

STUDI PEMANFAATAN RANCANG BANGUN ALAT FERMENTASI BIOGAS ECENG GONDOK SEBAGAI PENGOPTIMALAN PRODUKSI ENERGI ALTERNATIF

Suhariyanto, Mashuri, Imam Fathoni, Rafif Herdian Noor, Mahirul Mursid

Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Email: suhariyanto@me.its.ac.id, mursid@me.its.ac.id, mashuri@its.ac.id, imamf6thoni@gmail.com,
rafifhnor123@gmail.com

Abstrak - Seiring populasi manusia yang terus bertambah setiap tahun mengakibatkan permintaan terhadap energi juga meningkat dan keterbatasannya bahan bakar khususnya gas, munculah inovasi memberdayakan potensi yang ada dilingkungan sekitar untuk dijadikan bahan bakar alternatif khususnya eceng gondok. Pada realitanya pemanfaatan eceng gondok tidak diikuti dengan fasilitas mesin untuk mengekstrasi. Untuk itu dibutuhkan teknologi yang mampu mengolah eceng gondok menjadi yang lebih bermanfaat, dengan proses pencernaan anaerobik yakni dimana mikroorganisme memecah bahan biodegradable dalam keadaan tanpa oksigen, proses pembuatan biogas dimulai dengan mencacah eceng gondok kemudian ditambahkan variable air dan e4 sesuai variable pengencaran. Teknologi "Digester" gas bio telah berkembang sejak lama namun aplikasi penggunaannya sebagai sumber energi alternatif belum berkembang secara luas. Beberapa kendala antara lain yaitu, digester tidak berfungsi akibat bocor atau kesalahan konstruksi, disain tidak user friendly, selain itu penerapan proses produksi belum terintegrasi. Proses produksi biogas yang akan dipakai berazaskan pada teknologi tepat guna dengan menggunakan digester dan aman untuk digunakan dalam skala rumah tangga sehingga mampu menghasilkan biogas sebagai energi alternatif. Pada pengujian ini menggunakan kapasitas 200 liter, dan menghasilkan energi yang dapat digunakan sebagai pembakaran selama 28 menit, dan menghasilkan kalor sebesar 2.016 KJ dan tekanan yang dihasilkan pada biogas sebesar 6 psi

Kata Kunci : Biogas, Eceng Gondok, Anaerobik.

PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir, energi merupakan persoalan yang krusial di dunia. Peningkatan permintaan energi yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk dan menipisnya sumber cadangan minyak dunia serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil memberikan tekanan kepada setiap negara untuk memproduksi dan menggunakan renewable energi. Apabila terus dikonsumsi tanpa ditemukannya cadangan minyak baru, diperkirakan cadangan minyak ini akan habis dalam dua decade mendatang.

Untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak pemerintah telah menertibkan peraturan presiden Indonesia nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak dan Undang-undang No. 30 Tahun 2007 tentang energi untuk mengatur penyediaan dan pemanfaatan energi secara berkelanjutan

Energi terbarukan yang menjadi program pemerintah dalam rangka meningkatkan akses energi bagi masyarakat melalui pemanfaatan Energi Baru dan Energi terbarukan (EBT) khususnya bioenergi yang diatur pada pemerintah nomor 79 tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional yang menargetkan kontribusi EBT mencapai 23% dari bauran energi nasional pada tahun 2025.

Energi terbarukan salah satunya yang memiliki potensi melimpah di Indonesia yakni Biogas, biogas sangat potensial sebagai sumber energi terbaru karena kandungan methane (CH₄) yang tinggi dan nilai kalornya yang cukup tinggi. Reaktor biogas ini merupakan salah satu pemenuhan energi rumah tangga, maka perlu dilakukan upaya yang sistematis untuk menerapkan berbagai alternatif energi yang layak digunakan dalam skala kecil (rumah tangga) yang efisien, praktis, ramah lingkungan, aman sertameningkatkan nilai ekonomis dari bahan reaktor biogas. Sumber energi biogas ada beberapa macam antara lain kotoran ternak, eceng gondok, limbah kelapa sawit, sampah organik dll.

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. Hal inilah yang mendorong untuk menambah nilai guna dari eceng gondok tersebut. Salah satunya adalah sebagai bahan bakar penggantian tabung gas LPG (Liquified Petroleum Gas) dan minyak tanah atau pun bahan bakar lainnya dengan harga yang lebih mudah dijangkau oleh masyarakat dengan nilai ekonomi terendah sekalipun.

Sehingga pada tugas akhir kali ini akan dilaksanakan penelitian lebih lanjut mengenai rancang bangun alat fermentasi biogas eceng

gondok dan pengujian alat dilakukan dengan pembuatan biogas melalui proses anaerobic.

METODOLOGI

Biogas merupakan sebuah proses produksi gas bio dari material organik dengan bantuan bakteri. Proses degradasi material organik ini tanpa melibatkan oksigen disebut anaerobic digestion Gas yang dihasilkan sebagian besar (lebih 50 %) berupa metana. Material organik yang terkumpul pada digester (reaktor) akan diuraikan menjadi dua tahap dengan bantuan dua jenis bakteri.

Eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, bahan kerajinan, pupuk, dan yang menarik adalah eceng gondok juga dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas. Pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan baku biogas 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 (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) sebagai biogas.

Pada umumnya penguraian bahan-bahan organik menjadi biogas diklasifikasikan melalui tiga tahapan proses sebagai berikut:

1. Tahap hidrolisa

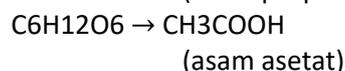
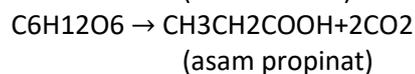
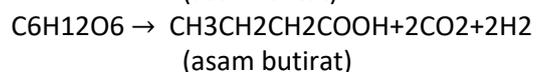
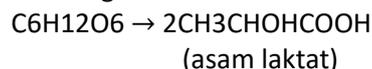
Pada tahap ini, senyawa organik kompleks seperti lemak protein, dan karbohidrat akan dihidrolisa oleh *enzim hydrolase* yang dihasilkan *hydrolytic bacteria* menjadi monomer atau molekul terlarut seperti asam lemak, asam amino dan glikosa.

Tahap ini sebenarnya merupakan tahap persiapan, dimana polimer-polimer diuraikan menjadi molekul-molekul sederhana. Senyawa-senyawa yang termasuk tipe ini antara lain senyawa asam organik, glukosa, etanol, CO₂ dan hidrokarbon yang dimanfaatkan sebagai sumber karbon dan energi oleh bakteri yang melakukan fermentasi (C₆H₁₀O₅)_n + n H₂O → n (C₆H₁₂O₆).

2. Tahap Asidifikasi

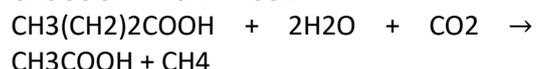
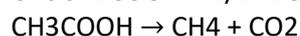
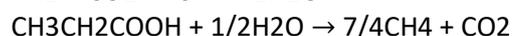
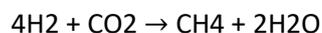
Senyawa-senyawa organik hasil tahap hidrolisa dicerna oleh bakteri acetogen menjadi asam-asam lemak yang mudah menguap (volatile fatty acid), misalnya laktat, butirat, propionate dan asetat, juga terbentuk karbondioksida dan hydrogen sehingga pada dasarnya pada tahap asidifikasi tidak terjadi reduksi COD. Bakteri acetogen relative tahan terhadap perubahan pH dan temperature serta

memiliki pertumbuhan yang lebih cepat daripada bakteri metanogen.



3. Tahap Metanasi

Pada tahap metanasi, bakteri metanogen merombak senyawa-senyawa asam lemak yang mudah menguap (VFA), CO₂, dan H₂ hasil tahap asidifikasi menjadi gas metana yang merupakan tujuan utama. Bakteri metanogen bersifat anaerob dan peka terhadap perubahan pH, suhu dan konsentrasi. Reaksi yang terjadi pada tahap metanasi adalah sebagai berikut :



Adapun pada tahap proses pembuatan rancang bangun terdapat beberapa proses yang dilakukan antara lain :

1. Proses pemotongan

Proses ini merupakan proses pemotongan material sesuai dengan rancangan. Pemotongan dilakukan dengan gerinda potong dan gergaji.

2. Pengelasan

Pengelasan yakni penggabungan 2 komponen dengan cara mencairkan logam, pada pengujian ini menggunakan pengelasan acetylene.

3. Proses boring

Proses ini dilakukakan untuk membuat lubang dengan menggunakan drilling machine.

4. Proses grinding.

Proses ini dilakukan untuk menghaluskan permukaan sebelum dan setelah proses pengelasan.

5. Proses pengecatan

Setelah semua proses permesinan selesai maka untuk memberikan *edit vlue* pada alat yang dibuat dilakukan proses pengecatan.

Proses ini dilakukan setelah semua komponen sudah dirakit.

Langkah-langkah pembuatannya, diantaranya sebagai berikut:

1. Pelubangan pada drum 209 liter pada posisi horizontal dibagian samping dan atas dengan menggunakan bor listrik sebagai tempat pressure gauge dan stop valve $\frac{3}{4}$ inch.
2. Pelubangan pada drum 10 liter pada posisi vertikal dibagian atas sebagai tempat stop valve $\frac{1}{2}$ inch dengan menggunakan bor listrik.
3. Proses pelubangan drum 209 liter pada bagian atas sebagai saluran inlet dengan dimensi 18cm x 22cm.
4. Melakukan pengelasan dengan menggunakan las acetylene pada stop valve dan pressure gauge pada bagian drum yang sudah dilubangi sebelumnya.
5. Melakukan bending pada besi profil L sebesar 900 hingga membentuk persegi dengan dimensi 18 cm x 22 cm.
6. Melakukan proses drilling sebesar baut ukuran 10 sebanyak 10 titik pada plat besi dan besi profil L yang sudah dibentuk sesuai dengan kerangka.
7. Melakukan pengelasan pada dengan las acetylene drum yang sudah dilubangi (inlet) dengan kerangka besi profil L yang sudah dibentuk.
8. Melubangi potongan tikar karet sesuai dengan letak mur baut pada saluran inlet dan melakukan pengeleman dibawah plat besi dengan ukuran 27 cm x 24 cm.
9. Tutup lubang inlet dengan plat besi yang sudah terlapisi karet dibagian bawah diatas kerangka lubang inlet dan kemudian kencangkan dengan mur dan baut agar tidak terjadi kebocoran.
10. Melakukan pengecatan pada bagian sisa-sisa pengelasan
11. Melakukan pengujian menggunakan kompresor dengan kondisi tertutup (anaerobik) untuk mengetahui apakah masih ada kebocoran pada tabung digester dan gas storage.
12. Melakukan pemotongan pada pipa PVC $\frac{3}{4}$ inch menggunakan gergaji sesuai dengan dimensi yang dibutuhkan.
13. Melakukan pengelasan pada tabung pengumpul gas dengan stop valve $\frac{1}{2}$ inch sebagai saluran outlet

14. Melakukan pemasangan pipa PVC dengan menggunakan elbow, water mur dan shock sebagai penghubung antar potongan pipa PVC $\frac{3}{4}$ inch sesuai dengan konsep saluran aliran biogas dengan menggunakan isarplas dan juga pemasangan antara tabung digester dan tabung pengumpul gas.
15. Melakukan pemasangan selang pada saluran outlet hingga menuju ke kompor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Skema dan perencanaan instalasi

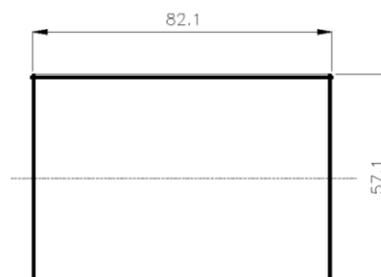
Perancangan biodigester skala rumah tangga diharapkan mampu memproduksi biogas lebih banyak dari penelitian sebelumnya dapat dibuat skema instalasi biogas beserta perhitungan perancangan material seperti gambar 4.1. Adapun skema pada rancang bangun ini direncanakan menggunakan drum 209 liter sebagai digester proses fermentasi eceng gondok.

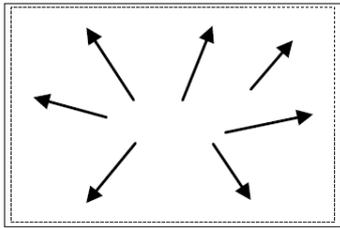


Gambar 1 Skema instalasi biogas

1. Tabung Digester
Direncanakan volume 209 liter dengan spesifikasi sebagai berikut :

Diameter	= 570 mm
Ketebalan	= 1 mm
Inside height	= 820 mm
Outside diameter	= 571 mm
Otside height	= 821 mm





Gambar 2 Dimensi dan gaya pada digester

a.
$$\frac{P}{F} = \frac{F}{A}$$

$$F = P \times A$$

$$= P \times ((2r^2) + (2rt))$$

$$= 142722,36 \text{ N/m}^2 \times ((2 \times 0,2862) + (2 \times 0,286 \times 0,821))$$

$$= 142722,36 \text{ N/m}^2 \times (0,5137 + 1,475) \text{ m}^2$$

$$= 142722,36 \text{ N/m}^2 \times 1,989 \text{ m}^2$$

$$= 283.875 \text{ N}$$

b. Perhitungan Tegangan Tarik

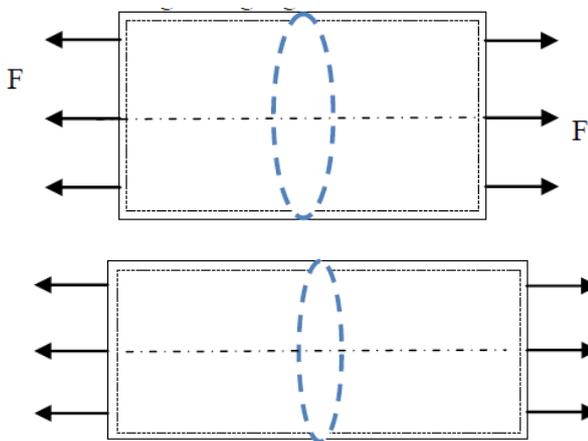
$$\sigma_t = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{4 \times F}{\pi D^2}$$

$$= \frac{4 \times 283.875 \text{ N}}{\pi (571)^2 \text{ mm}}$$

$$= \frac{1.135,500 \text{ N}}{1.023.768,7 \text{ mm}^2}$$

$$= 1,109 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 3 Tegangan tarik pada tabung digester

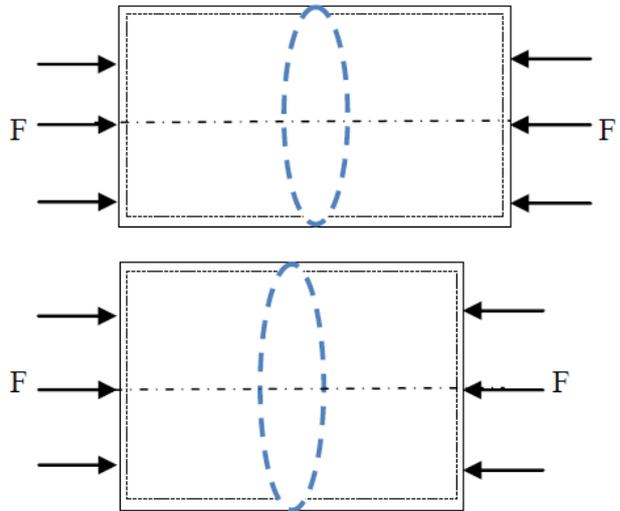
c. Perhitungan tegangan kompresi

$$\sigma_c = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{4 F}{\pi D L}$$

$$= \frac{4 \times 283.875 \text{ N}}{\pi (571 \text{ mm}) (821 \text{ mm})}$$

$$= 0,7714 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 4 Tegangan kompresi pada tabung digester

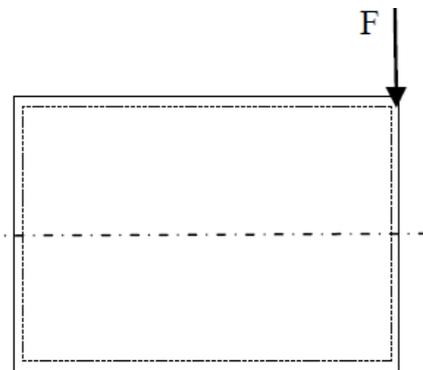
d. Perhitungan Tegangan Geser

$$\tau_s = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{F}{t L}$$

$$= \frac{F4 \times 283.875 \text{ N}}{(821 \text{ mm} - 820 \text{ mm}) (821 \text{ mm})}$$

$$= 1.383,07 \text{ N/mm}^2$$

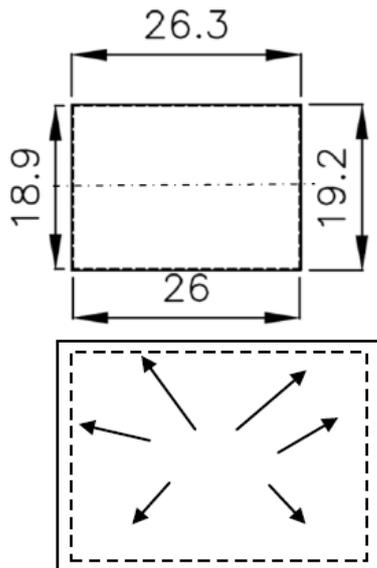


Gambar 5 Tegangan geser digester

2. Tabung Pengumpul gas

Direncanakan dengan kapasitas volume 10 liter dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Inside Diameter = 260 mm
- Inside height = 189
- Ketebalan = 3 mm
- Outside height = 192 mm
- Outside diameter = 263 mm



Gambar 6 Dimensi dan Gaya pada tabung pengumpul gas

a.

$$\frac{P}{F} = \frac{F}{A}$$

$$F = P \times A$$

$$= P \times ((2 \pi r^2) + (2 \pi r t))$$

$$= 142722,36 \text{ N/m}^2 \times ((2 \times \pi \times 0,096^2) + (2 \times 0,096 \times 0,1315))$$

$$= 142722,36 \text{ N/m}^2 \times (0,0579 + 0,07993) \text{ m}^2$$

$$= 142722,36 \text{ N/m}^2 \times 0,1372 \text{ m}^2$$

$$= 19,582 \text{ N}$$

b. Perhitungan Tegangan Tarik

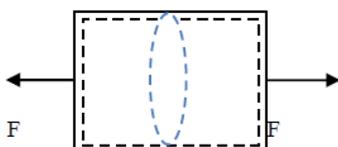
$$\sigma_t = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{4 \times F}{\pi D^2}$$

$$= \frac{4 \times 19,582 \text{ N}}{\pi (263 \text{ mm})^2}$$

$$= \frac{78,328 \text{ N}}{217,190,66 \text{ mm}^2}$$

$$= 0,3607 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 7 Tegangan tarik tabung pengumpul

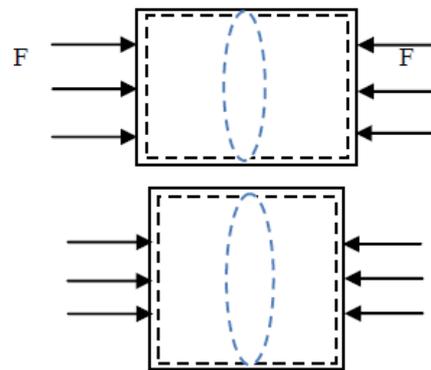
c. Perhitungan tegangan kompresi

$$\sigma_c = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{4 F}{\pi D L}$$

$$= \frac{4 \times 19,582 \text{ N}}{\pi (263 \text{ mm}) (192 \text{ mm})}$$

$$= 0,494 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 8 Tegangan kompresi tabung pengumpul

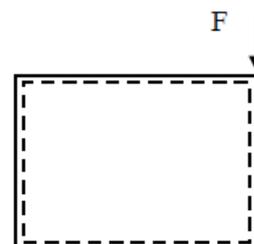
d. Perhitungan Tegangan Geser

$$\tau_s = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{F}{t L}$$

$$= \frac{F \times 4}{(192 \text{ mm} - 189 \text{ mm}) (192 \text{ mm})}$$

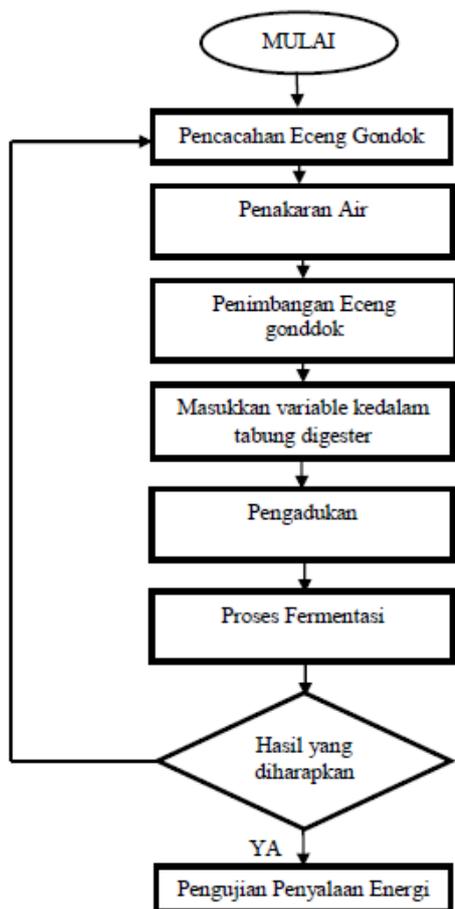
$$= 1.383,07 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 9 Tegangan geser tabung pengumpul

B. Proses Pembuatan Biogas

Adapun prosedur penggunaan digester fermentasi biogas dari variabel eceng gondok adalah sebagai berikut



Gambar 10 Diagram alir proses fermentasi biogas

C. Hasil Pengujian

Pada proses pengujian ini diantaranya dilakukan uji kebocoran, perhitungan massa biogas, dan pengujian pembakaran gas

1. Pengujian Kebocoran

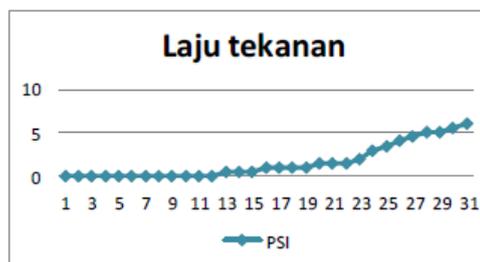
Berdasarkan pengujian kebocoran yang dilakukan sebelum tabung digester digunakan dengan diberi tekanan menggunakan kompresor pada saluran outlet dan dapat diamati melalui manometer selama beberapa jam, dan penyiraman air dibagian luar digester untuk mengetahui bagian mana yang terjadi kebocoran, secara fisik terlihat terjadi kebocoran pada tangki digester sehingga untuk salah satu parameter untuk mencapai kondisi anaerob yang kedap udara dapat dicapai.

Perhitungan massa biogas dan tekanan

Tabel 1 laju tekanan gas

No	Hari ke	Tanggal	Pressure (Psig) Eceng Gondok
1	1	26-05-2019	0
2	2	27-05-2019	0

3	3	28-05-2019	0
4	4	29-05-2019	0
5	5	30-05-2019	0
6	6	31-05-2019	0
7	7	1-06-2019	0
8	8	2-06-2019	0
9	9	3-06-2019	0
10	10	4-06-2019	0
11	11	5-06-2019	0
12	12	6-06-2019	0
13	13	7-06-2019	0,5
14	14	8-06-2019	0,5
15	15	9-06-2019	0,5
16	16	10-06-2019	1
17	17	11-06-2019	1
18	18	12-06-2019	1
19	19	13-06-2019	1
20	20	14-06-2019	1,5
21	21	15-06-2019	1,5
22	22	16-06-2019	1,5
23	23	17-06-2019	2
24	24	18-06-2019	3
25	25	19-06-2019	3,5
26	26	20-06-2019	4
27	27	21-06-2019	4,5
28	28	22-06-2019	5
29	29	23-06-2019	5
30	30	24-06-2019	5,5
31	31	25-06-2019	6



Gambar 11 Laju tekanan

- a. $P = 6 \text{ Psi}$
 $= 6 + 14,7 \text{ psia}$
 $= 20,7 \text{ psia} \times \frac{6894,8 \text{ Pa}}{1 \text{ psia}}$
 $= 142722,36 \text{ Pa}$
- b. $T = 30^\circ\text{C}$
 $= 30 + 273 \text{ K}$
 $= 303 \text{ K}$

c. Methane

$$R = R : 8,314 \text{ J/mol K (tetapan gas)}$$

d. Perhitungan masa biogas dari biogas

$$PV = nRT \quad \Rightarrow \quad PV = m/mr R T$$

$$\frac{m}{mr} = \frac{P V}{R T}$$

$$m = \frac{142722,36 \text{ Pa} \times 0,0697 \text{ m}^3 \times 0,016 \text{ Kg/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \text{K} \times 303 \text{ K}}$$

$$= 0,00624 \text{ kg}$$

Pengujian Pembakaran Gas

1. Perhitungan kalor

Dalam tahap pengujian uji nyala api dan perhitungan kalor dilakukan dengan cara merebus air dengan massa 0,8 ml dengan menggunakan bahan bakar biogas selama 5 menit, dan api yang dihasilkan oleh biogas lebih berwarna biru.



Gambar 12 Nyala api biogas

Diketahui	:	m	=	0,8 liter
			=	0,8 Kg
		T1	=	30 °C
		T2	=	90 oC
		t	=	6 min, 16 det
		Cair	=	42.000 J/Kg °C
Ditanya	:	Q ?		
Jawab	:	Q	=	m.c. ΔT
			=	0,8 Kg x 42.000 J/Kg oC x (90 - 30)°C
			=	0,8 Kg x 42.000 J/Kg oC x 60oC
			=	2.016.000 J
			=	2.016 KJ

2. Energi Panas yang Dihasilkan

Laju produksi gas metana menunjukkan berapa banyak gas yang dihasilkan, pada penelitian ini biogas dapat digunakan selama 28 menit.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari penelitian ini diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Telah didesain reaktor biogas sederhana dari drum 209 liter dan tabung pengumpul gas 10 liter dan menggunakan bahan berupa eceng gondok dan dapat menghasilkan gas yang bisa digunakan namun belum optimal, karena proses fermentasi yang masih membutuhkan waktu lebih lama lagi. Sehingga api yang dihasilkan belum menghasilkan pembakaran yang sempurna.
2. Kondisi vacuum anaerob dapat tercapai dengan tidak terjadi kebocoran pada biodigester. Perbandingan variabel proses fermentasi eceng gondok dengan air adalah 1 : 1 dan waktu fermentasi selama 31 hari.
3. Tekanan yang dihasilkan pada manometer sebesar 6 psi. Kalor api yang dihasilkan oleh bahan bakar biogas sebesar Q = 2.016 KJ sehingga perlu adanya langkah konkret untuk merealisasikan alat ini sebagai produksi energi alternatif.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh disadari bahwa optimasi energy yang telah dilakukan memiliki beberapa kekurangan. Oleh sebab itu, untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat disarankan untuk lebih lanjut dilakukan beberapa hal sebagai berikut :

1. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh lamanya fermentasi terhadap biogas dihasilkan beserta kandungan gas metannya.
2. Disarankan untuk menghitung optimasi dan dengan sstem fermentasi yang lebih efisien agar reaktor biogas yang digunakan secara terus menerus.

DAFTAR PUSTAKA

- Dery vitra yuniarta , yosi reapradana. 2007. *Upaya meningkatkan produksi biogas sebagai energi alternatif*. Teknik Kimia-ITS. Surabaya
- Sato, Abas. 2009. *Pengolahan sampah organik secara anaerobic untuk memproduksi biogas sebagai energi terbarukan*". Tesis Program Magister Teknologi Proses Teknik Kimia FTI-ITS. Surabaya
- Harahap, filino, dkk. 1980. *Teknologi Gas Bio*. Pusat Teknologi Pembangunan ITB, Bandung

- Suyitno, Nizam Muhammad, dharmanto. 2010. *Teknologi Biogas Pembuatan, Operasional dan pemanfaatan*. Graha Ilmu, Yogyakarta
- Purnama, wijaya, tito dkk. 2013. Prototipe biodigester sampah organic menjadi biogas dengan proses anaerobic. D III Teknik Kimia-ITS. Surabaya
- Chrisnanda. 2010. Rancang bangun alat produksi biogas dengan sumber eceng gondok dan kotoran hewan. D III Teknik Mesin-ITS, Surabaya
- Fitradiansyah, dhika. 2010. Pemanfaatan kotoran sapi untul gerator listrik biogas, penerangan dan memasak menuju desa nongkojajar mandiri energi. Teknik Elektro ITS. Surab