

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Data Hasil Penelitian

Data yang diperoleh dari pengujian motor bakar 6 langkah dengan variasi derajat pengapian yang berbeda adalah sebagai berikut :

1. Data Hasil Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang

Untuk data hasil pengujian motor bakar 6 langkah dapat dilihat pada lampiran 5, lampiran 6, lampiran 7, lampiran 8 dan lampiran 9.

2. Data Pengujian Awal dan Konstan

Data pengujian awal dan konstan dapat dilihat pada table 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Pengujian yang dianggap konstan

Data Konstan						
v	L1	L2	mcaliper	Kelembaban relatif (ϕ)	Pa	T _{st}
(ml)	(mm)	(mm)	(kg)	(%)	(kpa)	(°C)
0.5	250	220	6	0.71	715	26

4.1.2 Pengolahan Data

Dari data hasil penelitian motor bakar 6 langkah maka dilakukan pengolahan data. Sebagai contoh perhitungan menggunakan data dari pengujian motor bakar 6 langkah Variasi 1 (derajat pengapian standart) Gigi 1 terhadap torsi, daya efektif, *spesifik fuel consumption*, efisiensi termal efektif. Adapun perhitungannya disajikan sebagai berikut :

Diketahui

- Faktor reduksi = 1/27.705
- Putaran mesin (n) = 3000 rpm
- Waktu konsumsi bahan bakar (t) = 5.03 detik
- Besar beban pengereman (F) = 57.75 kg
- Panjang lengan *dynamometer* (L) = 0.25 m
- Besarnya beban *caliper* rem (f) = 6 kg
- Panjang lengan *mounting caliper* (l) = 0.22 m

- Nilai kalor bahan bakar (LHVBB) = 10575 kkal·kg⁻¹
- Massa jenis bahan bakar pertamax = 740 Kg/m³

Dari hasil data pengujian tersebut dilakukan perhitungan sebagai berikut :

1. Torsi (T) 29

Rumusan umum torsi adalah sesuai persamaan berikut :

$$\begin{aligned} T_d &= (F \times L) + (f \times l) \\ &= (57.75 \times 0.25) + (6 \times 0.22) \\ &= 15.76 \text{ (kg.m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} T_c &= T/i_n \\ &= 15.76/27.705 \\ &= 0.57 \text{ (kg.m)} \end{aligned}$$

2. Daya efektif (Ne)

Sesuai persamaan

$$\begin{aligned} Ne &= T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716.5} \\ &= \frac{0.57 \times 3000}{716.5} \\ &= 2.38 \text{ (hp)} \end{aligned}$$

3. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe)

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

$$\begin{aligned} FC &= \frac{b}{t} \cdot \rho_f \cdot \frac{3600}{1000} \\ &= \frac{0.5}{5.03} \cdot 0.74 \cdot \frac{3600}{1000} \\ &= 0.265 \text{ (kg.jam}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} SFCe &= \frac{Fc}{Ne} \\ &= \frac{0.265}{2.38} \\ &= 0.111 \text{ (kg.hp}^{-1}\text{.jam}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

4. Efisiensi Termal Efektif (η_e), diperoleh :

$$\eta_e = \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{632 \cdot N_e}{F_c \cdot LHV_{bb}} = \frac{632}{F_c / N_e \cdot LHV_{bb}} = \frac{632}{SFC_e \cdot LHV_{bb}} \times 100\%$$

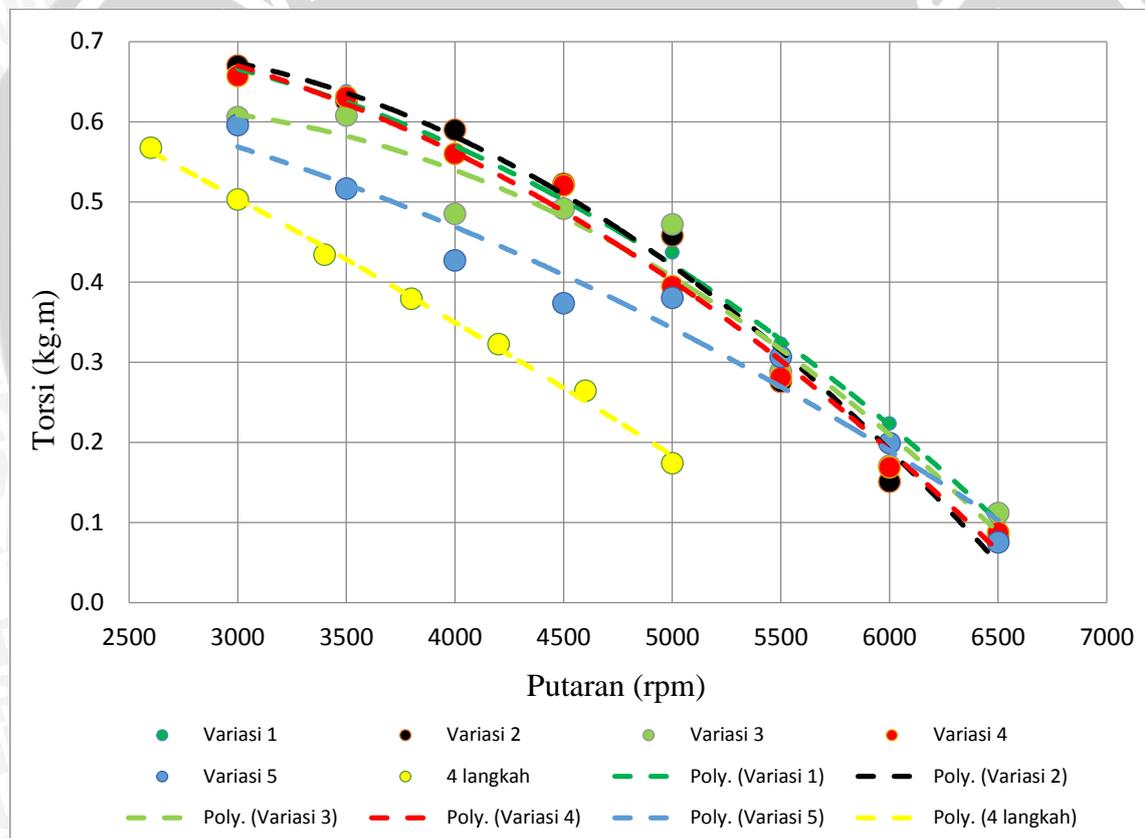
$$= \frac{632}{0.111 \times 10575} \times 100\%$$

$$= 53.74 \%$$

4.2 Pembahasan

Dengan hasil perhitungan data pengujian pada variasi derajat pengapian yang berbeda didapatkan karakteristik motor bakar 6 langkah. Kemudian data hasil perhitungan variasi derajat pengapian yang berbeda akan ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mempermudah 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 dilihat bahwa semakin tinggi putaran mesin maka semakin kecil torsi yang didapatkan. Hal ini dikarenakan saat pengujian, putaran tertinggi diturunkan dengan penambahan beban pengereman pada poros. Sehingga torsi yang dihasilkan semakin kecil seiring

tingginya putaran mesin. Hubungan antara gaya pengereman (F) dengan torsi (T) ditulis dengan rumus (2-1) :

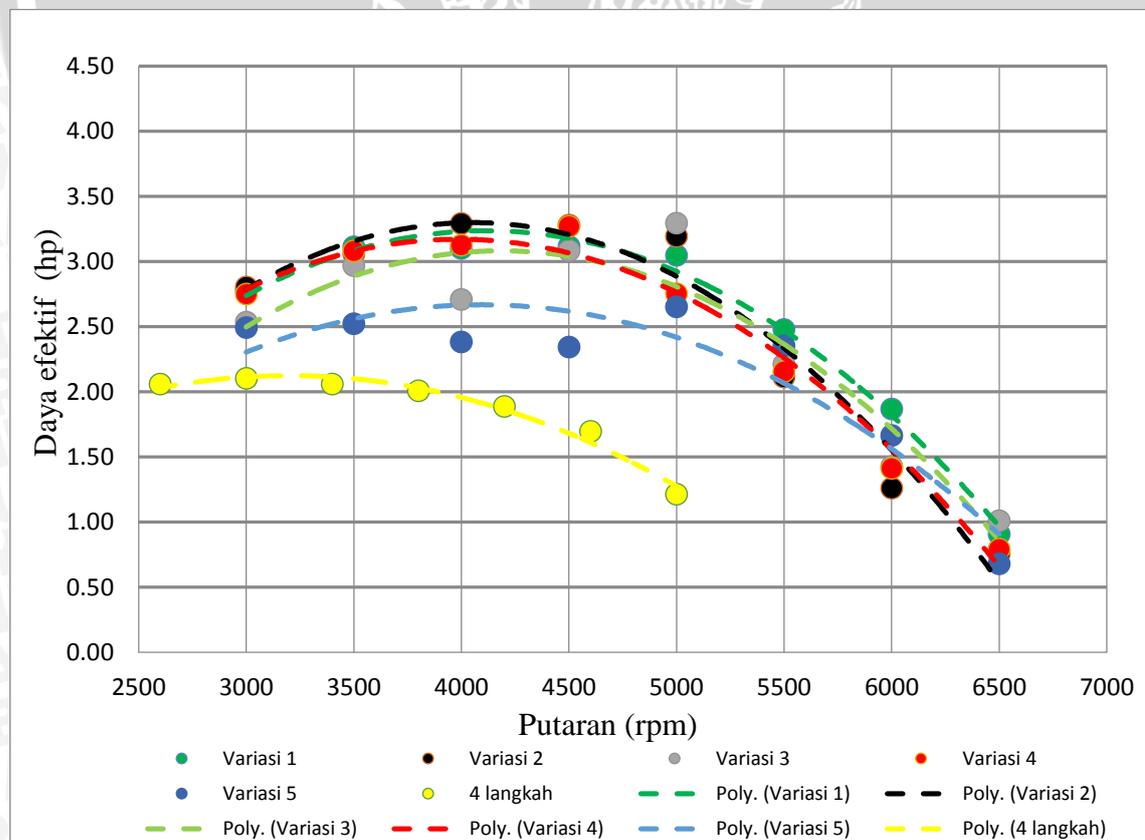
Dari rumus (2-1) dapat dilihat bahwa besarnya torsi berbanding lurus dengan besarnya gaya pengereman. Hal lain yang menyebabkan penurunan ialah semakin tinggi nilai putaran mengakibatkan gesekan antara torak dan dinding silinder semakin banyak sehingga kerugian mekanis yang dihasilkan semakin meningkat. Pada gambar 4.1 grafik hubungan antara putaran mesin dengan torsi dapat dilihat bahwa rata-rata torsi relatif hampir sama, namun yang terlihat rata-rata tertinggi pada motor bakar 6 langkah ialah variasi 2 (pengapian maju 2°), variasi 1 (pengapian standart), variasi 4 (pengapian mundur 2°), variasi 3 (pengapian maju 4°) dan terendah variasi 5 (pengapian mundur 4°).

Hal tersebut pada variasi 2 (pengapian maju 2°) dapat dikarenakan terjadi rambatan awal proses pembakaran yang tepat, dimana pada putaran 3000-5000 rpm busi mulai memercikkan bunga api 25-35 derajat sebelum TMA kemudian api mulai merambat sepersekian mili detik dan mencapai tekanan maksimal pada posisi piston yang ideal 10-20 derajat setelah TMA sehingga campuran udara dan bahan bakar yang ada diruang bakar dapat terbakar secara sempurna dan menghasilkan gaya dorong yang lebih besar pada torak sehingga mengakibatkan torsi yang dihasilkan menjadi lebih besar. Hal tersebut dapat dibuktikan pada kualitas hasil gas buang HC yang juga relatif paling rendah (Lampiran 20). Untuk variasi 1 (pengapian standart) menunjukkan torsi yang sedikit lebih kecil dari variasi 2, hal ini dikarenakan proses perambatan pembakaran pada pengapian standart terjadi lebih lambat yang mengakibatkan pembakaran campuran udara dan bahan bakar diruang bakar tidak sempurna sehingga menghasilkan torsi yang lebih kecil dari variasi 2. Pada variasi 4 (pengapian mundur 2°) terlihat torsi yang dihasilkan lebih kecil dari torsi pengapian standart, hal ini disebabkan karena tekanan maksimal yang dicapai oleh campuran udara dan bahan bakar tidak tepat pada posisi ideal piston setelah TMA yang mengakibatkan ledakan terjadi lebih lambat sehingga menghasilkan gaya dorong piston yang lebih kecil dan menghasilkan torsi yang lebih kecil pula. Pada variasi 3 dan 5 menghasilkan torsi yang lebih kecil dari variasi 1, 2 dan 4, hal ini dapat disebabkan karena pengapian yang terlalu cepat dan terlalu lambat sehingga tidak menghasilkan tekanan maksimal pada ruang bakar yang mengakibatkan gaya dorong torak lebih rendah dan menghasilkan torsi yang kecil dibandingkan variasi 1, 2 dan 4.

Sementara perbandingan putaran mesin terhadap torsi yang diperoleh pada motor 4 langkah dan 6 langkah. Secara umum diperoleh rata-ran nilai torsi yang lebih tinggi pada motor bakar 6 langkah. Pada gambar tersebut juga memperlihatkan untuk bukaan *throttle* sama, motor bakar 6 langkah memiliki rentang rpm dan torsi yang lebih luas. Hal ini mengindikasikan bahwa rasio dari efek penambahan dua langkah kompresi dan ekspansi pada motor bakar 6 langkah lebih tinggi dari kerugian energi gesek yang dialami.

Torsi terbesar yang dihasilkan motor bakar 6 langkah variasi 1 yaitu pada putaran 3000 rpm sebesar 0.66 kg.m dan torsi terendah dicapai pada putaran 6500 rpm sebesar 0.10 kg.m. Untuk variasi 2 torsi tertinggi pada putaran 3000 rpm sebesar 0.67 kg.m dan torsi terendah dicapai pada putaran 6500 rpm sebesar 0.08 kg.m. Untuk variasi 3 torsi tertinggi pada putaran 3000 dan 3500 rpm sebesar 0.61 kg.m dan torsi terendah dicapai pada putaran 6500 rpm sebesar 0.11 kg.m. Untuk variasi 4 torsi tertinggi pada putaran 3000 rpm sebesar 0.66 kg.m dan torsi terendah pada putaran 6500 rpm sebesar 0.09 kg.m. Untuk variasi 5 torsi tertinggi pada putaran 3000 rpm sebesar 0.60 kg.m dan torsi terkecil pada putaran 6500 rpm sebesar 0.07 kg.m.

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 terlihat bahwa semakin tinggi putaran mesin maka semakin kecil daya efektif yang didapatkan. Hal ini disebabkan karena nilai dari daya efektif berbanding lurus dengan nilai torsi (T) dan putaran (n). Sesuai dengan rumus (2-2) :

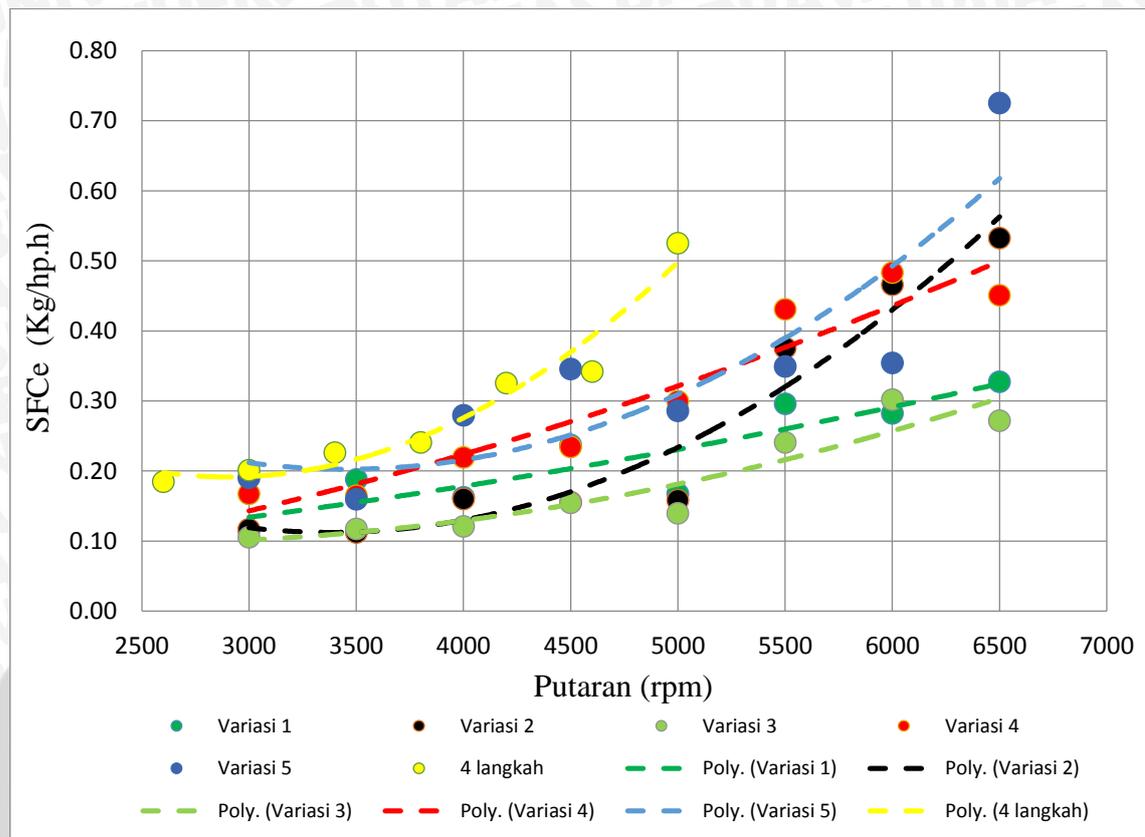
Dapat dilihat dari persamaan rumus (2-2) bahwa nilai daya efektif sangat dipengaruhi oleh nilai torsi. Pada pembahasan nilai putaran dengan torsi didapatkan bahwa semakin tinggi nilai putaran mengakibatkan gesekan antara torak dan dinding silinder semakin banyak sehingga kerugian mekanis yang dihasilkan semakin meningkat.

Pada gambar 4.2 grafik hubungan antara putaran mesin dengan daya efektif dapat dilihat nilai rata-rata yang diperoleh pada variasi 2 (pengapian maju 2°) pada motor bakar 6 langkah lebih tinggi dari pada variasi 1, 3, 4 dan 5 pada putaran 3000-4500 rpm. Hal ini dikarenakan variasi 2 dipengaruhi juga oleh fluktuasi yang terjadi pada pengukuran torsi dengan pembebanan yang lebih besar.

Sementara itu pada perbandingan antara hubungan putaran mesin terhadap daya efektif antara motor bakar 6 langkah dan motor bakar 4 langkah. Pada gambar tersebut juga terlihat motor bakar 6 langkah memiliki daya dengan nilai rata-rata yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan motor 4 langkah.

Untuk daya efektif terbesar pada motor bakar 6 langkah variasi 1 yaitu pada putaran 5000 rpm sebesar 2.82 hp dan terendah dicapai pada putaran 6500 rpm sebesar 0.78 hp. Untuk variasi 2 yaitu putaran 4000 rpm sebesar 3.292 hp dan terendah dicapai pada putaran 6500 rpm sebesar 0.75 hp. Untuk variasi 3 yaitu putaran 5000 rpm sebesar 3.29 hp dan terendah dicapai pada putaran 6500 rpm sebesar 1.01 hp. Untuk variasi 4 yaitu putaran 4500 rpm sebesar 3.26 hp dan terendah dicapai pada putaran 6500 rpm sebesar 0.79 hp. Untuk variasi 5 yaitu putaran 5000 rpm sebesar 2.65 hp dan terendah dicapai pada putaran 6500 rpm sebesar 0.68 hp.

4.2.3 Hubungan antara Putaran Mesin dengan SFCE



Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara Putaran Mesin dengan SFCE

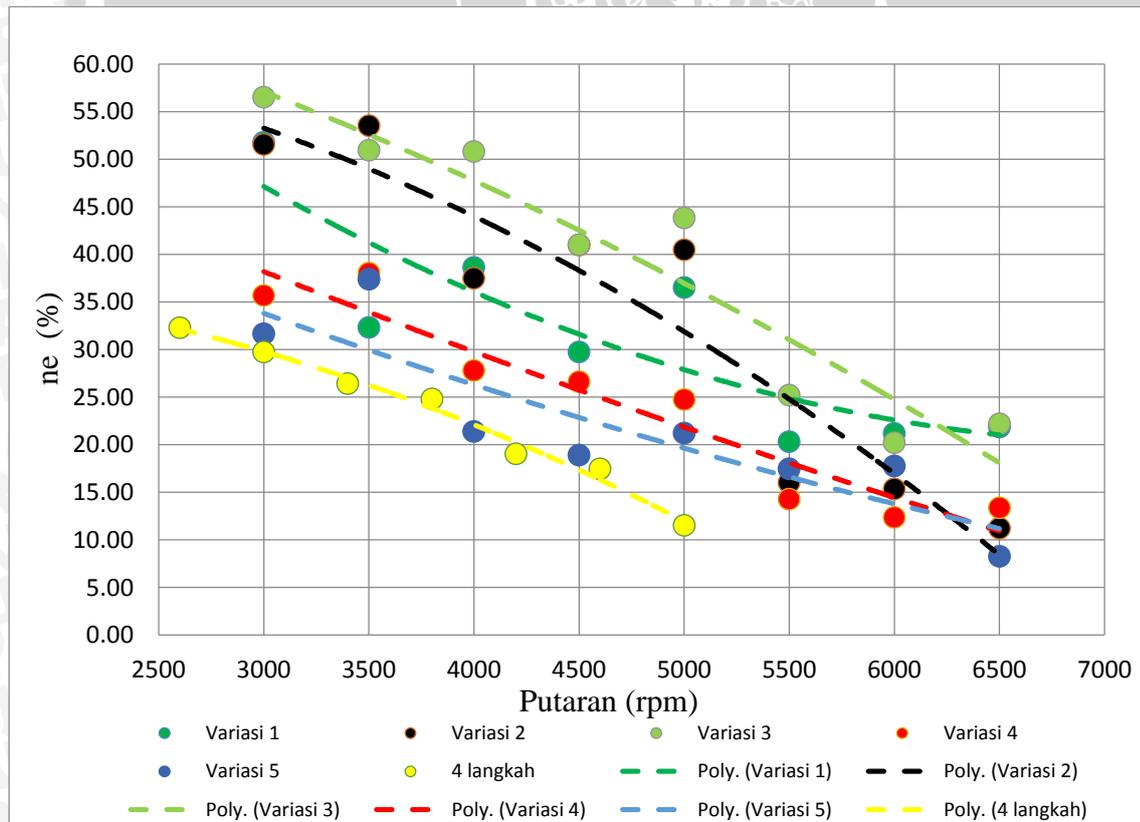
Pada gambar 4.3 grafik hubungan antara putaran mesin dengan SFCE dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran poros maka SFCE yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini dikarenakan daya efektif sangat berpengaruh pada nilai SFCE dikarenakan konsumsi bahan bakar spesifik berbanding terbalik antara banyaknya bahan bakar yang digunakan dengan daya efektif (N_e) yang dihasilkan. Selain itu SFCE berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar (FC). Hal ini sesuai dengan persamaan (2-3) :

Pada grafik diperoleh bahwa variasi 3 pada motor bakar 6 langkah memiliki nilai terendah dibandingkan dengan variasi 1, 2, 4, dan 5 meskipun daya efektif yang dihasilkan lebih kecil dari variasi 2 namun karena nilai FC yang juga lebih kecil dari variasi 2. Artinya penggunaan variasi 3 lebih efisien dibandingkan dengan variasi yang lainnya. Selain itu melihat persamaan diatas selisih nilai FC pada setiap variasi yang relatif besar, maka pengaruhnya lebih besar dibandingkan dengan daya efektif yang dihasilkan oleh variasi lainnya. Apabila daya efektif yang dihasilkan semakin besar maka nilai SFCE yang didapatkan semakin kecil namun itu juga tergantung dari nilai FC yang dihasilkan juga.

Sementara itu pada perbandingan antara motor bakar 6 langkah dan 4 langkah. Dari grafik terlihat bahwa rataan SFCE pada motor bakar 4 langkah memiliki kecenderungan nilai yang lebih tinggi. Sehingga diketahui dengan jumlah siklus berbeda, dan putaran yang relatif sama motor bakar 4 langkah mengkonsumsi bahan bakar sedikit lebih tinggi dari motor bakar 6 langkah konvensional.

Untuk SFCE terbesar pada motor bakar 6 langkah variasi 1 yaitu pada putaran 6500 rpm sebesar 0.328 kg/hp.h dan SFCE terendah dicapai pada putaran 3000 rpm sebesar 0.116 kg/hp.h. Untuk variasi 2 yaitu putaran 6500 rpm sebesar 0.533 kg/hp.h dan terendah dicapai pada putaran 3000 rpm sebesar 0.117 kg/hp.h. Untuk variasi 3 yaitu putaran 6000 rpm sebesar 0.302 kg/hp.h dan terendah dicapai pada putaran 3000 rpm sebesar 0.106 kg/hp.h. Untuk variasi 4 yaitu putaran 6000 rpm sebesar 0.484 kg/hp.h dan terendah dicapai pada putaran 3500 rpm sebesar 0.165 kg/hp.h. Untuk variasi 5 yaitu putaran 6500 rpm sebesar 0.726 kg/hp.h dan terendah dicapai pada putaran 3500 rpm sebesar 0.160 kg/hp.h.

4.2.4 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Efisiensi



Gambar 4.4 Grafik Hubungan antara Putaran Mesin dengan Efisiensi

Pada gambar 4.4 grafik hubungan putaran mesin dengan efisiensi dapat dilihat bahwa dengan semakin tingginya putaran poros mesin maka efisiensi secara umum

mengalami kecenderungan menurun. Hal ini dikarenakan nilai efisiensi sendiri dipengaruhi oleh konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe) dan nilai kalor bahan bakar LHVbb. Hal ini sesuai dengan persamaan berikut(2-4):

Dilihat dari persamaan (2-4) dapat kita lihat bahwa nilai konsumsi bahan bakar spesifik sangat berpengaruh terhadap nilai efisiensi termal ketika semakin besar nilai konsumsi bahan bakar spesifik maka efisiensi yang dihasilkan semakin kecil. Sehingga pada rpm rendah yang memiliki konsumsi bahan bakar spesifik turun maka nilai efisiensi termal juga naik dan pada putaran tinggi yang konsumsi bahan bakar spesifiknya naik efisiensi termalnya juga cenderung menurun. Selain itu telah diketahui bahwa grafik hubungan putaran dengan efisiensi termal efektif berkebalikan dengan grafik hubungan putaran dengan konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe) sebelumnya.

Pada gambar 4.4 Grafik Hubungan antara Putaran Mesin dengan Efisiensi dapat dilihat bahwa variasi 3 mempunyai nilai efisiensi tertinggi bila dibandingkan dengan variasi 1, 2, 4 dan 5, ini dikarenakan nilai FC yang dimiliki lebih kecil dari semua variasi meskipun nilai daya efektif lebih kecil dari variasi 2 namun nilai FC yang terlihat lebih mempengaruhi. Sementara pada hubungan putaran terhadap efisiensi termal efektif antara motor bakar 4 langkah dan 6 langkah, diperoleh rata-rata nilai efisiensi yang lebih baik pada motor bakar 6 langkah. Hal ini terjadi karena konsumsi bahan bakar pada motor bakar 6 langkah jauh lebih hemat dari motor bakar 4 langkah. Sehingga diketahui rasio konsumsi dan nilai kalor bahan bakar yang dikonsumsi terhadap daya yang dihasilkan lebih efisien pada motor bakar 6 langkah menurut grafik yang diperoleh saat penelitian.

Untuk efisiensi termal efektif variasi 1 tertinggi pada putaran motor 3000 rpm sebesar 51.77% dan menurun sampai terendah pada putaran 5500 rpm sebesar 20.30%. Sementara pada variasi 2 dimana nilai efisiensi termal efektif tertinggi pada putaran 3000 rpm sebesar 51.53% terus menurun hingga mencapai putaran 6500 sebesar 11.22%. Untuk efisiensi termal efektif variasi 3 tertinggi pada putaran motor 3000 rpm sebesar 56.51% dan menurun sampai terendah rpm 6000 sebesar 20.22%. Untuk efisiensi termal efektif variasi 4 tertinggi pada putaran motor 3500 rpm sebesar 38.03% dan menurun sampai terendah rpm 6000 sebesar 12.36%. Untuk efisiensi termal efektif variasi 5 tertinggi pada putaran motor 3500 rpm sebesar 37.40% dan menurun sampai terendah rpm 6500 sebesar 8.28%.