

# Analisis Proses Pembentukan Biogas dari Campuran Limbah Ikan, Kotoran Sapi dan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*)

Rosita Dwityaningsih<sup>1\*</sup>, Theresia Evila Purwanti Sri Rahayu<sup>1</sup>, Murni Handayani<sup>2</sup>,  
Mardiyana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi DIV Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap. Jl. Dr. Soetomo No.1, Sidakaya, Cilacap Selatan

<sup>2</sup>Program Studi DIV Pengembangan Produk Agro Industri, Politeknik Negeri Cilacap. Jl. Dr. Soetomo No.1, Sidakaya, Cilacap Selatan

\*e-mail korespondensi: [rosita.dwityaningsih@pnc.ac.id](mailto:rosita.dwityaningsih@pnc.ac.id)

## INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 10 Mei 2024  
Disetujui : 21 Mei 2024  
Terbit Online : 30 Mei 2024

### Key Words:

Anaerobic  
biogas; cow dun  
fish waste  
water hyacinth

## ABSTRACT

*One of the biomass that can be used for making biogas is fish waste. Based on the research, fish waste has a small c / n ratio so it requires mixing with other organic materials that have a higher c / n ratio. The addition of water hyacinth and cow dung will increase the c / n ratio in the anaerobic process to make biogas. The aim of this research is to analyze the process anaerobically of biogas formation from a mixture of fish waste, cow dung, and water hyacinth. Biogas is made with a variation composition of cow dung (D1), a mixture of cow dung, water hyacinth, and fish waste (D2), and a mixture of cow dung and fish waste (D3.) The Variation ratio of each composition is 1: 0: 0; 5: 1: 1 and 2: 0: 1. The results are the value of volatile solid and total solid for each composition of D1, D2, D3 was 33,600 mg / L, 34,800 mg / L, 33,000 mg / L. Value of Total Solid D1, D2, D3 are 121,800 mg / L, 146,200 mg / L, 174,600 mg / L. Fermentation process lasts for 1 month at a temperature 25°C-33°C and pH 6-7. The rates of degradation of organic compounds for D1, D2, D3 are 0.0058/day; 0.0439/day and 0.0052/day.*

## PENDAHULUAN

Biogas merupakan salah satu sumber energi alternatif yang digunakan sebagai salah satu pengganti energi fosil. Biogas berasal dari proses degradasi senyawa *organic* melalui proses *anaerobic* dengan melalui bantuan bakteri *methanogen*. Biogas terdiri dari komponen utama yaitu 'bakar'[\(Adelia et al. 2020\)](#). Gas metana murni mempunyai nilai kalor sebanyak 8.900 kkal/m<sup>3</sup>, sedangkan biogas yang masih belum merupakan gas metan murni karena masih bercampur dengan gas lain mengandung nilai kalor sebesar 5000-6.513 kkal/m<sup>3</sup>[\(Subagyo and Wijaya 2017\)](#).

Proses pembuatan biogas dengan melalui proses anaerob digestion melewati 3 tahapan yaitu hidrolisis, acidogenesis dan methanogenesis. Pada proses fermentasi, tahap hidrolisis adalah merupakan tahap awal dari proses penguraian anaerobik dimana senyawa organik kompleks akan dirubah dalam bentuk yang sederhana (Rambe 2014).

Hasil degradasi polimer yang berupa monomer-monomer tersebut oleh mikroorganisme dijadikan substrat (makanan). Pada tahap ketiga,

monomer karbohidrat dirubah oleh bakteri metagenesis menjadi metana melalui dua mekanisme yaitu fermentasi asam asetat dan reduksi gas CO<sub>2</sub> menggunakan H<sub>2</sub>.

Salah satu limbah organik yang bisa dijadikan sebagai sumber bahan pembuatan biogas yaitu limbah ikan. Sumber limbah ikan terdiri dari kepala, jeroan, dan ikan sortiran yang bukan menjadi tangkapan utama nelayan merupakan salah satu sumber limbah yang cukup besar di Indonesia yaitu sekitar 7 juta ton pada tahun 2017 [\(Mahmuda and Pande Santoso 2020\)](#). Limbah ikan merupakan limbah organik yang mudah membusuk, apabila tidak ditangani dengan benar maka akan mengakibatkan pencemaran lingkungan. Sehingga menjadikannya sumber energi alternative merupakan salah satu solusi yang sangat baik untuk mengatasi pencemaran sekaligus mendapatkan energi terbarukan. Limbah ikan merupakan limbah yang kaya akan lipida dan protein, dengan adanya lipida dan protein tersebut akan memberi metana tinggi, dan bisa menjadi substrat bagi bakteri metanogen [\(Kafle and Kim 2012\)](#). Untuk menghasilkan kadar

metana yang tinggi diperlukan komposisi c/n rasio yang ideal dalam komposisi bahan pembuatan biogas. Menurut penelitian yang

dilakukan oleh Rosita, dkk diperoleh hasil kandungan C/N rasio untuk beberapa limbah organic adalah sebagai berikut

Tabel 1. Tabel perbandingan parameter C/N ratio pada kotoran sapi, enceng gondok dan limbah ikan.

Parameter	Satuan	Kotoran sapi	Enceng gondok	limbah Ikan
Karbon organik	%	36,215	33,996	39,174
Nitrogen Total	%	1,691	2,694	9,866
C/N ratio		21,42	12,62	3,97

Sumber: [\(Dwityaningsih and Triwuri 2018\)](#)

Apabila dilihat tabel di atas, maka diperlukan pencampuran substrat agar diperoleh C/N rasio yang lebih tinggi, sehingga dilakukan proses *anaerobic co-digestion* dalam pembuatan biogas tersebut. Dengan adanya proses *co-digestion* diharapkan tercapai keseimbangan nutrisi bagi bakteri *methanogen* sehingga akan meningkatkan kinerja proses pembuatan biogas. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kadar volatile solid apabila di tambahkan bahan eceng gondok dalam pembuatan biogas dari limbah ikan.

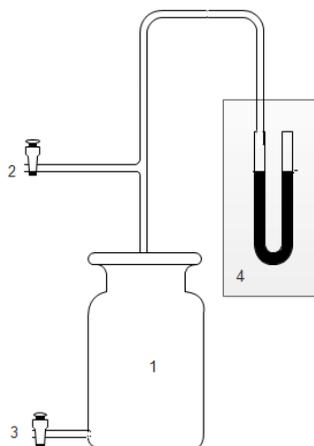
## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Lokasi Penelitian

Peralatan yang digunakan meliputi rangkaian digester biogas, oven merk *mimmert*, *furnace merk neberthem*, timbangan analitik merk *Shimadzu*, cawan krus porcelain.

### Pembuatan digester biogas.

Digester biogas dibuat dari bahan-bahan yang sederhana dengan design sebagai berikut:



Keterangan:

1. Digester biogas
2. Pipa untuk uji nyala biogas
3. Pipa untuk pengambilan sampel
4. Manometer

Gambar 1. Rangkaian digester biogas (Sumber:peneliti)

## Preparasi bahan

Enceng gondok yang sudah diambil dari rawa kemudian dikecilkan dengan menggunakan blender sehingga mudah untuk dilakukan fermentasi. Kemudian enceng gondok didiamkan selama 3 hari agar terjadi fermentasi dan bentuknya agak layu. Kemudian Limbah ikan

yang diperoleh dari pasar ikan di Kabupaten Cilacap dilakukan pensortiran terhadap limbah jeroan dan tulang ikan, kemudian dilakukan pencucian dan penghalusan. Selanjutnya dilakukan pencampuran komposisi untuk setiap digester. Digester 1 (D1) berisi digester kontrol yang berisi 10 kg kotoran sapi, kemudian untuk

digester 2 (D2) berisi kotoran sapi, enceng gondok, limbah ikan dengan perbandingan = 5:1:1 sedangkan untuk digester 3 (D3) berisi kotoran sapi dan limbah ikan dengan perbandingan = 2:1. Untuk meningkatkan kelembaban disetiap digester D1, D2 dan D3 ditambahkan air sebanyak 3,5 liter. Pembuatan biogas dilakukan dengan melalui proses *anaerobic co-digestion* dengan metode *batch* dengan kapasitas digester 20 L. Dari ketiga digester tersebut dilakukan sampling *sludge* biogas secara periodik setiap minggu selama 1 bulan. *Sludge* biogas dari ketiga digester dilakukan pengambilan sampel setiap minggu selama satu bulan sebanyak 100 mL. Sampel yang sudah diambil dilakukan pengukuran kadar

total solid, *volatile solid*, kadar abu dan kadar air dengan metode SNI 06-6989.26-2005.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh waktu terhadap nilai *Total Solid, Volatile Solid* dan kadar air *sludge* biogas.

Pembentukan biogas terdiri dari 4 tahapan yaitu tahap hidrolisis, asidogenesis, acetogenesis dan metanogenesis. Sehingga waktu proses sangat berpengaruh terhadap kondisi *sludge* campuran pembentuk biogas. Hasil penelitian untuk mengetahui waktu proses terhadap nilai *total solid, volatile solid*, kadar air, suhu dan pH *sludge* biogas dapat diketahui dari Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil pengukuran kadar air, kadar abu, kadar *volatile solid* dan total solid.

Sampel	Hari	Kadar Air (%)	Kadar <i>Volatile Solid</i> (ppm)	Kadar Total Solid (ppm)
D1	0	85,85	33.600	121.800
	7	86,87	31.000	118.200
	14	87,56	30.000	107.200
	21	88,04	29.800	108.400
	28	86,83	28.000	108.000
D2	0	83,05	34.800	146.200
	7	91,25	20.400	80.200
	14	95,48	12.600	45.200
	21	96,49	10.000	30.800
	28	94,27	10.400	28.000
D3	0	81,79	33.000	174.600
	7	86,55	30.800	123.000
	14	86,4	30.600	120.200
	21	87,75	28.800	119.200
	28	86,2	28.400	112.800

Keterangan:

Komposisi:

D1 = Kotoran sapi,

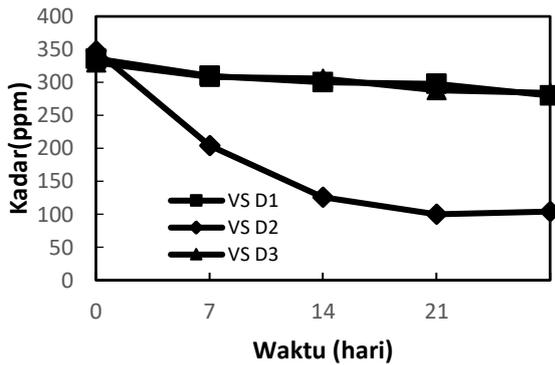
D2= Kotoran sapi, Enceng Gondok, Limbah Ikan,

D3 = Kotoran Sapi dan limbah ikan.

### Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar *volatile solid*.

*Volatil solid* adalah jumlah zat padat dalam sebuah material yang menguap pada suhu 550°C dan disebut sebagai padatan organik total (Ritonga, Masrukhi, and Safi'i 2021). Parameter *volatil solid* merupakan salah satu indikasi terjadi

perubahan jumlah bahan organik yang terdegradasi selama proses pembentukan biogas. Sehingga waktu proses terjadinya biogas berpengaruh terhadap nilai kadar volatil solid. Berikut ini merupakan grafik hubungan antara waktu proses dengan nilai kadar *volatile solid*.



Gambar 2. Kandungannya Volatile Solid pada sludge D1, D2 dan D3

Kandungannya *volatile solid* merupakan banyaknya senyawa organik seperti protein, karbohidrat, glukosa dan lainnya yang menguap pada suhu 550°C dimana jumlah tersebut mewakili banyaknya mikroorganisme yang terdapat dalam sampel (Yulistiani et al. 2017). Pada grafik diatas dapat dilihat *trend* penurunan *volatile solid* pada ketiga digester yaitu D1, D2 dan D3. Pada digester ke-2 yang berisi campuran kotoran sapi, enceng gondok dan limbah ikan mengalami penurunan *volatile solid* yang sangat signifikan apabila dibandingkan dengan D1 yang hanya berisi kotoran sapi saja dan D2 yang berisi kotoran sapi dan limbah ikan saja. Menurunnya kadar *volatile solid* mengindikasikan bahwa senyawa organik tersebut mengalami degradasi oleh mikroba menjadi *volatile fatty acid*, alkohol, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Mulyadi, Yuningsih, and Kusumawati 2016).

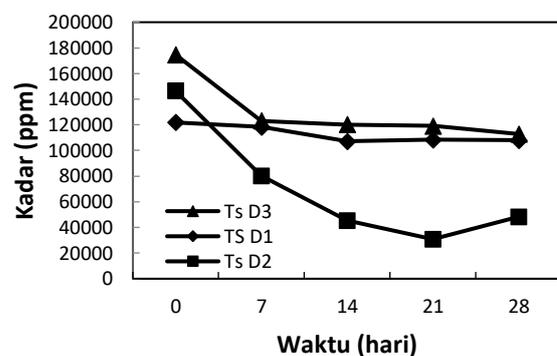
Hal ini dikarenakan degradasi senyawa organik pada D2 berlangsung lebih cepat apabila dibandingkan dengan digester lainnya. Penambahan enceng gondok kedalam D2 mengakibatkan senyawa organik mengalami reaksi hidrolisis, *acidogenesis* dan *metanogenesis* lebih cepat apabila dibanding dengan digester yang berisi kotoran sapi dan campuran kotoran sapi dan limbah ikan. Hal ini dikarenakan enceng gondok yang ditambahkan sudah mengalami fermentasi sebelum ditambahkan ke digester anaerob sehingga dimungkinkan sudah tumbuh mikroba saat melakukan fermentasi di luar digester sehingga bisa lebih mempercepat terjadinya proses hidrolisis. Enceng gondok yang ditambahkan pada digester bisa menambah kecepatan degradasi selulosa menjadi glukosa sehingga lebih mudah dikonsumsi oleh mikroba yang mengakibatkan turunnya kadar *volatile*

*solid*. Pada pembuatan biogas, penambahan substrat tumbuhan air bisa meningkatkan produksi biogas (Tricia, Widiastuti, and Lestari 2017). Sedangkan pada digester yang hanya berisi kotoran sapi (D1), terlihat pada grafik mempunyai *trend* penurunan *volatile solid* akan tetapi lebih landai dari D3 dan hampir sama dengan D2. Hal ini dikarenakan mikroba yang mendegradasi senyawa organik pada digester D2 hanya menggunakan senyawa organik dari kotoran sapi untuk dijadikan substrat sehingga terjadi kekurangan substrat dan mengakibatkan lambatnya degradasi senyawa organik yang dapat dilihat dari penurunan *volatile solid* yang tidak sebesar digester D2. Sedangkan untuk digester D2 penurunan *volatile solid* hampir sama dengan penurunan *volatile solid* pada D1 hal ini mengindikasikan bahwa penambahan limbah ikan saja ke dalam digester biogas tidak menambah substrat yang signifikan terhadap bakteri dalam melakukan proses hidrolisis. Penurunan *volatile solid* pada D2 yang cukup tajam terjadi sampai hari ke-14. Hal ini dimungkinkan karena *volatile solid* merupakan substrat yang dibutuhkan bakteri untuk bekerja pada proses hidrolisis (Nisrina and Andarani 2018).

### Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap kadar total solid.

*Total solid* merupakan jumlah bahan organik dan anorganik dalam sebuah bahan. Kadar total solid dapat menunjukkan proses degradasi suatu bahan organik. Waktu proses akan berpengaruh terhadap perubahan nilai kadar total solid, jika proses degradasi itu berlangsung dengan baik. Hasil pengukuran total solid setiap minggu selama proses pembentukan biogas dapat dilihat pada gambar berikut:

Tambahkan disini kalimat/ paragraf pembuka, jangan langsung menuju gambar atau tabel



Gambar 3. Kandungan *Total Solid* pada *sludge* D1, D2 dan D3

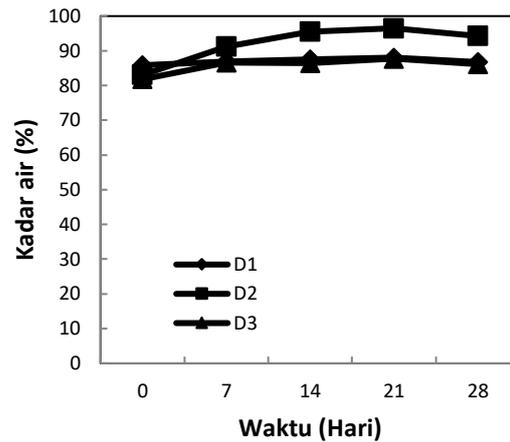
Pada gambar 3 dapat dilihat kadar *total solid* yang semakin menurun pada setiap digester variasi komposisi. Dimana kandungan *total solid* merupakan kandungan padatan total baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam sampel biogas. Dimana lamanya proses fermentasi mempengaruhi kadar total solid dalam sebuah *sludge* biogas (Anwar, Widjaja, and Prajitno 2021).

Pada hari ke-0 kandungan *total solid* D3 yang paling tinggi nilainya apabila dibandingkan dengan D2 maupun D1. Hal ini dimungkinkan pengadukan yang terdapat dalam digester kurang merata sehingga proses samplingnya tidak berlangsung homogen sehingga mendapatkan kadar *total solid* tertinggi pada D3. Akan tetapi dalam *trend* yang terjadi selama satu bulan terjadi penurunan pada D2 yang lebih tajam apabila dibandingkan dengan D1 maupun D3. *Trend* ini sebanding dengan grafik penurunan kadar *volatile solid*. Hal ini dikarenakan di dalam D2 lebih banyak senyawa organik yang terdegradasi oleh mikrobia sehingga jumlah total padatannya menurun tajam. Pada D1 dan D3 juga mengalami penurunan kadar *total solid*, dimana D3 mengalami penurunan yang lebih tajam dari pada D1. Hal ini dimungkinkan karena pada D3 mengandung limbah ikan yang dapat menjadi substrat bagi mikrobia akan tetapi pada D1 hanya mengandung kotoran sapi saja sebagai substrat sehingga mikrobia yang tumbuh tidak sebanyak pada D2 maupun D3.

### Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar air.

Perubahan kadar total solid dan volatil solid dalam sebuah bahan organik juga mempengaruhi kadar air bahan tersebut. Total padatan yang terdegradasi oleh mikroorganisme selama pembentukan biogas akan menghasilkan kenaikan kadar air bahan. Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hubungan waktu fermentasi dengan kadar air *sludge* biogas.

Sama dengan di atas

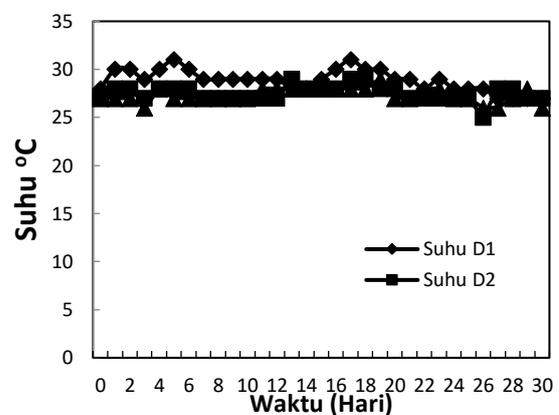


Gambar 4. Kadar air pada *sludge* D1, D2 dan D3.

Pada gambar 4 diatas dapat diketahui bahwa terjadi kenaikan kadar air pada digester D1, D2 dan D3 selama periode sampling selama 1 bulan. Kenaikan yang paling tajam terjadi pada D2 dibandingkan D1 maupun D3. Hal ini sebanding dengan yang terjadi pada penurunan *volatile solid* dan *total solid*. Peningkatan kadar air ini sebanding dengan berkurangnya massa padatan pada digester diakibatkan padatan yang mengandung senyawa organik mengalami degradasi oleh bakteri pada proses pembuatan biogas.

### Pengaruh waktu fermentasi terhadap suhu

Suhu sangat berpengaruh terhadap kinerja bakteri pembentuk biogas. Bakteri pembentuk biogas bekerja pada rentang suhu 20°C-40°C dan suhu optimum antara 28°C-30°C. Sehingga pengukuran suhu selama proses berlangsung sangat di perlukan untuk memantau kinerja bakteri pembentuk biogas. Berikut merupakan hasil pengukuran suhu setiap hari selama proses berlangsung.

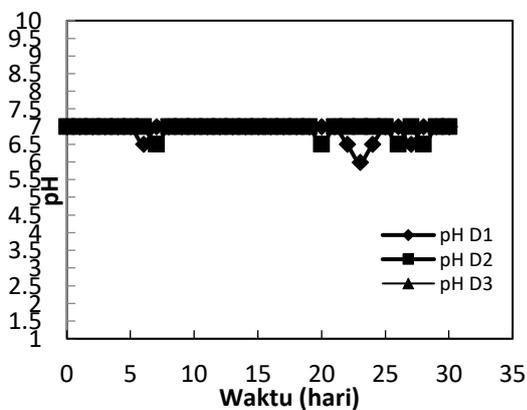


Gambar 5. Suhu pada *sludge* D1, D2 dan D3.

Pada proses pembentukan biogas dengan proses *anaerobic co-digestion* kondisi suhu harus stabil selama proses fermentasi. Pada gambar antara hubungan suhu pengamatan tiap hari pada D1, D2 dan D3. Apabila dilihat dari grafik diatas dapat diketahui suhu digester untuk D1, D2 dan D3 berada suhu 25°C – 33°C selama 30 hari. *Range* suhu tersebut merupakan suhu untuk bakteri mesofilik untuk berkembang akan tetapi belum memenuhi suhu optimum bakteri mesofilik pembuat biogas untuk berkembang. Proses fermentasi *anaerobic* dalam pembentukan biogas terjadi pada kondisi suhu mesofilik maupun termofilik. Untuk kondisi mesofilik, suhu optimum bakteri bekerja pada kisaran suhu 28°C-45°C dan suhu optimum 35°C sedangkan untuk kondisi termofilik terjadi pada kisaran suhu 50°C-60°C dan suhu optimum 55°C (Afrian et al. 2017)

### Pengaruh waktu fermentasi terhadap pH.

Pengukuran pH sangat perlu dilakukan untuk menjaga bakteri pembentuk biogas tetap bekerja secara optimal. Suhu dipantau setiap hari selama proses pembentukan biogas dengan menggunakan pH meter digital. Berikut ini merupakan grafik hasil pengukuran pH setiap hari selama proses produksi biogas.



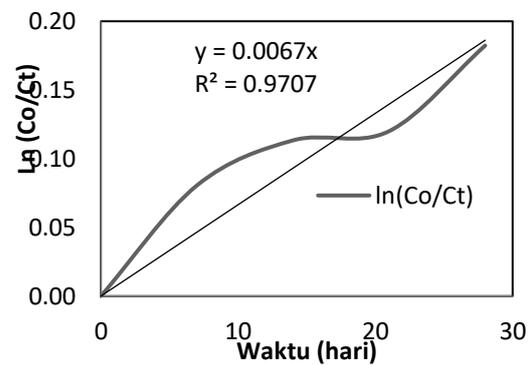
Gambar 6. pH pada *sludge* D1, D2 dan D3.

Pada gambar 6 diatas diketahui kondisi pH masing-masing digester D1, D2 dan D3 selama proses pembentukan biogas selama 1 bulan. Apabila dilihat dari grafik tersebut untuk kondisi pH selama proses sebulan mempunyai range antara 6-7. Nilai pH tersebut merupakan pH optimum dalam pembuatan biogas yaitu antara 6,8 sampai 7,2 gerardi dalam (Irawan and Khudori 2015). Berdasarkan pengamatan pH harian pada 3 digester dapat disimpulkan bahwa

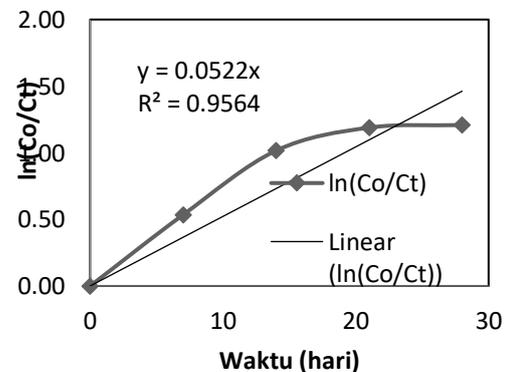
kondisi digester sudah bagus untuk perkembangan bakteri pembentuk biogas karena kondisi pH yang stabil selama proses pembuatan biogas yaitu antara 6-7.

### Laju degradasi senyawa organik.

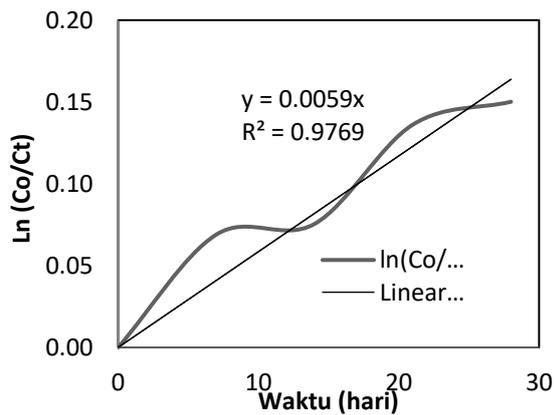
Biogas terbentuk dari hasil degradasi senyawa organik oleh bakteri anaerobik. Kecepatan terjadinya degradasi bahan organik dipengaruhi oleh C/N rasionya. Sehingga komposisi bahan mempengaruhi kecepatan laju degradasinya. Berikut merupakan grafik laju degradasi untuk sampel D1, D2 dan D3.



Gambar 7. Laju kecepatan degradasi senyawa organik pada D1



Gambar 8. Laju kecepatan degradasi senyawa organik pada D2



Gambar 9. Grafik laju kecepatan degradasi senyawa organik pada D3

Proses pembentukan biogas melalui tahapan hidrolisis, acidogenesis dan metanogenesis yang terjadi secara berurutan. Pada tahap hidrolisis merupakan tahapan proses *anaerobic* yang memerlukan waktu yang paling lama dibandingkan tahapan yang lainnya. Tahapan hidrolisis pada masing-masing digester dapat dilihat dari laju degradasi *volatile solid*, dimana *volatile solid* merupakan substrat bagi bakteri yang bekerja pada tahapan hidrolisis. Laju degradasi *volatile solid* dapat diketahui dengan pendekatan model *first orde reaction* (Widarti, Syamsiah, and Mulyono 2013).

$$\frac{dC}{dt} = -Kc \dots \dots \dots (1)$$

$$\ln(Co/Ct) = kt \dots \dots \dots (2)$$

Variabel C merupakan konsentrasi *Volatile Solid* dalam mg/L, t merupakan waktu proses fermentasi anaerob (hari), k merupakan konstanta kecepatan degradasi (1/hari), Co merupakan konsentrasi *volatile solid* awal (mg/L), dan Ct merupakan konsentrasi *volatile solid* pada waktu t (mg/L).

Pada grafik laju degradasi *volatile solid* hubungan antara  $\ln(Co/Ct)$  dengan waktu, didapatkan tetapan laju degradasi untuk masing-masing digester sebagai berikut. Tetapan laju degradasi pada proses dalam D1, D2 dan D3 masing-masing adalah 0,0058; 0,0439 dan 0,0052. Berdasarkan tetapan tersebut dapat diketahui bahwa degradasi *volatile solid* paling cepat terjadi pada digester D2 daripada pada digester D1 dan D3. Sehingga penambahan enceng gondok pada proses *anaerobic co-digestion* kotoran sapi dan limbah ikan dapat mempercepat proses

degradasi senyawa organik pada tahapan hidrolisis.

**KESIMPULAN**

Penambahan bahan eceng gondok dalam pembentukan biogas yang terbuat dari proses *anaerobic co-digestion* antara kotoran sapi dan limbah ikan dapat meningkatkan degradasi *volatile solid* sebagai substrat bakteri pembuat biogas. Parameter kinetik yang diwakili oleh tetapan laju degradasi senyawa organik untuk biogas yang terbuat dari kotoran sapi, campuran kotoran sapi, eceng gondok dan limbah ikan dan campuran kotoran sapi dan limbah ikan masing-masing adalah 0,0058/hari ; 0,0439/hari dan 0,0052/hari. Karakteristik *Volatile Solid* dan *Total solid* dari *sludge* biogas campuran kotoran sapi, enceng gondok dan limbah ikan sangat tinggi yaitu 34.800 mg/L untuk kadar *volatile solid* dan 146.200 mg/L untuk kadar *total solid*.

**DAFTAR PUSTAKA**

Adelia, Dela, Sandra Santosa, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl Soekarno, and Hatta No. 2020. Pengaruh Pengadukan Terhadap Proses Pembuatan Biogas (Review). *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi* 6(2):468-75. doi: 10.33795/distilat.v6i2.160.

Afriani, Chandra, Agus Haryanto, Udin Hasanudin, and Iskandar Zulkarnain. 2017. Produksi Biogas Dari Campiran Kotoran Sapi Dengan Rumput Gajah ( *Pennisetum Purpureum* ). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 6(1):23-30.

Anwar, Hasrul, Tri Widjaja, and Danawati Hari Prajitno. 2021. Produksi Biogas Dari Jerami Padi Menggunakan Cairan Rumen Dan Kotoran Sapi. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles* 4(1):1. doi: 10.25273/cheesa.v4i1.7406.1-10.

Dwiyaningih, Rosita, and Nurlinda Ayu Triwuri. 2018. Pengaruh Penambahan Kotoran Sapi Dan Enceng Gondok (*Eicchornia Crassipes*) Terhadap Produksi Biogas Dari Limbah Jeroan Ikan. *Info-Teknik* 19(2):137. doi: 10.20527/jit.v19i2.149.

Irawan, Dwi, and Ahmad Khudori. 2015. Pengaruh Suhu Anaerobik Terhadap Hasil Biogas Menggunakan Bahan Baku Limbah Kolam Ikan Gurame. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*

- 4(1):17–22. doi: 10.24127/trb.v4i1.3.
- Kafle, Gopi Krishna, and Sang Hun Kim. 2012. Evaluation of the Biogas Productivity Potential of Fish Waste: A Lab Scale Batch Study. *Journal of Biosystems Engineering* 37(5):302–13. doi: 10.5307/jbe.2012.37.5.302.
- Mahmuda, Diah, and dan Iklas Sanubary Pande Santoso. 2020. No Title. P. D.1-D.5 in *Rancang Bangun Reaktor Anaerob Untuk Mengetahui Potensi Biogas Dari Limbah Ikan*. Semarang.
- Mulyadi, Dikdik, Lela Mukmilah Yuningsih, and Desi Kusumawati. 2016. Efektivitas Pemanfaatan Serbuk Gergaji Dan Limbah Media Tanam Jamur (Baglog) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biogas. *Jurnal Kimia VALENSI* 2(1):11–16. doi: 10.15408/jkv.v2i1.3100.
- Nisrina, Hanifah, and Pertiwi Andarani. 2018. Pemanfaatan Limbah Tahu Skala Rumah Tangga Menjadi Biogas Sebagai Upaya Teknologi Bersih Di Laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan – Bppt. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan* 15(2):139. doi: 10.14710/presipitasi.v15i2.139-140.
- Rambe, Siti Masriani. 2014. Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Reaksi Hidrolisis Pada Pra-Pembuatan Biogas Dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* 25(1):23–30.
- Ritonga, Abdul Mukhlis, Masrukhi Masrukhi, and Azis Imam Safi'i. 2021. Karakterisasi Biogas Hasil Pemurnian Dengan Down-Up Purifier Termodifikasi. *Jurnal Rekayasa Mesin* 12(1):171. doi: 10.21776/ub.jrm.2021.012.01.19.
- Subagyo, Rachmat, and Roni Wijaya. 2017. Pembuatan Biogas Dengan Variasi Starter Ragi Dan Kotoran Sapi Berbahan Baku Sampah Organik. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika* 2(1):53–65. doi: 10.20527/sjmekinematika.v2i1.36.
- Tricia, Multi Idola, Indah Widiastuti, and Susi Lestari. 2017. Uji Potensi Biogas Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Dengan Jeroan Ikan Patin (*Pangasius Sp.*) Dan Kotoran Kuda. *Jurnal Teknologi* 6(1):56–68.
- Widarti, Budi Nining, Siti Syamsiah, and Panut Mulyono. 2013. Degradasi Substrat Volatile Solid Pada Produksi Biogas Dari Limbah Pembuatan Tahu Dan Kotoran Sapi. *Jurnal Rekayasa Proses* 6(1):14–19. doi: 10.22146/jrekpros.2452.
- Yulistiani, Fitria, Ayu Ratna Permanasari, Iwan Ridwan, Aas Nurhasanah, and Sofia Warda. 2017. Analisis Pengaruh Pre-Treatment Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biogas. *8th Industrial Research Workshop and National Seminar* 35–41.