



KAJI EKSPERIMEN MESIN DIGESTER BIOGAS SKALA RUMAH TANGGA DI DESA BUKUR BERBASIS TEKANAN

Aldohan Syahvironi R. (Mahasiswa), Ir. Gatut Priyo Utomo M.Sc (Dosen Pembimbing)

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: mohmesin@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Masyarakat di desa Bukur pada umumnya menggunakan minyak tanah dan gas LPG untuk keperluan memasak dan ada juga sebagian yang memiliki alat pembuatan biogas dari kotoran sapi namun memiliki kapasitas yang kecil karena untuk ruang penampungan pada biogas tersebut hanya menggunakan ban dalam mobil, namun seiring berjalannya waktu kini minyak tanah semakin sulit untuk didapatkan dan harga minyak tanah juga semakin mahal.

Oleh karena dikembangkan lagi sistem biogas tersebut dari penampungan ban dalam mobil menjadi biogas berbasis tekanan menggunakan sistem peer tekan agar debit laju biogas dapat semakin cepat ketika digunakan untuk keperluan memasak .

Metode yang dilakukan meliputi perancangan , pengambilan data dan analisa. Tahap perancanganya itu desain maupun alat hasil jadi untuk dilakukan pengujian ketahap pembuatan . Proses selanjutnya adalah proses pengambilan data yaitu pengujian dengan beberapa variasi dan variabel yang digunakan untuk mendapatkan data perhitungan yang tepat dalam penelitian waktu didih air 500cc , 1000cc , 2000cc. Dan tekanan valve $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$.

Hasil pengujian dapat di simpulkan bahwa tekanan air dengan variasi tekanan $\frac{3}{4}$ dan volume air 500 cc dapat membuat air tersebut mendidih air paling cepat dengan waktu 4 menit 40 detik , variasi tekanan $\frac{1}{4}$ dengan volume air 2000cc menghasilkan waktu didih paling lama yaitu 31 menit 21 detik . pada tekanan $\frac{1}{4}$ gas yang keluar sedikit sehingga mempengaruhi nyala api untuk mendidihkan air dan pada tekanan $\frac{3}{4}$ nyala api bagus karena tekanan besar . semakin tinggi tekanan maka nyala api yang di hasilkan akan besar juga .

Kata kunci : Pengujian , Biogas , Tekanan , LPG , Kotoran sapi

ABSTRACT

People in Bukur village generally use kerosene and LPG gas for cooking purposes and there are also some who have tools for making biogas from cow dung but have a small capacity because the storage space in biogas only uses tires in cars, but over time now kerosene is increasingly difficult to obtain and kerosene prices are also getting more expensive.

Therefore, the biogas system was developed again from a tire reservoir in a car to pressure-based biogas using a peer press system so that the biogas discharge rate can be faster when used for cooking purposes.

The methods carried out include design, data collection and analysis. The manufacturing stage is the design and finished tools to be tested to the manufacturing stage. The next process is the data collection process, which is testing with several variations and variables used to obtain precise calculation data in research on water boiling time 500cc, 1000cc, 2000cc. And valve pressure $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$.

The test results can be concluded that water pressure with a pressure variation of $\frac{3}{4}$ and a water volume of 500 cc can make the water boil the fastest water with a time of 4 minutes 40 seconds, a pressure variation of $\frac{1}{4}$ with a water volume of 2000cc produces the longest boiling time of 31 minutes 21 seconds. at a pressure of $\frac{1}{4}$ the gas that comes out a little so that it affects the flame to boil water and at a pressure of $\frac{3}{4}$ the flame is good because of the large pressure. The higher the pressure, the flame produced will be large too

Keywords: *Testing, Biogas, Pressure, LPG, Cow dung*

PENDAHULUAN

Kenaikan harga minyak dunia sangat berpengaruh terhadap kehidupan masyarakat Indonesia, terutama masyarakat kecil. Masyarakat pada umumnya menggunakan minyak tanah dan gas LPG untuk keperluan memasak, namun seiring berjalannya waktu kini minyak tanah semakin sulit untuk didapatkan dan harga minyak tanah juga semakin mahal. Selain itu juga di daerah-daerah tertentu gas LPG sulit didapatkan.

Biogas merupakan salah satu solusi untuk mengatasi berbagai masalah di atas. Dengan pemanfaatan biogas dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan dapat digunakan sebagai bahan bakar ramah lingkungan yang dapat mengurangi efek rumah kaca. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi yang relatif kurang oksigen (anaerob).

Untuk membangun sebuah instalasi biogas (Biodigester) yang bisa memenuhi kebutuhan energi rumah tangga, sebuah rumah tangga harus memiliki minimal 1-2 ekor sapi. Energi dari tiga ekor sapi ini bisa dimanfaatkan untuk memasak, memanaskan air, dan

penerangan (lampu petromaks). Pada prinsipnya, pembuatan Biogas dengan teknologi biodigester sangat sederhana, hanya dengan memasukkan substrat (kotoran ternak) ke dalam tabung digester yang anaerob. Dalam waktu tertentu gas akan terbentuk yang selanjutnya dapat digunakan sebagai sumber energi, misalnya untuk kompor gas atau listrik. Penggunaan biodigester dapat membantu pengembangan sistem pertanian dengan mendaur ulang kotoran ternak untuk memproduksi Biogas dan diperoleh hasil samping (by-product) berupa pupuk organik. Selain itu, dengan pemanfaatan biodigester dapat mengurangi emisi gas metan (CH_4) yang dihasilkan pada dekomposisi bahan organik yang diproduksi dari sektor pertanian dan peternakan, karena kotoran sapi tidak dibiarkan terdekomposisi secara terbuka melainkan difermentasi menjadi biogas.

RUMUSAN MASALAH

Adapun rumusan masalah yang akan kami coba selesaikan dalam penelitian ini:

1. Bagaimana cara membuat biogas dari limbah sapi dengan sederhana?
2. Bagaimana pengaruh laju biogas jika diberikan tekanan?

BATASAN MASALAH

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang optimal dan terarah serta demi tercapainya tujuan penelitian, maka penelitian dibatasi oleh hal hal berikut:

1. Bahan EM4, ragi, molase yang digunakan sebagai starter
2. Perakitan digester yang untuk tempat proses fermentasi.
3. Waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan air 500cc, 1000cc, 2000cc

TUJUAN DAN MANFAAT

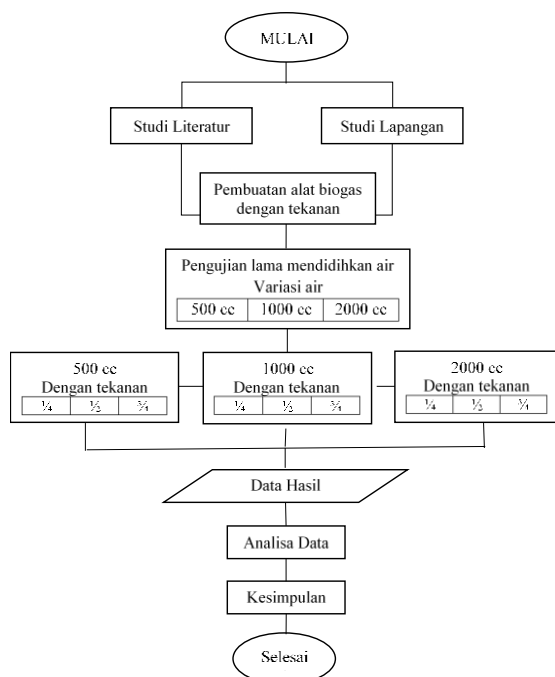
1. Tujuan

Kaji eksperimen mesin digester biogas skala rumah tangga didesa Bukur berbasis tekanan

2. Manfaat

Untuk mengurangi limbah kotoran sapi yang ada di kandang, Untuk menghasilkan energi biogas, Mengelola sumber energi alternatif yang ramah lingkungan

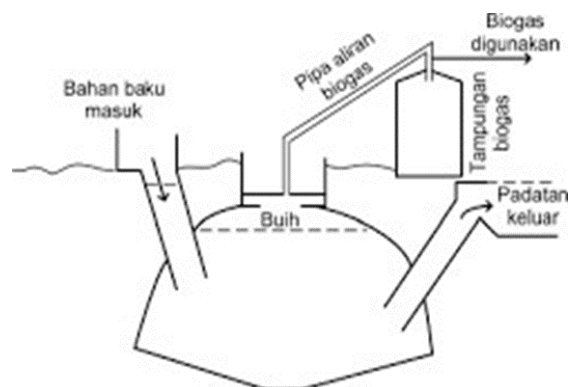
ALUR PEMBUATAN DAN PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

DASAR TEORI

Pengertian Biogas adalah dekomposisi bahan organik secara anaerob (tertutup dari udara bebas) untuk menghasilkan suatu gas yang sebagian besar berupa methane (yang memiliki sifat mudah terbakar) dan karbondioksida/ CO₂. Proses dekomposisi anaerob dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri methane. Sahidu (1983) mengungkapkan bahwa biogas adalah suatu campuran gas-gas yang dihasilkan dalam satu proses pengomposan bahan organik oleh suatu bakteri dalam keadaan tanpa oksigen (proses anaerob). Definisi lain menyatakan bahwa biogas adalah campuran beberapa gas yang tergolong bahan bakar hasil dari fermentasi bahan organik dalam kondisi anaerob dan gas yang dominan adalah methane (CH₄) dan karbondioksida (CO₂).



Gambar 2. Penyusunan Biogas

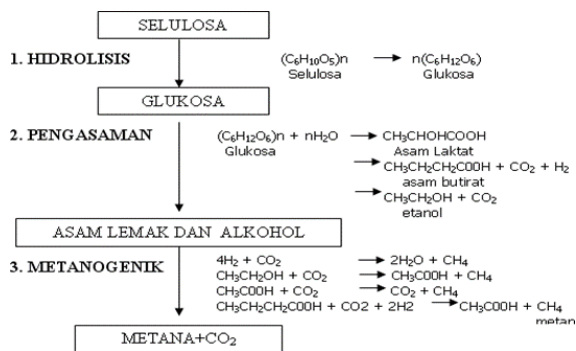
Bahan Pembuatan biogas yaitu :

1. Feses / kotoran sapi
2. Ragi
3. Molase
4. EM4

PROSES PEMBUATAN BIOGAS

Dalam proses pembuatan biogas terdapat proses dekomposisi anaerobik dan di bantu oleh sejumlah microorganisme terutama bakteri yang menghasilkan gas methane. Proses pembuatan biogas meliputi

serangkaian proses hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan methanogenesis.



Gambar 3 Tahap proses pembuatan Biogas

GAS METHANE

Methane adalah hidrokarbon sederhana yang berbentuk gas dengan senyawa CH₄. Methane murni tidak berbau, jika di gunakan untuk komersial, biasanya di tambah bau belerang untuk mendeteksi kebocoran yang terjadi. Sbgai gas alam methane ada lah sumber bahan bakar utama. Methane tidak beracun tetapi mudah terbakar dan dapat mengakibatkan ledakan apabila bercampur dengan udara. Diketahui molekul methane adalah 16,04 g/mol.

PEGAS

Gaya pegas timbul karena adanya sifat elastis / sifat lenting pegas, sifat elastis dimiliki benda yang di ubah bentuknya kemudian dilepaskan, maka benda ini akan kembali seperti semula, karena gaya pegas memiliki sifat elastisitas, adapun rumus konstanta pegas tekan:

$$K = \frac{Gd^4}{8nD^3}$$

Gaya elastisi pegas

$$F = \Delta x \cdot k$$

Energi potensial

$$EP = 1/2 \cdot k(\Delta x)^2$$

Konstanta pegas umum

$$\Delta x = F/k$$

Lilitan pegas

$$\delta = \frac{8nD^3w}{d^4G}$$

TEKANAN

Satuan fisika untuk menentukan gaya (F) per satuan luas (A) Satuan internasional dari tekanan adalah Newton persatua luas (N/m²) sedangkan simbolnya (P) atau (p). Suatu ukuran pada tekanan adalah Pascal (Pa), maka disebutkan 1 N/m² = 1Pa.

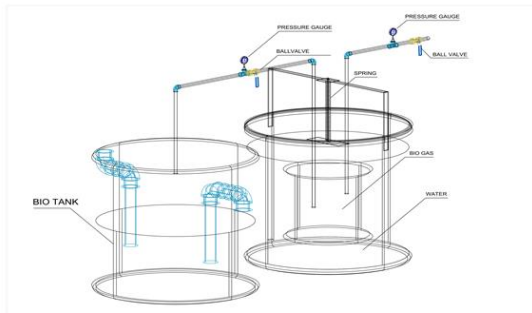
$$P = \frac{F}{A}$$

FAKTOR YANG MEMPENGARUHI BIOGAS

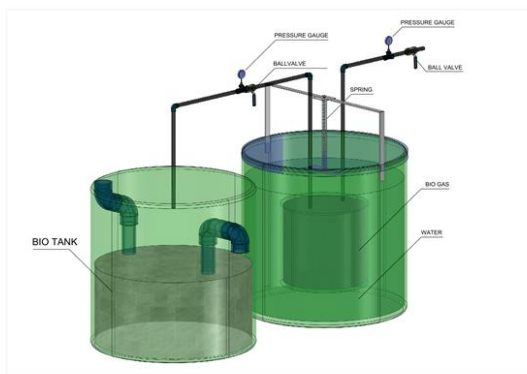
Faktor yang mempengaruhi pembuatan biogas adalah faktor pengenceran, jenis bakteri, keasaman (PH), suhu keadaan bahan yang meghambat pertumbuhan bakteri antara Karbon (C) dan Nitrogen (N), lama fermentasi, dan starter digunakan untuk mempercepat penguraian.

Kondisi optimum harus di kontrol secara cermat agar proses pencernaan anaerobik dapat berjalan secara optimal. Dengan menjaga (pH) pada tentan 7 – 7,2, dan akan mempengaruhi perubahan subtat menjadi biogas terhambat dan mengakibatkan penurunan kualitas biogas

GAMBAR DESAIN DAN ALAT

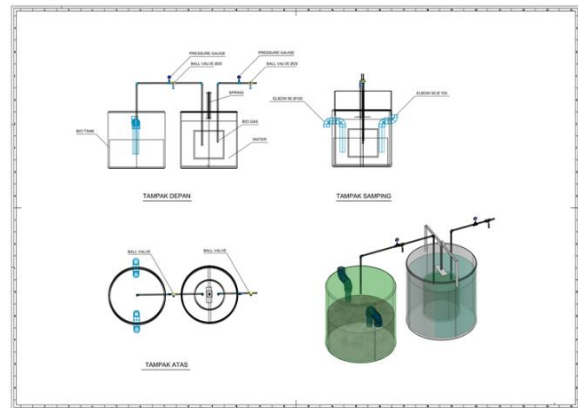


Gambar 4. 3D Sketsa monocrom



Gambar 5. Perencanaan dengan 3D

Terdapat 1 drum plastik dengan kapasitas 120 Lt yang berfungsi sebagai tempat produksi biogas methane dan 1 drum dengan kapasitas 120 Lt lagi berfungsi sebagai penahan tekanan tabung penyimpanan yang berisikan air supaya tidak jatuh kebawah. Drum plastik 30 Lt sebagai tempat penyimpanan hasil dari fermentasi digester yang berisi gas methane dan karbondioksida. Terdapat pipa $\frac{3}{4}$ sebagai saluran biogas, dan pipa $2\frac{1}{2}$ sebagai keluar masuk nya kotoran sapi pada reaktor. Manometer berfungsi untuk pengukur tekanan udara pada ruang tertutup, kran gas bertujuan untuk mengatur debit keluar nya gas yang telah dihasilkan.



Gambar 6. Proyeksi biogas

MEKANISME KERJA ALAT

1. masukan bahan untuk produksi gas seperti kotoran sapi 40%, air 20%, molase, EM4, ragi campurkan hingga merata
2. buka stop kran supaya gas yang dihasilkan tidak mengumpul di digester saja dan akan mengisi tabung penyimpanan dan tutup stop kran keluar yang ada didalam tabung penyimpanan.
3. setelah 25 hari gas akan terbentuk dengan sempurna.
4. gas yang telah diproduksi di digester telah penuh makan gas tersebut akan mengalir ke ruang yang kosong yaitu kedalam tabung penyimpanan.
5. setelah tabung penyimpanan terisi maka tabung tersebut akan naik hingga menekan pegas keatas.
6. karena pegas mempunyai ketahanan maksimum maka pegas tersebut akan menekan kembali tabung penyimpanan sehingga menghasilkan gaya dorong yang menyebabkan air yang ada di bawahnya akan naik. sehingga gas yang ada didalam tabung penyimpanan akan memiliki tekanan yang lebih besar sehingga gas yang keluar akan lebih besar.
7. buka stop kran keluar pada tabung penyimpanan supaya gas tersebut bisa mengalir ke kompor dan siap untuk di gunakan.

DATA HASIL PENGUJIAN

Bagian terpenting dalam pengujian adalah pengambilan data data dari pengujian alat tersebut. Karna pengambilan data akan didapatkan hasil pengujian unjuk alat tersebut. Berikut tabel dalam pengambilan data pengujian berdasarkan variasi :

Air	Nyala Api	Waktu yang dibutuhkan
500cc	Kecil	15 menit 49 detik
500cc	Sedang	9 menit 35 detik
500cc	Besar	4 menit 40 detik

Air	Nyala Api	Waktu yang dibutuhkan
1000cc	Kecil	20 menit 15 detik
1000cc	Sedang	12 menit 49 detik
1000cc	Besar	6 menit 32 detik

Air	Nyala Api	Waktu yang dibutuhkan
2000cc	Kecil	31 menit 21 detik
2000cc	Sedang	21 menit 39 detik
2000cc	Besar	16 menit 29 detik

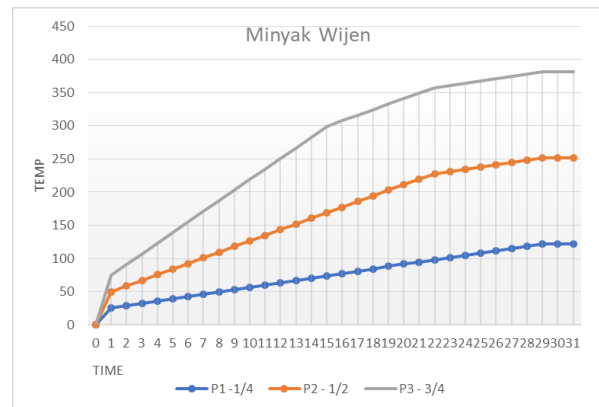
Tabel 1. Pengambilan data pengujian berdasarkan variasi

Pengujian dengan metode sample random sebagai berikut :

No	Sample	Tekanan gas	Waktu
1	Minyak Wijen	¼	28 mn5 41 dtk
2		½	21 mnt 32 dtk
3		¾	18 mnt 39 dtk
4	Minyak Zaitun	¼	31 mnt 49 dtk
5		½	28 mnt 35 dtk

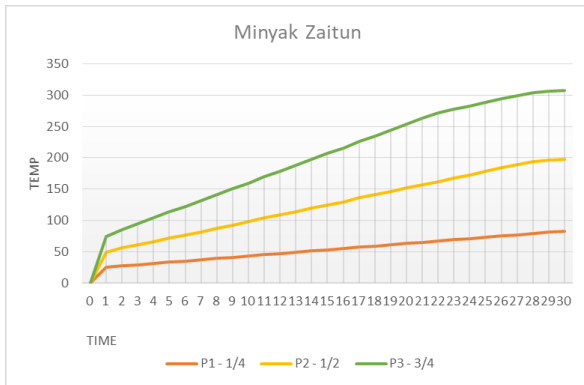
6		¾	21 mnt 40 dtk
7	Minyak Jagung	¼	29 mnt 51 dtk
8		½	27 mnt 42 dtk
9		¾	21 mnt 58 dtk
10	Mentega	¼	3 mnt 10 dtk
11		½	1 mnt 28 dtk
12		¾	47 dtk

Tabel 2. Tekanan dan fluida terhadap waktu



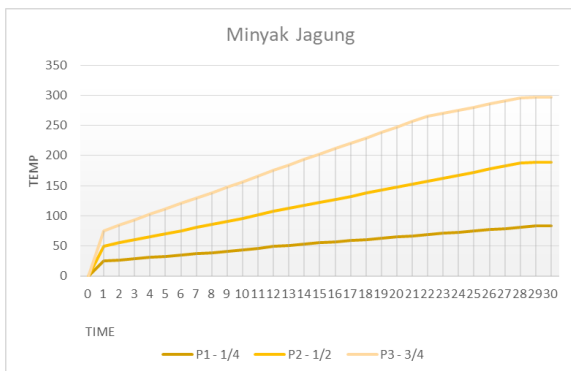
Gambar 7. Pengaruh waktu dan tekanan terhadap titik didih minyak wijen

Dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa pada tekanan valve ¼ untuk mencapai titik didih membutuhkan waktu 28 menit 41 detik , pada tekanan valve ½ membutuhkan waktu 21 menit 32 detik , pada tekanan ¾ membutuhkan waktu 18 mnt 39 detik.



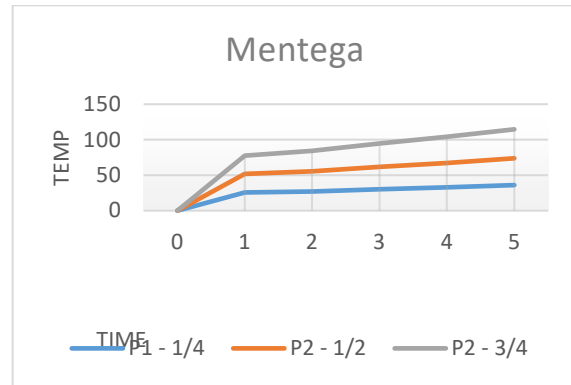
Gambar 8. Pengaruh waktu dan tekanan titik didih minyak zaitun

Dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa pada tekanan valve $\frac{1}{4}$ untuk mencapai titik didih membutuhkan waktu 31 menit 49 detik, pada tekanan valve $\frac{1}{2}$ membutuhkan waktu 28 menit 35 detik, pada tekanan $\frac{3}{4}$ membutuhkan waktu 21 menit 40 detik.



Gambar 9. Pengaruh waktu tekanan terhadap titik didih minyak jagung

Dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa pada tekanan valve $\frac{1}{4}$ untuk mencapai titik didih membutuhkan waktu 29 menit 51 detik, pada tekanan valve $\frac{1}{2}$ membutuhkan waktu 21 menit 42 detik, pada tekanan $\frac{3}{4}$ membutuhkan waktu 21 menit 58 detik



Gambar 10. Pengaruh waktu dan tekanan terhadap titik didih mentega

Dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa pada tekanan valve $\frac{1}{4}$ untuk mencapai titik didih membutuhkan waktu 3 menit 10 detik, pada tekanan valve $\frac{1}{2}$ membutuhkan waktu 1 menit 28 detik, pada tekanan $\frac{3}{4}$ membutuhkan waktu 47 detik.

DATA PENGUJIAN HASIL PRODUKSI BIOGAS

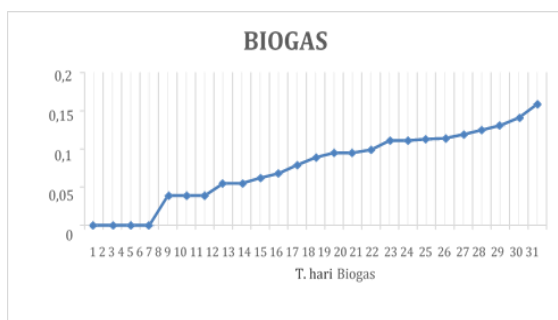
Dari data produksi hasil biogas dihasilkan tekanan gas methane saat fermentasi. Untuk melihat hasil tekanan dari produksi biogas digunakan alat pengukur berupa manometer, berdasarkan hasil data diketahui laju kecepatan debit gas dari hasil fermentasi bogas selama 25 hari.

Hari	Pengujian starter
1	0 m ³
2	0 m ³
3	0 m ³
4	0 m ³
5	0,039 m ³
6	0,039 m ³
7	0,039 m ³
8	0,055 m ³
9	0,055 m ³
10	0,062 m ³
11	0,068 m ³
12	0,079 m ³
13	0,089 m ³
14	0,095 m ³
15	0,095 m ³
16	0,099 m ³

17	0,111 m ³
18	0,111 m ³
19	0,113 m ³
20	0,114 m ³
21	0,119 m ³
22	0,125 m ³
23	0,131 m ³
24	0,141 m ³
25	0,159 m ³

Tabel 3. Hasil biogas selama fermentasi 25 hari

Terdapat grafik laju hasil biogas selama fermentasi 25 hari



Gambar 11. Grafik laju hasil biogas

Pada perhitungan debit gas yang dihasilkan diketahui jari jari digester (r) 24cm² dan tinggi (t) 85cm.

PERHITUNGAN GAS IDEAL

Persamaan idealnya gas merupakan pendekatan yang baik untuk karakteristik beberapa gas tertentu, diketahui molekul methane adalah 16.04 g/mol.

$$PV = nRt$$

GAYA ELASTIS PEGAS

Suatu benda yang mempertahankan posisinya untuk kembali seperti semula.

$$F = k \cdot \Delta x$$

KONSTANTA PEGAS

Besaran gaya yang dibutuhkan / yang diberikan sehingga terjadi perubahan panjang sebesar satuan panjang.

$$\Delta x = \frac{F}{k} = \frac{126}{630} = 0,2$$

Keterangan :

- F : Gaya Berat/Gaya Pegas/Gaya yg Bekerja pada Pegas (Newton)
- K : Konstanta Pegas (N/m)
- Δx : Perubahan ukuran (cm)
- L0 : Panjang Awal (cm)
- g : Konstanta Gravitasi (kg)
- D : Diameter Lilitan (mm)
- d : Diameter Kawat (mm)
- G : Modulus Geser (kg/mm²)
- n : Jumlah Lilitan Aktif
- N : Jumlah Seluruh Lilitan

ENERGI POTENSIAL

Energi yang dimiliki benda karena kedudukan atau posisi bendanya. Energi potensial juga disebut juga dengan energi diam karena yang didalam keadaan diam bisa memiliki energi.

$$EP = \frac{1}{2} \cdot k (\Delta x)^2$$

ANALISA

Sistem biogas skala rumah tangga ini mempunyai prinsip pengisian ber-ulang dengan kapasitas isi digester. Kemudian feses sapi di fermentasi di dlm digester selama menghasilkan gas methane, setelah itu bahan baku keluar jika feses telah penuh di fermentasi tidak dapat menghasilkan gas methane lagi hingga isi menyusut dan dapat menghasilkan pupuk organik

Sistem biogas yang kita gunakan menggunakan tambahan berupa tekanan menggunakan peer cvt sepeda motor matic yang bertujuan untuk menambah laju aliran gas methane. Tekanan maksimum yang dapat dihasilkan pada tabung tersebut sebesar

$4.352 \times 10^{-7} P_{atm}$ dengan sample uji kita gunakan air dengan waktu didih terbaik yaitu 500cc air 4 menit 40 detik, 1000cc air 6 menit 32 detik, 2000cc air 16 menit 29 detik.

Pengujian menggunakan sample random yang kita lakukan menggunakan minyak wijen, mentega, minyak zaitun, dan minyak jagung. Pada pengujian ini kita menggunakan 500cc dan mendapatkan waktu didih terbaik masing masing sample yaitu 21 menit 30 detik untuk minyak zaitun, minyak wijen, minyak jagung. Sedangkan mentega 47 detik untuk dapat mendidih sempurna.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian maka dapat diperoleh kesimpulan, dalam kaji eksperimen mesin digester biogas skala rumah tangga berbasis tekanan, alat yang digunakan tong plastik, pipa pvc, lem pvc, Lbow, per pegas, besi, stoper, kran gas, selang, kompor. Dalam penelitian ini didapatkan tekanan maksimum yang dapat dihasilkan dari digester berukuran 120 liter sebesar $4.352 \times 10^{-7} P_{atm}$, dengan sampel uji yang kita gunakan berupa air kita dapatkan waktu didih air terbaik yaitu pada untuk 500cc air 4 menit 40 detik, 1000cc air 6 menit 32 detik, 2000 cc air 16 menit 29 detik. Pada pengujian sampel random kita menggunakan sebanyak 500 cc pada setiap sampel dan mendapatkan waktu didih terbaik yaitu pada 21 menit 30 detik 47 detik untuk Mentega

Model dari digester dan tabung penyimpanan ini masih sangat memungkinkan untuk dilakukan pengembangan untuk lebih menyempurnakan desain yang sudah ada. Beberapa pengembangan yang masih dapat dilakukan yaitu :

1. Digester tempat pembuatan dan penyimpan gas methane bisa dibuat lebih besar lagi supaya hasil yang di dapatkan lebih maksimal.
2. Dapat menggunakan variasi alat penyimpanan gas seperti ban dalam truk yang jika terjadi kebocorannya mudah terdeteksi.

3. Sistem untuk pengatur tekanan dapat dibuat lebih rapih lagi dan ringkas sehingga diharapkan lebih sempurna lagi.

Upaya pengembangan digester berbasis tekanan ini dapat terus dilakukan, supaya mahasiswa/i sebagai pemakai alat uji diharapkan dapat dilakukan pengujian yang lebih baik lagi. Selain itu, pengembangan dari penelitian yang sudah dilakukan dapat membantu mahasiswa/i untuk lebih berpikiran luas dan dapat mengembangkan digester bertekanan ini.

REFERENSI

- Dwi Irawan, Dkk. (2016). Pengaruh EM4 (Effective Microorganism) Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Bahan Baku Kotoran Sapi. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
- Harayati, T., "Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif", Warazoa vol 16 no 03, 2006
http://repository.upi.edu/40096/4/TA_TM_1602115_Chapter3.pdf
<https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/24241>
- Mustaqim, Farid, A., & Sugara, S. (2006). Kemampuan Produksi Biogas Pada Digester Berbahan Fiberglass Berukuran 120 L.
- Putra, D. Dkk. (2017). Rancang Bangun Reaktor Biogas Tipe Portable Dari Limbah Kotoran Ternak Sapi. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem. 5(1)
- Putro, S., "Penerapan Instalasi Sederhana Pengolahan Kotoran Sapi Menjadi Energi Biogas di Desa Sugihan Kecamatan Bendosari Kabupaten Sukoharjo", Warta vol 10 no 2, hal 178-188, 2007
- Simamora, S., Salundik, Sri W, dan Surajudin, Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas dari Kotoran Ternak, Jakarta: Agromedia Pustaka 2006

- Wahyuni, S. 2011. Menghasilkan Biogas Dari Aneka Limbah. Agromedia Pustaka, Jakarta
- Wahyuni, S. Analisa Kelayakan Pengembangan biogas Sebagai Energi Alternatif Berbasis Individu dan Kelompok Peternak, Tesis, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, 2008
- Wati, Dwi S., dan Prasetyani, R., D. (2011). Pembuatan Biogas Dari Limbah Cair Industri Bioetanol melalui Proses Anaerob (Fermentasi), Jurusan Teknik Kimia Fakultas Tekni. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Widodo, T.K., Ahmad A, Ana N., dan Elita R., “Rekayasa dan Pengujian Reaktor BiogasSkala Kelompok Tani Ternak”, Jurnal Enjiniring Pertanian. Vol. IV, No. 1, 2006
- Yulistiawati. E. (2008). Pengaruh Suhu dan C/N Rasio Terhadap Produksi Biogas Berbahan Baku Sampah Organik Sayuran, Skripsi. Program Strata I Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Yuniarti, D. P., Hatina, S., & Efrinalia, W. (2018). Pengaruh Jumlah Ragi Dan Waktu. Jurnal Redoks 3(2)