

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 celah katup 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, dan Lampiran 7.

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 *intake clearance* 0.05 mm terhadap torsi, daya efektif, *spesifik fuel consumption*, efisiensi termal efektif. Adapun perhitungannya disajikan sebagai berikut :

Diketahui

- Faktor reduksi = 1/27.705
- Putaran mesin (n) = 3500 rpm
- Waktu konsumsi bahan bakar (t) = 2.18 detik
- Besar beban pengereman (F) = 52.8 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)

Rumusan umum torsi adalah sesuai persamaan berikut :

$$\begin{aligned} T_d &= (F \times L) + (f \times l) \\ &= (52.8 \times 0.25) + (6 \times 0.22) \\ &= 14.51 \text{ (kg.m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} T_c &= T/in \\ &= 14.51/27.705 \\ &= 0.52 \text{ (kg.m)} \end{aligned}$$

2. Daya efektif (Ne)

Sesuai persamaan

$$\begin{aligned} Ne &= T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716.5} \\ &= \frac{0.52 \times 3500}{716.5} \\ &= 2.56 \text{ (hp)} \end{aligned}$$

3. Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe)

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

$$\begin{aligned} FC &= \frac{b}{t} \cdot \rho_f \cdot \frac{3600}{1000} \\ &= \frac{0.5}{2.18} \cdot 0.74 \cdot \frac{3600}{1000} \\ &= 0.611 \text{ (kg.jam}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} SFCe &= \frac{Fc}{Ne} \\ &= \frac{0.611}{2.56} \\ &= 0.239 \text{ (kg.hp}^{-1}\text{.jam}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

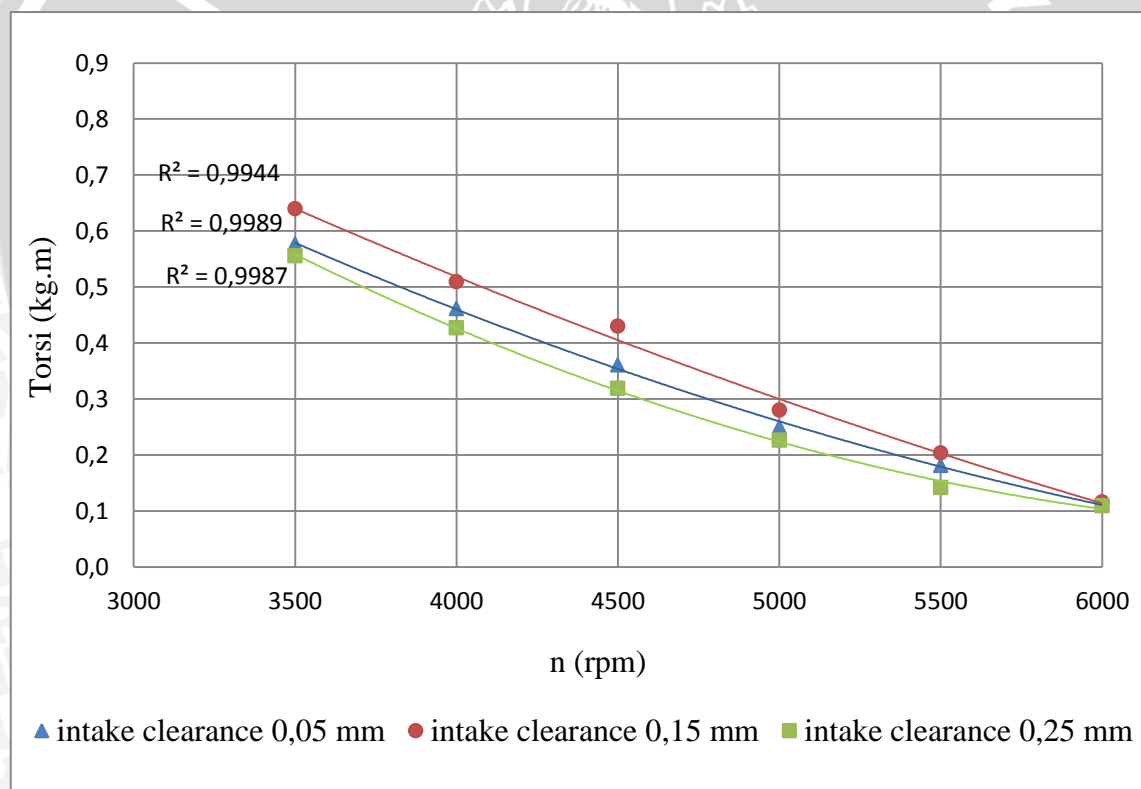
4. Efisiensi Termal Efektif (η_e), diperoleh :

$$\begin{aligned}\eta_e &= \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{632 \cdot N_e}{F_c \cdot LHV_{bb}} = \frac{632}{F_c / N_e \cdot LHV_{bb}} = \frac{632}{SFC_e \cdot LHV_{bb}} \times 100\% \\ &= \frac{632}{0.239 \times 10575} \times 100\% \\ &= 25.01 \%\end{aligned}$$

4.2 Pembahasan

Dengan hasil perhitungan data pengujian pada variasi celah katup (*clearance*) yang berbeda didapatkan karakteristik motor bakar 6 langkah. Kemudian data hasil perhitungan dengan variasi celah katup (*clearance*) yang berbeda akan ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mempermudah menganalisis data perhitungan.

4.2.1 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Torsi



Gambar 4.1 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Torsi pada *Clearance* 0,05 mm, 0,15 mm, 0,25 mm.

Pada gambar 4.1 terlihat bahwa semakin tinggi putaran mesin maka semakin kecil torsi yang didapatkan hal ini dikarenakan pada putaran tinggi gerakan bolak-balik torak akan semakin cepat menyebabkan gesekan antara torak dengan dinding silinder

akan semakin banyak, sehingga kerugian mekanis akibat gesekan semakin besar. Hal ini juga menyebabkan gerakan buka tutup katup hisap juga semakin cepat, sehingga massa campuran udara dan bahan bakar yang masuk dan terbakar ke dalam ruang silinder semakin berkurang tiap siklus. Sehingga tekanan efektif pembakaran yang dihasilkan akan semakin kecil. Akibatnya energi tekanan yang digunakan untuk mendorong torak pada saat langkah kerja (ekspansi) juga berkurang, sehingga torsi yang dihasilkan semakin menurun.

Hal lain yang mengakibatkan semakin tinggi putaran mesin torsi yang didapatkan semakin kecil ialah 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. Kemudian faktor 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.

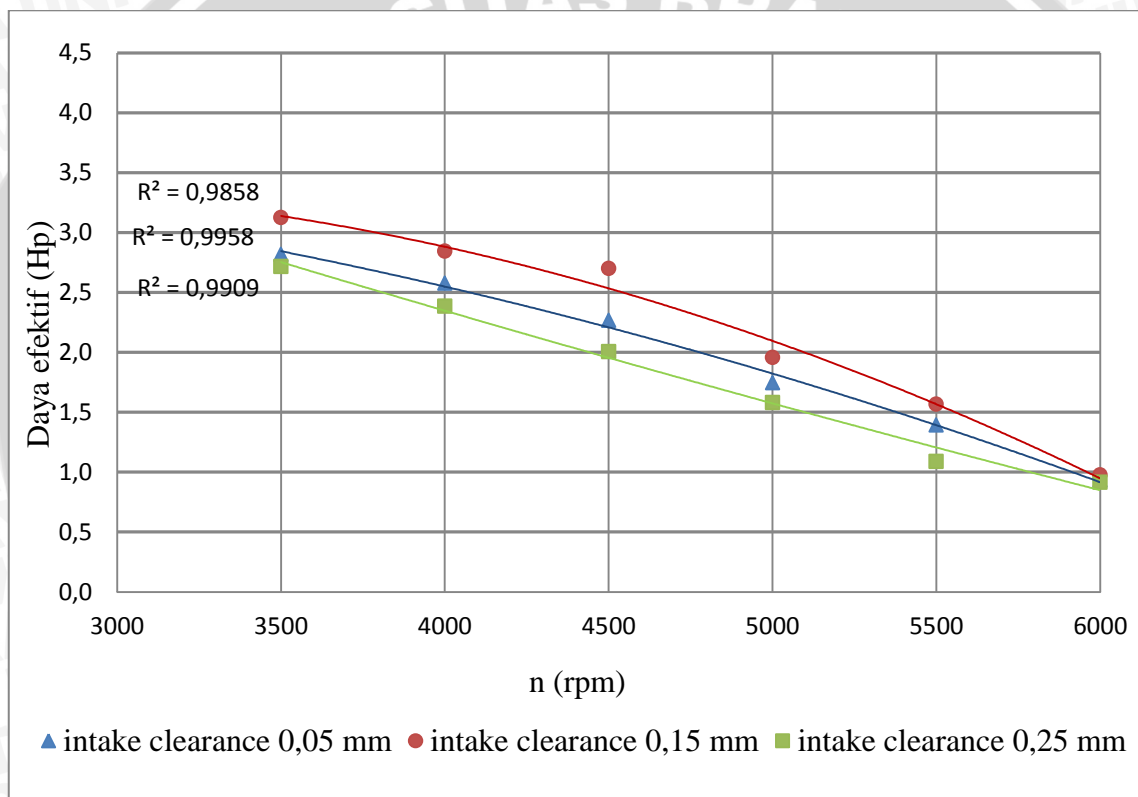
Pada gambar 4.1 dapat dilihat rataan torsi tertinggi pada motor bakar 6 langkah ialah *intake clearance* 0.15 mm, kemudian *intake clearance* 0.05 mm dan terendah *intake clearance* 0.25 mm.

Hal tersebut dikarenakan pada *intake clearance* 0.15 mm menghasilkan campuran udara dan bahan bakar yang lebih baik dan pembakarannya lebih mendekati sempurna sehingga menghasilkan gaya dorong yang lebih besar pada torak dan mengakibatkan torsi yang dihasilkan semakin besar daripada *intake clearance* 0.05 mm dan *intake clearance* 0.25 mm. Hal tersebut dapat dibuktikan pada kualitas hasil gas buang HC yang paling terendah (Lampiran 15). Untuk *intake clearance* 0.05 mm torsi tertinggi ke dua disebabkan waktu pembukaan katup masuk lebih lama sehingga pada saat langkah kompresi katup masuk belum menutup sepenuhnya dan mengakibatkan adanya campuran bahan bakar dan udara yang keluar melalui katup isap menuju *manifold* (saluran masuk campuran bahan bakar dan udara) dan mengakibatkan pembakaran kurang baik dari pada *intake clearance* 0.15 mm. Pada *intake clearance* 0.25 mm memiliki nilai torsi terendah dikarenakan pada waktu pembukaan celah katup *intake* lebih singkat dan masa campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam ruang bakar lebih sedikit sehingga menghasilkan campuran bahan bakar dan udara yang sedikit dan pembakaran yang dihasilkan kurang baik sehingga menghasilkan gaya

dorong yang kecil pada torak dan menghasilkan torsi yang kecil dibandingkan *intake clearance* 0.05 mm dan *intake clearance* 0.15 mm.

Untuk torsi terbesar pada motor bakar 6 langkah *intake clearance* 0.05 mm yaitu pada putaran 3500 rpm sebesar 0.58 kg.m dan torsi terendah dicapai pada putaran 6000 rpm sebesar 0.11 kg.m. Untuk *intake clearance* 0.15 mm yaitu putaran 3500 rpm sebesar 0.64 kg.m dan torsi terendah dicapai pada putaran 6000 rpm sebesar 0.12 kg.m. Untuk *intake clearance* 0.25 mm yaitu putaran 3500 rpm sebesar 0.56 kg.m dan torsi terendah dicapai pada putaran 6000 rpm sebesar 0.11 kg.m.

4.2.2 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Daya efektif



Gambar 4.2 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Daya Efektif pada *Clearance* 0,05 mm, 0,15 mm, 0,25 mm.

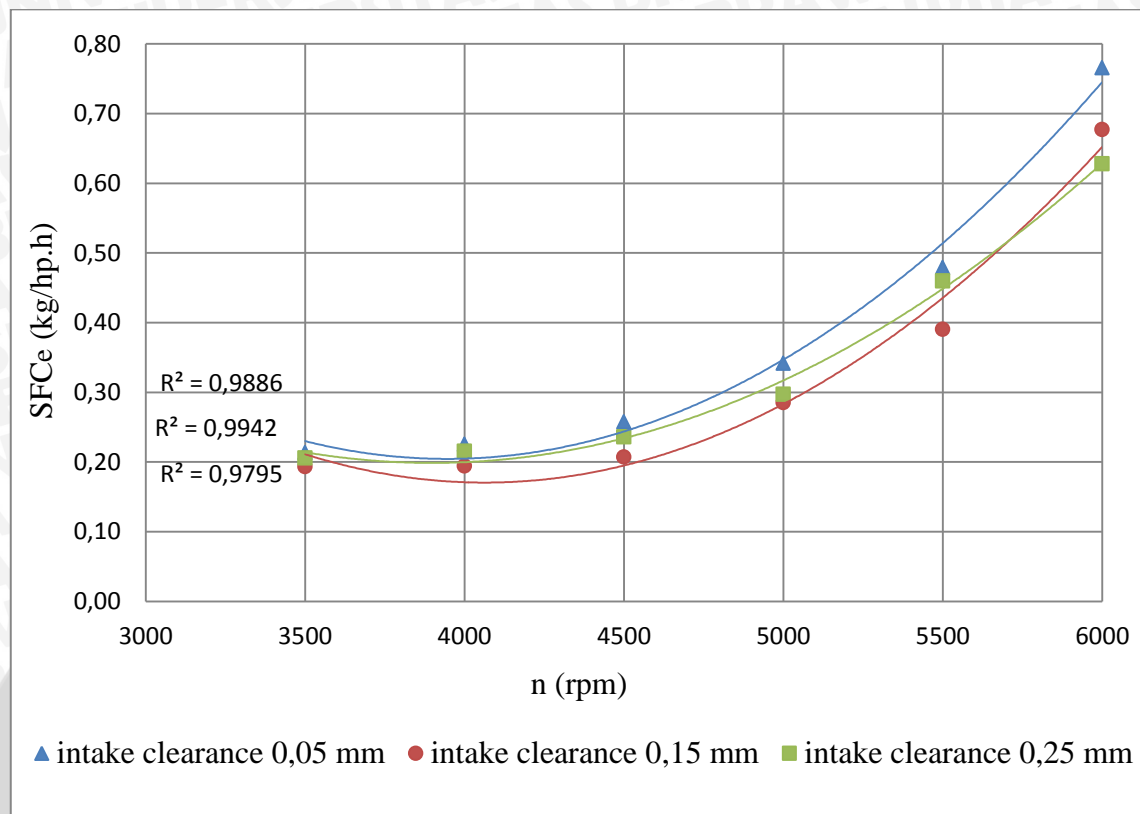
Pada gambar 4.2 terlihat bahwa semakin tinggi putaran mesin maka semakin kecil daya efektif yang didapatkan. Hal ini dikarenakan pada putaran rendah proses pembakaran pada ruang bakar memiliki waktu yang lebih banyak akibat gerakan bolak-balik torak yang cenderung lebih lambat daripada putaran tinggi. Hal ini mengakibatkan pembakaran yang lebih sempurna dan menghasilkan daya yang lebih besar. Tetapi ketika putaran poros terus meningkat, penurunan torsi yang terjadi menjadi tidak

seimbang terhadap kenaikan putaran dan kerugian mekanis yang disebabkan oleh semakin cepatnya gerakan bolak-balik torak. Hal ini disebabkan karena nilai dari daya efektif berbanding lurus dengan nilai torsi (T) dan putaran (n). Dapat dilihat dari persamaan rumus (2-2) bahwa nilai daya efektif sangat dipengaruhi oleh nilai putaran torsi. Pada pembahasan nilai putaran dengan torsi mengungkapkan 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 dapat dilihat nilai rata-rata yang diperoleh pada *intake clearance* 0.15 mm motor bakar 6 langkah lebih tinggi dari pada *intake clearance* 0.05 mm dan *intake clearance* 0.25 mm pada putaran yang sama. Hal ini dikarenakan *intake clearance* 0.15 mm dipengaruhi juga oleh fluktuasi yang terjadi pada pengukuran torsi dengan pembebanan yang lebih besar (lampiran 14) dan memiliki pembakaran yang lebih mendekati sempurna sehingga memiliki energi yang besar untuk mendorong piston pada langkah ekspansi. Untuk *intake clearance* 0.05 mm memiliki daya efektif tertinggi ke dua hal ini dikarenakan mengalami kerugian kompresi yaitu campuran udara dan bahan bakar keluar menuju saluran hisap disebabkan katup hisap belum menutup sepenuhnya pada saat kompresi sehingga mengakibatkan energi hasil pembakaran yang dihasilkan lebih kecil daripada *intake clearance* 0.15 mm. Sedangkan *intake clearance* 0.25 mm memiliki daya efektif terkecil hal ini dikarenakan untuk bukaan katup hisapnya semakin singkat sehingga campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam silinder lebih sedikit dari pada *intake clearance* 0.05 mm dan *intake clearance* 0.15 mm sehingga energi yang dihasilkan dari pembakarannya paling kecil untuk mendorong piston pada langkah ekspansi.

Untuk daya efektif terbesar pada motor bakar 6 langkah *intake clearance* 0.05 mm yaitu pada putaran 3500 rpm sebesar 2.81 hp dan terendah dicapai pada putaran 6000 rpm sebesar 0.93 hp. Untuk *intake clearance* 0.15 mm yaitu putaran 3500 rpm sebesar 3.12 hp dan terendah dicapai pada putaran 6000 rpm sebesar 0.97 hp. Untuk *intake clearance* 0.25 mm yaitu putaran 3500 rpm sebesar 2.71 hp dan terendah dicapai pada putaran 6000 rpm sebesar 0.91 hp.

4.2.3 Hubungan antara Putaran Mesin dengan SFCE



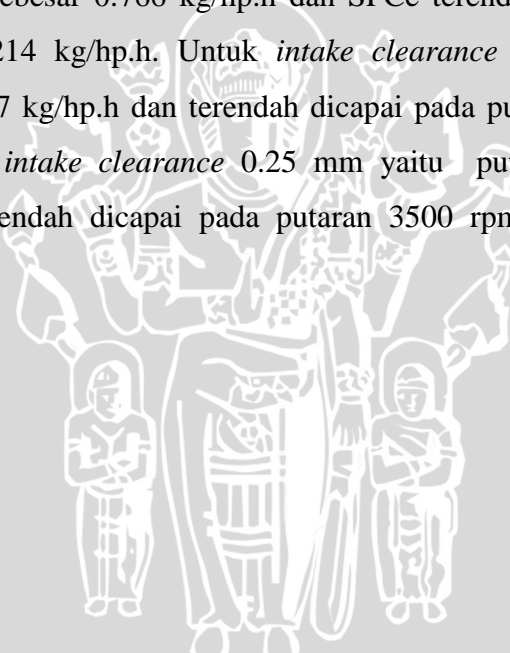
Gambar 4.3 Hubungan antara Putaran Mesin dengan SFCE pada *Clearance* 0,05 mm, 0,15 mm, 0,25 mm.

Pada gambar 4.3 terlihat bahwa dimana semakin tinggi putaran poros maka SFCE yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini terjadi karena dengan semakin tingginya putaran maka jumlah siklus yang terjadi semakin banyak dan konsumsi bahan bakar (FC) yang dibutuhkan semakin besar dimana laju aliran bahan bakar semakin cepat sedangkan jumlah bahan bakar yang terbakar relatif sedikit sehingga energi yang dihasilkan juga rendah. Hal ini juga 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).

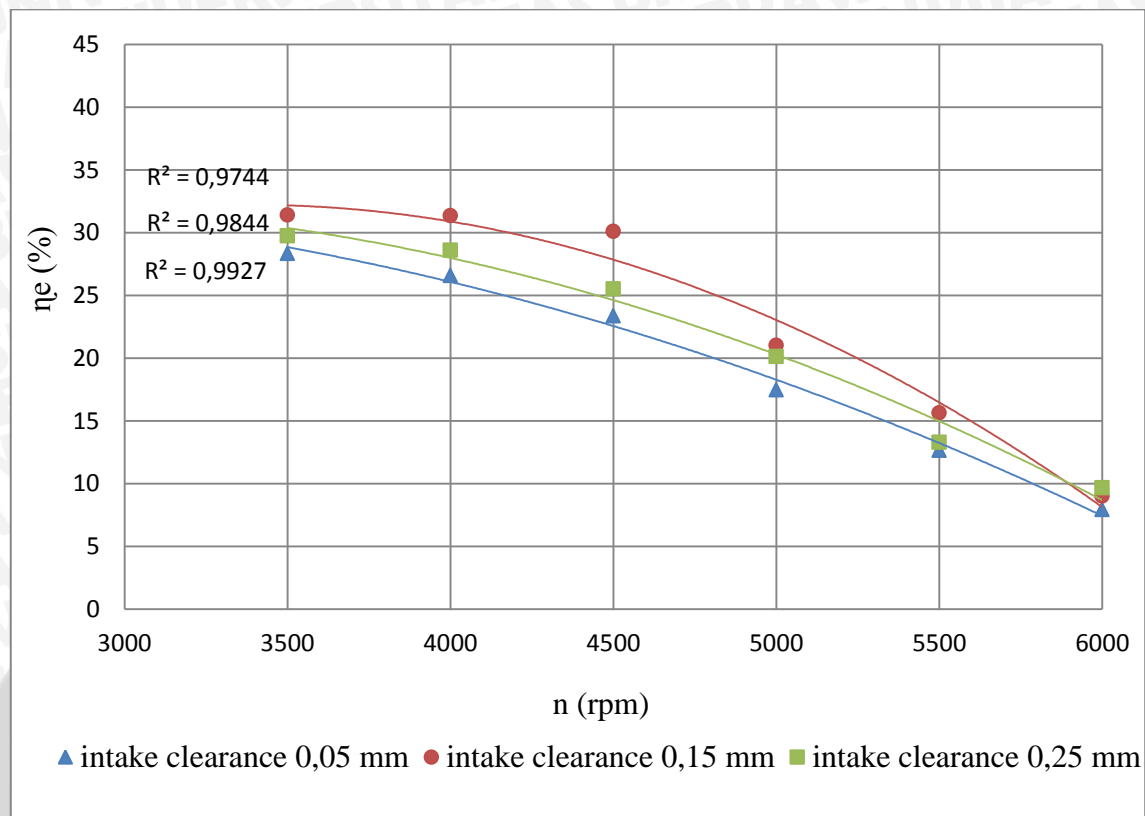
Pada gambar 4.3, diperoleh bahwa penggunaan 3 variasi *clearance* pada motor bakar 6 langkah memiliki selisih terhadap nilai SFCE meskipun nilai yang diperoleh relatif sama namun pada rentangnya berbeda. Nilai SFCE terendah dapat dilihat pada *intake clearance* 0.15 mm hal ini dikarenakan nilai daya efektif yang dihasilkan paling besar dibandingkan dengan celah katup yang lainnya. Artinya penggunaan *intake*

clearance 0.15 mm lebih efisien dibandingkan dengan variasi *intake clearance* yang lainnya. Selain itu melihat persamaan diatas dengan selisih nilai FC pada setiap variasi tidak begitu besar pengaruhnya dibandingkan dengan daya efektif yang dihasilkan oleh variasi *clearance* lainnya. Untuk *intake clearance* 0.05 mm memiliki SFCE tertinggi dari pada *intake clearance* 0.25 mm meskipun daya efektif yang dihasilkan *intake clearance* 0.05 mm lebih besar. Hal ini dikarenakan *intake clearance* 0.05 mm mengkonsumsi bahan bakar paling tinggi namun pada aktulnya mengalami kerugian kompresi yang mengakibatkan daya efektif yang dihasilkan kurang optimal. Sehingga selisih yang dihasilkan dari SFCE yaitu konsumsi bahan bakar (FC) dibagi dengan daya efektif (Ne) yang di hasilkan *intake clearance* 0.05 mm lebih besar daripada *intake clearance* 0.25 mm .

Untuk SFCE terbesar pada motor bakar 6 langkah *intake clearance* 0.05 mm yaitu pada putaran 6000 rpm sebesar 0.766 kg/hp.h dan SFCE terendah dicapai pada putaran 3500 rpm sebesar 0.214 kg/hp.h. Untuk *intake clearance* 0.15 mm yaitu putaran 6000 rpm sebesar 0.677 kg/hp.h dan terendah dicapai pada putaran 3500 rpm sebesar 0.193 kg/hp.h. Untuk *intake clearance* 0.25 mm yaitu putaran 6000 rpm sebesar 0.628 kg/hp.h dan terendah dicapai pada putaran 3500 rpm sebesar 0.206 kg/hp.h.



4.2.4 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Efisiensi



Gambar 4.4 Hubungan antara Putaran Mesin dengan Efisiensi pada Clearance 0,05 mm, 0,15 mm, 0,25 mm.

Pada gambar 4.4, dapat kita lihat bahwa dengan semakin tingginya putaran poros mesin maka efisiensi secara umum mengalami kecenderungan menurun. Hal ini disebabkan karena dengan putaran yang semakin tinggi maka gerakan bolak-balik torak juga semakin cepat sehingga kerugian mekanis semakin besar. Disamping itu waktu yang tersedia untuk membuka dan menutup katup isap semakin singkat, sehingga massa campuran udara-bahan bakar yang dapat dimasukkan ke ruang bakar tiap siklusnya semakin berkurang. Hal tersebut menghasilkan jumlah energi kalor hasil pembakaran semakin menurun seiring meningkatnya putaran dan menurunkan daya efektif yang dihasilkan sehingga efisiensi termalnya ikut menurun. Sebelumnya telah diketahui bahwa kenaikan putaran poros mesin cenderung meningkatkan nilai SFCE. Dari kecenderungan tersebut diperoleh bahwa hubungan putaran dengan efisiensi termal efektif berkebalikan dengan grafik hubungan putaran dengan SFCE. Hal ini dikarenakan nilai efisiensi sendiri dipengaruhi oleh konsumsi bahan bakar spesifik (SFCE) dan nilai kalor bahan bakar LHVbb. Hal ini sesuai dengan persamaan (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 efisien 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, dapat dilihat bahwa *intake clearance* 0.05 mm, *intake clearance* 0.15 mm, *intake clearance* 0.25 mm, nilai efisiensi tertinggi yaitu variasi *intake clearance* 0.05 mm. Hal ini dikarenakan ketika menggunakan *intake clearance* 0.15 mm daya yang dihasilkan paling besar dibandingkan menggunakan *intake clearance* 0.05 mm dan *intake clearance* 0.25 mm. Untuk konsumsi bahan bakar paling tinggi didapat pada *intake clearance* 0.05 mm dibandingkan dengan *intake clearance* 0.15 mm dan *intake clearance* 0.25 mm tetapi daya efektif yang dihasilkan lebih kecil daripada *intake clearance* 0.15 mm hal ini dikarenakan terjadi kerugian kompresi. Akan tetapi bila *intake clearance* 0.05 mm dibandingkan *intake clearance* 0.25 mm, *intake clearance* 0.25 mm memiliki konsumsi bahan bakar dan daya efektif terendah dibandingkan konsumsi bahan bakar dan daya efektif *intake clearance* 0.05 mm. Hal ini dikarenakan selisih SFCe dari konsumsi bahan bakar dibandingkan dengan daya efektif yang dihasilkan *intake clearance* 0.05 mm lebih besar dibandingkan selisih konsumsi bahan bakar dengan daya efektif yang dihasilkan oleh *intake clearance* 0.25 mm. Oleh sebab itu *intake clearance* 0.15 mm memiliki efisiensi paling tinggi dibandingkan *intake clearance* 0.25 mm dan *clearance* 0.05 mm.

Untuk efisiensi termal efektif *intake clearance* 0.05 mm tertinggi pada putaran motor 3500 rpm sebesar 28.36 % dan menurun sampai terendah rpm 6000 sebesar 7.92 %. Sementara pada *intake clearance* 0.15 mm dimana nilai efisiensi termal efektif lebih tinggi secara rata-rata diperoleh nilai tertinggi pada putaran 3500 sebesar 31.42 % terus menurun hingga mencapai putaran 6000 sebesar 9,00 %. Untuk efisiensi termal efektif *intake clearance* 0.25 mm tertinggi pada putaran motor 3500 rpm sebesar 29.76 % dan menurun sampai terendah rpm 6000 sebesar 9.66 %.