BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Sebelum melakukan pengujian, peneliti terlebih dahulu melakukan pengambilan data *sample* bahan bakar campuran tiap variasi. Dimulai dengan kadar solar murni (B0), bioiesel B10, B20 dan B30. Setelah mendapatkan data sample, pengambilan data dimulai dengan melakukan dengan penggantian rasio kompresi mesin kemudian mengganti bahan bakar. Cara pengambilan data dengan mengoperasikan motor pada putaran 1600 – 2400 rpm dengan interval 200 rpm putaran konstan. Data hasil pengujian yang diperoleh dari *engine test bench* adalah sebagai berikut:

Tekanan pembebanan : 1 kg/cm^2
Temperatur mesin : 55±5^{o}C
Waktu debit bahan bakar : 10 s

(Data hasil pengujian karakteristik, gaya, dan konsumsi bahan bakar dapat dilihat pada **Lampiran 2**)

Tabel 4.1
Prosentase Volume Minyak Nyamplung Campuran Bahan Bakar

Bahan Bakar	Persentase Volume (%)	
	Solar	Biodiesel
B0	100	0
B10	90	10
B20	80	20
B30	70	30

4.1.2 Pengolahan Data

Sebagai contoh perhitungan, data diambil dari pengujian dengan bahan bakar solar dan variasi *rasio kompresi 19.5* pada putaran 2400 rpm adalah sebagai berikut: Hasil pengolahan data dapat dilihat pada (**Lampiran 3**).

Lower heating value solar : 10742.676 kcal/kg
Massa jenis : 0.848 g/ml
Viskositas@27°C : 10.98 cSt
Panjang lengan dynamometer : 0.315 m
Flashpoint : 47°C
Waktu debit bb : 10 s

- Torsi pada *crankshaft* (T)

$$T = 1{,}6\ kgf\ x\ 0.315\ m$$
$$= 0{,}504\ kgf.m$$

- *Daya* efektif (Ne)

$$Ne = \frac{0.504\ kgf.m\ x\ 2400\ rpm}{716.2}$$
$$= 1{,}688\ PS$$

- *Fuel Consumption* (FC)

$$FC = \frac{1{,}133\ ml}{10\ s}\ x\ 0.848\ {}^{g}/_{ml}\ x\ \frac{3600}{1000}$$
$$= 0.338\ {}^{kg}/_{jam}$$

- *Specific Fuel Consumption Effective* (SFCe)

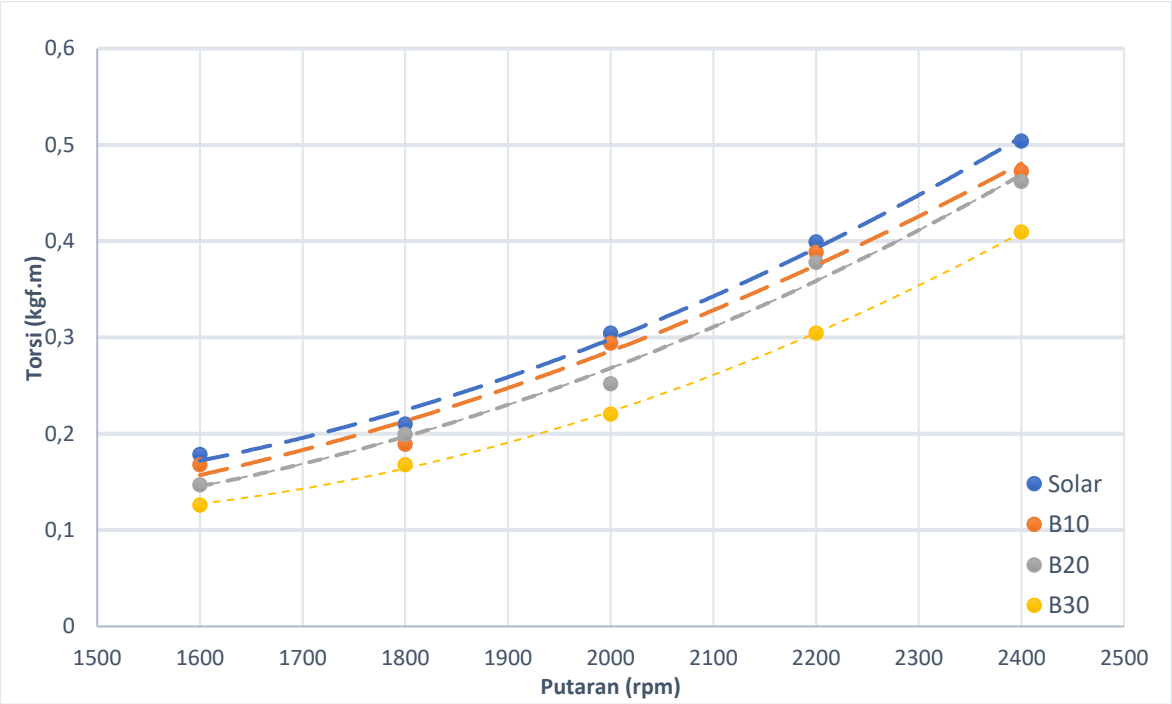
$$SFCe = \frac{0.33864\ {}^{kg}/_{jam}}{1{,}68891\ PS}$$
$$= 0.2005\ {}^{kg}/_{PS.jam}$$

- Efisiesi Termal Efektif (ηe)

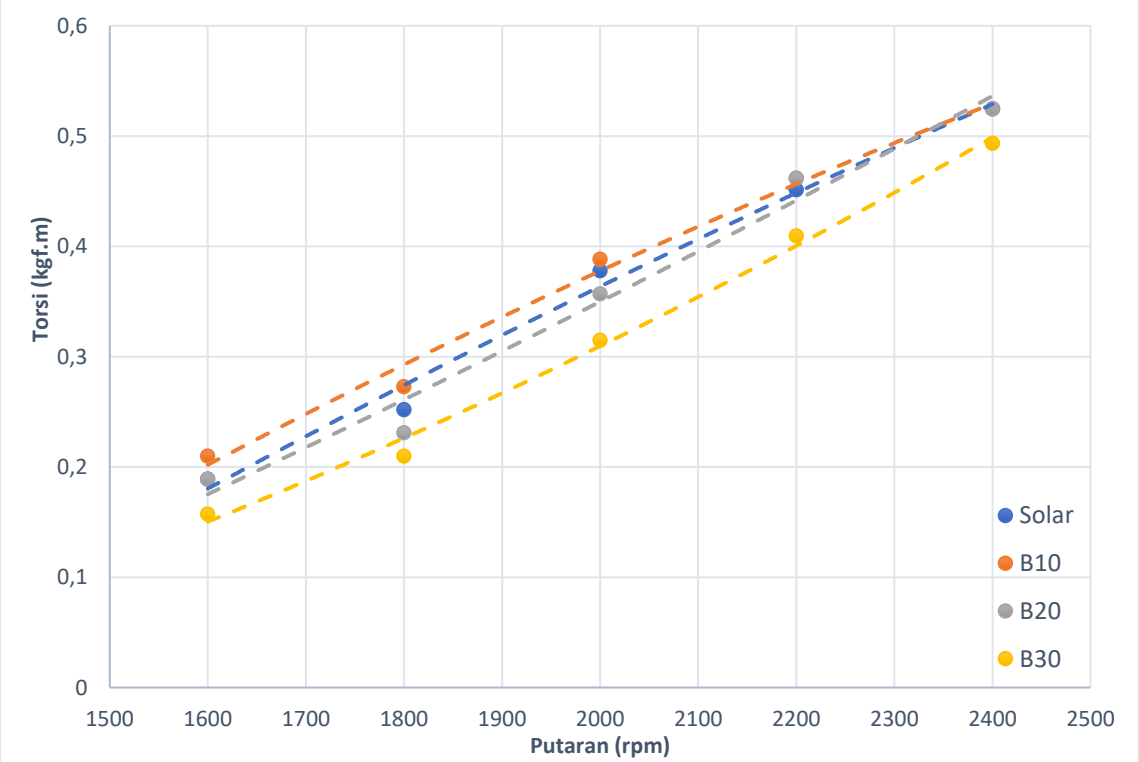
$$\eta e = \frac{632\ x\ 1{,}68891\ PS}{0{,}33864\ x\ 10742.676\ {}^{kcal}/_{kg}}\ .100\%$$
$$= 30{,}3585\ \%$$

4.2 Pembahasan

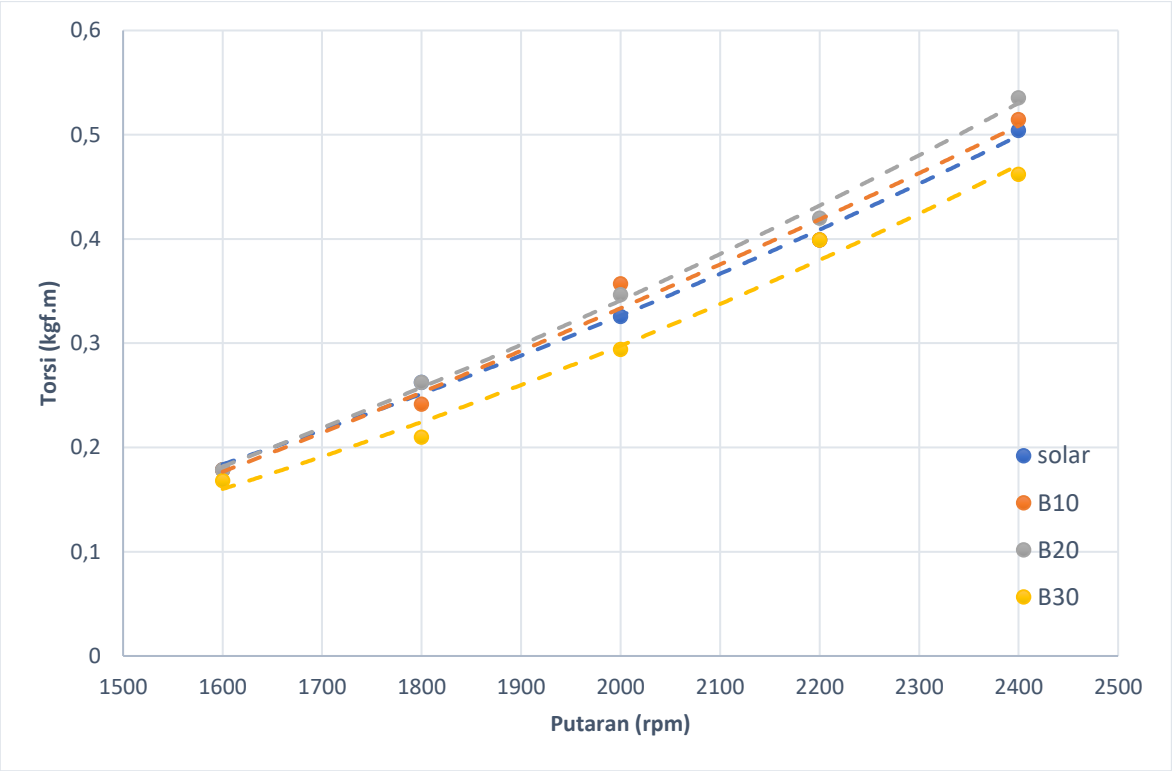
4.2.1 Grafik Hubungan Putaran Terhadap Torsi



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Putaran terhadap Torsi dengan Variasi Bahan Bakar pada Rasio Kompresi 15.5



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Putaran terhadap Torsi dengan Variasi Bahan Bakar pada Rasio Kompresi 17.5



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Putaran terhadap Torsi dengan Variasi Bahan Bakar pada Rasio Kompresi 19.5

Gambar 4.1, 4.2, 4.3 merupakan hubungan antara torsi terhadap putaran mesin. Torsi didapat dari hasil perkalian antara beban pengereman pada poros yang terbaca pada neraca pegas dengan panjang lengan *dynamometer*. Dari grafik diatas kecenderungan ketika putaran meningkat torsi yang dihasilkan juga meningkat. Ketika putaran poros meningkat jumlah bahan bakar dan udara yang masuk silinder makin bertambah, sehingga tekanan dan energi panas hasil pembakaran mengalami peningkatan yang menyebabkan torsi yang dihasilkan juga meningkat.

Dari ketiga grafik dapat dilihat, dengan penambahan persentase biodiesel nyamplung pada bahan bakar campuran dengan rasio kompresi yang sama, akan menyebabkan penurunan nilai torsi. Hal ini disebabkan dari karakteristik bahan bakar biodiesel nyamplung yang tercantum pada tabel 4.2, bertambahnya prosentase biodiesel nyamplung pada bahan bakar campuran solar murni menyebabkan menurunnya nilai LHV dari bahan bakar. Namun dengan peningkatan rasio kompresi akan memperbaiki karakteristik pembakaran dari penambahan biodiesel nyamplung pada prosentase tertentu, sehingga torsi yang dihasilkan cenderung meningkat.

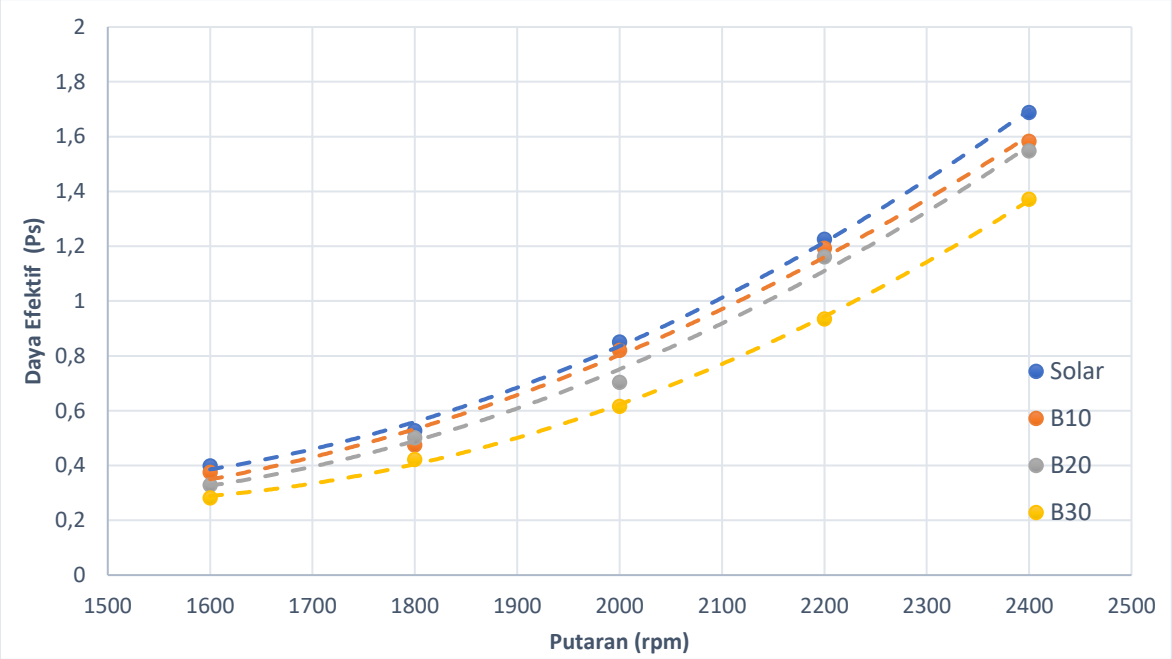
Bahan bakar biodiesel nyamplung mengandung asam lemak jenuh yang tinggi. Hal itu menyebabkan angka setana yang dimiliki biodiesel nyamplung lebih tinggi dibandingkan solar murni (Sahirman 2009). Bilangan setana yang lebih tinggi akan membantu start yang

baik dan meminimumkan pembentukan asap putih (Tyson 2004). Bilangan setana yang tinggi menunjukkan waktu yang lebih pendek antara injeksi bahan bakar dan pengapian (*ignition delay*) (Sahirman 2009). Gambar 4.1 dengan rasio kompresi 15,5:1 torsi yang dihasilkan biodiesel nyamplung lebih rendah dibandingkan solar murni. Hal ini disebabkan biodiesel nyamplung memiliki angka setana yang lebih tinggi dibandingkan solar murni yang dimana biodiesel nyamplung membutuhkan rasio kompresi yang tinggi untuk memaksimalkan pembakaran bahan bakar yang terjadi di ruang bakar. Selain itu bahan bakar biodiesel nyamplung memiliki karakteristik *flash point* yang cukup tinggi yang membuat bahan bakar biodiesel nyamplung lebih sulit terbakar dibandingkan dengan solar murni sehingga bahan bakar campuran biodiesel nyamplung tidak sepenuhnya terbakar ketika proses pembakaran terjadi dengan rasio kompresi 15,5:1, sehingga energi panas yang hasilkan menurun yang berdampak pada torsi yang dihasilkan juga menurun.

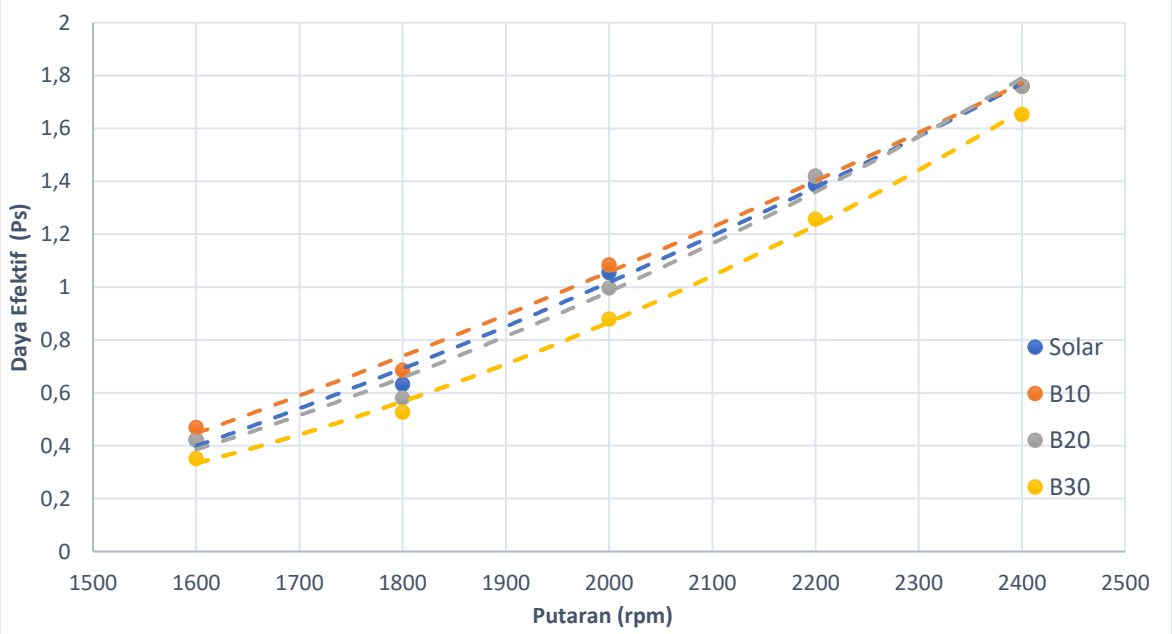
Sedangkan dengan meningkatnya rasio kompresi mesin, torsi yang dihasilkan mengalami peningkatan dari ke-empat bahan bakar. Hal ini dikarenakan dengan peningkatan rasio kompresi akan menaikkan tekanan dan temperatur ruang bakar sehingga dari peningkatan rasio kompresi dapat mempercepat *ignition delay* menyebabkan bahan bakar lebih cepat terbakar sehingga energi panas hasil pembakaran meningkat. Seiring bertambahnya prosentase biodiesel nyamplung pada bahan bakar solar murni memerlukan rasio kompresi yang tinggi dikarenakan karakteristik biodiesel nyamplung yang membutuhkan energi panas yang besar untuk dapat terbakar dengan sendirinya.

Dalam ketiga grafik menunjukkan torsi tertinggi diperoleh pada bahan bakar campuran B20 dengan rasio kompresi 19,5 sebebsar 0,5355 kg.m. Hal ini dikarenakan pada rasio kompresi 19,5 bahan bakar biodiesel nyamplung yang memiliki bilangan sentana yang tinggi dapat terbakar dengan sempurna dan biodiesel nyamplung memiliki kandungan oksigen yang dapat membantu proses pembakaran, sedangkan pada rasio kompresi 17,5 torsi terbaik diperoleh dengan bahan bakar B20 sebesar 0,525 kg.m. Sementara untuk torsi tertinggi pada rasio kompresi 15.5 menghasilkan torsi terbaik dengan bahan bakar solar (B0) sebesar 0,504 kg.m.

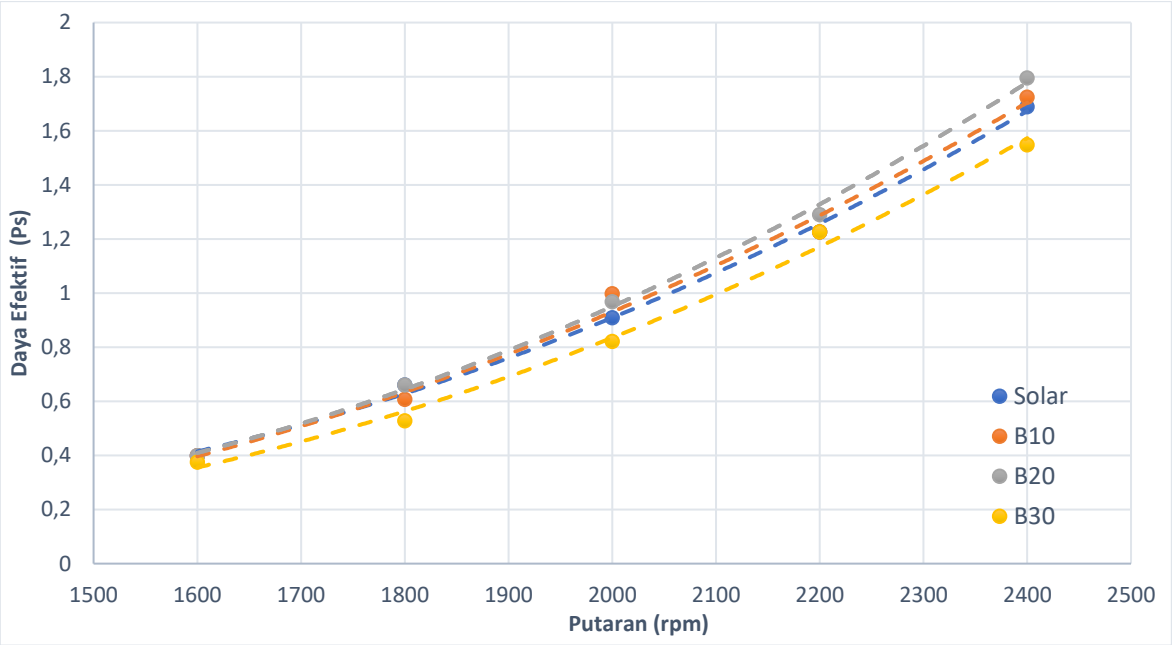
4.2.2 Grafik Hubungan Putaran Terhadap Daya Efektif



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Putaran terhadap Daya Efektif dengan Variasi Bahan Bakar pada Rasio Kompresi 15.5



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Putaran terhadap Daya Efektif dengan Variasi Bahan Bakar pada Rasio Kompresi 17.5



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Putaran terhadap Daya Efektif dengan Variasi Bahan Bakar pada Rasio Kompresi 19.5

Dari gambar 4.4, 4.5, 4.6 diatas merupakan hubungan antara daya efektif dengan putaran mesin yang ditunjukkan bahwa grafik diatas menyerupai bentuk grafik torsi. Dengan bertambahnya nilai putaran poros, daya dihasilkan semakin naik. Hal ini karena daya efektif didapat dari hubungan harga torsi dan putaran yang berbanding lurus.

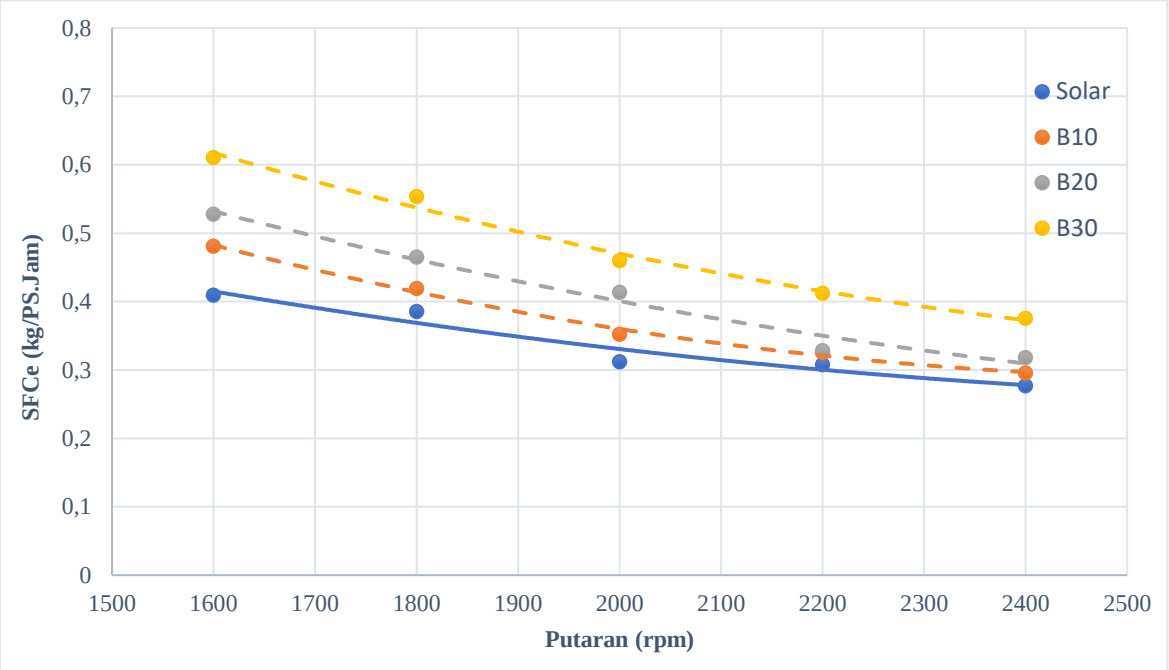
Peningkatan prosentase biodiesel nyamplung pada bahan bakar solar murni dengan rasio kompresi yang sama akan menyebabkan penurunan daya efekif dan meningkatnya rasio kompresi yang diikuti dengan peningkatan prosentase biodiesel nyamplung dapat meningkatkan daya efektif yang dihasilkan. Pada putaran motor yang rendah daya efektif yang dihasilkan juga turun hal ini disebabkan karena jumlah bahan bakar yang masuk dalam silinder sedikit, sehingga tekanan efektif yang terjadi pada proses pembakaran berlangsung sangat rendah yang menyebabkan daya efektif yang dihasilkan cenderung kecil sedangkan dengan seiring terbukanya *throttle* bahan bakar masuk dalam ruang silinder meningkat sehingga seiring bertambahnya putaran mesin diikuti dengan peningkatan daya efektif.

Bilangan setana yang dimiliki biodiesel nyamplung lebih tinggi dibandingkan dengan solar murni. Bilangan setana yang tinggi menunjukkan waktu yang lebih pendek antara injeksi bahan bakar dan pengapian (*ignition delay)* (Sahirman 2009), maka dari itu bilangan setana yang tinggi membutuhkan rasio kompresi yang tinggi untuk memaksimalkan pembakaran yang terjadi di ruang bakar dan untuk menyeimbangkan waktu yang lebih pendek antara injeksi bahan bakar dan pengapian. Pemakaian campuran B30 pada putaran rendah menunjukkan kenaikan daya yang lebih landai. Hal ini terkait semakin banyaknya

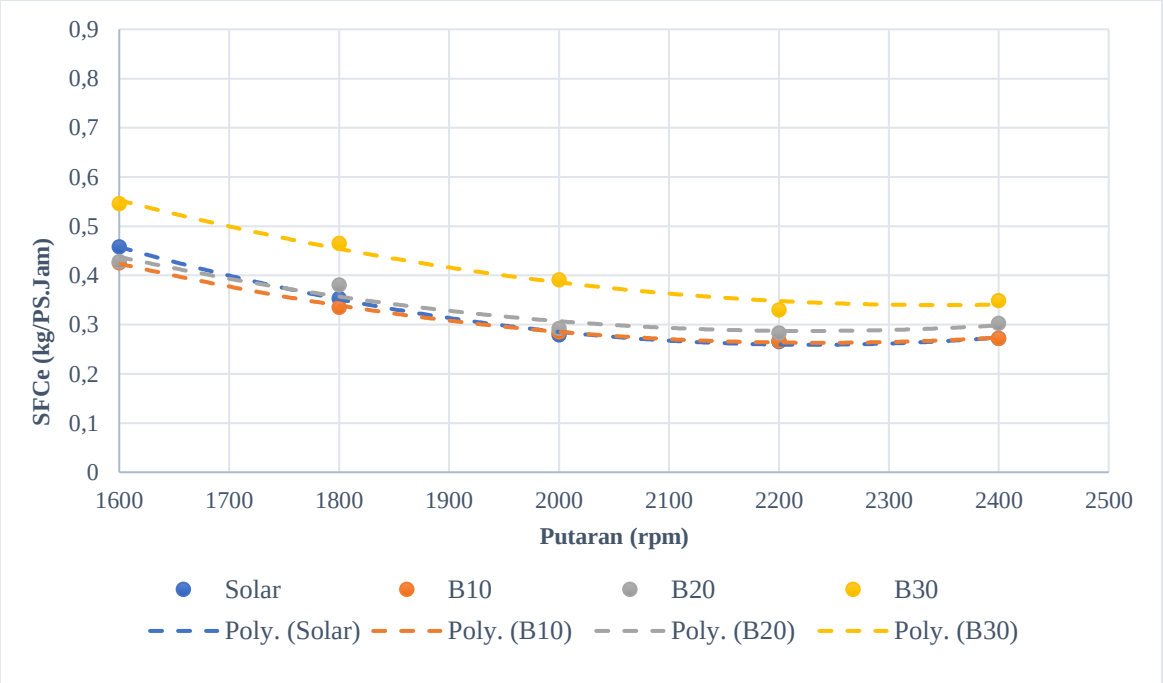
campuran minyak biji nyamplung pada solar murni akan menurunkan nilai kalor. Sedangkan tiap kenaikan rasio kompresi, rendahnya nilai kalor yang dimiliki terbantu oleh kesempurnaan proses pembakaran akibat kandungan oksigen yang terkandung didalam biodiesel nyamplung (Sahirman 2009). Dapat dilihat pada grafik rasio kompresi 15,1:1 bahan bakar campuran biodiesel nyamplung menghasilkan daya yang lebih rendah dibandingkan solar murni, tetapi pada grafik rasio kompresi 17,5:1 dan rasio kompresi 19,5:1 bahan bakar campuran biodiesel nyamplung dengan kandungan B10 dan B20 menghasilkan daya yang lebih tinggi dibandingkan solar.

Nilai daya tertinggi diperoleh dengan pemakaian rasio kompresi 19.5 pada bahan bakar B20 , sebesar 1,7944 Ps pada putaran 2400 RPM. Hal ini dikarenakan pada rasio kompresi 19,5 bahan bakar biodiesel nyamplung yang memiliki bilangan sentana yang tinggi dapat terbakar dengan sempurna dan biodiesel nyamplung memiliki kandungan oksigen yang dapat membantu proses pembakaran. Kemudian pada dengan rasio 17.5 dengan bahan bakar B20 sebesar 1,7592 Ps pada putaran 2400 sedangkan pada rasio kompresi 15.5 :1 diperoleh daya tertinggi pada putaran 2400 RPM yaitu sebesar 1,6889 Ps dengan bahan bakar B0 (solar murni).

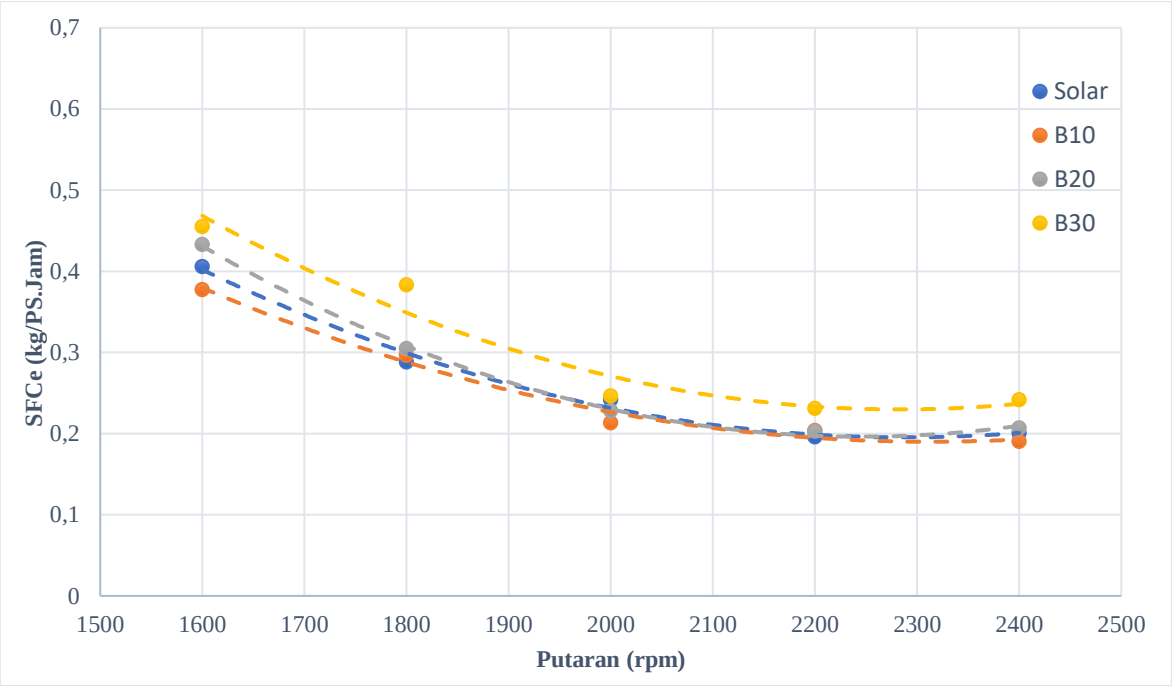
4.2.3 Grafik Hubungan Putaran Terhadap *Specific Fuel Consumption Effective*



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Putaran terhadap *Specific Fuel Consumption Effective* dengan Variasi Bahan Bakar Pada Rasio Kompresi 15.5.



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Putaran terhadap *Specific Fuel Consumption Effective* dengan Variasi Bahan Bakar pada Rasio Kompresi 17.5



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Putaran Terhadap *Specific Fuel Consumption Effective* dengan Variasi Bahan Bakar pada Rasio Kompresi 19.5

Gambar 4.7, 4.8, 4.9 diatas menjelaskan hubungan putaran terhadap *specific fuel consumption effective* (SFCe). SFCe merupakan jumlah banyaknya bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan daya efektif dan semakin rendah nilainya maka semakin ekonomis. Dari grafik tersebut memiliki kecenderungan harga dari SFCe menurun sampai titik tertentu, kemudian naik. Dari hubungan SFCe yang berbanding lurus dengan *fuel consumption* akan tetapi berbanding terbalik dengan daya efektif dimana semakin besarnya daya dihasilkan nilai SFCe semakin kecil.

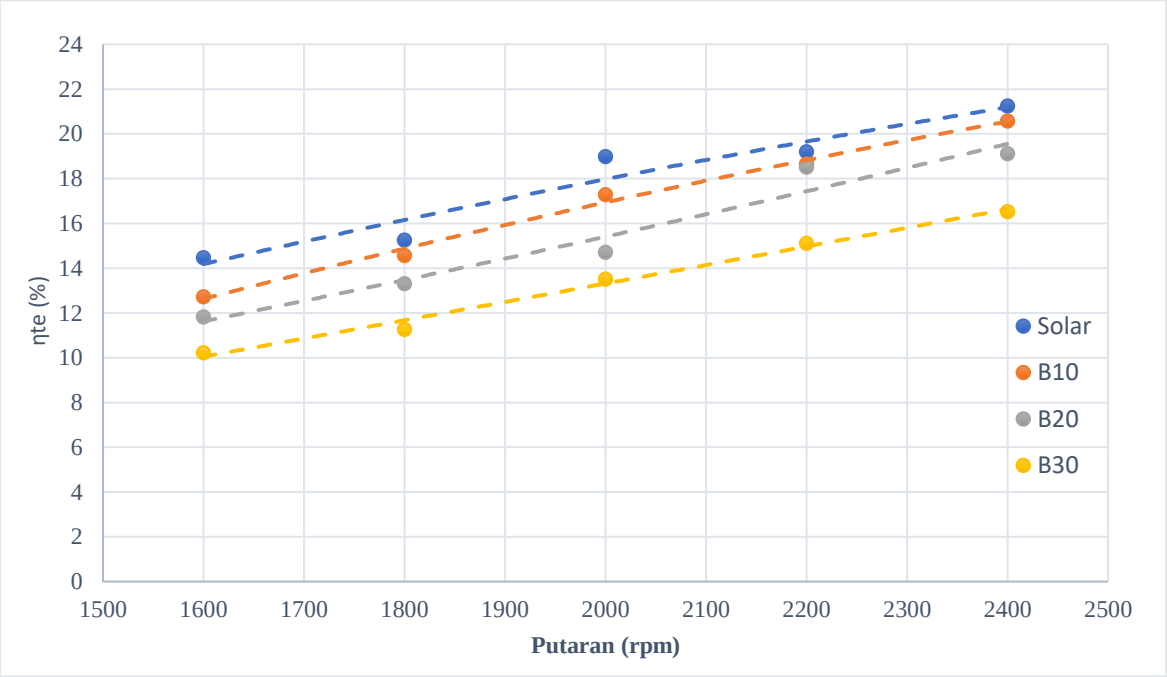
Nilai SFCe yang besar pada putaran awal disebabkan karena banyaknya kerugian panas yang hilang melalui dinding silinder. Semakin tingginya putaran maka konsumsi bahan bakar akan semakin menurun. Hal ini sesuai dengan hukum kelembaman dimana benda yang sudah bergerak dengan kecepatan tertentu , akan tetap bergerak dengan kecepatan itu jika tidak ada gangguan. Pada putaran tertentu konsumsi bahan bakar akan naik, dikarenakan pergerakan piston yang tadinya cenderung ingin bergerak dengan se-iring bertambahanya putaran pergerakan piston akan menurun dengan sendirinya maka untuk menyeimbangkan putaran motor konsumsi bahan bakar akan meningkat.

Sementara itu pada grafik setiap peningkatan rasio kompresi memberikan nilai SFCe berbeda-beda dari keempat bahan bakar. Untuk nilai SFCe pada masing masing rasio kompresi dengan perbandingan variasi bahan bakar diperoleh pada rasio kompresi 19.5 hasil terbaik sebesar 0,1904 kg/Ps.Jam pada putaran 2400 rpm dengan bahan bakar B10. Hal ini

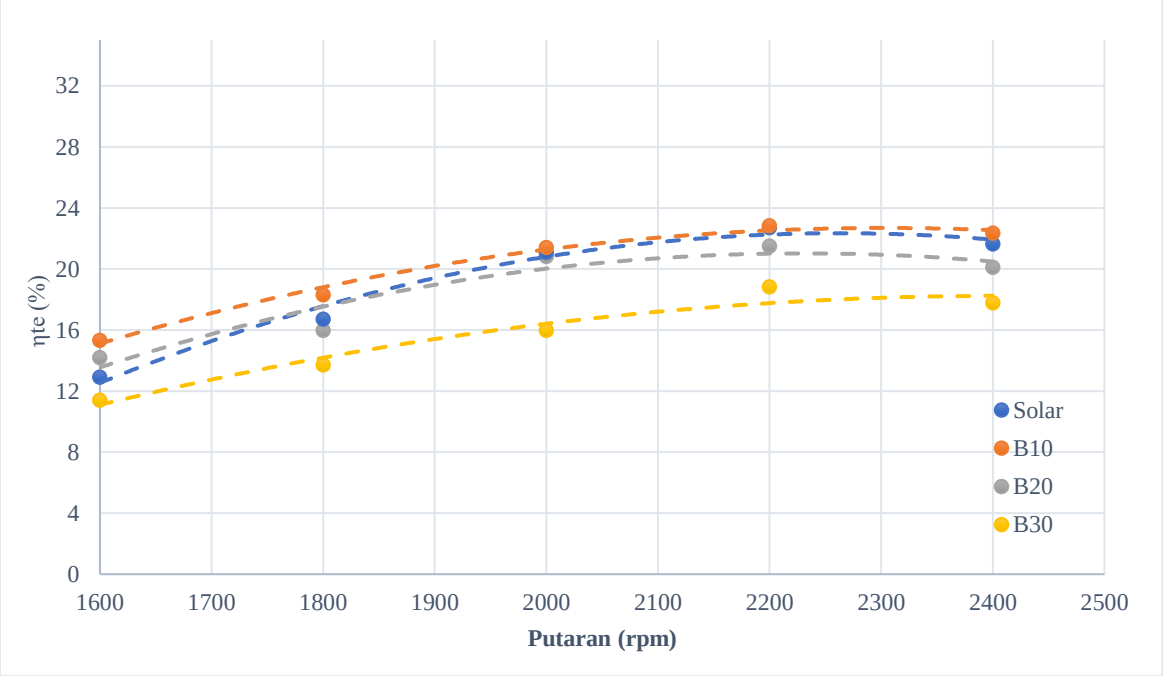
dikarenakan seiring peningkatan rasio kompresi tekanan dan temperatur yang dihasilkan semakin tinggi, sehingga bahan bakar biodiesel nyamplung dapat lebih mudah terbakar dan dapat meminimalisir bahan bakar yang tidak terbakar secara sempurna ketika proses pembakaran. Kemudian rasio kompresi 17.5 diperoleh hasil terbaik sebesar 0,2719 kg/PS pada bahan bakar B10 dengan putaran 2200 rpm, sedangkan pada rasio kompresi 15,5 :1 Pada bahan bakar B0 diperoleh hasil sebesar 0.2771 kg/PS.Jam pada putaran 2200 rpm.

Dari grafik dapat disimpulkan bahwa peningkatan rasio kompresi dapat memberikan SFCe lebih baik akan tetapi dengan penambahan campuran biodiesel nyamplung dengan rasio kompresi tetap menyebabkan SFCe meningkat dikarenakan semakin meningkatnya campuran biodiesel nyamplung daya efefktif yang dihasilkan menrun. Selain itu penambahan biodiesel nyamplung ke dalam solar murni dapat meningkatkan bilangan setana yang dimiliki bahan bakar, sehingga bilangan setana yang tinggi membutuhkan rasio kompresi yang tinggi agar dapat mengoptimalkan pembakaran bahan bakar yang terjadi ketika proses pembakaran. Hal tersebut menunjukkan bahwa meningkatnya rasio kompresi berdampak peningkatan temperatur silinder yang menyebabkan bahan bakar lebih cepat terbakar dari gambar 4.7 sampai 4.9 diatas menjelaskan bahwa peningkatan rasio kompresi dengan penggunaaan bahan bakar campuran biodiesel nyamplung yang tepat dapat menghasilkan daya efektif yang optimal sehingga nilai SFCe cenderung lebih rendah sedangkan pada bahan bakar B30 memiliki nilai SFCe tertinggi dikarenakan daya yang dihasilkan cederung lebih rendah.

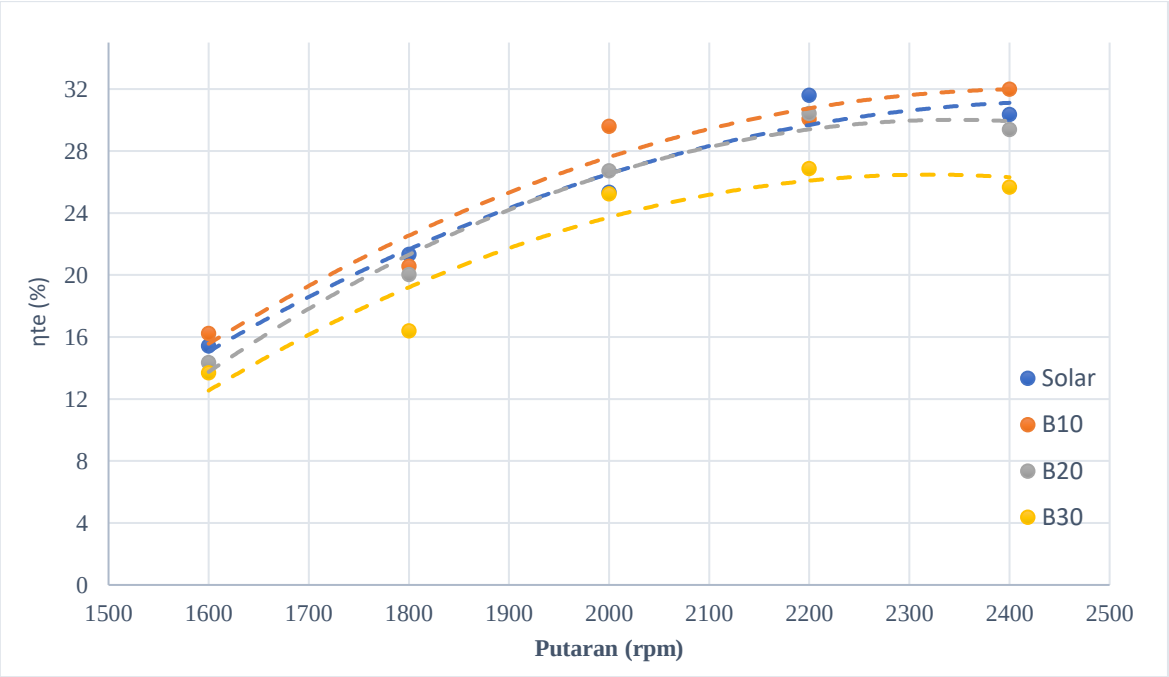
4.2.4 Grafik Hubungan Putaran Terhadap Efisiensi Termal Efektif



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Putaran terhadap Efisiensi Termal Efektif dengan Variasi Bahan Bakar pada Rasio Kompresi 15.5



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Putaran terhadap Efisiensi Termal Efektif dengan Variasi Bahan Bakar pada Rasio Kompresi 17.5



Gambar 4.12 Grafik Hubungan Putaran terhadap Efisiensi Termal Efektif dengan Variasi Bahan Bakar pada Rasio Kompresi 19.5

Gambar 4.10 sampai 4.12 merupakan grafik hubungan anatara putaran dengan efisiensi termal efektif yang memiki kecenderungan meningkat ketika puataran bertambah sampai titik optimum kemudian turun. Nilai dari efisiensi termal efektif cenderung meningkat disebabkan karena Efieiensi thermal efektif berbanding lurus dengan daya efektif dan berbading terbalik dengan konsumsi bahan bakar. Nilai efisiensi thermal efektif cenderung meningkat disebabkan meningkatnya daya efektif yang dihasilkan.

Pada ketiga gambar tersebut menjelaskan bahwa pada bahan bakar campuran biodiesel nyamplung memiliki efisiensi thermal efektif yang tinggi dengan penggunaan bahan bakar B10 pada rasio 19,5:1. Hal ini dikarenakan biodiesel nyamplung memiliki bilangan setana yang lebih tinggi dari solar murni, dimana semkin tingginya angka setana maka membutuhkan rasio kompresi yang tinggi agar dapat mengoptimalkan pembakaran. Pada rasio kompresi 19,5 bahan bakar biodiesel nyamplung yang memiliki bilangan setana yang tinggi dapat terbakar dengan sempurna dan biodiesel nyamplung memiliki kandungan oksigen yang dapat membantu proses pembakaran. Begitu pula dengan B20 dan B30, semakin tingginya rasio kompresi maka efisiensi termal yang dihasilkan mendekati solar murni, sehingga dalam kasus ini B10 memiliki efisiensi termal yang lebih tinggi dari solar murni. Selanjutnya pada rasio kompresi 15.5, campuran bahan bakar B0, diperoleh hasil terbaik pada putaran 2400 rpm, yaitu 21.2461 %. Kemudian pada rasio kompresi 17.5 pada campuran bahan bakar campuran B10 volume diperoleh hasil terbaik pada putaran 2400 rpm,

yaitu 22.8324%. dan pada rasio kompresi 19.5 bahan bakar campuran B10 volume diperoleh hasil terbaik pada putaran 2400 rpm, yaitu 31.9956%.

Dari grafik dapat disimpulkan bahwa meningkatnya rasio kompresi dapat menaikkan daya efektif mesin yang menyebabkan efisiensi thermal efektif meningkat, tetapi dengan penambahan biodiesel nyamplung yang berlebih menyebabkan efisiensi termal menurun. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya biodiesel nyamplung menyebabkan nilai LHV tersebut turun dan juga viskositas bahan bakar campuran yang relatif lebih tinggi. Selain itu banyaknya campuran biodiesel nyamplung ke dalam solar murni akan menaikkan bilangan setana yang dimiliki bahan bakar, semakin tingginya bilangan setana dengan rasio kompresi tetap akan dapat menurunkan efisiensi termal pada mesin.

Berdasarkan keseluruhan grafik, dapat dilihat pada rasio kompresi 15,5 bahan bakar dengan campuran biodiesel nyamplung dan solar murni memiliki efisiensi termal yang lebih rendah dibandingkan solar murni. Pada rasio kompresi 17,5 dan 19,5 bahan bakar dengan campuran biodiesel nyamplung dan solar murni memiliki efisiensi termal yang dapat menyaingi solar murni, khususnya pada B10 dan B20. Hal ini disebabkan bahan bakar biodiesel nyamplung memiliki bilangan setana yang tinggi dibandingkan solar murni, dimana bilangan setana yang tinggi memerlukan rasio kompresi yang tinggi untuk mengoptimalkan pembakaran bahan bakar. Faktor lain yaitu karakteristik yang dimiliki biodiesel nyamplung seperti viskositas, dan *flash point* yang lebih tinggi dibandingkan solar murni, yang berakibat bahan bakar semakin sulit terbakar dengan rasio kompresi rendah.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA