

ANALISA UJI PRESTASI MOTOR BENSIN 4 LANGKAH DENGAN VARIASI SUDUT PENGAPIAN DAN PENAMBAHAN ETANOL PADA BAHAN BAKAR PERTALITE

Aditya Praptika Rahman¹⁾✉, Nugrah Rekto Prabowo²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin,
Sekolah Tinggi Teknik Wiworo
Jl. Semingkir No. 1 Purwokerto, Jawa
Tengah, INDONESIA – 53134
aditya.hmc2@gmail.com

²⁾ Jurusan Teknik Mesin,
Sekolah Tinggi Teknik Wiworo
Jl. Semingkir No. 1 Purwokerto, Jawa
Tengah, INDONESIA - 53134
rektoprabowo@gmail.com

Abstract

This research is titled "Performance Analysis of a Four-Stroke Gasoline Engine with Variations in Ignition Timing and Ethanol Addition to Pertalite Fuel." The study aims to analyze the effects of different ignition timing settings and fuel mixtures of Pertalite and ethanol on the performance of a four-stroke gasoline engine. In this experiment, engine performance was evaluated based on torque, power, and exhaust emissions, with ignition timing and fuel type as the independent variables. The ignition timings tested were 15°, 15.5°, 16°, 16.5°, 17°, and 17.5° Before Top Dead Center (BTDC), while the fuels examined included Pertalite, BE15 (Pertalite with 15% ethanol), and BE20 (Pertalite with 20% ethanol). Torque performance tests were conducted using a dynamometer, and emissions were measured with a gas analyzer. The results indicated significant differences in torque, power, and exhaust emissions influenced by the six ignition timing settings and the three fuel types. The highest average torque was recorded at 17.5° BTDC using Pertalite fuel, reaching 13.99 N·m. This was closely followed by an average maximum torque of 14.28 N·m at the same ignition timing using BE20. Similarly, the highest average power output was achieved at 17.5° BTDC with Pertalite fuel, reaching 9.8 HP, while BE20 yielded 9.15 HP. In terms of exhaust emissions, the best performance was also observed at 17.5° BTDC, with CO₂ emissions measured at 2.3% using BE20. Additionally, CO emissions were reduced to 0.56%, and HC emissions were lowered to 18 ppm.

Keywords: Ignition Timing, Fuel, Performance

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia yang semakin meningkat berdampak langsung terhadap konsumsi bahan bakar fosil dan peningkatan emisi gas buang^[1]. Upaya peningkatan performa mesin sekaligus mengurangi dampak lingkungan dapat dilakukan melalui pengaturan sudut pengapian (ignition timing) dan pemanfaatan bahan bakar alternatif seperti etanol^[2].

Pengaturan sudut pengapian memainkan peran penting dalam proses pembakaran bahan bakar di ruang bakar mesin. Pengapian yang terlalu awal atau terlalu lambat akan memengaruhi performa mesin, konsumsi bahan bakar, dan emisi yang dihasilkan. Etanol memiliki angka oktan yang tinggi serta kandungan oksigen yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan efisiensi energi^[2], sehingga mampu menurunkan emisi Karbon Monoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC)^[3, 4].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi sudut pengapian dan penambahan etanol pada bahan bakar Pertalite terhadap performa motor bensin 4 langkah. Parameter yang diuji meliputi torsi, daya, dan emisi gas buang Karbon Monoksida, Karbon Dioksida, Hidrokarbon (CO, CO₂, HC). Percobaan dilakukan pada motor bensin 4 tak 124,8 cc dengan menggunakan bahan bakar Pertalite murni, BE15 (Pertalite dicampur dengan 15% etanol), dan BE20 (Pertalite dicampur dengan 20% etanol). Pengujian torsi dan daya dilakukan menggunakan *dynotest*, sedangkan emisi diuji menggunakan *gas analyzer*.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa variasi sudut pengapian memengaruhi torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar^[5, 6], sedangkan pencampuran

etanol dapat meningkatkan kualitas pembakaran [7, 8]. Namun, penelitian mengenai pengaruh campuran Pertalite dengan etanol pada variasi sudut pengapian tertentu masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi sudut pengapian dan penambahan etanol terhadap performansi motor bensin 4 langkah.

2. METODE DAN BAHAN

2.1 Metode Penelitian

Metode penelitian menggunakan teknik eksperimen dengan merubah sudut pengapian dengan cara *remaping* ECU pada sepeda motor vario 124, 8 cc dengan penambahan etanol 99,9% dengan tujuan menganalisa pengaruh perubahan sudut pengapian dan penambahan etanol pada bahan bakar, apakah berpengaruh terhadap performa *engine* dan emisi gas buang. Dalam penelitian ini, *engine* dilakukan perubahan pada variasi sudut pengapian standar 15° dinaikkan 0,5° dengan interval 5 menjadi 15,5°, 16°, 16,5°, 17° 17,5° menggunakan jenis bahan bakar yaitu Pertalite dicampur etanol BE15, BE20, data diambil pada rentang putaran mesin 2000 rpm hingga 9000 rpm dengan *interval* 250 rpm. Data yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui perbedaan performa antar variasi sudut pengapian dan jenis bahan bakar yang digunakan [9].

Yang harus di perhatikan sebelum melakukan penelitian atau percobaan adalah keadaan alat dan mesin yang digunakan dalam kondisi optimal supaya torsi dan daya yang diperoleh lebih akurat dan teliti. Adapun langkah-langkah meliputi *Tune UP engine* sepeda motor, Kalibrasi pada *dynotest*, memasukan data spesifikasi motor, Melakukan *remaping* ECU dan Kalibrasi *Emission Gas Analyzer*.



Gambar 1. Proses kalibrasi pada *dynotest* dan *emission gas analyzer*.

Setelah persiapan alat dan bahan penelitian, selanjutnya melakukan pengujian dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Siapkan sepeda motor pada spesifikasi perbandingan variasi sudut pengapian 15°.
2. Masukan bahan bakar Pertalite.
3. Tempatkan sepeda motor pada alat *dynotest*.
4. Hidupkan motor bensin, sampai tercapai suhu kerja.
5. Dimulai dari putaran gas 1000 rpm samapai 9000 rpm.
6. Pengambilan data:

Data uji torsi (Nm) dicatat pada *dynotest* yang dihasilkan pada perbandingan variasi sudut pengapian 15° dengan bahan bakar Pertalite, setelah didapat hasil yang maksimal pada sepeda motor tersebut, agar didapatkan data yang *valid* untuk setiap pengujian torsi, daya dan emisi gas buang dilakukan tiga kali pada setiap bahan bakar dan masing – masing variasi variasi sudut pengapian. Menurut [10] besarnya torsi pada motor dapat diperoleh dengan rumus:

$$T = m \times g \times L \text{ (N.m)} \dots \dots (1)$$

Keterangan:

m = Massa pada *dynotest* (N.m)

g = Gravitasi bumi

L = Panjang lengan *dynotest*

Catatan daya (HP) pada *dynotest* yang dihasilkan pada perbandingan variasi sudut pengapian 15° dengan bahan bakar Pertalite, setelah didapat hasil yang maksimal pada sepeda motor tersebut, agar didapatkan data yang *valid* untuk setiap pengujian torsi, daya dan emisi gas buang dilakukan tiga kali pada setiap bahan bakar dan masing – masing variasi perbandingan variasi sudut pengapian. Daya yang dihasilkan oleh motor diperoleh dengan persamaan [10] :

$$P = 2\pi \times n \times T / 6000 \text{ (kw)}$$

Dimana :

P = Daya (watt)

T = Torsi (Nm)

N = Putaran mesin (rpm)

Daya juga bisa dinyatakan dalam satuan HP (horse power). Jika diketahui torsi (T) dalam lbf.ft, maka besarnya daya mesin ditunjukkan dengan persamaan berikut :

$$P = T \cdot n \cdot 5252 \dots (HP)$$

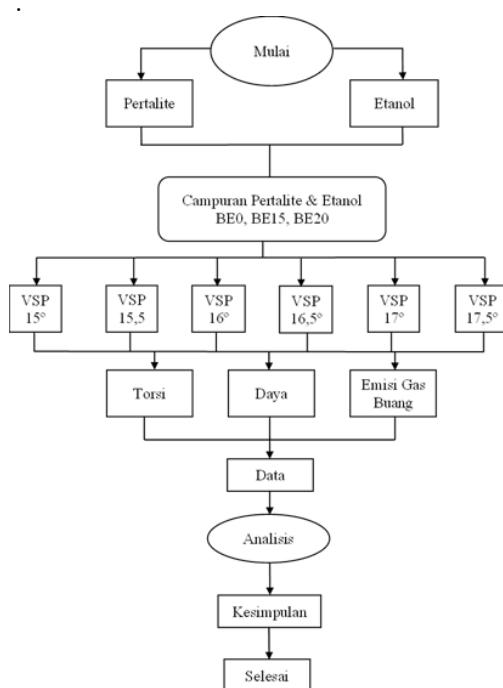
P = Daya keluaran mesin (HP)

T = Torsi keluaran Mesin (lbf.ft)

n = putaran mesin (rpm)

Catatan hasil emisi CO₂, CO dan HC pada alat uji emisi yang dihasilkan pada perbandingan variasi sudut pengapian 15° dengan bahan bakar Pertalite, setelah didapat hasil yang maksimal pada sepeda motor tersebut, agar didapatkan data yang *valid* untuk setiap pengujian torsi, daya dan emisi gas buang dilakukan tiga kali pada setiap bahan bakar dan masing – masing variasi perbandingan variasi sudut pengapian.

Pada pengujian dengan perbandingan variasi sudut pengapian 15°, 15,5°, 16°, 16,5°, 17°, 17,5° dengan menggunakan bahan bakar Pertalite campuran etanol BE15, BE20 sama dengan perlakuan pada langkah diatas. Langkah-langkah yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian terlihat pada gambar 2



Gambar 2. Diagram Alir Metode Penelitian

2.2 Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan sepeda motor vario 124,8 cc dengan transmisi otomatis penggerak CVT (*Continuously Variable Transmission*), sistem pendingin cairan dan sistem suplai bahan bakar PGM-FI. Motor dengan penggerak CVT digunakan karena jenis sepeda motor ini sangat digemari oleh masyarakat, serta penggunaan etanol murni 99,9% yang memang sedang banyak dikembangkan untuk penelitian sebagai campuran bahan bakar. Etanol atau etil alkohol adalah senyawa organik yang tersusun dari unsur unsur karbon, hidrogen dan oksigen, Etanol dapat diperoleh dari bahan baku nabati dengan melalui proses fermentasi sehingga lebih dikenal dengan sebutan bioetanol ^[11]. Etanol adalah bahan bakar beroktan tinggi dan dapat mengantikkan timbal sebagai peningkat bilangan oktan dalam bensin. Dengan mencampur etanol dengan bensin akan mengoksidasi campuran bahan bakar sehingga dapat terbakar lebih sempurna dan mengurangi emisi gas buang seperti karbon monoksida. Kandungan etanol yang digunakan dalam penelitian ini ^[12] seperti terlihat pada Tabel 1.

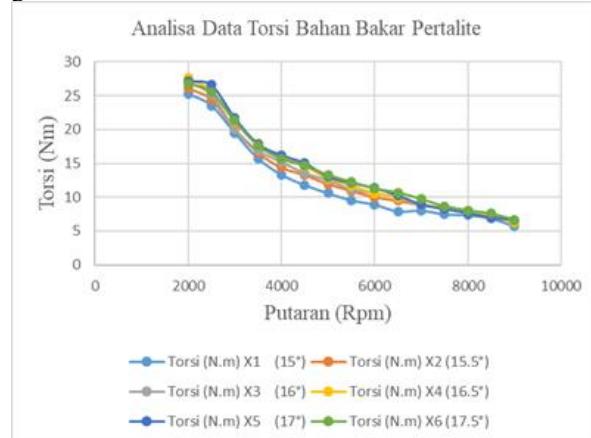
Tabel 1. Sifat Fisik dan Kimia Etanol

Properti	Nilai
Berat Molekul (g/mol)	46,1 g/kmol
Titik Beku (°C)	-114,1 °C
Titik didih normal (°C)	78 °C
Titik nyala (°C)	13 °C
Suhu menyala otomatis (°C)	363 – 425 °C
AFR Stoikiometri	6,46
Densitas (g/ml)	0,793 g/ml
Viskositas pada 20°C (Cp)	1,2
Uap 20°C	59
Nilai oktan (penelitian)	106-111

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Data Analisis Torsi Menggunakan BBM Pertalite

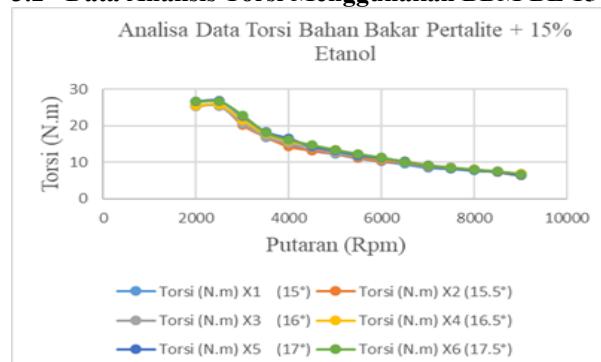
Hasil pengujian torsi mesin dengan menggunakan *dynotest* didapatkan hasil seperti pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Grafik hubungan Torsi dengan Putaran untuk BBM Pertalite

Dari grafik torsi diatas pada tiap pengujian menggunakan bahan bakar Pertalite dengan Variasi Sudut Pengapian (15°, 15.5°, 16°, 16.5°, 17°, 17.5°) dari putara 2000 rpm sampai 9000 rpm dengan range 500 rpm menunjukan bahwa waktu pengapian yang menghasilkan torsi paling optimal terjadi pada sudut 17,5° sebelum (TMA), dengan nilai torsi maksimum sebesar 26,81 N.m. Nilai ini menunjukkan peningkatan sebesar 13,4% dibandingkan dengan torsi pada waktu pengapian standar. Rata-rata torsi yang dihasilkan pada sudut ini mencapai 13,99 N.m, yang mengindikasikan peningkatan performa mesin secara keseluruhan.

3.2 Data Analisis Torsi Menggunakan BBM BE 15



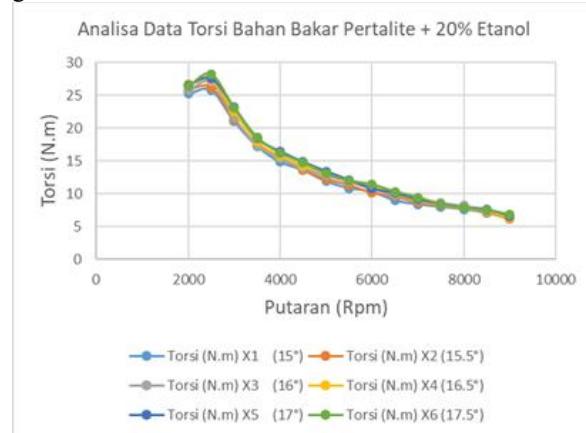
Gambar 4. Grafik hubungan Torsi dengan Putaran untuk BBM BE 15%

Hasil pengujian torsi mesin dengan menggunakan *dynotest* didapatkan hasil seperti pada gambar 4 berikut ini.

Dari grafik torsi diatas pada tiap pengujian menggunakan bahan bakar Pertalite campuran etanol 15% dengan Variasi Sudut Pengapian (15° , 15.5° , 16° , 16.5° , 17° , 17.5°) dari putara 2000 rpm sampai 9000 rpm dengan range 500 rpm menunjukkan bahwa waktu pengapian yang menghasilkan torsi paling optimal terjadi pada sudut 17.5° sebelum (TMA), dengan nilai torsi maksimum sebesar 26,72 N.m. Nilai ini menunjukkan peningkatan sebesar 6,1% dibandingkan dengan torsi pada waktu pengapian standar. Rata-rata torsi yang dihasilkan pada sudut ini mencapai 14,13 N.m, yang mengindikasikan peningkatan performa mesin secara keseluruhan.

3.3 Data Analisis Torsi Menggunakan BBM BE 20

Hasil pengujian torsi mesin dengan menggunakan dynotest didapatkan hasil seperti pada gambar 5 berikut ini.

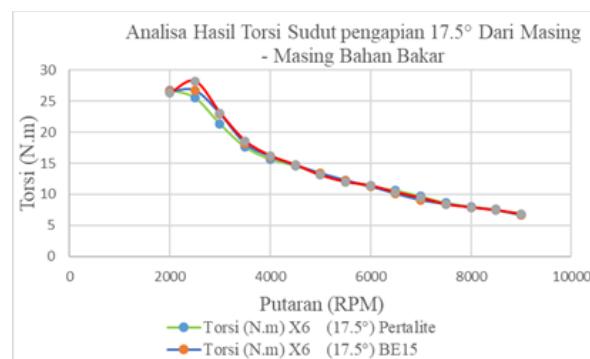


Gambar 5. Grafik hubungan Torsi dengan Putaran untuk BBM BE 20%

Dari grafik torsi diatas pada tiap pengujian menggunakan bahan bakar Pertalite campuran etanol 20% dengan Variasi Sudut Pengapian (15° , 15.5° , 16° , 16.5° , 17° , 17.5°) dari putara 2000 rpm sampai 9000 rpm dengan range 500 rpm menunjukkan bahwa waktu pengapian yang menghasilkan torsi paling optimal terjadi pada sudut 17.5° sebelum (TMA), dengan nilai torsi maksimum sebesar 28,25 N.m. Nilai ini menunjukkan peningkatan sebesar 7,9% dibandingkan dengan torsi pada waktu pengapian standar. Rata-rata torsi yang dihasilkan pada sudut ini mencapai 14,28 N.m, yang mengindikasikan peningkatan performa mesin secara keseluruhan.

3.4 Grafik hubungan Torsi dengan Putaran untuk BBM Keseluruhan

Hasil pengujian torsi mesin dengan menggunakan dynotest didapatkan hasil seperti pada gambar 6 berikut ini.

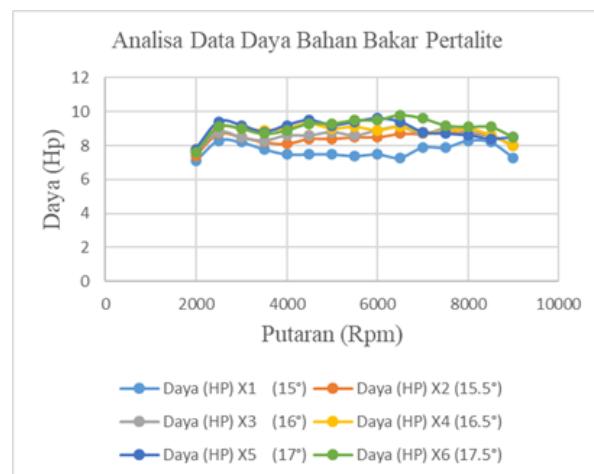


Gambar 6. Grafik hubungan Torsi dengan Putaran untuk BBM Keseluruan

Berdasarkan grafik torsi (Nm) gabungan 2 bahan bakar dengan sudut pengapian tertinggi 17.5° didapatkan hasil motor yang menggunakan bahan bakar Pertalite dengan campuran etanol 20% menghasilkan rata-rata torsi lebih tinggi sebesar 2,1% dibandingkan dengan motor yang menggunakan Pertalite murni. Sementara itu, motor dengan bahan bakar Pertalite yang dicampur etanol 15% menunjukkan peningkatan rata-rata torsi sebesar 1,0% dibandingkan dengan Pertalite murni. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan etanol (dalam batas tertentu), semakin besar kontribusinya terhadap efisiensi pembakaran dan peningkatan performa mesin.

3.5 Data Analisis Daya Menggunakan BBM Pertalite

Hasil pengujian daya mesin dengan menggunakan dynotest didapat hasil seperti pada gambar 7 berikut ini.

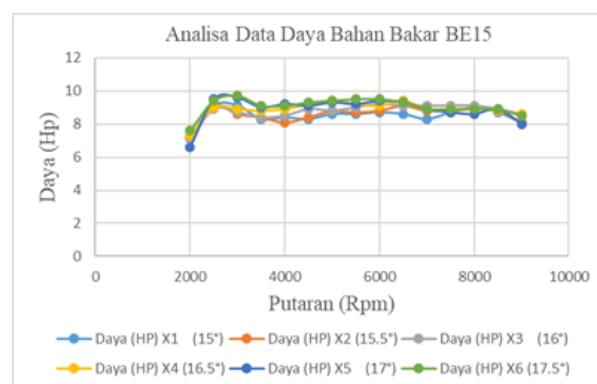


Gambar 7. Grafik hubungan Daya dengan Putaran untuk BBM Pertalite

Dari grafik daya diatas pada tiap pengujian menggunakan bahan bakar Pertalite dengan Variasi Sudut Pengapian (15° , 15.5° , 16° , 16.5° , 17° , 17.5°) dari putara 2000 rpm sampai 9000 rpm dengan range 500 rpm menunjukkan bahwa waktu pengapian yang menghasilkan daya paling optimal terjadi pada sudut 17.5° sebelum (TMA), dengan nilai daya maksimum sebesar 9.8 HP. Nilai ini menunjukkan peningkatan sebesar 7% dibandingkan dengan daya pada waktu pengapian standar. Rata-rata daya yang dihasilkan pada sudut ini mencapai 9.08 HP, yang mengindikasikan peningkatan performa mesin secara keseluruhan.

3.6 Data Analisis Daya Menggunakan BBM BE 15

Hasil pengujian daya mesin dengan menggunakan dynotest didapat hasil seperti pada gambar 8 berikut ini.

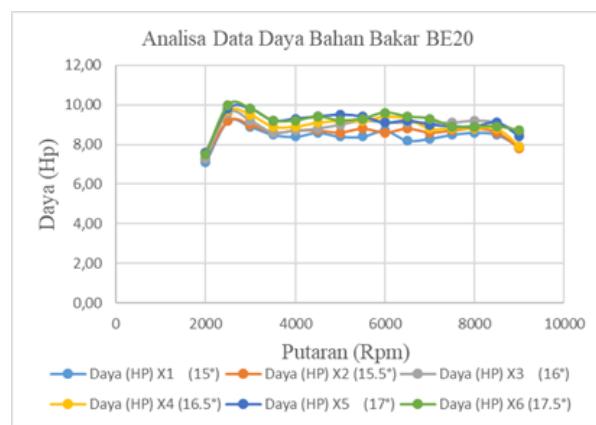


Gambar 8. Grafik hubungan Daya dengan Putaran untuk BBM BE 15%

Dari grafik daya diatas pada tiap pengujian menggunakan bahan bakar Pertalite campuran etanol 15% dengan Variasi Sudut Pengapian (15° , 15.5° , 16° , 16.5° , 17° , 17.5°) dari putara 2000 rpm sampai 9000 rpm dengan range 500 rpm menunjukkan bahwa waktu pengapian yang menghasilkan daya paling optimal terjadi pada sudut 17.5° sebelum (TMA), dengan nilai daya maksimum sebesar 9.7 HP. Nilai ini menunjukkan peningkatan sebesar 6,1% dibandingkan dengan daya pada waktu pengapian standar. Rata-rata daya yang dihasilkan pada sudut ini mencapai 9.07 HP, yang mengindikasikan peningkatan performa mesin secara keseluruhan.

3.7 Data Analisis Daya Menggunakan BBM BE 20

Hasil pengujian daya mesin dengan menggunakan dynotest didapati hasil seperti pada gambar 9 berikut ini.

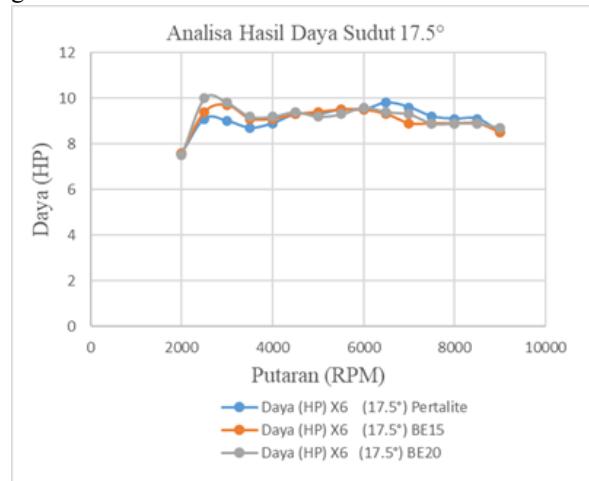


Gambar 9. Grafik hubungan Daya dengan Putaran untuk BBM BE 20%

Dari grafik daya diatas pada tiap pengujian menggunakan bahan bakar Pertalite campuran etanol 20% dengan Variasi Sudut Pengapian (15° , 15.5° , 16° , 16.5° , 17° , 17.5°) dari putara 2000 rpm sampai 9000 rpm dengan range 500 rpm menunjukkan bahwa waktu pengapian yang menghasilkan daya paling optimal terjadi pada sudut 17.5° sebelum (TMA), dengan nilai daya maksimum sebesar 10 HP. Nilai ini menunjukkan peningkatan sebesar 8% dibandingkan dengan daya pada waktu pengapian standar. Rata-rata daya yang dihasilkan pada sudut ini mencapai 9.15 HP, yang mengindikasikan peningkatan performa mesin secara keseluruhan.

3.8 Data Analisis Daya Menggunakan BBM Keseluruhan

Hasil pengujian daya mesin dengan menggunakan dynotest didapati hasil seperti pada gambar 10 berikut ini.

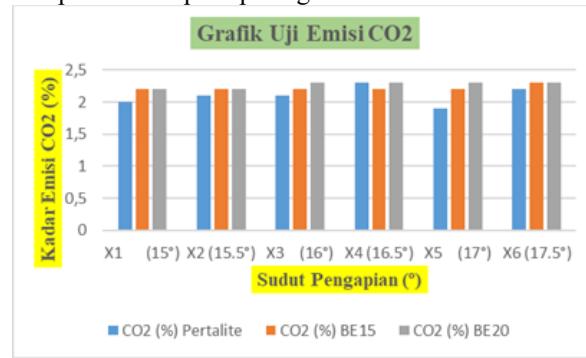


Gambar 10. Grafik hubungan Daya dengan Putaran untuk BBM Keseluruhan

Berdasarkan grafik Daya (HP) gabungan 2 bahan bakar dengan sudut pengapian tertinggi 17.5° didapatkan hasil motor yang menggunakan bahan bakar Pertalite dengan campuran etanol 20% menghasilkan rata-rata torsi lebih tinggi sebesar 1% dibandingkan dengan motor yang menggunakan Pertalite murni. Sementara itu, motor dengan bahan bakar Pertalite yang dicampur etanol 15% menunjukkan sedikit penurunan rata-rata torsi sebesar 0,1% dibandingkan dengan Pertalite murni. Penyebabnya kandungan oksigennya mungkin belum cukup signifikan untuk memperbaiki pembakaran secara optimal atau justru menyebabkan pembakaran menjadi tidak stabil karena rasio udara-bahan bakar yang terlalu ramping.

3.9 Data Analisis Emisi Gas CO₂ pada putaran 1000 Rpm

Hasil pengujian emisi gas buang pada mesin dengan menggunakan emission gas analyzer didapat hasil seperti pada gambar 11 berikut ini.

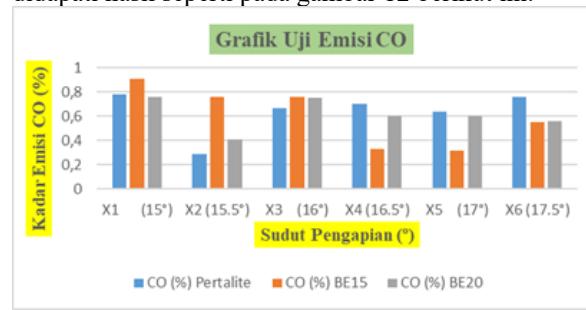


Gambar 11. Grafik Emisi Gas (CO₂) Terhadap Variasi Sudut Pengapian

Dari data grafik emisi gas buang Karbon Dioksida (CO₂) menggunakan bahan bakar Pertalite dan Campuran Etanol (15% - 20%) dengan Variasi Sudut Pengapian (15° , 15.5° , 16° , 16.5° , 17° , 17.5°) dari putara idle 1000 rpm menunjukkan bahwa penggunaan etanol sebagai campuran bahan bakar memberikan pengaruh positif terhadap kestabilan emisi CO₂, nilai emisi pada kedua campuran tersebut konsisten berada di kisaran 2,2% hingga 2,3% pada semua variasi sudut pengapian terutama pada kondisi idle (1000 rpm). Hal ini menunjukkan bahwa BE15 dan BE20 merupakan bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan Pertalite murni. Selain itu, hasil ini juga menunjukkan bahwa sudut pengapian optimal perlu disesuaikan agar menghasilkan pembakaran yang efisien, tergantung dari jenis bahan bakar yang digunakan.

3.10 Data Analisis Emisi Gas CO pada putaran 1000 Rpm

Hasil pengujian emisi gas buang pada mesin dengan menggunakan emission gas analyzer didapat hasil seperti pada gambar 12 berikut ini.



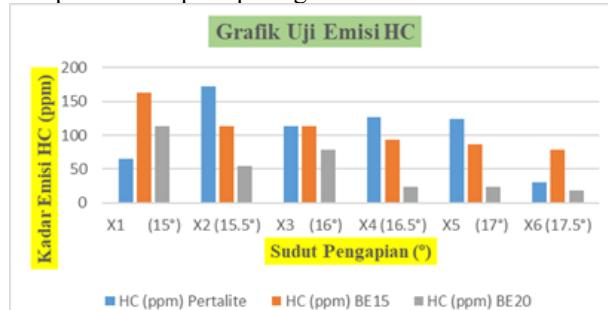
Gambar 12. Grafik Emisi Gas (CO) Terhadap Variasi Sudut Pengapian

Dari data grafik emisi gas buang diatas pada tiap pengujian menggunakan bahan bakar Pertalite campuran etanol 15% dengan Variasi Sudut Pengapian (15° , 15.5° , 16° , 16.5° , 17° , 17.5°) dari putara idle 1000 rpm menunjukkan bahwa penambahan etanol ke dalam Pertalite (baik 15% maupun 20%) dapat menurunkan emisi CO dalam beberapa kondisi sudut pengapian, pada BE15, emisi CO mulai dari 0,91% di sudut 15° , lalu turun drastis menjadi 0,33% dan 0,32% pada 16.5° dan 17° , menunjukkan adanya perbaikan pembakaran pada sudut yang lebih besar. meskipun hasilnya sangat dipengaruhi oleh waktu pengapian itu sendiri. Campuran BE15 menunjukkan emisi CO paling rendah pada

sudut 17° (0,32%), sedangkan BE20 lebih stabil, meskipun sedikit lebih tinggi nilainya pada sudut tersebut. Kombinasi antara sudut pengapian dan komposisi bahan bakar sangat memengaruhi hasil pembakaran, sehingga pemilihan sudut pengapian yang tepat menjadi kunci untuk memaksimalkan efisiensi dan menekan polusi emisi CO

3.11 Data Analisis Emisi Gas HC pada putaran 1000 Rpm

Hasil pengujian emisi gas buang pada mesin dengan menggunakan emission gas analyzer didapatkan hasil seperti pada gambar 13 berikut ini.

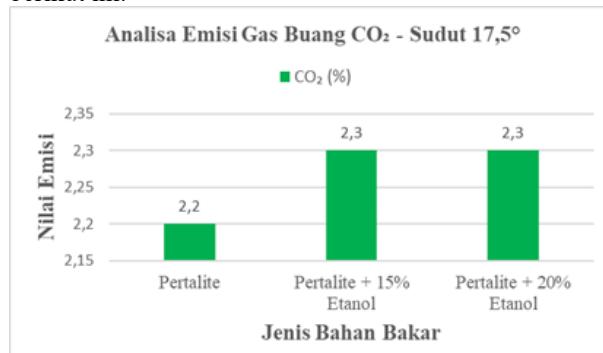


Gambar 13. Grafik Emisi Gas (HC) Terhadap Variasi Sudut Pengapian

Dari data grafik emisi gas buang diatas pada tiap pengujian menggunakan bahan bakar Pertalite campuran etanol 20% dengan Variasi Sudut Pengapian (15° , 15.5° , 16° , 16.5° , 17° , 17.5°) dari putara idle 1000 rpm menunjukkan bahwa campuran Pertalite + 20% etanol (BE20) menunjukkan performa paling efisien dalam mengurangi emisi HC, hasil yang signifikan terlihat pada campuran BE20, yang menghasilkan emisi HC paling rendah secara konsisten. Nilai HC pada BE20 turun dari 114 ppm pada 15° menjadi hanya 18 ppm pada 17.5° , dengan penurunan drastis terutama terjadi pada sudut 16.5° dan 17° , masing-masing sebesar 23 ppm terutama pada sudut pengapian antara 16.5° hingga 17.5° . Ini menunjukkan bahwa penambahan etanol tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga berpotensi meningkatkan efisiensi termal mesin pada kondisi tertentu, khususnya pada kecepatan idle.

3.12 Data Analisa Emisi Gas CO₂ BBM Keseluruhan Dengan Sudut Pengapian Terbaik

Hasil analisis emisi gas buang terbaik pada mesin didapatkan hasil seperti pada gambar 14 berikut ini.

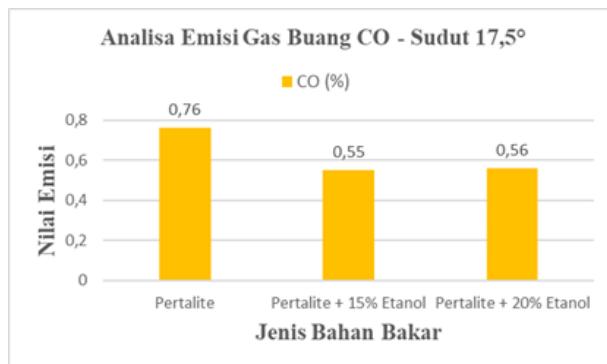


Gambar 14. Grafik Emisi Gas CO₂ Penggunaan BBM Keseluruhan

Berdasarkan grafik emisi diperoleh hasil emisi CO₂ pada sudut pengapian 17.5° meningkat dari 2,2% (Pertalite murni) menjadi 2,3% pada campuran etanol 15% dan 20%. Kenaikan 4% ini menunjukkan pembakaran lebih sempurna akibat tambahan oksigen dari etanol yang mendukung proses pembakaran lengkap.

3.13 Data Analisa Emisi Gas CO BBM Keseluruhan Dengan Sudut Pengapian Terbaik

Hasil analisis emisi gas buang terbaik pada mesin didapatkan hasil seperti pada gambar 15 berikut ini.

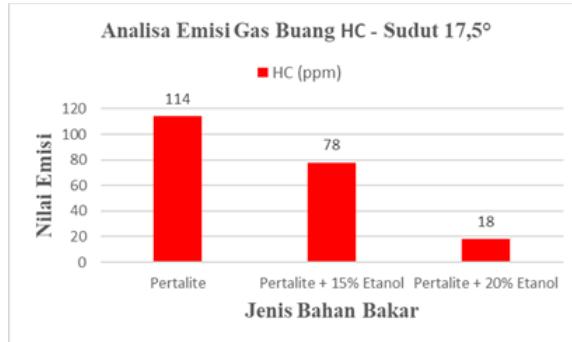


Gambar 15. Grafik Emisi Gas CO Penggunaan BBM Keseluruhan

Berdasarkan grafik emisi gas buang CO pada campuran dua bahan bakar dengan sudut pengapian $17,5^\circ$, diketahui bahwa emisi CO menurun signifikan dari 0,76% pada Pertalite murni menjadi 0,55% pada campuran 15% etanol dan 0,56% pada campuran 20% etanol. Penurunan ini masing-masing mencapai 38% dan 36%, menunjukkan bahwa pembentukan CO akibat pembakaran tidak sempurna berhasil ditekan. Kehadiran etanol terbukti membantu mengurangi gas beracun sehingga campuran bahan bakar menjadi lebih ramah lingkungan.

3.14 Data Analisa Emisi Gas HC BBM Keseluruhan Dengan Sudut Pengapian Terbaik.

Hasil analisis emisi gas buang terbaik pada mesin didapati hasil seperti pada gambar 16 berikut ini.



Gambar 16. Grafik Emisi Gas HC Penggunaan BBM Keseluruhan

Berdasarkan grafik emisi gas buang HC pada campuran dua bahan bakar dengan sudut pengapian $17,5^\circ$, emisi HC menurun drastis dari 114 ppm pada Pertalite murni menjadi 78 ppm pada campuran 15% etanol dan hanya 18 ppm pada campuran 20% etanol. Penurunan masing-masing sebesar 32% dan 84% ini menunjukkan bahwa pembakaran berlangsung jauh lebih sempurna dengan penambahan etanol, terutama pada kadar 20%. Hal ini membuktikan efektivitas etanol yang tinggi dalam menekan polutan hasil pembakaran tidak sempurna.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini yaitu etanol memiliki nilai oktan yang lebih tinggi dibandingkan pertalite sehingga memiliki kemampuan untuk menahan knocking dan memungkinkan sudut pengapian lebih maju. Dengan meningkatkan sudut pengapian dan diikuti dengan penggunaan angka oktan bahan bakar yang lebih tinggi maka torsi dan daya yang dihasilkan semakin besar serta menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik.

1. Peningkatan sudut pengapian dari 15° hingga $17,5^\circ$ BTDC berpengaruh signifikan terhadap kenaikan torsi mesin. Sudut pengapian $17,5^\circ$ BTDC dengan bahan bakar Pertalite-ethanol 20% (BE20) menghasilkan rata-rata torsi tertinggi sebesar 14,28 N·m, meningkat 2,1% dibandingkan Pertalite murni.
2. Kenaikan sudut pengapian 15° hingga $17,5^\circ$ BTDC dengan penambahan etanol terbukti meningkatkan daya mesin. Rata-rata daya maksimum diperoleh pada

- penggunaan Pertalite–etanol 20% (BE20) dengan sudut pengapian $17,5^\circ$ BTDC sebesar 9,15 HP, atau naik 1% dibandingkan Pertalite murni.
3. Variasi sudut pengapian 15° hingga $17,5^\circ$ BTDC dan penambahan etanol mampu menurunkan emisi gas buang mesin. Emisi CO tertinggi tercatat pada Pertalite murni sebesar 0,76%, kemudian menurun menjadi 0,55% pada BE15 dan 0,56% pada BE20. Emisi HC menurun drastis dari 114 ppm pada Pertalite murni menjadi 18 ppm pada BE20. Sebaliknya, emisi CO_2 sedikit meningkat dari 2,2% (Pertalite murni) menjadi 2,3% pada BE15 dan BE20, menunjukkan proses pembakaran yang lebih sempurna.

PERNYATAAN TERIMA KASIH

Melalui pernyataan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pembimbing Drs. Nugrah Rekto Prabowo ST., MT yang telah membantu penulis dalam merampungkan artikel pada Jurnal Rekayasa Mesin ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, “Statistik Transportasi Darat,” BPS, Jakarta, 2022.
- [2] Ragil Sukarno, “Pengaruh Perubahan Ignition Timing Terhadap Kinerja Mesin Sepeda Motor Automatic 115cc,” *J. Otomotif*, vol. 12, no. 1, pp. 23-30, 2017.
- [3] M. Syafrun, “Analisis Pengaruh Bahan Bakar Etanol pada Motor Bensin,” *ITEKS*, vol. 15, no. 2, pp. 44–51, 2023.
- [4] C. Winarno, “Pengaruh Pencampuran Etanol terhadap Emisi Gas Buang Motor Bensin,” *J. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 33-40, 2011.
- [5] R. Sukarno, “Variasi Waktu Pengapian terhadap Torsi Mesin Bensin,” *J. Mesin Otomotif*, vol. 10, no. 2, pp. 45-52, 2018.
- [6] Sugita *et al.*, “Effect of Pertalite–Methanol Blends on Performance and Exhaust Emission of a Four-Stroke 125 cc Motorcycle Engine,” *ITEKS*, vol. 16, no. 1, pp. 14-21, 2018.
- [7] Rafi Raihanur Rachman, “Pengaruh campuran Pertalite dan 50% etanol dengan variasi ignition pada piston engine 1 cylinder,” *J. Mesin*, vol. 15, no. 2, pp. 55-62, 2022.
- [8] M. Syafrun, “Analisis Faktor yang Mempengaruhi Performa Sepeda Motor Bensin,” *J. Teknik Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 21-28, 2023.
- [9] Muchlisnalahuddin *et al.*, “Pengaruh Variasi Campuran Etanol pada Motor Bensin 4 Langkah,” *J. Energi*, vol. 18, no. 2, pp. 44-51, 2022.
- [10] W. D. Raharjo dan Karnowo, *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, 2008.
- [11] E. Hambali, *et al.*, *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: AgroMedia Pustaka, 2007.
- [12] Acidatama, “Penghargaan & Sertifikat,” Acidatama. [Online]. Available: <https://acidatama.co.id/tentang-kami/penghargaan-sertifikat/>. [Accessed: Jul. 23, 2025].