

## BAB IV

### PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

#### 4.1 Data Hasil Penelitian

Mesin Supra X 125 cc PGM FI yang akan digunakan sebagai alat uji dirancang untuk penggunaan bahan bakar bensin. Mesin ini menggunakan sistem pengapian Full transistorized. Adapun waktu pengapian yang dianalisa yakni pada kondisi  $5^\circ$ ,  $7^\circ$  dan  $9^\circ$  *Before Top Dead Center* (BTDC). Data lengkap hasil pengujian untuk bahan bakar bensin premium, E30, E40 dan E50 dapat dilihat pada lampiran.

##### 4.1.1. Spesifikasi data alat uji

Untuk menghitung unjuk kerja diperlukan data-data sebagai berikut :

Data Engine:

1. Jumlah silinder : 1 silinder
2. Diameter silinder : 52,4 mm
3. Langkah, s : 57,9 mm
4. Rasio kompresi, r : 9,0 : 1
5. Volume langkah : 124 cc

##### 4.1.2. Data Bahan bakar [9]

1. Bahan bakar bensin premium
  - Lower Heat value, LHV : 10746 kkal/kg
  - Density,  $\rho$  ( $15^\circ$ , 1,013 bar) : 0,74 kg/L
  - Stoich Air/fuel Ratio, A/F : 14,7
  -
2. Bahan bakar E30
  - Lower Heat value, LHV : 9522,6 kkal/kg
  - Density,  $\rho$  ( $15^\circ$ , 1,013 bar) : 0,79 kg/L

- Stoich Air/fuel Ratio, A/F : 12,9
3. Bahan bakar E40
- Lower Heat value, LHV : 8839,5 kkal/kg
  - Density,  $\rho$  (15°, 1,013 bar) : 0,79 kg/L
  - Stoich Air/fuel Ratio, A/F : 12,4
4. Bahan Bakar E50
- Lower Heat value, LHV : 8247,8 kkal/kg
  - Density,  $\rho$  (15°, 1,013 bar) : 0,79 kg/L
  - Stoich Air/fuel Ratio, A/F : 11,8

## 4.2. Perhitungan data

### 4.2.1. Brake Horse Power (*Bhp*)

Untuk mengetahui daya efektif digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Daya (Bhp)} = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60 \cdot 75} \text{ [HP].}$$

Dimana:

BHP = Brake Horse Power (HP)

T = Torsi Mesin (kgf.m)

n = Putaran motor [rpm].

$$\text{Dimana } T = \frac{BHP \cdot 65 \cdot 75}{2\pi \cdot n}$$

misalkan pada putaran 4000 rpm daya yang terbaca 3.8HP maka torsi adalah :

$$\text{Torsi} = \frac{3.8HP \times 65 \times 75}{2\pi \times 4000} \text{ [kgf.m].}$$

$$= 0.74 \text{ kgf.m}$$

#### 4.2.2. Fuel Consumption (FC)

Untuk mengetahui *fuel consumption* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$FC = \frac{V_f \times 3600}{t \times 1000} \text{ [L/h].}$$

Dimana:

FC = Fuel Consumption (L/h)

$V_f$  = Volume konsumsi (mL)

t = Waktu konsumsi [s].

misalkan pada putaran 4000 rpm untuk volume premium 10 ml waktu yang dibutuhkan 192.7 s maka *fuel consumption*-nya adalah :

$$\begin{aligned} FC &= \frac{10ml \times 3600}{192.7s \times 1000} \text{ [L/h].} \\ &= 0.19 \text{ L/h} \end{aligned}$$

#### 4.2.3. Specific Fuel Consumption (SFC)

Untuk mengetahui *specific fuel consumption* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$SFC = \frac{FC}{BHP} \text{ [L/HP.h].}$$

SFC = Specific Fuel Consumption (L/h)

FC = Fuel Consumption (L/h)

BHP = Brake Horse Power (HP)

misalkan pada putaran 4000 rpm untuk fuel consumption 0.19 L/h dan daya yang dihasilkan 3.8 HP maka *specific fuel consumption*-nya adalah :

$$SFC = \frac{0.19L/h}{3.8HP} \text{ [L/HP.h].}$$

$$SFC = 0.049 \text{ L/HP.h}$$

#### 4.2.4. Effisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ )

Untuk menghitung effisiensi thermal ( $\eta_{th}$ ) digunakan persamaan yaitu :

$$\eta_{th} = \frac{BHP}{FC \cdot Q_{HV} \rho_f} \cdot 632 \cdot 100 \text{ (\%)}$$

misalkan pada putaran 4000 rpm untuk fuel consumption 0.19 L/h dan daya yang dihasilkan 3.8 HP maka *specific fuel consumption*-nya adalah :

Note:  $Q_{HV} = 8247,8 \text{ kkal/kg}$

$$\rho_f = 0,79 \text{ kg/L}$$

$$\eta_{th} = \frac{3,8HP}{0,19L/h \cdot 8247,8 \text{ kkal/kg} \cdot 0,79 \text{ kg/L}} \cdot 632 \cdot 100 \text{ (\%)}$$

$$\eta_{th} = 16,1 \text{ \%}$$

### 4.3. Analisa unjuk kerja

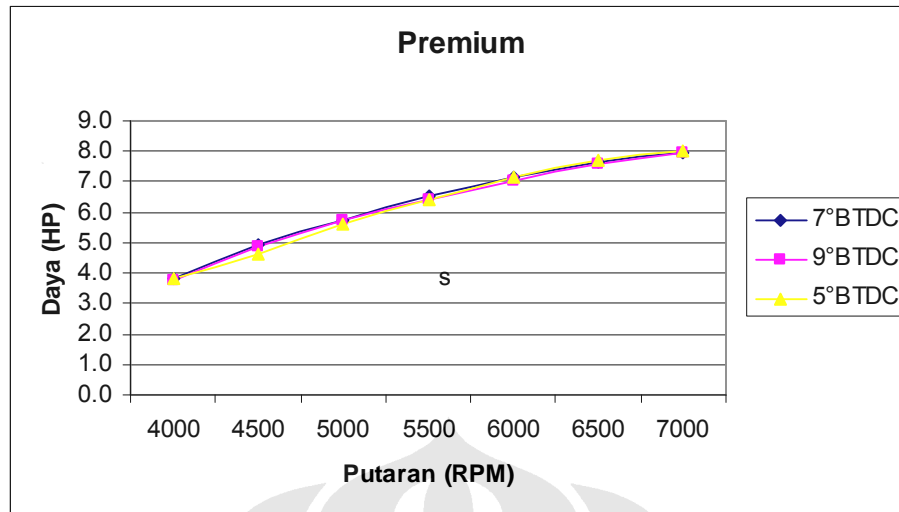
Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya untuk mengetahui karakteristik pembakaran dari suatu motor pembakaran dalam diperlukan beberapa parameter unjuk kerja, antara lain Daya, Fc, SFC dan Effisiensi thermal. Untuk mempermudah analisa data-data hasil penelitian dimodelkan dalam bentuk grafik

#### 4.3.1. Analisa Daya, SFC, FC dan Effisiensi Thermal terhadap Waktu Pengapian.

##### 4.3.1.1. Premium

##### a. Daya, bhp.

Dari hasil pengujian dan perhitungan dapat diketahui besarnya pengaruh waktu pengapian terhadap parameter-parameter unjuk kerja yang optimal dari bahan bakar premium.

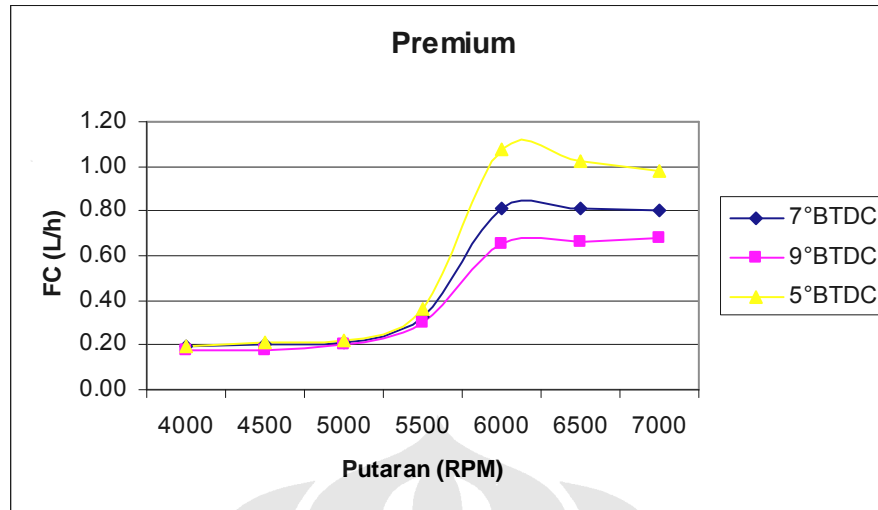


Gambar 4.1 Daya mesin pada variasi waktu pengapian terhadap kecepatan putar dengan bahan bakar bensin premium.

Grafik di atas menunjukkan bahwa dengan memajukan waktu pengapian maka daya yang dihasilkan akan semakin turun dan pada saat waktu pengapian dimundurkan maka semakin turun pada rpm 4000 sampai 6000 dan daya mulai naik pada rpm 6000 sampai rpm 7000. Daya maksimum dicapai saat waktu pengapian 5 BTDC pada rpm 7000 dan minimum ketika waktu pengapian 9 BTDC pada rpm 4000.

#### b. *Fuel Consumption (FC)*

Kecenderungan data konsumsi bahan bakar ditunjukkan pada gambar 4.2.

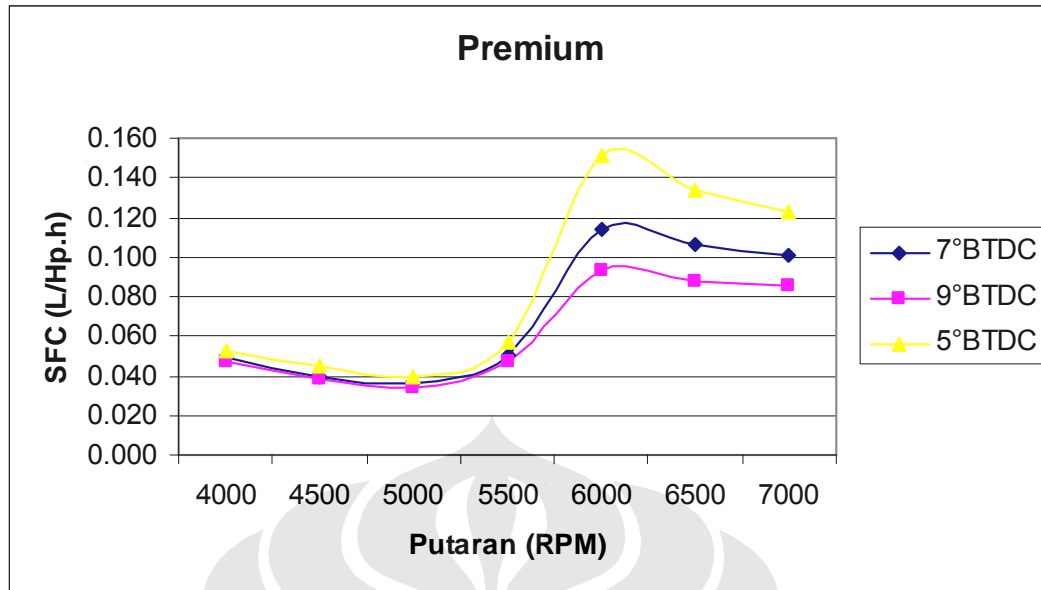


Gambar 4.2 FC pada variasi waktu pengapian terhadap putaran dengan bahan bakar bensin premium.

Hasil pengujian menunjukkan pada konsumsi bahan bakar terjadi peningkatan yang cukup besar dari RPM 6000 dan RPM 7000 ini dikarenakan sistem yang mengatur penyemprotan pada ruang bakar yang dibuat kaya.

### c. *Specific Fuel Consumption (SFC)*

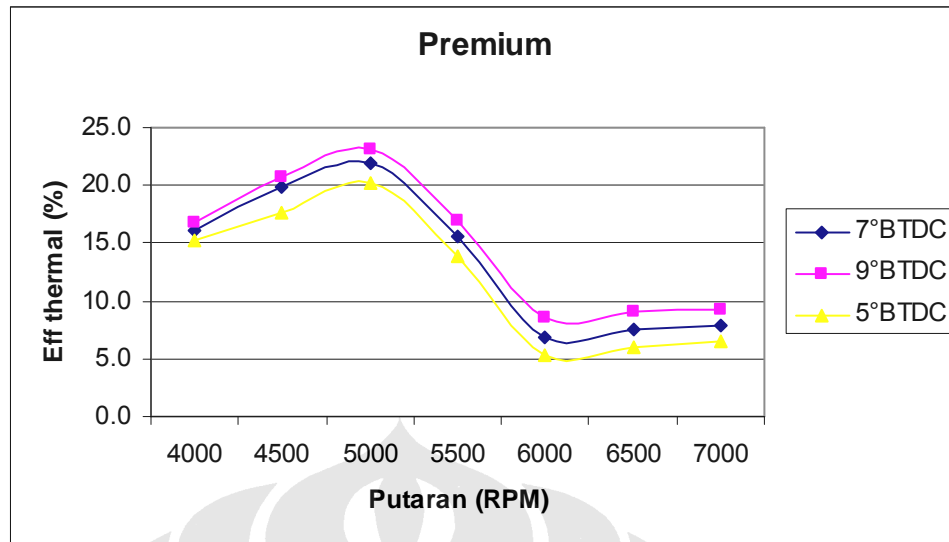
Dari hasil perhitungan specific fuel consumption berbanding dengan daya yang dihasilkan maka dapat dilihat pada bahan bakar premium mengalami penurunan konsumsi bahan bakar, sebanyak 20% terutama pada waktu pengapian 9D BTDC pada 7000 RPM. Hal ini dikarenakan perbandingan antara kenaikan specific fuel consumption tidak sebanding dengan daya yang dihasilkan.



Gambar 4.3 SFC pada variasi waktu pengapian terhadap putaran dengan bahan bakar bensin premium.

#### d. Efisiensi Thermal, $\eta_t$

Effisiensi thermal merupakan ukuran besarnya pemanfaatan energi yang terkandung di dalam bahan bakar untuk dirubah menjadi daya efektif. Tingginya nilai effisiensi thermal dihasilkan oleh pembakaran di dalam ruang bakar yang semakin sempurna. Hasil percobaan dengan bahan bakar bensin untuk semua waktu pengapian ditunjukkan pada gambar 4.4. sebagai berikut:



Gambar 4.8 Effisiensi thermal pada variasi waktu pengapian terhadap putaran dengan bahan bakar premium.

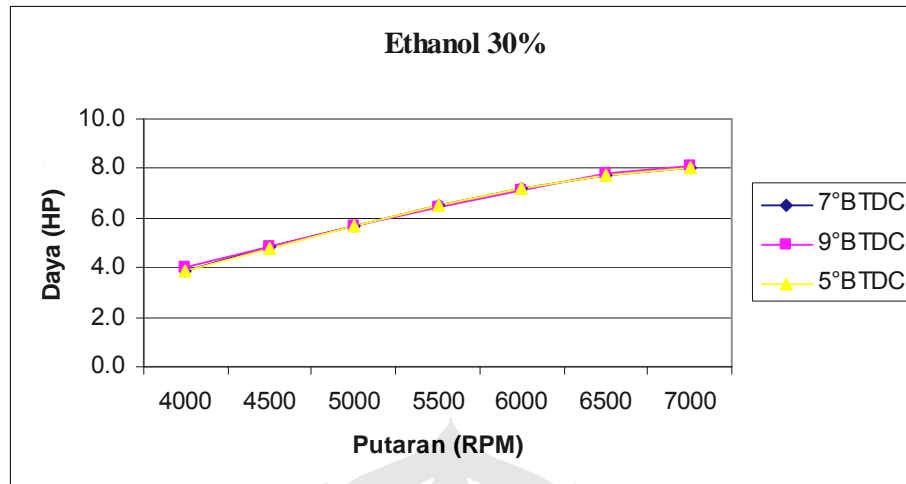
Terlihat secara umum bahwa dengan bahan bakar bensin efisiensi thermal maksimum didapat pada waktu pengapian 9 BTDC dan minimum pada 5 BTDC. Artinya pada waktu pengapian 9 BTDC bahan bakar yang dikonsumsi ke ruang bakar efektif digunakan untuk membangkitkan tenaga (menghasilkan daya). Dengan waktu pengapian yang mendekati TDC berarti mengurangi jumlah gas yang terbakar selama langkah kompresi sehingga *heat loss* rendah.

#### 4.3.1.2. Campuran 30% Ethanol (E30)

##### a. Daya, Bhp

Pengaruh variasi waktu pengapian terhadap daya untuk bahan bakar E30 ditunjukkan oleh grafik hubungan antara daya dengan putaran pada pada gambar 4.5 berikut ini:



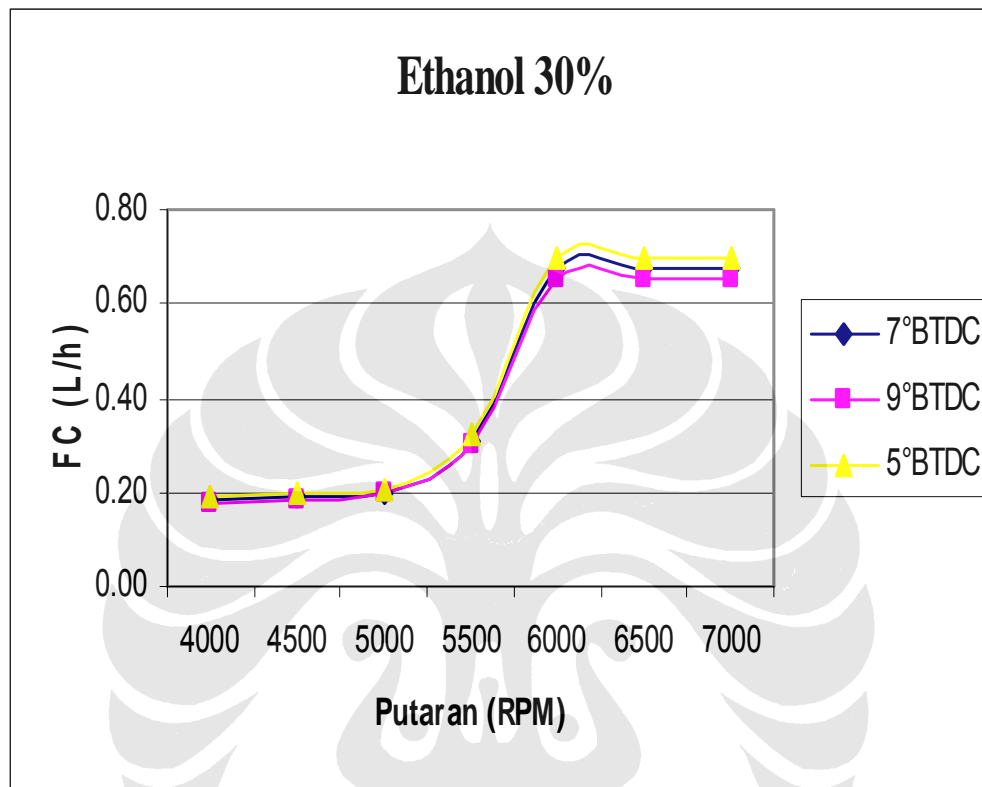


Gambar 4.5 Daya mesin pada variasi waktu pengapian terhadap kecepatan putar dengan campuran bahan bakar premium-ethanol 30%, dibandingkan Bensin premium.

Kenaikan daya optimal pada bahan bakar E30 dicapai pada waktu pengapian 9° BTDC. Dengan rata-rata kenaikan 0,99% dibandingkan bensin premium. Ini disebabkan pada pengapian 9° BTDC merupakan waktu pembakaran yang tepat sehingga dayanya lebih meningkat meskipun nilai kalor E30 lebih rendah daripada premium. Untuk pengapian 5° BTDC E30 terjadi penyimpangan. Dayanya semakin meningkat dan mencapai puncak pada 7000 rpm. Ini disebabkan oleh pengaruh bahan bakar bensin yang lebih banyak konsentrasinya didalam campuran ketika masuk ruang bakar

### b. Fuel Consumption (FC)

Kecenderungan data konsumsi bahan bakar ditunjukkan pada gambar 4.6

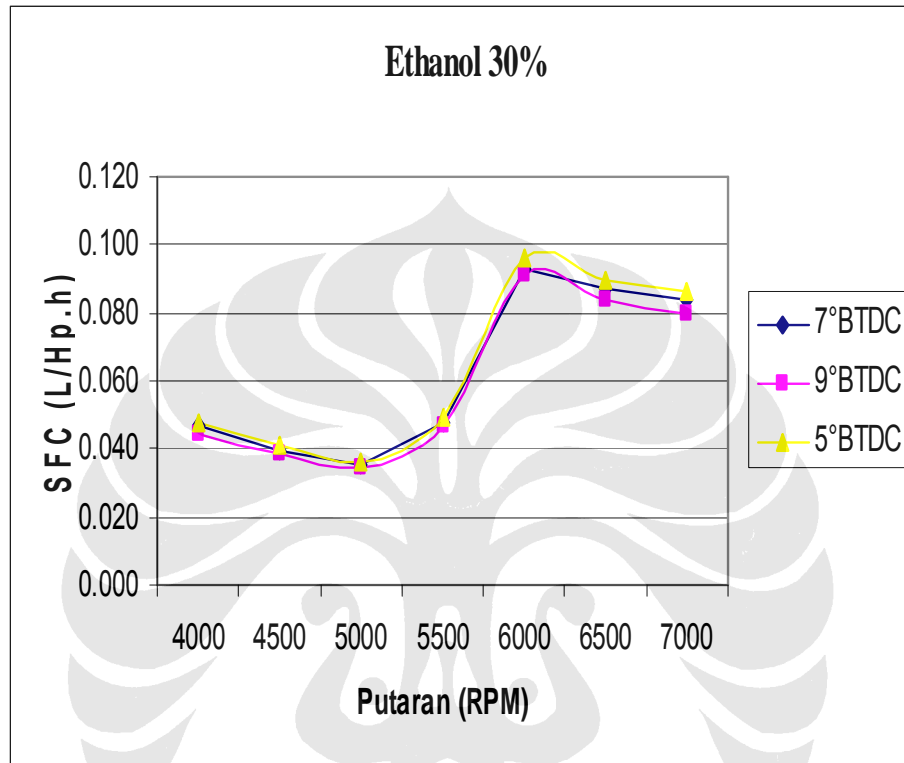


Gambar 4.6 FC pada variasi waktu pengapian terhadap putaran dengan campuran bahan bakar premium – ethanol 30%.

Dari hasil pengujian campuran bahan bakar premium – ethanol 30 % menunjukkan pada konsumsi bahan bakar terjadi peningkatan yang cukup besar pada waktu pengapian 5° BTDC dan terendahnya pada 9° BTDC. Rata-rata kenaikan pada setiap waktu pengapian 0,02 %. Sedangkan jika dibandingkan dengan bensin maka campuran 40% ethanol dengan waktu pengapian 5° BTDC memiliki Fuel Consumption yang lebih rendah (0,39 L/h).

**c. Specific Fuel Consumption (SFC)**

Kecenderungan perubahan konsumsi bahan bakar spesifik terhadap kecepatan putar mesin padacampuran bahan bakar premium-ethanol 30% ditunjukkan pada gambar 4.7.

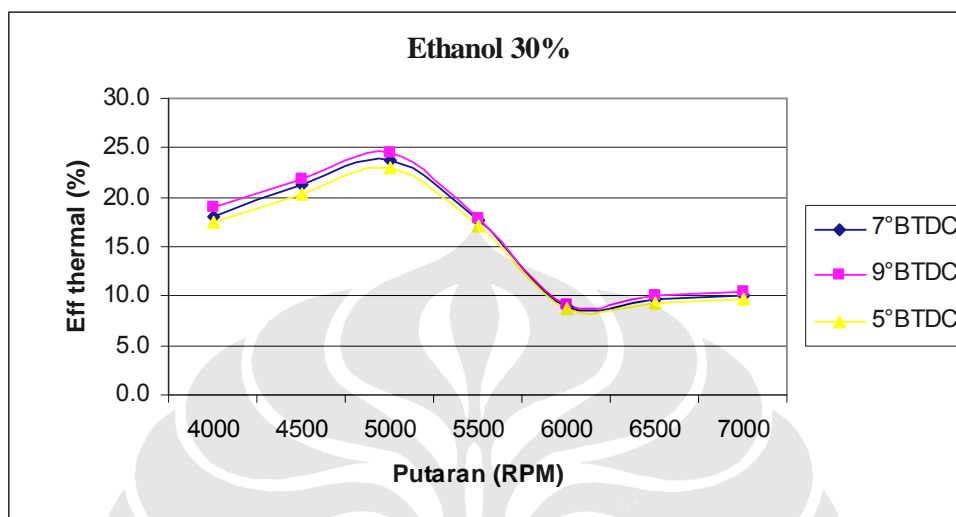


Gambar 4.7 SFC pada variasi waktu pengapian terhadap putaran dengan campuran bahan bakar premium- ethanol 30%.

Hasil pengujian menunjukkan peningkatan yang cukup besar pada rpm 5500 sampai rpm 6500. Pada waktu pengapian 5° BTDC SFC meningkat sekitar 0,003L/HP.h dari pengapian 7° BTDC. Sedangkan pada waktu pengapian 9° BTDC SFC menurun sekitar 0,002L/HP.h.dengan waktu pengapian 7° BTDC. Bila dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar premium pada waktu pengapian 5° BTDC menurun sekitar 0,056 L/HP.h.

#### d. Efisiensi Thermal, $\eta_t$

Effisiensi thermal hasil pengujian dengan campuran bahan bakar premium-ethanol 30% untuk semua waktu pengapian ditunjukkan pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Effisiensi thermal pada variasi waktu pengapian terhadap putaran dengan campuran bahan bakar premium – ethanol 30%.

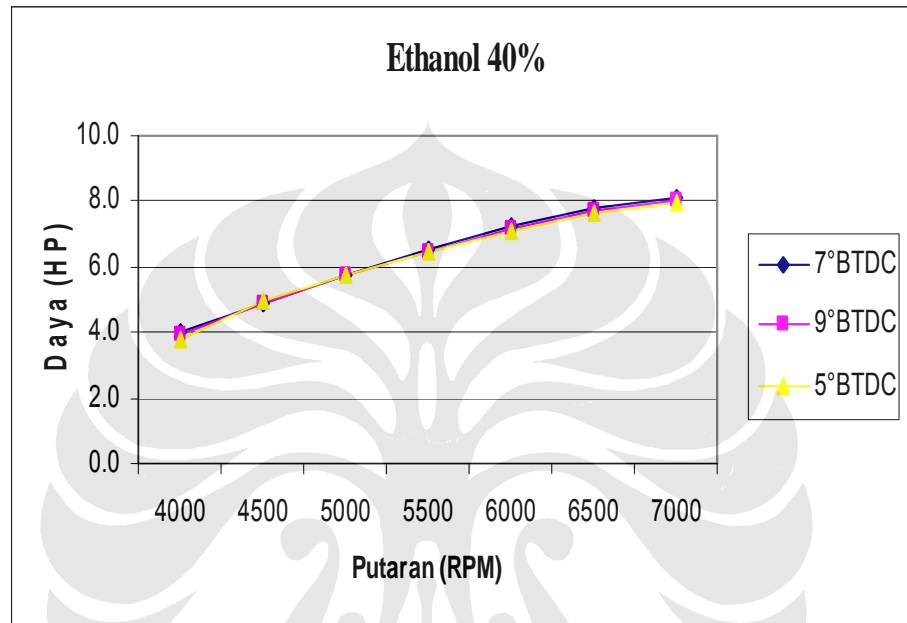
Effisiensi thermal maksimum dicapai dimana daya yang dihasilkan maksimum, yaitu 9° BTDC dan minimum pada 5° BTDC. Pada waktu pengapian 9° BTDC harga efisiensi maksimum adalah 22,9% pada putaran 5000 rpm sedangkan minimum pada waktu pengapian 5° BTDC adalah 17,1% pada putaran 5000 rpm atau terjadi penurunan sebesar 5,8%.

Sedangkan jika dibandingkan dengan bensin maka campuran 30% ethanol dengan waktu pengapian 9° BTDC (kondisi optimal) memiliki efisiensi thermal yang lebih tinggi (2,71%) padahal daya yang dihasilkan lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan energi dengan bahan bakar E30 yang lebih rendah daripada bensin.

#### 4.3.1.3. Campuran 40% Ethanol (E40)

##### a. Daya

Pengaruh variasi waktu pengapian terhadap daya untuk percobaan pada campuran bahan bakar premium-ethanol 40% ditunjukkan dengan grafik pada gambar 4.9.

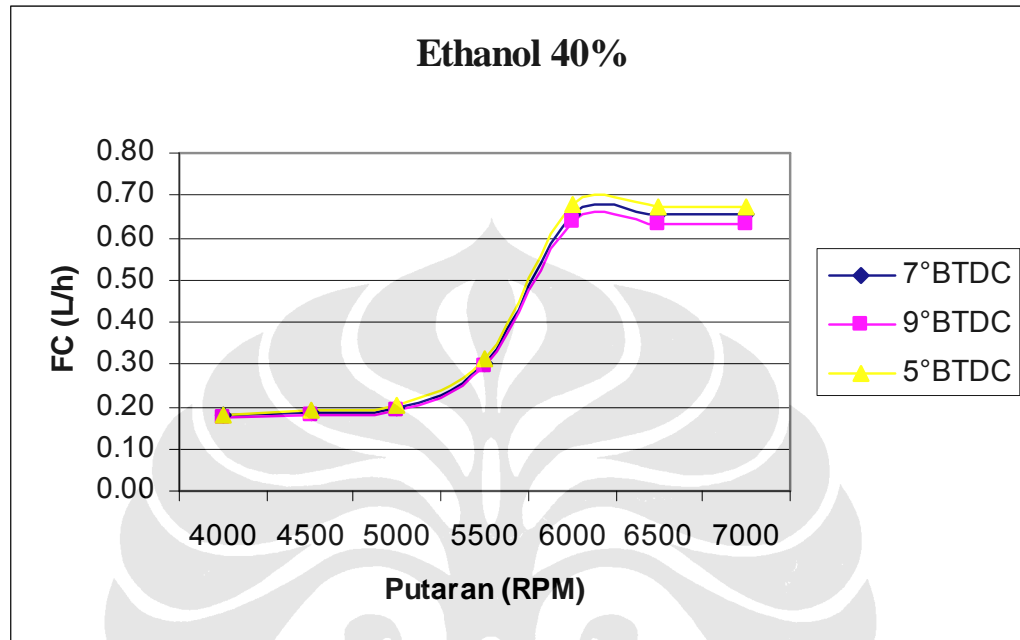


Gambar 4.9 Daya mesin pada variasi waktu pengapian terhadap putaran dengan campuran bahan bakar premium-ethanol 40%.

Dari grafik di atas diketahui bahwa daya maksimum dicapai dengan waktu pengapian 9° BTDC sebesar 8 hp dan minimum pada 5° BTDC sebesar 7,8 hp pada putaran 7000 rpm. Hal ini terjadi karena pada waktu pengapian 9° BTDC awal penyalaan yang tepat. Piston pada langkah ekspansi terbentuk tekanan yang tinggi sehingga tenaga yang dihasilkan maksimal. Sedangkan perbandingan terhadap daya pengujian dengan bahan bakar bensin pada waktu pengapian 9° BTDC menunjukkan tidak terjadi penurunan dan kenaikan..

### b. Fuel Consumption (FC)

Effisiensi thermal hasil pengujian dengan campuran bahan bakar premium-ethanol 40% untuk semua waktu pengapian ditunjukkan pada gambar 4.10.

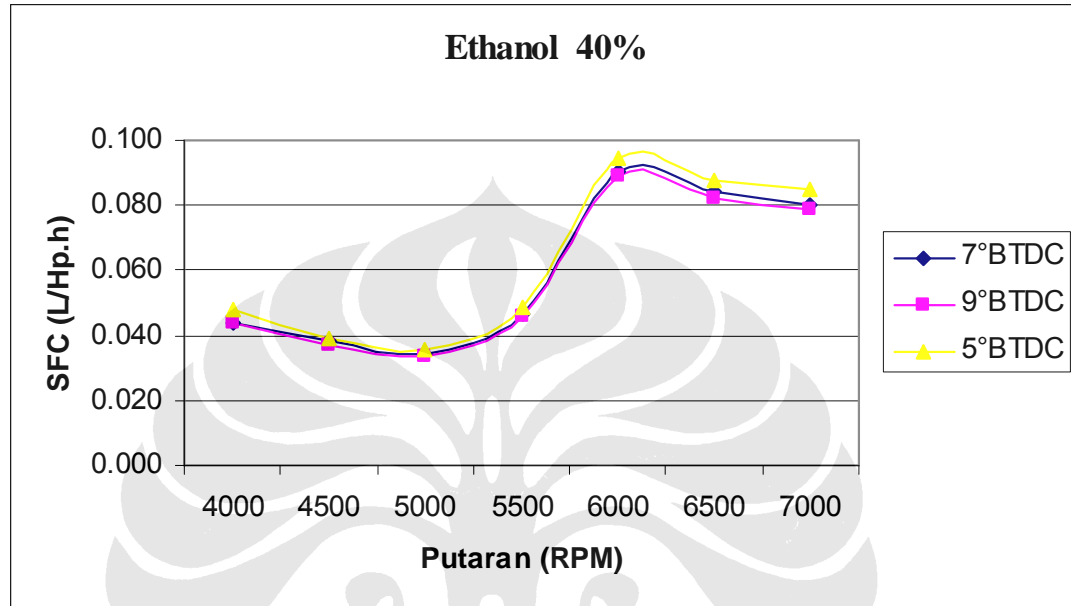


Gambar 4.10 FC pada variasi waktu pengapian terhadap putaran campuran bahan bakar premium-ethanol 40%.

Hasil pengujian menunjukkan campuran bahan bakar premium – ethanol 40% pada konsumsi bahan bakar terjadi peningkatan yang cukup besar pada waktu pengapian 5° BTDC dan terendah pada 9° BTDC. Rata-rata kenaikan pada setiap waktu pengapian 3,75 %. Jika dibandingkan dengan bensin maka campuran 40% ethanol dengan waktu pengapian 5° BTDC memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih rendah (37%).

### c. *Specific Fuel Consumption (SFC)*

Kecenderungan perubahan konsumsi bahan bakar spesifik terhadap kecepatan putar mesin pada campuran bahan bakar premium-ethanol 40% ditunjukkan pada gambar 4.11.

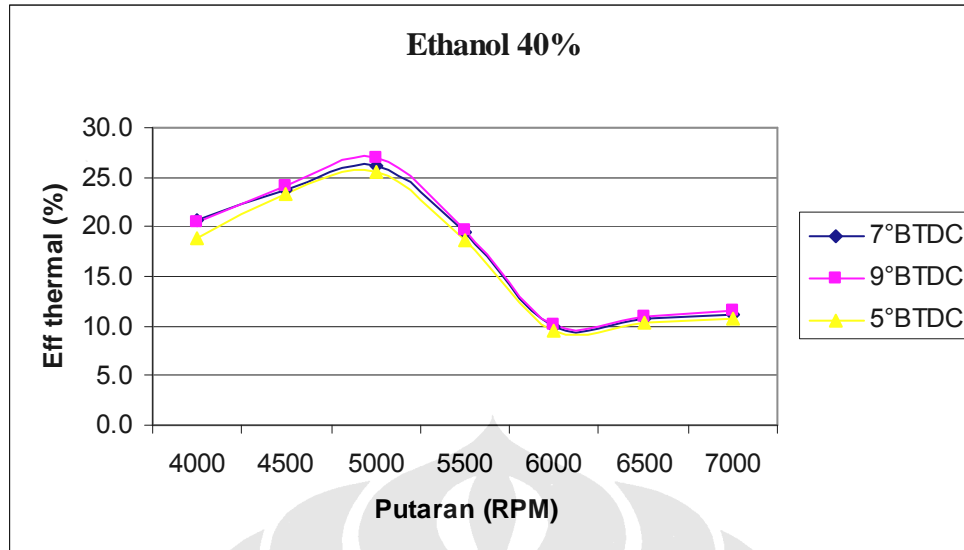


Gambar 4.11 SFC pada variasi waktu pengapian terhadap putaran dengan campuran bahan bakar premium-ethanol 40%.

Hasil pengujian menunjukkan peningkatan yang cukup besar pada rpm 5500 sampai rpm 6500. Pada waktu pengapian 5° BTDC SFC meningkat sekitar 4,2% dari pengapian 7° BTDC. Sedangkan pada waktu pengapian 9° BTDC SFC menurun sekitar 6,3%. dengan waktu pengapian 7° BTDC. Bila dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar premium pada waktu pengapian 5° BTDC menurun sekitar 37,5%.

### d. Efisiensi Thermal, $\eta_t$

Effisiensi thermal hasil pengujian dengan campuran bahan bakar premium-ethanol 30% untuk semua waktu pengapian ditunjukkan pada gambar 4.12



Gambar 4.12 Effisiensi thermal pada variasi waktu pengapian terhadap putaran dengan campuran bahan bakar premium-ethanol 40%.

Effisiensi thermal maksimum dicapai dimana daya yang dihasilkan maksimum, yaitu 9° BTDC dan minimum pada 5° BTDC. Pada waktu pengapian 9° BTDC harga effisiensi maksimum adalah 2,9% pada putaran 5000 rpm sedangkan minimum pada waktu pengapian 5D BTDC adalah 17,1% pada putaran 5000 rpm atau terjadi penurunan sebesar 5,8%.

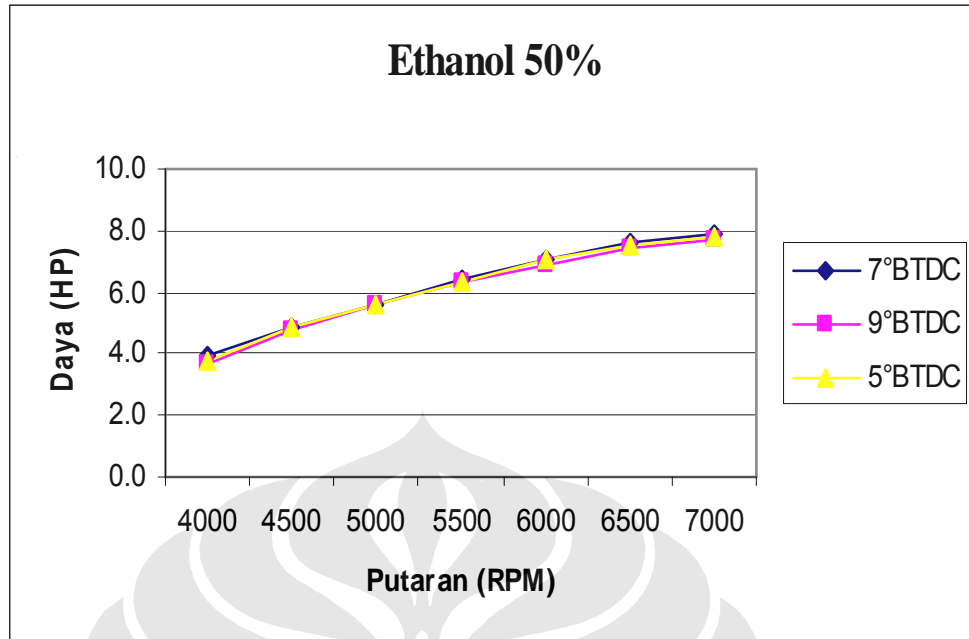
Sedangkan jika dibandingkan dengan bensin maka campuran 30% ethanol dengan waktu pengapian 9° BTDC (kondisi optimal) memiliki effisiensi thermal yang lebih tinggi (2,71%) padahal daya yang dihasilkan lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan energi dengan campuran bahan bakar premium-ethanol 30% yang lebih rendah daripada bensin.

#### 4.3.1.4. Campuran 50% Ethanol (E50)

##### a. Daya

Pengaruh variasi waktu pengapian terhadap daya untuk percobaan pada campuran bahan bakar premium-ethanol 50% ditunjukkan dengan grafik pada gambar 4.13.



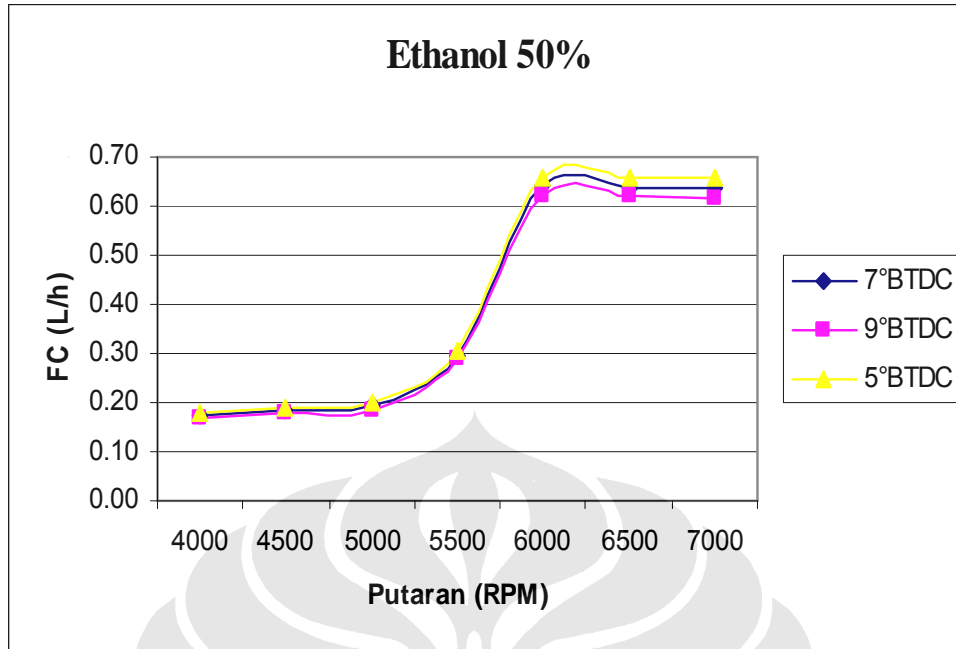


Gambar 4.13 Daya mesin pada variasi waktu pengapian terhadap putaran dengan campuran bahan bakar premium-ethanol 50%.

Dari grafik di atas diketahui bahwa daya maksimum dicapai dengan waktu pengapian 7° BTDC sebesar 7.9 hp dan minimum pada 9° BTDC sebesar 7,7 hp pada putaran 7000 rpm. Untuk kenaikan daya pada E50 dan premium cenderung sama yaitu 7.9 HP

#### **b. Fuel Consumption (FC)**

Fuel consumption hasil pengujian dengan campuran bahan bakar premium-ethanol 50% untuk semua waktu pengapian ditunjukkan pada gambar 4.14.

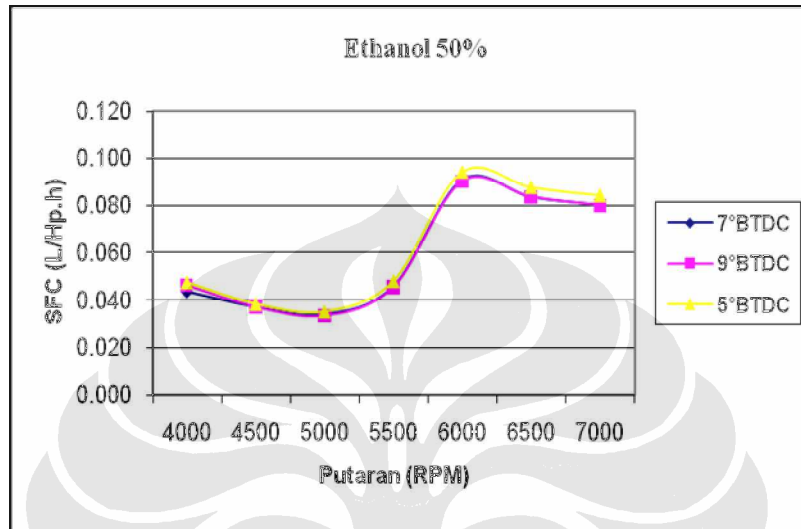


Gambar 4.14 FC pada variasi waktu pengapian terhadap putaran campuran bahan bakar premium-ethanol 50%.

Hasil pengujian menunjukkan campuran bahan bakar premium – ethanol 50 % pada konsumsi bahan bakar terjadi peningkatan yang cukup besar pada waktu pengapian 5° BTDC dan terendahnya pada 9° BTDC. Rata-rat kenaikan pada setiap waktu pengapian 6.1 %.

### c. *Specific Fuel Consumption (SFC)*

Kecenderungan perubahan konsumsi bahan bakar spesifik terhadap kecepatan putar mesin pada bahan bakar E50 ditunjukkan pada gambar 4.15.

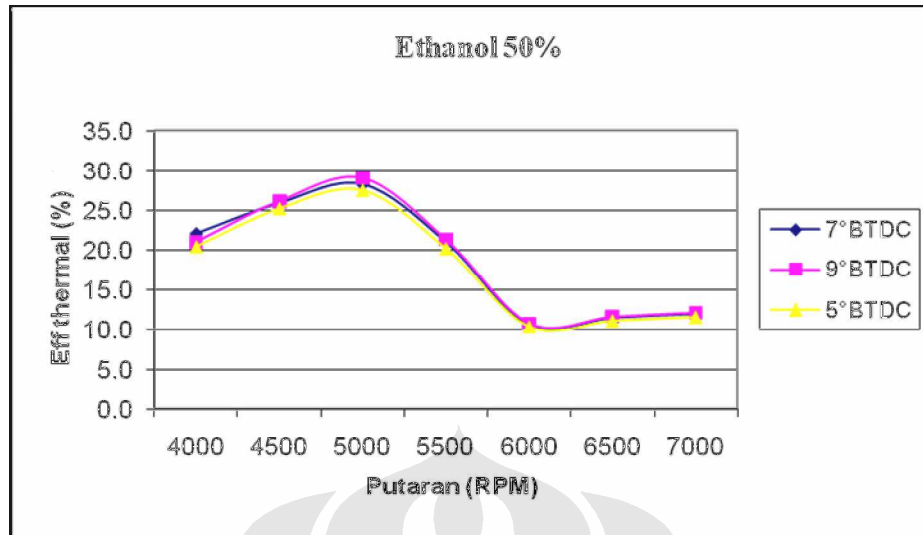


Gambar 4.15 SFC pada variasi waktu pengapian terhadap putaran bahan bakar bensin E50.

Hasil pengujian menunjukkan peningkatan yang cukup besar pada rpm 6000. Pada waktu pengapian 5° BTDC SFC meningkat sekitar 3.2% dari pengapian 7D BTDC. Sedangkan pada waktu pengapian 9° BTDC SFC menurun sekitar 1.1%. dengan waktu pengapian 7° BTDC. Bila dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar premium pada waktu pengapian 5° BTDC menurun sekitar 38%

### d. Efisiensi Thermal, $\eta_t$

Effisiensi thermal hasil pengujian dengan bahan bakar E50 untuk semua waktu pengapian ditunjukkan pada gambar 4.16



Gambar 4.16 Effisiensi thermal pada variasi waktu pengapian terhadap putaran dengan campuran bahan bakar premium-ethanol 50%.

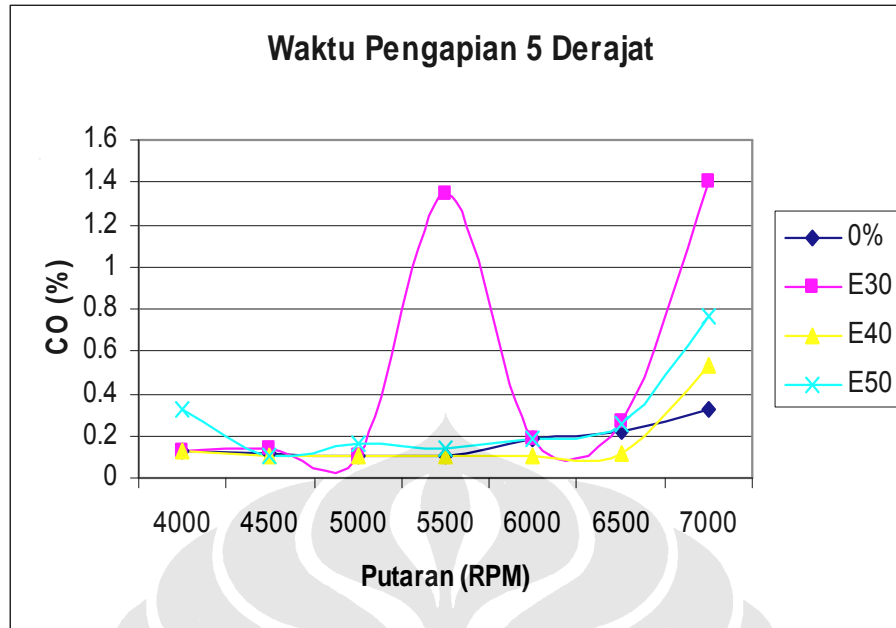
Effisiensi thermal maksimum dicapai dimana daya yang dihasilkan maksimum pada 5000 RPM, yaitu 9° BTDC dan minimum pada 5° BTDC yaitu 5.1%. Sedangkan jika dibandingkan dengan bensin maka campuran 50% ethanol dengan waktu pengapian 9° BTDC (kondisi optimal) memiliki effisiensi thermal yang lebih tinggi (20%).

#### 4.4 Emisi Gas Buang

##### 4.4.1. Konsentrasi emisi karbon monoksida, CO

##### 4.4.1.1. CO pada pengapian 5°

Rangkuman kecenderungan perubahan konsentrasi emisi CO terhadap putaran mesin pada bahan bakar E30, E40 dan E50 dibandingkan bahan bakar bensin premium masing-masing disajikan pada gambar 4.17

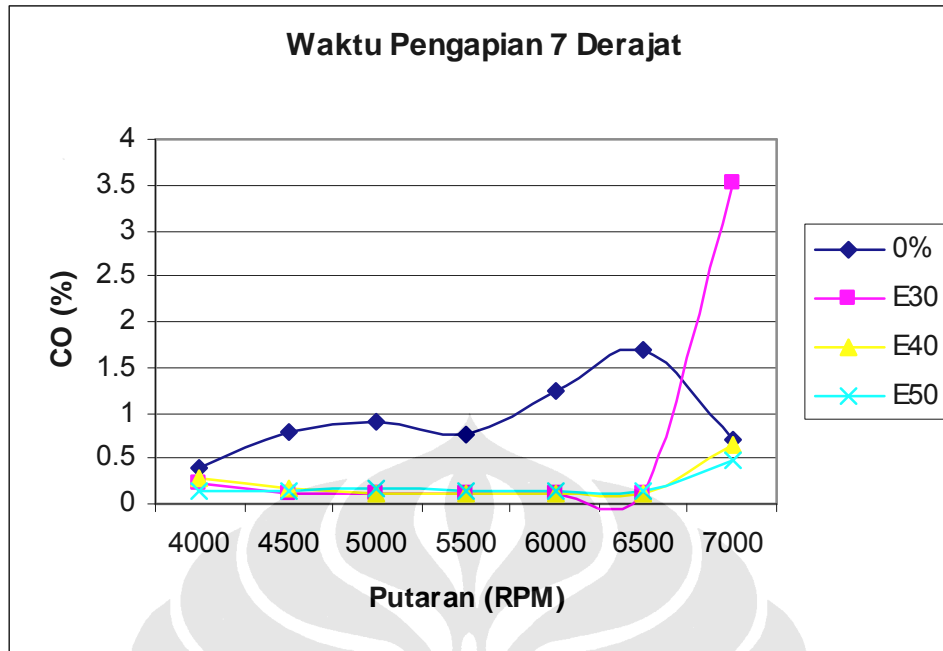


Gambar 4.17 Konsentrasi CO pada variasi bahan bakar Bensin-Ethanol terhadap kecepatan putar di 5°

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecenderungan nilai HC naik sebanding dengan putarannya dan maksimal di E30 pada 7000 RPM yaitu 77% sedangkan pada 40 dan E50 naik hanya 39% dan 59%.

#### 4.4.1.2. CO pada pengapian 7°

Rangkuman kecenderungan perubahan konsentrasi emisi CO terhadap putaran mesin pada bahan bakar E30, E40 dan E50 dibandingkan bahan bakar bensin premium masing-masing disajikan pada gambar 4.18

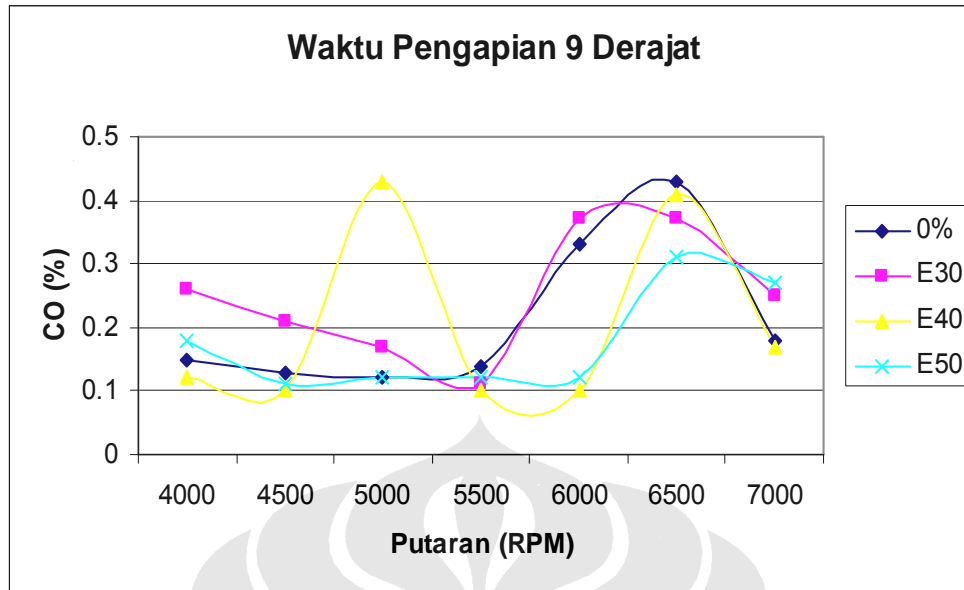


Gambar 4.18 Konsentrasi CO pada variasi bahan bakar Bensin Ethanol terhadap kecepatan putar di 7°

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecenderungan nilai HC naik sebanding dengan putarannya dan maksimal di E30 pada 7000 RPM yaitu 79% sedangkan pada 40 dan E50 turun sampai 8% dan 32%.

#### 4.4.1.2. CO pada pengapian 9°

Rangkuman kecenderungan perubahan konsentrasi emisi CO terhadap putaran mesin pada bahan bakar E30, E40 dan E50 dibandingkan bahan bakar bensin premium masing-masing disajikan pada gambar 4.19



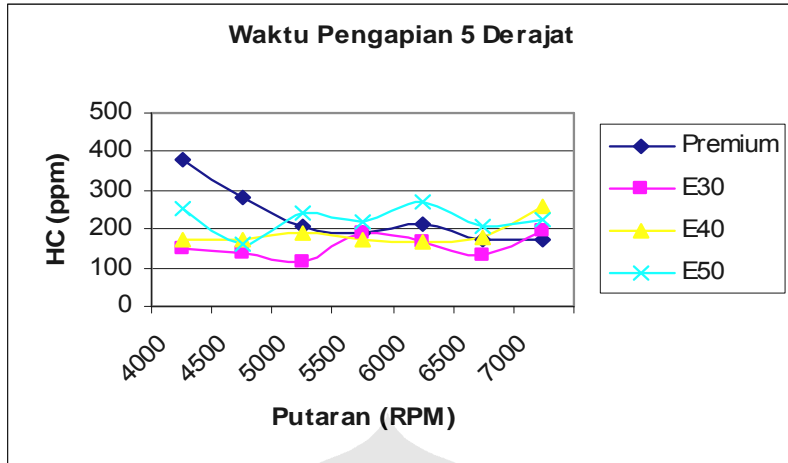
Gambar 4.19 Konsentrasi CO pada variasi bahan bakar Bensin Ethanol terhadap kecepatan putar di 9°

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecenderungan nilai HC naik sebanding dengan putarannya dan maksimal di E50 pada 6500 RPM yaitu 27% sedangkan pada 3000 naik 28% dan E50 turun 5%.

#### 4.4.2. Konsentrasi Emisi Hidrokarbon, HC

##### 4.4.2.1. HC pada pengapian 5°

Kecenderungan perubahan konsentrasi emisi HC terhadap kecepatan putar pada bahan bakar premium, E30, E40 dan E50 ditunjukkan pada gambar 4.20.

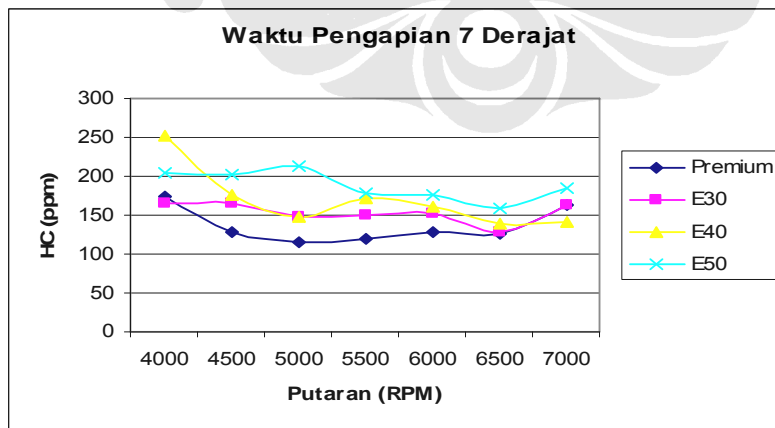


Gambar 4.20 Konsentrasi HC pada Bensin Ethanol terhadap kecepatan putar di 5°

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecenderungan nilai HC turun pada E30 di 4500 rpm yaitu 15% dan kemudian naik lagi pada 5500 RPM yaitu 2% dan ini terlihat juga pada campuran ethanol lainnya. Tetapi untuk premium murni nilai HC cenderung turun sampai 50% di 7000 RPM.

#### 4.4.2.2. HC pada pengapian 7°

Kecenderungan perubahan konsentrasi emisi HC terhadap kecepatan putar pada bahan bakar premium, E30, E40 dan E50 ditunjukkan pada gambar 4.21.



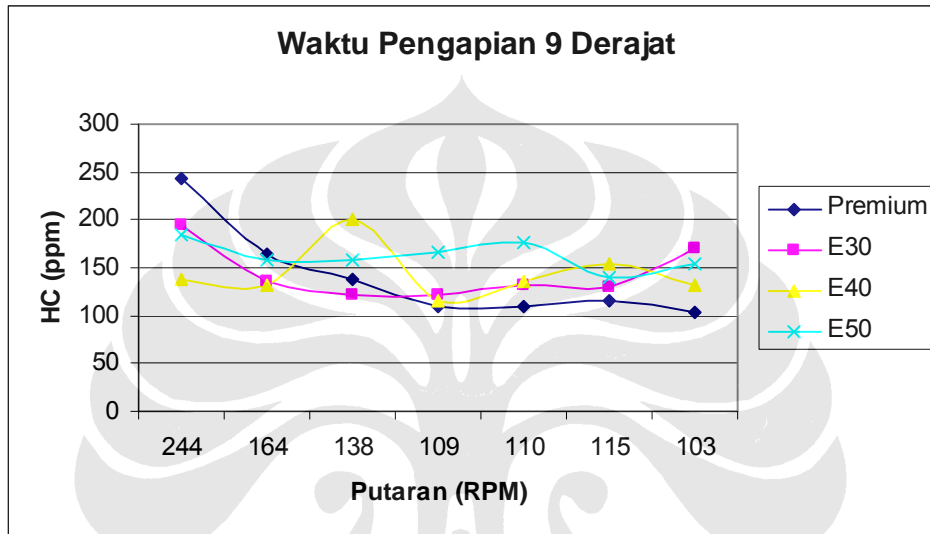
Gambar 4.21 Konsentrasi HC pada Bensin Ethanol terhadap kecepatan putar di 7°



Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecenderungan nilai HC turun pada E40 di 7000 rpm yaitu 44% dan ini terlihat juga pada premium dan campuran ethanol lainnya.

#### 4.4.2.3. HC pada pengapian 9°

Kecenderungan perubahan konsentrasi emisi HC terhadap kecepatan putar pada bahan bakar premium, E30, E40 dan E50 ditunjukkan pada gambar 4.22.



Gambar 4.22 Konsentrasi HC pada Bensin Ethanol terhadap kecepatan putar di 9°.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecenderungan nilai HC turun pada E50 di 7000 rpm yaitu 15% dan ini terlihat juga pada premium dan campuran ethanol lainnya.