

## Review Analisa Kondisi Optimum Dalam Proses Pembuatan Biogas

Yuni Kurniati<sup>1\*</sup>, Anni Rahmat<sup>1</sup>, Bilal Ivandra Malianto<sup>1</sup>, Dita Nandayani<sup>1</sup>, Wiwit Sri Werdi Pratiwi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Internasional Semen Indonesia

Jl. Veteran Kebon Dalem Sidomoro Kabupaten Gresik 61122 Jawa Timur

<sup>2</sup>Universitas Trunojoyo Madura

Jl. Raya Telang No 02 Kamal Bangkalan Madura 69162 Jawa Timur

[\\*yuni.kurniati@uisi.ac.id](mailto:*yuni.kurniati@uisi.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i2.11305>

### ABSTRACT

*Biogas is a gas produced by anaerobic activity with the process of decomposition (degradation) of organic materials. Biogas can be produced from several sources of methane, including domestic (household) waste, biodegradable waste, animal waste, or organic wastes that can be decomposed under anaerobic conditions. This study aims to determine the effect of various conditions (time, pH, stirring time and the type and concentration of inoculum) on biogas production and to analyze the optimum conditions in the biogas production process. This research was conducted with the factors that influence the process of making biogas. Based on the analysis results obtained several processes in the production of biogas, among others, hydrolysis, acetogenesis, asedogenesis, and methanogenesis. The results of the previous experiment were the optimal biogas research from tofu liquid waste, biogas produced with a volume of 26,700 ml, within 36 days and was obtained using an operating temperature of 35-40°C and using cow dung inoculum, and using a 36 liter digester.*

**Keywords:** *biogas, domestic waste, biodegradable waste, optimum condition*

### PENDAHULUAN

Biogas merupakan gas yang berasal dari degradasi bahan-bahan organik melalui fermentasi atau dikenal sebagai proses metanisasi. Bahan-bahan organik tersebut berasal dari berbagai sumber seperti kotoran hewan, kotoran manusia, sampah, limbah cair tahu dan lain-lain. Biogas adalah gas *flammable* (mudah terbakar) dan dihasilkan dari hasil proses fermentasi bahan-bahan organik dengan bakteri-bakteri anaerobik yaitu bakteri yang dapat bertahan hidup tanpa adanya oksigen (Hambali *et al.*, 2007). Pembuatan biogas merupakan salah satu solusi yang efektif dan ekonomis terhadap penyediaan sumber energi alternatif (Al Mamun dan Torii, 2014; Kaygusuz dan Kaygusuz, 2002).

Permasalahan yang sering dihadapi oleh Indonesia pada tahun 2008 hingga saat ini adalah krisis energi salah satunya adalah bahan bakar yang digunakan dalam masyarakat yaitu bahan bakar minyak (BBM). Hal ini disebabkan oleh semakin meningkatnya kebutuhan energi namun

sebaliknya, bahan baku untuk memproduksinya sangatlah minim dan proses pembuatannya pun memerlukan waktu yang sangat lama. Selain itu pemanfaatan energi yang tidak dapat diperbaharui secara berlebihan ini dapat menimbulkan masalah krisis energi (Wahyuni, 2013). Salah satu masalah krisis energi yang terjadi akhir-akhir ini yaitu sedikitnya bahan bakar minyak (BBM), seperti bensin, solar, dan minyak. Penyebab kelangkaan ini adalah tingkat kebutuhan BBM yang sangat tinggi dan laju peningkatannya sangat cepat setiap tahunnya, sementara bahan baku utama pembuatan BBM tidak tersedia dalam jumlah yang melimpah dan tidak memerlukan waktu yang singkat untuk proses pembentukannya. Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari bahan-bahan organik seperti kotoran manusia, sampah organik, kotoran hewan melalui proses fermentasi di dalam alat produksi biogas (biodigester. Pada umumnya komponen biogas terdiri atas 55-75% metana, 25-45%, karbondioksida, dan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) dan sisa uap air (H<sub>2</sub>O) (Wahyuni, 2013).

### Cite this as:

Kurniati, Y., Rahmat, A., Malianto, B.I., Nandayani, D & Pratiwi, W.S.W. (2021). *Review Analisa Kondidi Optimum dalam Proses Pembuatan Biogas*. *Rekayasa* 14 (2). 272-281.

doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i2.11305>.

© 2021 Yuni Kurniati

### Article History:

**Received:** June, 15<sup>th</sup> 2021; **Accepted:** July, 31<sup>st</sup> 2021

Rekayasa ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8th, 2019 effective until 2023

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari fermentasi bahan organik oleh bakteri anaerob yang tahan pada kondisi kedap udara. Semua jenis bahan organik mengandung senyawa protein, lemak, karbohidrat yang dapat digunakan dalam proses produksi biogas (Bahrin *et al.*, 2011). Biogas juga salah satu energi alternatif yang ramah lingkungan. Hal ini disebabkan karena kandungan terbesar dari biogas adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang jika dilepas ke atmosfer dapat menyumbang terjadinya efek rumah kaca. Namun dengan dimanfaatkannya  $\text{CH}_4$ , gas tersebut mengalami pembakaran sempurna dan membentuk  $\text{CO}_2$  yang kemudian akan dilepas ke lingkungan. Gas  $\text{CO}_2$  tersebut kemudian akan digunakan untuk proses fotosintesis pada tumbuhan. Hal itu menunjukkan bahwa pelepasan gas  $\text{CO}_2$  ke alam bisa dikatakan lebih ramah lingkungan daripada melepas gas metana ( $\text{CH}_4$ ) secara langsung ke alam, karena  $\text{CH}_4$  tidak bisa diserap oleh tumbuhan (Rahayu *et al.*, 2009).

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses degradasi bahan-bahan organik oleh aktivitas mikroorganisme pada kondisi anaerob (tanpa oksigen). Pada biogas ini tidak terdapat standart SNI, hanya terdapat komposisi biogas sebagian besar komponen utamanya adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) sedangkan komponen lain dengan jumlah kecil adalah uap air, hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), karbon monoksida ( $\text{CO}$ ), dan nitrogen ( $\text{N}_2$ ) (Hardoyo *et al.*, 2014). Secara alami, biogas terbentuk pada limbah pembuangan air, tumpukan sampah, dasar danau atau rawa. Hewan mamalia dan manusia menghasilkan biogas dari proses pencernaannya, bakteri pada sistem pencernaan menghasilkan biogas untuk proses pencernaan selulosa pada hewan mamalia (Haryati, 2006).

Komponen utama biogas adalah metana, dimana metana sangat berguna untuk bahan bakar karena memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu sekitar 4800 sampai 6.700 Kkal/ $\text{m}^3$ . Dengan nilai kalor yang tinggi itulah biogas dapat digunakan sebagai penerangan, memasak, menggerakkan mesin dan sebagainya. Perbandingan biogas dengan sumber energi lain adalah 1  $\text{m}^3$  biogas setara dengan elpiji 0,46 kg; 0,62 L minyak; 0,52 L minyak solar; 0,80 L minyak bensin; 1,50  $\text{m}^3$  gas kota; dan 3,50 kg kayu bakar (Sunaryo, 2014).

Berat yang dimiliki biogas kira-kira 20% lebih ringan dibandingkan dengan udara. Suhu

pembakaran pada biogas berkisar antara 650-750°C. Biogas tidak memiliki bau dan warna, warna api yang dihasilkan dari pembakaran adalah biru cerah seperti halnya gas LPG. Efisiensi pada pembakaran biogas sebesar 60% pada kompor biogas konvensional (Wahyuni, 2013). Ketika proses pembakaran dilakukan, api yang terbentuk akan berwarna biru seperti api dari elpiji dan energi panas (kalor) yang dihasilkan sebesar 5.200-5.900 kcal/ $\text{m}^3$  gas atau sama halnya dengan memanaskan sejumlah air dengan volume 65-73 liter dari suhu 20°C sampai mencapai titik dididahnya (Pertiwiningrum, 2015).

Bakteri merupakan mikroba yang pada umumnya bisa hidup di semua tempat. Jenis bakteri sangat banyak ada yang menguntungkan ada pula yang merugikan bahkan ada yang belum teridentifikasi sehingga belum diketahui manfaatnya. Bakteri sering diberi nama berdasarkan produk dominan yang dihasilkannya. Seperti bakteri metanogen, diberi nama metanogen karena menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) (Kapahang *et al.*, 2007).

Bakteri metanogen merupakan bakteri yang terdapat pada bahan-bahan organik dan menghasilkan gas metana serta gas-gas lainnya dengan proses keseluruhan rantai secara anaerobik. Setiap organisme memiliki kondisi khusus dan peka terhadap kondisi dalam digester. Bakteri metanogen merupakan bakteri obligat anaerobik dan sangat sensitif pada perubahan lingkungan. Bakteri metanogenesis termasuk dalam genus *Archaeobacter* yaitu kelompok bakteri yang memiliki struktur morfologi yang sangat heterogen, sifat biokimia yang umum, serta sifat biologis yaitu kondisi molekul yang berbeda dengan bakteri lain (Khaerunnisa dan Ika, 2013).

Ciri khas yang dimiliki bakteri metanogen adalah dapat menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ). Bakteri metanogen merupakan bakteri yang sangat berperan dalam pergerakan  $\text{H}_2$  pada lingkungan yang anaerob. Bakteri metanogen terdapat pada berbagai macam habitat anaerobik termasuk sedimen, sludge dan digester kotoran hewan, buangan kotoran hewan dan manusia dalam jumlah besar. Usus serangga, kayu basah pada pohon, dan rumen. Bakteri metanogen akan bersifat inaktif bila pada kondisi terdapat oksigen, meskipun tidak semua spesies mati secara cepat oleh adanya oksigen. Ada 3 jenis 3 filotipe *Archaea* metanogen dalam limbah makanan yaitu *Methanosphaerula*

palustris, *Methanobrevibacter filiformis*, dan uncultured Archaea dari Grup. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri metanogen juga dapat hidup di limbah makanan (Sunarto, 2013).

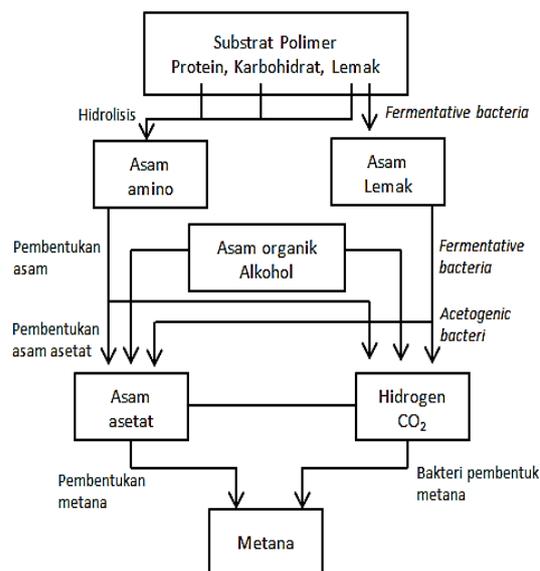
Bakteri tumbuh dengan cara pembelahan secara biner yaitu satu sel yang akan membelah menjadi dua sel. Waktu generasi adalah waktu yang dibutuhkan sel untuk membelah, bervariasi tergantung dari spesies dan kondisi pertumbuhannya. Seperti bakteri anaerob mengkonsumsi karbon sekitar 30 kali lebih cepat dibanding nitrogen. Rasio (perbandingan) optimum pada digester anaerobik sekitar 20-30 hal ini menunjukkan hubungan jumlah karbon dan nitrogen yang dinyatakan dalam hubungan karbon/nitrogen (C/N). Jika rasio C/N terlalu tinggi maka nitrogen akan dikonsumsi dengan cepat oleh bakteri metanogen untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhannya namun hanya sedikit yang bereaksi dengan karbon, sehingga gas yang dihasilkan menjadi rendah. Sebaliknya, jika C/N rendah, nitrogen akan bebas dan akan membentuk ammonia ( $\text{NH}_4$ ) yang dapat meningkatkan pH. Ketika pH lebih tinggi dari 8,5 akan menunjukkan pengaruh negatif pada populasi bakteri metanogen sehingga bakteri metanogen tidak dapat bekerja (Haryati, 2006).

Menurut Widodo (2006), kandungan nutrisi utama untuk bahan pengisi biogas adalah fosfor, kalium dan nitrogen. Kandungan nitrogen dalam bahan sebaiknya sebesar 1,45%, sedangkan fosfor dan kalium masing-masing sebesar 1,10%. Nutrien utama tersebut dapat diperoleh dari kotoran hewan ternak. Dalam penelitian ini akan diuraikan mengenai efektivitas biogas dari berbagai sumber dengan berbagai jenis inokulum yang menggunakan metode review jurnal. Hal yang akan dianalisa dalam penelitian ini meliputi waktu, pH, jenis serta konsentrasi inokulum dan lama pengadukan.

### PROSES PRODUKSI BIOGAS

Secara umum proses pembuatan biogas terdiri dari 4 tahap yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Proses tersebut disajikan dalam Gambar 1. Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang ramah lingkungan. Perkembangan biogas pada masa mendatang akan mampu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak (BBM). Selain itu manfaat dari biogas adalah dapat mengurangi emisi gas rumah kaca. Bahan baku pembuatan biogas berasal dari

berbagai macam limbah organik contohnya adalah kotoran sapi, kotoran ayam, limbah sayuran, limbah cair tahu, dan lain sebagainya (Tabel 1).



Gambar 1. Proses Produksi Gas Metana (Biogas) (Wittmajer et al., 2005)

Tabel 1. Kandungan Biogas

No	Kandungan	Komposisi Biogas (%)	
		(Rajagukguk, 2020)	(Nurhilal, 2020)
1	$\text{CH}_4$	54-70	55-70
2	$\text{CO}_2$	27-45	30-45
3	$\text{N}_2$	3-5	-
4	$\text{H}_2$	1	-
5	$\text{CO}$	0,1	-
6	$\text{O}_2$	0,1	-
7	$\text{H}_2\text{S}$	sedikit	<1
8	Uap Air	-	sisanya

Komponen utama biogas adalah metana, dimana metana sangat berguna untuk bahan bakar karena memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu sekitar 4.800 sampai 6.700 Kkal/ $\text{m}^3$ . Dengan nilai kalor yang tinggi itulah biogas dapat digunakan sebagai penerangan, memasak, menggerakkan mesin dan sebagainya. Perbandingan biogas dengan sumber energi lain adalah 1  $\text{m}^3$  biogas setara dengan elpiji 0,46 kg; 0,62 L minyak; 0,52 L minyak solar; 0,80 L minyak bensin; 1,50  $\text{m}^3$  gas kota; dan 3,50 kg kayu bakar (Sunaryo, 2014).

### PENGARUH WAKTU FERMENTASI TERHADAP VOLUME BIOGAS

Fermentasi anaerobik adalah proses pengolahan senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah menjadi gas metana dan karbondioksida tanpa memerlukan oksigen.

Tabel 2. Waktu Fermentasi Biogas

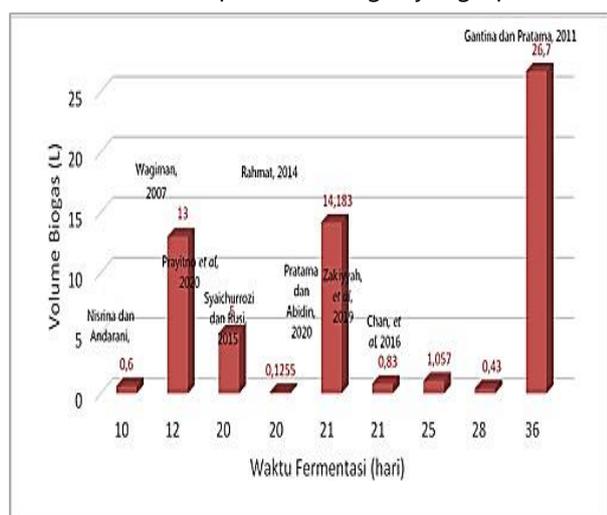
Klaster	Waktu Fermentasi	Kondisi Operasi	Volume (L)	Referensi
1 Minggu	10	Inokulum = kotoran sapi	0,6	Nisrina dan Andarani, 2018
		Kotoran sapi:LCT = 14% : 86%		
		pH = 6.56-6.62		
1 Minggu	12	Inokulum = Mikroorganisme granule	13	Wagiman, 2007
		pH = 4 - 7,5		
		Volume reaktor = 85 L (85000 ml)		
2 Minggu	20	Inokulum = bakteri indigeneous	5	Prayitno <i>et al</i> , 2020
		Bakteri indigeneous : LCT = 30% : 70%		
		Reaktor = digester anerob 50L		
	20	Inokulum = Rumen Sapi	0,1255	Syaichurrozi dan Rusi, 2015
		LV:LCT = 20% : 80%		
		pH = 7 - 5,1		
	21	Inokulum = Kotoran Domba	14,183	Rahmat, 2014
		pH = 6,4 - 7,2		
		Volume digester = 250 ml		
	21	Inokulum = Kotoran Kuda + Ragi Tape	0,83	Pratama dan Abidin, 2020
		LCT:Kotoran Kuda: Ragi Tape = 50:48:2 %		
		pH = 6-7		
21	Volume digester = 19 L (19000 ml)	0,83	Pratama dan Abidin, 2020	
	Inokulum = Kotoran Sapi waktu pengambilan (1, 7, dan 14 hari)			
	Kotoran Sapi:LCT = 19% : 81%			
3 Minggu	25	Volume digester = 20 L (2000 ml)	1,057	Zakiyyah, <i>et al</i> , 2019
		Inokulum = kotoran sapi (waktu pengambilan 7 hari)		
		Kotoran sapi : LCT = 50% : 50%		
3 Minggu	28	pH = 6,1 - 6,7	0,43	Chan, <i>et al</i> , 2016
		Reaktor = digester anaerob 20L		
		Suhu = 32°C-30°C		
4 Minggu	36	Inokulum = Kotoran Sapi	26,7	Gantina dan Pratama, 2011
		LCT:LPT:Kotoran Sapi = 40%:30%:30%		
		Volume digester = 36 L (36000 ml)		
		Suhu = 35°C- 40°C		
5 Minggu	60	inokulum = kotoran sapi	0,13	Utami, 2011
		konsentrasi inokulum = 2.5%		
		kotoran sapi:LCT = 2.5%: 97.5%		
		suhu = 30°C-45°C		

Beberapa tahapan dalam proses fermentasi anaerobik yaitu tahap hidrolisis, pembentukan asam (asidogenesis), pembentukan asetat (asetogenesis), dan tahap pembentukan gas metana (metanogenesis) (Hambali *et al*, 2007).

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan pada beberapa penelitian, dapat dilihat bahwa pada beberapa penelitian yang membahas hubungan waktu fermentasi terhadap volume biogas mempunyai hasil pada rentang 125,5 ml – 26.700

ml. Pada grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa penelitian yang terbaik dapat dilihat pada bagan yang tertinggi yaitu hasil volume terbesar pada waktu 36 hari yaitu pada penelitian Gantina dan Pratama (2011) dengan menggunakan inokulum kotoran sapi. Dapat dilihat pada tabel 1, meskipun waktu fermentasi pada klaster minggu ke-5 lebih lama, akan tetapi ada faktor lain yang berpengaruh terhadap volume biogas yang dihasilkan. Faktor pertama adalah suhu, karena bakteri metanogen sangat peka terhadap suhu. Secara optimum bakteri metanogen mampu tumbuh dan berkembang pada suhu 35°C (Wahyuni, 2013).

Pada klaster minggu ke-4 yaitu dari penelitian Gantina dan Pratama (2011) menunjukkan bahwa suhu yang digunakan pada proses fermentasi lebih mendekati stabil apabila dibandingkan dengan penelitian pada minggu ke-5, sehingga pada penelitian Gantina dan Pratama (2011), semakin lama waktu maka jumlah bakteri metanogen yang berperan pada proses fermentasi akan semakin banyak, sehingga volume biogas yang dihasilkan akan semakin besar pula. Faktor kedua yang mempengaruhi volume biogas yang dihasilkan adalah konsentrasi inokulum. Pada penelitian Gantina dan Pratama (2011), konsentrasi inokulum yang mereka gunakan lebih besar jika dibandingkan dengan penelitian pada klaster minggu ke-5, sehingga seiring bertambahnya waktu maka bakteri metanogen yang akan berperan dalam proses fermentasi juga akan semakin besar, sehingga volume biogas yang dihasilkan juga akan semakin besar. Gambar 3 menunjukkan pengaruh waktu fermentasi dalam produksi biogas yang optimum.



Gambar 3. Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Volume Biogas Yang Dihasilkan

## DERAJAT KEASAMAN (PH)

Dalam proses fermentasi memiliki berbagai reaksi dan interaksi yang terjadi diantara bakteri metanogen dan bakteri non metanogen dimana bahan dijadikan sebagai input. Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses fermentasi. Pada produksi biogas waktu dalam digester menjadi fungsi dari derajat keasaman (pH).

Tabel 3 menunjukkan bahwa, volume biogas dipengaruhi oleh derajat keasaman (pH). Mikroorganisme yang berperan pada proses fermentasi dalam pembuatan biogas akan tumbuh dan berkembang dengan baik pada kondisi pH netral (pH 7) (Wahyuni, 2013). Pada penelitian Rahmat *et al.* (2014); Pratama dan Abidin 2020, perbedaan pada pH tidak terlalu signifikan. Akan tetapi, perbedaan volume biogas yang dihasilkan sangat besar. Hal ini disebabkan karena ada beberapa factor yang mempengaruhi selain pH, yaitu jenis inokulum yang digunakan. Perbedaan jenis inokulum yang digunakan dapat mempengaruhi volume biogas yang dihasilkan, karena setiap jenis inokulum memiliki kandungan bakteri metanogen yang berbeda-beda.

Pada penelitian Nisrina dan Andarani (2018) dan Chan *et al.*, 2016, meskipun perbedaan pH tidak terlalu signifikan dan juga jenis inokulumnya sama, akan tetapi volume biogas yang dihasilkan berbeda. Hal ini disebabkan karena pada penelitian Nisrina dan Andarani 2018 terdapat perlakuan tambahan yaitu dilakukan pengadukan secara berkala pada saat proses fermentasi berlangsung, sehingga dapat mengoptimalkan kontak antara mikroorganisme dengan substrat. Pengadukan selama proses fermentasi dapat meningkatkan homogenitas antara mikroorganisme dan substrat, sehingga proses fermentasi akan berlangsung secara optimum. Hal inilah yang menyebabkan pada penelitian Nisrina dan Andarani (2018) menghasilkan volume biogas yang lebih besar dari Chan *et al.*, (2016). Berdasarkan Tabel 3, pada beberapa penelitian yang membahas pengaruh pH fermentasi terhadap volume biogas mempunyai volume antara 125,5 – 14.183 ml. Pada diagram tersebut juga dapat diketahui bahwa penelitian yang terbaik dapat dilihat pada bagan dengan nilai terbesar yaitu pada pH 7,2 menghasilkan volume biogas paling banyak.

Tabel 3. Pengaruh pH Pada Volume Biogas

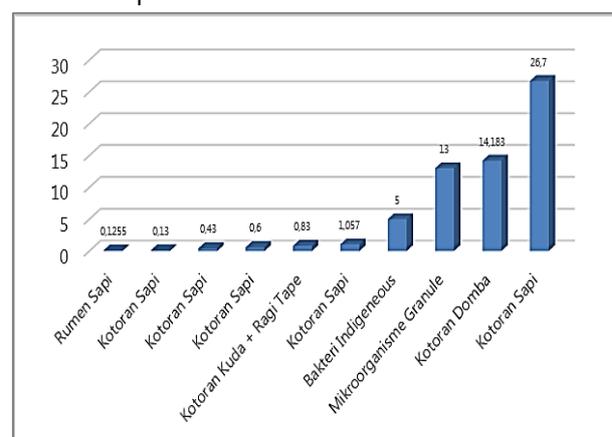
pH	Kondisi Operasi	Volume (L)	Referensi
4 - 7,5	Inokulum = Mikroorganisme granule	13	Wagiman, 2007
	Waktu Fermentasi 12 hari		
	Volume reaktor = 85 L (85000 ml)		
6-7	Inokulum = Kotoran Kuda + Ragi Tape	0,83	Pratama dan Abidin, 2020
	LCT:Kotoran Kuda: Ragi Tape = 50:48:2 %		
	Waktu Fermentasi = 21 hari		
6,1-6,7	Volume digester = 19 L (19000 ml)	0,43	Chan, <i>et al</i> , 2016
	Inokulum = kotoran sapi		
	Kotoran sapi : LCT = 50% : 50%		
	Waktu Fermentasi = 28 hari		
6,4-7,2	Reaktor = digester anaerob 20L	14.183	Rahmat, 2014
	Suhu = 32°C-30°C		
6,56-6,62	Inokulum = Kotoran Domba	0,6	Nisrina dan Andarani, 2018
	Waktu Fermentasi = 21 hari		
	Inokulum = kotoran sapi		
6,5-7,5	Kotoran sapi:LCT = 14% : 86%	5	Prayitno <i>et al</i> , 2020
	Waktu fermentasi = 10 hari		
	Inokulum = bakteri indigeneous		
	Bakteri indigeneous : LCT = 30% : 70%		
7-5,1	Waktu Fermentasi = 20 hari	0,1255	Syaichurrozi dan Rusi, 2015
	Reaktor = digester anerob 50L		
	Inokulum = Rumen Sapi		
	LV:LCT = 20% : 80%		
7-5,1	Waktu Fermentasi = 20 hari	0,1255	Syaichurrozi dan Rusi, 2015
	Reaktor = digester anerob 50L		
	Inokulum = Rumen Sapi		
	LV:LCT = 20% : 80%		

### JENIS INOKULUM

Inokulum yang digunakan dalam proses pembuatan biogas dengan metode fermentasi anaerob sangat beragam. Inokulum diperlukan untuk mempercepat proses perombakan bahan organik menjadi biogas, bisa digunakan lumpur aktif organik atau cairan isi rumen. Tabel 4 menunjukkan pengaruh jenis inokulum terhadap volume biogas yang dihasilkan.

Selain itu, Gambar 4 menunjukkan profil grafik pengaruh jenis inokulum pada proses produksi biogas. Berdasarkan gambar 4, biogas yang dihasilkan sejumlah 125,5 mL hingga 26.700 mL. Hasil terbaik dapat dilihat pada bagan yang tertinggi yang menggunakan jenis inokulum kotoran sapi dengan volume biogas terbesar, yaitu pada penelitian Gantina dan Pratama, 2011 dengan

hasil biogas 26,7 liter menggunakan inokulum kotoran sapi.



Gambar 4. Pengaruh Jenis Inokulum Pada Volume Biogas

Tabel 4. Pengaruh Menunjukkan Pengaruh Jenis Inokulum

Jenis Inokulum	Kondisi Operasi	Volume (L)	Referensi
Kotoran Sapi	Waktu Fermentasi = 10 hari	0,6	Nisrina dan Andarani, 2018
	kotoran sapi:LCT = 14% : 86%		
	pH = 6,56-6,62		
Mikroorganisme Granule	Waktu Fermentasi = 12 hari	13	Wagiman, 2007
	pH = 4 - 7,5		
	Volume reaktor = 85 L (85000 ml)		
Bakteri Indigeneous	Waktu Fermentasi = 20 hari	5	Prayitno et al, 2020
	Bakteri indigeneous : LCT = 30% : 70%		
	reaktor = digester anerob 50L		
Rumen Sapi	Waktu Fermentasi = 20 hari	0,1255	Syaichurrozi dan Rusi, 2015
	LV:LCT = 20%: 80%		
	pH = 7 - 5,1		
	Volume digester = 250 ml		
Kotoran Domba	Waktu Fermentasi = 21 hari	14.183	Rahmat, 2014
	pH = 6,4 - 7,2		
Kotoran Kuda + Ragi Tape	Waktu Fermentasi = 21 hari	0,83	Pratama dan Abidin, 2020
	LCT:Kotoran Kuda: Ragi Tape = 50:48:2 %		
	pH = 6-7		
	Volume digester = 19 L (19000 ml)		
Kotoran Sapi	Waktu Fermentasi = 25 hari	1.057	Zakiyyah, et al, 2019
	Kotoran Sapi:LCT = 19% : 81%		
	Volume digester = 20 L (2000 ml)		
Kotoran Sapi	Waktu Fermentasi = 28 hari	0,43	Chan, et al, 2016
	kotoran sapi : LCT = 50% : 50%		
	pH = 6,1 - 6,7		
	reaktor = digester anaerob 20L		
	suhu = 32°C-30°C		
Kotoran Sapi	Waktu Fermentasi = 36 hari	26.7	Gantina dan Pratama, 2011
	LCT:LPT:Kotoran Sapi = 40%:30%:30%		
	Volume digester = 36 L (36000 ml)		
	Suhu = 35°C- 40°C		
Kotoran Sapi	Waktu Fermentasi = 60 hari	0,6	Nisrina dan Andarani, 2018
	konsentrasi inokulum = 2.5%		
	kotoran sapi:LCT = 2.5%: 97.5%		

### KONSENTRASI INOKULUM

Inokulum yang digunakan dalam proses produksi biogas menggunakan metode fermentasi anaerob sangat bervariasi. Dalam pembuatan biogas, konsentrasi inokulum perlu diperhatikan karena menjadi salah satu faktor yang berpengaruh

terhadap volume biogas yang dihasilkan. Konsentrasi inokulum berdasarkan literatur disampaikan pada Tabel 5. Tabel tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi inokulum berbanding lurus dengan volume biogas yang diproduksi.

Tabel 5. Pengaruh Konsentrasi Inokulum

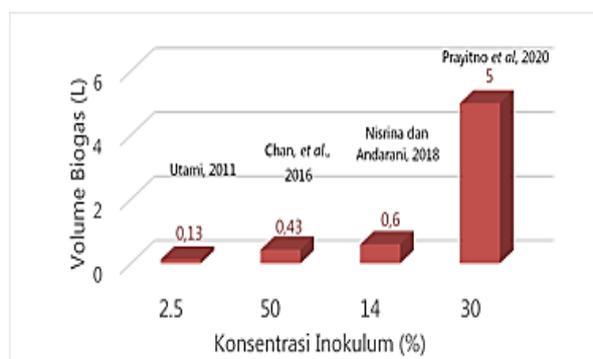
Konsentrasi Inokulum	kondisi operasi	Volume (L)	Referensi
2.50%	Inokulum = kotoran sapi	0.13	Utami, 2011
	Waktu Fermentasi = 60 hari		
	Kotoran sapi:LCT = 2.5%: 97.5%		
	Suhu = 30°C-45°C		
14%	Inokulum = kotoran sapi	0.6	Nisrina dan Andarani, 2018
	Waktu Fermentasi = 10 hari		
	pH = 6,56-6,62		
30%	Inokulum = bakteri indigeneous	5	Prayitno <i>et al</i> , 2020
	Waktu Fermentasi = 20 hari		
	Reaktor = digester anerob 50L		
50%	Inokulum = kotoran sapi	0.43	Chan, <i>et al</i> , 2016
	Waktu Fermentasi = 28 hari		
	pH = 6,1 - 6,7		
	Reaktor = digester anaerob 20L		
	Suhu = 32°C-30°C		

Hal ini terjadi karena dengan tingginya konsentrasi suatu inokulum yang menyebabkan mikroorganisme yang terkandung di dalamnya juga semakin banyak, sehingga proses pendegradasian bahan organik bisa berlangsung lebih optimal. Akan tetapi, pada kondisi tertentu penambahan konsentrasi inokulum justru akan mengganggu proses pendegradasian bahan organik, karena tidak seimbang antara jumlah mikroorganisme dan bahan organik akan menyebabkan tingginya tingkat kompetisi mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik, sehingga proses fermentasi yang terjadi kurang maksimal (Haryati, 2006). Hal ini akan mengakibatkan volume biogas yang dihasilkan akan menjadi kecil. Akan tetapi, volume biogas juga dipengaruhi oleh faktor lain, salah satunya adalah jenis inokulum.

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwasannya dari penelitian Prayitno *et al.*, (2020) dan Chan *et al.*, (2016) menunjukkan bahwa volume biogas yang dihasilkan pada penelitian Prayitno *et al.*, (2020) lebih besar dari pada Chan *et al.*, (2016) meskipun konsentrasi inokulum pada penelitian Chan *et al.*, (2016) lebih besar jika dibandingkan dengan Prayitno *et al.*, (2020). Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan jenis inokulum yang digunakan dalam penelitian mereka, sehingga volume biogas yang dihasilkan juga berbeda. Perbedaan jenis

inokulum yang digunakan dalam penelitian dapat mempengaruhi volume biogas yang dihasilkan, karena jumlah bakteri metanogen yang terkandung dalam berbagai jenis inokulum juga berbeda-beda (Hutagulung, 2017). Efek salah satu faktor ini ditunjukkan dalam Gambar 3.

Hasil dari pengaruh konsentrasi inokulum menunjukkan bahwa pada beberapa penelitian yang membahas hubungan konsentrasi inokulum terhadap volume biogas mempunyai volume antara 130 – 5000 ml. Pada diagram tersebut juga dapat dilihat bahwa penelitian yang terbaik ditunjukkan dengan jumlah volume terbesar yaitu pada penelitian Prayitno (2020) dengan konsentrasi inokulum sebesar 30%.



Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi Inokulum Pada Volume Biogas

## PENGADUKAN

Untuk mendapatkan campuran bahan isian yang homogen, dengan ukuran partikel yang kecil maka diperlukan pengadukan. Selain itu, pengadukan pada proses degradasi berfungsi untuk mencegah terjadinya benda-benda mengapung pada permukaan cairan dan juga berfungsi untuk mencampurkan mikroorganismenya dengan substrat. Di sisi lain, pengadukan juga mampu memberikan mempercepat homogenitas dari temperatur dalam digester. Pada penelitian Prayitno (2020), yang menggunakan variabel pengadukan selama 14 hari menunjukkan bahwa produksi biogas pada kondisi tanpa pengadukan akan menghasilkan volume biogas yang lebih kecil dibandingkan dengan ada pengadukan. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa pengadukan menghasilkan kontak yang cukup antara substrat dengan populasi bakteri dan juga menghasilkan homogenitas yang lebih baik, sehingga proses fermentasi akan berlangsung dengan baik dan secara otomatis jumlah biogas yang dihasilkan juga menjadi lebih besar.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut :

1. Proses produksi biogas terdiri dari beberapa proses seperti hidrolisis, asetogenesis, asidogenesis, dan metanogenesis.
2. Semakin lama waktu fermentasi maka semakin besar pula produksi biogas yang dihasilkan. Namun pada waktu tertentu, penambahan waktu tidak dapat meningkatkan produksi volume biogas, hal ini disebabkan oleh jumlah bahan organik dalam substrat yang telah habis.
3. Semakin netral pH fermentasi (pH mendekati 7), maka semakin optimum proses produksi biogas yang terjadi, sehingga semakin besar pula biogas yang dihasilkan.
4. Dengan adanya pengadukan menunjukkan bahwa proses produksi biogas yang terjadi semakin baik, sehingga biogas yang dihasilkan juga semakin besar. Semakin lama waktu pengadukan, juga dapat meningkatkan produksi biogas.
5. Semakin besar konsentrasi inokulum yang digunakan, maka semakin besar pula produksi biogas yang dihasilkan. Akan tetapi sebaliknya apabila kadar inokulum terlalu tinggi dapat menurunkan laju produksi biogas, karena semakin banyak jumlah mikroorganismenya akan menyebabkan tingginya tingkat kompetisi antar mikroorganismenya, sehingga penguraian bahan organik akan berlangsung secara kurang optimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Mamun M.R., dan Torii S. (2014). Production of biomethane from cafeteria, vegetable and fruit wastes by anaerobic co - digestion process. *Journal of Agricultural Technology*, vol 1 (2): pp. 94-99
- Bahrin, D., et al. (2011). Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal Terhadap Komposisi Biogas Dari Sampah Organik Pasar Di Kota Palembang. ISBN:979-587-395-4.
- Chan, et al. (2016). Produksi Biogas dan Penyisihan COD dari Limbah Cair Tahu. *Jurnal Teknologi Lingkungan Basah*, Vol. 4, No. 1.
- Gantina, M. T. dan Hendri P. (2011). Potensi Biogas Limbah Tahu Menggunakan Digester Type Batch Sirkulasi Liquid pada Suhu 35 °C - 40 °C. *Jurnal Teknik Energi*, Vol.2, No.1.
- Hambali, E., Mujdalipah, S., Halomoan, A.T., Pattiwiri, A.W. dan Hendroko, R. (2007). Teknologi Bioenergi. Penerbit Agromedia, Jakarta.
- Haryati, T. (2006). Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *WARTAZOA*, Vol. 16, No. 3.
- Kapahang, A., et al. (2007). Isolasi, karakterisasi, dan Identifikasi Bakteri Metanogenik Asal Limbah Air Kelapa. *Forum Pascasarjana*, Vol. 30, No. 1: 25-35. Bogor: IPB.
- Kaygusuz K, dan Kaygusuz A. (2002). Renewable energy and sustainable development in turkey. *Renewable energy*, vol 25 : pp. 431-453
- Khaerunnisa, G. dan Ika R. (2013). Pengaruh pH dan Rasio COD:N Terhadap Produksi Biogas Dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinnase). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 2, No.3.
- Nisrina dan Andarani. (2018). Pemanfaatan Limbah Tahu Skala Rumah Tangga Menjadi Biogas Sebagai Upaya Teknologi Bersih di Laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan – BPPT. *Jurnal Universitas Diponegoro*, Vol 15, No. 2.
- Nurhilal, Muhammad., et al. (2020). Pengaruh Komposisi Dan Waktu Fermentasi Campuran

- Limbah Industri Tahu Dan Kotoran Sapi Terhadap Kandungan Gas Methane Pada Pembangkit Biogas. *Jurnal Teknologi Terapan*, Vol.6, No.1.
- Pertiwiningrum, A. (2015). Instalasi Biogas. *Universitas Gajah Mada, Yogyakarta*.
- Pratama, W. D. dan Asroful A. (2020). Pengaruh Variasi Komposisi Starter Kotoran Kuda, Ragi Dan Em- 4 Terhadap Kualitas Bahan Bakar Biogas Limbah Cair Tahu. *Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, Vol. 4, No. 2: 24-29.
- Prayitno, et al. (2020).\_Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Tahu Menggunakan Bakteri Indigeneous. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, Vol. 4, No.2.
- Rahayu, S., et al. (2009). Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi Sebagai Energi Alternatif Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosio Kulturalnya. *Jurnal UNY*. Volume 13, Nomor 2, Agustus 2009. FISE Universitas Negeri Yogyakarta: Yogyakarta.
- Rahmat, B., et al. (2014). Biogas Production From Tofu Liquid Waste On Treated Agricultural Wastes. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, Vol.9, No.2: 226-231.
- Rajagukguk. (2020). Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Menggunakan Reaktor Biogas Portabel. *Jurnal Quantum Teknika*, Vol. 1, No. 2.
- Sunarto. (2013). Karakteristik Metanogen Selama Proses Fermentasi Anaerob Biomassa Limbah Makanan. *Jurnal Ekosains*, Vol.5, No.1.
- Sunaryo. (2014). Rancang Bangun Reaktor Biogas Untuk Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sapi di Desa Limbangan Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal PPKM UNSIQ I*, 21-30.
- Syaichurrozi, I. dan Rusdi. (2015). Pencernaan Campuran Limbah Vinase dan Limbah Cair Tahu untuk Meningkatkan Produksi Biogas. *Jurnal Eksergi*, Vol.12, No.2.
- Utami. (2011). Pemanfaatan Eceng Gondok Sebagai Katalis Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Secara Anaerobik. *Jurnal Litbang Industri*, Vol. 48, No. 3.
- Wagiman. (2007). Identifikasi Potensi Produksi Biogas dari Limbah Cair Tahu dengan Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB). *Jurnal Bioteknologi*, Vol. 4, No.2: 41-45.
- Wahyuni, Sri. (2013). Panduan Praktis Biogas. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Widodo, T. (2006). Rekayasa dan Pengujian Reactor Biogas Skala Kelompok Tani Ternak. *Jurnal Engineering Pertanian Balai Besar Pengembangan Mekanisme Pertanian*. Vol.4, No.1: 1- 4.
- Wittmajer, M., S. Fimdeisen, B. Sawilla, B. Bilitewski, P. Werner, H. Weismeth, M. Schirmer, C. Hahn, M. Golde, C.F. Wooldridge, J. M. Green, N.D. Quayn, dan D.T. Cong. (2005). Handbook : Decision Support System (DSS) for the Application of Renewable Energy (RE) from Biogas and Biomass Combustion Under Particulate of Framework Conditions in Vietnam and Thailand. *Co Funded : European Comission and ASEAN-EU*.
- Zakiyyah, A.F. Dini., et al. (2019). Pengaruh Waktu Pengambilan Starter Terhadap Produksi Biogas. *Jurnal Teknologi Separasi*, Vol.5, No.2: 47-51.