

Studi Analisis Daya Pembangkit Listrik Biogas Dari Kotoran Sapi dan Manusia Di Pondok Pesantren Baiturrahman Jawa Barat

RIKI ARNANDO, SYAHRIAL, WALUYO

Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional
Email : nando.RQ@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia kaya dalam berbagai jenis energi baik berbasis fosil atau non fosil. Tentulah sangat tidak bijaksana apabila hanya menggunakan bahan bakar fosil saja, karena bahkan cadangan energi fosil nasional terbatas dan secara bertahap akan habis. Dengan demikian studi analisis daya yang dibangkitkan dari pembangkit biogas diperlukan untuk keperluan pengembangan energi nasional. Proses studi analisis daya yang dilakukan adalah dengan memasang flow meter untuk melihat konsumsi biogas sebagai bahan bakar ketika tanpa beban dan ketika berbeban menggunakan dummy load, melihat tegangan keluaran dengan osiloskop, serta melakukan analisis perhitungan daya dari kotoran organik sebagai bahan baku pembangkit biogas dikapasitas 1 kW. Hasil studi didapatkan daya keluaran yang dihasilkan pada beban 0,5kW adalah 399,9 watt dengan menggunakan genset biogas berkapasitas 1 kW. Banyak kotoran organik total dari manusia dan sapi 1,3 m³/hari dengan kadar metana sebesar 52,5% dapat menghasilkan daya input 5.251,4 watt.

Kata Kunci : kotoran organik, gas metana, daya, efisiensi, debit biogas

ABSTRACT

Indonesia is a rich country which has several kinds of fossil or non-fossil energy. This is why it will be better if Indonesia is not only depending on one kind of energy such as fossil energy, coal, and natural gas, because energy reserve fossil was has limited amount and will be gradually depleted. Thus, a power analysis study of biogas plant was necessary for the purpose of national energy. The process of study was performed by installing flow meter to see biogas consumption as fuel energy when no load and variable of dummy load condition. The study result was obtained generated power of 0,5 kW was 399,96 watts for the highest load by using 1 kW generator capacity. The total organic waste human and cow was 1,3 m³/day with a methane content of 52,5%, that could produce 5251,4 watt of input power.

Key word : Organic waste, methane, power, efficiency, biogas flow

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk Indonesia pada saat ini sangat cepat tetapi tidak diimbangi dengan kebutuhan energi khususnya energi listrik, karena pada kenyataannya kebutuhan jumlah energi setiap penduduk berbeda. Sehingga jumlah kebutuhan energi menjadi masalah utama, karena pertambahan jumlah energi tidak diimbangi dengan ketersediaan energi listrik. Dari beberapa fakta, listrik sebagai energi menunjukkan bahwa terjadi krisis energi di negara ini khususnya energi listrik, seperti alternatif pemadaman listrik bergilir, bahkan kampanye penghematan energi listrik. Salah satu sumber daya alam yang memiliki nilai strategis bagi pembangunan nasional adalah energi biogas. Salah satu potensi baru dan energi terbarukan yang sedang dikembangkan adalah pengembangan bioenergi, termasuk pembangunan pembangkit listrik biomassa. Dengan demikian studi analisis daya dari pembangkit biogas perlu untuk keperluan pengembangan energi nasional. Metoda yang dilakukan dengan melihat sistem pembangkitan biogas yang ada untuk memahami sistem yang ada di lapangan, selanjutnya mengamati laju alir dari biogas, suhu media alir dengan menggunakan flow meter, multimeter, mengukur tegangan keluaran dan frekuensi dengan dua kondisi, yaitu ketika sistem biogas tanpa beban, dan ketika sistem dibebani. Tujuan dari studi ini dengan metoda yang telah direncanakan ialah untuk dilakukan analisis perhitungan agar diperoleh daya input, daya output, kecepatan konsumsi metana terhadap daya listrik yang dihasilkan serta hubungan antara besar daya input dan banyaknya kotoran organik.

2. METODE PENELITIAN

Studi ini dilakukan untuk mengetahui energi biogas yang akan menjadi energi sebagai pembangkit listrik. Metode studi yang dilakukan dengan beberapa tahapan yang dapat dilihat dari diagram alir (*flow chart*) Gambar 1 di bawah ini

2.1 Flow Chart



Gambar 1 Bagan Alur Studi

Tahapan dalam memulai studi ini adalah dimulai dengan studi literatur untuk memahami apa itu biogas mulai dari cara kerja, dan bagian yang akan dijadikan studi, selanjutnya dilakukan survei tempat yang didapatkan di Ciparay Jawa Barat, lalu persiapan untuk studi berupa pembuatan *dummy load portable. Multimeter* digital yang kemudian digunakan untuk mengukur suhu dan *flow meter* untuk mengukur aliran biogas, dan pengujian biogas sebagai pembangkit listrik dengan tanpa beban dan berbeban dan data yang diperoleh dilakukan analisis untuk menganalisis kadar metana, daya input dan daya nyata.

2.2 Studi Literatur

Ada banyak referensi literatur untuk menunjang peneilitan, diantaranya :

1. Menghitung potensi gas metanaa dari kotoran sapi (Fitradiansyah, 2009)

$$PKS = PS \times A \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

PKS = produksi kotoran sapi tiap hari(kg/hari)

PS = Populasi sapi (ekor)

A = rata-rata kotoran sapi per hari yaitu 25 kg/hari

Berdasarkan potensi kotoran sapi yang dihasilkan, potensi biogas dapat diperkirakan dengan mengetahui potensinya berdasarkan berat kandungannya maka perlu dikali dengan persentase bahan keringnya (BK) yaitu 20 %(Fitradiansyah, 2009). Maka $PKS \times 20\%$

Kemudian potensi biogas per hari

$$Bg = PKS \times 20\% \times BgK \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

Bg = Potensi biogas per-hari (m^3 /hari)

PKS = produksi kotoran sapi tiap hari(kg BK/hari)

BgK = Potensi biogas dari bahan organik (m^3 /kg.BK)

Kemudian hasil potensi biogas akan dapat diketahui produksi gas metana dengan dikalikan kadar metana sebesar 52,2038% (Wresta, 2012). Untuk kotoran sapi (Fitradiansyah, 2009).

$$KM = Bg \times \text{persentase kadar metana} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

KM = potensi metana (m^3 /hari)

Bg = Potensi biogas per-har (m^3 /hari)

2. Menghitung potensi gas metana dari kotoran manusia(Fitradiansyah, 2009)

$$PKM = P_m \times A \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

PKS = produksi kotoran sapi tiap hari (kg/hari)

Pm = Populasi manusia (orang)

A = rata-rata kotoran manusia per hari yaitu **0,25 kg/hari**

Karena tidak semuanya bisa berpotensi menjadi biogas, hanya bahan kering dari limbah organik yang berpotensi menjadi biogas. Maka perlu dikalikan dengan persentase bahan keringnya (BK) yaitu 23 %(Fitradiansyah, 2009). Maka $PKM \times 23\%$ Kemudian potensi biogas per hari

$$Bg = PKM \times 23\% \times BgK \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

Bg = Potensi biogas per-hari (m^3 /hari)

PKM = produksi kotoran manusia tiap hari(kg BK/hari)

BgK = Potensi biogas dari bahan organik (m^3 /kg.BK)

Kemudian hasil potensi biogas akan dapat diketahui, produksi gas metana dengan dikalikan kadar metana sebesar 56,4% (Wresta, 2012).

Untuk kotoran manusia (Fitradiansyah, 2009).

$$KM = Bg \times \text{persentase kadar metana} \dots\dots\dots (6)$$

KM = potensi metana

Bg = Potensi biogas per-har (m^3 /hari)

Setelah mengetahui potensi yang ada dari kotoran organik yang ada, kemudian menggunakan persamaan

$$m = Q \times \rho \dots\dots\dots (7)$$

dimana :

m = Laju alir masa metana (kg/s)

Q = Debit (m^3 /s)

ρ = Densitas metana (kg/m^3)

= 0,656 (kg/m^3)

$$Q_{in} = m \times LHV \dots\dots\dots (8)$$

dimana :

$$Q_{in} = \text{Daya Input atau Daya Termal} \left(\frac{J}{s} \right)$$

$$m = \text{laju alir masa metana} \left(\frac{kg}{s} \right)$$

LHV = nilai kalor pembakaran gas metanaa batas bawah (*low heating value*) (Kj/kg)

= 5020 Kj/kg (Perrys, 1999)

$$\eta = \frac{W_{net}}{Q_{in}} \dots\dots\dots (9)$$

dimana :

η = Efisiensi (%)

W_{net} = Daya Output (Watt)

Q_{in} = Daya Input (Watt)

2.3 Parameter Pengujian

Parameter pengujian berdasarkan persamaan di bawah ini, yaitu Debit(Q) persamaan daya nyata, dan frekuensi.

Mengamati laju alir biogas pada alat ukur flow meter, mengamati laju alir biogas ketika rangkaian tanpa beban dan ketika dibebani.

$$P = V \times I \cos \Phi \dots\dots\dots (10)$$

dimana :

P = Daya Nyata (watt)

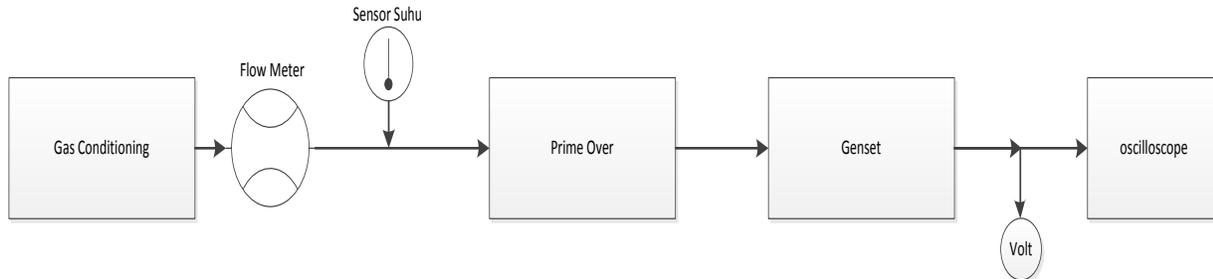
V= Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

2.4 Prosedur Pengujian Analisis Daya

1. Pengujian Tanpa Beban

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada studi ini untuk mengukur aliran biogas, suhu dan tegangan serta frekuensi yang akan diperoleh, dibutuhkan pemodelan seperti berikut



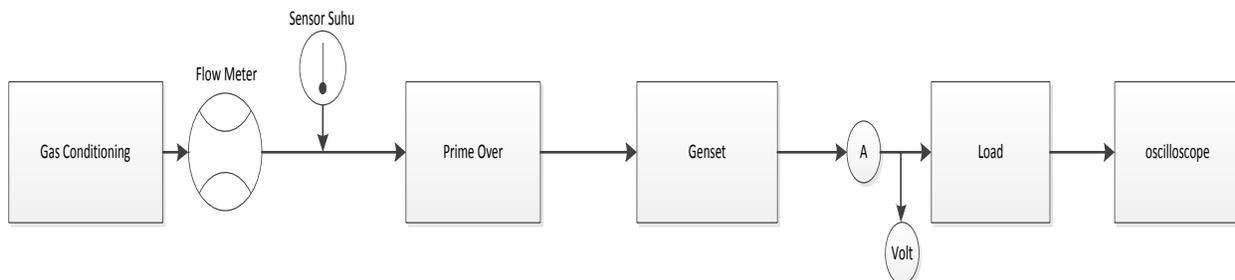
G

Gambar 2 Blok Diagram Rangkaian Pengujian Tanpa Beban

Pada tahapan ini pengujian dilakukan tanpa beban terlihat di ujung diagram terpasang osiloskop tanpa beban, dari diagram alir biogas dari *gas conditioning* yang telah disesuaikan tekanannya sebesar 3 kPa dihubungkan dengan media alir yang dipasang flow meter dan sensor suhu untuk mengetahui debit dari biogas dan suhu pada media alir untuk selanjutnya dihubungkan ke genset sebagai sebagai bahan bakar pembangkitan energi listrik, dan melihat frekuensi beserta tegangan *open circuit* dari osiloskop.

2. Pengujian dengan Beban

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada studi ini untuk mengukur keadaan ketika berbeban aliran biogas, suhu, tegangan serta frekuensi yang akan diperoleh, dibutuhkan pemodelan seperti berikut



Gambar 3 Diagram Blok Pengujian dengan Beban

Pada tahapan ini pengujian dilakukan tanpa beban terlihat diujung diagram sebelum osiloskop terpasang beban (*load*), biogas dari *gas conditioning* yang telah disesuaikan tekanannya sebesar 3 kPa dihubungkan dengan media alir yang dipasang flow meter dan sensor suhu untuk mengetahui debit dari biogas dan suhu pada media alir untuk selanjutnya dihubungkan ke genset sebagai sebagai bahan bakar pembangkitan energi listrik, dan melihat frekuensi beserta tegangan *open circuit*. Pada tahapan ini genset dihubungkan dengan beban yang dibuat

variabel dengan beban maksimum 1 kW untuk melihat laju alir biogas sebagai pembangkitan listrik, tegangan, arus dan frekuensi ketika di bebani.

3. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

3.1 Hasil Pengujian

Tabel 1 menunjukkan hasil yang diperoleh dari pengujian, berupa aliran (debit) biogas, tegangan, dan frekuensi pada setiap 300 detik

Tabel 1 Laju Konsumsi Biogas Ketika Tanpa Beban

S	Tanpa Beban		
	Q (m ³ /s)	Tegangan (Volt)	Frekuensi (Hz)
300	0,171	230,1	50
600	0,182	230,1	50
900	0,176	230,1	50
1200	0,174	230,1	50
1500	0,165	230,1	50

Tabel 2 menunjukkan hasil yang diperoleh dari pengujian, berupa aliran (debit) biogas, tegangan, arus, dan frekuensi pada setiap bebannya ketika sistem biogas dibebani

Tabel 2 Laju Konsumsi Biogas Ketika Berbeban

Berbeban				
Beban (W)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Frekuensi (Hz)	Q (m ³ /s)
100	230,1	0,42	50	0,186
200	230,1	0,85	50	0,185
300	229,4	1,27	50	0,184
400	227,8	1,69	50	0,183
500	198	2,02	33,3	0,184

3.2 Hasil Perhitungan

Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan yang diperoleh dari pengujian, berupa aliran (debit) gas metana, dan daya input pada setiap 300 detik

Tabel 3 Hasil Perhitungan Tanpa Beban

Waktu(sekon)	Tanpa Beban				
	Q (m ³ /s)	Tegangan (Volt)	Frekuensi (Hz)	m(kg/s)	Daya Input (Watt)
300	0,171	230,1	50	0,0009722	4880,40
600	0,182	230,1	50	0,0010347	5194,35
900	0,176	230,1	50	0,0010006	5023,11
1200	0,174	230,1	50	0,0009892	4966,02

1500	0,165	230,1	50	0,0009381	4709,16
------	-------	-------	----	-----------	---------

Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan yang diperoleh dari pengujian, berupa aliran (debit) gas metana, daya input, daya output, dan efisiensi pada setiap bebannya ketika sistem biogas dibebani.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Ketika Berbeban

Berbeban								
Beban (W)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Frekuensi (Hz)	Daya Output/Nyata (watt)	Q (m ³ /s)	m(kg/s)	Daya Input(Watt)	η(%)
100	230,1	0,42	50	96,642	0,186	0,0010575	5308,51	1,82
200	230,1	0,85	50	195,585	0,185	0,0010518	5279,97	3,70
300	229,4	1,27	50	291,338	0,184	0,0010461	5251,43	5,55
400	227,8	1,69	50	384,982	0,183	0,0010404	5222,89	7,37
500	198	2,02	33,3	399,96	0,184	0,0010461	5251,43	7,62

3.3 Lamanya Penggunaan Bioelektrik Pada Beban Maksimum 500 Watt

Dari literatur grafik hubungan waktu dengan produksi , diperlihatkan kurva yang cenderung linier. Dan rata-rata debit biogas ketika berbeban adalah Q = 0,1844 m³ tiap 5 menitnya atau Q perjamnya = 2,2128 m³, maka untuk permenitnya diperoleh Q = 0,03688 m³/menit. Dengan demikian lama penggunaan genset beroperasi berdasarkan jumlah produksi biogas perhari (Arifin, 2008) adalah
$$= \frac{\text{Produksi Biogas}}{\text{Biogas untuk genset}}$$

$$= \frac{2,2128 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 24 \text{ jam}}{0,03688 \text{ m}^3/\text{menit}}$$

= 1440 menit atau 24 jam.

3.4 Analisis

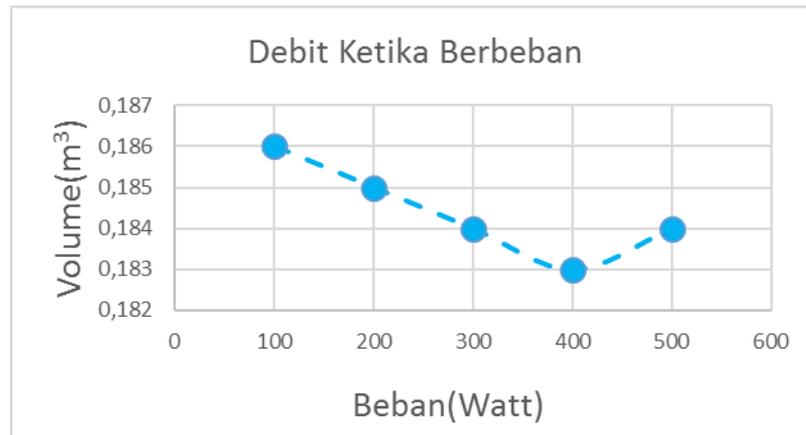
Dari hasil pengujian ketika keadaan berbeban terjadi kenaikan konsumsi gas metana, dengan data yang ada maka dapat di analisis bahwa konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan mesin generator pada dasarnya akan semakin meningkat seiring dengan penambahan beban karena mesin membutuhkan lebih banyak energi untuk mengatasi beban yang diterima (Prastya, 2012).

Gambar 4 menunjukkan menunjukkan volume biogas tanpa beban setiap 300 sekon



Gambar 4 Grafik Hubungan Volume terhadap Waktu Tanpa Beban

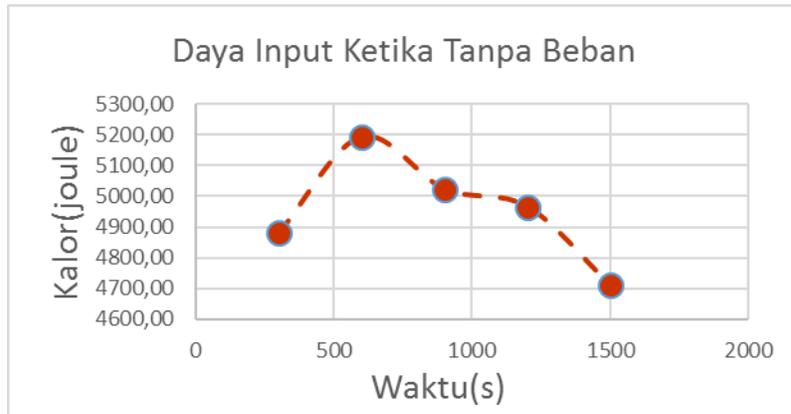
Gambar 5 menunjukkan volume biogas ketika sistem biogas dibebani untuk setiap bebannya



Gambar 5 Grafik Hubungan Volume terhadap Waktu Ketika Berbeban

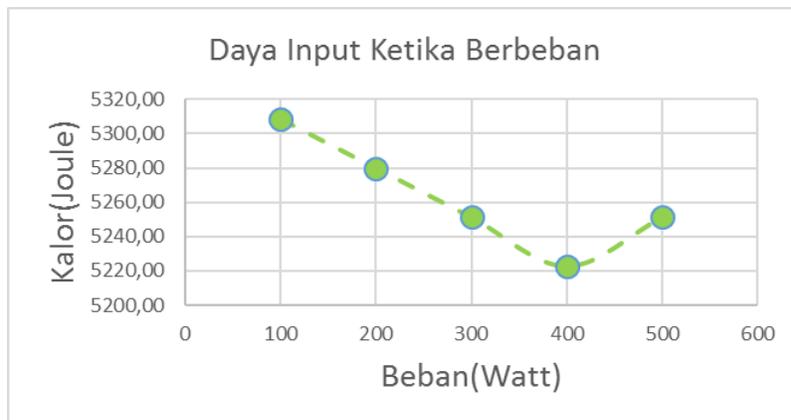
Grafik daya termal atau daya masukan linier dengan konsumsi gas metanaa, ini menunjukkan bahwa jumlah konsumsi gas metanaa sangat menentukan daya masukan

Gambar 6 menunjukkan energi berupa kalor pada sistem biogas tanpa beban terhadap waktu



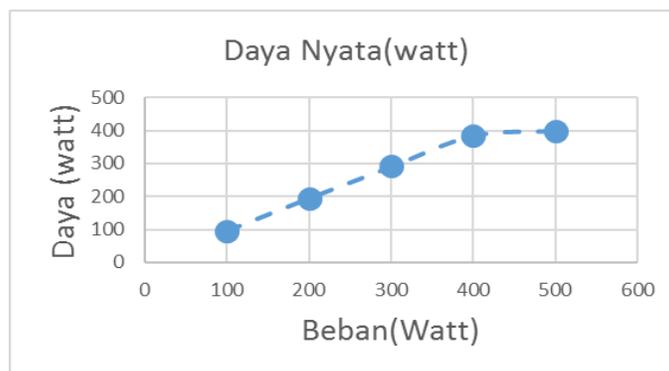
Gambar 6 Hubungan Energi terhadap Waktu Tanpa Beban

Gambar 7 menunjukkan energi berupa kalor pada sistem biogas tanpa beban terhadap waktu



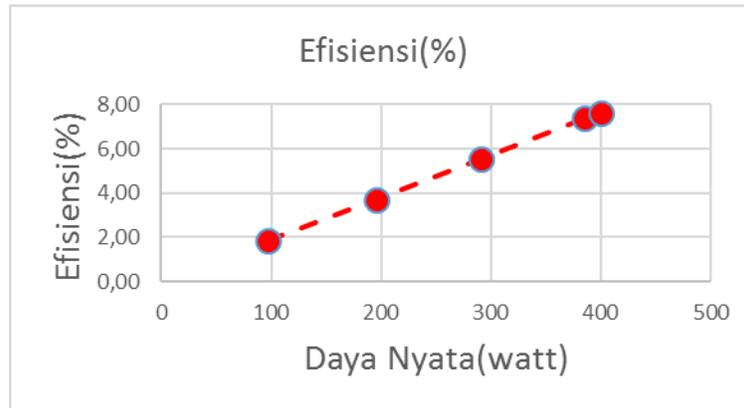
Gambar 7 Hubungan Energi terhadap Waktu Ketika Berbeban

Gambar 8 menunjukkan daya output yang diperoleh pada sistem biogas ketika dibebani dengan beban sampai 500 watt.



Gambar 8 Hubungan antara Daya Nyata dan Beban

Gambar 9 menunjukkan efisiensi pada sistem biogas terhadap daya yang dihasilkan



Gambar 9 Hubungan Antara Efisiensi terhadap Beban

Mesin atau motor bakar berbahan bakar biogas yang dipergunakan dalam percobaan dapat menghasilkan listrik untuk menghidupkan lampu hingga 500 Watt. Hal ini terlihat dari grafik daya nyata dan grafik efisiensi, seperlima dari kapasitas normalnya yang berkapasitas 2,5 kW kemungkinan penyebabnya adalah waktu pengapian yang kurang tepat mengingat kecepatan pembakaran biogas yang lambat, bahwa kecepatan pembakaran biogas adalah 290 m/s (Artayana, 2014), pengaruh konverter biogas terhadap unjuk kerja pada mesin genset 1200 watt) dan bahan bakar yang ada pada studi ini tidaklah menggunakan gas *purification* (pemurnian) sehingga masih terdapat kandungan yang lain, seperti sulfur, dan karbon dioksida yang mempengaruhi tidak terjadinya pembakaran yang sempurna.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Semakin besar beban menyebabkan efisiensi total motor berbahan bakar gas meningkat. Efisiensi total tertinggi adalah 7,62 % ketika beban 0,5 kW.
2. Pada daya input 5251,43 Watt diperoleh dengan beban tertinggi 0,5 kW dan beban nyata sebesar 399,96 watt.
3. Banyaknya kandungan metana dari kotoran organik dari manusia dan sapi adalah sebesar 1,229 m³/hari dengan kadar metana sebesar 52,5%, dan dapat menghasilkan daya masukan sebesar 5308,51 watt.
4. Grafik daya input linier dengan konsumsi gas metana. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah konsumsi gas metana sangat menentukan daya input.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil studi perlu adanya penelitian dan pengembangan lebih lanjut yaitu :

1. Mesin bakar yang telah dimodifikasi diharapkan agar ada pengembangan lebih lanjut agar didapatkan variabel-variabel yang dapat meningkatkan performa genset dan daya secara optimal sehingga didapatkan daya yang optimal
2. Perlu adanya gas *purification* (pemurnian) agar karbon yang masuk ke ruang bakar seminimal mungkin ialah karbon dan metana, sehingga terjadi pembakaran yang sempurna dan dapat memperpanjang umur dari komponen pembangkit biogas.

DAFTAR RUJUKAN

- Riliandi Fitradiansyah, Dika. 2008 *Studi Pemanfaatan Kotoran Sapi Untuk Genset Listrik Biogas, dan Memasak Menuju Desa Nongkojajar(Kecamatan Timur) Mandiri Energi*. Surabaya ; Institut Teknologi Sepuluh November. 25
- Wresta, Arini dan Sudiby, Henny 2012. *Potensi Energi Listrik Yang Dapat Dihasilkan Dari Digester Biogas Berbahan Baku Kotoran Sapi Di Berbagai Daerah Di Indonesia*. Bandung ; Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 12-14
- Artayana, Ketut Catur. 2014. *Pengaruh konverter Biogas Terhadap Unjuk Kerja Pada Mesin Genset 1200 Watt ;DENPASAR*. Universitas Udayana. 66
- Prasty, Rendhi, dkk. 2013. *Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biogas terhadap Emisi Gas Buang Mesin Generator Set*. Malang ; Universitas Brawijaya. 82
- Perrys. 1999 *Chemical Engineers Handbook*. The McGraw-Hill. 127
- Arifin, maulana, Saepudi, Aep dan Arifin. 2008. *Kajian Biogas Sebagai Sumber Pembangkit Tenaga Listrik di Pesantren Saung Balong AL-Barokah, Majalengka, Jawa Barat*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 16