

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis Data

##### 4.1.1 Data Hasil Pengujian

Data yang diperoleh dari pengujian motor bakar 6 langkah dengan variasi campuran bahan bakar etanol dengan pertamax menggunakan sistem injeksi adalah sebagai berikut :

1. Data Pengujian Awal dan Tetap

Data pengujian awal dan tetap dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Pengujian yang dianggap konstan

Data Konstan						
v	L1	L2	mcaliper	Kelembaban relatif( $\phi$ )	Pa	T <sub>st</sub>
(ml)	(mm)	(mm)	(kg)	(%)	(kpa)	(°C)
0.5	250	220	6	0.71	715	26

##### 4.1.2 Pengolahan Data

Dari data hasil pengujian motor bakar 6 langkah maka dilakukan pengolahan data. Sebagai contoh perhitungan menggunakan data dari pengujian motor bakar 6 langkah sistem injeksi variasi 1 Gigi 2 terhadap torsi, daya efektif, *spesifik fuel consumption*, efisiensi termal efektif. Adapun perhitungannya disajikan sebagai berikut :

Diketahui

- 1) Gigi Transmsi 2, (faktor reduksi) = 1/18,656
- 2) Putaran mesin (n) = 4800rpm
- 3) Waktu konsumsi bahan bakar (t) = 2,4 detik
- 4) Besar beban pengereman (F) = 34,5 kg
- 5) Panjang lengan *dynamometer* (L) = 0,25 m
- 6) Panjang lengan *mounting caliper* (l) = 0,22 m
- 7) Besarnya beban *caliper* rem (f) = 6 kg
- 8) Massa jenis bahan bakar pertamax = 750 Kg/m<sup>3</sup>
- 9) Nilai kalor bahan bakar (LHVBB) = 10744,448 kkal·kg<sup>-1</sup>

Dari hasil data pengujian tersebut dilakukan perhitungan sebagai berikut :

### 1. Torsi (T)

Rumusan umum torsi adalah sesuai persamaan berikut :

$$\begin{aligned} T_d &= (F \times L) + (f \times l) \\ &= (34,5 \times 0,25) + (6 \times 0,22) \\ &= 9,94 \text{ (kg.m)} \end{aligned}$$

Nilai torsi diatas adalah perhitungan torsi pada poros roda belakang, sehingga untuk torsi pada poros engkol dibagi dengan faktor reduksi. Sehingga :

$$\begin{aligned} T_c &= T/d \\ &= 9,94/18,65 \\ &= 0,53 \text{ (kg.m)} \end{aligned}$$

### 2. Daya efektif (Ne)

Sesuai persamaan

$$\begin{aligned} N_e &= T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60,75} = \frac{T \cdot n}{716,2} \\ &= \frac{0,53 \times 4800}{716,2} \\ &= 3,57 \text{ (hp)} \end{aligned}$$

### 3. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe)

Untuk mendapatkan konsumsi bahan bakar spesifik efektif, diperlukan perhitungan awal konsumsi bahan bakar dengan :

$$\begin{aligned} FC &= 0,00798 \cdot 750 \cdot \frac{3600}{1000} : 60 \\ FC &= 0,3590 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Pada hasil perhitungan konsumsi bahan bakar kita bisa melanjutkan perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik. Contoh perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} SFC_e &= \frac{F_c}{N_e} \\ &= \frac{0,3590}{3,57} \\ &= 0,10049 \text{ (kg.Ps.jam}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

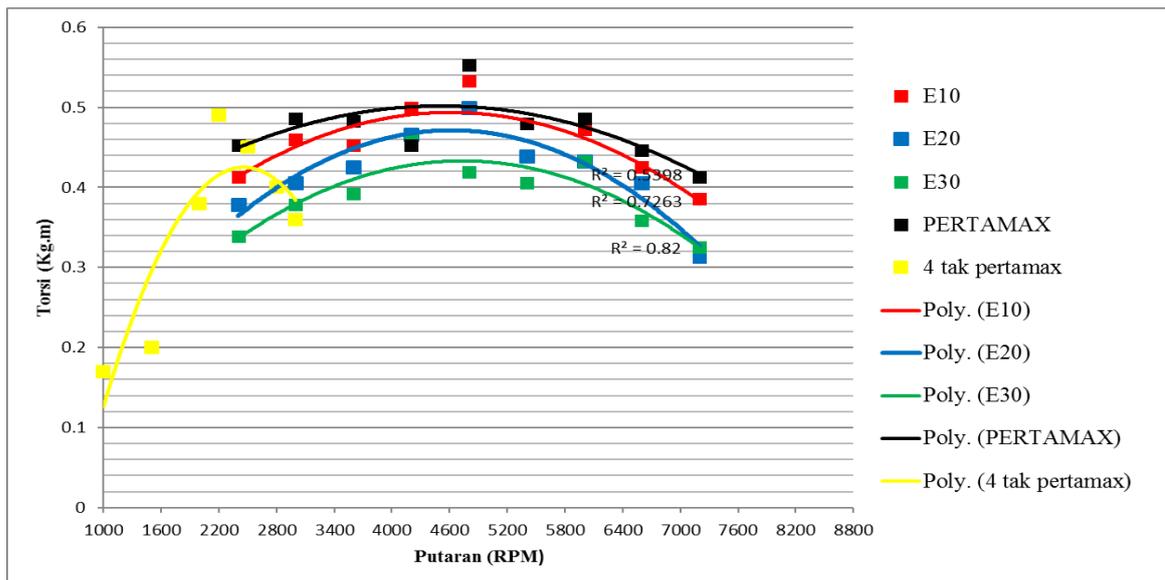
#### 4. Efisiensi Termal Efektif ( $\eta_e$ ), diperoleh :

$$\begin{aligned}\eta_e &= \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{632 \cdot Ne}{F_c \cdot LHV_{bb}} = \frac{632}{F_c / Ne \cdot LHV_{bb}} = \frac{632}{SFC_e \cdot LHV_{bb}} \times 100\% \\ &= \frac{632}{0.10049 \times 10744,448} \times 100\% \\ &= 58.53\%\end{aligned}$$

## 4.2 Pembahasan

Dengan hasil perhitungan data pengujian pada variasi campuran bahan bakar pertamax dengan etanol yang berbeda didapatkan karakteristik motor bakar 6 langkah dengan sistem injeksi. Kemudian data hasil perhitungan variasi variasi campuran bahan bakar pertamax dengan etanol yang berbeda akan ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mempermudah dan menganalisis data perhitungan.

### 4.2.1 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Torsi



Gambar 4.1 Grafik Hubungan antara Putaran Mesin dengan Torsi

Pada gambar 4.1 grafik hubungan antara putaran mesin dengan torsi dapat di lihat kecenderungan pada putaran awal memiliki torsi yang rendah dan semakin meningkat pada titik maksimum torsi lalu turun, naiknya grafik menunjukkan hubungan bahwa semakin besar putaran maka semakin besar torsi yang di dihasilkan. Harga torsi di pengaruhi oleh gaya putar atau pengereman yang terbaca pada *dynamometer* dan panjang lengan sebesar 0,25 m dimana gaya pengereman berbanding lurus dengan panjang lengan sesuai dengan rumus :

$$T = F \cdot l \text{ (kg.m)}$$

dengan :

T = torsi yang dihasilkan (kg.m)

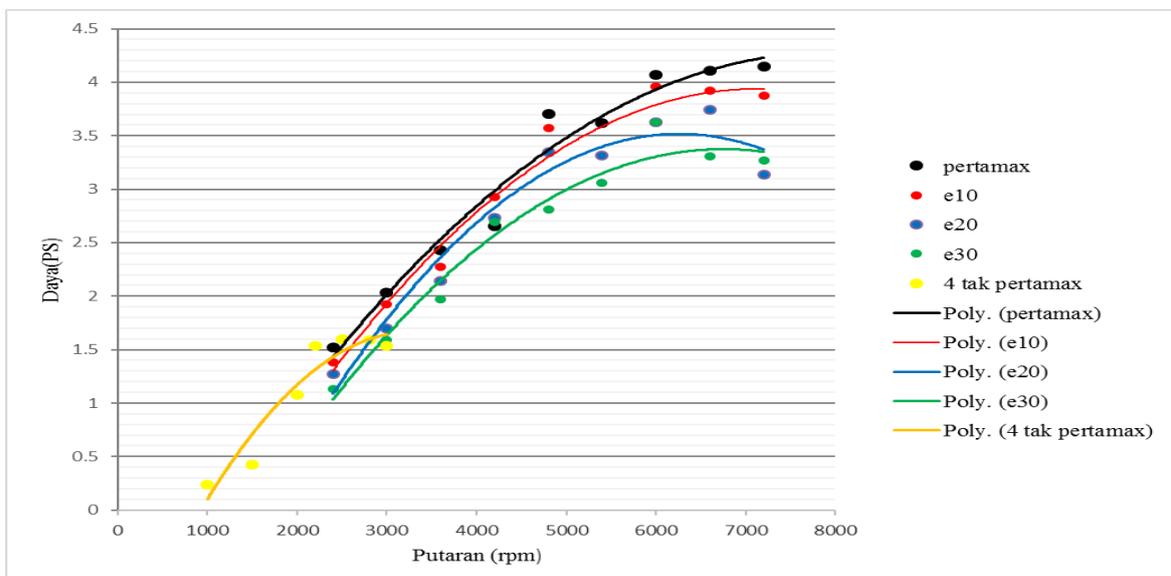
F = besarnya beban pengereman (kg)

L = panjang lengan dinamometer (m)

Hubungan putaran dan mesin adalah jika kecepatan putaran rendah maka gaya pembebanan tinggi, begitu juga sebaliknya jika putaran semakin tinggi maka gaya pembebanan semakin turun sehingga pada grafik momen torsi semakin menurun. Hal ini disebabkan karena dibutuhkannya momen putar tinggi pada awal putaran poros kemudian terjadi sifat kelembaman sehingga menurun pada putaran tertentu.

Dilihat pada grafik, bahan bakar pertamax memiliki torsi paling tinggi 0,553 kg.m pada putaran 4800 rpm dan terendah 0,412 kg.m pada putaran 7200 rpm dibanding bahan bakar campuran etanol 30% memiliki torsi tertinggi 0,459 kg.m pada putaran 4200 rpm dan terendah 0,325kg.m pada putaran 7200 rpm. Hal itu di pengaruhi LHV pertamax yang tinggi mengakibatkan energi pembakaran dari pertamax lebih besar dari campuran dengan etanol, sehingga menghasilkan gaya dorong yang lebih besar pada piston yang menyebabkan torsi yang dihasilkan menjadi lebih besar. Yolanda, (2011) sebagai pembandingan diketahui pada motor bakar 4 langkah berbahan bakar pertamax memiliki torsi tertinggi 0,49 kg.m pada rpm 2200 dan terendah 0,17 kg.m pada putaran 1000 rpm

#### 4.2.2 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Daya efektif



Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara Putaran Mesin dengan Daya Efektif

Pada gambar 4.2 grafik hubungan antara putaran mesin dengan daya efektif menyatakan bahwa daya efektif yang bertambah seiring pertambahan putaran mesin. Sesuai dengan rumus :

$$Ne = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716,5}$$

Walaupun pada rumus daya efektif melibatkan torsi yang pada sebelumnya turun pada titik maksimum, namun grafik tidak menunjukkan adanya penurunan daya yang signifikan dikarenakan penurunan torsi akibat penurunan daya tidak sebanding dengan kenaikan putaran

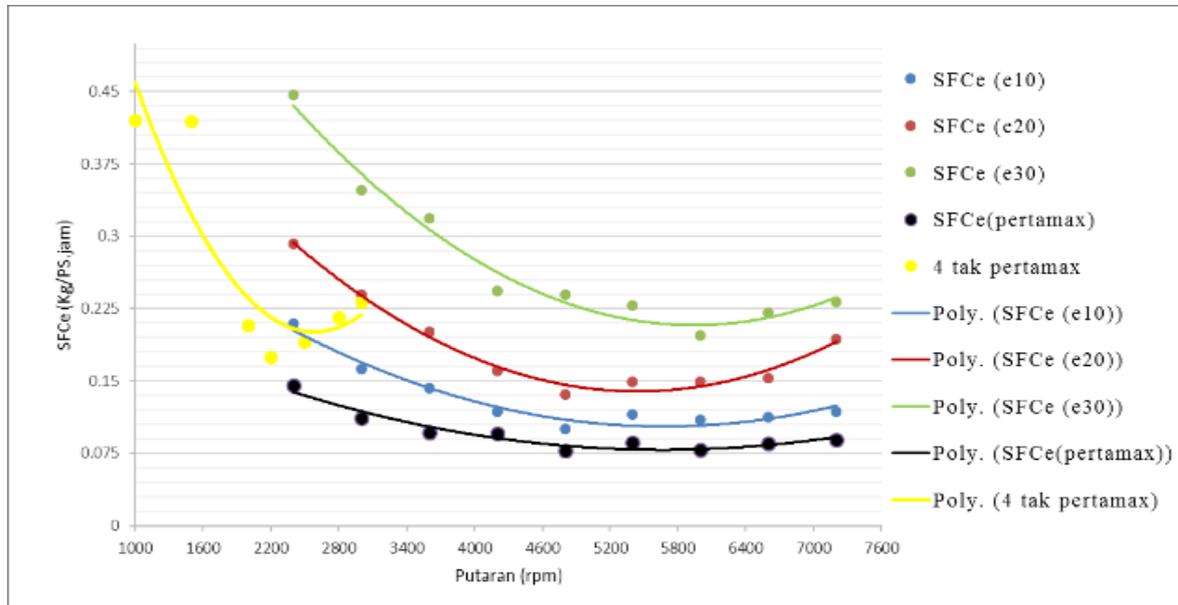
Pada gambar grafik 4.2 hubungan antara putaran mesin dengan daya efektif dapat dilihat nilai rata-rata yang di peroleh grafik tertinggi pada variasi 1 (bahan bakar pertamax), kemudian variasi 2 (campuran pertamax dan etanol 10%), kemudian variasi ke 3 (campuran pertamax dan etanol 20%), kemudian variasi ke 4 (campuran pertamax dan etanol 30%).

Daya efektif terbesar yang didapat pada motor bakar 6 langkah dengan sistem injeksi pada pertamax yaitu pada putaran 7200 rpm sebesar 4,14 PS dan terendah dicapai pada putaran 2400 rpm sebesar 1,51 PS. Untuk E10 yaitu putaran 6000 rpm sebesar 3,96 PS dan terendah dicapai pada putaran 6000 rpm sebesar 1,38 hp. Untuk E20 yaitu putaran 6600 rpm sebesar 3,73 hp dan terendah dicapai pada putaran 2400 rpm sebesar 1,26 PS. Sedangkan E30 daya efektif terbesar pada putaran 6000 rpm sebesar 3,62 PS dan terendah dicapai pada putaran 2400 rpm sebesar 1.13 PS.

Dari gambar 4.2 menunjukkan semakin tinggi persentase etanol maka daya yang dihasilkan semakin menurun, dimana semakin banyaknya persentase etanol pada pertamax akan menyebabkan nilai *auto ignition temperature* bahan bakar meningkat. Hal ini menyebabkan bahan bakar sukar terbakar pada saat piston berada di posisi TMA, dengan meningkatnya nilai tersebut menyebabkan penurunan daya efektif ketika mesin berputar pada putaran tinggi. Semakin meningkatnya putaran maka siklus berlansung semakin cepat sehingga proses terbakarnya bahan bakar juga semakin singkat. Ketika *ignition delay* bertambah maka proses terbakarnya bahan bakar terjadi semakin lama sehingga menurunkan gaya dorong piston yang berdampak menurunnya daya efektif . Yolanda, (2011) sebagai pembanding pada gambar grafik disertai juga data motor bakar 4 langkah

berbahan bakar pertamax memiliki daya tertinggi sebesar 1,60 PS dengan putaran 2500 rpm dan terendah 0,23 PS pada putaran 1000 rpm

#### 4.2.3 Hubungan antara Putaran Mesin dengan *Specific Fuel Consumption Effective*



Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara Putaran Mesin dengan *Specific Fuel Consumption Effective*

Pada gambar 4.3 grafik hubungan antara putaran mesin dengan SFCE dapat dilihat bahwa memiliki kecenderungan naik, hal ini menyatakan bahwa semakin besar putaran maka SFCE semakin besar dikarenakan konsumsi bahan bakar yang tinggi seiring dengan bertambahnya kecepatan. Hal ini sesuai dengan rumus :

$$SFC_e = \frac{F_c}{N_e}$$

dengan:

SFCE = *Specific Fuel Consumption Effective* ( $\text{kg}\cdot\text{hp}^{-1}\cdot\text{jam}^{-1}$ )

Fc = konsumsi bahan bakar ( $\text{kg}\cdot\text{jam}^{-1}$ )

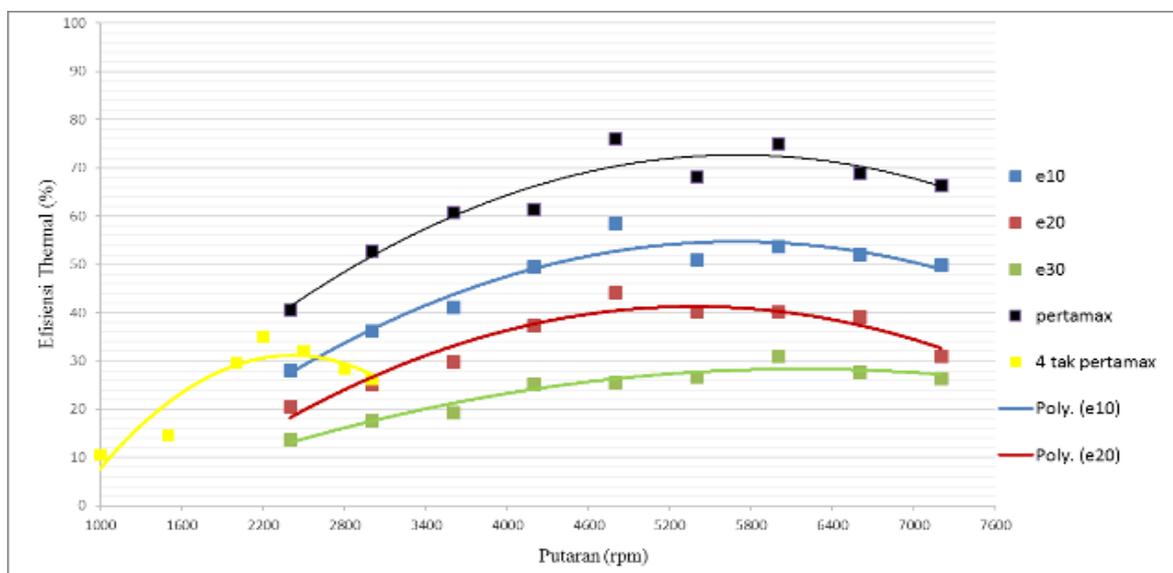
Ne = daya efektif (hp)

Pada gambar 4.3 diketahui bahwa bahan bakar pertamax pada motor bakar 6 langkah dengan sistem injeksi memiliki nilai terendah dibandingkan dengan variasi 2,3 dan 4. Hal ini sesuai dengan rumus diatas dimana apabila daya efektif yang dihasilkan semakin besar maka nilai SFCE yang didapatkan semakin kecil namun itu juga tergantung dari nilai FC yang dihasilkan juga.

Untuk hasil data SFCE yang dihasilkan pada motor bakar 6 langkah dengan sistem injeksi pertamax yaitu pada putaran 2400 rpm sebesar 0.145 kg/hp.h dan SFCE terendah dicapai pada putaran 6600 rpm sebesar 0.085 kg/PS. Untuk E10 yaitu putaran 2400 rpm sebesar 0,209 kg/PS dan terendah dicapai pada putaran 4800 rpm sebesar 0,100 kg/PS. Untuk E20 yaitu putaran 2400 rpm sebesar 0,292 kg/PS dan terendah dicapai pada putaran 4800 rpm sebesar 0,135 kg/PS dan untuk E30 pada putaran 2400 rpm sebesar 0,446 kg/PS dan terendah pada putaran 6000 sebesar 0,197 kg/PS.

Semua data memiliki kecenderungan pada awal rpm menurun karena harga kenaikan  $f_c$  cukup kecil menyebabkan harga SFCE turun, lalu kemudian pada torsi maksimal mengalami kenaikan. Dari hal tersebut diketahui bahwa harga SFCE di pengaruhi oleh besar interval kenaikan FC dan Ne. Semakin besar interval kenaikan Fc maka SFCE semakin kecil pula. Pada saat menggunakan bahan bakar pertamax hasil SFCE memiliki data terendah karena di pengaruhi dari daya pertamax yang tinggi dibanding campuran bahan bakar pertamax dan etanol. Yolanda, (2011) Sebagai pembanding pada gambar 4.3 disertai juga data motor bakar 4 langkah berbahan bakar pertamax memiliki SFCE tertinggi 0,42 kg/PS pada putaran 1000 rpm dan terendah 0,17 kg/PS pada putaran 2200 rpm

#### 4.2.4 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Efisiensi Termal Efektif



Gambar 4.4 Grafik Hubungan antara Putaran Mesin dengan Efisiensi Termal Efektif

Pada gambar 4.4 Grafik hubungan antara putaran mesin dengan efisiensi termal yang memiliki kecenderungan meningkat ketika putaran bertambah sampai titik optimum kemudian turun. Nilai dari efisiensi termal efektif cenderung meningkat disebabkan karena Efisiensi termal efektif berbanding lurus dengan daya efektif dan berbanding

terbalik dengan konsumsi bahan bakar. Nilai efisiensi thermal efektif cenderung meningkat disebabkan meningkatnya daya efektif yang dihasilkan.

Pada keempat variasi tersebut bahwa pada bahan bakar pertamax memiliki efisiensi thermal efektif yang tertinggi pada putaran 4800 rpm sebesar 76,078% pada bahan bakar E10 tertinggi pada putaran 4800 rpm sebesar 58,53% lalu pada bahan bakar E20 tertinggi di putaran 4800 rpm sebesar 44,14% dan yang terakhir pada bahan bakar E30 tertinggi pada putaran 6000 rpm sebesar 31,04%.

Dari grafik diatas dapat disimpulkan efisiensi tertinggi yaitu pada bahan bakar pertamax di banding bahan bakar campuran etanol deengan pertamax, karena dengan penambahan etanol yang berlebih menyebabkan efisiensi termal menurun. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya etanol menyebabkan nilai LHV tersebut turun dan juga viskositas bahan bakar campuran yang relatif lebih rendah sehingga dimungkinkan bahan bakar masuk kedalam ruang bakar sedikit lebih kaya. Hal ini untuk memperoleh putaran yang sama diperlukan kalor yang semakin banyak sehingga berdampak pada penggunaan bahan bakar juga daya yang dihasilkan lebih rendah. Yolanda, (2011) Sebagai pembandingan pada gambar 4.4 disertai juga data motor bakar 4 langkah berbahan bakar pertamax memiliki efisiensi tertinggi 35,05% pada putaran 2200 dan terendah 10,53% pada putaran 1000 rpm