

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tekanan Biogas

Untuk mengetahui tekanan biogas yang ada perlu dilakukan pengukuran tekanan terlebih dahulu. Pengukuran ini dilakukan dengan membuat sebuah manometer sederhana yang terbuat dari selang atau sering disebut dengan manometer U. Setelah dilakukan pengukuran menggunakan manometer U didapatkan kenaikan ketinggian air (h) sebesar 0,83 m. dengan menggunakan rumus tekanan hidrostatis maka didapatkan hasil :

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

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

$$\begin{aligned} P_{\text{abs}} &= P_{\text{atm}} + P_{\text{gauge}} \\ &= 101.325 \text{ Pa} + 8142,3 \text{ Pa} \\ &= 109.467,3 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ Pa}} \end{aligned}$$

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

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

4.2 Unjuk Kerja Genset

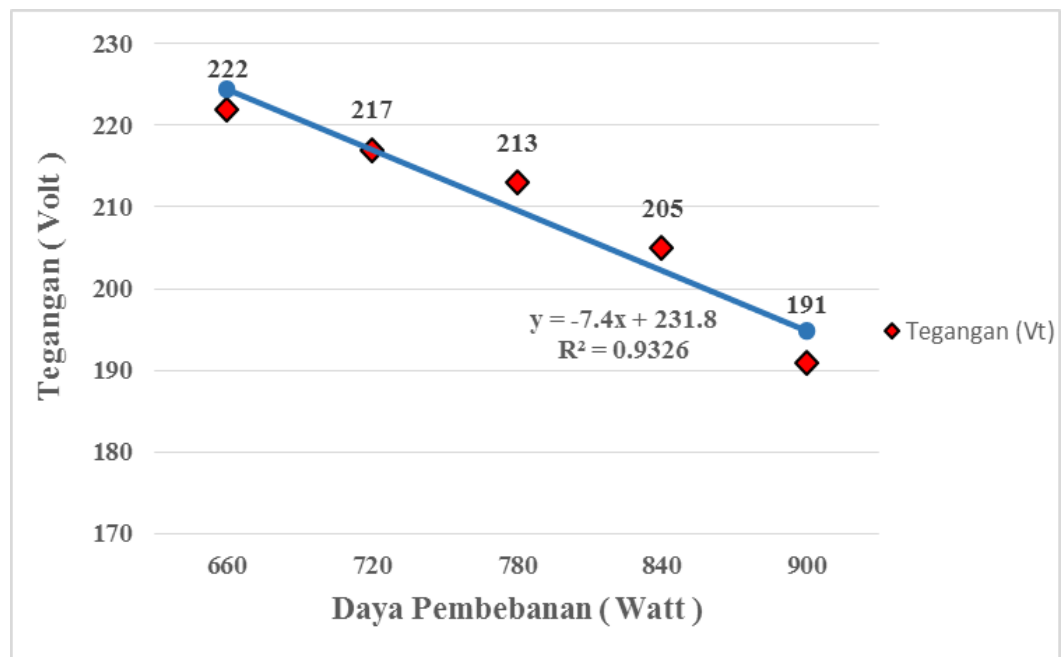
Parameter pengujian yang diambil dari unjuk kerja genset pada penelitian ini berupa : Arus (I), tegangan (V_t), debit (Q), daya (P), dan putaran mesin (n). Pengambilan data dilakukan pada genset dengan pembebanan 660 Watt, 720 Watt, 780 Watt, 840 Watt, dan 900 Watt. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasil pengujian genset

No	Daya pembebanan (Watt)	Daya (Watt)	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (Ampere)	Debit (m ³ /detik)	Putaran mesin (RPM)
1	660	599,4	222	2,7	$2,73 \times 10^{-4}$	2500
2	720	651	217	3	$2,76 \times 10^{-4}$	2430
3	780	681,6	213	3,2	$2,85 \times 10^{-4}$	2360
4	840	676,5	205	3,3	$2,88 \times 10^{-4}$	2340
5	900	668,5	191	3,5	$3,08 \times 10^{-4}$	2260

4.2.1 Tegangan Listrik

Tegangan listrik atau sering disebut beda potensial merupakan perbedaan potensial antara 2 titik dalam suatu rangkain listrik sehingga menyebabkan timbulnya arus listrik dalam sebuah konduktor listrik. Berikut ini merupakan hasil pengukuran tegangan yang dihasilkan dari genset dengan daya maksimal 2.200 Watt



Gambar 4.1. Grafik perbandingan beban dengan tegangan yang dihasilkan

Dari grafik perbandingan tegangan dengan beban yang diberikan pada genset dapat dilihat semakin tinggi pembebanan yang diberikan maka tegangan terminal (V_t) yang dihasilkan semakin kecil. Pada gambar 4.1. di atas dapat dilihat penurunan tegangan yang terjadi dari 222 Volt pada pembebanan 660 Watt turun menjadi 191 Volt pada pembebanan 900 Watt. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi pembebanan maka arus beban (I_a) yang ditimbulkan oleh penambahan beban juga semakin tinggi. Besarnya pertambahan arus beban (I_a) setiap pembebanan dapat dilihat dari tabel di bawah ini:

Tabel 4.2. Arus tiap pembebanan

No	Daya pembebanan (Watt)	Arus (Ampere)
1	660	2,7
2	720	3
3	780	3,2
4	840	3,3
5	900	3,5

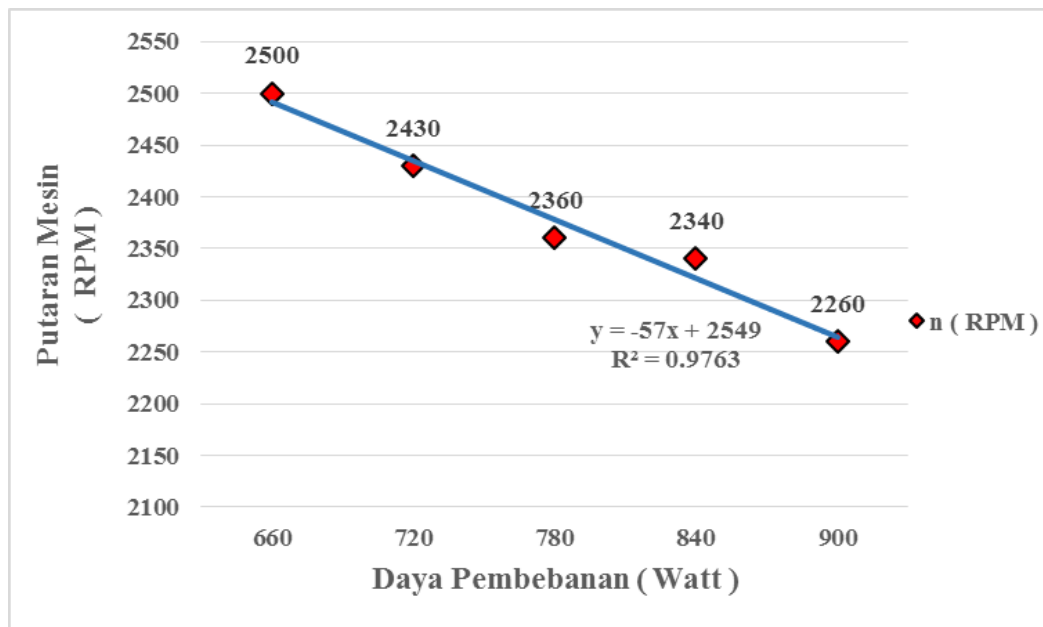
Besarnya tegangan terminal pada saat generator berbeban dapat dicari dengan :

$$V_t = E_a - I_a \cdot Z_s$$

Semakin tingginya arus beban (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. Standar PLN yang diizinkan untuk tegangan listrik yang ada di Indonesia yaitu 220 Volt dengan toleransi +5% dan -10%. Dari lima variasi pembebanan yang dilakukan hanya satu yang tidak memenuhi standar PLN yakni pada pembebanan 900 Watt dimana tegangan yang dihasilkan 191 Watt sedangkan batas minimal dari PLN 198 Watt.

4.2.2 Putaran Mesin

Pada gambar 4.2. disajikan perbandingan putaran mesin yang dihasilkan dari pengujian genset untuk masing-masing pembebanan dari 660 Watt sampai 900 Watt.



Gambar 4.2. Grafik beban dengan putaran mesin yang dihasilkan

Dari gambar 4.2. di atas dapat diamati penurunan RPM yang cukup drastis dari genset dimana dari pembebanan terkecil 660 Watt putaran mesin (n) yang dihasilkan 2500 RPM turun menjadi 2260 RPM pada pembebanan 900 Watt. Hal ini karena putaran generator (n) akan mempengaruhi tegangan terminal (V_t), apabila kecepatan putar turun maka tegangan terminal juga turun. Semakin turunnya tegangan terminal karena kecepatan putar generator sinkron berpengaruh terhadap tegangan armatur (E_a) generator hal ini sesuai dengan persamaan berikut

$$E_a = c.n.\phi$$

Dilihat dari persamaan di atas bahwa putaran mesin (n) generator berbanding lurus dengan fluks (ϕ) yang dihasilkan oleh kumparan, jika putaran mesin turun (n) maka fluks magnet yang dihasilkan generator juga semakin turun hal ini sesuai dengan tegangan terminal yang turun juga.

Selain itu penyebab turunya putaran mesin dapat terjadi karena kurangnya suplai bahan bakar genset, semakin tinggi pembebanan yang diberikan pada genset maka bahan bakar yang dibutuhkan akan bertambah, tetapi pada saat dilakukan penambahan bahan bakar genset justru mati. Penyebab matinya mesin genset ini karena pengaturan sistem pencampuran bahan bakar dengan udara pada karburator masih menggunakan setelan pencampuran bahan bakar bensin sehingga governor pada genset tidak dapat bekerja apabila menggunakan bahan bakar biogas. Governor merupakan alat yang berfungsi untuk mengatur jumlah suplai bahan bakar yang dibutuhkan oleh genset. Rasio campuran bahan bakar untuk biogas berkisar antara 1 : 5,7 sedangkan untuk bensin 1:15 (Pranayuda, 2013). Untuk mengatasi hal ini perlu ditambahkan alat pengganti karburator yaitu konverter biogas dimana pada konverter biogas ini berfungsi untuk mengatur setelan biogas dengan udara yang sesuai dengan kebutuhan genset (Artayana, 2014).

4.2.3 Daya Keluaran Genset

Tabel 4.3. Tegangan, Arus, dan Daya yang dihasilkan

No	Daya Pembebanan (Watt)	Daya (Watt)	Tegangan (Volt)	Arus (A)
1	660	599,4	222	2,7
2	720	651	217	3
3	780	681,6	213	3,2
4	840	676,5	205	3,3
5	900	668,5	191	3,5

Daya merupakan besarnya tegangan yang timbul dikali dengan arus. Berikut ini merupakan contoh perhitungan untuk mencari daya keluaran genset pada pembebanan 660 Watt :

$$P = V \times I$$

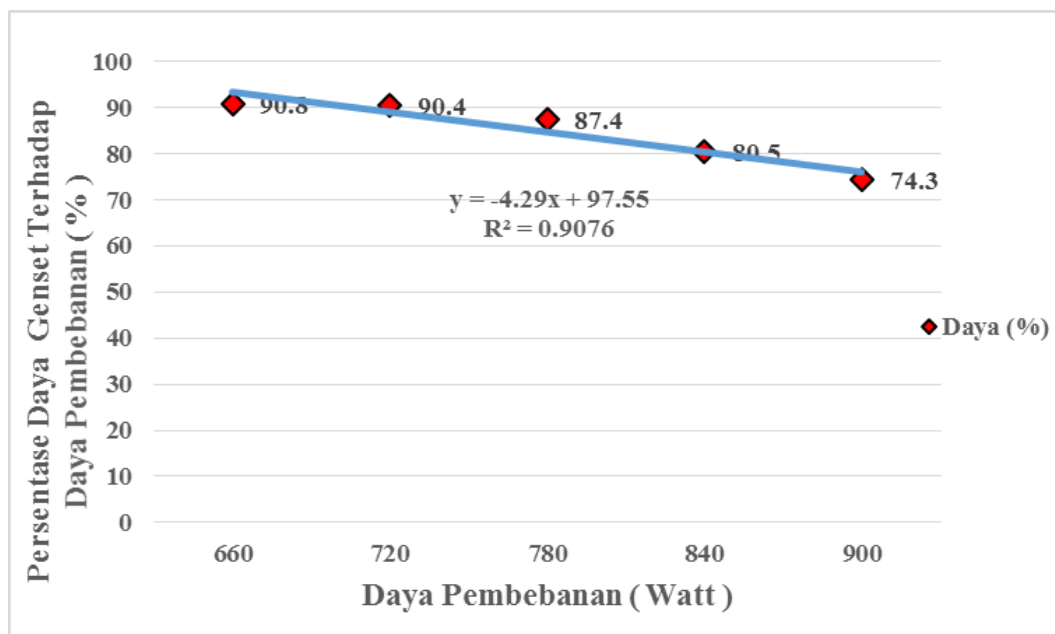
$$= 222 \text{ Volt} \times 2,7 \text{ A}$$

$$= 599,4 \text{ Watt}$$

Untuk mengetahui persentase perbandingan daya keluaran genset terhadap beban yang diberikan dapat dicari dengan cara sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ Daya} &= \frac{P_{\text{Out}}}{\text{Beban}} \times 100\% \\ &= \frac{599,4}{660} \times 100\% \\ &= 90,8\% \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya hubungan antara pembebanan dengan daya keluaran yang dihasilkan dapat dilihat dari grafik 4.3. di bawah ini :



Gambar 4.3. Grafik persentase daya yang dihasilkan dengan pembebanan lampu

Dari grafik di atas dapat dilihat penurunan persentase daya keluaran terhadap beban. Pada pembebanan 660 Watt persentase daya yang dihasilkan terhadap beban sebesar 90,8% turun menjadi 90,4% pada pembebanan 720 Watt. Hal ini sesuai dengan persamaan mencari daya yaitu :

$$P = V \cdot I$$

Berdasarkan persamaan di atas penyebab turunnya daya setiap penambahan beban dikarenakan tegangan yang yang dihasilkan genset juga semakin turun, hal ini dapat dilihat dari grafik tegangan pada gambar 4.1. di atas. Semakin kecil tegangan yang dihasilkan maka persentase daya keluaran genset terhadap pembebanan juga semakin kecil. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan daya yang paling optimal dari genset berbahan bakar biogas dengan 5 variasi pembebanan berada pada beban 660 Watt dengan persentase daya sebesar 90,8%.

4.3 Perhitungan Debit Biogas

Debit merupakan banyaknya gas yang mengalir per satuan waktu. Pada penelitian ini untuk mencari debit biogas dilakukan dengan cara menampung biogas kedalam plastik selama 5 detik kemudian hasil dari biogas yang telah tertampung tersebut dimasukan kedalam ember yang berisi air kemudian diukur perbedaan ketinggian air (Δh) untuk mengetahui debit dari biogas tersebut. Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan maka diperoleh debit biogas untuk masing-masing pembebanan sebagai berikut :

Tabel 4.4. Debit biogas untuk tiap pembebanan

No	Daya Pembebanan (Watt)	Daya (Watt)	Debit ($m^3/detik$)
1	660	599,4	$2,73 \times 10^{-4}$
2	720	651	$2,76 \times 10^{-4}$
3	780	681,6	$2,85 \times 10^{-4}$
4	840	676,5	$2,88 \times 10^{-4}$
5	900	668,5	$3,08 \times 10^{-4}$

Berikut ini merupakan contoh perhitungan mencari debit biogas pada pembebanan 660 Watt, dimana setelah dilakukan pengukuran didapatkan data sebagai berikut :

Waktu pengisian biogas (t) = 5 detik

Diameter bak penampung (D) = 23,8 cm = 0,238 m

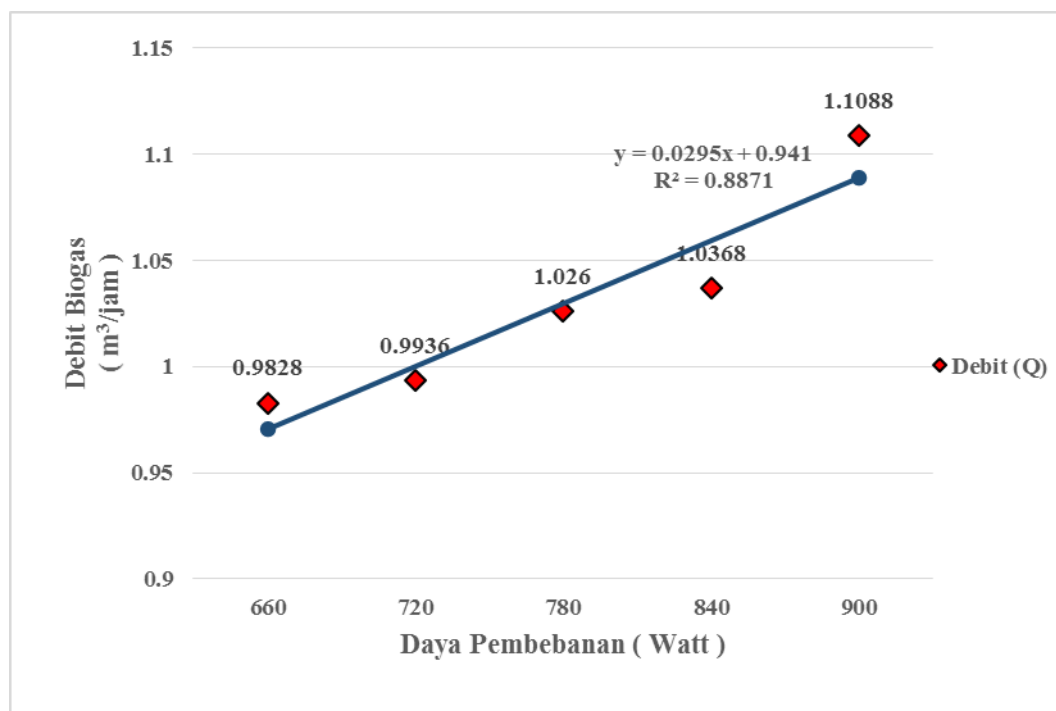
Jari-jari bak penampung = 0,119 m

Kenaikan tinggi air (h) = 3,06 cm = 0,0306 m

Berdasarkan persamaan (2.2) untuk mencari debit digunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Debit} &= \frac{V}{t} \\ &= \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{t} \\ &= \frac{\pi \cdot 0.119^2 \text{ m} \cdot 0,0306 \text{ m}}{5 \text{ s}} \\ &= 2,73 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

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

Dari grafik di atas dapat dilihat setiap penambahan beban selalu diikuti dengan penambahan debit biogas. Pada pembebanan paling kecil yaitu 660 Watt debit biogas yang mengalir sebesar $0,9828 \text{ m}^3/\text{jam}$ terus naik menjadi $1,026 \text{ m}^3/\text{jam}$ pada pembebanan 780 Watt dan mencapai debit terbesar $1,1088 \text{ m}^3/\text{jam}$ pada pembebanan 900 Watt. Kenaikan debit biogas ini kemungkinan dikarenakan semakin besar pembebanan yang diberikan maka genset akan membutuhkan energi yang semakin besar untuk memenuhi kebutuhan genset dari pembebanan yang diberikan.

Bertambahnya debit biogas tiap penambahan pembebanan ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Yusuf dkk, 2014) dimana pada penelitian tersebut debit diukur pada pembebanan 0, 36, 280, dan 725 Watt. Banyaknya debit biogas dapat dilihat dari tabel dibawah ini

Tabel 4.5. Debit biogas

No	Pembebanan (Watt)	Debit (m^3/jam)
1	0	1,08
2	36	1,32
3	280	1,5
4	725	1,38

(Yusuf dkk, 2014)

4.4 Konsumsi Bahan Bakar (\dot{m})

Untuk mencari konsumsi bahan bakar digunakan rumus laju aliran massa. Untuk mencari laju aliran massa tiap pembebanan diperlukan data debit biogas dan massa jenis biogas. Untuk massa jenis biogas yang digunakan dipakai massa jenis metana yaitu $0,656 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Untuk lebih jelasnya tentang debit dan massa jenis tiap pembebanan dapat dilihat dari tabel 4.6. di bawah ini :

Tabel 4.6. Massa jenis dan debit biogas tiap pembebanan

No	Beban (Watt)	Daya (Watt)	Massa Jenis (kg/m ³)	Debit (m ³ /detik)
1	660	599,4	0,656	2,37 x 10 ⁻⁴
2	720	651	0,656	2,76 x 10 ⁻⁴
3	780	681,6	0,656	2,85 x 10 ⁻⁴
4	840	676,5	0,656	2,88 x 10 ⁻⁴
5	900	668,5	0,656	3,08 x 10 ⁻⁴

Dari tabel 4.6. di atas dapat dicari konsumsi bahan bakar tiap pembebanan. Berdasarkan persamaan (2.8.) untuk mencari laju aliran massa digunakan rumus :

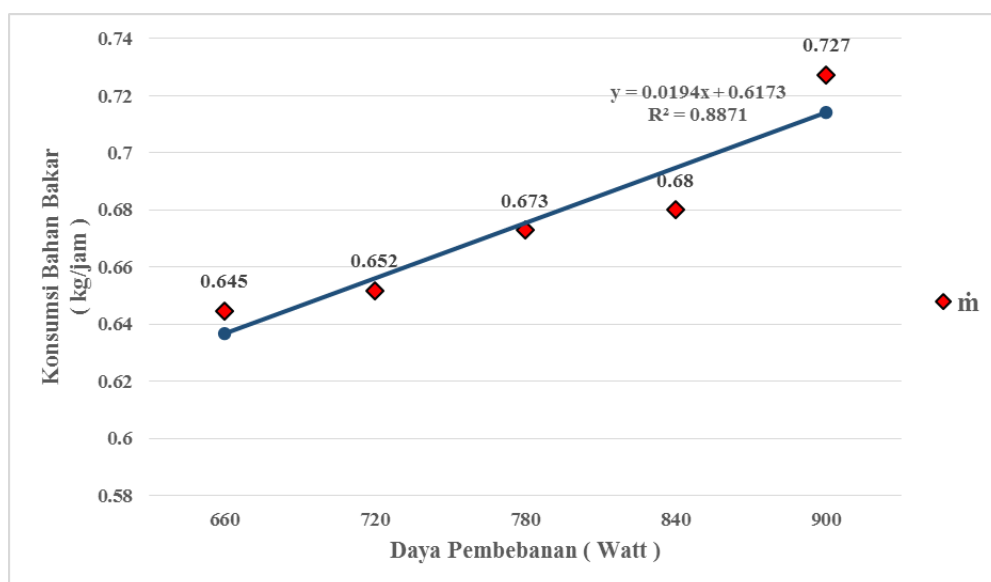
$$\dot{m} = Q \times \rho$$

Berikut ini merupakan contoh perhitungan untuk mencari aju aliran massa pada pembebanan 900 Watt :

$$\dot{m} = 3,08 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times 0,656 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$= 2,02048 \times 10^{-4} \text{ kg}/\text{s} \text{ atau } 0,727 \text{ kg}/\text{jam}$$

Untuk memperjelas dalam pengamatan laju aliran massa biogas pada masing-masing pembebanan dapat dilihat pada gambar 4.5. di bawah ini :



Gambar 4.5. Konsumsi bahan bakar tiap pembebanan

Pada gambar Grafik 4.5. di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi pembebanan akan berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan genset. Pada pembebanan 660 Watt konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan sebesar 0,645 kg/jam naik menjadi 0,652 kg/jam pada pembebanan 720 Watt. Naiknya konsumsi bahan bakar ini sesuai dengan penelitian (Prastya,2013) yang menghasilkan nilai konsumsi bahan bakar pada pembebanan 300 Watt sebesar 0,421 kg/jam, pada beban 540 Watt sebesar 0,479 kg/jam, pada beban 840 Watt sebesar 0,595 kg/jam, dan pada beban 1140 Watt sebesar 0,576 kg/jam.

Pada pembebanan yang sama yaitu 840 Watt konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan pada penelitian Prastya lebih kecil yakni 0,595 kg/jam sedangkan pada penelitian ini sebesar 0,680 kg/jam. Perbedaan nilai konsumsi bahan bakar tersebut kemungkinan disebabkan karena perbedaan kadar gas metana (CH₄) yang terkandung dalam biogas yang digunakan. Konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan oleh genset semakin meningkat seiring dengan penambahan beban karena genset membutuhkan lebih banyak energi untuk mengatasi penambahan beban tersebut.. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran debit biogas dimana setiap penambahan beban maka debit biogas semakin besar. Penambahan debit biogas ini yang selanjutnya akan memenuhi kebutuhan bahan bakar pada genset.

4.5 Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

IKE merupakan rasio perbandingan daya listrik yang dihasilkan terhadap konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan. Untuk mengetahui nilai Intensitas Konsumsi Energi dapat dicari dengan rumus :

$$IKE = \frac{P}{\dot{m}}$$

Keterangan : P = Daya Keluaran (kW)

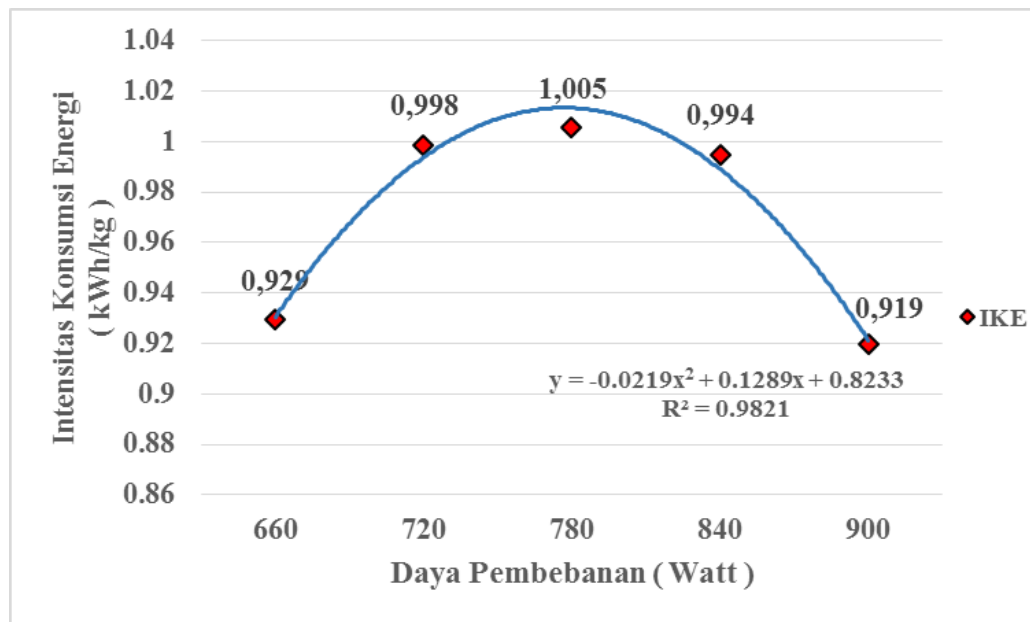
\dot{m} = Laju aliran massa (kg/h)

Berikut ini merupakan merupakan contoh perhitungan untuk mencari IKE pada pembebanan 660 Watt.

$$IKE = \frac{P}{\dot{m}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,5994 \text{ kW}}{0,645 \text{ kg/h}} \\ &= 0,929 \text{ kWh/kg} \end{aligned}$$

Untuk mempermudah dalam menganalisis hasil intensitas konsumsi energi yang dihasilkan dari pengujian genset pada masing-masing pembebanan dapat dilihat dari grafik di bawah ini.



Gambar 4.6. Intensitas Konsumsi Energi

Dari gambar 4.6. di atas dapat dilihat nilai intensitas konsumsi energi pada masing-masing pembebanan. Dari lima variasi yang diberikan pada mesin genset pada pembebanan ketiga dengan beban 780 Watt menghasilkan nilai IKE paling tinggi yaitu 1,005 kWh/kg dibandingkan dengan variasi pembebanan yang lain. Pada mesin genset yang digunakan untuk menggerakkan rotor pada generator menggunakan sistem kerja motor bakar empat langkah dimana pada sistem ini untuk memperoleh energi keluaran yang besar terdapat tiga sarat pembakaran yaitu tekanan kompresi yang tinggi, waktu pengapian yang tepat, dan campuran udara dengan bahan bakar yang sesuai (Prasyadi, 2016).

Dari lima variasi pembebanan yang telah dilakukan pada tiga pembebanan pertama yaitu pada pembebanan 660, 720, dan 780 Watt terjadi kenaikan nilai IKE. Hal ini dikarenakan pada tiga pembebanan tersebut aturan pembakaran masih dapat

terpenuhi oleh genset. Pada pembebanan 780 Watt merupakan puncak maksimal nilai IKE pada genset dengan bahan bakar biogas. Sedangkan pada dua pembebanan terakhir yaitu pembebanan 840 dan 900 Watt terjadi penurunan nilai IKE dari nilai IKE tertinggi yakni 1,005 kWh/kg turun menjadi 0,994 dan 0,919 kWh/kg. Penyebab turunya nilai IKE ini dikarenakan banyaknya bahan bakar biogas yang masuk ke dalam ruang bakar tidak sesuai dengan campuran udara yang dibutuhkan sehingga terjadi penurunan nilai IKE. Dengan tidak sesuainya campuran bahan bakar dengan udara maka mengakibatkan pemborosan bahan bakar karena banyak bahan bakar yang terbuang sehingga terjadi penurunan nilai IKE. Pemborosan bahan bakar ini dapat dibuktikan dengan bertambahnya konsumsi bahan bakar tetapi nilai IKE yang dihasilkan semakin menurun terutama pada dua pembebanan terakhir.