

BAB IV
PEMBAHASAN

4.1 Tekanan Biogas

Pengukuran tekanan biogas dilakukan dengan membuat sebuah manometer sederhana yang terbuat dari selang atau sering disebut dengan manometer U. Dengan pengukuran tersebut maka akan diketahui tekanan gas yang terdapat pada biogas. Setelah dilakukan pengukuran pada manometer U didapatkan kenaikan beda ketinggian air (h) sebesar 0,83 m. Untuk menghitung tekanan pada biogas dapat dihitung dengan menggunakan rumus tekanan hidrostatik berikut ini :

Diketahui :

$$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Percepatan Gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Beda ketinggian air } (\Delta h) = 0,83 \text{ m}$$

Ditanya $P_{\text{gauge}} \dots ?$

$$\begin{aligned} P_{\text{gauge}} &= \rho_{\text{air}} \times g \times \Delta h \dots \dots \dots (4.1) \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,83 \text{ m} \\ &= 8142,3 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Karena tekanan yang digunakan berupa tekanan *absolute* maka diubah menjadi :

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{gauge}}$$

$1_{\text{atm}} = 101.325 \text{ Pa}$

$$= 101.325 \text{ Pa} + 8142,3 \text{ Pa}$$

$$= 109.467,3 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ Pa}}$$

$$P_{\text{biogas}} = 1,08 \text{ atm}$$

4.2 Data Hasil Pengujian

Pada penelitian yang dilakukan pengambilan data dilakukan secara manual meliputi pengukuran putaran mesin genset, tegangan listrik dan arus listrik yang dihasilkan generator set pada setiap pembebanan 60 Watt, 120 Watt, 180 Watt, 240 Watt, dan 300 Watt dengan menggunakan bantuan alat Amperemeter, Voltmeter, dan *tachometer*.

Pada tabel 4.2 ditunjukkan data hasil uji coba generator set menggunakan bahan bakar biogas kotoran sapi yang meliputi putaran mesin (RPM), tegangan listrik (V), arus listrik (I), dan daya listrik yang dihasilkan pada generator set berkapasitas 2200 Watt.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian

No	Pembebanan (Watt)	Tegangan (V)	Arus (Ampere)	Daya Listrik (Watt)	RPM
1	60	224	0,2	44,8	3650
2	120	224	0,4	89,6	3570
3	180	224	0,6	156,8	3530
4	240	224	0,9	200,7	3390
5	300	223	1,2	268,8	3350

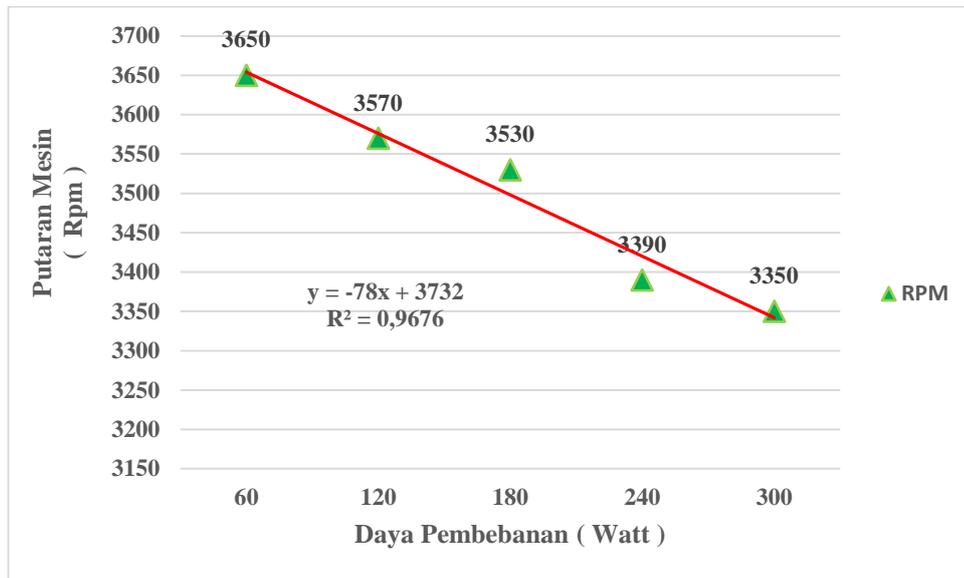
4.2.1 Putaran Mesin (RPM)

Pembebanan lampu yang diberikan pada genset berbahan bakar biogas dengan kapasitas genset 2,2 kW menghasilkan besar RPM yang selalu berbeda seiring dengan variasi beban lampu yang diberikan. Penambahan beban secara konstan yaitu sebesar 60 Watt pada setiap tingkatan pembebanannya akan tetapi besarnya nilai RPM yang menurun tidak selalu konstan. Untuk lebih jelasnya berikut ditampilkan besar penurunan pada setiap beban lampu yang diberikan

Tabel 4.2 Besar penurunan putaran mesin

No	Beban (Watt)	Putaran Mesin (RPM)	Besar Penurunan Putaran Mesin (RPM)
1	0	3930	-
2	60	3650	280
3	120	3570	80
4	180	3530	40
5	240	3390	140
6	300	3350	40

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa jumlah penurunan RPM paling sedikit terjadi dari beban ke-120 Watt menuju ke beban 180 Watt dan dari beban dikatakan penurunan jumlah RPM paling optimal terjadi pada pembebanan tersebut, dikarenakan jumlah penurunan putaran mesinnya paling sedikit. Untuk lebih jelasnya pada gambar 4.1 berikut ditampilkan perbandingan putaran mesin (RPM) pada masing pembebanan dari 60 Watt, 120 Watt, 180 Watt, 240 Watt, dan 300 Watt.



Gambar 4.1 Putaran mesin pada masing masing pembebanan

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa putaran mesin (n) yang paling rendah yaitu 3350 Rpm. Putaran mesin (n) genset ini rendah karena beban yang diberikan kepada generator yaitu sebesar 300 Watt. Putaran yang paling tinggi yaitu mencapai 3650 Rpm. Putaran mesin ini tinggi karena beban yang diberikan kepada generator sebesar 60 Watt. Penurunan putaran mesin selalu menurun pada setiap penambahan pembebanan yang diberikan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pembebanan berpengaruh terhadap putaran mesin, semakin tinggi pembebanan maka putaran mesin akan semakin menurun. Hal ini kemungkinan terjadi karena komponen *governor* (katup otomatis) yang terdapat pada mesin genset tidak dapat berfungsi saat menggunakan bahan bakar biogas, sehingga menyebabkan suplai bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar kurang maksimal. Adapun solusi untuk menjaga putaran mesin agar tetap stabil yaitu dengan cara memodifikasi genset. Seperti halnya yang dilakukan oleh (Sunaryo, 2014) dengan cara menambahkan katup penyetel bahan bakar pada karburator merek Honda 6,5 HP, sehingga setiap kebutuhan bahan bakar biogas yang dibutuhkan pada setiap pembebanan rendah maupun tinggi dapat terpenuhi sedangkan putaran mesin masih tetap stabil.

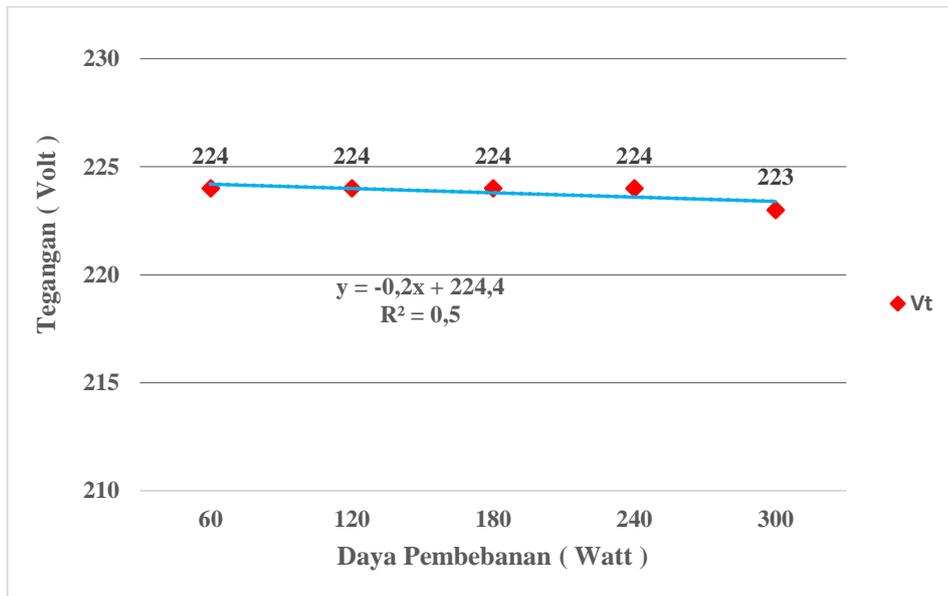
4.2.2 Tegangan Listrik

Genset berbahan bakar biogas kapasitas 2,2 kW akan menghasilkan tegangan ketika putaran mesin telah tercapai, berdasarkan pengujian yang telah dilakukan untuk menghasilkan tegangan putaran mesin harus mencapai minimal 2000 RPM. Tegangan yang dihasilkan oleh genset pada setiap pembebanan ada yang stabil ada yang menurun, untuk lebih jelasnya berikut padaa tabel 4.3 ditampilkan besarnya tegangan yang dihasilkan pada setiap pembebanan.

Tabel 4.3 Tegangan yang dihasilkan

No	Pembebanan (Watt)	Tegangan (V)
1	60	224
2	120	224
3	180	224
4	240	224
5	300	223

Pada tabel 4.3 diatas dapat dilihat bahwa dari pembebanan 60 Watt sampai 240 Watt besarnya nilai tegangan yang dihasilkan genset selalu sama yaitu 224 Volt akan tetapi pada pembeban ke 300 Watt tegangan geset menurun. Namun terjadinya penurunan tegangan pada genset dapat diaktakan normal, karenan penuruan tegangan tidak terlalu drastis, untuk lebih jelasnya pada gambar 4.2 berikut ditampilkan grafik Tegangan (V) yang dihasilkan genset bahan bakar biogas pada setiap masing-masing pembebanan 60 Watt, 120 Watt, 180 Watt, 240 Watt, dan 300 Watt



Gambar 4.2 Grafik tegangan pada setiap pembebanan

Grafik diatas menunjukkan tegangan yang keluar dari generator pada masing-masing pembebanan. Terlihat pada grafik diatas bahwa tegangan yang keluar dari generator stabil sehingga dapat dikatakan bahwa AVR (*Automatic Voltage Regulator*) yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan pada saat genset diberi beban, masih berfungsi normal atau masih bekerja dengan baik.

Untuk mengetahui besarnya tegangan terminal (V_t) pada saat genset berbeban dapat digunakan rumus :

$$V_t = E_a - I_a \cdot Z_s \dots \dots \dots (4.2)$$

Semakin tingginya arus armature (I_a) yang timbul dengan bertambahnya beban serta adanya impedansi sinkron (Z_s) maka akan mengakibatkan turunnya tegangan pada generator. Semakin besar nilai (I_a) dan (Z_s) maka tegangan yang timbul pada generator akan semakin kecil. Akan tetapi pada pembebanan 60 Watt sampai 240 Watt tegangan yang dihasilkan generator masih tetap yaitu sebesar 224 Volt, hal ini kemungkinan terjadi karena arus armature (I_a) yang diberikan kepada genset dari beban lampu 60 Watt sampai 240 Watt masih mampu diterima sehingga tidak mengakibatkan tegangan yang keluar dari genset menurun atau tetap 224 Volt. Tegangan turun dari 224 Volt menjadi 223 Volt terjadi pada pembebanan paling

besar yaitu 300 Watt. Pengaruh menurunnya tegangan yang keluar dari generator yaitu arus armature (I_a) yang timbul paling besar terjadi pada pembebanan ke 300 Watt, sehingga mengakibatkan generator tidak mampu mempertahankan tegangan. Selain itu putaran mesin sebesar 3350 Rpm pada pembebanan 300 Watt berakibat turunnya putaran rotor, sehingga pada saat putaran rotor menurun mengakibatkan medan magnet yang diinduksikan ke stator terjadi penurunan dan akibatnya adalah menurunnya medan magnet. Saat medan magnet yang diterima oleh lilitan pada komponen stator menurun akan berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan atau tegangan menjadi turun. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kuat dan lemahnya medan magnet berpengaruh terhadap tinggi rendahnya tegangan listrik yang dihasilkan generator. Dari kelima pembebanan masih berada semua tegangan yang dihasilkan masih berada di antara batas aman PLN. Standar tegangan PLN yang diizinkan di Indonesia yaitu 220 Volt dengan toleransi +5% dan -10% (188 Watt – 231 Watt).

4.2.3. Persentase Daya Keluaran Genset

Berdasarkan pengujian yang dilakukan hasil yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini :

Tabel 4.4 Data hasil pengujian

No	Pembebanan (Watt)	Tegangan (V)	Arus (Ampere)
1	60	224	0,2
2	120	224	0,4
3	180	224	0,6
4	240	224	0,9
5	300	223	1,2

Untuk mengetahui persentase daya keluaran genset dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Persentase Daya} = \frac{P_{\text{out}}}{\text{Beban}} \times 100 \% \dots\dots\dots(4.3)$$

Misalkan pada beban 60 Watt

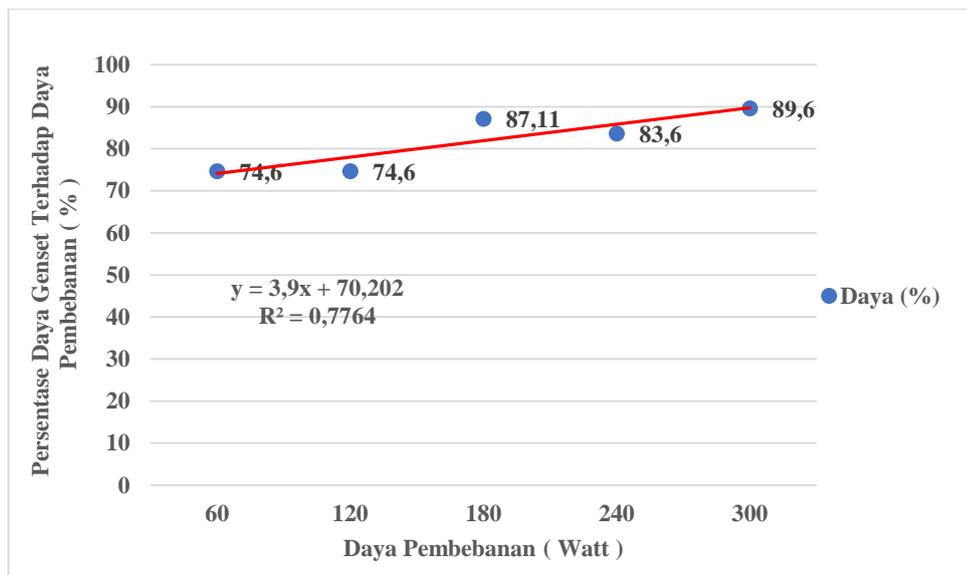
Diketahui : $P_{out} = 44,8$ Watt

Beban = 60 Watt

Ditanya persentase daya keluaran ...?

$$\begin{aligned}\text{Persentase Daya} &= \frac{44,8 \text{ Watt}}{60 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 74,6 \%\end{aligned}$$

Pada gambar 4.3 berikut ditampilkan perbandingan daya yang dihasilkan generator set pada setiap pembebanan.



Gambar 4.3 Grafik daya yang dihasilkan setiap pembebanan

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa presentase daya keluaran yang dihasilkan generator set paling tinggi terjadi pada saat pembebanan ke 300 Watt yaitu sebesar 89,6%. Hal ini kemungkinan terjadi karena tegangan yang dihasilkan generator set cenderung stabil akan tetapi arus listrik paling besar terjadi pada pembebanan ke 300 Watt sebesar 1,2 ampere, sehingga daya keluaran yang dihasilkan oleh generator paling baik yaitu pada pembebanan yang paling tinggi yang mencapai 268,8 Watt. Hal ini sesuai berdasarkan rumus mencari daya yaitu :

$$P = V_t \cdot I_a \dots \dots \dots (4.4)$$

Berdasarkan rumus diatas nilai daya akan dipengaruhi oleh besar dan kecilnya nilai tegangan genset dan arus listrik, untuk pembebanan 60 Watt dan 120 Watt persentase daya yang dihasilkan sama yaitu 74,6 % hal ini disebabkan pada pembebanan tersebut tegangan yang dihasilkan genset sama yaitu 224 Volt akan tetapi arus yang dihasilkan 0,2 Ampere dan 0,4 Ampere namun beda pembebanan yaitu 60 Watt dan 120 Watt, sehingga dapat disimpulkan bahwa besar kecilnya nilai arus listrik terpengaruh oleh beban yang diterima oleh genset. Pada pembebanan ke 180 Watt persentase daya mengalami peningkatan sebesar 87,11 %, sedangkan pada 240 Watt persentase daya mengalami penurunan yaitu sebesar 83,6 %, dan pada pembebanan ke 300 Watt persentase daya mengalami peningkatan yaitu sebesar 89 %. Terjadinya penurunan pada pembebanan ke 240 Watt kemungkinan terjadi karena hambatan listrik yang diberikan oleh beban sebesar 240 Watt genset hanya mampu menghasilkan arus listrik sebesar 0,9 Ampere. Pada pembebanan ke 180 Watt dan 300 Watt dapat dikatakan persentase daya keluaran yang paling baik diantara pembebanan yang lainnya, hal ini kemungkinan terjadi karena arus listrik yang dihasilkan oleh genset hampir sebanding atau mendekati hambatan arus listrik pada beban yang diberikan oleh genset. Maka dapat dikatakan bahwa unjuk kerja genset yang baik atau yang paling optimal yaitu pada pembebanan ke 180 Watt dan ke 300 Watt, namun yang paling baik yaitu pada pembebanan ke 300 Watt dibanding pembebanan yang lain. Sehingga berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa optimalnya unjuk kerja genset tidak terpengaruh oleh besar kecilnya pembebanan, namun cenderung dipengaruhi oleh besar kecilnya arus yang dihasilkan genset berdasarkan hambatan listrik yang diberikan oleh beban. Karena tegangan genset pada pembebanan 60 Watt sampai ke 300 Watt cenderung stabil.

4.2.4. Perhitungan Debit Biogas

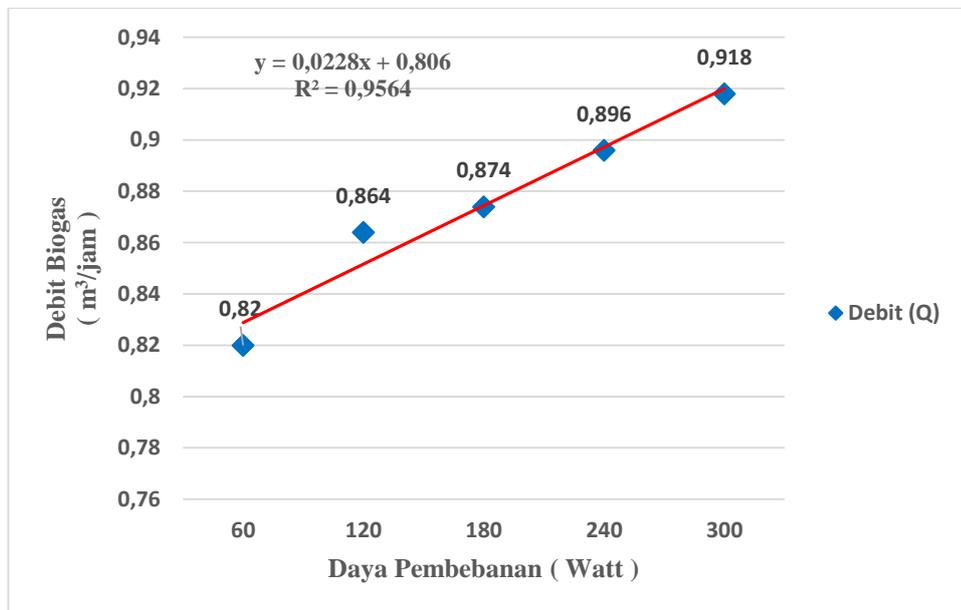
Debit biogas yaitu jumlah gas yang mengalir per satuan waktu (detik). Pada penelitian yang dilakukan, untuk mengetahui debit biogas dilakukan dengan cara mengalirkan biogas ke dalam kantong plastik selama 5 detik kemudian kantong

plastik yang berisi biogas dimasukkan kedalam ember yang berisi air. Kemudian diukur ketinggian air (Δh) didalam ember sebelum dan sesudah plastik penampung biogas dimasukkan. Pada tabel 4.3 ditampilkan hasil pengukuran debit biogas di peternakan sapi Pandansimo Bantul.

Tabel 4.5 Debit biogas pada setiap pembebanan

No	Beban (Watt)	Debit (m ³ / jam)
1	60	0,820
2	120	0,864
3	180	0,874
4	240	0,896
5	300	0,918

Untuk memperjelas dalam melihat hasil debit biogas pada masing-masing pembebanan serta mempermudah dalam pengamatan maka dapat dilihat dari grafik di bawah ini.



Gambar 4.4 Grafik debit biogas setiap pembebanan

Pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa setiap pembebanan debit biogas selalu meningkat seiring dengan penambahan beban. Debit biogas paling tinggi terjadi

pada pembebanan ke 300 Watt yaitu 0,918 m³/jam. Hal ini kemungkinan terjadi karena untuk menghasilkan daya listrik yang dibutuhkan pada setiap pembebanan, putaran mesin (n) generator pada genset harus menghasilkan tegangan listrik yang dibutuhkan. Hal ini berpengaruh terhadap debit biogas, karena pada saat putaran mesin menerima pembebanan yang lebih banyak ataupun meningkat maka semakin banyak pula debit biogas yang dibutuhkan diruang bakar untuk memutar generator. Maka pada setiap variasi pembebanan dari 60 Watt sampai 300 Watt akan mengalami peningkatan debit biogas seiring dengan meningkatnya kebutuhan bahan bakar di ruang bakar pada generator set. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Arifin Maulana dkk, 2011), Pengukuran konsumsi biogas dilakukan pada beban listrik berbeda yaitu 0 W, 21 W, 221 W, 622 W, dan 1.047 W. Dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.6 Hasil percobaan

No	Beban (Watt)	Debit biogas (m ³ /jam)
1	0	1,08
2	21	1,14
3	221	1,26
4	622	1,2
5	1047	1,14

(Sumber : Maulana Arifin dkk, 2011)

Pada Tabel diatas terlihat adanya perbedaan laju konsumsi biogas pada beban listrik berbeda. Pada saat beban 0 W, 21 W, 221 W, laju konsumsi biogas meningkat seiring dengan beban listrik yang meningkat, namun pada beban 622 W, dan 1.047 W, laju konsumsi biogas kembali menurun dan sama seperti pada beban yang rendah. Menurut (Arifin Maulana dkk, 2011) karena pada awal pengujian (0 W, 21 W, 221 W) suhu genset belum mencapai optimal untuk proses pembakaran di dalam ruang bakar genset, sehingga konsumsi bahan bakarnya tinggi, sedangkan di akhir pengujian kemungkinan suhu di ruang bakar genset telah optimal untuk

pembakaran sehingga konsumsi bahan bakarnya kembali menurun dan sama seperti awal pengujian walaupun beban listrik yang diberikan lebih besar. Dengan demikian laju konsumsi biogas tidak dipengaruhi oleh beban listrik yang diberikan selama masih berada di bawah beban listrik maksimal yang mampu ditanggung genset (2,5 kW).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, apabila dibandingkan dengan literatur yang digunakan maka dapat disimpulkan bahwa kualitas mesin genset yang digunakan hampir sama, akan tetapi untuk kandungan biogas kemungkinan lebih bagus yang ada di peternakan Pandansimo, Bantul Sebab dengan beban yang diberikan antara 0 sampai 300 Watt debit biogas yang dibutuhkan oleh genset lebih banyak yang ada di literatur.

4.2.5. Konsumsi Bahan Bakar

Tabel 4.7 Masa jenis dan debit biogas setiap pembebanan

No	Beban (Watt)	Daya Keluaran (Watt)	Masa Jenis (kg/m ³)	Debit (m ³ /detik)
1	60	44,8	0,656	2,28 x 10 ⁻⁴
2	120	89,6	0,656	2,40 x 10 ⁻⁴
3	180	156,8	0,656	2,43 x 10 ⁻⁴
4	240	200,7	0,656	2,49 x 10 ⁻⁴
5	300	268,8	0,656	2,55 x 10 ⁻⁴

Untuk menghitung laju aliran masa pada setiap pembebanan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\dot{m} = Q \times \rho \dots\dots\dots(4.5)$$

\dot{m} = Laju aliran masa (kg/s)

Q = Debit (m³/detik)

ρ = rho gas metana (kg/m³)

misalkan perhitungan laju aliran masa pada beban 60 Watt

$$\text{diketahui } Q = 2,28 \times 10^{-4} \text{ (m}^3\text{/detik)}$$

$$\rho = 0,656 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

ditanya \dot{m} ...?

$$\dot{m} = Q \times \rho$$

$$= 2,28 \times 10^{-4} \text{ (m}^3\text{/detik)} \times 0,656 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

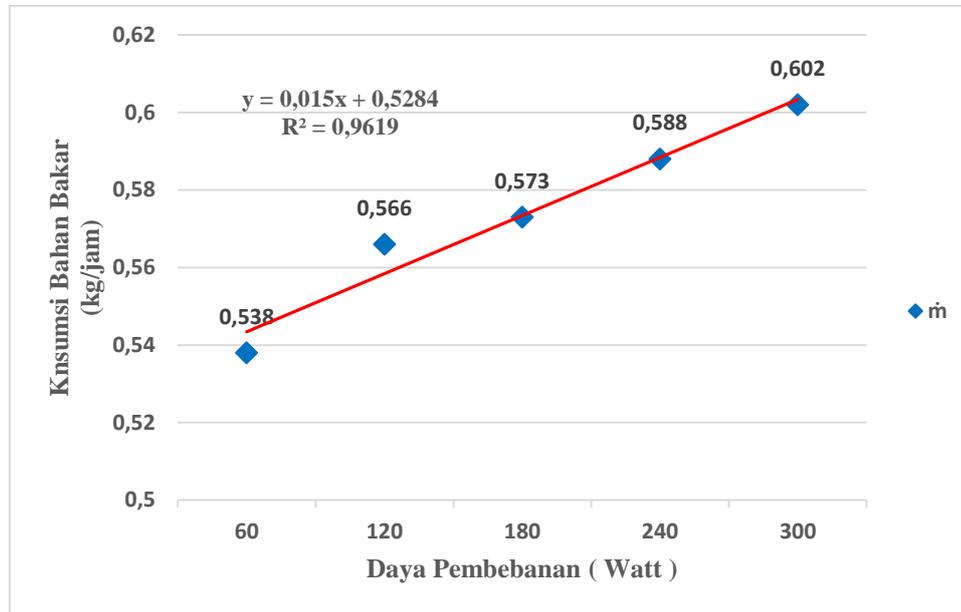
$$= 1,49568 \times 10^{-4} \text{ (kg/detik)}$$

$$= 0,538 \text{ (kg/jam)}$$

Tabel 4.8 Hasil perhitungan laju aliran masa pada setiap pembebanan

No	Beban (Watt)	Laju Aliran Masa (kg/jam)
1	60	0,538
2	120	0,566
3	180	0,573
4	240	0,588
5	300	0,602

Untuk mengetahui laju aliran massa pada setiap pembebanan dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik konsumsi bahan bakar

Pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa nilai konsumsi bahan bakar terendah terjadi pada pembebanan paling rendah yaitu 60 Watt sebesar 0,538 (kg/jam) dan konsumsi energi semakin meningkat diikuti dengan penambahan pembebanan. Hal ini dikarenakan pada saat peningkatan pembebanan, mesin generator set akan membutuhkan energi lebih banyak untuk menerima beban yang semakin tinggi. Sehingga saat motor bakar bekerja untuk menghasilkan energi kalor maka ruang bakar akan mengkonsumsi bahan bakar yang semakin tinggi seiring dengan peningkatan pembebanan. Berdasarkan hasil uji coba tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Wirateruna Efendi S dkk, 2014). Pengujian genset bahan bakar biogas dari pembebanan 100 Watt sampai 300 Watt. Semakin tinggi beban yang diberikan maka akan semakin tinggi pula kerja yang dilakukan oleh *generator set*. Oleh karena itu penyediaan bahan bakar semakin tinggi pula.

4.2.6. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Untuk mengetahui nilai konsumsi energi dapat dihitung dengan menggunakan rumus : IKE (intensitas konsumsi energi)

$$IKE = \frac{P_{out}}{\dot{m}} \dots\dots\dots(4.6)$$

Keterangan : P_{out} = Daya Keluaran (kW)

\dot{m} = Laju Aliran Massa (kg/jam)

Misalkan perhitungan pada pembebanan 60 Watt

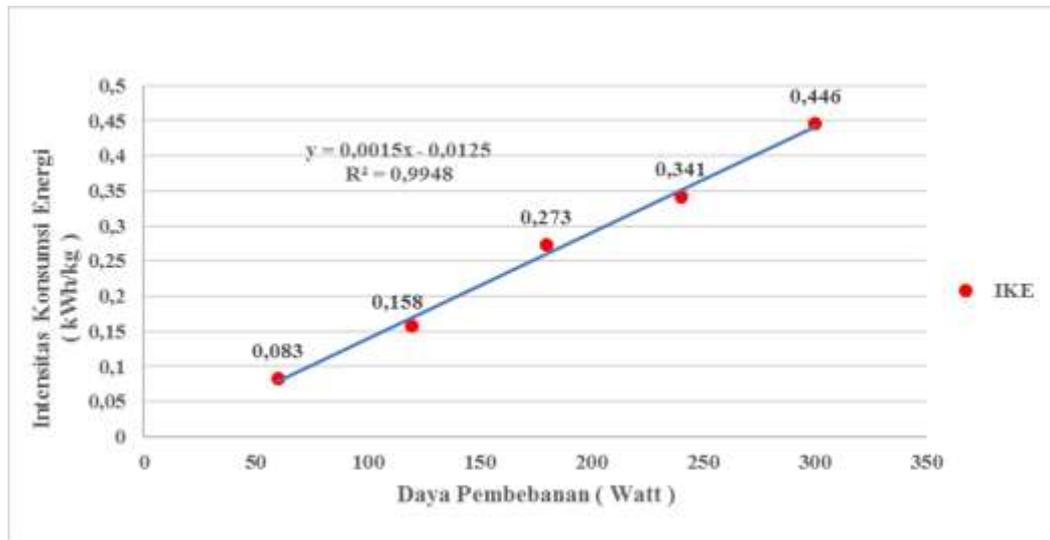
Diketahui : $P_{out} = 44,8 \text{ Watt} = 0,0448 \text{ kW}$

$\dot{m} = 0,538 \text{ (kg/jam)}$

ditanyakan IKE ...?

$$\begin{aligned} IKE &= \frac{P_{out}}{\dot{m}} \\ &= \frac{0,0448 \text{ kW}}{0,538 \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}}\right)} \\ &= 0,08321 \text{ (kWh/kg)} \end{aligned}$$

Pada gambar 4.6. berikut ditampilkan hasil perhitungan nilai IKE pada masing – masing pembebanan.



Gambar 4.6 Grafik nilai IKE setiap pembebanan

Pada gambar 4.6 menampilkan hasil konsumsi energi pada setiap pembebanan dari 60 Watt, 120 Watt, 180 Watt, 240 Watt, sampai 300 Watt. Intensitas konsumsi energi meningkat seiring dengan pembebanan yang diberikan. Intensitas konsumsi energi paling tinggi terjadi pada pembebanan ke 300 Watt yaitu sebesar 0,446512 (kWh/kg) sementara intensitas konsumsi energi paling rendah terjadi pada pembebanan ke 60 Watt yaitu sebesar 0,083271 (kWh/kg). Hal ini kemungkinan terjadi karena pada awal pengujian atau pada pengujian 60 Watt suhu genset belum mencapai suhu optimal pembakaran motor bakar sehingga bahan bakar yang terbakar sedikit karena banyak bahan bakar yang terbuang yang mengakibatkan daya yang dihasilkan kecil. Akan tetapi pada pembebanan ke 300 Watt daya listrik yang dihasilkan merupakan yang paling tinggi yaitu sebesar 268,8 Watt dibanding pembebanan yang lain. Sehingga daya yang dihasilkan generator akan berpengaruh terhadap nilai IKE. Semakin meningkat daya yang dihasilkan generator, akan semakin meningkat pula nilai IKEnya.