

## BAB IV

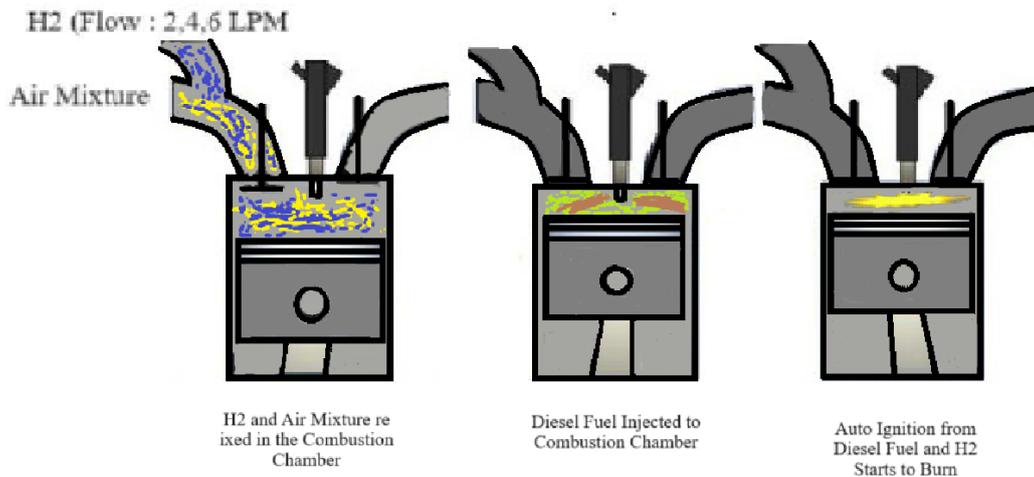
### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Dual fuel

*Dual fuel* merupakan sistem pembakaran mesin yang beroperasi dengan dua bahan bakar yang berbeda. Pada penelitian kali ini menggunakan bahan bakar solar berupa dexlite yang memiliki CN 51 yang dicampur dengan gas hidrogen pada perbandingan kadar konsentrasi tertentu. Perbandingan yang di uji pada penelitian kali ini di tujukan untuk melihat hasil pernedaan antara mesin diesel beroperasi tanpa adanya tambahan hidrogen (0 lpm) dengan ditambahkan aliran hidrogen ke *intake Manifold* sebesar 2 lpm, 4 lpm, dan 6 lpm.

Prinsip kerja dari *Dual fuel* pada penelitian ini adalah gas hidrogen di masukan pada *intake Manifold* terlebih dahulu sehingga ketika mesin melakukan langkah hisap, hidrogen yang berada pada intake chamber masuk bersamaan dengan udara bebas yang terhisap ke ruang bakar. Pada saat langkah kompresi, bahan bakar dexlite di injeksikan ke ruang bakar ikut dan ikut tercampur dengan hidrogen dan udara bebas. Sehingga ketika kompresi sudah mencukupi untuk melakukan langkah kerja dengan membakar bahan bakar solar (dexlite) dan pada saat bersamaan terbakarnya dexlite bahan bakar hidrogen ikut terbakar membantu proses pembakaraan pada langkah kerja.

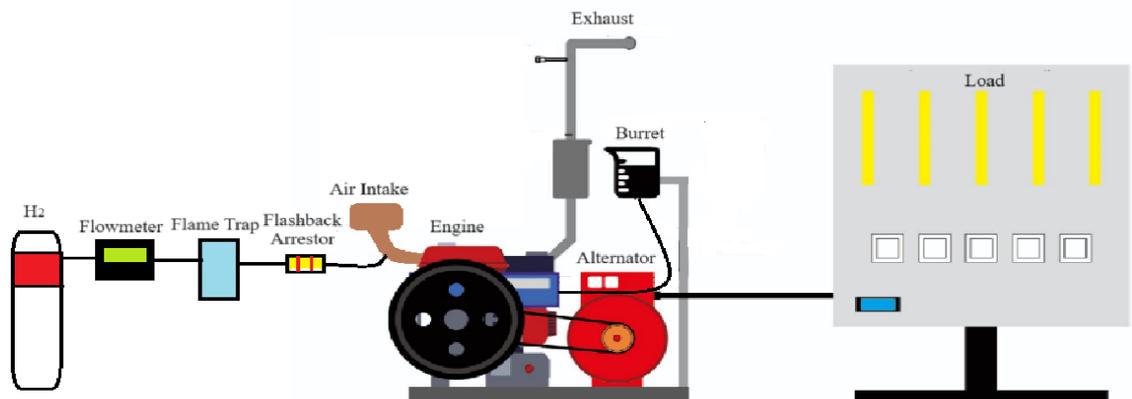
Pada dasarnya, hidrogen tidak akan terbakar terlebih dahulu karena memiliki *Auto Ignition Point* yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar solar. Namun *Flash Point* dari hidrogen jauh lebih tinggi dibandingkan bahan bakar solar yang sehingga sangat cepat terbakar ketika bahan bakar solar sudah terbakar. Percampuran antara hidrogen dan bahan bakar solar yang dapat diatur sesuai kebutuhan kompresi mesin dapat menjadi inovasi untuk *Internal Combustion Engine* (Mesin Pembakaran Dalam) dan solusi untuk masalah pencemaran lingkungan.



**Gambar 4.1** Cara Kerja *Dual Fuel*

#### 4.1.1 Keamanan *Dual fuel*

Hidrogen merupakan zat yang mudah terbakar. *Flash Point* dari hidrogen sangat tinggi yang menyebabkan penyebaran pembakaran sangat cepat. Gas hidrogen membutuhkan tabung penyimpanan yang bertekanan tinggi untuk penyimpanan dalam volume yang sangat besar.



**Gambar 4.2** Keamanan *Dual Fuel*

Untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja ketika penelitian dibutuhkannya dua pengaman berupa *Flashback Arrester* dan *Flame Trap*. Prinsip kerja dari *Flashback Arrester* adalah membuka katup jika ada laju aliran satu arah dan membantu mencegah aliran gas apabila terjadinya

guncangan tekanan atau menahan tekanan balik ketika mesin diesel sedang bekerja. *Flashback Arrestor* ditempatkan paling dekat dengan *Intake Manifold* agar memaksimalkan pengamanan. Sedangkan prinsip kerja dari *Flame Trap* adalah menahan api agar tidak menyebar menuju sumber laju aliran gas. Apabila adanya kecelakaan kerja berupa gas yang terbakar ketika laju aliran sedang kontinu, fungsi *Flame Trap* menahan api tersebut menyebar agar tidak menuju sumber gas. *Flame Trap* menjadi pengaman kedua dan ditempatkan setelah *Flowmeter*.

#### 4.2 Perhitungan

Untuk mencari nilai daya, torsi, SFC, dan Efisiensi Thermal dibutuhkan perhitungan dari nilai hasil pengujian. Dari hasil pengujian 0 lpm, 2 lpm dan 4 lpm terdapat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian *Dual fuel* 0 LPM

0 lpm					
n mesin (rpm)	n mes aktual (rpm)	n gen (rpm)	V (volt)	I (Ampere)	t SFC (sec)
1200	1245	913	83	2,01	65,38
1400	1430	1049	101	2,25	54,58
1600	1615	1184	146	2,75	46,11
1800	1811	1328	176	3,05	37,49
2000	2012	1475	207	3,34	31,74

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian *Dual fuel* 2 LPM

2 lpm					
n mesin (rpm)	n mes aktual (rpm)	n gen (rpm)	V (volt)	I (Ampere)	t SFC (sec)
1200	1215	891	89	2,06	72,23
1400	1414	1037	105	2,28	58,37
1600	1610	1181	149	2,79	53,07
1800	1800	1320	181	3,07	42,41
2000	2034	1492	211	3,38	34,6

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian *Dual fuel* 4 LPM

4 lpm					
n mesin (rpm)	n mes aktual (rpm)	n gen (rpm)	V (volt)	I (Ampere)	t SFC (sec)
1200	1201	881	91	2,08	164,21
1400	1423	1044	109	2,32	123,55
1600	1625	1192	155	2,83	98,08
1800	1823	1337	187	3,11	75,95
2000	2017	1479	214	3,4	63,73

Salah satu yang dapat diambil adalah data dari pengujian *Dual fuel* dengan laju aliran 6 LPM pada 2000 rpm sebagai berikut :

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian *Dual fuel* 6 LPM

6 lpm					
n mesin (rpm)	n mes aktual (rpm)	n gen (rpm)	V (volt)	I (Ampere)	t SFC (sec)
1200	1218	893,2	97	2,16	233,05
1400	1417	1039,133333	115	2,38	175,26
1600	1613	1182,866667	159	2,85	135,07
1800	1826	1339,066667	193	3,14	105,31
2000	2010	1474	221	3,45	87,42

- Pehitungan Daya

Pada perhitungan Daya menggunakan rumus yang sudah di jelaskan pada (1) dan menggunakan data pada saat laju aliran hidrogen 6 lpm dan putaran mesin 2000 rpm. Contoh perhitungan Daya sebagai berikut :

$$Ne = \frac{V_1 \times I \times \cos \phi}{\eta_{generator} \times \eta_{tr} \times 1000}$$

$$Ne = \frac{221 \times 3,45 \times 0,99}{0,85 \times 0,537 \times 1000}$$

$$Ne = 1,651 \text{ kW}$$

- $\eta_{generator}$  = Efisiensi generator (0,85)
- $\eta_{tr}$  = efisiensi transmisi (slip) =  $\frac{D.pulley \text{ generator}}{D.pulley \text{ motor}} \times \frac{n.generator}{n.motor}$   
 $\frac{11 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} \times \frac{1474}{2010} = 0,5377$

- Perhitungan Torsi

Pada perhitungan Torsi menggunakan rumus yang sudah di jelaskan pada (2) dan menggunakan data pada saat laju aliran hidrogen 6 lpm dan

putaran mesin 2000 rpm. Contoh perhitungan Torsi sebagai berikut :

$$T = \frac{Ne \times 60 \times 1000}{2\pi \times n.motor}$$

$$T = \frac{1,651 \times 60 \times 1000}{2\pi \times 2010}$$

$$T = 7,85 Nm$$

- Perhitungan SFC

Pada perhitungan SFC menggunakan rumus yang sudah di jelaskan pada (4) dan menggunakan data pada saat laju aliran hidrogen 6 lpm dan putaran mesin 2000 rpm. Contoh perhitungan SFC sebagai berikut :

$$Sfc = \frac{V_f \times \rho_f}{Ne}$$

- SFC Dexlite

Karena *Dua Fuel* menggunakan 2 bahan bakar yaitu hidrogen dan dexlite maka untuk nilai SFC dibutuhkan menghitung masing masing dari bahan bakar. Untuk perhitungan bahan bakar dexlite sebagai berikut :

- Bahan bakar yang terpakai = 15 mL = 0,015 dm<sup>3</sup>
- $\rho_d = 810 \text{ kg/m}^3$  (Muhammad Syahrir & Sungkono, 2021) = 810 kg/Lt
- Waktu yang digunakan untuk bahan bakar 15 mL = 87,42 detik = 0,0242 Jam

$$V_f = \frac{0,015}{0,0242}$$

$$V_f = 0,6198 \text{ Lt/h}$$

$$Sfc_d = \frac{0,6198 \frac{\text{Lt}}{\text{h}} \times 0,810 \text{ kg/Lt}}{1,651 \text{ kW}}$$

$$Sfc_d = 0,304 \text{ kg/kWh}$$

- SFC Hidrogen

Sedangkan untuk contoh perhitungan bahan bakar hidrogen sebagai berikut :

- Laju aliran hidrogen 6 LPM = 6 Lt/mnt = 360 Lt/h
- $\rho_h = 0,00009 \text{ kg/Lt}$

$$Sfc_h = \frac{360 \frac{\text{Lt}}{\text{h}} \times 0,00009 \text{ kg/Lt}}{1,651 \text{ kW}}$$

$$Sfc_h = 0,0196 \text{ kg/kWh}$$

- SFC *Dual fuel* 6 LPM pada 2000 rpm

Setelah nilai SFC dari bahan bakar dexlite dan hidrogen, kedua nilai SFC dari dua bahan bakar tersebut dapat dijumlahkan untuk menghitung nilai SFC dari *Dual Fuel* seperti sebagai berikut :

$$Sfc = Sfc_d + Sfc_h$$

$$Sfc = 0,3244 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}}$$

- Efisiensi Thermal *Dual fuel*

Pada perhitungan Efisiensi Thermal menggunakan rumus yang sudah di jelaskan pada (3) dan menggunakan data pada saat laju aliran hidrogen 6 lpm dan putaran mesin 2000 rpm. Contoh perhitungan Efisiensi Thermal sebagai berikut :

$$\eta_{th} = \left( \frac{Ne}{(\dot{m}_d \times LHV_d) + (\dot{m}_h \times LHV_h)} \right) \times 100 \%$$

Keterangan :

- $\eta_{th}$  = Efisiensi Thermal (%)
- Ne = Daya Efektif (kW)
- $m_d$  = laju aliran massa dexlite (kg/h)
- $m_h$  = laju aliran massa hidrogen (kg/h)
- $LHV_d$  = *Low Heat Value* dexlite (kJ/kg) = 47054,2 kJ/kg

(Muhammad Syahrir & Sungkono, 2021)

$LHV_h$  = *Low Heat Value* Hidrogen (kJ/kg) = 119810 kJ/kg  
(Winangun et al., 2023)

- Mencari  $\dot{m}_d$

$$\dot{m}_d = A_d \times \rho_d \times v_d$$

Keterangan

- $A_d$  = Luas Penampang selang dexlite ( $m^3$ )  
 $A_d = 78,57 \times 10^{-6} m^3$
- $\rho_d$  = Massa Jenis Dexlite ( $Kg/m^3$ )  
 $\rho_d = 810 kg/m^3$  (Muhammad Syahrir & Sungkono, 2021)
- $v_d$  = Kecepatan Dexlite ( $m/s$ )
- Vol. Dex = 15 ml =  $15 \times 10^{-6} m^3$

$$v_d = \left( \frac{Vol. dex}{A_d \times t} \right)$$

$$v_d = \left( \frac{0,000015}{0,00007857 \times 87,42} \right)$$

$$v_d = 0,00218 m/s$$

$$\dot{m}_d = 0,00007857 \times 810 \times 0,00218$$

$$\dot{m}_d = 0,00013874 \frac{kg}{s} = 0,499 \frac{kg}{h}$$

- Mencari  $\dot{m}_h$ 
  - $A_i$  = Luas Penampang Intake Hidrogen ( $m^3$ )  
 $A_i = 19,6428 \times 10^{-6} m^3$
  - $\rho_h$  = Massa Jenis Hidrogen ( $Kg/m^3$ )  
 $\rho_h = 0,09 kg/m^3$
  - $Q$  = debit hidrogen  
 $Q = 6 LPM = 0,0001 m^3/s$
  - $v_h$  = kecepatan hidrogen ( $m/s$ )

$$v_h = \left( \frac{Q}{A_i} \right)$$

$$v_h = \left( \frac{0,0001}{0,00001964} \right)$$

$$v_h = 5,09 m/s$$

$$\dot{m}_h = A_i \times \rho_h \times v_h$$

$$\dot{m}_h = 0,00001964 \times 0,09 \times 5,09$$

$$\dot{m}_h = 0,00000894 \frac{kg}{s} = 0,0324 \frac{kg}{h}$$

- Efisiensi Thermal *Dual fuel*

$$\eta_{th} = \left( \frac{Ne}{(\dot{m}_d \times LHV_d) + (\dot{m}_h \times LHV_h)} \right) \times 100 \%$$

$$N_e = 1,651 \text{ kW} = 1,651 \text{ kJ/s} = 5943600 \text{ kJ/h}$$

$$\text{LHV}_d = 47054,2 \text{ kJ/kg (Muhammad Syahrir \& Sungkono, 2021)}$$

$$\text{LHV}_h = 119810 \text{ kJ/kg (Winangun et al., 2023)}$$

$$\eta_{th} = \left( \frac{5943600}{(0,499 \times 47054,2) + (0,0324 \times 119810)} \right) \times 100 \%$$

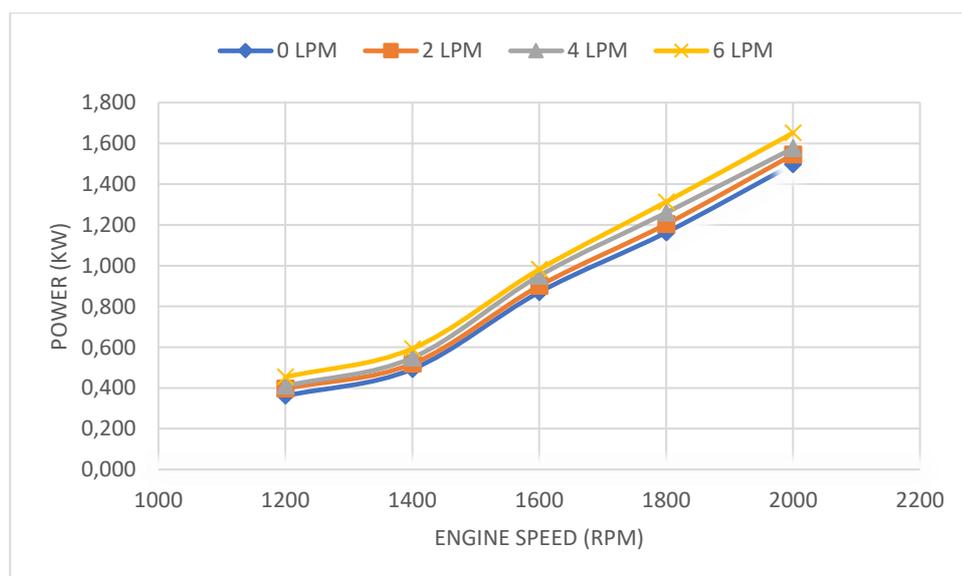
$$\eta_{th} = 21,67\%$$

### 4.3 Analisa Daya

Daya merupakan kemampuan atau energi yang yang digunakan per satuan waktu. Pada pengujian kali ini, daya dari mesin diesel di salurkan pada dua buah lampu 500 watt atau sama dengan 1000 watt. Dari hasil pengujian didapatkan nilai daya masing masing sebesar.

**Tabel 4.5** Perbandingan Nilai Daya

Daya (kW)				
RPM	0 LPM	2 LPM	4 LPM	6 LPM
1200	0,361	0,397	0,410	0,454
1400	0,492	0,518	0,548	0,593
1600	0,870	0,900	0,950	0,981
1800	1,163	1,203	1,260	1,313
2000	1,497	1,545	1,576	1,651



**Gambar 4.3** Perbandingan Nilai Daya

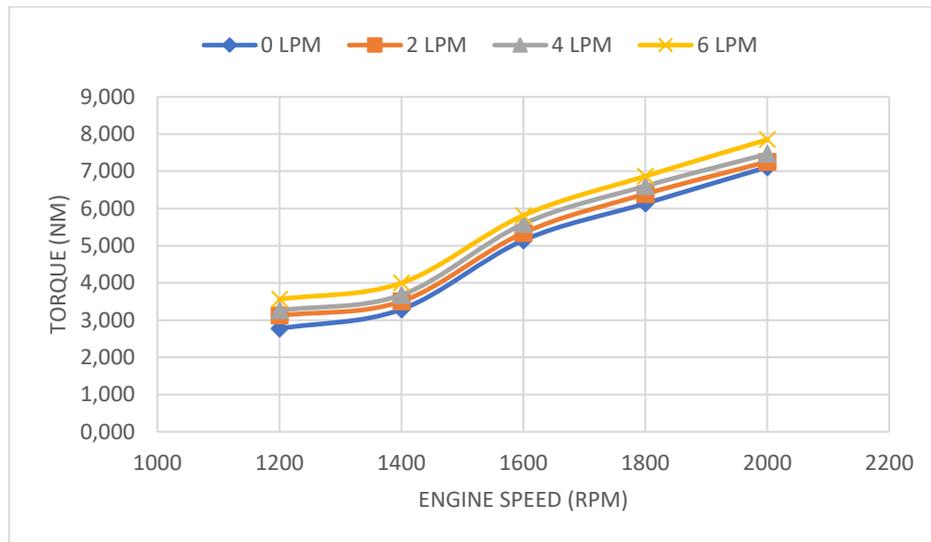
Kenaikan daya berbanding lurus dengan kenaikan putaran mesin. Kenaikan terbesar terjadi pada campuran hidrogen 6 LPM dengan putaran mesin 2000 rpm sebesar 0,154 kW. Massa jenis bahan bakar mempengaruhi kalibrasi mesin dan tenaga karena massa yang terkandung dari massa jenis tersebut berpengaruh terhadap waktu pembakaran dan emisi. Adanya penambahan *Dual fuel* dapat menambahkan daya pada mesin diesel dibandingkan tanpa adanya penambahan hidrogen. Nilai kalor hidrogen lebih tinggi dari nilai kalor dexlite, nilai kalor yang tinggi dapat mengeluarkan energi yang lebih besar berdasarkan massa dari yang terbakar pada pembakaran. (Layton, 2008)

#### 4.4 Analisa Torsi

Torsi atau Momen Gaya adalah kemampuan benda untuk melakukan gerak berotasi. Hasil perhitungan dari pengujian didapatkan nilai torsi masing masing sebesar :

**Tabel 4.6** Perbandingan Nilai Torsi

Torsi (Nm)				
RPM	0 LPM	2 LPM	4 LPM	6 LPM
1200	2,773	3,122	3,261	3,559
1400	3,288	3,503	3,677	3,997
1600	5,144	5,343	5,586	5,813
1800	6,133	6,388	6,601	6,867
2000	7,110	7,255	7,464	7,849



**Gambar 4.4** Perbandingan Nilai Torsi

Ketika mesin melakukan langkah kerja terdapat gaya dorong vertikal kebawah yang ditujukan untuk memutar *crankshaft*. Torsi dari *crankshaft* digunakan untuk disalurkan ke roda gigi atau *pulley*. Sama halnya dengan daya, kenaikan putaran mesin berbanding lurus dengan kenaikan torsi. Penambahan hidrogen sebesar 6 LPM pada putaran mesin 2000 rpm dapat meningkatkan torsi sebesar 0,739 Nm. Penambahan hidrogen dapat meningkatkan performa daya dan torsi pada mesin diesel.

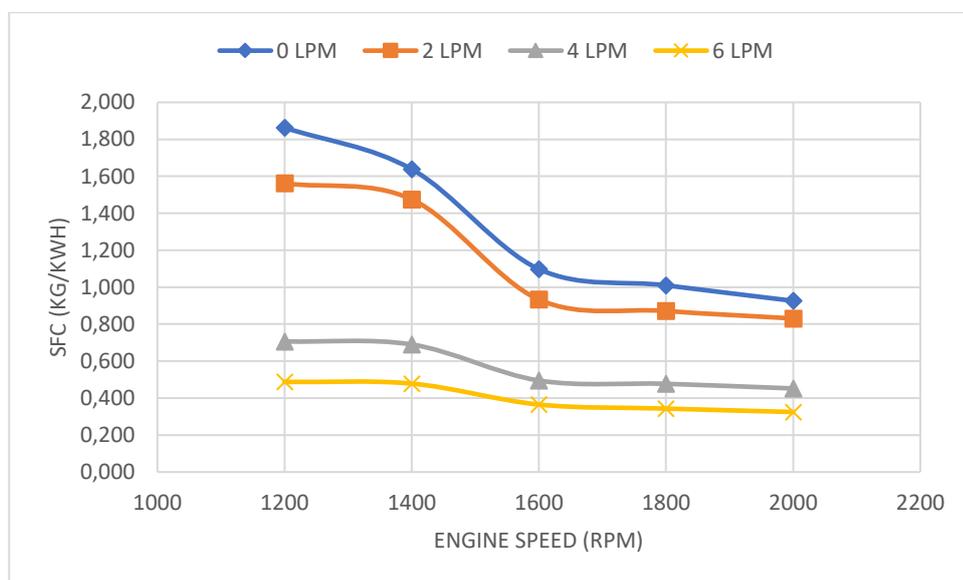
#### 4.5 Analisa SFC

*Specific Fuel Consumption* didefinisikan sebagai perbandingan antara laju aliran massa bahan bakar terhadap daya yang dihasilkan (output). Karena terdapat dua bahan bakar yang berbeda atau *Dual fuel* maka perhitungan yang dilakukan adalah menghitung masing masing laju aliran massa berupa laju aliran massa bahan bakar solar (dexlite) dan bahan bakar gas hidrogen.

Dari hasil perhitungan didapatkannya nilai SFC masing - masing sebagai berikut :

**Tabel 4.7** Perbandingan Nilai *Specific Fuel Consumption*

SFC (kg/kWh)				
RPM	0 LPM	2 LPM	4 LPM	6 LPM
1200	1,863	1,562	0,706	0,488
1400	1,638	1,475	0,690	0,478
1600	1,098	0,933	0,495	0,365
1800	1,010	0,871	0,477	0,343
2000	0,926	0,830	0,452	0,324

**Gambar 4.5** Perbandingan Nilai *Specific Fuel Consumption*

Dikarenakan hidrogen memiliki massa yang sangat rendah, maka mendapatkan laju aliran massa yang kecil, semakin kecil nilai SFC maka semakin ramah lingkungan dan semakin tinggi efisiensi thermalnya. Pada laju aliran 4 LPM dan 6 LPM, bahan bakar hidrogen dapat terbakar dengan optimal dan menghasilkan nilai SFC yang sangat baik dibandingkan dengan campuran laju aliran hidrogen 2 LPM. Penambahan *Dual fuel* membantu pembakaran lebih optimal pada mesin diesel.

Adapun nilai presentase dextrite yang tergantikan oleh hidrogen dan nilai segi ekonomis dari *Dual Fuel*. Mencari nilai presentase dextrite yang tergantikan adalah dengan menghitung nilai laju aliran massa.

**Tabel 4.8** Laju Aliran Massa Dexlite

<i>Flow Mass Dexlite (Kg/H)</i>				
RPM	0 LPM	2 LPM	4 LPM	6 LPM
1200	0,673	0,609	0,268	0,189
1400	0,806	0,754	0,356	0,251
1600	0,954	0,829	0,449	0,326
1800	1,174	1,038	0,579	0,418
2000	1,387	1,272	0,691	0,503

Dan sedangkan untuk presentase dexlite yang tergantikan oleh hidrogen berdasarkan laju aliran massanya sebagai berikut:

Contoh menghitung presentase dexlite yang tergantikan pada laju aliran 6 LPM dan putaran 2000 rpm :

$$\text{Nilai dexlite yang tergantikan} = \left( \frac{\dot{m}_d \text{ 0 LPM} - \dot{m}_d \text{ 6 LPM}}{\dot{m}_d \text{ 0 LPM}} \right) \times 100 \%$$

$$\text{Nilai dexlite yang tergantikan} = \left( \frac{(1,387 - 0,503)}{1,387} \right) \times 100 \%$$

$$\text{Nilai dexlite yang tergantikan} = 63,69 \%$$

**Tabel 4.9** Presentase Dexlite Yang Tergantikan oleh Hidrogen

<i>Presentase Massa Dexlite yang Tergantikan (%)</i>				
RPM	0 LPM	2 LPM	4 LPM	6 LPM
1200	0,000	9,484	60,185	71,946
1400	0,000	6,493	55,824	68,858
1600	0,000	13,115	52,987	65,862
1800	0,000	11,601	50,639	64,400
2000	0,000	8,266	50,196	63,693

Untuk menghitung *Dual Fuel* dari segi ekonomis dapat dihitung berdasarkan massa yang terpakai, harga dari masing masing bahan bakar, dan daya yang dihasilkan.

Diketahui :

- Harga Dexlite = Rp. 14.550,-/liter
- Harga Hidrogen = Rp. 250.000,-/m<sup>3</sup> = Rp. 250,-/liter
- Densitas Dexlite = 0,810 kg/lt (Muhammad Syahrir &

Sungkono, 2021)

- Densitas Hidrogen =  $9 \times 10^{-5}$  kg/lit

**Tabel 4.10** *Flow Mass* Hidrogen

<i>Flow Mass</i> Hidrogen (Kg/H)				
RPM	0 LPM	2 LPM	4 LPM	6 LPM
1200	0,000	0,011	0,022	0,032
1400	0,000	0,011	0,022	0,032
1600	0,000	0,011	0,022	0,032
1800	0,000	0,011	0,022	0,032
2000	0,000	0,011	0,022	0,032

Contoh menghitung nilai ekonomis dexlite (Rp/kWh) pada laju aliran 6 LPM dan putaran 2000 rpm :

$$\text{Nilai ekonomis dexlite} = \left( \frac{(\text{Harga} \times \left( \frac{\dot{m}_d}{\rho d} \right))}{N_e} \right)$$

$$\text{Nilai ekonomis dexlite} = \left( \frac{(\text{Rp. } 14550/\text{liter} \times \left( \frac{(0,503 \text{ kg/H})}{0,810} \right))}{1,651 \text{ kW}} \right)$$

$$\text{Nilai ekonomis dexlite} = \text{Rp. } 5.476, -/\text{kWh}$$

**Tabel 4.11** Nilai Ekonomis Dexlite

Harga Dexlite dalam Rp/kWh				
RPM	0 LPM	2 LPM	4 LPM	6 LPM
1200	Rp 33.465,-	Rp.27.563,-	Rp. 11.743,-	Rp. 7.475,-
1400	Rp. 29.429,-	Rp. 26.121,-	Rp. 11.683,-	Rp. 7.609,-
1600	Rp. 19.716,-	Rp. 16.545,-	Rp. 8484,-	Rp. 5.963,-
1800	Rp. 18.137,-	Rp. 15.489,-	Rp. 8263,-	Rp. 5.719,-
2000	Rp. 16.633,-	Rp. 14.792,-	Rp. 7871,-	Rp. 5.476,-

Contoh menghitung nilai ekonomis hidrogen (Rp/kWh) pada laju aliran 6 LPM dan putaran 2000 rpm :

$$\text{Nilai ekonomis hidrogen} = \left( \frac{(\text{Harga} \times \left( \frac{\dot{m}_h}{\rho h} \right))}{N_e} \right)$$

$$\text{Nilai ekonomis hidrogen} = \left( \frac{(\text{Rp. } 250/\text{liter} \times \left( \frac{0,032 \text{ kg/H}}{0,00009} \right))}{1,651 \text{ kW}} \right)$$

$$\text{Nilai ekonomis hidrogen} = \text{Rp. } 54502/\text{kWh}$$

**Tabel 4.12** Nilai Ekonomis Hidrogen

Harga hidrogen dalam Rp/kWh				
RPM	0 LPM	2 LPM	4 LPM	6 LPM
1200	0,000	Rp. 75.552,-	Rp. 146.363,-	Rp. 198.336,-
1400	0,000	Rp. 57.860,-	Rp. 109.552,-	Rp. 151.828,-
1600	0,000	Rp. 33.320,-	Rp. 63.156,-	Rp. 91.703,-
1800	0,000	Rp. 24.928,-	Rp. 47.636,-	Rp. 68.571,-
2000	0,000	Rp. 19.422,-	Rp. 38.075,-	Rp. 54.502,-

Setelah menghitung dari laju aliran massa dari dextrin dan hidrogen, didapatkannya harga dual fuel dalam liter/kWh sebagai berikut :

Nilai Ekonomis *Dual Fuel* = Nilai Ekonomis Dextrin + Nilai Ekonomis Hidrogen

**Tabel 4.13** Nilai Ekonomis *Dual Fuel*

Harga Dual Fuel dalam Rp/kWh				
RPM	0 LPM	2 LPM	4 LPM	6 LPM
1200	Rp. 33.260,-	Rp. 102.947,-	Rp. 158.035,-	Rp. 205.766,-
1400	Rp. 29.248,-	Rp. 85.255,-	Rp. 121.224,-	Rp. 159.258,-
1600	Rp. 19.595,-	Rp. 60.715,-	Rp. 74.828,-	Rp. 99.133,-
1800	Rp. 18.026,-	Rp. 52.323,-	Rp. 59.307,-	Rp. 76.000,-
2000	Rp. 16.531,-	Rp. 46.817,-	Rp. 49.747,-	Rp. 61.932,-

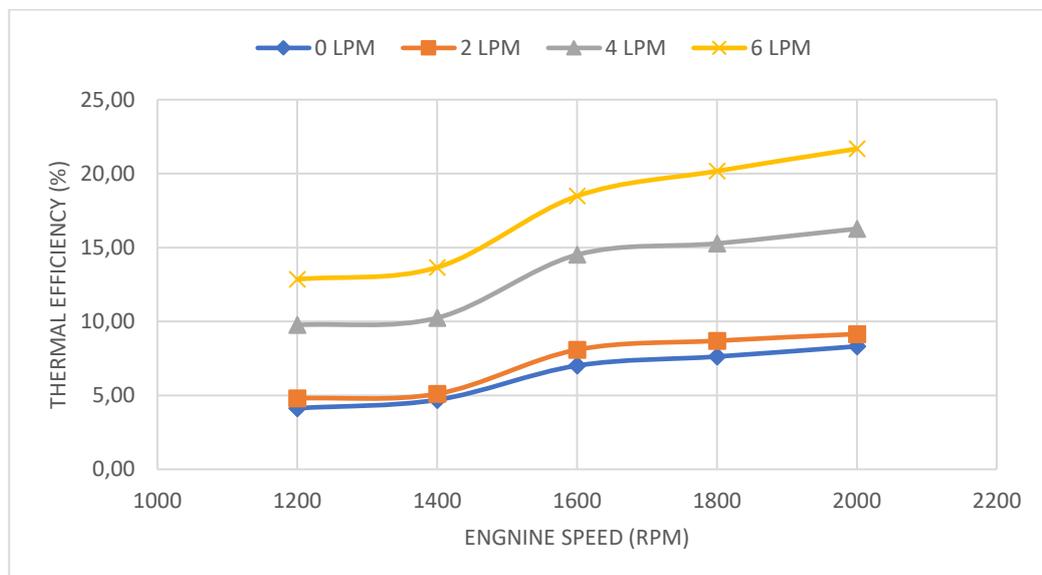
#### 4.6 Analisa Efisiensi Thermal

Efisiensi Thermal adalah rasio perbandingan kalor yang terpakai pada langkah kerja dengan daya yang dihasilkan untuk memutar poros engkol pada mesin dengan panas yang terbuang.

Hasil perhitungan dari pengujian yang dilakukan sebagai berikut :

**Tabel 4.14** Perbandingan Nilai Efisiensi Thermal

Effisiensi Thermal (%)				
RPM	0 LPM	2 LPM	4 LPM	6 LPM
1200	4,13	4,80	9,76	12,85
1400	4,70	5,11	10,24	13,66
1600	7,01	8,09	14,51	18,48
1800	7,62	8,70	15,27	20,17
2000	8,31	9,15	16,26	21,68

**Gambar 4.6** Perbandingan Nilai Efisiensi Thermal

Semakin tinggi efisiensi thermal maka semakin efisien mesin bekerja karena energi yang terpakai untuk di konversikan sebagai daya lebih banyak. Efisiensi termal berbanding terbalik dengan nilai SFC, jika SFC semakin kecil maka efisiensi thermal akan semakin besar. Sama halnya dengan SFC, pada perhitungan efisiensi termal dilakukannya perhitungan dengan laju aliran massa bahan bakar solar (dexlite) dan perhitungan dengan laju aliran massa hidrogen.

Dikarenakan massa hidrogen yang kecil, semakin banyak hidrogen yang terhisap ke ruang bakar dan terbakar sempurna maka semakin besar efisiensi thermalnya. Sifat hidrogen memiliki nilai kalor yang tinggi dapat meningkatkan kinerja dan karakteristik pembakaran mesin diesel. (Hosseini et al., 2023)