

## ANALISA PERFORMANSI KOMPOR BIOGAS DENGAN VOLUME PENAMPUNG BIOGAS 1 M3 YANG DIHASILKAN DARI REAKTOR DENGAN VOLUME 5000 LITER

Syamsuri<sup>[1]#</sup>, Suheni<sup>[1]</sup>, Yustia Wulandari<sup>[2]</sup>Taufik<sup>[1]</sup>  
Teknik-Mesin ITATS, Jl.Arief Rachman Hakim No.100 Surabaya<sup>[1]</sup>  
Teknik-Kimia ITATS, Jl.Arief Rachman Hakim No.100 Surabaya<sup>[2]</sup>  
#Email : [syam\\_sby2003@yahoo.com](mailto:syam_sby2003@yahoo.com)

### ABSTRAK

Sumber Daya Alam di bumi ini sangat melimpah, salah satu sumber daya alam tersebut adalah Bahan Bakar Minyak. Namun beberapa tahun terakhir ini energi merupakan persoalan yang krusial di dunia. Peningkatan permintaan energi yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk memberikan tekanan kepada setiap negara untuk mencari energi terbarukan yang ramah lingkungan, murah, mudah diperoleh dan dapat diperbaharui. Salah satunya adalah biogas yang merupakan energi yang layak dipergunakan secara teknis, sosial, maupun ekonomis terutama untuk mengatasi masalah energi di pedesaan. Pada penelitian kali ini bertujuan untuk menguji cobakan bahan bakar biogas pada unjuk kerja kompor dan menganalisa performansi dari kompor biogas dengan variasi menggunakan tiga burner yaitu burner dengan diameter lubang api 2 mm, 3 mm, dan 4 mm. Melalui penelitian ini dapat diketahui performance dari kompor biogas dengan menggunakan burner yang memiliki lubang api yang bervariasi yaitu burner dengan diameter lubang api 2 mm menghasilkan daya sebesar 0.474422 KW dan efisiensi sebesar 61,64 %. Burner dengan diameter lubang api 3 mm menghasilkan daya sebesar 0,498923 KW dan efisiensi sebesar 59,44 %. Sedangkan burner dengan diameter lubang api 4 mm menghasilkan daya sebesar 0,550054 KW dengan efisiensi sebesar 54,81 %.

**Kata kunci : Biogas dan burner dengan diameter lubang api yang bervariasi.**

### ABSTRACT

*Natural Resources is very abundant on earth, one of the natural resource is oil fuel. However in recent years this energy is a crucial issue in the world. Increase in energy demand caused by population growth put pressure on every country to look for environmentally friendly renewable, inexpensive, easy to obtain and can be renewed. One is that biogas is a viable energy used technically, socially, and economically, especially to address the energy problem in rural areas. In the present study aims to test piloted the biogas fuel stove performance and analyze the performance of a biogas stove with three burners using a variation of the burner flame holes with a diameter of 2 mm, 3 mm, and 4 mm. Through the study of the performance can be known by using the biogas stove burner which has a fire pit which varies the burner flame holes with a diameter of 2 mm to produce power of 0.474422 kW and an efficiency of 61.64%. Burner with 3 mm diameter fire pit to produce power of 0.498923 KW and an efficiency of 59.44%. While the fire pit burner with 4 mm diameter to produce power of 0.550054 kW with an efficiency of 54.81%.*

**Keywords : Biogas and fire pit burner with varying diameter.**

### PENDAHULUAN

Seiring dengan berjalannya waktu jumlah manusia dimuka bumi ini semakin meningkat maka jumlah Bahan Bakar Minyak yang dikonsumsi oleh umat manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya sehari-hari juga harus terpenuhi, dengan begitu persediaan sumber daya alam Bahan Bakar Minyak di bumi ini semakin hari akan semakin menipis.

Krisis energi yang dipicu naiknya harga minyak dunia (pernah mencapai US\$70/barrel) turut menghimpit kehidupan masyarakat diberbagai penjuru di Indonesia. Hal ini menyadarkan berbagai kalangan ditanah air bahwa ketergantungan terhadap BBM (Bahan Bakar Minyak) secara perlahan perlu dikurangi. Buruknya pengaruh pembakaran BBM terhadap lingkungan juga menjadi faktor pendorong pencarian dan pengembangan energi alternatif baru ([4].

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi langka oksigen (anaerob). Adapun pengertian lain dari biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah *biodegradable* ( jenis limbah yang dapat dipecah, dalam jumlah waktu yang wajar) atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisi langka oksigen (anaerob). Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida.

Biogas yang didominasi oleh gas metana, merupakan gas yang dapat dibakar. Metana secara luas diproduksi di permukaan bumi oleh bakteri pembusuk dengan cara menguraikan bahan organik. Bakteri metanogenesis berperan dalam pembusukan. Bakteri ini terdapat di rawa-rawa, lumpur sungai, sumber air panas (hot spring), dan termasuk perut hewan herbivora seperti sapi, domba, dan babi. Hewan-hewan ini tidak dapat memproses rumput yang mereka makan, bila tidak ada bakteri anaerobik yang memecah selulosa didalam rumput menjadi molekul-molekul yang dapat diserap oleh perut mereka. Gas yang diproduksi oleh bakteri ini adalah gas metana [6].

Gas metana ( $\text{CH}_4$ ) adalah komponen penting dan utama dari gas bio karena merupakan bahan bakar yang berguna dan memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, mempunyai sifat yang tidak berbau dan tidak berwarna. Jika gas yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik ini dapat terbakar, berarti mengandung sedikitnya 45% gas metan. Untuk gas metan murni (100%) mempunyai nilai kalor  $8900 \text{ kkal/m}^3$  [3].

Tabel 1. Komposisi Biogas dan jumlahnya pada suatu unit gas bio

Jenis Gas	Kandungan (%)
Metana	60 – 70
Karbondioksida	30 – 40
Nitrogen	3
Hidrogen	1 –10
Oksigen	3
Hidrogen Sulfida	5

Sumber : Meynel, 1976.

Metana dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batu bara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Pemanfaatan biogas memegang peranan penting dalam manajemen limbah karena metana merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya dalam pemanasan global bila dibandingkan dengan karbon dioksida. Karbon dalam biogas merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman, sehingga bila dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan menambah jumlah karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil.

Biogas dikembangkan dengan siklus/ daur ulang limbah dengan konsep pembangunan berkelanjutan sehingga tidak ada sisa yang tebuang dari teknologi ini. Siklusnya adalah ternak berkontribusi terhadap digester melalui kotorannya yang dimasukkan kedalam digester, kemudian digester menghasilkan energi (gas) yang dapat dimanfaatkan, selain itu digester juga menghasilkan seluri atau pupuk yang siap di berikan bagi tanaman pangan dan dapat juga di berikan pada tambak atau kolam ikan. Dalam penelitian kali ini peneliti ingin mencoba membuat instalasi reaktor produksi biogas didaerah pedalaman yang lebih tepatnya di desa Dalambah Dajah, pulau Madura dan sekaligus menganalisa performansi dari kompor biogas dengan variasi menggunakan tiga burner kompor yang memiliki ukuran diameter lubang api yang berbeda sesuai uraian dibawah ini :

1. Burner dengan diameter lubang api 2 mm.
2. Burner dengan diameter lubang api 3 mm.
3. Burner dengan diameter lubang api 4 mm.



Gambar 1. Burner kompor dengan ukuran diameter lubang api yang berbeda.

### Bahan Penghasil Biogas

Kotoran hewan lebih sering dipilih sebagai bahan pembuat gas bio karena ketersediaannya yang sangat besar di seluruh dunia. Bahan ini memiliki keseimbangan nutrisi, mudah diencerkan dan relatif dapat diproses dibandingkan dengan kotoran yang lama dan atau telah dikeringkan, disebabkan karena hilangnya substrat volatil solid selama waktu pengeringan [2].

Tabel 2. Karakteristik kotoran sapi

Komponen	Massa (%)
Total padatan	2 – 6
Total padatan <i>volatile</i> (mudah menguap)	80 – 90
Total <i>Kjeldahl</i> Nitrogen	2 – 4
Selulosa	15 – 20
Lignin	5 – 10
Hemiselulosa	20 – 25

Sumber : [5]

Kotoran sapi merupakan substrat yang dianggap paling cocok sebagai sumber gas bio, karena substrat tersebut telah mengandung bakteri penghasil gas metan yang terdapat dalam perut hewan ruminansia.

Keberadaan bakteri didalam usus besar ruminansia tersebut membantu fermentasi, sehingga proses pembentukan gas bio pada digester dapat dilakukan lebih cepat [7]

Bahan baku yang mengandung gas metan bisa berasal dari semua bahan organik, baik yang berwujud padat, maupun cair kecuali bahan organik senyawa hidrokarbon tinggi seperti plastik, karet,

dan lilin (wax). Bahan yang mudah dicerna banyak mengandung selulosa seperti jerami padi atau gandum, rumput-rumputan dan sebagainya. Sedangkan bahan yang mengandung lignin (kayu) sukar untuk dicerna. Bahan yang memiliki kadar air tinggi lebih mudah untuk dicerna [8]

Biogas atau gas bio merupakan salah satu jenis energi yang dapat dibuat dari banyak jenis bahan buangan dan bahan sisa, semacam sampah, kotoran ternak, jerami, enceng gondok serta banyak bahan-bahan lainnya lagi. Pendeknya, segala jenis bahan yang dalam istilah kimia termasuk senyawa organik, entah berasal dari sisa dan kotoran hewan ataupun sisa tanaman, dapat dijadikan bahan biogas [9]

### **Proses Pembentukan Biogas**

Secara garisbesar pembentukan biogas dibagi dalam tiga tahap yaitu :

#### Tahap Hidrolisis

Pada tahap ini bahan organik dienzimatik secara eksternal oleh enzim ekstraseluler (selulose, amilase, protease, dan lipase) mikroorganisme. Bakteri memutuskan rantai panjang karbohidrat kompleks, protein dan lipida menjadi senyawa rantai pendek. Sebagai contoh polisakarida diubah menjadi monosakarida sedangkan protein diubah menjadi peptida dan asam amino.

#### Tahap Asidifikasi (Pegasaman)

Pada tahap ini bakteri menghasilkan asam, mengubah senyawa rantai pendek hasil proses pada tahap hidrolisis menjadi asam asetat, hidrogen ( $H_2$ ) dan karbondioksida. Bakteri tersebut merupakan bakteri anaerobik yang dapat tumbuh dan berkembang pada keadaan asam. Untuk menghasilkan asam asetat, bakteri larutan. Pembentukan asam pada kondisi anaerobik tersebut penting untuk pembentukan gas metana oleh mikroorganisme pada proses selanjutnya. Selain itu bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam amino, karbondioksida,  $H_2S$  dan sedikit gas metana.

#### Tahap Pembentukan Gas Metana

Pada tahap ini bakteri metanogenik mendekomposisikan senyawa dengan berat molekul rendah menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi. Sebagai contoh bakteri ini menggunakan hidrogen,  $CO_2$  dan asam asetat untuk membentuk metana dan  $CO_2$ . Bakteri penghasil asam dan gas metana bekerja sama secara simbiosis. Bakteri penghasil asam membentuk keadaan atmosfer yang ideal untuk bakteri penghasil metana. Sedangkan bakteri pembentuk gas metana menggunakan asam yang dihasilkan bakteri penghasil asam.

### **Daya Kompom**

Daya kompor adalah panas yang diberikan oleh bahan bakar selama pengujian. Dari persamaan daya menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar berbanding lurus dengan dayanya. Sehingga apabila kompor memiliki daya yang besar maka konsumsi bahan bakarnya juga tinggi. Sebaliknya apabila kompor memiliki daya kecil sudah dipastikan konsumsi bahan bakarnya rendah.

Untuk mengetahui besarnya daya kompor digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P = \frac{m_f \cdot E}{\Delta t} \text{ (KW)}$$

Dimana :

P = Daya kompor (KW)

$m_f$  = Konsumsi bahan bakar selama t waktu (kg)

E = Nilai Kalor Bawah (NKB) bahan bakar, kJ/kg.bb

$\Delta t$  = Waktu pengujian (detik)

### Uji Efisiensi

Efisiensi adalah prosentase panas yang berguna dibandingkan panas yang diberikan alat masak selama pengujian, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\eta_{\text{overall}} = \frac{(m_w \cdot c_p + m_{pa} \cdot c_{pa})(T_2 - T_1) + m_s \cdot H_{fg}}{m_f \cdot E} \times 100\%$$

Dimana :

- $\eta$  = Efisiensi overall kompor
- $m_w$  = Massa air yang dipanaskan (kg)
- $m_{pa}$  = Massa panci yang digunakan (kg)
- $C_p$  = Panas jenis air (kJ/kg)
- $C_{pa}$  = Panas jenis panci (kJ/kg)
- $T_2$  = Temperatur air mendidih ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $T_1$  = Temperatur awal air ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $m_s$  = Massa air yang menguap (kg)
- $m_f$  = Massa bahan yang terpakai (kg)
- $H_{fg}$  = Panas laten penguapan air ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $E$  = NKB bahan bakar (kJ/kg.bb)

## METODE

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Pembuatan Instalasi Reaktor Produksi Biogas dan pengambilan data dilaksanakan pada bulan Januari – Mei 2013 di Pulau Madura lebih tepatnya di kabupaten Bangkalan kecamatan Tanah Merah desa Dalambah Dajah.

### Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui eksperimen dengan tahapan kegiatan- kegiatan sebagai berikut:

1. Pembuatan Instalasi Reaktor Produksi Biogas.
2. Penyiapan biogas.
3. Penyiapan prosedur penelitian.
4. Penyiapan alat ukur yang terkalibrasi.
5. Pengukuran dan pengambilan data.
6. Analisa data hasil penelitian.
7. Penulisan dan pelaporan hasil penelitian.

### Water Boiling Test

Pada pengujian ini bahan bakarnya menggunakan biogas. Efisiensi dan daya dari kompor biogas ini dihitung dengan test pendidihan air. Test ini dapat diketahui dengan variabel-variabel berikut :

#### Pengujian Daya Kompor

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui besar daya yang dihasilkan kompor untuk memasak. Daya kompor didapat dari perkalian antara Massa bahan bakar dengan Nilai Kalor Bahan bakar dibagi dengan waktu. Oleh karena itu daya yang dihasilkan kompor didapat dari massa bahan bakar yang dipakai dan Nilai Kalor bahan bakar (biogas) serta lamanya waktu untuk memasak.

#### Pengujian Efisiensi Kompor

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan efisiensi kompor dengan mengukur panas saat

memasak air sampai mendidih.

### Waktu

Saat memasak air nantinya dibutuhkan waktu untuk mengetahui berapa lama air yang dimasak dapat mendidih.

### Kalor / Panas

Perhitungan kalor diperlukan untuk mengetahui berapa panas yang diperlukan untuk memasak air.

### **Peralatan dan Alat ukur**

Peralatan-peralatan yang digunakan pada pengujian ini untuk pengambilan data adalah sebagai berikut :

1. Kompor gas yang sudah dimodifikasi.
2. Tiga buah burner yang memiliki lubang api bervariasi yaitu 2 mm, 3 mm dan 4 mm.
3. Panci dari Glass tipe byrex.
4. Thermometer
5. Flow Meter Gas
6. Stopwatch
7. Timbangan Digital
8. Air
9. Kamera digital

Adapun variabel-variabel bebas yang diduga berpengaruh terhadap variabel yang diukur dalam penelitian (variabel respon). Dimana dalam penelitian variabel yang berpengaruh adalah :

$$\eta = m_w, C_p, C_{p_a}, m_{p_a}, T_2, T_1, m_s, h_{fg}, m_f, E$$

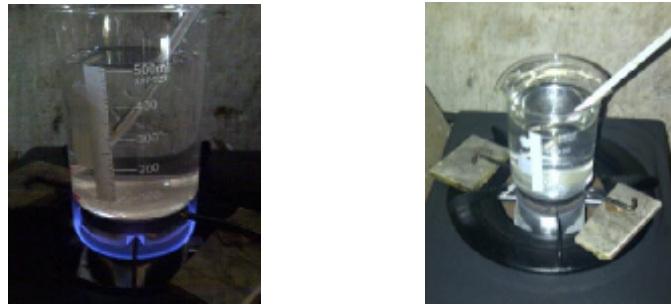
$$P = m_f, E, t$$

### **Teknik Pengujian dan Pengambilan Data**

Dalam pengujian ini dilakukan dengan tiga kali percobaan menggunakan tiga burner yang berbeda dan langkah-langkahnya seperti uraian dibawah ini :

- Memastikan biogas dalam penampung (reservoir) dalam keadaan penuh.
- Menyiapkan Stopwatch.
- Memasang burner yang pertama yaitu burner dengan ukuran diameter lubang api 2 mm pada kompor.
- Menimbang air sesuai ukuran yang sudah ditentukan dan dimasukkan kedalam panci.
- Mengukur suhu awal air ( $T_1$ ).
- Mengukur pemakaian awal bahan bakar pada flow meter.
- Menghidupkan kompor.
- Pengambilan data untuk suhu dan pemakaian bahan bakar dilakukan dalam interval waktu 2 menit sampai air mendidih ( $T_2$ ).
- Timbang air yang tersisa dalam panci.

Pada percobaan selanjutnya cukup mengganti burner pada kompor dengan burner yang kedua dan ketiga dan langkah-langkahnya sama seperti yang dilakukan pada percobaan yang pertama.



Gambar 2. Percobaan Water Boiling Test.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pehitungan Daya Kompor

Data yang diperoleh dari percobaan menggunakan burner dengan diameter lubang api 2 mm adalah sebagai berikut :

Percobaan I :

- Massa bahan bakar terpakai (mf) : 0,027 m<sub>3</sub> = 0,018036 kg
- Waktu yang dibutuhkan (Δt) : 12 menit = 720 detik
- Nilai kalor bahan bakar (E) : 18,939 Mj/kg = 18939 kj/kg

Dengan menggunakan persamaan (2.1) dapat dihitung daya kompor :

$$P = \frac{m_f \cdot E}{\Delta t} \text{ (KW)}$$

Dimana :

- P = Daya kompor (KW)  
 mf = Konsumsi bahan bakar selama t waktu (kg)  
 E = Nilai Kalor Bawah (NKB) bahan bakar, kj/kg.bb  
 Δt = Waktu pengujian (detik)

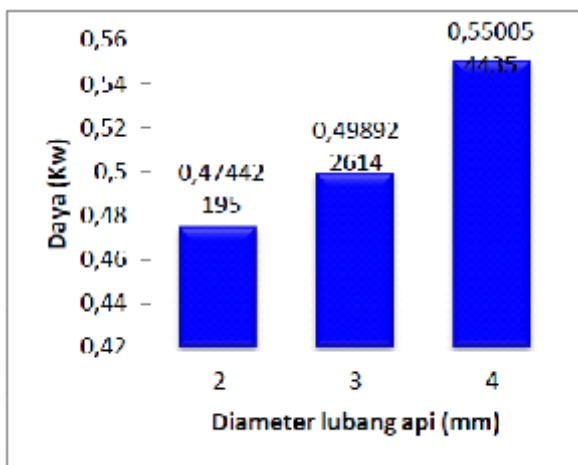
Sehingga,

$$P = \frac{0,018036 \text{ kg} \cdot 18939 \text{ kj/kg}}{720 \text{ detik}} = 0,4744 \text{ KW}$$

Dengan cara yang sama, maka didapat perhitungan daya pada percobaan selanjutnya dengan menggunakan microsoft excel. Hasil selengkapnya dapat dilihat dari table dibawah ini :

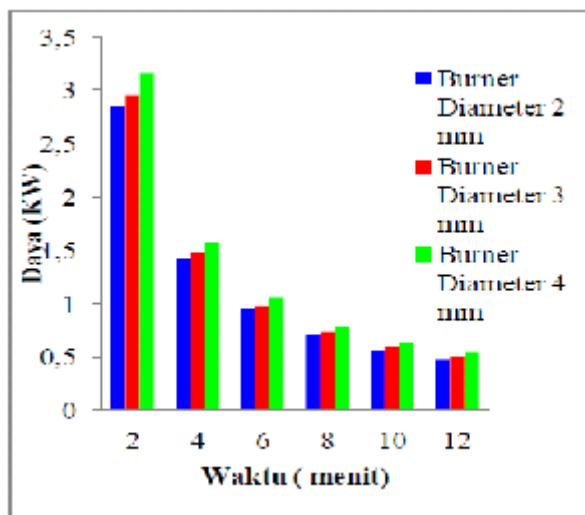
Tabel 6. Daya Kompor.

D (mm)	mf (kg)	E (kj/kg)	Δt (detik)	P (KW)
2	0,018036	18939	720	0,474422
3	0,018704	18939	710	0,498923
4	0,02004	18939	690	0,550054



Gambar 3. Grafik pengaruh diameter lubang api pada burner kompor biogas terhadap daya

Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa diameter lubang api pada burner kompor biogas sangat berpengaruh terhadap nilai daya, hal ini dibuktikan dengan lebih besarnya nilai daya panci yang memakai burner untuk diameter lubang api 4 mm daripada diameter 2 mm dan 3 mm. Hal ini dikarenakan untuk diameter yang lebih besar maka konsumsi bahan bakar yang diperlukan juga besar sehingga berdasarkan persamaan 2.1 apabila nilai konsumsi bahan bakar (mf) besar maka nilai daya (P) juga besar.



Gambar 4. Grafik Daya terhadap Waktu.



Dari tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa pemakaian burner dengan diameter lubang api 4 mm menghasilkan daya yang lebih besar daripada burner yang memiliki diameter 2 mm dan 3 mm. Hal ini dikarenakan untuk diameter yang lebih besar maka konsumsi bahan bakar yang diperlukan juga besar. Pada gambar tersebut terlihat daya semakin lama semakin menurun hal ini disebabkan karena daya sudah terpakai untuk memanaskan air dengan waktu yang semakin panjang.

**Perhitungan Efisiensi Kompor**

Data yang diperoleh dari percobaan menggunakan bahan bakar biogas dengan memakai burner kompor yang memiliki diameter lubang api 2 mm adalah sebagai berikut :

- Massa air yang dipanaskan (mw) : 500 gr = 0,5 kg
- Massa panci yang digunakan (mpa) : 144 gr = 0,144 kg
- Massa air yang menguap (ms) : 22 gr = 0,022 kg
- Massa bahan bakar terpakai (mf) : 0,027 m3 = 0,018036 kg
- Panas jenis air (cp) : 4,186 kj/kg
- Panas jenis panci (Pyrex) : 840 j/kg = 0,840 kj/kg
- Temperatur akhir (T2) : 100 °C
- Temperatur awal (T1) : 30 °C
- Panas Laten Penguapan : 2526,53 kj/kg
- Nilai kalor bahan bakar : 18,939 mj/kg = 18939 kj/kg

Dengan Persamaan 2.2 dapat dihitung efisiensi kompor :

$$\eta_{overall} = \frac{(m_w \cdot cp + m_{pa} \cdot cp_a)(T_2 - T_1) + m_s \cdot H_{fg}}{m_f \cdot E} \times 100\%$$

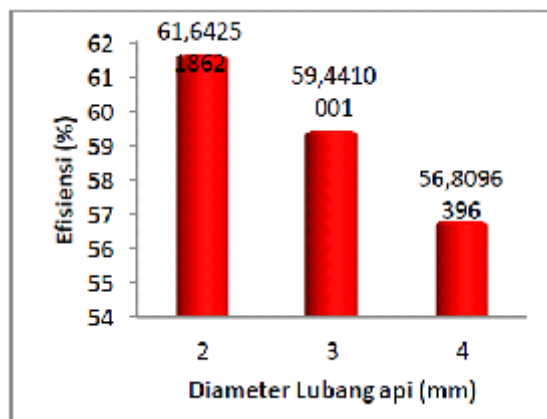
$$\frac{(0,5kg \cdot 4,186kj/kg + 0,144kg \cdot 0,840kj/kg)(100^{\circ}C - 30^{\circ}C) + 0,022kg \cdot 2526,53kj/kg}{0,018036kg \cdot 18939kj/kg} \times 100\%$$

= 61,64%

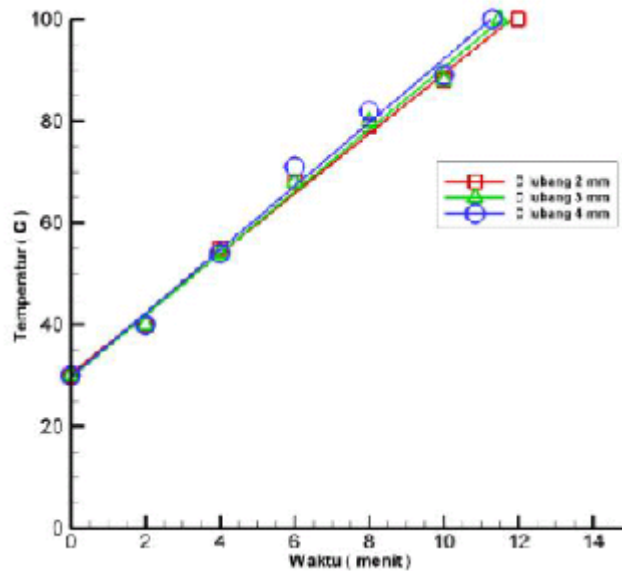
Dengan cara yang sama, maka didapat perhitungan efisiensi pada percobaan selanjutnya dengan menggunakan microsoft excel. Hasil selengkapnya dapat dilihat dari tabel dibawah ini :

Tabel 7. Efisiensi kompor

D (mm)	T2 (°C)	T1 (°C)	ms (kg)	mf (kg)	η (%)
2	100	30	0,022	0,0180	61,64252
3	100	30	0,022	0,0187	59,441
4	100	30	0,024	0,0200	56,8096

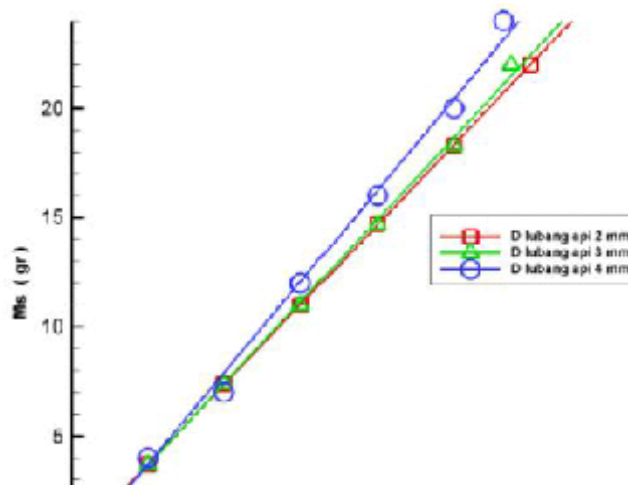


Gambar 5. Grafik Pengaruh diameter lubang api pada burner kompor biogas terhadap Efisiensi. Pada gambar 5 menunjukkan bahwa efisiensi terbesar terlihat pada burner kompor yang memiliki diameter lubang api 2 mm. Hal ini dikarenakan menurut persamaan 2.2 bahwa jika nilai mf kecil maka nilai dari efisiensi akan menjadi besar. Artinya bahwa energi yang bermanfaat itu lebih besar daripada energi yang diberikan.



Gambar 6. Grafik hubungan antara temperatur dan waktu untuk diameter burner kompor biogas yang bervariasi yaitu 2, 3, dan 4 mm.

Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin meningkatnya waktu maka temperatur air juga akan meningkat. Hal ini disebabkan pemanasan yang dilakukan oleh kompor semakin besar. Ada hal yang menarik disini, yaitu kenaikan temperatur pada diameter lubang api 4 mm lebih besar dan lebih cepat daripada diameter lubang api 2 mm dan 3 mm. Hal ini disebabkan karena luasan perpindahan panasnya lebih besar untuk diameter 4 mm daripada 2 mm dan 3 mm. Disamping itu pemakaian bahan bakar untuk diameter lubang api 4 mm lebih besar daripada yang lain. Hal ini bersesuaian dengan teori continuity ( $V_1.A_1=V_2.A_2$ ) dengan kecepatan yang sama yakni jika diameter lubang semakin besar maka debit juga semakin besar artinya panas yang dihasilkan akan semakin besar.

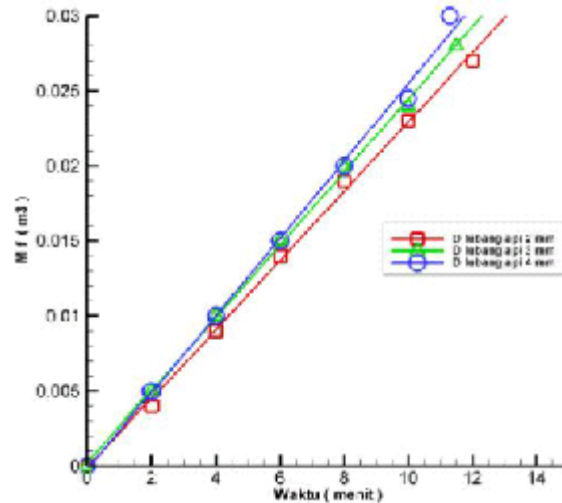


Gambar 7. Grafik hubungan antara Massa air menguap ( $M_s$ ) terhadap Waktu ( $t$ ) untuk diameter burner kompor biogas yang bervariasi yaitu 2, 3, dan 4 mm

Pada gambar 7 terlihat bahwa dengan semakin naiknya waktu maka massa air yang menguap akan semakin naik. Ada hal yang menarik pada gambar tersebut yaitu perbedaan kenaikan massa uap, dan ditunjukkan pada diameter lubang api 4 mm kenaikan massa air yang menguap lebih cepat daripada yang lainnya. Hal ini disebabkan dengan lubang api pada burner kompor yang besar maka panas yang disuplai juga semakin besar akibatnya temperatur akan meningkat dan massa uap yang dihasilkan juga lebih cepat meningkat. Hal ini sesuai dengan persamaan untuk panas laten yaitu :

$$q = M_s \cdot h_{fg}$$

Pada persamaan tersebut apabila nilai dari  $q$  besar maka nilai massa uap ( $M_s$ ) juga besar.



Gambar 8. Grafik hubungan antara Massa Bahan Bakar terpakai ( $M_f$ ) terhadap Waktu( $t$ )

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa dengan semakin naiknya waktu maka bahan bakar yang terpakai juga semakin banyak. Namun ada hal yang penting disini, terlihat pada gambar tersebut bahwa untuk diameter lubang api 4 mm pemakaian bahan bakarnya lebih banyak daripada diameter lubang api 2 mm dan 3 mm. Hal ini disebabkan oleh luasan yang besar menyebabkan debitnya yang besar pula untuk kecepatan aliran yang sama. Hal ini bersesuaian dengan teori continuity bahwa :

$$Q = V \cdot A$$

## KESIMPULAN

1. Pada percobaan water boiling test menggunakan burner berdiameter 2 mm didapatkan daya sebesar 0.474422 KW, untuk diameter 3 mm didapatkan daya sebesar 0.498923 KW dan pada diameter 4 mm didapatkan daya sebesar 0.550054 KW.

2. Hasil efisiensi yang didapatkan pada percobaan tersebut untuk diameter 2 mm adalah 61.64 %, untuk diameter 3 mm adalah 59.44 %, dan untuk diameter 4 mm adalah 54.81%.
3. Daya terbesar didapatkan pada burner berdiameter 4 mm sebesar 0.550054 kW.
4. Efisiensi tertinggi didapat pada burner berdiameter 2 mm sebesar 61.64 %.
5. Waktu air mendidih tercepat didapatkan dengan menggunakan burner yang memiliki diameter 4 mm yaitu dalam waktu 11 menit 30 detik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. **Frank P. Incropera David. Dewitt** *School of Mechanical Engineering Purdue University, Fundamentals of Heat and Mass Transfer.*
- [2]. **Gunnerson, C., and D.C. Stuckey**, 1986. *Integrated Resources Recovery Anaerobic Digestion Participles for Biogas System.* World Bank Technical paper Number 49, Washington DC.
- [3]. **Harahap, F.M.**, 1978. *Teknologi Gas Bio*, Pusat Teknologi Pembagunan ITB, Bandung
- [4]. **Indatono, Y. S.**, 2005. *Reaktor Biogas Skala Kecil dan Menengah (Bagian Pertama).* <http://www.beritaipetek.com/statik.php>,
- [5]. **Kumbahan dan Industri**, 1979. *Sekeliling Effluen Kumbahan dan Industri.* <http://www.agrolink.moa.my/jph/dvs/booklets/farmingguides/feedlot>,
- [6]. **Meynell, P.J.**, 1976, *Methane : Planning a Digester.* Prism Press, Great Britain.
- [7]. **Sufyandi, A.**, 2001. *Informasi Teknologi Tepat Guna untuk pedesaan Biogas*, Bandung.
- [8]. **Sianturi, H. S. D.**, 1990. *Seminar UMI Bidang Pertanian Ke-6.* Medan.
- [9]. **Suriawiria dan Unus H.**, 2002. *Menuai Biogas Dari Limbah.* <http://www.pikiran-rakyat.com/squirrelmail>.
- [10]. **Udiharto, M.**, 1982. *Penelitian Teknologi Gas Bio dan Penerapannya.* Pusat Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi PPTMGB, "LEMIGAS" Cepu.