

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Kinerja Mesin Menggunakan Bahan Bakar Campuran LPG dan Hidrogen

LPG merupakan campuran hidrokarbon ringan seperti propana dan butana, memiliki kepadatan energi tinggi sekitar 46 MJ/kg dan mudah disimpan dalam bentuk cair pada tekanan 5-10 bar, menjadikannya sangat efisien dan serbaguna untuk berbagai aplikasi. Hidrogen adalah unsur kimia paling ringan berwujud gas tak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Meskipun memiliki kepadatan energi tinggi, sekitar 120 MJ/kg.

Mesin hidrogen juga cenderung lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi yang merugikan seperti CO₂, CO, atau HC. Dalam hal kinerja, mesin yang menggunakan hidrogen memiliki potensi untuk memberikan efisiensi yang lebih tinggi dan emisi yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin yang menggunakan LPG atau bahan bakar fosil lainnya. Kinerja mesin genset menggunakan bahan bakar LPG dan hidrogen dapat diukur melalui beberapa parameter utama. Pertama, putaran mesin mengindikasikan kecepatan rotasi mesin, yang dapat memengaruhi produksi daya. Voltase dan frekuensi mengacu pada tegangan listrik dan frekuensi output mesin genset, yang harus stabil untuk memastikan penggunaan listrik yang aman. Daya dan arus merupakan ukuran dari energi listrik yang dihasilkan dan digunakan oleh mesin. Hambatan mencerminkan kemampuan mesin untuk mengatasi beban yang diberikan.

Analisis kinerja akan membandingkan penggunaan campuran bahan bakar LPG dan hidrogen. Pada penelitian ini dilakukan analisis kinerja mesin genset dengan pengujian sebanyak 5 kali yang berdurasi 60 menit setiap pengujian dengan ketentuan perbandingan laju aliran bahan bakar LPG 1,5 liter per menit dan hidrogen 0,5 liter per menit. Kinerja mesin genset akan dievaluasi berdasarkan beberapa parameter seperti konsumsi bahan bakar LPG dan Hidrogen, tegangan, arus listrik yang dihasilkan, energi bahan bakar, energi total bahan bakar, energi yang dikeluarkan dan nilai efisiensi thermal.

4.2 Perhitungan Hasil Penelitian

Setelah dilakukanya pengujian tentunya data tersebut diolah untuk mendapatkan atau untuk mengetahui nilai dari setiap parameter yang dicari, maka dari itu perhitungan perlu dilakukan. Pengujian dilakukan terhadap mesin genset yang diberikan bahan bakar LPG dan Hidrogen dengan laju aliran 1,5 L/Menit untuk LPG dan 0,5 L/Menit untuk hidrogen. Setelah itu barulah didapat hasil pengujian seperti pada tebl berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian masing-masing selama 60 menit

No	M (kg)		P-hyd (Psi)		V (Volt)		I (A)
	M0	M1	P0	P1	V0	V1	
1	6,6	6,4	1800	1500	231	229	1,24
2	6,4	6,2	1500	1200	231	229	1,24
3	6,2	5,9	1200	900	232	230	1,25
4	5,9	5,7	900	700	231	228	1,23
5	5,7	5,4	700	400	232	230	1,24

Dari data pengujian diatas dilakukan pengambilan data kembali untuk menemukan variasi pada setiap laju aliran, data variasi dilakukan sebanyak 2 kali dalam waktu 10 menit dengan ketentuan 1,5 L/menit untuk LPG dan Hidrogen 0,2 dan 0,3 L/menit. Adapun data yang telah dilakukan sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil pengujian variasi laju aliran selama 10 menit

No	Laju Aliran (L/Menit)		M (kg)		P-hyd (Psi)		V (Volt)		I (A)
	LPG	H ₂	M0	M1	P0	P1	V0	V1	
1	1,5	0,2	7,27	7,22	130	100	231	229	1,24
2	1,5	0,3	7,22	7,18	100	60	230	228	1,23

Dari perhitungan diatas, adapun beberapa perhitungan yang dilakukan diantaranya.

- Perhitungan massa hydrogen

Rumus :

$$P V = n R T$$

Keterangann

P = Tekanan

$$V = 1 \text{ m}^3$$

m = massa

$$R = \frac{8,314 \text{ J}}{2,016 \text{ g.K}} = 4,124 \text{ J/g.K}$$

T = Suhu Gas 25° C (298K)

- Perhitungan n jumlah mol gas

$$n = \frac{P.V}{R.T} = g$$

- perhitungan massa H₂

Massa awal hydrogen dalam tabung.

$$P = 1800 \text{ Psi} = 12,4 \text{ MPa}$$

$$m_o = \frac{12,4 \text{ MPa} \times 1 \text{ m}^3}{4,124 \frac{\text{J}}{\text{g.K}} \times 298 \text{ K}} = \frac{12400 \text{ kJ}}{1228,952 \text{ J/g}} = 10,098 \text{ g}$$

Massa akhir hydrogen dalam tabung

$$P = 1500 \text{ Psi} = 10,34 \text{ MPa}$$

$$m_1 = \frac{10,34 \text{ MPa} \times 1 \text{ m}^3}{4,124 \frac{\text{J}}{\text{g.K}} \times 298 \text{ K}} = \frac{10340 \text{ kJ}}{1228,952 \text{ J/g}} = 8,415 \text{ g}$$

Jumlah massa hydrogen yang dikonsumsi selama 60 menit adalah

$$m = 10,089 \text{ g} - 8,414 \text{ g} = 1,683 \text{ g}$$

Setelah mencari nilai massa hidrogen yang dikonsumsi selama 60 menit kemudian dilakukan proses perhitungan laju konsumsi hidrogen dan LPG dengan rumus dan contoh sebagai berikut:

$$m_{hyd} = \frac{1,683 \text{ g}}{60 \times 60 \text{ s}} = 0,468 \text{ mg/s}$$

Laju massa LPG :

$$m_{lpg} = \frac{6,6 \text{ kg} - 6,4 \text{ kg}}{60 \times 60 \text{ s}} = 0,055 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 56 \text{ g/s}$$

Tujuan dilakukanya perhitungan nilai laju konsumsi ini adalah untuk mencari nilai energi dari setiap gas, dimana hasil dari nilai energi tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai efisiensi thermal dari setiap bahan bakar.

Berikut merupakan data hasil perhitungan laju konsumsi gas LPG dan Hidrogen dengan variasi 1 dimana nilai laju aliran 1,5 L/min untuk LPG dan 0,5 L/min untuk hidrogen selama 60 menit.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Laju Massa Aliran pengujian selama 60 menit

No	LPG (g/s)	Hyd (mg/s)	V (Volt)	I (Amp)	P (Watt)
1	56	0,468	229	1,24	283,96
2	56	0,468	229	1,24	283,96
3	83	0,468	230	1,25	287,5
4	56	0,312	228	1,23	280,44
5	83	0,468	230	1,24	285,2

Untuk perhitungan laju konsumsi gas dengan variasi 2 dan 3 selama 10 menit menggunakan rumus yang sama hanya ketentuan waktu yang disesuaikan dengan waktu pengujian. Adapun contohnya

Laju Konsumsi Hidrogen

$$m_{hyd} = \frac{0,224 \text{ g}}{10 \times 60 \text{ s}} = 0,374 \text{ mg/s}$$

Laju konsumsi LPG :

$$m_{lpg} = \frac{7,27 \text{ kg} - 7,22 \text{ kg}}{10 \times 60 \text{ s}} = 0,083 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 83 \text{ g/s}$$

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Massa Laju Aliran pengujian selama 10 menit

No	Laju Aliran (L/Menit)		Massa Laju Aliran Gas		V (Volt)	I(Ampere)	W (Watt)
	LPG	H ₂	$m_{lpg} \text{ (g/s)}$	$m_{hyd} \text{ (mg/s)}$			
1	1,5	0,2	83	0,374	228	1,23	280,44
2	1,5	0,3	67	0,281	229	1,24	283,96

Setelah didapatkan nilai laju konsumsi gas bahan bakar kemudian untuk mencari nilai efisiensi dibutuhkan nilai energi bahan bakar dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{LPG} = \dot{m} \cdot \text{LHV} = \frac{\text{Joule}}{\text{s}} = \text{Watt}$$

$$Q_{\text{hyd}} = m_{\text{hyd}} \cdot \text{LHV} = \text{Watt}$$

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{LPG}} + Q_{\text{Hyd}}$$

Dengan ketentuan nilai LHV :

$$\text{LHV Gas LPG} = 33715.46 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{LHV Gas H}_2 = 119810 \text{ kJ/kg}$$

Dimana dari hasil dari perhitungan digunakan untuk mencari nilai efisiensi thermal pada setiap variasi laju aliran dan waktu pengujian dilakukan. Adapun rumus efisiensi thermal mesin adalah sebagai berikut :

$$\eta_{th} = \frac{P}{Q_{tot}} \times 100 \%$$

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Efisiensi selama 60 menit

No	QLPG (W)	QH ₂ (W)	QTotal (W)	P (W)	Eff (%)
1	1873,1	56,014	1929,095	283,96	14,720
2	1873,1	56,014	1929,095	283,96	14,720
3	2809,6	56,014	2865,635	287,5	10,033
4	1873,1	37,343	1910,424	280,44	14,679
5	2809,6	56,014	2865,635	285,2	9,952
Rata-rata	2247,7	52,280	2299,777	284,212	12,821

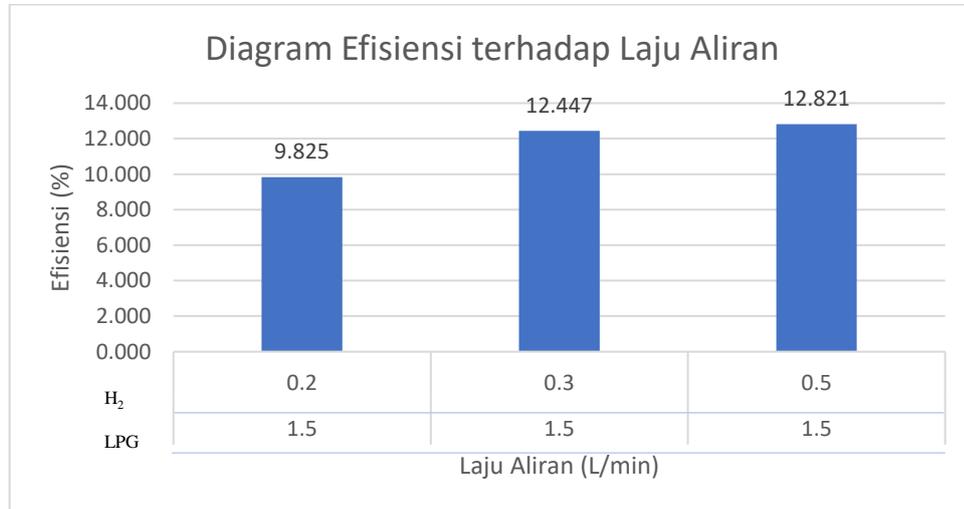
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Efisiensi Selama 10 Menit

No	Laju Aliran (L/Menit)		Q-LPG (Watt)	Q_Hyd (Watt)	Q_Total (Watt)	P (Watt)	Eff (%)
	LPG	H ₂					
1	1,5	0,2	2809,6	44,811	2854,433	280,44	9,825
2	1,5	0,3	2247,7	33,608	2281,306	283,96	12,447

4.3 Analisis Efisiensi

Analisis data terhadap kinerja mesin genset selama dengan variasi laju aliran menggunakan bahan bakar LPG dan hidrogen. Kinerja mesin akan dievaluasi berdasarkan perbandingan konsumsi bahan bakar antara LPG sebesar 1,5 L/Menit dan hidrogen sebesar 0,5 L/Menit, 0,3 L/Menit dan 0,2 L/Menit.

Data yang diperoleh akan digunakan untuk mengevaluasi nilai efisiensi terhadap waktu atau periode pembebanan dengan menampilkan diagram sebagai berikut:



Gambar 4.1 Diagram Efisiensi Terhadap Waktu Pembebanan

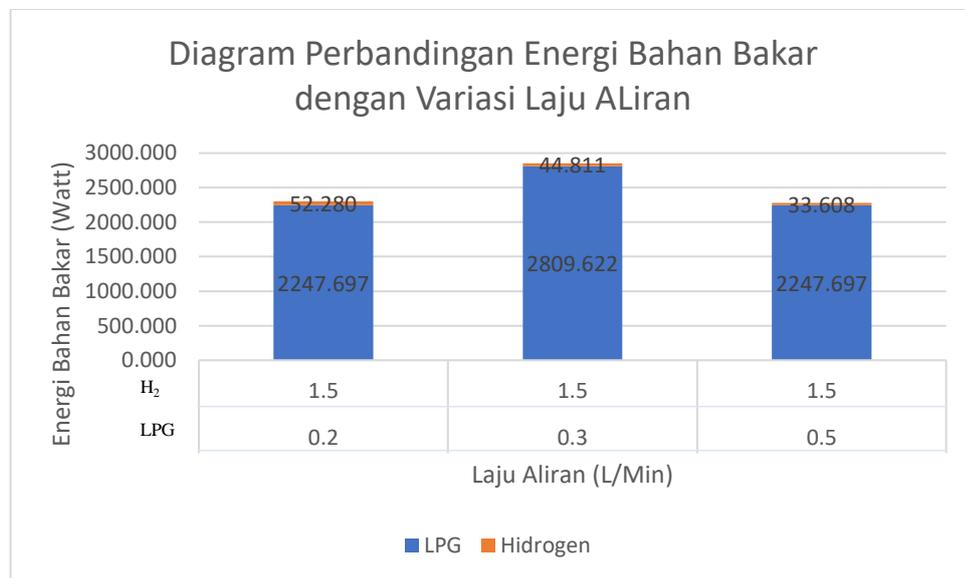
Jika dilihat dari diagram efisiensi terhadap laju aliran diatas, diagram tersebut menunjukkan dimana nilai efisiensi termal mengalami kenaikan ketika diberikan variasi laju aliran dengan kata lain semakin besar hidrogen yang dicampurkan maka nilai efisiensinya akan semakin besar. Kenaikan tersebut dikarenakan jumlah energi bahan bakar yang diserap berbeda-beda disetiap laju alirannya, dimana semakin tinggi nilai campuran laju alirannya maka nilai energi bahan bakarnya akan semakin tinggi, hal tersebut yang mempengaruhi nilai efisiensi karena nilai efisiensi berbanding terbalik dengan energi bahan bakar.

Untuk Variasi 1 dengan laju aliran LPG 1,5 L/Menit dan H₂ 0,2 L/Menit menghasilkan efisiensi yang rendah dengan nilai 9,825 % dan nilai energi bahan bakar sebesar 2854,433 Watt dengan daya yang dikeluarkan genset 280,44 Watt, kemudian untuk variasi 2 dengan laju aliran LPG 1,5 L/Menit dan H₂ 0,3 L/Menit menghasilkan kenaikan nilai efisiensi dari variasi pertama dengan nilai 12,447 % dengan nilai energi bahan bakar sebesar 2281,306 Watt dengan daya yang dikeluarkan genset 283,96 Watt dan untuk variasi 3 laju aliran LPG 1,5 L/Menit dan H₂ 0,5 L/Menit menghasilkan efisiensi yang tinggi dengan nilai 12,821 % dengan nilai energi bahan bakar sebesar 2299,977 Watt dengan daya yang dikeluarkan genset sebesar 283,212 Watt.

Hal tersebut mengidentifikasi jika memang nilai efisiensi akan berbanding terbalik dengan energi bahan bakar yang dipakai dimana energi bahan bakar ditentukan dari campuran bahan bakar itu sendiri.

4.4 Analisis Energi dari bahan bakar

Analisis energi dari bahan bakar terhadap waktu melibatkan pengukuran dan evaluasi jumlah energi yang dihasilkan oleh bahan bakar selama periode tertentu. Bahan bakar yang digunakan adalah LPG dan Hidrogen untuk menghidupkan mesin genset. Berikut diagram perbandingan energi bahan bakar terhadap waktu pengujian.



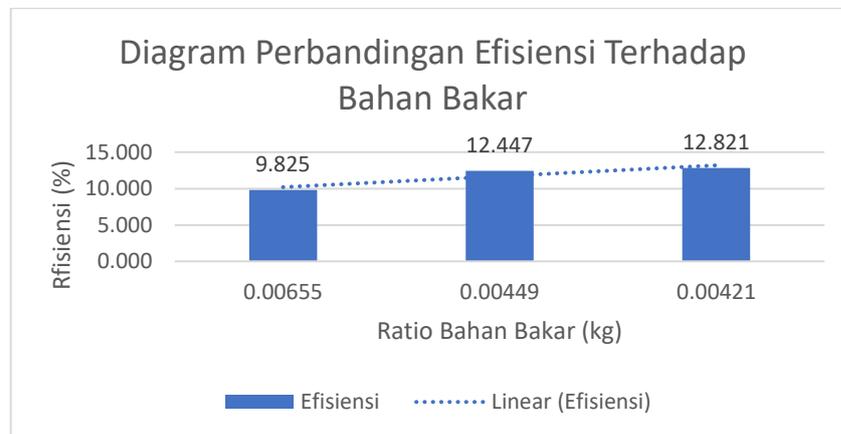
Gambar 4.2 Diagram Perbandingan Energi Bahan Bakar Terhadap Waktu

Berdasarkan gambar diatas menjelaskan jika energi bahan bakar LPG cenderung lebih besar dari energi hidrogen disetiap pengujiannya, hal tersebut dipengaruhi dari laju aliran yang dibedakan untuk setiap pengujian. Variasi 1 dengan laju aliran LPG sebesar 1,5 L/Menit dan Hidrogen 0,2 L/Menit menghasilkan energi bahan bakar total sebesar 2299,977 Watt, kemudian variasi 2 laju aliran LPG sebesar 1,5 L/Menit dan Hidrogen 0,3 L/Menit menghasilkan energi bahan bakar total sebesar 2854,433 Watt dan variasi 3 laju aliran LPG sebesar 1,5 L/Menit dan Hidrogen 0,5 L/Menit menghasilkan energi bahan bakar total sebesar 2281,306 Watt.

Hal tersebut menjelaskan jika energi bahan bakar berbanding lurus dengan variasi laju aliran dimana semakin besar variasi hidrogen yang ditambahkan dengan laju aliran LPG maka energi bahan bakar yang dikeluarkan akan semakin besar. Perbedaan tersebut dikarenakan pada pengujian Variasi 3, dilakukan dalam waktu pengujian selama 1 jam dan diulangi sebanyak 5 kali, sehingga gas LPG dan hidrogen yang diserap oleh genset lebih banyak dibandingkan percobaan variasi 1 dan 2.

4.5 Analisis Rasio Perbandingan Bahan Bakar Terhadap Nilai Efisiensi

Pengaruh ratio konsumsi bahan bakar LPG dan Hidrogen terhadap nilai efisiensi thermal.



Gambar 4.3 Diagram Ratio Bahan Bakar Terhadap Efisiensi

Jika dilihat dari gambar diagram diatas, hal tersebut menjelaskan jika ratio perbandingan tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai efisiensi. Yang mana jika dilihat dari data yang ada ratio 0,00655 dapat menghasilkan efisiensi yang lebih kecil dibandingkan dengan rasio 0,00449, akan tetapi ratio 0,00449 yang lebih kecil dibanding dengan 0,00421 yang memiliki nilai efisiensi jauh lebih besar.

Perlu dilakukan analisis atau identifikasi lebih lanjut untuk memahami faktor-faktor yang menyebabkan variasi nilai efisiensi berbeda-beda. Hasil identifikasi dapat disimpulkan jika ratio bahan bakar tidak mempengaruhi hasil efisiensi tetapi yang sangat mempengaruhi hasil efisiensi adalah nilai besaran energi total penggabungan bahan bakar.