



PERFORMANSI MOTOR BAKAR 6 TAK DENGAN 2 KALI PEMBAKARAN MENGUNAKAN BAHAN BAKAR PERTAMAX DAN ETANOL

6 STROKE ENGINE PERFORMANCE WITH 2 TIMES OF COMBUSTION USING PERTAMAX FUEL AND ETHANOL

Elandi¹⁾, Eko Siswanto²⁾, dan Agung Sugeng Widodo³⁾

^{1,2,3} Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

email: elandi.poltesa@gmail.com¹⁾, eko_s112@ub.ac.id²⁾, agung_sw@ub.ac.id³⁾

Received:
14 Desember
2021

Accepted:
21 Desember
2021

Published:
25 Desember
2021

© 2021 SJME
Kinematika All
Rights Reserved.

Abstrak

Motor bakar 6 langkah merupakan penyempurnaan dari mesin 4 langkah dengan menambahkan 2 langkah dari mesin pembakaran 4 langkah. 2 langkah yang dimaksud adalah langkah kompresi kedua dan langkah ekspansi kedua, jadi dalam satu siklus kerja, ada 2 kompresi dan 2 pembakaran. Metode yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen langsung dengan menguji objek yang dituju. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penggunaan bahan bakar yang berbeda mempengaruhi kinerja (torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai performansi bahan bakar Pertamina dan Etanol pada mesin enam langkah, bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar Pertamina dengan kemurnian 100% dan Etanol dengan kemurnian 99,7%. Berdasarkan hasil penelitian, analisis, dan pembahasan, kinerja mesin pembakaran enam langkah dengan 2 kali pembakaran menggunakan bahan bakar Pertamina dan Etanol disimpulkan bahwa torsi maksimum menggunakan bahan bakar Pertamina adalah 8,15 N.m pada putaran mesin 7200 rpm. Sebagai perbandingan, bahan bakar Etanol 6,59 N.m pada putaran mesin 7200 rpm, torsi rata-rata bahan bakar Pertamina 1,16% lebih tinggi dari bahan bakar Etanol. Tenaga maksimum untuk bahan bakar Pertamina adalah 8,25 HP pada putaran mesin 7200 rpm. Sebagai perbandingan, bahan bakar Etanol adalah 6,67 HP pada putaran mesin 7200 rpm.

Kata Kunci: performansi, 6-langkah, pertamax, etanol

Abstract

The six-stroke combustion engine is a refinement of the four-stroke engine by adding 2 steps from the four-stroke combustion engine. The 2 steps in question are the second compression stroke and the second expansion stroke, so in one work cycle, there are 2 compressions and 2 combustions. The method used is a direct experimental research method by testing the intended object. Based on previous research, different fuels affect performance (torque, power, and fuel consumption). This study aims to obtain the performance value of Pertamina and Ethanol fuel in a six-stroke engine, the fuel used is Pertamina fuel with a purity of 100% and Ethanol with a purity of 99.7%. Based on the research, analysis, and discussion results, the performance of a six-stroke combustion engine with 2 combustions using Pertamina and Ethanol fuels concluded that the maximum torque using Pertamina fuel is 8.15 N.m at 7200 rpm engine speed. For

comparison, Ethanol fuel is 6.59 N.m at 7200 rpm engine speed, the average torque of Pertamina fuel is 1.16% higher than Ethanol fuel. Maximum power for Pertamina fuel is 8.25 HP at 7200 rpm engine speed. For comparison, Ethanol fuel is 6.67 HP at 7200 rpm engine speed.

Keywords: performance, six-stroke, Pertamina, ethanol

DOI:10.20527/sjmekinematika.v6i2.203

How to cite: Elandi, Siswanto2, E., dan Widodo, A. S., “performansi motor bakar 6 tak dengan 2 kali pembakaran menggunakan bahan bakar Pertamina dan etanol”. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 6(2), 154-161, 2021.

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar minyak (BBM) yang merupakan bahan bakar fosil (premium, pertalite, Pertamina) masih mendominasi untuk penggunaan kendaraan bermotor. Namun karena sifatnya yang termasuk dalam energi tak terbarukan maka tidak bisa terus-menerus mengandalkan bahan bakar minyak sebagai energi utama. Berbagai macam cara dilakukan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar dari minyak bumi dikarenakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui (*non renewable*), sehingga salah satu jalan penghematan penggunaan bahan bakar minyak bumi adalah beralih ke sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable*). Oleh karena itu perlu adanya inovasi bahan bakar alternatif untuk kendaraan bermotor. Salah satu bahan bakar alternatif yang dapat digunakan adalah etanol [1].

Etanol dapat diproduksi dari produk fermentasi pertanian seperti ubi kayu, tebu, jagung, dan lain sebagainya sehingga etanol termasuk energi yang dapat diperbaharui (*renewable*). Proses pembuatan etanol memiliki keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar fosil karena biaya yang dibutuhkan untuk proses pembuatan lebih murah, etanol memiliki unsur senyawa hidrokarbon yang kecil sehingga polusi yang dihasilkan lebih kecil, angka oktan 111 sehingga mampu rasio tinggi hingga 13:1, Selain itu etanol memiliki perbedaan dengan *gasoline*, dimana etanol termasuk dalam *oxygenated fuel* yang di dalam setiap senyawanya memiliki kandungan 35% oksigen dan keunggulannya saat dijadikan bahan bakar adalah dapat mereduksi emisi gas buang [2].

Pertamax merupakan jenis bahan bakar bensin dengan angka oktan 92, memiliki rumus kimia $C_{10}H_{24}$ [3]. Dimana Pertamina ini dianjurkan digunakan untuk kendaraan bahan bakar bensin yang mempunyai perbandingan kompresi tinggi (9,1 : 1 sampai 10 : 1). Bensin dengan bilangan oktan tinggi mempunyai periode penundaan yang panjang Pertamina adalah bahan bakar yang memiliki angka oktan (RON) minimal 92 diperuntukkan untuk mesin kendaraan yang mempunyai rasio kompresi antara 9:1 sampai dengan 10:1 [4].

Penggunaan bahan bakar etanol akan berpengaruh terhadap proses pembakaran, karena angka oktan etanol 111 lebih besar dibandingkan Pertamina dengan angka oktan 92 hal ini akan berpengaruh terhadap sudut pengapian, karena untuk sudut pengapian yang digunakan mengikuti dari bahan bakar bensin atau Pertamina, yaitu $17,5^{\circ}$ sebelum TMA [5]. Sedangkan untuk penggunaan bahan bakar etanol sudut pengapian adalah 28° sebelum TMA [6]. Hal ini disebabkan karena penggunaan bahan bakar etanol yang mengakibatkan kecepatan pembakaran menjadi lebih lambat sehingga perlu memajukan sudut pengapian agar daya ledak campuran udara bahan bakar lebih besar [2,6].

Variasi campuran bahan bakar *gasoline-ethanol (gasohol)* akan berpengaruh terhadap emisi gas buang motor bakar otto 6-Langkah [7]. Campuran yang digunakan yaitu bensin (Pertamax 92) dan etanol dengan kadar kemurnian 99%. Variasi etanol yang ditambahkan pada campuran bahan bakar adalah 0% (E0), 10% (E10), 20% (E20), 30%

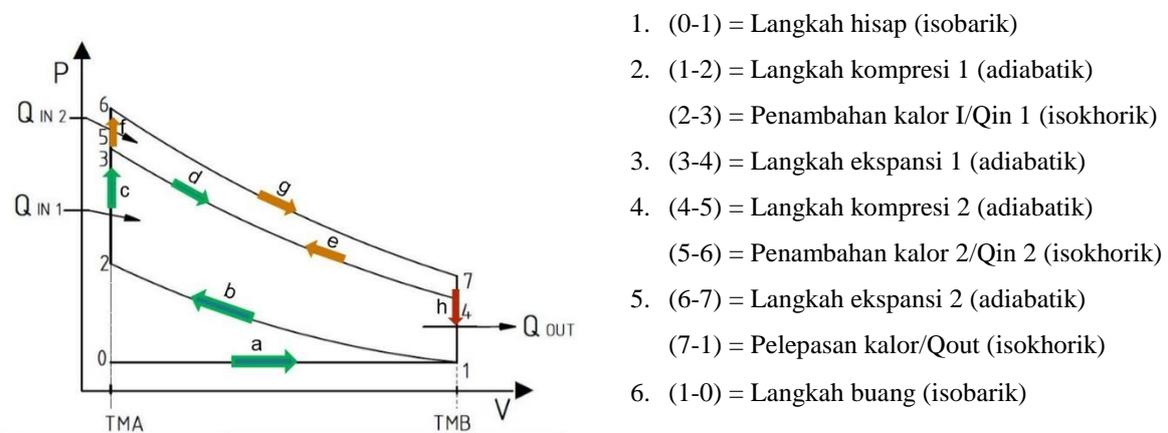
(E30) dan variasi interval putaran 600 rpm dari putaran 3000 rpm sampai dengan 7200 rpm. Didapatkan hasil kesimpulan semakin banyak penambahan kadar etanol pada campuran bahan bakar semakin menurunkan emisi CO dan HC pada gas buang. Sifat etanol yang termasuk *oxygenated fuel* menyebabkan pada campuran bahan bakar dengan kadar etanol yang lebih banyak menghasilkan kandungan O₂ yang lebih tinggi [7-8].

Pada tahun 2019 telah diteliti tentang nilai *combustible species* dari motor bensin 4 tak berbahan bakar pertamax. Dari hasil uji emisi gas buang dengan menggunakan gas analyzer mendapatkan kadar CO (karbon monoksida) sebesar 5,30% dan mendapatkan kadar HC (Hidrokarbon) sebesar 825,33 ppm. Kadar *combustible species* yang tinggi berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin, sehingga efisiensi dan dayanya akan menurun. [8].

Hingga saat ini masih banyak dilakukan pengembangan dan penelitian untuk meningkatkan performa dari motor bakar 4 tak serta mencari solusi agar emisi gas buang tidak terlalu tinggi, dari itu dilakukan penelitian motor bakar 6 tak yang merupakan pengembangan dari motor 4 tak, dengan menambahkan dua langkah dari motor 4 tak. Dua langkah yang dimaksud adalah langkah kompresi kedua dan langkah ekspansi kedua. Jadi dalam satu siklus kerja terdapat dua kali kompresi dan dua kali kerja/ekspansi. Dengan ditambahkan dua langkah ini bertujuan untuk membakar kembali sisa campuran udara dan bahan bakar dari pembakaran pertama sehingga diharapkan campuran udara dan bahan bakar dapat terbakar sempurna. Tiga kali pengapian yang dimaksud adalah dalam satu siklus busi dipercikan sebanyak tiga kali, atau dengan kata lain setiap torak/piston bergerak menuju TMA maka terjadi proses percikan busi/pengapian. Tiga kali pengapian itu terjadi pada langkah kompresi ke-1, langkah kompresi ke-2, dan langkah buang. Sedangkan tujuan dari dipercikannya busi/pengapian pada langkah buang adalah untuk mengurangi emisi dari gas buang motor bakar 6 tak [9].

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental langsung dengan menguji pada objek yang dituju. Dengan cara melakukan pengamatan pada objek dengan mencari data sebab dan akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga mendapatkan data hasil pengujian [10].



1. (0-1) = Langkah hisap (isobarik)
2. (1-2) = Langkah kompresi 1 (adiabatik)
- (2-3) = Penambahan kalor I/Q_{in 1} (isokhorik)
3. (3-4) = Langkah ekspansi 1 (adiabatik)
4. (4-5) = Langkah kompresi 2 (adiabatik)
- (5-6) = Penambahan kalor 2/Q_{in 2} (isokhorik)
5. (6-7) = Langkah ekspansi 2 (adiabatik)
- (7-1) = Pelepasan kalor/Q_{out} (isokhorik)
6. (1-0) = Langkah buang (isobarik)

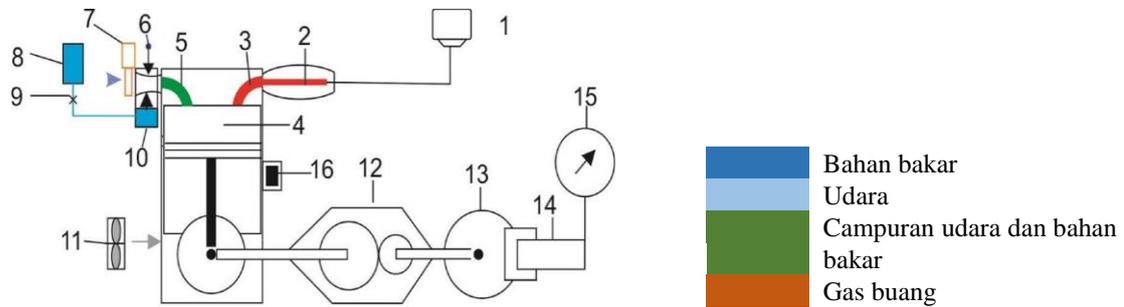
Gambar 1. Prediksi diagram P-V ideal motor bakar 6 tak

Berdasarkan penelitian sebelumnya diperoleh bahwa penggunaan bahan bakar yang berbeda sangat mempengaruhi performansi (torsi, daya efektif, dan konsumsi bahan bakar), bahan bakar yang digunakan adalah pertamax dengan kemurnian 100% dan etanol dengan kemurnian 99,7%. Variabel dalam penelitian ini terdiri atas variabel terikat yaitu

performansi (torsi, daya efektif, dan konsumsi bahan bakar), variabel bebas yaitu putaran mesin (RPM) beserta variabel kontrol yaitu pengujian menggunakan karburator, motor bakar 4 tak 125 cc yang sudah dilakukan modifikasi menjadi motor bakar 6 tak.

Jika dilihat dari Gambar 1 prediksi P-V siklus 6 tak dengan 2 kali pengapian, berdasarkan analisa termodinamika terjadi penambahan luasan kerja dibandingkan dengan siklus 4 tak, sehingga akan berpengaruh terhadap nilai torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar. Karena semakin besar luasan kerja berarti pembakaran mendekati sempurna.

Instalasi Penelitian



Keterangan :

- | | |
|--------------------------|----------------------|
| 1. Multimeter termokopel | 9. Kran bahan bakar |
| 2. Knalpot | 10. Karburator |
| 3. Exhaust manifold | 11. Fan |
| 4. Motor bakar 6 tak | 12. Transmisi |
| 5. Intake manifold | 13. Disk brake |
| 6. Katup throttle | 14. Lengan beban rem |
| 7. Anemometer | 15. Neraca pegas |
| 8. Gelas ukur | 16. CDI programmable |

Gambar 2. Instalasi penelitian

Pengaturan modifikasi pada penelitian ini dilakukan dengan cara memberikan gigi reduksi antara putaran *camshaft* dengan putaran *crankshaft*. Dengan demikian untuk tiga putaran *crankshaft* terjadi satu kali putaran *camshaft*. Selain itu ada perubahan pada bentuk model *camshaft*, dimana katup isap dan buang hanya akan terbuka pada puncak nok pergerakan *camshaft*. Untuk advancer pengapian masih menggunakan dari sistem pengapian 4 tak, sehingga akan mempengaruhi besarnya sudut pengapian saat putaran mesin bertambah dan meningkatkan resiko terjadinya *misfire*. Spesifikasi serta gambar motor bakar 6 tak yang diuji pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 1 berikut ini.



Gambar 3. Motor Bakar 6 Tak

Tabel 1. Spesifikasi motor bakar 6 tak yang diuji

| | | | |
|------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------|
| Merk | Honda (<i>modified</i>) | Panjang Langkah | 57,9 mm |
| Type | N/A | Volume Langkah | 124,89 cc (Blade 125) |
| Negara Pembuat | Jepang | Rasio Kompresi | 9,3:1 |
| Tipe Mesin | 6 tak SOHC | Pendingin | Udara |
| Jumlah Silinder | 1 (Satu) | Daya Poros | N/A |
| Diameter Piston | 52,4 mm | | |

Perhitungan Torsi, Daya Efektif, dan Konsumsi Bahan Bakar

Untuk menghitung besarnya torsi dan daya efektif maka yang diperlukan adalah torsi dari poros engkol dimana torsi poros engkol didapatkan dari besarnya daya efektif (N_e) dimana persamaan daya efektif [11-12] dapat dicari dengan menggunakan persamaan (1):

$$N_e = \frac{W.L.g.2\pi.n}{60000} \quad (1)$$

Dimana W adalah beban pengereman (kg), L adalah panjang lengan beban torsi (m), g adalah percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$), n adalah putaran mesin [11-12]. Untuk mencari besarnya torsi maka menggunakan persamaan (2).

$$T = \frac{N_e . 60000}{2\pi.n} \quad (2)$$

Dimana T adalah torsi (Nm), N_e adalah daya efektif (HP), dan n adalah putaran poros engkol. [12] Laju konsumsi bahan bakar didapatkan dari pengukuran volume bahan bakar dengan kapasitas 10 ml dengan waktu konsumsinya., seperti pada persamaan (3) dibawah ini:

$$FC = \left(\frac{b}{t}\right) . \rho . 3600 \quad (3)$$

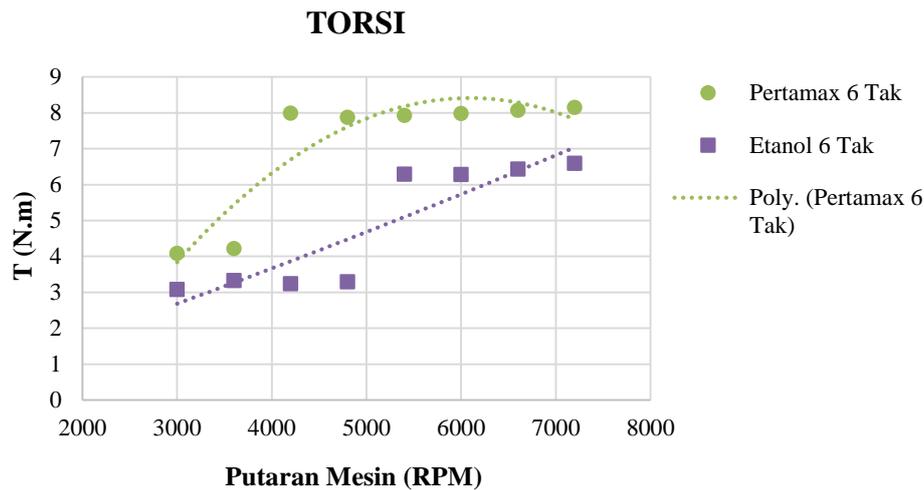
Dimana FC adalah konsumsi bahan bakar (kg/jam), b adalah volume bahan bakar (ml), t adalah waktu konsumsi bahan bakar (s) dan ρ adalah massa jenis bahan bakar (kg/m^3) dimana massa jenis bahan bakar pertamax adalah $0,745 \times 10^{-3} \text{ kg/ml}$ [13]. Massa jenis etanol adalah $0,789 \times 10^{-3} \text{ kg/ml}$ [6].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengambilan data berupa besaran putaran mesin dan beban pengereman menggunakan alat *tachometer* dan *prony disc brake* pada motor bakar 6 tak dengan 2 kali pengapian menggunakan bahan bakar pertamax dan etanol. Pengujian dilakukan dengan variasi putaran *crankshaft* pada interval 600 rpm dari putaran 3.000 rpm sampai dengan 7.200 rpm. Sehingga dari hasil pengujian, data yang diperoleh yaitu torsi, daya efektif, dan laju konsumsi bahan bakar.

Berdasarkan penelitian sebelumnya diperoleh bahwa penggunaan bahan bakar pertamax dengan variasi campuran etanol, semakin tinggi kadar campuran etanol terhadap pertamax maka akan meningkatkan nilai konsumsi bahan bakar jika dibandingkan dengan penggunaan pertamax tanpa campuran etanol. Pada penelitian ini bahan bakar yang digunakan adalah pertamax dengan kemurnian 100% dan etanol dengan kemurnian 99,7%, jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya penggunaan bahan bakar etanol murni akan menghasilkan nilai konsumsi bahan bakar yang lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar pertamax dicampur etanol.

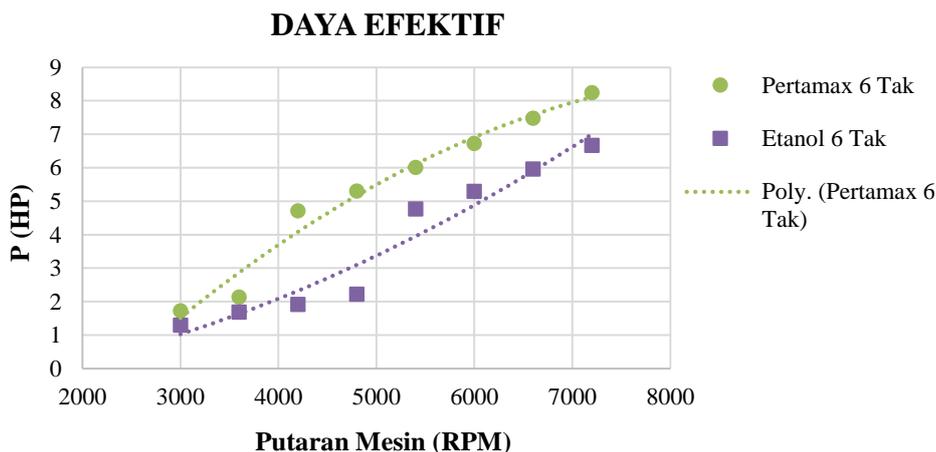
Hubungan Putaran Mesin dengan Torsi



Gambar 4. Grafik hubungan antara putaran mesin dan torsi

Dari Gambar 4 grafik hubungan rpm dan torsi tertinggi untuk bahan bakar pertamax sebesar 8,15 N.m, sedangkan bahan bakar etanol sebesar 6,59 N.m pada putaran mesin 7200 rpm. Torsi rata-rata dari bahan bakar pertamax lebih tinggi 1,16% dibandingkan dengan bahan bakar etanol. Tingginya torsi berbahan bakar pertamax dipengaruhi oleh besarnya nilai kalor, dimana nilai kalor pertamax lebih besar 1,66% dibandingkan nilai kalor etanol sehingga torsi yang dihasilkan bahan bakar pertamax juga lebih besar.

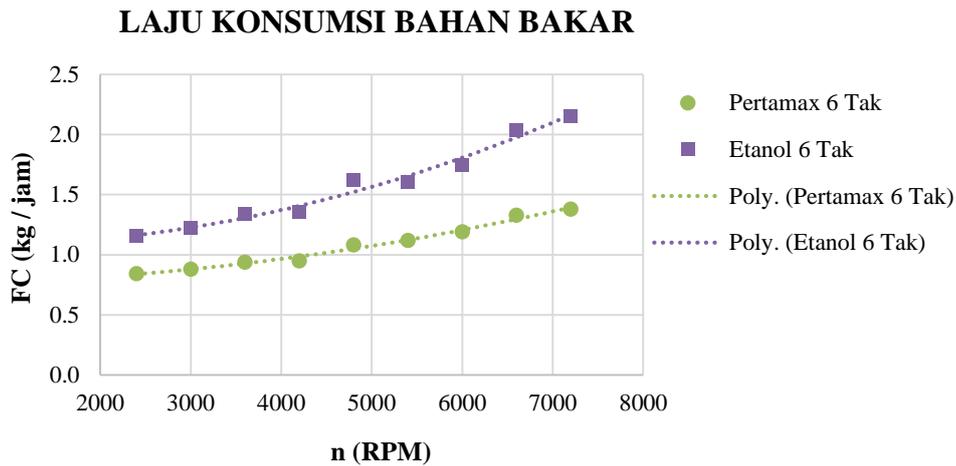
Hubungan Putaran Mesin dengan Daya Efektif



Gambar 5. Grafik hubungan antara putaran mesin dan daya efektif

Dari hasil analisa grafik pada Gambar 5, daya efektif tertinggi bahan bakar pertamax adalah 8,25 HP dan daya efektif tertinggi bahan bakar etanol adalah 6,67 HP pada putaran mesin 7200 rpm, daya efektif rata-rata dari motor bakar 6 tak berbahan bakar pertamax lebih tinggi 1,4% dari bahan bakar etanol, dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran mesin maka semakin tinggi daya yang dihasilkan, besarnya daya efektif berbahan bakar pertamax dipengaruhi oleh nilai kalor 44,791 kJ/kg lebih besar dari pada bahan bakar etanol 26,952 kJ/kg.

Hubungan Putaran Mesin dengan Laju Konsumsi Bahan Bakar



Gambar 6. Grafik hubungan antara putaran mesin dengan laju konsumsi bahan bakar

Pada Gambar 6 grafik hubungan antara putaran mesin dengan laju konsumsi bahan bakar terlihat bahwa pada putaran tinggi laju konsumsi bahan bakar semakin meningkat, hal tersebut disebabkan karena sistem konvensional atau karburator pada saat bukaan *throttle* semakin besar karena tarikan dari gas, maka bahan bakar yang digunakan akan semakin banyak. Laju konsumsi bahan bakar pertamax tertinggi adalah 1,38 kg/jam sedangkan laju konsumsi bahan bakar etanol tertinggi adalah 2,15 kg/jam. Dari rerata laju konsumsi bahan bakar pertamax lebih rendah 1,5% dibandingkan bahan bakar etanol.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis dan pembahasan, performansi motor bakar 6 tak dengan 2 kali pembakaran menggunakan bahan bakar pertamax dan etanol dapat disimpulkan bahwa torsi terbesar menggunakan bahan bakar pertamax 8,15 N.m pada putaran mesin 7200, sedangkan bahan bakar etanol sebesar 6,59 N.m pada putaran mesin 7200 rpm, torsi rata-rata dari bahan bakar pertamax lebih tinggi 1,16% dibandingkan berbahan bakar etanol. Daya efektif tertinggi bahan bakar pertamax adalah 8,25 HP pada putaran mesin 7200 rpm, sedangkan daya efektif tertinggi bahan bakar etanol adalah 6,67 HP pada putaran mesin 7200 rpm, daya efektif rata-rata dari bahan bakar pertamax lebih tinggi 1,4% dibandingkan berbahan bakar etanol. Laju konsumsi bahan bakar pertamax tertinggi adalah 1,38 kg/jam sedangkan laju konsumsi bahan bakar etanol tertinggi adalah 2,15 kg/jam. Dari rerata laju konsumsi bahan bakar pertamax lebih rendah 1,5% dibandingkan bahan bakar etanol.

REFERENSI

- [1] Arwin, Yulianti, L., & Widodo, A. S. Karakteristik Pembakaran Droplet Campuran Bahan Bakar Bensin-Etanol. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Industri*, pp. 291–296. 2019.
- [2] Demirbas, A. Biodiesel production from vegetable oils by supercritical methanol. *Journal of Scientific and Industrial Research*, vol. 64 no. 11, pp. 858–865. 2005.
- [3] Wirawan, T. S., Anugrah, I., Mulyadi, M., Jurusan, M., Mesin, T., Negeri, P., Pandang, U., Jurusan, D., Mesin, T., Negeri, P., & Pandang, U. Analisis Bahan Bakar Bensin Terhadap Performansi Dan Nilai. *Jurnal Sains Dan Otomotif*, pp. 12–17. 2018.

- [4] Reynaldy. Studi Experimental Pengaruh Variasi Penggunaan Jenis Bahan Bakar Pada Emisi Gas Buang Generator Dengan Beban 500,1050,2000 Watt. *Jurnal Teknik Mesin UBL*, 3(2), 22–26. 2016.
- [5] Pratama, R. Y. N., & Wailandouw, A. G. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertamina Dan Waktu Pengapian (Ignition Timing) Terhadap Performa Mesin Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Supra X 125cc Tahun 2008. *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 3 no. 2, pp. 244–252. 2014.
- [6] Razi, M., Siswanto, E., & Wijayanti, W. Pengaruh Derajat Pengapian Terhadap Kinerja Motor Bakar 6 Langkah Berbahan Bakar Etanol. *Rekayasa Mesin*, v. 10 no. 3, pp. 299–308. 2019.
- [7] Afifi, R. M. Pengaruh Campuran Bahan Bakar Gasoline-Ethanol (Gasohol) Terhadap Emisi Gas Buang Motor Bakar Otto 6 Langkah [Universitas Brawijaya]. 2018. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/8900>
- [8] Mulyatna, L., Meilawati Yustiani, Y., & Sidik, A. Uji Efektivitas Ionizer Bbm Terhadap Penurunan Emisi Gas Karbon Monoksida Dan Hidrokarbon Pada Mobil Dengan Sistem Karburator. *Infomatek*, vol.21 no.1. 2019. <https://doi.org/10.23969/infomatek.v21i1.1614>
- [9] Sepriyatno, R., Siswanto, E., & Hamidi, N. Performa Pada Motor Bakar 6-Langkah Dengan Langkah Power Ekspansi Sampai Titik Mati Bawah. *Rekayasa Mesin*, vol. 12 no. 2, 411–419. 2021
- [10] Silalahi, U. Metode Dan Metodologi Penelitian. In *Bina Budhaya Bandung*. 2014
- [11] Siswanto, E., Widhiyanuriyawan, D., Widodo, A. S., Hamidi, N., Darmadi, D. B., & Sudjito. On the performance of six-stroke single-power combustion engine. *JP Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 14 no. 2, pp. 201–218. 2017 <https://doi.org/10.17654/HM014020201>
- [12] Siswanto, E., Sugeng Widodo, A., Hamidy, N., Widhiyanuriyawan, D., & Rausan Fikri Noor, G. Effect of Venturi Diameter of Carburetor on Performance of Six-Stroke 125 Cc Combustion Engine. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, vol. 3 no. 1, pp. 16–22. 2016. <https://doi.org/10.21776/ub.jeest.2016.003.01.3>
- [13] Siswanto, I., & Efendi, Y. Peningkatan Performa Sepeda Motor Dengan Variasi CDI Programmable. *Jurnal Science Tech*, 1, pp. 59–67. 2015.