-N ratio on dry matter which is between 25:1 - 30:1. Cow manure has a C-N ratio of 18:1, so it should be added to other materials, namely rice husk which has a C-N ratio of 65:1. The purpose of this study is to investigate the effect of the addition of rice husk to the production and calorific value of manure biogas. The test was performed with a batch system with the addition of 15%, 18%, 21% and 24% of the total rice husk 100% by weight of dry ingredients used. Observed data was a water manometer height change (Δh), the mass of biogas and gas composition on biogas. The results shows that the addition of 21% rice husk 100% had the highest production of 0.0597 kg and the highest calorific value is 55,017 kJ and 75.034 kJ by eksperimental and theoretical with CH_4 composition was found 80%.

Key words : C-N ratio, biogas production, experimental calorific value, theoretical calorific value

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan kelangkaan energi di Indonesia mendapat perhatian khusus dari pemerintah. Hal ini mendorong keluarnya kebijakan pengurangan konsumsi bahan bakar fosil dan peningkatan penggunaan energi terbarukan yang dituangkan dalam bentuk sasaran (primer) Energi Mix Nasional tahun 2025. Salah satu upaya yang dilakukan untuk memenuhi target itu adalah penggunaan biomassa sebagai sumber energi.

Salah satu sumber energi biomassa adalah biogas, hal ini dikarenakan biogas tergolong ke dalam energi yang berasal dari bahan- bahan organik (bahan non fosil) yang umumnya berasal dari berbagai limbah organik seperti, kotoran manusia, kotoran hewan, sisa- sisa tumbuhan dan lain sebagainya. Keberadaan limbah- limbah organik tersebut mudah didapat dan terjamin kontinuitasnya, selain itu yang terpenting adalah limbah- limbah organik tersebut ramah lingkungan. Hal ini dapat menjadi salah satu faktor utama biogas dipertimbangkan sebagai sumber energi masa depan.

Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan- bahan organik oleh bakteri- bakteri anaerob Gas yang dihasilkan sebagian besar gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2), dan beberapa kandungan gas yang jumlahnya kecil. Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi CH_4 . Semakin tinggi kandungan CH_4 maka semakin besar kandungan energi pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan CH_4 , semakin kecil energi pada biogas (Pambudi, 2008).

Salah satu hal yang mempengaruhi produksi gas CH_4 di dalam biogas adalah hubungan antara jumlah karbon (C) dan nitrogen (N) yang terdapat pada bahan organik dinyatakan dalam terminologi rasio C-N. Rasio C-N yang baik pada *slurry* adalah berkisar antara 25:1 – 30:1 (Singh di dalam Dissanayake, 1977). Kotoran sapi mempunyai rasio C-N sebesar 18. Karena itu perlu ditambah dengan bahan lainnya yang mempunyai rasio C-N

yang bail. Bahan tambahan tersebut dapat berupa bahan organik seperti, limbah pertanian, sisa dapur dan sampah organik lainnya. Bahan isian harus terhindar dari bahan anorganik seperti pasir, batu, beling dan plastik.

Salah satu bahan organik yang memiliki rasio C-N tinggi adalah sekam padi. Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi *kariopsis* yang terdiri dari dua belahan yang disebut *lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras, sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Kadar karbon (C) pada sekam padi sebesar 38,9 % dan kadar nitrogen (N) dalam sekam padi sebesar 0,6 %.

Melihat besarnya rasio C-N yang terdapat pada sekam padi maka, penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi terhadap pengaruh variasi bahan kering terhadap produksi dan nilai kalor biogas kotoran sapi".

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental untuk mengetahui pengaruh penambahan sekam padi sebesar 15%, 18%, 21% dan 24% dari total 100% bahan kering yang digunakan terhadap produksi dan nilai kalor biogas, membandingkan produksi dan nilai kalor biogas yang dihasilkan dari kelima variasi campuran bahan kering (kotoran sapi dan sekam padi) serta menganalisa pengaruh penambahan sekam padi terhadap produksi dan nilai kalor biogas.

1.2 Studi Pustaka

Proses Pembuatan Biogas

Pada pembuatan biogas dari bahan baku kotoran sapi atau kerbau yang banyak mengandung selulosa. Bahan baku dalam bentuk selulosa akan lebih mudah dicerna oleh bakteri anaerob. Reaksi pembentukan CH₄ adalah : (Price dan Cheremisinoff, 1981).



Reaksi kimia pembuatan biogas ada tiga tahap, yaitu :

- Reaksi Hidrolisa / Tahap Pelarutan

Pada tahap ini bahan yang tidak larut seperti selulosa, polisakarida dan lemak diubah menjadi bahan yang larut dalam air seperti karbohidrat dan asam lemak. Tahap pelarutan berlangsung pada suhu 25°C di digester (Price dan Cheremisinoff, 1981).

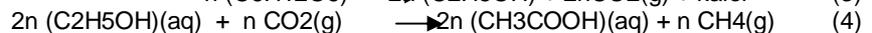
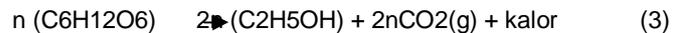
Reaksi :



- Reaksi Asidogenik / Tahap Pengasaman

Pada tahap ini, bakteri asam menghasilkan asam asetat dalam suasana anaerob. Tahap ini berlangsung pada suhu 25°C di digester (Price dan Cheremisinoff, 1981).

Reaksi :



- Reaksi Metanogenik / Tahap Gasifikasi

Pada tahap ini, bakteri metana membentuk gas metana secara perlahan secara anaerob. Proses ini berlangsung selama 14 hari dengan suhu 25°C di dalam digester. Pada proses ini akan dihasilkan 70% CH₄, 30 % CO₂, sedikit H₂ dan H₂S (Price dan Cheremisinoff, 1981). Reaksi :



Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

- Perbandingan C-N Bahan Isian

Rasio C-N adalah perbandingan kadar karbon(C) dan kadar Nitrogen (N) dalam satuan bahan. Semua makhluk hidup terbuat dari sejumlah besar bahan Karbon (C) dan Nitrogen (N) dalam jumlah kecil. Untuk menjamin semuanya berjalan lancar, unsur-unsur nutrisi yang dibutuhkan mikroba harus tersedia secara seimbang. Ternak ruminansia seperti sapi, kambing dan domba rata-rata lebih lama dalam menghasilkan biogas dibandingkan dengan ternak non ruminansia. Lamanya produksi biogas disebabkan oleh mutu pakan yang lebih rendah, sehingga rasio C-N-nya tinggi akibatnya perkembangan mikroba pembentuk gas lebih lama dibandingkan yang bermutu tinggi. Tinggi rendahnya mutu ini tergantung pada nilai N (nitrogen) di dalam ransum. Namun demikian nilai N juga tergantung pada C (karbon). Jadi, perbandingan C dan N akan menentukan lama tidaknya proses pembentukan biogas (Yunus, 1995).

- Lama Fermentasi

Secara umum menurut Sweeten (1979), yang dikutip oleh Fontenot (1983), menerangkan bahwa proses fermentasi/pencernaan limbah ternak di dalam tangki pencernaan dapat berlangsung 60-90 hari, tetapi menurut Sahidu (1983), hanya berlangsung 60 hari saja dengan terbentuknya biogas pada hari ke-5 dengan suhu pencernaan 28 °C, sedangkan menurut Hadi (1981), biogas sekitar 10 hari.

- Temperatur

Tempertur yang tinggi akan memberikan hasil biogas yang baik. Namun suhu tersebut sebaiknya tidak boleh melebihi suhu kamar. Bakteri ini hanya dapat subur bila suhu disekitarnya berada pada suhu kamar. Suhu yang baik untuk proses pembentukan biogas berkisar antara 20-40 °C dan suhu optimum antara 28-30 °C (Paimin, 2001). Temperatur selama proses berlangsung sangat penting karena hal ini berkaitan dengan kemampuan hidup bakteri pemroses biogas, yaitu berkisar 27°C-28°C. Dengan temperatur itu proses pembuatan biogas akan berjalan sesuai dengan waktunya. Tetapi berbeda bila temperatur terlalu rendah (dingin), maka waktu untuk membentuk biogas akan lebih lama (Paimin, 2001).

- Kandungan Bahan Kering

Bahan isian dalam pembuatan bio gas harus berupa bubur. Bentuk bubur ini dapat diperoleh bila bahan bakunya mempunyai kandungan air yang tinggi. Bahan baku dengan kadar air yang rendah dapat dijadikan berkadar air tinggi dengan menambahkan air ke dalamnya dengan perbandingan tertentu sesuai dengan kadar bahan kering tersebut. Bahan baku yang paling baik mengandung 7-9 % bahan kering (Paimin, 2001). Aktivitas normal dari mikroba metan membutuhkan sekitar 90% air dan 7-10% bahan kering dari bahan masukan untuk fermentasi. Dengan demikian isian yang paling banyak menghasilkan biogas adalah yang mengandung 7-9% bahan kering. Untuk kandungan kering sejumlah tersebut bahan baku isian biasanya dicampur dengan air dengan perbandingan tertentu.

Formasi kalor adalah kalor yang dilepaskan atau diserap ketika 1 mol substansi terbentuk dari sebuah elemen.

Tabel 1. Standar formasi nilai kalor

Substansi	Kalor (kJ/mol)	Massa Molar (gram)	Kalor (MJ/kg)
O ₂ , N ₂	0	-	0
H ₂ O Uap	241,8	18	13,43
H ₂ O Cair	285,7	18	15,87
CO ₂	393,8	44	8,95
CO	110,6	28	3,95
CH ₄	74,9	16	4,68
CH ₂ (Kerosene)	25,4	14	1,81

Nilai kalor yang dibebaskan selama pembakaran dihitung dari jumlah formasi nilai kalor dari produk pembakaran dikurangi jumlah formasi nilai kalor dari reaktan (metan, oksigen dan nitrogen). Tabel 1 diatas memberikan nilai kalor standar dari beberapa jenis gas.

2. METODE

2.1 Variabel Yang Diukur

Ada dua buah variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

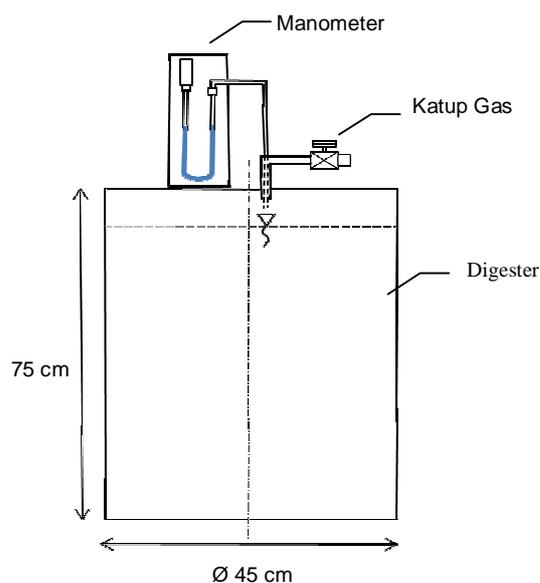
1. Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan ditentukan sebelum penelitian dilakukan, dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah variasi sekam padi yaitu 15%, 18%, 21% dan 24%.
2. Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah nilai kalor biogas dan produksi biogas.

2.2 Alat dan Bahan

Alat- alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : digester, pipa PVC Diameter ½ inchi, knee L drat, kran gas, manometer H₂O, ember, timbangan, kayu pengaduk, kompor, panci, termometer

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : kotoran sapi yang masih segar, sekam padi, air

2.3 Instalasi Penelitian



Gambar 1. Instalasi digester biogas

2.4 Pelaksanaan Penelitian dan Pencatatan Data

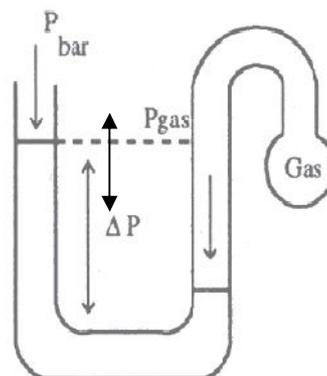
Pada penelitian ini menggunakan 5 digester biogas yang instalasinya seperti pada gambar 1. Kelima digester tersebut diisi dengan masing-masing variasi bahan kering dan dicampur dengan air dengan komposisi 10% bahan kering dan 90% air. Kemudian slurry tersebut difermentasi dalam digester biogas selama 27 hari.

Data yang diperoleh dari penelitian ini ada sebanyak tiga jenis, yaitu :

- Perbedaan ketinggian air manometer (Δh)
Perbedaan ketinggian air manometer (Δh) menunjukkan laju produksi biogas harian pada digester. Perbedaan ketinggian air manometer (Δh) dapat dicari dengan cara menghitung selisih ketinggian permukaan air pada selang manometer. Pencatatan perbedaan ketinggian air manometer dilakukan setiap hari selama 27 hari.
- Massa biogas
Massa biogas digunakan untuk memperoleh nilai kalor biogas secara eksperimental. Dimana, pada saat melakukan percobaan akan terjadi perubahan massa pada biogas. Perubahan massa biogas diperoleh dengan cara memanaskan 0,5 kg air di dalam panci sampai temperatur air di dalam panci naik dari 27°C hingga $35\pm 1^{\circ}\text{C}$. Dimana, sebelum dipanaskan, suhu air diukur terlebih dahulu. Percobaan ini dilakukan setelah kondisi biogas statis (tidak ada peningkatan tekanan biogas).
- Komposisi gas pada biogas
Komposisi gas pada biogas ini digunakan untuk memperoleh nilai kalor biogas secara teoritis. Komposisi gas pada biogas ini diperoleh dengan cara pengujian pada laboratorium.

2.5 Metode Pengolahan Data

Dalam penelitian ini digunakan analisis deskriptif yaitu mengamati langsung hasil eksperimen, kemudian menyimpulkan dan menentukan hasil penelitian yang paling baik. Untuk informasi perbedaan ketinggian air manometer (Δh) akan diolah untuk mendapatkan massa harian produksi biogas, adapun cara pengolahan datanya seperti gambar 2 di bawah.



Gambar 2. Manometer air (H_2O)

Persamaan yang digunakan :

$$P_{\text{gas}} = \rho \cdot g \cdot \Delta h \quad (6)$$

Dimana :

- P_{gas} = tekanan gas (Pa)
- ρ_{air} = massa jenis air (kg/m^3)
- g = gaya gravitasi (m/s^2)
- Δh = beda ketinggian air manometer (m)

Kemudian setelah tekanan gas pada biogas diketahui, untuk mencari massa gas harian pada biogas dapat menggunakan persamaan :

$$m = \frac{P \cdot A}{g} \quad (7)$$

Dimana :

- m = massa gas (kg)
- P = tekanan gas biogas (Pa)
- A = luas penampang selang manometer (m^2)
- g = gaya gravitasi (m/s^2)

Untuk data perubahan massa bahan bakar biogas yang dihasilkan dari masing-masing variasi campuran bahan kering biogas akibat digunakan untuk menentukan nilai kalor secara eksperimental. Adapun caranya yaitu dengan memanaskan 0,5 kg air dari suhu 27°C hingga bersuhu $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ akan dimasukkan kedalam rumus kalor sebagai berikut :

$$Q = \left(\frac{m_{air} \cdot c_{vair} \cdot \Delta T}{\Delta m_{bb}} \right) m_{total} \quad (8)$$

Dimana :

- Q = jumlah kalor (kJ)
- m_{air} = massa air (Kg)
- c_{vair} = koefisien panas air (kJ/Kg $^{\circ}$ K)
- ΔT = perubahan suhu ($^{\circ}$ K)
- Δm_{bb} = perubahan massa bahan bakar (kg)
- m_{total} = massa total biogas yang dihasilkan (kg)

Maka akan diperoleh nilai kalor eksperimental biogas yang dihasilkan dari masing- masing variasi campuran bahan kering biogas.

Untuk data komposisi gas dari biogas yang dihasilkan dari masing- masing variasi campuran bahan kering biogas akan digunakan untuk menentukan nilai kalor biogas secara teoritis. Adapun caranya hasil dari masing- masing komposisi gas akan di masukkan ke dalam rumus stokiometri pembakaran. Dari rumus stokiometri ini akan didapatkan nilai kalor teoritis biogas dari masing- masing variasi campuran bahan kering biogas. Dimana, udara pada saat pembakaran mengandung 21% O₂ dan 79% N₂. Berikut rumus stokiometri yang digunakan :

Komposisi biogas + udara = gas yang dihasilkan

Yang dijabarkan menjadi :

$$(a_1(CH_4) + a_2(CO_2) + a_3(H_2O)) + (b(O_2) + c((79/21)N_2)) \quad (d(CO_2) + e(H_2O) + f(79/21)N_2) \quad (9)$$

(Sumber : O'Callaghan. Paul, (1993) , *Energy Management, Mcgraw-Hill, International Edition, England.*)

Energi reaksi :

CO ₂	d mol	d.Q kJ
H ₂ O	e mol	e.Q kJ
N ₂	f mol	f.Q kJ

+

Energi untuk reaksi :

CH ₄	a ₁ mol	a ₁ .Q kJ
CO ₂	a ₂ mol	a ₂ .Q kJ
H ₂	a ₃ mol	a ₃ .Q kJ
O ₂	b mol	b.Q kJ
N ₂	c mol	c.Q kJ

+

Kemudian :

$$\text{Nilai Kalor Bawah (NKB)} = \text{Energi reaksi} - \text{Energi untuk reaksi} \quad (10)$$

Nilai kalor atas didapat dengan cara :

$$\text{Nilai Kalor Atas (NKA)} = \text{NKB} + m_{H_2O} \cdot L_{H_2O} \quad (11)$$

Dimana :

- m_{H_2O} : massa air (kg)
- L_{H_2O} : panas laten uap air (MJ/kg)

Untuk formasi kalor masing- masing unsur dapat dilihat dari tabel 1, sedangkan berat molekul dari masing- masing unsur dapat dilihat dari table periodik unsur kimia.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Pengujian

Data Perbedaan Ketinggian Air Manometer (Δh)

Data yang ditampilkan pada tabel 2 di bawah ini adalah data perbedaan ketinggian air manometer.

Tabel 2. Data perbedaan ketinggian air manometer

Hari	Perbedaan ketinggian air manometer (Δh)				
	(mm)				
	0% SP, 100% KS	15% SP, 85% KS	18% SP, 82% KS	21% SP, 79% KS	24% SP, 76% KS
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	7	5	5	0	0
10	20	18	17	9	8
11	27	25	24	21	18
12	39	36	34	28	25
13	46	44	44	38	36
14	78	81	85	80	76
15	92	92	105	112	110
16	101	112	119	122	117
17	115	129	134	145	136
18	136	138	146	155	149
19	148	155	159	176	163
20	171	192	197	199	187
21	175	214	221	228	198
22	182	223	232	247	239
23	184	233	238	261	258
24	172	247	254	283	273
25	154	256	257	312	301
26	122	241	256	313	310
27	114	237	240	311	302

Data Nilai Kalor Eksperimental

Dari hasil uji pemanasan air dengan menggunakan biogas dari masing- masing variasi campuran bahan kering, didapatkan perubahan massa biogas serta waktu yang dibutuhkan biogas untuk memanaskan 0,5 kg air dari suhu 27°C hingga bersuhu 35±1°C yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Data perubahan massa bahan bakar

Variasi Campuran	Suhu (°C)		Massa Biogas (gram)		Massa Balon & Katup (gram)
	T ₁	T ₂	Sebelum Pembakaran	Sesudah Pembakaran	
0% SP 100 %KS	27	35,4	83,29	84,24	84,76
15% SP 85% KS	27	35	83,17	83,93	84,79
18% SP 72% KS	27	35,2	83,12	83,78	84,77
21% SP 79% KS	27	35,3	82,19	82,84	84,78
24% SP 76%KS	27	35,1	82,47	83,35	84,75

Data Nilai Kalor Teoritis

Berdasarkan hasil uji coba di Laboratorium Forensik Kota Denpasar, sehingga didapatkan komposisi biogas dari masing- masing variasi campuran bahan kering.

Tabel 4. Komposisi biogas

Variasi Campuran	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	H ₂ O (%)
0% SP 100 % KS	66	30	4
15% SP 85% KS	71	25	4
18% SP 72% KS	77	19	5
21% SP 79% KS	80	15	5
24% SP 76% KS	78	17	5

3.2 Pengolahan Data Massa Harian Biogas

Dari tabel 4 dengan menggunakan persamaan 6, maka didapatkan massa harian biogas yang dapat dilihat pada tabel 5 berikut :

Tabel 5. Massa harian biogas

Hari	Perbedaan ketinggian air manometer (Δh)				
	(mm)				
	0% SP, 100% KS	15% SP, 85% KS	18% SP, 82% KS	21% SP, 79% KS	24% SP, 76% KS
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0.000137	0.000098	0.000098	0	0
10	0.000393	0.000353	0.000334	0.000177	0.000157
11	0.00053	0.000491	0.000471	0.000412	0.000353
12	0.000766	0.000707	0.000668	0.00055	0.000491
13	0.000903	0.000864	0.000864	0.000746	0.000707
14	0.001532	0.001591	0.001669	0.001571	0.001492
15	0.001807	0.001807	0.002062	0.002199	0.00216
16	0.001983	0.002199	0.002337	0.002396	0.002298
17	0.002258	0.002533	0.002631	0.002847	0.002671
18	0.002671	0.00271	0.002867	0.003044	0.002926
19	0.002906	0.003044	0.003122	0.003456	0.003201
20	0.003358	0.00377	0.003869	0.003908	0.003672
21	0.003437	0.004202	0.00434	0.004477	0.003888
22	0.003574	0.004379	0.004556	0.004851	0.004693
23	0.003613	0.004576	0.004674	0.005125	0.005067
24	0.003378	0.004851	0.004988	0.005557	0.005361
25	0.003024	0.005027	0.005047	0.006127	0.005911
26	0.002396	0.004733	0.005027	0.006147	0.006088
27	0.002239	0.004654	0.004713	0.006107	0.005931

Nilai Kalor Eksperimental

Dari tabel 3, dengan menggunakan persamaan 7, maka didapatkan nilai kalor eksperimental biogas yang dapat dilihat dari tabel 6 berikut :

Tabel 6. Nilai Kalor Eksperimental Biogas

Variasi Campuran	Nilai Kalor Eksperimental (kJ)
0% SP 100 % KS	26,722
15% SP 85% KS	35,114
18% SP 72% KS	42,146
21% SP 79% KS	55,017
24% SP 76% KS	46,137

Nilai Kalor Teoritis

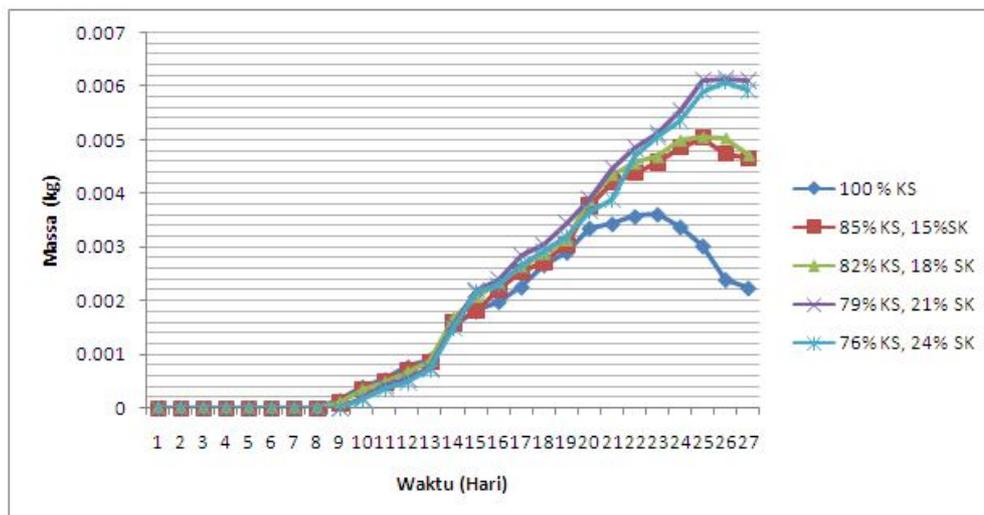
Dari tabel 4 dengan menggunakan persamaan 9 dan 10, maka didapatkan nilai kalor teoritis biogas yang dapat dilihat pada tabel 7 berikut

Tabel 7. Nilai kalor teoritis biogas

Variasi Campuran	Nilai Kalor Teoritis (kJ)	
	NKB	NKA
0% SP		
100 % KS	48,662	52,474
15% SP		
85% KS	57,689	61,784
18% SP		
72% KS	63,723	68,176
21% SP		
79% KS	75,034	79,655
24% SP		
76% KS	66,116	70,625

3.3 Pembahasan

Perbandingan Produksi Harian Biogas



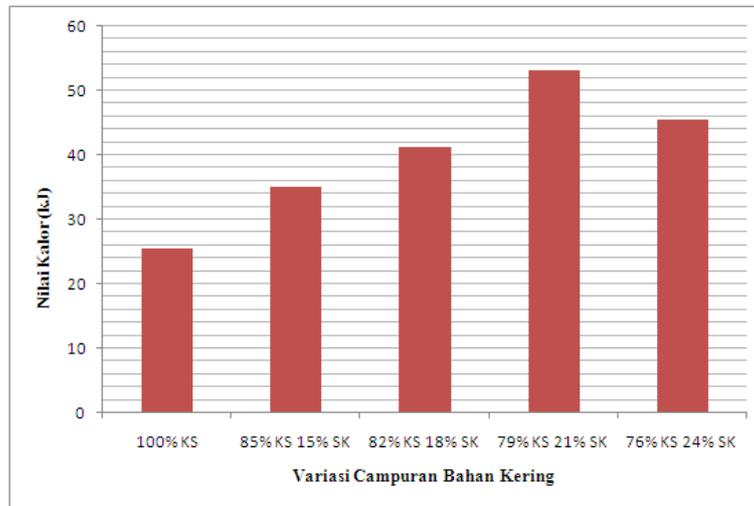
Gambar 3. Grafik hubungan waktu terhadap massa harian biogas

Produksi awal biogas terjadi pada hari ke 9 untuk variasi campuran 1, 2 dan 3, sedangkan untuk variasi campuran 4 dan 5 mulai menghasilkan biogas pada hari ke 10. Terjadinya perbedaan hari awal terbentuknya biogas dikarenakan kandungan sekam padi pada campuran 4 dan 5 lebih banyak jika dibandingkan dengan campuran 1, 2 dan 3. Bahan organik seperti sekam padi banyak mengandung selulosa dan lignin, sehingga akan lebih lama diuraikan oleh bakteri.

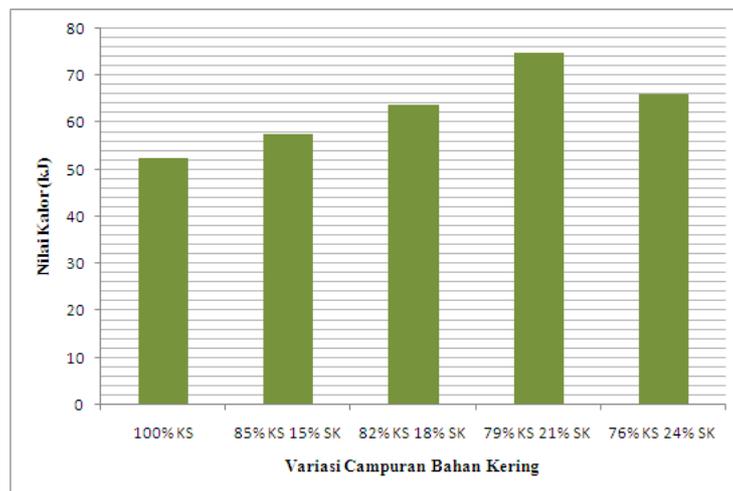
Pada hari selanjutnya, peningkatan produksi biogas terus berlangsung hingga hari ke 21 dan pada hari ke 23 campuran 1 mengalami puncak produksi biogas. Campuran 2 dan campuran 3 mengalami puncak produksi biogas pada hari ke 24. Sedangkan campuran 4 dan 5 masing- masing mengalami puncak produksi biogas pada hari ke 25 dan 26. Pada hari selanjutnya, produksi biogas dari kelima campuran mengalami penurunan karena sebagian besar bahan kering biogas telah diuraikan oleh bakteri.

Campuran 4 memberikan peningkatan produksi biogas yang paling tinggi pada saat puncak produksi biogas. Sehingga, campuran 4 dengan rasio karbon-nitrogen (C-N) sebesar 27,834993 : 1 merupakan variasi campuran yang terbaik yang memberikan hasil produksi biogas yang optimum karena pada campuran maksimal yaitu campuran 5 dengan rasio karbon - nitrogen (C-N) sebesar 29,239992 menunjukkan produksi biogas yang lebih rendah jika dibandingkan dengan campuran 4.

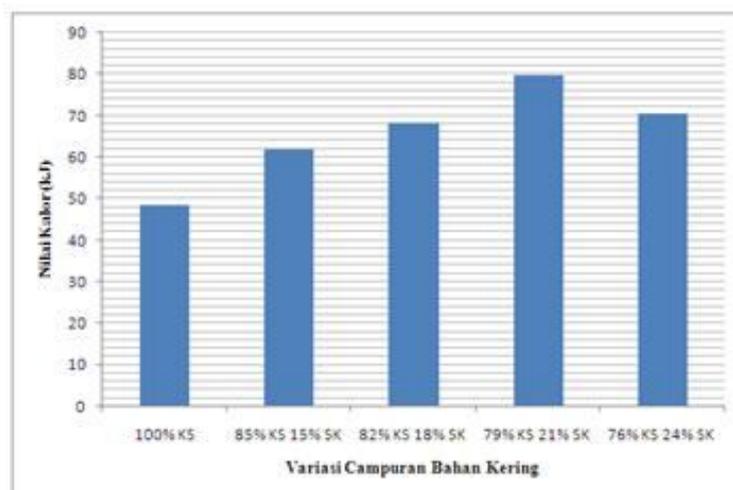
Perbandingan Nilai Kalor Biogas



Gambar 4. Grafik variasi bahan kering terhadap nilai kalor eksperimental biogas



Gambar 5. Grafik variasi bahan kering terhadap nilai kalor bawah biogas



Gambar 6. Grafik variasi bahan kering terhadap nilai kalor atas biogas

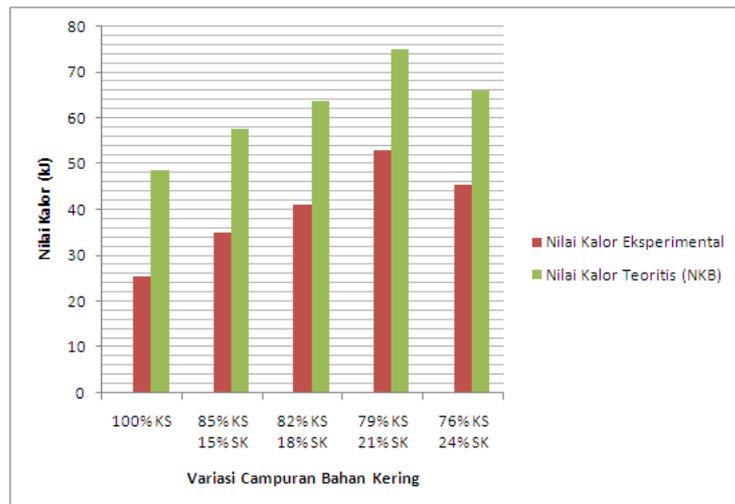
Berdasarkan pengujian secara eksperimental, nilai kalor tertinggi dihasilkan dari biogas campuran 4 dengan nilai kalor sebesar 55,017kJ. Sedangkan nilai kalor terendah dihasilkan dari biogas campuran 1 dengan nilai kalor

sebesar 26,722kJ. Berdasarkan pengujian secara teoritis, baik itu nilai kalor atas maupun bawah didapat nilai kalor tertinggi juga dihasilkan dari biogas campuran 4 dengan nilai kalor atas sebesar 79,655 kJ dan nilai kalor bawah sebesar 75,033 kJ. Sedangkan nilai kalor yang terendah dihasilkan dari biogas campuran 1 dengan nilai kalor atas sebesar 52,474 kJ dan nilai kalor bawah sebesar 48,662 kJ.

Perbedaan komposisi campuran bahan kering biogas akan menghasilkan nilai kalor biogas yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan perbedaan komposisi campuran bahan kering akan menghasilkan komposisi gas pada biogas yang berbeda-beda pula. Sehingga, pada saat pengujian nilai kalor baik secara teoritis maupun eksperimental akan dihasilkan nilai kalor yang berbeda.

Perbandingan Nilai Kalor Teoritis Dengan Nilai Kalor Eksperimental

Dari pengujian nilai kalor eksperimental dengan nilai kalor teoritis biogas terdapat perbedaan nilai diantara keduanya. Karena pada percobaan nilai kalor secara eksperimental tidak menangkap uap air dari biogas, sehingga yang digunakan sebagai perbandingan dari nilai kalor teoritis adalah nilai kalor bawah.



Gambar 7. Grafik variasi campuran bahan kering terhadap perbandingan nilai kalor eksperimental dengan nilai kalor bawah

Pada pengujian campuran 1, perbedaan antara nilai kalor eksperimental dengan nilai kalor bawah sebesar 31,249 %, pada campuran 2, perbedaan antara nilai kalor eksperimental dengan nilai kalor bawah sebesar 24,326 %, pada campuran 3, perbedaan antara nilai kalor eksperimental dengan nilai kalor bawah sebesar 21,486 %, pada campuran 4, perbedaan antara nilai kalor eksperimental dengan nilai kalor bawah sebesar 17,107 % dan pada percobaan 5, perbedaan antara nilai kalor eksperimental dengan nilai kalor bawah sebesar 18,399 %.

Perbedaan nilai kalor ini disebabkan pada percobaan eksperimental, tidak semua kalor dari biogas diserap oleh air. Hal ini karena terjadinya losses energi kalor, seperti kalor biogas yang diserap oleh panci, kalor yang terlepas ke lingkungan, kalor yang diserap oleh kompor dan lain sebagainya. Sehingga, nilai kalor eksperimental lebih kecil dibandingkan dengan nilai kalor bawah.

4. SIMPULAN

Berdasarkan dari data hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Produksi biogas tertinggi adalah sebesar 0,059698 kg yang dihasilkan dari campuran 4 dengan komposisi 79 % kotoran sapi dan 21 % sekam padi dan memiliki rasio karbon/ nitrogen (C/N) sebesar : 27,835 : 1.
- Nilai kalor eksperimental dan teoritis biogas yang tertinggi dihasilkan oleh biogas campuran 4. Dengan nilai kalor eksperimental sebesar 55,017 kJ, nilai kalor bawah sebesar 75,034 kJ.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Borman, Gary L., Kenneth W. Ragland, , **Combustion Engineering**, International Edition, McGraw-Hill, Singapore, 1998
- [2] Bruce E. Poling, John M. Prausnitz, John P. O'Connell, **The Properties of Gases and Liquids**, McGraw-Hill, Singapore., 2007
- [3] Dieter Deublin, Angelika Steinhäuser, **Biogas From Waste and Renewable Resources**, Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA, Germany., 2008
- [4] Gary L. Borman, Kenneth W. Ragland, **Combustion Engineering**, McGraw-Hill International Edition, Singapore., 1998
- [5] Geersen, Theo M., **Physical Properties of Natural Gas**, N.V. Nederlandse Gasunie, Groningen. 1998

- [6] Jean and Badaeu Pierre, ***Biomass Gasification, Chemistry Processes and Applications***, Nova Science Publisher, Inc., New York, 2009
- [7] Kementrian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia, ***Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025***, Jakarta., 2005
- [8] Kementrian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia, ***Buku Putih Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Sumber Energi Baru dan Terbarukan untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2025***, Jakarta., 2006
- [9] O'Callghan. Paul, ***Energy Management***, McGraw-Hill International Edition, England., 1993
- [10] P.W. Atkins, ***Kimia Fisika***, Erlangga, Jakarta, , 1993
- [11] Wahyuni, Sri, ***Menghasilkan Biogas Dari Aneka Limbah***, PT ArgroMedia Pustaka, Jakarta, 2011.