

## PENGEMBANGAN DIGESTER BIOGAS BERBAHAN BAKU ECENG GONDOK

**Rian Aditya Kombuno<sup>1</sup>, Herdy Liow<sup>2</sup>, Denny. D. Maukar<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Manado, Indonesia

<sup>2</sup> Teknik Mesin, Universitas Negeri Manado, Indonesia

<sup>3</sup> Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Manado, Indonesia

Corresponding Author: herdyliow@unima.ac.id

### ABSTRAK

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan air yang mengapung. Eceng gondok memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi sehingga tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan. Seiring berkembangnya pengetahuan dan teknologi masa kini, Eceng Gondok saat ini dapat dijadikan sebagai bahan baku yang bisa menghasilkan energi alternatif pengganti bahan bakar dikarenakan memiliki kandungan 43% hemiselulosa dan selulosa sebesar 17%. Hemiselulosa akan dihidrolisis menjadi glukosa oleh bakteri melalui proses anaerobic digestion, yang akan menghasilkan gas metan ( $CH_4$ ) dan karbondioksida ( $CO_2$ ) sebagai biogas yang bisa menghasilkan api. Pada penelitian ini yang diamati yaitu pengaruh pengaduk terhadap kecepatan fermentasi biogas, digester yang digunakan untuk penelitian ini memiliki panjang 89 cm dan memiliki jari-jari 30 cm, memiliki volume sebesar 200 liter dan didalam digester dilengkapi dengan pengaduk. penelitian ini dilaksanakan di workshop Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado berlokasi di Desa Tondano, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Untuk mengukur tekanan biogas pada penelitian ini memakai manometer. Hasil penelitian menunjukkan dengan adanya pengaduk, waktu fermentasi lebih cepat dibandingkan yang tidak menggunakan pengaduk. Dalam penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya waktu fermentasi biogas selama 12 hari sebelum menghasilkan biogas sedangkan yang menggunakan pengaduk pada hari ke 7 sudah menghasilkan biogas. Jadi, dengan adanya pengaduk waktu fermentasi biogas dapat dipersingkat yang dari 12 hari menjadi 7 hari. Dengan demikian digester biogas berbahan baku eceng gondok dapat di optimalkan dengan menambahkan pengaduk.

**Kata kunci :** Digester Berpengaduk, Digester Biogas, Eceng Gondok, Waktu Fermentasi.

### I. PENDAHULUAN

Salah satu penghasil energi baru terbarukan (EBT) selain PLTA, PLTU, PLTB dan PLTS adalah biogas. Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang relatif mudah didapat, salah satunya dengan memanfaatkan eceng gondok sebagai penghasil biogas. Untuk itu perlu dibangun sebuah instalasi biogas berupa digester. Digester biogas merupakan suatu alat fermentasi bahan organik yang dirancang untuk menghasilkan gas metana yang terdiri dari bak penampung bahan, pipa penyalur gas dan balon panampung gas, reaktor ini secara umum terdiri dari beberapa jenis reaktor diantaranya adalah reaktor jenis kubah tetap (Fixed-dome), reaktor terapung (Floating

drum), reaktor jenis balon dan reaktor fiberglass (Abdul Khasman Basri, dkk. 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Ilham, J., Ridwan, W., dkk. (2017), digester yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kekurangan, yaitu tidak adanya pengaduk di dalam digester yang berfungsi untuk mengaduk substrat dan starter. Substrat yang masuk ke dalam digester tidak diproses lebih lanjut dan dibiarkan begitu saja sampai menghasilkan biogas. Sedangkan substrat akan mengapung jika didiamkan terlalu lama dan jika tidak di proses lebih lanjut mungkin saja akan menyebabkan penurunan hasil produksi biogas dan melambatnya proses fermentasi. Output biogas tergantung dari input dan proses jika input dan proses berjalan dengan baik akan

menghasilkan output yang baik. Sebaliknya jika salah satu dari keduanya tidak terpenuhi maka akan menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas hasil produksi.

Untuk itu diperlukan sebuah rancangan untuk memberikan input dan proses yang baik sehingga menghasilkan output yang baik juga. Berdasarkan uraian di atas maka peneliti ingin meneliti tentang digester dikarenakan digester memiliki peranan penting dalam proses pembuatan biogas. Sehingga peneliti mengambil judul “Pengembangan Digester Biogas Berbahan Baku Eceng Gondok”.

Identifikasi masalah pada penelitian ini adalah :

1. Substrat akan mengapung jika dibiarkan terlalu lama akibatnya waktu fermentasi biogas melambat.
2. Kualitas dan kuantitas biogas yang buruk.

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Penulis membatasi permasalahan pada pembuatan digester.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah, bagaimana rancangan digester biogas berbahan baku eceng gondok.

Tujuan dari penelitian ini yaitu adanya sistem produksi biogas yang memenuhi kualitas dan kuantitas biogas yang baik serta mengurangi waktu fermentasi biogas.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat bagi peneliti untuk menambah ilmu pengetahuan dan pengalaman tentang biogas.
2. Manfaat bagi pembaca menambah pengetahuan tentang digester Biogas dan bisa dijadikan sebagai referensi penelitian selanjutnya.
3. Membantu masyarakat dalam mengurangi biaya pembelian bahan bakar untuk kebutuhan sehari-hari.
4. Membantu pemerintah daerah Minahasa dalam membantu kebersihan lingkungan danau Tondano dari pencemaran lingkungan yang disebabkan limbah eceng gondok.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan air yang mengapung. Eceng gondok memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi sehingga tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan. Eceng gondok dengan mudah menyebar melalui saluran air ke badan air lainnya. Seiring berkembangnya pengetahuan dan teknologi masa kini, Eceng Gondok saat ini dapat dijadikan sebagai bahan baku yang bisa menghasilkan energi alternatif pengganti bahan bakar dikarenakan

memiliki kandungan 43% hemiselulosa dan selulosa sebesar 17%. Hemiselulosa akan dihidrolisis menjadi glukosa oleh bakteri melalui proses anaerobic digestion, yang akan menghasilkan gas metan (CH<sub>4</sub>) dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) sebagai biogas yang bisa menghasilkan api (Hajirun., dkk. 2018).



Gambar 1 Eceng Gondok  
(Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

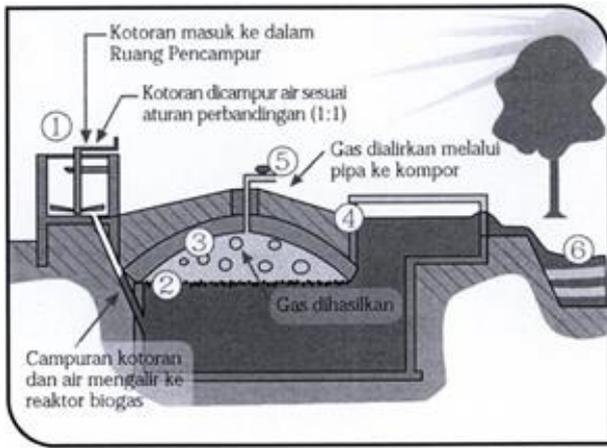
### 2.2 Biogas

Pada umumnya gas ini dihasilkan oleh suatu proses yang disebut proses pencernaan anaerobik, merupakan gas campuran metan (CH<sub>4</sub>), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan sejumlah kecil nitrogen, amonia, sulfur dioksida, hidrogen sulfida dan hidrogen. Secara alami, gas ini terbentuk pada limbah pembuangan air, tumpukan sampah, dasar danau atau rawa. Mamalia termasuk manusia menghasilkan biogas dalam sistem pencernaannya, bakteri dalam system pencernaan menghasilkan biogas untuk proses mencerna selulosa (Jati, P. T. 2015).

### 2.3 Mekanisme Pembuatan Biogas

Menurut Usman, U., dkk. (2021), Pembentukan biogas meliputi tiga tahap proses yaitu :

1. Hidrolisis, pada tahap ini terjadi penguraian bahan-bahan organik mudah larut dan pencernaan bahan organik kompleks menjadi sederhana, perubahan bentuk struktur polimer menjadi monomer;
2. Pengasaman, pada tahap pengasaman komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bakteri asam. Produk akhir dari perombakan gula-gula sederhana ini yaitu asam asetat, propionat, format, laktat, alkohol, dan sedikit butirrat, gas karbondioksida, hidrogen dan amonia.
3. Metanogenik, pada tahap ini terjadi proses pembentukan gas metan. Bakteri pereduksi sulfat juga terdapat dalam proses ini, yaitu untuk mereduksi sulfat dan komponen sulfur lainnya menjadi hidrogen sulfida.

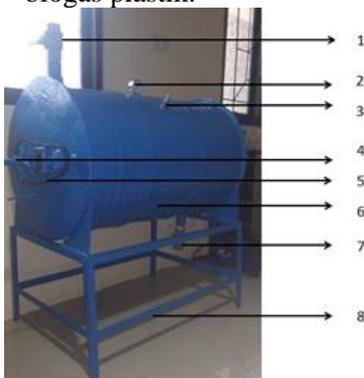


Gambar 2. Mekanisme Kerja Reaktor Biogas Tipe (fixed dome)

(Sumber Gambar : Yusmiati, 2018)

#### Jenis-jenis Digester Biogas

1. digester biogas kubah tetap (fixed dome),
2. digester biogas floating (kubah terapung),
3. digester biogas balon,
4. digester biogas fiber glass
5. biogas plastik.



Gambar 3. Hasil Perancangan Digester Berpengaduk

(Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

Keterangan :

- 1) Inlet
- 2) Manometer
- 3) Kran output biogas
- 4) Pengaduk
- 5) Rantai penggerak pengaduk
- 6) Drum penampung biogas
- 7) Outlet
- 8) Kerangka/penyangga

Reaktor tipe batch (bak), bahan baku reaktor tersimpan dalam wadah (ruang tertentu) dari proses awal hingga proses akhir digestion/pencernaan

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* (R&D). *Research and Development* adalah suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan

suatu produk baru, atau menyempurnakan produk yang telah ada, dan dapat dipertanggung-jawabkan.

Penelitian ini dilaksanakan di *workshop* Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado berlokasi di Desa Tondano, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Penelitian ini akan dilaksanakan pada tahun 2022 sampai dengan selesai.

Alat Dan Bahan Penelitian : Mesin las, mesin gerinda, mesin bor, amplas, cat anti karat, drum, manometer, besi siku, *valve*, *sprocket* dan rantai, poros, pengaduk (*mixer*), *flange*, baut dan mur, plat besi, dumpul, eceng gondok, kotoran sapi.

Table 1 Tabel Pengambilan Data

Hari ke	kPa
-	
1	
2	
3	
4	
5	
6	

Kegiatan ini akan dilaksanakan dalam beberapa tahap yaitu tahap awal (persiapan), tahap pelaksanaan dan tahap akhir. Adapun tahap kegiatan yang dilaksanakan adalah sebagai berikut:

Tahap awal (persiapan): Pada tahap ini, mengumpulkan segala persiapan yang dipakai seperti pengadaan alat/bahan serta mempelajari konsep yang telah didesain sebelum dirangkai.

Tahap pelaksanaan: Tahap pelaksanaan kegiatan ini dibagi kedalam beberapa tahap yaitu:

1. Perancangan produk (perakitan), Menggambar sketsa produk mulai dari reaktor biogas, pengaduk dan kerangka, lalu menyiapkan alat dan bahan dalam perakitan berdasarkan sketsa.
2. Uji coba produk, Tahap pengujian produk, sebagai berikut:
  - a. Menyiapkan alat dan bahan
  - b. Pengujian kebocoran pada reaktor biogas
  - c. Pengisian bahan baku fermentasi dengan perbandingan eceng gondok, kotoran sapi dan air 1:1:3.
3. Tahap akhir, hal terakhir adalah menganalisis pencapaian yang dicapai serta menyusun laporan akhir.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

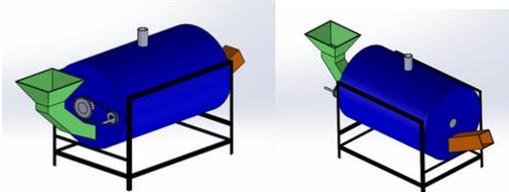
#### A. Analisis Kebutuhan

Dari hasil analisis peneliti menemukan beberapa kebutuhan pada saat menganalisis :

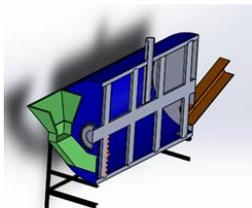
1. Mengurangi waktu fermentasi eceng gondok yang lama (12 – 14 hari)
2. Mengatasi substrat yang mengapung di permukaan.
3. Mengatasi potongan eceng gondok yang kasar (tidak di potong dengan baik)

Dengan demikian digester yang akan dikembangkan oleh peneliti adalah sebuah pengaduk di dalam digester biogas yang berfungsi untuk mencampurkan substrat yang mengapung di permukaan dan mengurangi waktu fermentasi biogas.

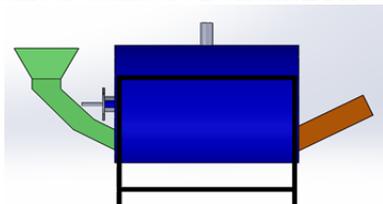
## B. Desain Awal Digester



Gambar 4. Desain Awal Digester Biogas (Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)



Gambar 5. Section View (Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

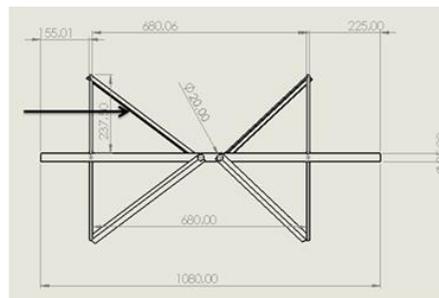


Gambar 6 . Front Plane (Sumber Gambar . Dokumen Pribadi)

Perhitungan volume digester dengan menggunakan rumus  $V = \pi r^2 \times t$

$$\begin{aligned} V &= 3,14 \times (27)^2 \times 87 \\ &= 199.148,22 \text{ cm}^3 \\ &= 0,199 \text{ m}^3 \\ &= 199,14 \text{ liter} \approx 200 \text{ liter} \end{aligned}$$

## C. Penambahan Pengaduk



Gambar 7. Sketsa Pengaduk Tampak Depan (Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

Sudut kemiringan dari blade pengaduk

1. Untuk Persen(%)

$$\text{Sudut kemiringan} = (h/d) \times 100 \%$$

h = tinggi, d = bidang horizontal

$$\% = h/d \times 100$$

$$= 50/30 \times 100$$

$$= 1,66 \times 100$$

$$= 166,6\%$$

2. Untuk derajat (°)

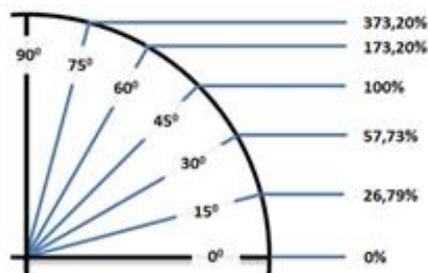
$$\text{Tan (a)} = h/d$$

$$= 50/30$$

$$= 1,66$$

$$= \text{arc tan}(1,66) = 58,9^\circ \text{ (menggunakan Arc Tan Calculator)}$$

Untuk sudut kemiringan bisa di lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 7. Hubungan Satuan Derajat (°) dan Persen (%)

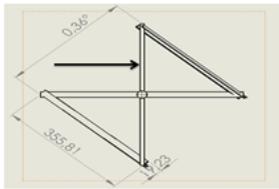
(Sumber Gambar : [www.gispedia.com](http://www.gispedia.com) (2016))

3. Kemiringan 58,9°

Alasan pemilihan kemiringan 58,9° karena kemiringan tersebut sudah mendekati kemiringan maksimal yang bisa di buat karena jika melebihi kemiringan tersebut maka blade akan menyentuh dinding drum (jarak blade ke drum 2 cm) karena semakin kemiringan mendekati 90° maka gaya yang dikeluarkan makin kecil. saat blade masuk kedalam campuran slurry akan mengurangi gaya dorong dari campuran slurry sehingga pengaduk mudah untuk di putar. Dengan sudut kemiringan 58,9° sudah memenuhi persyaratan peneliti dikarenakan hasil penelitian memenuhi syarat yang di tentukan,

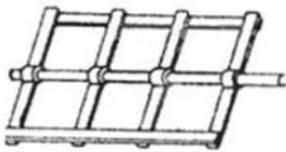
yaitu beban untuk memutar pengaduk tidak melebihi beban yang di tentukan.

4. Tangkai berbentuk X



Gambar 8. Sketsa Pengaduk Tampak Samping (Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

Alasan pemilihan tangkai berbentuk X dikarenakan bentuk X membuat penempatan blade lebih mudah di bentuk serta mudah untuk mengatur kemiringan dari blade pengaduk dan saat mengaduk campuran slurry gaya (F) yang digunakan lebih kecil dibandingkan dengan bentuk gate blade.



Gambar 9. Sketsa Pengaduk Bentuk Gate Blade (Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

Pengaduk dengan bentuk gate blade memiliki luas penampang yang luas sehingga akan menambah gaya F saat mengaduk sehingga penulis memilih menggunakan pengaduk dengan bentuk x.

5. Gaya yang diperlukan untuk mengaduk slurry

Pada as pengaduk pegangan untuk memutar pengaduk di tambahkan sebuah pegangan besi berbentuk L dengan panjang 30 cm batas atas setinggi dada dan batas bawah selutut. Karena dengan panjang 30 cm sudah memenuhi syarat yang di butuhkan untuk memutar pengaduk ini di buktikan dengan ergonomi angkat beban.



Gambar 10. Pegangan untuk Memutar Pengaduk (Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

Untuk menghitung gaya yang diperlukan saat memutar pengaduk digunakan rumus :

- $F = m \cdot g$

Keterangan :

$F$  = Gaya (N)

$m$  = massa (Kg)

$g$  = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

Penyelesaian

$F = 4,16 \times 9,8$

$F = 40,768 \text{ N}$

- Mengubah newton ke kg :

$w = m \cdot g$

$m = w/g$

$m = 40,768 / 9,8$

$m = 4,16 \text{ kg}$

- menghitung torsi :

$T = F \times r$

$T$  = momen gaya (Nm)

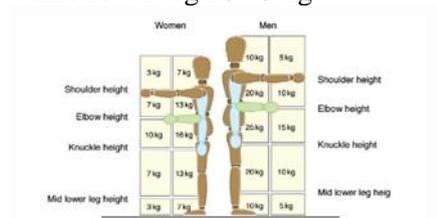
$F$  = vektor gaya (N)

$r$  = jarak vektor (m)

$T = 4,16 \text{ kg} \times 250 \text{ mm} = 1,040 \text{ kg} \cdot \text{mm}$

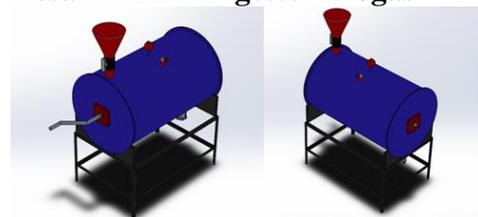
Gaya 4,16 kg diijinkan karena tidak melebihi beban maksimum yang di ijinakan yaitu :

Mengangkat dan menurunkan antara ; posisi shoulder height 10 - 5 kg, shoulder - elbow 20 – 10 kg, elbow – knuckle 25 – 15 kg, knuckle – mid lower leg 20 – 10 kg, bellow mid lower leg 10 - 5 kg.

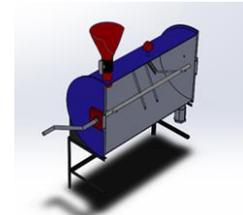


Gambar 11. Ergonomi Angkat Beban (Sumber : www.safetysign.co.id (2016))

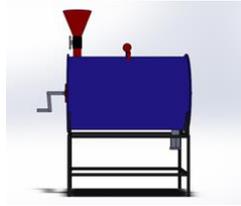
4.1 Desain Akhir Digester Biogas



Gambar 12. Desain Akhir Digester Biogas (Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)



Gambar 13. Desain Akhir Digester Biogas Section View (Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)



Gambar 14. Desain Akhir Digester Biogas Front Plane

(Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

#### 4.2 Proses pengujian reaktor tahap pertama

Pada penelitian ini pengambilan data biogas dilakukan dalam jangka waktu 1 x 24 jam. Berdasarkan hasil pengambilan data selama 14 hari menggunakan reaktor biogas dengan pengaduk di antara jam 08.00 sampai jam 09.00 selama waktu tersebut dilakukan pengadukan secara manual selama 2 menit setiap hari di peroleh hasil sebagai berikut :

1. Pada bagian inlet mengalami perubahan dikarenakan pada awalnya direncanakan reactor memiliki mesin pencacah tetapi setelah di aplikasikan peneliti tidak jadi membuat mesin pencacah. Jadi peneliti mengganti inlet dengan menggunakan pipa.
2. Bagian manometer pada penelitian pertama memiliki kendala dikarenakan manometer tersebut tidak dapat membaca tekanan biogas di dalam reactor.



Gambar 15. Manometer lama

(Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

Dikarenakan manometer mengalami kendala selama penelitian dari hari pertama sampai pada hari ke 14 tekanan biogas pada manometer tidak berjalan maka peneliti mengasumsikan bahwa manometer tidak dapat membaca tekanan biogas. Maka peneliti memutuskan menganti dengan manometer baru.



Gambar 16. Manometer baru

(Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

#### 3. Pengujian rantai.

Setelah pengujian, rantai untuk menggerakkan pengaduk memiliki kendala dimana tujuan awal untuk mengurangi gaya untuk memutar pengaduk menjadi pengganggu dan membebani operator, jadi peneliti menghilangkan rantai dan memindahkan pegangan ke poros pengaduk. Setelah pegangan dipindahkan, beban untuk menggerakkan poros pengaduk masih dalam tahap yang bisa diterima dikarenakan masih memenuhi syarat ergonomi angkat beban.

#### 4. Kesimpulan

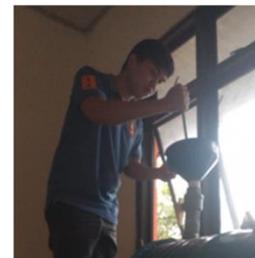
Pada pengujian pertama, hasil yang didapat kurang memuaskan dikarenakan manometer tidak dapat membaca tekanan biogas serta rantai yang awalnya direncanakan untuk mengurangi beban operator dalam memutar pengaduk menjadi masalah baru. Dari hasil pengujian tahap pertama yang kurang memuaskan maka peneliti melanjutkan penelitian tahap ke-2.

#### • Proses pengujian tahap ke-2

Pada penelitian ini pengambilan data biogas dilakukan dalam jangka waktu 1 x 24 jam. Berdasarkan hasil pengambilan data selama 14 hari menggunakan reaktor biogas dengan pengaduk di antara jam 08.00 sampai jam 09.00 selama waktu tersebut dilakukan pengadukan secara manual selama 2 menit setiap hari di peroleh hasil sebagai berikut :

#### 1. Memasukan campuran

Setelah mengganti inlet dengan pipa peneliti mengalami kendala dimana saat proses memasukan sludge ke dalam reaktor peneliti harus menggunakan tongkat kecil untuk memasukan sludge dikarenakan potongan eceng gondok yang kasar.



Gambar 17. Memasukan Sludge Ke Dalam Reaktor

(Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

#### 2. Pengambilan data

- Hari ke 2 – 6.



Gambar 18. Tekanan Biogas hari ke 2 – 6  
(Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

- Hari ke 7 – 8.



Gambar 19. Tekanan Biogas hari ke 7 – 8  
(Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

- Hari ke 8 – 14.



Gambar 20. Tekanan Biogas hari ke 8 – 14  
(Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

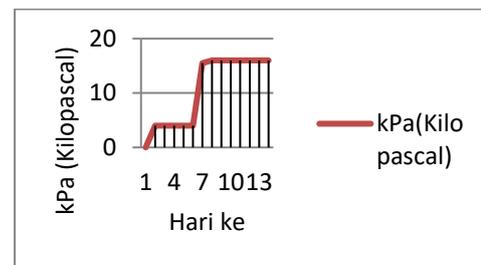
Berdasarkan hasil pengambilan data selama 1 jam per hari selama 14 hari, pengaduk berfungsi dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan. Dengan adanya pengaduk waktu fermentasi lebih cepat dibandingkan yang tidak menggunakan pengaduk.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Suhariyanto, M., dkk (2021) waktu fermentasi selama 12 hari sedangkan yang menggunakan pengaduk pada hari ke 7 sudah menghasilkan biogas. jadi kesimpulannya dengan adanya pengaduk bisa mempersingkat waktu fermentasi biogas dapat dilihat dari tabel data penelitian di bawah ini.

Tabel 1. Data Penelitian

Hari ke -	kPa(Kilopascal)
1	0
2	4
3	4
4	4

5	4
6	4
7	15,5
8	16
9	16
10	16
11	16
12	16
13	16
14	16



Gambar 21. Grafik Data Peningkatan Biogas/Hari  
(Sumber Gambar : Dokumen Pribadi)

Dari gambar 21 dapat dilihat pada hari pertama tekanan pada manometer menunjukkan angka 0 dan pada hari ke dua mulai mengalami tingkatan dari 0 – 4 kPa. Dari hari ke dua sampai hari ke- 6 tekanan biogas tetap sama ini dikarenakan biogas yang ada hasil dari starter (kotoran sapi). Memasuki hari ke- 7 fermentasi eceng gondok mulai menghasilkan biogas, bisa dilihat dari grafik di atas antara hari ke- 6 dan hari ke- 7 tekanan biogas mengalami peningkatan dari 4 – 15,5 kPa. Pada hari ke-8 tekanan biogas mencapai tekanan maksimum yang bisa di baca oleh termometer pengukur biogas. Dari hasil dan bukti penelitian ini penulis mengambil kesimpulan, bahwa dengan penambahan pengaduk di dalam reaktor biogas dapat mempercepat waktu fermentasi dari eceng gondok.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan data penelitian yang dilakukan didapat hasil sebagai berikut:

Berdasarkan data penelitian yang dilakukan dengan adanya pengaduk, waktu fermentasi lebih cepat dibandingkan yang tidak menggunakan pengaduk. Dalam penelitian yang dilakukan peneliti sebelumnya waktu fermentasi biogas selama 12 hari sebelum menghasilkan biogas sedangkan yang menggunakan pengaduk pada hari ke 7 sudah menghasilkan biogas. Jadi, dengan adanya pengaduk waktu fermentasi biogas dapat dipersingkat yang dari 12 hari menjadi 7 hari.

Dengan demikian digester biogas berbahan baku eceng gondok dapat di optimalkan dengan menambahkan pengaduk..

## REFERENSI

- Apriandi, N., Kusuma, I. W., & Widiyarta, I. M. (2017). Pemurnian Biogas Terhadap Gas Pengotor Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) Dengan Teknik Absorpsi Kolom Manometer (Manometry Column). *Logic: Jurnal Rancang Bangun Dan Teknologi*, 13(1), 55.
- Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, Ditjen Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian, Departemen Pertanian. 2006. Program Bio Energi Pedesaan : Biogas Skala RumahTangga. Jakarta.
- Fikri, Adrianto Ahmad, And Sri Rezeki "Pengaruh Perbandingan Eceng Gondok Dengan Air Terhadap Penyisihan COD Dan Padatan Pada Produksi Biohidrogen Secara Fermentasi Anaerob Batch Tahap Asidogenesis." *Jurnal Jom Fteknik II*, No. 2 (2015): 1-10.
- Faturahman, E. (2021). Peningkatan Kualitas Biogas Melalui Proses Pemurnian Dengan Metode Adsorpsi (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Jember).
- Hajirun, H. (2018). Perancangan Alat Biogas Dari Eceng Gondok. *Roda Gigi: Jurnal Teknik Mesin*, 1(1).
- Hertamawati, R. T., Destarianto, P., Anita Mukhlisoh, N., & Dody Lesmana, I. P. (2020). Instalasi Biogas.
- Hanafi, H., & ISLAMICA, S. (2017). Konsep penelitian R&D dalam bidang pendidikan. Banten: UIN Sultan Maulana Hassanuddin Banten.
- Irawan, D., & Khudori, A. (2015). Pengaruh Suhu Anaerobik Terhadap Hasil Biogas Menggunakan Bahan Baku Limbah Kolam Ikan Gurame. *TURBO [Jurnal Teknik Mesin]*, 4(1).
- Irawan, D., & Ridhuan, K. (2017). Pengaruh temperatur mesofilik terhadap laju aliran biogas dan uji nyala api menggunakan bahan baku limbah kolam ikan gurame. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(2).
- Ilham, J., Ridwan, W., & Harun, E. H. (2017). Pengembangan Dan Uji Kinerja Reaktor Biogas Tipe Fixed Dome Multi Input. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik*, 16(2), 25-28.
- Jati, P. T. (2015). Efisiensi Proses Pembentukan Biogas Terhadap Penambahan Effectivitas Microorganism 4 Dengan Bahan Baku Kotoran Sapi Dan Sekam Padi Menggunakan Alat Biodigester (Efficiency Of Process Biogas Formation Against Effectiveness Microorganism 4 With The Addition Of Raw Cow Manure And Rice Husk Using Equipment Biodigester) (Doctoral Dissertation, Undip).
- Kusumawati, E., & Nur, D. N. (2015, November). Peningkatan Kualitas Biogas Melalui Proses Adsorpsi Menggunakan Zeolite Alam. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 6, pp. 50-54).
- Muddin, S., Haslinah, A., Amran, A., & Ardiansyah, A. (2019). Pemanfaatan Eceng Gondok Sebagai Energi Alternatif Biogas. *ILTEK: Jurnal Teknologi*, 14(2), 2063-2066.
- Maulana, E., Rahmalina, D., Fadillah, M. I., La Ode, M. F., Harahap, S., & Suwandi, A. (2018, December). Desain Reaktor Biodigester Untuk Pembangkit Listrik Kapasitas 0,6 MW. In *Prosiding Seminar Rekayasa Teknologi (Semrestek)* (Pp. 64-69).
- Muhammad, F. R. (2016). Prototype Alat Biogas Berbahan Baku Kotoran Sapi Dan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Untuk Produksi Listrik Menggunakan Stirling Engine (Ditinjau Dari Perputaran Stirling Engine Terhadap Tegangan Listrik) (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Mulyanto, S., Zulkifli, Z., & Milaningrum, E. (2018). Perbandingan sampah organik rumah tangga dengan sampah organik pasar terhadap kuantitas biogas. *Jurnal Polimesin*, 16(2), 43-46.
- Oktavia, I., & Firmansyah, A. (2016). Pemanfaatan Teknologi Biogas Sebagai Sumber Bahan Bakar Alternatif Di Sekitar Wilayah Operasional PT. Pertamina Asset 2 Prabumulih Field. *Jurnal Resolusi Konflik, CSR Dan Pemberdayaan (CARE)*, 1(1).
- Oktoryan, A. (2020). Perancangan Dan Pembuatan Alat Pencacah Sampah Organik Untuk Pakan Ternak Dengan Dua Mata Pisau Penggerak Motor Listrik (Doctoral dissertation, 021008 Universitas Tridnanti Palembang).
- Rachman, A. K. (2018). Studi Perencanaan Energi Biomassa Dari Limbah Padi Sebagai Alternatif Untuk Bahan Bakar Pembangkit Listrik Di Kota Bogor (Studi kasus di Dinas Pertanian Kota Bogor). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1).
- Ritonga, A. M. (2020). Pemurnian Biogas Metode Adsorpsi Menggunakan Down-Up Purifier dengan Arang Aktif dan Silika Gel sebagai Adsorben. *JABER: Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 1(1), 72-82.

- Roni, K. A., Herawati, N., & Anggraini, S. A. Pembuatan Biogas Dari Limbah Campuran Eceng Gondok Dan Kotoran Sapi Dengan Proses Hidrolisis Asam Sulfat.
- Syafi'i, I. M. (2021). Rancang Bangun Reaktor Biogas Tipe Batch Dengan Bahan Baku Kotoran Sapi Dan Limbah Organik. *Traksi*, 21(1), 76-91.
- Sarwono, E., Subekti, F., & Widarti, B. N. (2018). Pengaruh variasi campuran eceng gondok (*eichhornia crassipes*) dan isi rumen sapi terhadap produksi biogas. *Journal of Environmental Technology*, 2(1).
- Saptaji, K., Fikri, M. R., Hadisujoto, I. B. S., & Harjon, A. (2021). Sosialisasi Pemanfaatan Sampah Organik Rumah Tangga Untuk Biogas Dan Pemasangan Biodigester. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik*, 4(1), 11-18.
- Siregar, M. R. (2020). Penyisihan CO<sub>2</sub> dalam Biogas dengan Proses Adsorpsi Berbasis Zeolit Alam untuk Peningkatan Kualitas Biogas.
- Saputri, H. A. (2015). Pengaruh Persentase Volume Starter Dan Waktu Fermentasi Pada POME Terhadap Kuantitas Biogas Menggunakan Digester Balok Sistem Batch (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya)
- Suhariyanto, M., Fathoni, I., Noor, R. H., & Mursid, M. (2021). STUDI PEMANFAATAN RANCANG BANGUN ALAT FERMENTASI BIOGAS ECENG GONDOK SEBAGAI PENGOPTIMALAN PRODUKSI ENERGI ALTERNATIF. *Jurnal AMORI*, 2, 1..
- Usman, U., Hasan, H., Kaharm, M. A., & Elihami, E. (2021). Pemanfaatan Kotoran Ternak sebagai Bahan Pembuatan Biogas. *Maspul Journal Of Community Empowerment*, 3(1), 13-20.
- Yusmiati, Y., & Singgih, B. (2018). Teknologi Produksi Biogas dari Limbah Ternak untuk Memenuhi Kebutuhan Energi Rumah Tangga. *Inovasi Pembangunan: Jurnal Kelitbangan*, 6(01), 39-48.
- Yulistiani, F., Permanasari, A. R., Ridwan, I., Nurhasanah, A., & Warda, S. (2017, July). Analisis Pengaruh Pre-Treatment Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biogas. In *Prosiding Industrial Research Workshop And National Seminar (Vol. 8, Pp. 35-41)*.
- Moningkey, G. S., Andaki, J. A., Dien, C. R., Jusuf, N., Rarung, L. K., & Moningkey, R. D. (2021). Evaluasi Pengendalian Eceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*) Di Danau Tondano Kabupaten Minahasa Dalam Masa