



Efektifitas Kombinasi Limbah Sayur dan Kotoran Sapi Sebagai Bahan Utama Pembuatan Biogas dalam Digester Anaerob

Yudha Hedy Cahyono¹, Naniek Ratni JAR²

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, UPN Veteran Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

Email: ¹yudhahedy90@gmail.com, ²nanik_rjar@upnjatim.ac.id

Abstract

Livestock manure which is produced every day can be a problem for the environment if not handled properly. Vegetable waste is generally only allowed to accumulate in the market and immediately disposed of in a landfill without further processing, it can pollute the environment and disturb the aesthetics of the environment. Utilization of organic waste as raw material for renewable energy can be a solution. This study aims to determine the C/N ratio, methane gas production and flames produced from biogas production, as well as knowing the ratio of the ratio of substrate composition and the optimum time to produce the best biogas. This study combined Vegetable Waste (VW) and Cow Manure (CM) with ratio of 90:10, 70:30, 50:50, 30:70, 10:90. Variation of fermentation time was carried out for 5 days, 10 days, 15 days, 20 days and 25 days using a 19 liter volume reactor. The results show that the best ratio of substrate composition in biogas production is VW:CM 70:30 with a C/N ratio of 21.39% and produces 93.78% methane gas and produces a blue flame for 102.35 seconds.

Keywords: Biogas, Vegetable Waste, Cow Manure.

Abstrak

Kotoran ternak yang setiap hari dihasilkan akan menyebabkan masalah pada lingkungan apabila tidak ditangani dengan benar. Limbah sayur pada umumnya hanya dibiarkan menumpuk di pasar akan dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) tanpa diolah lebih lanjut, hal itu dapat mencemari lingkungan dan mengganggu estetika lingkungan. Pemanfaatan limbah organik menjadi bahan baku energi terbarukan adalah solusi yang tepat. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui rasio C/N, produksi gas metana dan nyala api yang dihasilkan dari produksi biogas, serta mengetahui perbandingan rasio komposisi substrat dan waktu optimum dalam menghasilkan biogas terbaik. Penelitian ini mengkombinasikan Limbah Sayur (LS) dan Kotoran Sapi (KS) dengan rasio 90:10, 70:30, 50:50, 30:70, 10:90. Waktu fermentasi dilakukan yaitu 5 hari, 10 hari, 15 hari, 20 hari dan 25 hari dengan menggunakan reaktor volume 19 liter. Hasil menunjukkan rasio komposisi substrat dalam produksi biogas terbaik adalah LS:KS 70:30 dengan rasio C/N 21,39% dan menghasilkan gas metana sebesar 93,78% serta menghasilkan nyala api berwarna biru selama 102,35 detik.

Kata Kunci: Biogas, Limbah Sayur, Kotoran Sapi.

1. PENDAHULUAN

Dikutip dari Badan Pusat Statistik, Provinsi Jawa Timur, jumlah hewan ternak pada peternakan di provinsi Jawa Timur meningkat setiap tahun. Kotoran ternak yang menumpuk menjadi masalah tersendiri bagi lingkungan di sekitar peternakan, dikarenakan perbandingan jumlah kotoran yang dihasilkan per harinya dengan kemampuan degradasi kotoran secara alami tidaklah seimbang. Hal tersebut dapat mencemari lingkungan sekitar apabila kotoran ternak tidak ditangani dengan tepat.

Pasar merupakan salah satu objek vital bagi masyarakat, adanya aktivitas di dalamnya akan menghasilkan timbunan sampah, untuk saat ini sampah pasar seperti sisa-sisa sayuran akan langsung diangkut menuju TPA sehingga pemanfaatan sampah pasar belum maksimal.

Pemilihan kotoran ternak adalah pilihan terbaik sebagai bahan baku untuk membuat biogas, dikarenakan kotoran ternak terdapat kandungan bakteri metanogenik yang mampu menghasilkan gas metana (Haryati, 2006). Sedangkan kualitas biogas yang lebih baik dapat dihasilkan memerlukan adanya penggabungan bahan organik lainnya, semua bahan organik yang mengandung senyawa protein, lemak, dan karbohidrat, dapat diolah dan digunakan kembali untuk menghasilkan biogas. Salah satu bahan organik yang dapat diformulasikan dengan kotoran ternak untuk menghasilkan kualitas biogas yang baik adalah sampah sisa sayuran. Limbah sayur menghasilkan biogas dengan hasil yang tidak berbeda dengan biogas yang dihasilkan oleh bahan lainnya (Ali, 2017).

Dengan demikian, peneliti akan menggunakan kombinasi kotoran sapi dengan limbah sayur, kemudian menentukan perbandingan yang manakah yang dapat menghasilkan biogas terbaik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Bahan

1. Limbah sayur sebanyak 26,25 kg diambil dari pasar tradisional.
2. Kotoran sapi sebanyak 26,25 kg didapatkan dari peternakan sapi.
3. EM-4 (*Effective Microorganism-4*).

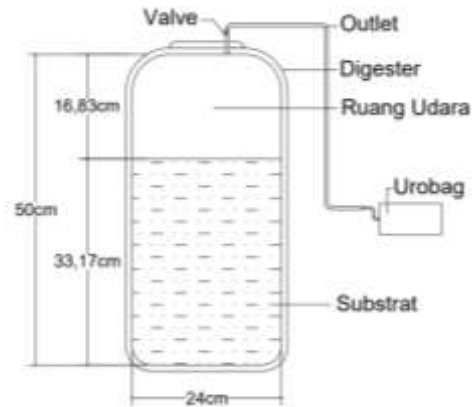
2.2 Alat

1. Galon volume 19 liter
2. Cetok pengaduk
3. Lem
4. Timbangan digital
5. Bak untuk mencampur bahan (ember)
6. Valve
7. Urobag
8. Corong
9. Alat pengukur pH + suhu
10. Cat hitam

2.3 Cara Kerja

1. Menyiapkan bahan pembuat biogas (limbah sayur dan kotoran sapi). Limbah sayur dilakukan pembusukan terlebih dahulu selama 10 hari.
2. Menyiapkan ember serta bahan-bahan yang akan dicampurkan.
3. Memasukkan air sebanyak 7,5 liter (perbandingan 1:1 dengan bahan), campurkan 2 komposisi bahan yaitu Limbah Sayur (LS) dan Kotoran Sapi (KS) sebanyak 7,5 kg, EM-4 sebanyak 450 ml ke dalam ember.
4. Mengaduk semua bahan yang sudah dimasukkan ke dalam ember hingga homogen.
5. Memasukkan campuran bahan ke dalam reaktor menggunakan bantuan corong, sehingga menyisakan ruang kosong pada reaktor sebanyak 3,55 liter sebagai ruang penampung gas.
6. Menutup reaktor dengan rapat dan kuat untuk mencegah terjadinya kebocoran pada reaktor.
7. Mengulang poin 5 dan 6 pada reaktor-reaktor yang lainnya sesuai dengan variasi komposisi bahan yang sudah ditentukan.

8. Melakukan pengamatan dan pencatatan lalu menganalisis.



Gambar 1. Reaktor Penelitian

2.4 Variabel Perlakuan

1. Rasio Variasi Bahan

Limbah Sayur : Kotoran Sapi (%):

90:10, 70:30, 50:50, 30:70, 10:90

Tabel 1. Berat Bahan Setiap Reaktor

Variasi Substrat	Air (Liter)	Limbah Sayur (Kg)	Kotoran Sapi (Kg)	EM 4 (Liter)	Total
LS 100%	7,5	7,5	0	0,45	15,45
KS 100%	7,5	0	7,5	0,45	15,45
LS:KS 90%:10%	7,5	6,75	0,75	0,45	15,45
LS:KS 70%:30%	7,5	5,25	2,25	0,45	15,45
LS:KS 50%:50%	7,5	3,75	3,75	0,45	15,45
LS:KS 30%:70%	7,5	2,25	5,25	0,45	15,45
LS:KS 10%:90%	7,5	0,75	6,75	0,45	15,45

2. Waktu Fermentasi (Hari) : 5, 10, 15, 20 25

2.5 Variabel Kontrol

1. Limbah Sayur (LS) 100%

2. Kotoran Sapi (KS) 100%

2.6 Variabel Tetap

1. Volume Reaktor : 19 Liter

2. Jenis Reaktor : *Batch Anaerobic Digester*

3. Temperatur : 34 °C

4. pH : 6-7

2.7 Parameter Uji

1. Kadar C-Organik

2. Kadar N-Total

3. Kadar Gas Metana

4. Uji Nyala Api

2.8 Analisis Data

Dilakukannya analisis data adalah setelah didapatkan hasil dari analisis sampel dan uji laboratorium. Untuk memudahkan pemahaman terhadap data yang dihasilkan, analisis data disajikan dalam bentuk tabel. Analisis data dilakukan untuk proses pengambilan kesimpulan, karena data yang tersaji dapat menunjukkan perbedaan dari masing-masing variabel yang akan diteliti.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rasio C/N Kombinasi Limbah Sayur Dan Kotoran Sapi Yang Efektif Dalam Produksi Biogas

Analisis awal yang dilakukan adalah uji laboratorium pada bahan yang bertujuan untuk melihat kandungan rasio C/N. Rasio C/N yang dianalisis terlebih dahulu adalah limbah sayur 100% dan kotoran sapi 100%. Hasil analisis rasio C/N pada bahan, dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Kadar Rasio C/N Pada Bahan Awal (Sebelum Fermentasi)

Kandungan	Limbah Sayur 100%	Kotoran Sapi 100%
C-Organik (%)	43,48	50,27
N-Total (%)	1,16	3,33
Rasio C/N	37,4	15,1
Kadar Air (%)	89,03	84,39

Tabel 2 menunjukkan rasio C/N limbah sayur dan kotoran sapi, di mana substrat atau bahan awal tersebut akan digunakan dalam membuat biogas. Limbah sayur memiliki rasio C/N sebesar 37,4%, sedangkan kotoran sapi memiliki kandungan rasio C/N di bawah limbah sayur yaitu sebesar 15,1%.

Menurut Dioha et al. (2013) bahwa rasio optimum C/N dalam menghasilkan biogas adalah 20-30%. Dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa untuk kadar rasio C/N dari limbah sayur maupun kotoran sapi masih belum memenuhi *range* optimum dalam pembentukan biogas yaitu sekitar 20-30%. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dilakukan variasi rasio komposisi bahan campuran dengan uraian (90:10, 70:30, 50:50, 30:70, 10:90) dengan harapan dapat memenuhi *range* optimum dari rasio C/N sehingga dapat memproduksi biogas dan gas metana secara optimal.

Berikut ini merupakan hasil analisis pada masing-masing bahan yang sudah dicampur atau dikombinasi sesuai dengan rasio komposisi bahan yang sudah ditentukan:

Tabel 3. Kadar Rasio C/N Variasi Bahan Dengan Waktu 25 Hari

Kandungan	Variasi Bahan	Kadar (%)
C-Organik	LS:KS 90:10	49,57
	LS:KS 70:30	49,62
	LS:KS 50:50	49,89
	LS:KS 30:70	49,91
	LS:KS 10:90	50,69
N-Total	LS:KS 90:10	2,61
	LS:KS 70:30	2,32
	LS:KS 50:50	2,31
	LS:KS 30:70	2,42
	LS:KS 10:90	1,52
Rasio C/N	LS:KS 90:10	18,99
	LS:KS 70:30	21,39
	LS:KS 50:50	21,60
	LS:KS 30:70	20,62

Kandungan	Variasi Bahan	Kadar (%)
	LS:KS 10:90	33,35
Kadar Air	LS:KS 90:10	88,79
	LS:KS 70:30	86,67
	LS:KS 50:50	86,60
	LS:KS 30:70	90,22
	LS:KS 10:90	92,28

Dalam Tabel 3 menunjukkan hasil analisis C-Organik, N-total dan rasio C/N pada bahan yang sudah dikombinasikan atau dicampurkan antara limbah sayur dan kotoran sapi dengan dilakukan variasi pada rasio komposisi bahan. Untuk variasi 90:10 memiliki rasio C/N 18,99%, variasi 70:30 memiliki rasio C/N 21,39%, untuk variasi 50:50 memiliki rasio C/N 21,60%, variasi 30:70 memiliki rasio C/N 20,62% dan untuk variasi 10:90 memiliki rasio C/N 33,35%.

3.2 Pengaruh Produksi Gas Metana Kombinasi Limbah Sayur dan Kotoran Sapi Terhadap Nyala Api dari Biogas yang Dihasilkan.

Produksi biogas dapat dikatakan tinggi apabila kadar gas metana juga tinggi. Gas metana memiliki sifat yaitu salah satunya adalah mudah terbakar (Hidayah, 2018), itu artinya gas metana akan menyala apabila disulut dengan api, tingginya kadar gas metan akan mempengaruhi lamanya lama api.

3.2.1 Pengaruh Waktu Fermentasi dan Variasi Komposisi Substrat terhadap Kadar Gas Metana

Pada penelitian ini, peneliti melakukan uji kadar gas metana setiap 5 hari sekali yaitu pada hari ke-5, hari ke-10, hari ke-15, hari ke-20, dan pada hari ke-25. Sampel gas tersebut kemudian dilakukan analisis laboratorium untuk mengetahui kadar gas metana sesuai dengan waktu fermentasi yang ditentukan sebelumnya. Pengaruh waktu fermentasi dan macam-macam komposisi substrat terhadap kandungan gas metana dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Pengaruh Waktu Fermentasi dan Variasi Komposisi Substrat terhadap Kadar Gas Metana

Variasi Substrat	Hasil Analisis CH ₄ (%)				
	Hari-5	Hari-10	Hari-15	Hari-20	Hari-25
LS 100%	8,55	12,19	15,04	39,92	52,02
KS 100%	6,31	12,74	27,63	48,02	59,46
LS : KS = 90% : 10%	2,16	15,42	18,98	53,02	67,45
LS : KS = 70% : 30%	5,52	37,03	74,02	81,67	93,78
LS : KS = 50% : 50%	4,46	31,28	40,49	78,60	92,96
LS : KS = 30% : 70%	3,53	25,16	36,13	64,90	92,69
LS : KS = 10% : 90%	7,06	19,09	26,83	58,31	80,08

Berdasarkan **Tabel 4** menunjukkan besarnya persentase gas metana tertinggi dihasilkan dari variasi komposisi Limbah Sayur (LS) dan Kotoran Sapi (KS) 70:30 pada hari ke 25 fermentasi, yang menghasilkan kadar gas metana sebesar 93,78%. Sedangkan untuk persentase terendah kandungan gas metana dihasilkan dari variasi komposisi Limbah Sayur (LS) dan Kotoran Sapi (KS) 90:10 pada hari ke 5 fermentasi, dengan kadar gas metana sebesar 2,16%. Pada variasi komposisi Limbah Sayur (LS) dan Kotoran Sapi (KS) 50:50 menghasilkan kadar metana tertinggi sebesar 92,96% pada hari ke 25 fermentasi, untuk variasi komposisi Limbah Sayur (LS) dan Kotoran Sapi (KS) 30:70 gas metana tertinggi yang dihasilkan adalah 92,69% dihasilkan pada hari ke 25 fermentasi, kemudian untuk variasi komposisi Limbah Sayur (LS) dan Kotoran Sapi (KS) 10:90,

kadar metana tertinggi dihasilkan pada hari ke 25 fermentasi dengan kadar sebesar 80,08%. Sedangkan pada Limbah Sayur 100% dan Kotoran Sapi 100% sama-sama menghasilkan presentase gas metana tertinggi pada hari ke 25 fermentasi dengan kadar masing-masing yaitu 52,02% dan 59,46%. Pada **Tabel 4** dapat dilihat, waktu fermentasi mempengaruhi kadar gas metana yang terbentuk. Semakin lama waktu fermentasi, maka kadar gas metana terbentuk juga akan semakin tinggi.

3.2.2 Pengaruh Kadar Gas Metana Terhadap Lama Nyala Api

Analisis lama nyala api dapat menunjukkan seberapa besar kandungan gas metana yang terdapat dalam biogas. Hal tersebut dikarenakan sifat gas metana yang mudah terbakar apabila tersulut dengan api.

Pada penelitian ini, uji nyala api dilakukan pada hari ke 25 yaitu hari terakhir penelitian, uji nyala api dilakukan dengan menyulut selang yang terhubung langsung dengan penampung gas metana. Tabel berikut ini adalah hasil dari uji nyala api yang dipengaruhi oleh besarnya kandungan gas metana.

Tabel 5. Pengaruh Kadar Gas Metana Terhadap Lama Nyala Api

Variasi Substrat	Kadar Gas Metana Hari ke-25 (%)	Uji Nyala Api Hari ke-25 (detik)
LS 100%	52,02	58,21
KS 100%	59,46	61,78
LS : KS = 90% : 10%	67,45	73,77
LS : KS = 70% : 30%	93,78	102,35
LS : KS = 50% : 50%	92,96	97,29
LS : KS = 30% : 70%	92,69	97,05
LS : KS = 10% : 90%	80,08	86,38

Berdasarkan Hasil penujian lama nyala api yang telah dilakukan pada hari ke 25 penelitian, semua sampel menunjukkan bahwa dapat menyalakan api, dengan nyala api paling lama adalah 102,35 detik yaitu dihasilkan oleh variasi komposisi Limbah Sayur (LS), dan Kotoran Sapi (KS) 70:30.

Pada Tabel 5 menunjukkan lama nyala api berbanding lurus dengan kadar gas metana. Pada sampel LS 100%, kadar gas metana terendah dibandingkan sampel lainnya yaitu sebesar 52,02% dapat menyakakan api selama 58,21 detik, kemudian kadar gas metana naik pada sampel KS 100% yang dapat menyalakan api selama 61,78 detik, pada sampel rasio komposisi LS : KS yaitu 90%:10% kadar gas metana sebesar 67,45% dapat menyalakan api selama 73,77 detik, lalu pada sampel 70%:30% kadar gas metana merupakan kadar tertinggi dibandingkan dengan sampel variasi komposisi yang lainnya yaitu dapat menyalakan api selama 102,35 detik, pada sampel 50%:50% kadar gas metana sebesar 92,96% dan dapat menyalakan api selama 97,29 detik, kemudian pada sampel variasi komposisi 30%:70% api yang menyala adalah selama 97,05 detik, kemudian yang terakhir adalah variasi komposisi 10%:90% dapat menyalakan api selama 86,38 detik.

Warna api yang menyala juga menjadi indikator gas apa yang dihasilkan, apabila warna api adalah biru, maka dapat diidentifikasi bahwa gas yang dihasilkan adalah gas metana dengan kualitas yang sangat baik (Praptiwi, 2021). Pada penelitian kali ini, semua variasi komposisi substrat menghasilkan nyala api berwarna biru, hanya saja yang membedakan adalah lamanya nyala api pada masing-masing variasi komposisi.

3.3 Perbandingan Rasio Komposisi Substrat dan Waktu Optimum dalam Menghasilkan Biogas Terbaik

Selain melalui uji laboratorium, keberadaan gas metana pada biogas dapat juga diidentifikasi dari uji nyala api, apabila api berwarna biru maka dapat dipastikan gas yang dihasilkan merupakan gas metana. Sedangkan lamanya nyala api dapat mengindikasikan tingginya kadar gas metana, apabila kadar gas metana semakin tinggi maka nyala api juga semakin lama, begitu juga sebaliknya. Pada penelitian kali ini uji nyala api dilakukan pada hari ke 25 penelitian.

Komposisi variasi substrat dan waktu optimum dalam pembuatan biogas adalah saat kadar gas metana berada di posisi puncak.

Tabel 6. Pengaruh Kadar Gas Metana Terhadap Lama Nyala Api

Variasi Substrat	Kadar Gas Metana Hari ke-25 (%)	Uji Nyala Api Hari ke-25 (detik)
LS 100%	52,02	58,21
KS 100%	59,46	61,78
LS : KS = 90% : 10%	67,45	73,77
LS : KS = 70% : 30%	93,78	102,35
LS : KS = 50% : 50%	92,96	97,29
LS : KS = 30% : 70%	92,69	97,05
LS : KS = 10% : 90%	80,08	86,38

Dapat dilihat pada Tabel 6, waktu optimum dalam proses pembentukan biogas adalah pada hari ke-25. Pada hari terakhir ini semua variasi komposisi substrat yang diuji berada di posisi puncak yang ditandai oleh kadar gas metana yang tinggi.

Uji nyala api juga membuktikan bahwa biogas mengandung gas metana,. Lamanya api yang menyala menandakan semakin banyaknya kandungan gas metana.

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa kandungan gas metana tertinggi diperoleh oleh variasi komposisi Limbah Sayur 70% dan Kotoran Sapi 30%, sejalan dengan kandungan gas metana, nyala api paling lama yaitu selama 102,35 detik, yang juga diperoleh oleh variasi komposisi Limbah Sayur 70% dan Kotoran Sapi 30%.

Apabila dilihat dari kadar C/N, bahwa *range* kandungan C/N optimum untuk pembentukan biogas adalah berkisar antara 20% sampai 30%, pada hasil penelitian kali ini, ada 3 variasi komposisi yang berada pada *range* optimum, dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 7. Kadar C/N Pada Hari ke 25

Variasi Substrat	C-Organik Hari ke-25 (%)	N-Total Hari ke-25 (%)	C/N Hari ke -25 (%)
LS : KS = 90% : 10%	49,57	2,61	18,99
LS : KS = 70% : 30%	49,62	2,32	21,39
LS : KS = 50% : 50%	49,89	2,31	21,60
LS : KS = 30% : 70%	49,91	2,42	20,62
LS : KS = 10% : 90%	50,69	1,52	33,35

Berdasarkan **Tabel 4-6** kadar C/N yang memenuhi *range* optimum adalah pada komposisi Limbah Sayur (LS) dan Kotoran Sapi (KS) 70% : 30%, 50% : 50%, dan juga 30% : 70%. Dengan demikian komposisi Limbah Sayur 70% dan Kotoran Sapi 30% pada waktu fermentasi ke 25 hari menjadi komposisi yang optimum dalam pembentukan biogas ditinjau dari kadar gas metana yang paling tinggi, nyala api yang paling lama, serta memenuhi *range* C/N optimum dalam proses pembentukan biogas.

3.4 Pengaruh Variasi Komposisi Substrat dan Waktu Fermentasi terhadap pH dan Suhu

Derajat keasaman (pH) dan juga suhu memiliki peranan penting dalam proses pembentukan biogas, yaitu dapat mempengaruhi bakteri pembentuk biogas dalam proses dekomposisi anaerob.

3.4.1 Pengaruh Variasi Komposisi Substrat dan Waktu Fermentasi Terhadap pH

Nilai pH atau yang disebut sebagai derajat keasaman merupakan faktor yang memiliki peranan penting pada proses pembentukan biogas dalam kondisi anaerob, karena apabila pH tidak sesuai, maka dapat menyebabkan matinya bakteri pembentuk biogas. Kondisi ini dapat mempengaruhi terbentuknya gas metana. Dikutip dari Haryanto (2014), pH mendekati netral yaitu pada kisaran 6 – 7 lebih disukai oleh bakteri metanogenik. Pada penelitian ini nilai pH diukur setiap 5 hari pada waktu yang telah ditentukan untuk mengetahui pH pada reaktor sudah berada pada *range* netral, sehingga sesuai untuk pertumbuhan bakteri metanogenik.

Tabel 8 di bawah ini akan menunjukkan hasil pengukuran nilai pH pada 7 variasi komposisi substrat.

Tabel 8. Pengaruh Variasi Substrat dan Waktu Fermentasi terhadap pH

Variasi Substrat	Hasil Analisis pH				
	Hari-5	Hari-10	Hari-15	Hari-20	Hari-25
LS 100%	7	6,1	6,6	6,8	6,2
KS 100%	7	6,9	7	7	6,8
LS : KS = 90% : 10%	7	6,8	7	7	6,9
LS : KS = 70% : 30%	7	6,5	7,4	7	6,8
LS : KS = 50% : 50%	7	6,8	7	7	6,9
LS : KS = 30% : 70%	6,9	6,8	7	6,9	6,8
LS : KS = 10% : 90%	7	6,2	6,3	6,6	6,8

Tabel 8 menunjukkan pada hari ke 5 semua variasi komposisi substrat menunjukkan angka 7 kecuali pada variasi LS : KS = 30% : 70% yaitu menghasilkan nilai pH sebesar 6,9. Pada hari ke 10 semua variasi substrat mengalami nilai pH yang turun dari hari ke 5. Pada hari ke 15, semua variasi komposisi mengalami peningkatan dari hari ke 10, semua variasi komposisi masih berada pada *range* netral kecuali pada variasi komposisi LS : KS = 70% : 30%, nilai pH sedikit melebihi *range* netral, yaitu memperoleh nilai pH sebesar 7,4. Kemudian pada hari ke 20 terdapat 2 variasi komposisi yang mengalami kenaikan pH dari hari ke 15 yaitu pada variasi LS 100% dan LS : KS = 10% : 90%, yaitu masing-masing memiliki nilai pH 6,8 dan 6,6, selain itu juga terdapat 2 variasi komposisi yang mengalami penurunan dari hari ke 15 ke hari ke 20, yaitu pada variasi LS : KS = 70% : 30% dan juga LS : KS = 30% : 70%, yaitu masing-masing memiliki nilai pH 7 dan 6,9, sedangkan 3 lainnya mendapatkan nilai pH yang sama seperti hari ke 15, yaitu pH 7 yang terdapat pada variasi KS 100%, LS : KS = 90% : 10%, dan juga LS : KS = 50% : 50%. Kemudian yang terakhir adalah pada hari ke 25, di mana semua variasi substrat mengalami penurunan pH dari hari ke 20 kecuali pada variasi substrat LS : KS = 10%:90% mengalami kenaikan pada pH hari ke 20. Pada hari ke 25 didapatkan hasil nilai pH semua variasi substrat masih berada dalam *range* netral.

Penurunan pH pada semua variasi komposisi di hari ke 10 menunjukkan bakteri yang terdapat di dalam reaktor mengalami proses asidifikasi yang menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme berjalan dengan cepat, sehingga kadar keasaman akan semakin naik (Ni'mah, 2014). Pada hari ke 15, semua variasi komposisi substrat mengalami kenaikan yang berarti menunjukkan bahwa semua variasi komposisi substrat

berada pada fase metanogenesis. meningkatnya pH mengisyaratkan terjadinya dekomposisi dari fase asidifikasi ke fase metanogenesis. Sejalan dengan pernyataan Pratama et al. (2015) bahwa pH di dalam reaktor akan meningkat pada bakteri di tahap metanogenesis.

3.4.1 Pengaruh Variasi Komposisi Substrat dan Waktu Fermentasi Terhadap Suhu

Suhu memiliki peran yang penting dalam proses pembentukan biogas. Di dalam proses produksi biogas diperlukan bakteri metanogenik untuk mengurai substrat. Mikroorganisme adalah makhluk hidup yang sama seperti makhluk hidup lain yang memiliki respon terhadap perubahan lingkungan termasuk suhu atau temperatur. Menurunnya populasi mikroorganisme akibat dari perubahan suhu yang ekstrem di dalam reaktor akan berdampak pada penurunan produksi biogas secara signifikan (Wahyuni, 2017). Sedangkan suhu optimal untuk kehidupan bakteri metanogenik berkisar antara 25 - 40°C.

Untuk mengetahui apakah proses berjalannya fermentasi sesuai dengan *range* suhu optimum yaitu 25 - 40°C, yaitu dapat diketahui dengan pengukuran suhu setiap 5 hari sekali. Pengukuran menggunakan alat pengukur suhu dan hasil pengukuran dapat dilihat di Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9. Pengaruh Variasi Substrat dan Waktu Fermentasi terhadap Suhu

Variasi Substrat	Hasil Analisis Suhu °C				
	Hari-5	Hari-10	Hari-15	Hari-20	Hari-25
LS 100%	31	31	31	31	31
KS 100%	31	30	30	30	31
LS : KS = 90% : 10%	31	30	30	31	30
LS : KS = 70% : 30%	31	31	31	31	30
LS : KS = 50% : 50%	31	30	30	30	31
LS : KS = 30% : 70%	31	30	31	30	31
LS : KS = 10% : 90%	31	30	31	31	30

Tabel 9 menunjukkan hasil pengukuran suhu pada setiap variasi substrat. Semua data menunjukkan suhu berada di 30°C dan 31°C. Pada hari ke 5 fermentasi semua variasi komposisi substrat memiliki suhu 31°C, kemudian pada hari ke 10 fermentasi menunjukkan penurunan suhu menjadi 30°C pada 5 sampel, kecuali pada sampel LS 100% dan LS : KS = 70% : 30% mengalami suhu yang sama seperti hari ke 5 fermentasi. Kemudian pada hari ke 15, suhu tidak mengalami perubahan pada 5 variasi komposisi substrat, sedangkan 2 lainnya mengalami kenaikan yaitu pada variasi komposisi LS : KS = 30% : 70% dan LS : KS = 10% : 90% mengalami peningkatan menjadi 31°C. Pada hari ke 20, 5 sampel variasi komposisi tidak mengalami perubahan suhu dari hari ke 15, sedangkan 2 lainnya mengalami kenaikan dan penurunan suhu, kenaikan suhu dialami oleh variasi komposisi LS : KS = 90% : 10% yaitu naik menjadi 31°C, sedangkan penurunan suhu dialami oleh variasi komposisi LS : KS = 30% : 70% yaitu turun menjadi 30°C. Sedangkan pada hari ke 25, terdapat 3 sampel yang mengalami kenaikan suhu yaitu variasi substrat KS 100%, LS : KS = 50% : 50%, dan juga variasi komposisi LS : KS = 30% : 70% naik menjadi 31°C. 3 sampel lainnya mengalami penurunan suhu menjadi 30°C yaitu pada variasi komposisi LS : KS = 90% : 10%, LS : KS = 70% : 30% dan juga variasi komposisi LS : KS = 10% : 90%, sedangkan hanya 1 variasi komposisi yang tidak mengalami perubahan suhu dari hari ke 20 ke hari ke 25 yaitu variasi komposisi LS 100%. Perubahan suhu cenderung stabil akan membuat bakteri metanogenik bekerja dengan baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Rasio C/N Kombinasi Limbah Sayur (LS) dan Kotoran Sapi (KS) yang efektif dalam produksi biogas didapatkan oleh kombinasi komposisi Limbah Sayur (LS) : Kotoran Sapi (KS) = 70% : 30%, Limbah Sayur (LS) : Kotoran Sapi (KS) = 50% : 50% dan Limbah Sayur (LS) : Kotoran Sapi (KS) = 30% : 70% dengan nilai rasio C/N masing-masing sebesar 21,39%, 21,60% dan 20,62%. Hal itu dikarenakan ketiga nilai rasio C/N tersebut masuk ke dalam *range* optimum dengan nilai 20%-30%.
2. Produksi gas metana pada kombinasi Limbah Sayur (LS) dan Kotoran Sapi (KS) mempengaruhi nyala api dari biogas yang dihasilkan, baik itu dari lama nyala api maupun warna nyala api. Dapat dilihat dari rasio kombinasi komposisi Limbah Sayur (LS) : Kotoran Sapi (KS) = 70% : 30% pada hari ke 25 fermentasi merupakan kombinasi paling optimum dalam pembentukan gas metana yaitu sebesar 93,78% dengan nyala api berwarna biru selama 102,35 detik.
3. Rasio komposisi substrat dalam menghasilkan biogas terbaik adalah Limbah Sayur (LS) : Kotoran Sapi (KS) = 70% : 30% dengan waktu optimum pada hari ke 25, ditandai dengan tingginya kandungan gas metana yaitu sebesar 93,78% dan dapat menyalakan api paling lama yaitu 102,35 detik, selain itu juga dapat dilihat dari rasio C/N yang dihasilkan dan merupakan rasio C/N optimum dengan nilai 21,39%.
4. Untuk pemanfaatan yang berkelanjutan bisa menggunakan *slurry* sisa pembuatan biogas sebagai pupuk kompos, namun perlu pengecekan lebih lanjut untuk parameter yang terkandung dalam *slurry*.
5. Perlu dilakukan monitoring/*controlling* setiap hari untuk memastikan reaktor selalu dalam kondisi baik.
6. Supaya perbandingan antar bahan lebih akurat, maka perlu dilakukan uji C/N pada bahan baik sebelum dan sesudah fermentasi.

5. REFERENCES

- Ali, H. (2017). Pemanfaatan Sampah Organik Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Biogas Di Workshop Kesehatan Lingkungan Bengkulu. *Journal of Nursing and Public Health*, 5(1), 32–39. <https://doi.org/10.37676/jnph.v5i1.597>
- Dioha, I. J., Ikeme, C., Nafi, T., Soba, N. I., & Mbs, Y. (2013). Effect of Carbon To Nitrogen Ratio on Biogas Production. *International Research Journal of Natural Sciences*, 1(3), 1–10.
- Haryanto, A. (2014). *Energi Terbarukan*. Innosain.
- Haryati, T. (2006). Biogas : limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif. *Wartazoa*, 16(3), 160–169.
- Hidayah, F. Z. (2018). *Analisis Konsentras Gas Metana (CH₄) dan Karbondioksida (CO₂) dari Tangki Septik pada Kegiatan Non Perumahan di Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang*. 124. <http://scholar.unand.ac.id/39062/5/combinepdf%281%29.pdf>
- Ni'mah, L. (2014). Biogas From Solid Waste of Tofu Production and Cow Manure Mixture: Composition Effect. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.26555/chemica.v1i1.500>
- Praptiwi, R. D. (2021). Pemanfaatan Sampah Organik Pasar Tradisional Dengan Penambahan Kotoran Sapi Dan Kotoran Ayam Sebagai Bahan Energi Alternatif Biogas. *EnviroUS*, 1(2), 26–31. <https://doi.org/10.33005/enviroUS.v1i2.32>
- Pratama, D., Hanggita, S., & Supriadi, A. (2015). Uji Potensi Produksi Biogas Pada Campuran Kiambang (Salvinia Molesta) Dan Limbah Jeroan Ikan Gabus (Channa Striata) Menggunakan Batch Anaerobic

Digester. *Jurnal Fishtech*, 4(2), 111–119.

Wahyuni, S. (2017). *Biogas : Hemat Energi Pengganti Listrik, BBM, Dan Gas Rumah Tangga*. Agromedia.