

STUDI KOMPARASI MOTOR BAKAR 6 TAK DENGAN SIKLUS DUA KALI PENGAPIAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR PERTAMAX DAN ETANOL

Elandi

Mahasiswa S2
Universitas Brawijaya
Departemen Teknik Mesin
elandi@student.ub.ac.id

Eko Siswanto

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Brawijaya
Departemen Teknik Mesin
eko_s112@ub.ac.id

Agung Sugeng Widodo

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Brawijaya
Departemen Teknik Mesin
agung_sw@ub.ac.id

The six-stroke combustion engine is a refinement of the four-stroke machine by adding two strokes of the four-stroke combustion engine. The two steps in question are the second compression stroke and the second expansion stroke. The method used is an experimental research method. This study aims to obtain the performance value and exhaust gas emission values for Pertamina and Ethanol fuels on 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 results of research, analysis, and discussion, the performance of a six-stroke combustion engine with two cycles of ignition with Pertamina and Ethanol fuel is concluded that the average torque of Pertamina fuel is 1.07% higher than Ethanol fuel. The average adequacy of Pertamina fuel is 1.27% higher than Ethanol fuel. The combustion efficiency of the Pertamina fuel six-stroke motor is 1.06% less than ethanol fuel, the cycle work (W_{net}) of the Pertamina fuel six-stroke engine is 1.07% higher than that of ethanol fuel, the thermal efficiency (η_{th}) of the Pertamina fuel six-stroke engine is comparable to that of ethanol fuel while the fuel efficiency (η_f) of the six-stroke ethanol fuel engine is 1.09% higher than the Pertamina fuel. The exhaust gas emission test results for Pertamina fuel CO are 21.2% higher than ethanol fuel. CO₂ emissions from Pertamina fuel are 1.56% less than ethanol fuel, and HC exhaust emissions from Pertamina fuels are 3.7% higher than ethanol fuels.

Keywords: Performance, Combustible Species, Six-Stroke, Pertamina, Ethanol.

1. 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 (*unrenewable*), 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 C₁₀H₂₄, dimana Pertamina ini dianjurkan digunakan untuk kendaraan bahan bakar bensin yang mempunyai

perbandingan kompresi tinggi (9,1 : 1 sampai 10 : 1) [3]. Bensin dengan bilangan oktan tinggi mempunyai periode penundaan yang panjang Pertamax adalah bahan bakar yang memiliki angka oktan (RON) minimal 92 diperuntukkan untuk mesin kendaraan yang mempunyai rasio kompresi antara 9:1 s.d. 10:1 [4].

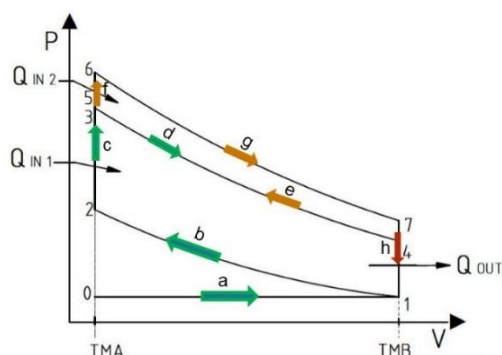
Penggunaan bahan bakar etanol akan berpengaruh terhadap proses pembakaran, karena angka oktan etanol 111 lebih besar dibandingkan pertamax dengan angka oktan 92 [2]. Hal ini akan berpengaruh terhadap sudut pengapian [3], karena untuk sudut pengapian yang digunakan mengikuti dari bahan bakar bensin atau pertamax, yaitu $17,5^{\circ}$ sebelum TMA [5]. Sedangkan untuk penggunaan bahan bakar etanol sudut pengapiannya 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 O_2 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 ditambahkannya 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].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar pertamax dan etanol terhadap performansi (daya efektif, torsi, efisiensi pembakaran, efisiensi termal efektif, dan efisiensi bahan bakar) serta mengetahui perbandingan emisi gas buang (CO , HC , dan CO_2) pada motor 6-langkah dengan 2 kali pembakaran.



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

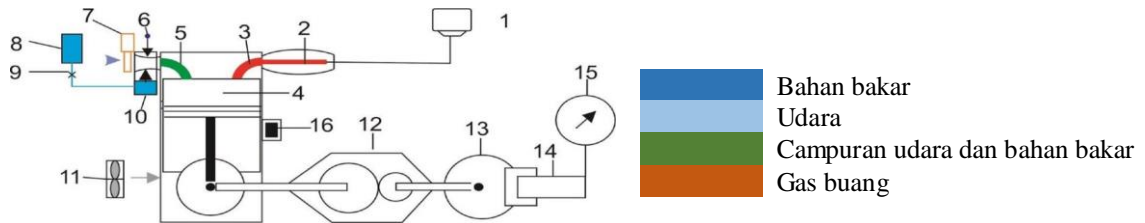
1. (0-1) = Langkah buang (isobarik)
2. (1-2) = Langkah kompresi 1 (adiabatik)
3. (2-3) = Penambahan kalor 1/ $Q_{in 1}$ (isokhorik)
4. (3-4) = Langkah ekspansi 1 (adiabatik)
5. (4-5) = Langkah kompresi 2 (adiabatik)
6. (5-6) = Penambahan kalor 2/ $Q_{in 2}$ (isokhorik)
7. (6-7) = Langkah ekspansi 2 (adiabatik)
8. (7-1) = Pelepasan kalor/ Q_{out} (isokhorik)
9. (1-0) = Langkah buang (isobarik)

2. METODE DAN BAHAN

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]. Berdasarkan

penelitian sebelumnya diperoleh bahwa penggunaan bahan bakar yang berbeda sangat mempengaruhi performansi (torsi dan daya efektif), 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 dan daya efektif), serta emisi gas buang (CO, HC, dan CO₂), 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.

2.1 Instalasi Penelitian



Keterangan :

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1. Gas Analyzer | 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 |

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		

2.2 Perhitungan Torsi dan Daya Efektif

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

$$Ne = \frac{W \cdot L \cdot g \cdot 2\pi \cdot rpm}{60.000} \tag{1}$$

Dimana W adalah beban pengereman (kg), L adalah panjang lengan beban torsi (m), g adalah percepatan gravitasi (9,8 m/s²), rpm adalah putaran mesin.[11-12] Untuk mencari besarnya torsi maka menggunakan persamaan (2).

$$T = \frac{Ne \cdot 60000}{2\pi \cdot rpm} \tag{2}$$

Dimana T adalah torsi (Nm), Ne adalah daya efektif (HP), dan rpm adalah putaran poros engkol. [12]

2.3 Perhitungan Kerja Siklus, Efisiensi Thermal, Efisiensi Pembakaran dan Efisiensi Bahan Bakar

Untuk menghitung besarnya kerja siklus, efisiensi thermal, efisiensi pembakaran dan efisiensi bahan bakar maka pertama tama kita harus mencari rerata *combustible species* hasil pengujian dengan gas analyser yang dicantumkan pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 2: Spesifikasi bahan bakar

PROPERTIES	PERTAMAX 92	ETANOL (99,7)
<i>Chemical Formula</i>	C ₁₀ H ₂₄	C ₂ H ₅ OH
RON	92	111
LHV	44791 kJ/kg = 6449904 kJ/kmol	26952 kJ/kg = 1239792 kJ/kmol

Tabel 3: Rerata *Combustible species*

MOTOR BAKAR	CO (% VOL)	HC (PPM VOL)	H ₂ (% VOL)
4 tak pertamax	0,89	0,000074	0,41
4 tak etanol	0,15	0,000027	0,067
6 tak pertamax	0,71	0,000052	0,33
6 tak etanol	0,03	0,000014	0,015

Tabel 4: Besarnya QHV

SENYAWA	QHVI
CO	282802 kJ/kmol
HC	572023 kJ/kmol
H ₂	240000 kJ/kmol

Pengujian untuk mencari perbandingan performa motor bakar 4 tak karburator dan motor bakar 6 tak menggunakan beberapa kondisi awal dan beberapa asumsi yang dicantumkan pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 5: Kondisi awal

KONDISI AWAL OPERASI	
Tekanan Awal, P ₀ (kN/m ²)	101,3
Temperatur awal , T ₀ (K)	300
<i>Specific gas constant</i> , R (kJ/kg K)	0,284
<i>Specific heat</i> untuk volume konstan,cv (kJ/kg K)	0,946
<i>Specific heat</i> untuk tekanan konstan,cp (kJ/kg K)	1,23
Rasio kalor spesifik, γ	1,3

Tabel 6: Massa udara dan bahan bakar

PARAMETER	MASSA UDARA (MA)		MASSA BAHAN BAKAR (MF)		AFR
6 tak pertamax	0,0001443 kg	0,000000066 kmol	0,0000108 kg	0,000000075 kmol	13,37
6 tak etanol	0,0001376 kg	0,000000336 kmol	0,0000150 kg	0,000000326 kmol	9,15

Untuk menghitung kerja siklus dan efisiensi maka perlunya termodinamika siklus otto, dapat dilihat pada persamaan (4) dibawah ini:

$$W_{net} = Q_{in} - Q_{out} \tag{4}$$

Dimana W_{net} adalah kerja siklus (kJ), Q_{in} adalah panas yang masuk sistem (kJ) dan Q_{out} adalah panas yang keluar sistem. [14] Untuk menghitung besarnya efisiensi thermal diperlukan rumus seperti pada persamaan (5) di bawah ini:

$$\eta_t = \frac{(Q_{out} - Q_{in})}{Q_{in}} \cdot 100\% \tag{5}$$

Dimana η_t adalah efisiensi thermal. [15] Untuk mengetahui besarnya efisiensi pembakaran yang terjadi pada siklus motor bakar maka perlu perhitungan dengan menggunakan persamaan (6) di bawah ini:

$$\eta_c = \frac{Q_{in}}{m \cdot Q_{HV}} \tag{6}$$

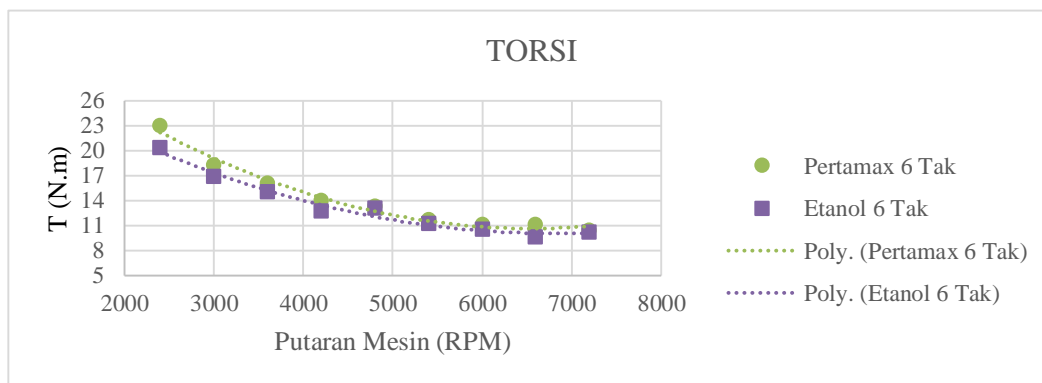
Dimana η_c adalah efisiensi pembakaran, m adalah massa dari bahan bakar (kg) dan Q_{HV} adalah heating value pada bahan bakar (kJ/kg). [16] Untuk mengetahui seberapa efisiensi penggunaan bahan bakar maka harus menghitung efisiensi bahan bakar yang dapat dilihat pada persamaan (7) di bawah ini:

$$\eta_f = \frac{W_{net}}{m \cdot Q_{HV}} \tag{7}$$

Dimana η_f adalah efisiensi bahan bakar, W_{net} adalah kerja siklus (kJ). [16]

3. HASIL DAN DISKUSI

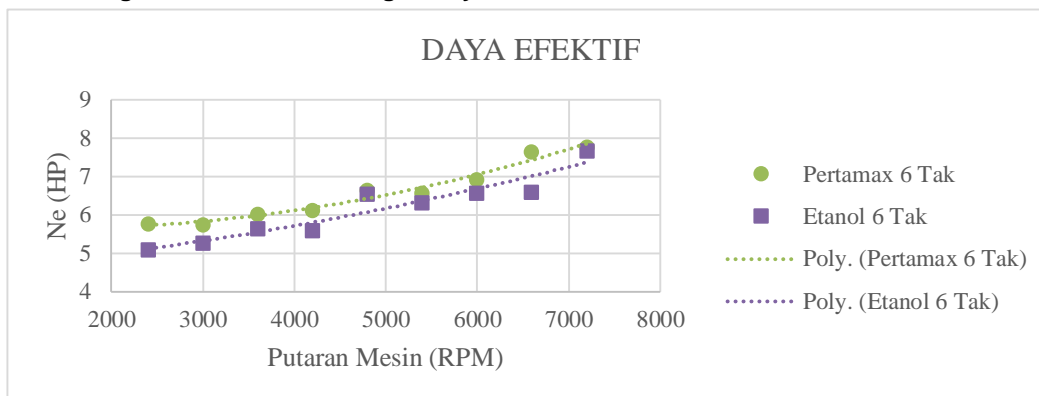
3.1 Hubungan Putaran Mesin dengan Torsi



Gambar 4: Grafik hubungan antara putaran mesin dan Torsi.

Dari hasil analisa grafik pada Gambar 4 bahwa torsi maksimum untuk bahan bakar pertamax sebesar 22,99 N.m pada putaran mesin 2400 rpm, sedangkan torsi maksimum bahan bakar etanol sebesar 20,9 N.m pada putaran mesin 2400 rpm, tingginya nilai torsi pada putaran rendah menurut Heywood (1988) didapat bahwa efisiensi mekanik sekitar 90% saat rpm rendah dan semakin turun menjadi sekitar 75% saat rpm tinggi atau maksimal. Torsi rata-rata dari bahan bakar pertamax lebih tinggi 1,07% dibandingkan dengan bahan bakar etanol.

3.2 Hubungan Putaran Mesin dengan Daya Efektif



Gambar 5: Grafik hubungan antara putaran mesin dan daya efektif.

Pada Gambar 5 grafik hubungan antara putaran poros engkol dengan daya efektif, daya efektif tertinggi untuk bahan bakar pertamax sebesar 7,79 HP pada putaran mesin 7200 rpm, sedangkan bahan bakar etanol sebesar 7,69 HP pada putaran mesin 7200 rpm, dapat dianalisa bahwa daya efektif rata-rata dari bahan bakar pertamax lebih tinggi 1,27% dibandingkan dengan bahan bakar etanol. Tingginya daya efektif bahan bakar dipengaruhi oleh besarnya nilai kalor, dimana nilai kalor pertamax lebih besar 1,66% dibandingkan nilai kalor etanol sehingga daya efektif yang dihasilkan bahan bakar pertamax juga lebih besar.

3.3 Hasil Perhitungan Kerja Siklus, Efisiensi Thermal, Efisiensi Pembakaran dan Efisiensi Bahan Bakar

Dari hasil perhitungan siklus termodinamika dengan menggunakan persamaan (4), persamaan (5), persamaan (6) dan persamaan (7) diperoleh hasil seperti yang dilihat pada Tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5: Hasil perhitungan termodinamika

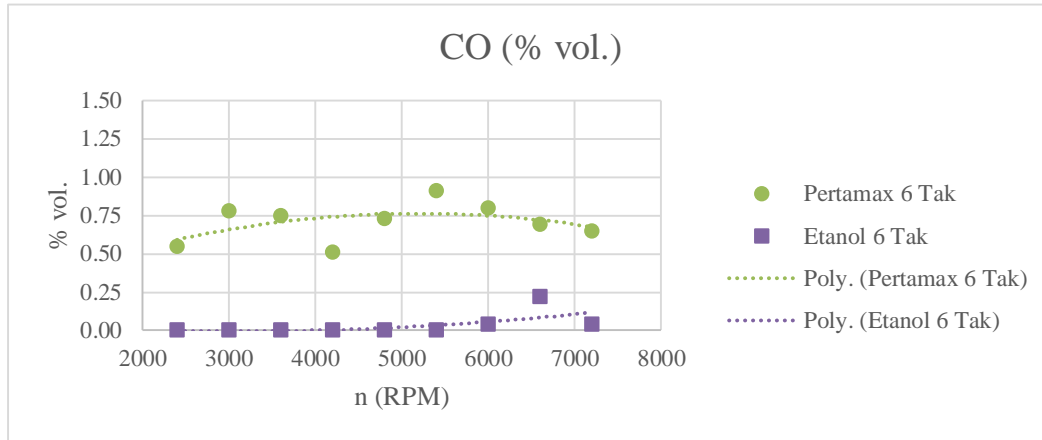
Parameter	6 Tak Pertamax	6 Tak Etanol
η_c	0,919	0,979
Wnet (kJ)	0,240	0,223
η_{th}	0,487	0,488
η_f	0,448	0,477

Dari Tabel 5 Efisiensi *combustion* motor bakar 6 tak berbahan bakar etanol lebih besar 1,06% dibandingkan bahan bakar pertamax, hal ini dipengaruhi oleh nilai *combustible species* dari bahan bakar etanol, dimana semakin kecil nilai emisi bahan bakar semakin tinggi nilai efisiensi pembakarannya hal ini menandakan pembakaran etanol lebih baik daripada pertamax. Kerja siklus (Wnet) motor bakar 6 tak berbahan bakar pertamax lebih besar 1,07% dibandingkan bahan bakar etanol, hal ini dipengaruhi oleh nilai kalor yang masuk ke ruang bakar akibat emisi gas buang pertamax yang lebih besar dibandingkan etanol. Efisiensi termal (η_{th}) motor bakar 6 tak berbahan bakar pertamax sebanding dengan bahan bakar etanol, hal ini dipengaruhi oleh perbandingan kerja siklus dan input kalor yang masuk. Efisiensi fuel (η_f) motor bakar 6 tak berbahan bakar etanol lebih besar 1,06% dibandingkan bahan bakar pertamax, hal ini dipengaruhi oleh nilai kalor (QHV) pertamax yang lebih tinggi dibandingkan etanol sehingga berpengaruh terhadap efisiensi bahan bakar.

3.4 Pengujian Emisi Gas Buang

Pengujian emisi gas buang dilaksanakan menggunakan gas analyzer dengan parameter yang keluar dari gas analyzer adalah CO, CO₂, dan HC. Proses pengambilan data menggunakan gas analyzer dengan memvariasikan putaran poros engkol dari 2400 sampai dengan 7200 rpm, dengan interval 600 rpm. Keadaan sepeda motor saat pengujian dalam kondisi statis.

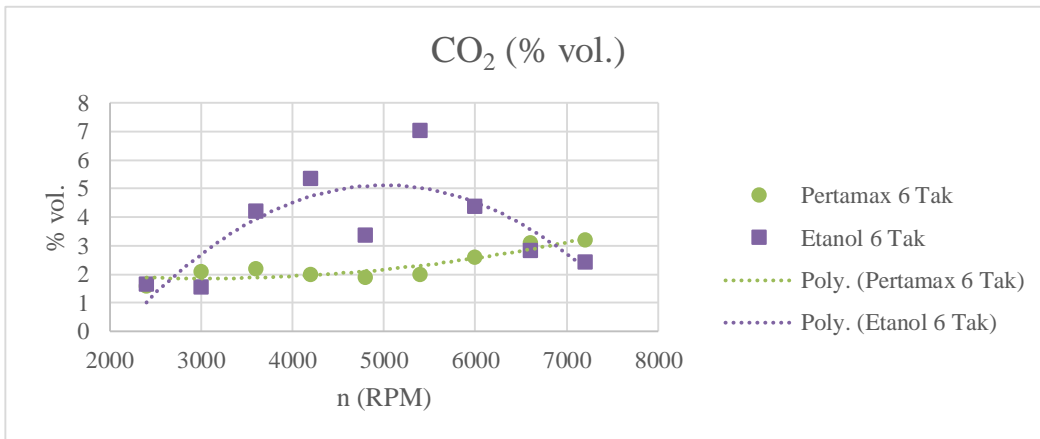
3.4.1 Karbon monoksida (CO)



Gambar 6: Grafik hubungan antara putaran mesin dan CO

Dari grafik perbandingan putaran poros engkol dan kadar karbon monoksida, terlihat bahwa motor bakar 6 tak berbahan bakar pertamax lebih tinggi 21,2% dibandingkan bahan bakar etanol. Kandungan CO yang tinggi disebabkan karena kurangnya oksigen yang masuk ke dalam ruang bakar mesin, sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna dimana atom C kekurangan oksigen untuk membentuk CO₂. Terlihat bahwa penggunaan bahan bakar pertamax menghasilkan CO lebih besar dibandingkan bahan bakar etanol, karena bahan bakar pertamax memiliki atom karbon lebih besar dibandingkan etanol.

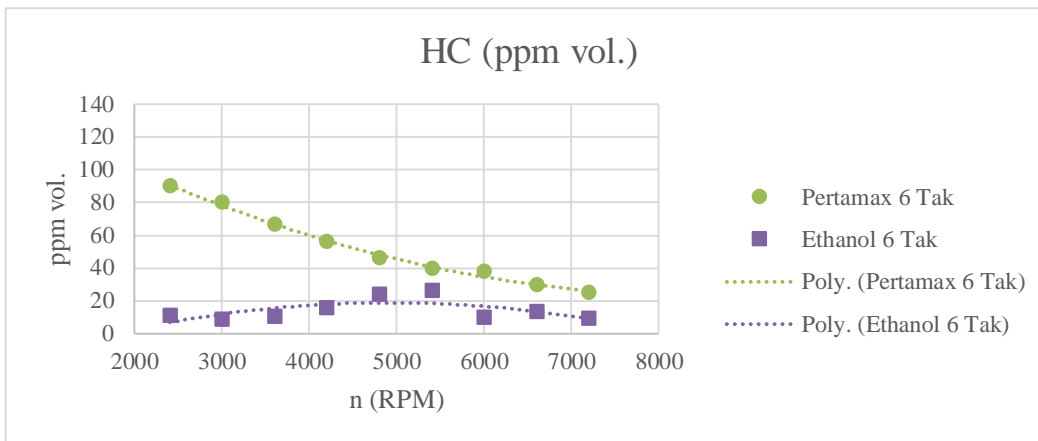
3.4.2 Karbon dioksida (CO₂)



Gambar 7: Grafik hubungan antara putaran mesin dan CO₂

Dari grafik perbandingan putaran poros engkol dan kadar karbon dioksida, dapat dilihat bahwa kadar CO₂ pada motor bakar 6 tak berbahan bakar pertamax lebih kecil 1,56% dibanding bahan bakar etanol, yang artinya dilihat dari emisi CO₂ untuk bahan bakar etanol lebih baik dari bahan bakar pertamax, penyebab nilai CO₂ rendah karena kandungan CO yang tinggi karena kurangnya oksigen yang masuk ke dalam ruang bakar mesin, sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna dimana atom C kekurangan oksigen untuk membentuk CO₂. Terlihat bahwa penggunaan bahan bakar pertamax menghasilkan CO lebih besar dibandingkan bahan bakar etanol, karena bahan bakar pertamax memiliki atom karbon lebih besar dibandingkan etanol.

3.4.2 Hidrokarbon (HC)



Gambar 8: Grafik hubungan antara putaran mesin dan HC

Dari grafik perbandingan putaran poros engkol dan kadar hidrokarbon, dapat dilihat bahwa kadar HC pada motor bakar 6 tak berbahan bakar pertamax lebih tinggi 3,7% dibanding bahan bakar etanol, Tingginya emisi HC pada pertamax diakibatkan oleh nilai atom karbon pertamax lebih besar dibandingkan nilai atom karbon etanol, sehingga saat proses pembakaran, emisi hidrokarbon dari pertamax lebih tinggi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis dan pembahasan, performansi motor bakar 6 tak dengan dua kali pengapian 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.

Efisiensi *combustion* motor bakar 6 tak berbahan bakar pertamax lebih kecil 1,06% dibandingkan bahan bakar etanol, hal ini dipengaruhi oleh nilai *combustible species* dari bahan bakar etanol, dimana semakin kecil nilai emisi bahan bakar semakin tinggi nilai efisiensi pembakarannya hal ini menandakan pembakaran etanol lebih baik daripada pertamax. Kerja siklus (Wnet) motor bakar 6 tak berbahan bakar pertamax lebih besar 1,12% dibandingkan bahan bakar etanol, hal ini dipengaruhi oleh nilai kalor yang masuk ke ruang bakar akibat emisi gas buang pertamax yang lebih besar dibandingkan etanol. Efisiensi termal (η_{th}) motor bakar 6 tak berbahan bakar pertamax sebanding dengan bahan bakar etanol, hal ini dipengaruhi oleh perbandingan kerja siklus dan input kalor yang masuk. Sedangkan efisiensi fuel (η_f) motor bakar 6 tak berbahan bakar etanol lebih besar 1,06% dibandingkan bahan bakar pertamax, hal ini dipengaruhi oleh nilai kalor (QHV) pertamax yang lebih tinggi dibandingkan etanol sehingga berpengaruh terhadap efisiensi bahan bakar.

Hasil uji emisi gas buang CO berbahan bakar pertamax lebih tinggi 21,2% dibandingkan bahan bakar etanol, kandungan CO yang tinggi disebabkan karena kurangnya oksigen yang masuk ke dalam ruang bakar mesin, sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna dimana atom C kekurangan oksigen untuk membentuk CO₂. Emisi gas buang CO₂ berbahan bakar pertamax lebih kecil 1,56% dibanding bahan bakar etanol, yang artinya dilihat dari emisi CO₂ untuk bahan bakar etanol lebih baik dari bahan bakar pertamax, penyebab nilai CO₂ rendah karena kandungan CO yang tinggi karena kurangnya oksigen yang masuk ke dalam ruang bakar mesin, dan emisi gas buang HC berbahan bakar pertamax lebih tinggi 3,7% dibanding bahan bakar etanol, tingginya emisi HC pada pertamax diakibatkan oleh nilai atom karbon pertamax lebih besar dibandingkan nilai atom karbon etanol, sehingga saat proses pembakaran, emisi hidrokarbon dari pertamax lebih tinggi

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ARWIN, LILIS, Y., dan AGUNG, S.W., “Karakteristik Pembakaran Droplet Campuran Bahan Bakar Bensin-Etanol”, Malang: SENIATI. ISSN 2085-4218, pp 291-296, Feb. 2019.
- [2] DEMIRBAS, A., *Biodiesel production from vegetable oils vis catalytic and non catalytic supercritical methanol transesterification methods*, prog. Energy, Combust 31, 466-87, 2005.
- [3] WIRAWAN, T.S., ANUGRAH, I., SURYANTO, M., dan MUSARDY, “Analisis Bahan Bakar Bensin

- Terhadap Performansi Dan Nilai Ekonomi Motor Bensin Cm 11”, (pp.12-17) 978-602-60766-4-9, Prosidings Seminar Hasil Penelitian (SNP2M), 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*, VOL.3 NO. 2. 2016.
 - [5] YOGA, N.P., “Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertamina Dan Waktu Pengapian (Ignition Timing) Terhadap Performa Mesin Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Honda Supra X 125cc Tahun 2008”, *Jurnal Teknik Mesin UNESA*, Surabaya. Vol 3 No 02, 2014.
 - [6] RAZI, M., SISWANTO, E., WIJAYANTI, W., “Pengaruh Derajat Pengapian Terhadap Kinerja Motor Bakar 6 Langkah Berbahan Bakar Etanol”. Malang: JRM UB. eISSN 2477-6041 artikel 10, pp. 299-308, 2019.
 - [7] RAZAN, M.A., “Pengaruh campuran bahan bakar gasoline-etanol (gasohol) terhadap emisi gas buang motor bakar otto 6 langkah”. Skripsi. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2018.
 - [8] MULYATNA, L., YONIK, M., YUSTIANI, AHMAD, M.S.,” Uji Efektivitas Ionizer Bbm Terhadap Penurunan Emisi Gas Karbon Monoksida Dan Hidrokarbon Pada Mobil Dengan Sistem Karburator”, *Infomatek Volume 21 Nomor 1* pp: 61 – 68, Bandung : Universita Pasundan, Juni 2019.
 - [9] SISWANTO, E., “Metode Operasi Motor Pembakaran Dalam Siklus Enam Langkah”, IDP000040589, 2016.
 - [10] MARDALIS, “Metode Penelitian (Suatu Pendekatan Proposal)”. Jakarta: Bumi Aksara, 2009.
 - [11] SISWANTO, E., WIDHIYANURIYAWAN, D., AGUNG, S.W., HAMIDI, N., DARMADI, D.B., dan SUDJITO, “On The Performance of Six-Stroke Single-Power Combustion Engine”. *Journal of Heat and Mass Transfer*.14: 201-218, 2016.
 - [12] SISWANTO, E., HAMIDI, N., MEGA, N. S., WIDHIYANURIYAWAN, D., *A Gasoline Six-stroke Internal Combustion Engine*. Patent Invention, Malang: Unpublished, 2014
 - [13] SISWANTO, E., dan EFENDI, Y., “Peningkatan Performa Sepeda Motor dengan Variasi CDI Programmable”, *Jurnal Science Tech LP2M UST Yogyakarta Vol 1 No 1*, 2015
 - [14] GUNAWAN, C., SISWANTO, E., dan YULIATI, L., “Pengaruh Penambahan Langkah Kerja Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar”, *Rekayasa Mesin*. eISSN 2477-6041 artikel 1, pp. 209-216, 2019.
 - [15] ELFASAKHANY, A., *Performance and emissions Spark-Ignition Engine Using Ethanol-Methanol-Gasoline, n-Butanol-iso-Butanol-Gasoline and iso-Butanol-Ethanol-Gasoline Blends*, *Engineering Science and Technology*. 19: 2053-2059, 2016.
 - [16] KRISTANTO, P., “Motor Bakar Torak (Teori dan Aplikasinya)”, Yogyakarta: CV, Andi Offset, 2015.