

Studi Eksperimen Optimasi Sudut Pengapian Terhadap Daya pada Motor Bakar 4 Langkah 1 Silinder dan Rasio Kompresi 9,5:1 dengan Variasi Campuran Bensin Premium dan Bioetanol

Ahmad Nur Rokman¹, Romy²

Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

¹romanolenk@yahoo.co.id, ²romy_pku@yahoo.com

Abstract

Currently, the amount of fossil fuel in Indonesia is forecast limited, so that in the future will be likely fuel oil depletion that lead to increase the its price. Therefore, it is urgently to look for other alternative of fuel oil sources. Indonesia has a renewable alternative of fuel source that is bioethanol. The bioethanol can be blended with gasoline to improve the performance on gasoline. The purpose of this study is to determine the optimum angle for different concentrations of a mixture of ethanol and gasoline to produce optimal engine work. In this study, the effects of using unleaded gasoline (E0) and unleaded gasoline-ethanol blends (E10, E20, E30, E40 and E50) on engine performance. The investigation was conducted on a Suzuki Shogun 125 R single-cylinder, four-stroke, spark ignition engine. The experiments were performed by varying the ignition angle (15° , 20° and 25°) and speed of the crankshaft (2000 rpm, 3000 rpm and 4000 rpm). A result for the maximum effective braking power was on E20, the ignition angle of 20 degrees before TDC (Top Dead Center) at the crankshaft speed of 2000 rpm that was 156.284635 Watt, minimum SFC (Specific Fuel Consumption) was on E10, the ignition angle of 15 degrees before TDC, at the crankshaft speed of 2000 rpm that was 5.63×10^{-7} kg / J. The thermal of maximum braking efficiency was on the E10, the ignition angle of 15 degrees before TDC at the crankshaft speed of 2000 rpm was 4.2%.

Keywords: Internal Combustion Engine, Bioethanol, Ignition Angle

1. Pendahuluan

Penurunan sumber daya minyak fosil dan tuntutan akan energi yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui menyebabkan perlunya penelitian yang lebih mendalam terhadap etanol sebagai bahan bakar pada mesin pembakaran dalam.

Topgul [1] mempelajari tentang pengaruh penambahan bioetanol pada bensin tanpa timbal terhadap performa mesin dan emisi gas buang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencampuran bensin tanpa timbal dengan etanol akan sedikit meningkatkan torsi pengereman dan menurunkan emisi karbon monoksida (CO) dan emisi hidrokarbon (HC). Hasil penelitian juga menemukan bahwa pencampuran bensin dengan etanol memungkinkan untuk digunakan pada mesin dengan rasio kompresi yang tinggi tanpa terjadinya ketukan.

Abdel-rahman *et.al* [2] membahas pengujian performa mesin dengan campuran bensin tanpa timbal-etanol dengan penggunaan berbagai rasio kompresi mesin. Menyatakan bahwa mencampur etanol dalam bensin akan meningkatkan nilai oktan campurannya namun menurunkan nilai LHV. Mesin menunjukkan peningkatan daya dengan penambahan etanol dalam bahan bakarnya. Campuran optimum yang ditemukan yaitu pada campuran 10% etanol dan 90% bensin.

Dalam sebuah studi eksperimental, dilakukan oleh Al-Hasan [3], efek dari penggunaan campuran bensin-etanol pada kinerja mesin *spark ignition* dan emisi gas buang yang diselidiki. Ia menemukan bahwa menggunakan

bensin tanpa timbal-etanol akan meningkatkan daya efektif pengereman, efisiensi termal pengereman, efisiensi volumetrik dan konsumsi bahan bakar dengan sekitar 8,3%, 9%, 7% dan 5,7%. Selain itu, emisi CO dan HC berkurang sekitar 46,5% dan 24,3. Bahan bakar 20% campuran etanol memberikan hasil terbaik dari performa mesin dan emisi gas buang.

Penelitian ini bertujuan menentukan sudut optimum untuk konsentrasi yang berbeda dari campuran etanol dan bensin, sehingga menghasilkan kerja mesin yang optimal.

2. Metodologi

Metode yang digunakan yaitu dengan cara memberikan pembebanan terhadap mesin agar kecepatan putaran mesinnya turun. Perubahan nilai kecepatan poros mesin dan besarnya pembebanan akan menghasilkan torsi dan daya sebagai parameter performa mesin pada motor bensin 4 langkah 1 silinder 125 cc dengan rasio kompresi 9,5:1.

a. Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan dengan cara menggunakan alat uji motor bakar di laboratorium konversi energi, teknik mesin, Universitas Riau. Dengan variable pengujian yaitu:

- Sudut pengapian (15° , 20° dan 25°)
- Konsentrasi etanol pada bahan bakar (E10, E20, E30, E40 dan E50)

- Kecepatan putaran poros engkol (2000 rpm, 3000 rpm and 4000 rpm)

b. Pengolahan data

Parameter pada penelitian ini adalah daya efektif pengereman (N_e). Daya efektif pengereman didefinisikan sebagai laju kerja dan sama dengan perkalian antara gaya dengan kecepatan linier atau torsi dengan kecepatan angular [4].

$$\text{Daya } (N_e) = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60} (W)$$

Dimana:

n = Kecepatan putaran poros (rpm)

T = Torsi (Nm)

Untuk mengetahui torsi yang bekerja pada poros digunakan persamaan [4]:

$$T = \mu \cdot F_2 \cdot K_1 \cdot R_m$$

Dimana nilai μ adalah koefisien gesek sepatu rem. F adalah gaya yang bekerja pada piston besar cakram yang di hasilkan dari pembebanan yang diberikan pada piston master rem. Nilai (F), (K_1) dan (R_m) di peroleh dari persamaan:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{2A_2}$$

$$F_2 = \frac{F_1}{A_1} \cdot 2A_2$$

Dimana:

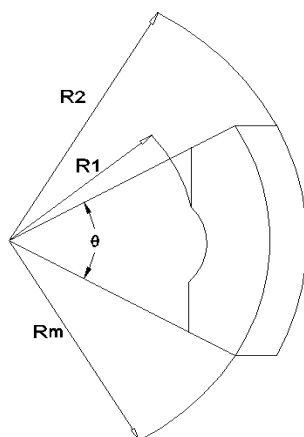
F_1 : Gaya yang bekerja pada piston rem kecil (N)

F_2 : Gaya yang bekerja pada piston rem besar (N)

A_1 : Luas penampang pada piston rem kecil (m^2)

A_2 : Luas penampang pada piston rem besar (m^2)

Dari Gambar 1, untuk mengukur nilai R_1 , R_2 , diukur dari titik pusat piringan cakram [4].



Gambar 1. Notasi untuk Cakram Rem [4]

$$K_1 = \frac{2\phi}{3\sin\phi} \left[1 - \frac{R_1 \cdot R_2}{(R_1 + R_2)^2} \right]$$

$$R_m = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

Dimana:

R_1 : jari-jari pusat cakram ke tepi dalam kampas rem

R_2 : jari-jari pusat cakram ke tepi luar kampas rem

Φ pada persamaan yaitu sudut kontak kampas rem dengan cakram, nilainya dalam radian.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari Gambar 2, penurunan grafik torsi sudut pengapian 15° terhadap kecepatan poros dari setiap jenis bahan bakar ini dikarenakan semakin meningkatnya putaran mesin maka waktu pembakaran bahan bakar semakin singkat, akibatnya campuran bahan bakar dan udara tidak terbakar sempurna sehingga tekanan yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar tidak maksimum [5]. Akibat dari tekanan yang di hasilkan tidak maksimum, sehingga akan berdampak pada penurunan torsi yang dihasilkan mesin.

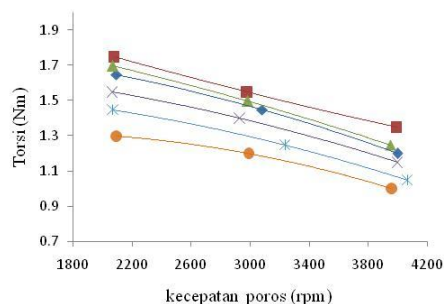
Penurunan nilai torsi dari bahan bakar E10 sampai E50 pada Gambar 2 dipengaruhi perbedaan nilai LHV antara bensin dan bioetanol, nilai LHV bensin lebih besar dibandingkan nilai LHV bioetanol. Pada pengujian bukaan *throttle* dibuat tetap artinya campuran bahan bakar dan udara jumlahnya sama untuk semua beban, sehingga pada bahan bakar yang dicampur dengan bioetanol energi yang dihasilkan lebih sedikit. Semakin tinggi konsentrasi bioetanol maka nilai LHV yang terkandung di dalam bahan bakar lebih kecil, sehingga urutan nilai torsi yang dihasilkan dari bahan bakar yaitu E10, E20, E30, E40 dan E50 secara berurutan.

Penurunan nilai torsi dari E10 sampai E50 pada Gambar 2 juga dipengaruhi oleh nilai kalor laten dari masing-masing bahan bakar, karena kalor laten akan mempengaruhi nilai AFR pada mesin bersistem distribusi bahan bakar karburator. Kalor laten yang tinggi akan menyebabkan massa jenis udara yang tercampur pada karburator akan semakin besar sehingga massa udara yang tercampur dengan bahan bakar akan semakin banyak.

Terjadi anomali pada Gambar 2, dimana posisi E0 berada dibawah E10 dan E20 hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Dari Gambar 2, nilai torsi bahan bakar E0 berada dibawah nilai E10 dan nilai E20 karena nilai kalor laten dari E0 lebih kecil dari E10 dan E20 akibatnya massa udara pada

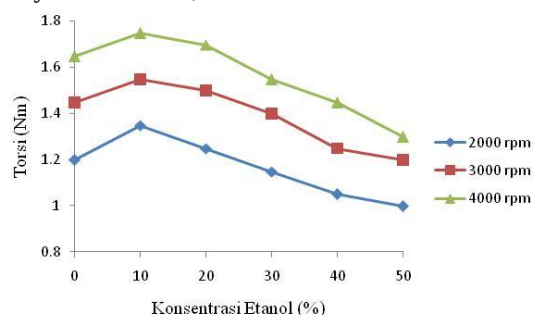
campuran E0 akan lebih kecil sehingga mengakibatkan proses pembakaran tidak terjadi secara sempurna sehingga menurunkan energi yang dihasilkan pada saat proses ekspansi dan berdampak pada penurunan torsi yang dihasilkan. Grafik hubungan torsi terhadap konsentrasi bahan bakar pada masing-masing rpm ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Grafik Kecepatan Poros Vs Torsi pada Sudut 15°

- b. Nilai torsi E20 di bawah nilai torsi E10 hal ini terjadi karena nilai LHV E20 lebih rendah dari pada E10 sehingga energi yang dihasilkan saat proses ekspansi lebih kecil, walaupun kalor laten dari E20 lebih besar dari E10 namun semakin banyak udara dalam campuran apabila sudah melebihi dari yang dibutuhkan untuk terjadinya proses pembakaran sempurna tidak akan mempengaruhi energi yang dihasilkan pada proses pembakaran sempurna itu.

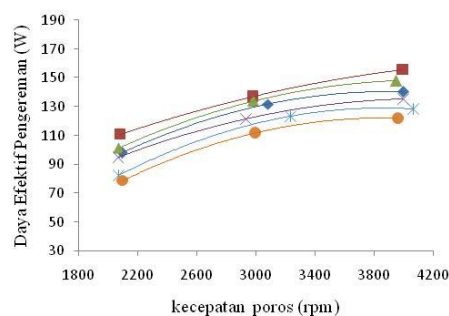
Dari Gambar 2, bahan bakar yang paling tepat digunakan untuk mesin dengan sudut 15° sebelum TMA adalah E10. Torsi maksimum E10 hasil pengujian yaitu pada kecepatan poros 2000 rpm yaitu sebesar 1,746966 Nm.



Gambar 3. Grafik Hubungan Torsi Terhadap Konsentrasi Etanol pada Kecepatan Poros

Dari Gambar 4, nilai daya efektif pengereman sudut pengapian 15° ini dipengaruhi oleh kecepatan poros dan torsi yang dihasilkan mesin. Kenaikan nilai daya efektif pengereman yang terjadi pada mesin ini disebabkan hasil

perkalian kecepatan poros dengan torsi, meskipun nilai torsi turun terhadap kecepatan poros. Namun karena nilai gradien penurunan torsi ini kecil sedangkan nilai gradien kecepatan poros besar akibatnya penurunan nilai torsi tidak berpengaruh pada daya efektif pengereman. Daya efektif pengereman maksimum yang dicapai mesin pada saat pengujian yaitu dengan bahan bakar E10 pada kecepatan poros 4000 rpm yaitu 155,8038 Watt.



Gambar 4. Grafik Kecepatan Poros Vs Daya Efektif Pengereman pada Sudut 15°

Dari Gambar 5, penurunan grafik torsi sudut pengapian 20° terhadap kecepatan poros dari setiap jenis bahan bakar ini dikarenakan semakin meningkatnya putaran mesin maka waktu pembakaran bahan bakar semakin singkat, akibatnya campuran bahan bakar dan udara tidak terbakar sempurna sehingga tekanan yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar tidak maksimum [5]. Akibat dari tekanan yang dihasilkan tidak maksimum, sehingga akan berdampak pada penurunan torsi yang dihasilkan mesin.

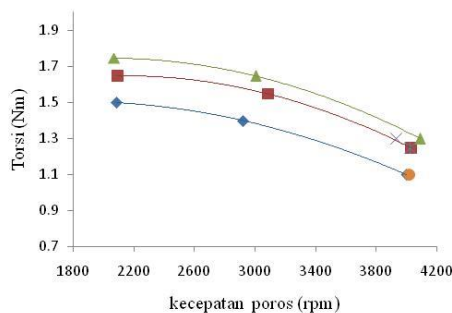
Terjadi anomali pada Gambar 5, dimana posisi E0 berada dibawah E10 dan E20 hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Dari Gambar 5, nilai torsi bahan bakar E0 berada dibawah nilai E10 dan nilai E20 karena nilai kalor laten dari E0 lebih kecil dari E10 dan E20 akibatnya massa udara pada campuran E0 akan lebih kecil sehingga mengakibatkan proses pembakaran tidak terjadi secara sempurna sehingga menurunkan energi yang dihasilkan pada saat proses ekspansi dan berdampak pada penurunan torsi yang dihasilkan.
- Nilai torsi E10 di bawah nilai torsi E20, ada dua kemungkinan hal ini bisa terjadi yang pertama karena akhir proses pembakaran dari bahan bakar E20 terjadi tepat pada saat TMA dan akhir proses pembakaran dari bahan bakar E10 terjadi setelah piston melewati TMA, sehingga tekanan untuk mendorong piston ke TMB yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar E10 tidak maksimal, sehingga

mengakibatkan terjadinya penurunan torsi yang dihasilkan. Kemungkinan kedua yaitu karena akhir proses pembakaran dari bahan bakar E10 dan E20 terjadi setelah TMA namun besar sudut akhir pembakaran pada E20 lebih kecil dibandingkan E10 sehingga tekanan untuk mendorong piston ke TMB yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar E10 tidak maksimal, sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan torsi yang dihasilkan.

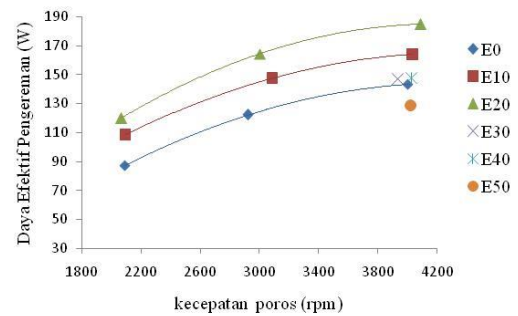
Pada sudut pengapian 20° bahan bakar E30, E40 dan E50 tidak dapat diambil data karena akibat *ignitation delay* yang kecil, saat diberi pembebanan mesin tidak menyala dengan baik sehingga kecepatan *idle* tidak tercapai. Akibatnya pada sudut 20° data dari E30, E40 dan E50 pengujian tidak dilanjutkan karena di khawatirkan dapat merusak mesin.

Dari Gambar 5, bahan bakar yang paling tepat digunakan untuk mesin dengan sudut 20° sebelum TMA adalah E20. Torsi maksimum E20 hasil pengujian yaitu pada kecepatan poros 2000 rpm yaitu sebesar 1,746966 Nm.



Gambar 5. Grafik Kecepatan Poros Vs Torsi pada Sudut 20°

Dari Gambar 6, nilai daya efektif pengereman sudut pengapian 20° ini dipengaruhi oleh kecepatan poros dan torsi yang dihasilkan mesin. Kenaikan daya efektif pengereman yang terjadi pada mesin ini disebabkan hasil perkalian kecepatan poros dengan torsi, meskipun nilai torsi turun terhadap kecepatan poros. Namun karena nilai gradien penurunan torsi ini kecil sedangkan nilai gradien kecepatan poros besar akibatnya penurunan nilai torsi tidak berpengaruh pada daya efektif pengereman. Nilai daya efektif pengereman maksimum yang dihasilkan yaitu dengan bahan bakar E20 pada putaran poros 4000 rpm sebesar 184,687669 Watt.

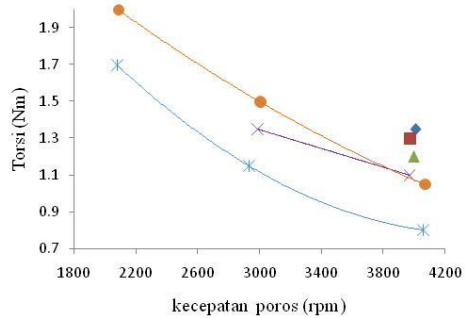


Gambar 6. Grafik Kecepatan Poros Vs Daya Efektif Pengereman pada Sudut 20°

Dari Gambar 7, penurunan grafik torsi sudut pengapian 25° terhadap kecepatan poros dari setiap jenis bahan bakar ini dikarenakan semakin meningkatnya putaran mesin maka waktu pembakaran bahan bakar semakin singkat, akibatnya campuran bahan bakar dan udara tidak terbakar sempurna sehingga tekanan yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar tidak maksimum [5]. Akibat dari tekanan yang dihasilkan tidak maksimum, sehingga akan berdampak pada penurunan torsi yang dihasilkan mesin.

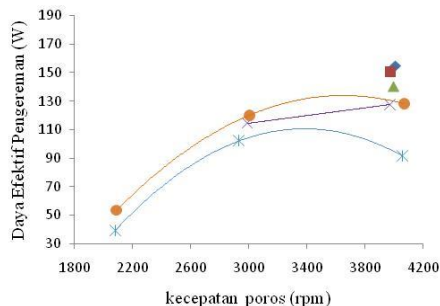
Nilai torsi E40 di bawah nilai torsi E50, ada dua kemungkinan hal ini bisa terjadi yang pertama karena akhir proses pembakaran dari bahan bakar E50 terjadi tepat pada saat TMA dan akhir proses pembakaran dari bahan bakar E40 terjadi setelah piston melewati TMA, sehingga tekanan untuk mendorong piston ke TMB yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar E40 tidak maksimal, sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan torsi yang dihasilkan. Kemungkinan kedua yaitu karena akhir proses pembakaran dari bahan bakar E40 dan E50 terjadi setelah TMA namun besar sudut akhir pembakaran pada E50 lebih kecil dibandingkan E40 sehingga tekanan untuk mendorong piston ke TMB yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar E40 tidak maksimal, sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan torsi yang dihasilkan.

Pada sudut pengapian 25° data dari E0, E10, E20, dan E30 tidak ada karena pada saat mesin menggunakan bahan bakar E0 sampai E30 mesin tidak berjalan normal dan terjadi *knocking* pada saat diberikan pembebanan, sehingga pengujian menggunakan E0 sampai dengan E30 tidak dilanjutkan karena dikhawatirkan mesinnya yang rusak. Pada Gambar 7, torsi tertinggi dihasilkan mesin pada putaran 2000 rpm dengan bahan bakar E50 yaitu 1,996 Nm.



Gambar 7. Grafik Kecepatan Poros Vs Torsi pada Sudut 25°

Pada Gambar 8, nilai daya efektif pengereman sudut pengapian 25° ini dipengaruhi oleh kecepatan poros dan torsi yang dihasilkan mesin. Kenaikan daya efektif pengereman yang terjadi pada mesin ini di sebabkan hasil perkalian kecepatan poros dengan torsi, meskipun nilai torsi turun terhadap kecepatan poros. Namun karena nilai gradien penurunan torsi ini kecil sedangkan nilai gradien kecepatan poros besar akibatnya penurunan nilai torsi tidak berpengaruh pada daya efektif pengereman. Daya efektif pengereman tertinggi yang dihasilkan mesin pada putaran 4000 rpm dengan bahan bakar E50 sebesar 128,041 Watt.



Gambar 8. Grafik Kecepatan Poros Vs Daya Efektif Pengereman pada Sudut 25°

4. Simpulan

1. Nilai maksimum daya efektif pengereman yang di hasilkan masing-masing pada:
 - 1) Sudut pengapian 15° di E10, kecepatan poros 4000 rpm sebesar 155,80376 watt.
 - 2) Sudut pengapian 20° di E20, kecepatan poros 2000 rpm sebesar 156,28463 Watt.
 - 3) Sudut pengapian 25° di E50, kecepatan poros 4000 rpm sebesar 128,04102 Watt.
2. Sudut dan bahan bakar yang optimal yaitu:
 - 1) Sudut pengapian 15° di E10.
 - 2) Sudut pengapian 20° di E20.
 - 3) Sudut pengapian 25° di E50.

Daftar Pustaka

- [1] Topgul, T. 2006. *The effects of ethanol–unleaded gasoline blends and ignition timing on engine performance and exhaust*

emissions. Renewable Energi 31 (2006) 2534–2542.

- [2] Abdel-Rahman, AA, Osman, MM. 1997. *Experimental investigation on varying the compression ratio of SI engine working under different ethanol–gasoline fuel blends. Int J Energy Res* 1997;21(1):31–40.
- [3] Al-Hasan, M. 2003. *Effect of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission. Energy Convers Manage* 2003;44(9):1547–61.
- [4] Arismunandar, W. 1988. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Edisi 5. Penerbit ITB Bandung.
- [5] Pratomo, R. 2008. *Analisa Performa Sepeda Motor Empat Langkah Satu Silinder Dengan Variabel Sudut Pengapian Dan Campuran Bioethanol Dan Bensin. Jurnal Ilmiah Teknik Teknik Mesin Universitas Indonesia*.