



DOI: 99.99999/EMTJ

Diterima: 23/04/2021, Disetujui: 26/04/2021, Publish: 03/05/2021

ANALISIS TINGKAT EMISI GAS BUANG, KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN KINERJA MESIN SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR PERTAMAX DAN CAMPURAN PERTAMAX ETANOL

Ayatullah Altrinaldo, Risal Abu, Mukhnizar

Universitas Ekasakti, Jln Veteran Dalam No 26B Padang, Indonesia,

Abstrak

Sektor transportasi merupakan salah satu penyumbang utama emisi gas rumah kaca dan polusi udara global. Oleh karena itu, ada kebutuhan mendesak untuk mencari bahan bakar alternatif yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Salah satu bahan bakar alternatif adalah campuran bensin dengan oktan 92 (pertamax) dan etanol. Etanol adalah zat kimia yang mudah menguap dan mudah terbakar. Penelitian kali ini bertujuan untuk meneliti kinerja, konsumsi bahan bakar, dan emisi yang dihasilkan oleh bahan bakar campuran pertamax etanol. Komposisi campuran yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 95% pertamax dan etanol sebanyak 5%. Hasil pengujian torsi dan *horsepower* menggunakan bahan bakar campuran pertamax etanol memiliki rata-rata torsi maksimum 2,7% lebih besar dengan nilai 9,2 [N.m] dan memiliki rata-rata *horsepower* maksimum 3,6% lebih besar dengan nilai 8,21 [hp]. Kemudian, hasil pengujian konsumsi bahan bakar menunjukkan bahwa rata-rata nilai konsumsi bahan bakar campuran pertamax etanol lebih boros dibandingkan pertamax. Selanjutnya, hasil pengujian emisi gas buang yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar campuran pertamax etanol memiliki kadar emisi CO 31% lebih sedikit dengan nilai 0,60 [%vol], dan emisi HC yang dihasilkan sebanyak 14% lebih banyak dengan nilai 647 [ppm.vol].

Kata kunci: Pertamax, Etanol, Torsi, *Horsepower*, Emisi, Konsumsi.

Abstract

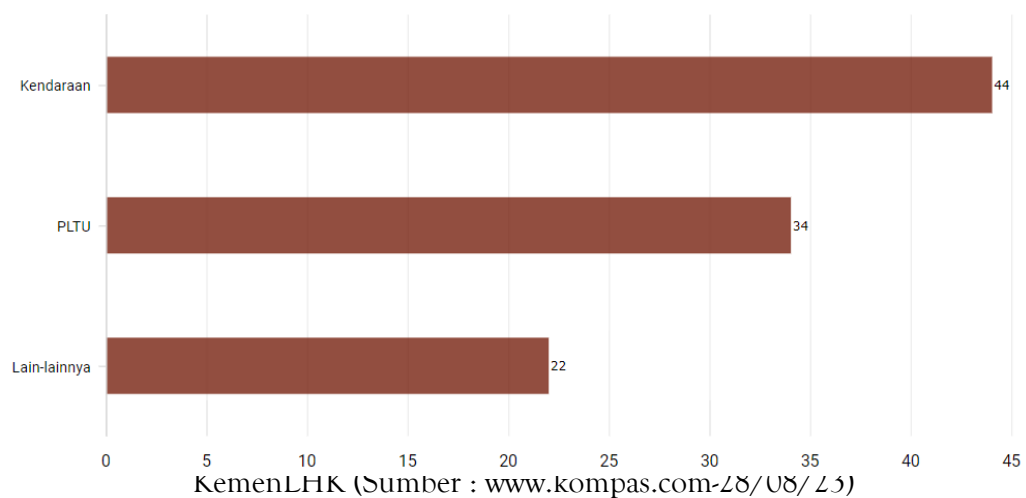
The transportation sector is one of the main contributors to greenhouse gas emissions and global air pollution. Therefore, there is an urgent need to find alternative fuels that are

more sustainable and environmentally friendly. One alternative fuel is a mixture of gasoline with octane 92 (pertamax) and ethanol. Ethanol is a volatile and flammable chemical. This research aims to examine the performance, fuel consumption and emissions produced by Pertamax gasoline mixed with ethanol. The mixture composition used in this research was 95% gasoline and 5% ethanol. The results of testing torque and horsepower using ethanol against the use of pertamax had an average maximum torque that was 2,7% greater with a value of 9.2 [N.m] and had an average maximum horsepower that was 3,6% greater with value 8.21 [hp]. Then, the fuel consumption test results showed that the average consumption pertamax ethanol blend fuel was more wasteful than pertamax. Furthermore, the results of testing exhaust gas emissions resulting from the use of pertamax ethanol blend fuel have 31% less CO emissions with a value of 0.60 [%vol], and 14% more HC emissions with a value of 647 [ppm.vol].

Keyword: Pertamax, Ethanol, Torque, Horsepower, Emission, Consumption

PENDAHULUAN

Sektor transportasi merupakan salah satu penyumbang utama emisi gas rumah kaca dan polusi udara global pada era modern ini. Kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil, seperti bensin dan solar memiliki peran besar dalam masalah lingkungan ini. Ketergantungan berkelanjutan pada bahan bakar fosil menghadirkan banyak tantangan, termasuk perubahan iklim yang semakin cepat dan masalah kesehatan akibat polusi udara. Hal tersebut senada dengan data yang dirilis oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang dimuat pada kolom berita Kompas pada tanggal 28 Agustus 2023 terkait proporsi sumber polusi udara untuk wilayah Jabodetabek sebagaimana grafik pada gambar berikut ini :



Merujuk data diatas, 44% sumber polusi udara pada diwilayah Jabodetabek berasal dari penggunaan kendaraan bermotor yang tentunya menggunakan bahan bakar fosil atau konvensional. Salah satu jenis bahan bakar konvensional yang masif digunakan di Indonesia adalah jenis Pertamax yang diproduksi oleh PT. Pertamina. Berdasarkan situs www.pertamina.com, pertamax merupakan bahan bakar jenis bensin yang diluncurkan pada tanggal 10 Desember 1999, berwarna biru dan memiliki nilai oktan 92. Pertamax diklaim dapat membersihkan bagian dalam mesin, serta kandungannya dilengkapi dengan zat anti karat yang dapat melindungi dinding tangki kendaraan dari korosi. Tetapi karena pertamax bersumber dari bahan bakar fosil yang unsur utama pembentuknya adalah karbon serta dalam proses pembakarannya menghasilkan karbondioksida (Sumber : www.detik.com), tentunya akan memberikan dampak yang buruk terhadap kualitas udara karena emisi gas buang yang dihasilkan akibat penggunaan bahan bakar ini yang semakin meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan laporan bertajuk "*Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2021*" yang dirilis oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, konsumsi pertamax mencapai 5,71 juta kilo liter pada tahun 2021, jumlah tersebut naik 40,98% dibandingkan pada tahun 2020 yang hanya sebesar 4,05 juta kilo liter.

Oleh karena itu, ada kebutuhan mendesak untuk mencari bahan bakar alternatif yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk mengurangi dampak negatif penggunaan bahan bakar konvensional terutama pertamax. Salah satu bahan bakar alternatif yang semakin banyak digunakan adalah campuran bensin yang memiliki oktan 92 dengan etanol, terhitung pada tahun 2011 penggunaan campuran bahan bakar tersebut telah diterapkan di 27 negara. Berdasarkan rilis dari Badan Internasional yang mengurus program lingkungan yaitu *United Nations Environment Programme* (UNEP), pada tahun 2011 kendaraan bermotor dianjurkan untuk menggunakan bensin yang memiliki oktan 92 dengan campuran 5% sampai 25% etanol atau E5 sampai E25 (Sumber : *United Nations Environment Programme*, 2011).

Campuran bahan bakar pertamax etanol merupakan bahan bakar alternatif yang dapat digunakan untuk menggantikan penggunaan pertamax murni. Campuran pertamax etanol didapatkan dengan mencampurkan bahan bakar bensin jenis pertamax yang memiliki oktan 92 dengan etanol. Komposisi pencampuran adalah 95% pertamax ditambah dengan 5% etanol atau disebut dengan E5, hal ini sebagaimana yang telah diterapkan diberbagai negara seperti Argentina, India dan Swedia (Sumber : www.wikipedia.org). Campuran pertamax dengan etanol dapat dijadikan *biofuel* karena etanol memiliki angka oktan 108, proses ini meningkatkan *ignition delay* dan mengoptimalkan tekanan puncak

pembakaran, hal ini berdasarkan penelitian Syarifudin. dkk (2023) tentang “ Korelasi Konsentrasi Etanol 5 % Pada Bahan Bakar Gasolin Terhadap Performa dan Emisi Gas Buang Mesin Bensin 150 cc”. Etanol atau secara umum disebut alkohol adalah senyawa yang dapat diproduksi melalui proses sintesis kimia, yaitu dengan melakukan reaksi antara gas etilen dan uap air dengan asam sebagai katalis.

Pertamax yang dicampurkan dengan etanol memiliki kandungan oksigen yang tinggi yaitu sebesar 34,8%, dikarenakan kandungan oksigennya yang tinggi dapat menurunkan kadar emisi karbon monoksida (Siswanto dkk, 2012). Penggunaannya campuran bahan bakar pertamax etanol E5 pada kendaraan khususnya sepeda motor 4 langkah memerlukan analisis yang lebih spesifik dan mendalam agar dapat mengetahui tingkat efisiensi bahan bakar ini dalam mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor. Perbedaan kandungan senyawa pertamax etanol dengan pertamax konvensional tentunya akan sangat berpengaruh terhadap kinerja mesin maupun konsumsi bahan bakar pada sepeda motor 4 langkah. Analisis mendalam tentang berbagai aspek ini akan memberikan wawasan yang lebih baik tentang potensi penggunaan campuran ini dalam mesin sepeda motor 4 langkah sebagai salah satu bahan bakar alternatif.

Dalam konteks ini, berdasarkan penelitian oleh F. Zainuri. dkk (2022), tentang “Performa Kendaraan Konversi Listrik melalui Pengujian *Dynotest*” penting dilakukan analisis kinerja untuk mengetahui besaran torsi dan *horsepower* mesin, dalam penelitian ini penulis akan melakukan analisis kinerja mesin sepeda motor 4 langkah menggunakan metode *dyno test* dengan alat *dynamometer*. Selain itu juga perlu dilakukan analisis konsumsi bahan bakar untuk mengetahui jumlah penggunaan bahan bakar kendaraan per kilometer, dan juga melakukan uji emisi untuk mengetahui tingkat polusi karbon monoksida dan hidro karbon yang dihasilkan. Pengujian konsumsi bahan bakar akan dilakukan dengan menggunakan teknik *full to full* hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Imam Prasetyo. Dkk (2021), tentang “Perbandingan Efisiensi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Kendaraan Teknologi VVT-I Dengan Dual VVT-I”. Sedangkan untuk melakukan pengujian emisi gas buang akan menggunakan alat uji emisi gas buang mesin bensin (*Gas Analyzer*) yang terdapat di Unit Pengujian Kendaraan Bermotor Dinas Perhubungan Kabupaten Padang Pariaman.

Penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan mengenai manfaat penggunaan campuran pertamax etanol sebagai bahan bakar kendaraan bermotor. Analisis yang komprehensif tentang kinerja, konsumsi bahan bakar, dan emisi gas buang dari mesin kendaraan yang menggunakan bahan bakar ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang potensi penggunaan campuran

pertamax etanol sebagai bahan bakar dalam upaya mengurangi dampak negatif transportasi terhadap lingkungan, khususnya pada sepeda motor 4 langkah.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

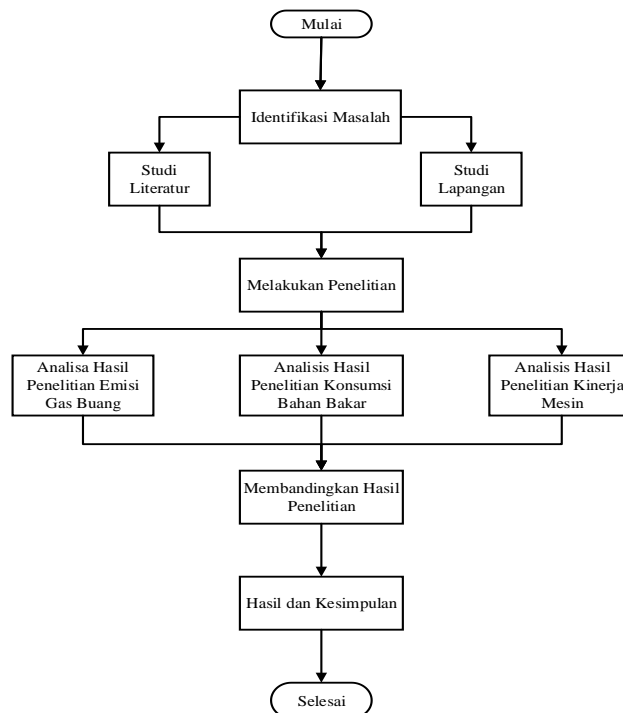
Waktu dan tempat penelitian dilaksanakan sebagaimana tabel berikut :

Tabel 3.1 : Waktu dan Tempat Penelitian

No.	Kegiatan	Tempat	Waktu
1	Penelitian emisi gas buang	Dinas Perhubungan Kab. Padang Pariaman	Juni s.d. Juli 2024
2	Penelitian konsumsi bahan bakar	Jl. Bypass Kota Padang	Juni s.d. Juli 2024
3	Penelitian kinerja mesin	Bengkel Teqleck Speed	Juni s.d. Juli 2024

Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan alur seperti yang dapat dilihat pada diagram alur dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

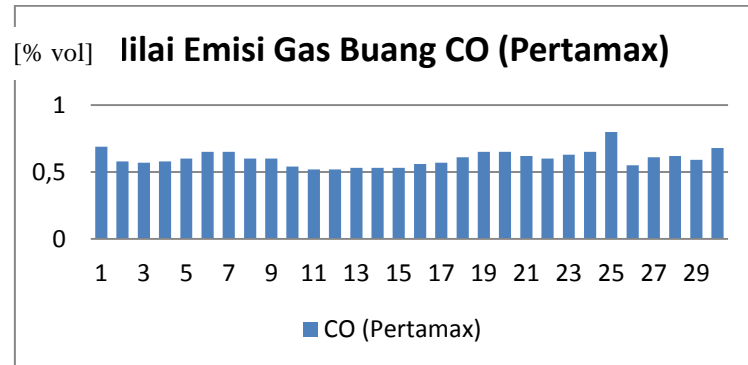
Analisis Nilai Emisi Gas Buang

- a) Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertamina dan Bahan Bakar

Campuran Pertamax Etanol Terhadap Emisi Karbon Monoksida (CO)

1) Bahan Bakar Pertamax

Pengaruh penggunaan bahan bakar pertamax terhadap nilai emisi karbon monoksida (CO) dapat dilihat pada gambar berikut :

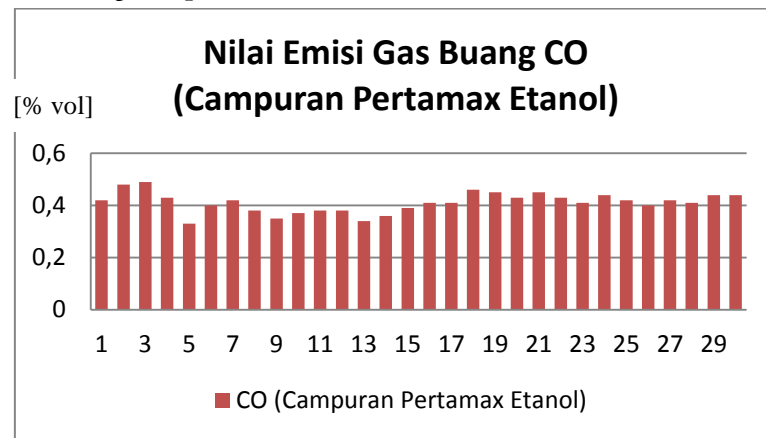


Gambar 5.1 : Nilai CO Bahan Bakar Pertamax

Berdasarkan gambar 5.1 diatas dapat diketahui bahwa penggunaan bahan bakar pertamax pada sepeda motor sampel memiliki kadar emisi CO tertinggi adalah 0,80 [%vol], dan kadar emisi CO terendah adalah 0,52 [%vol], dengan rata-rata kadar emisi CO sebesar 0,61 [%vol].

2) Bahan Bakar Campuran Pertamax Etanol

Sedangkan pengaruh penggunaan bahan bakar campuran pertamax etanol terhadap nilai emisi karbon monoksida (CO) dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 5.2 : Nilai CO Bahan Bakar Campuran Pertamax Etanol

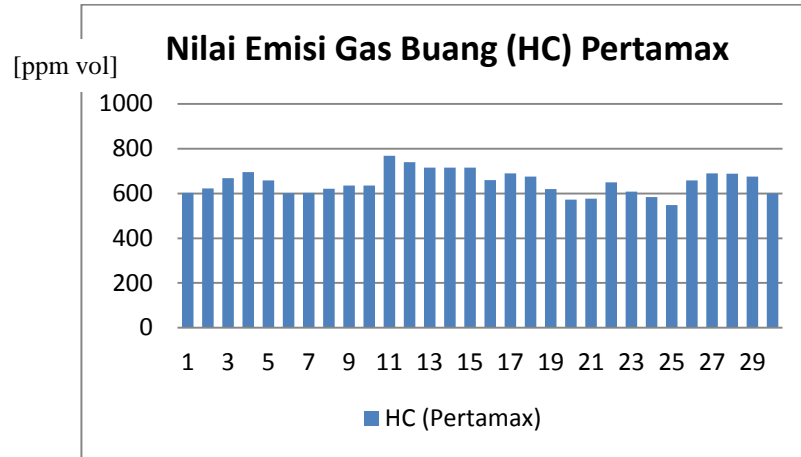
Berdasarkan gambar 5.2 diatas dapat diketahui bahwa penggunaan bahan bakar campuran pertamax etanol memiliki kadar CO tertinggi adalah 0,49 [%vol] dan kadar emisi CO terendah adalah 0,33 [%vol], dengan rata rata kadar emisi CO sebesar 0,42 [%vol].

b) Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertamax dan Bahan Bakar

Campuran Pertamax Etanol Terhadap Emisi Hidrokarbon (HC)

1) Bahan Bakar Pertamax

Pengaruh penggunaan bahan bakar pertamax terhadap nilai emisi hidrokarbon (HC) dapat dilihat pada gambar berikut :

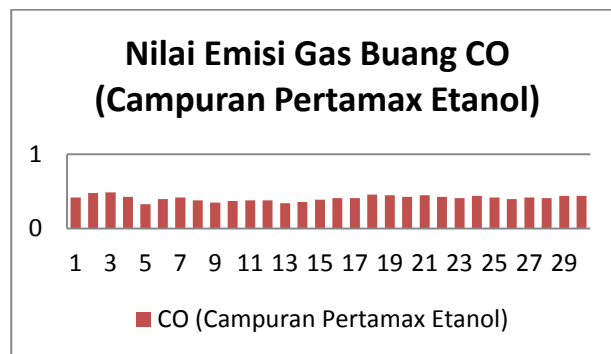


Gambar 5.3 : Nilai HC Bahan Bakar Pertamax

Berdasarkan gambar 5.3 diatas dapat diketahui bahwa penggunaan bahan bakar pertamax memiliki nilai kadar emisi HC terbesar adalah 768 [ppm.vol], sedangkan kadar emisi HC terkecil adalah 548 [ppm.vol], dengan rata-rata kadar emisi HC sebesar 649 [ppm.vol].

2) Bahan Bakar Campuran Pertamax Etanol

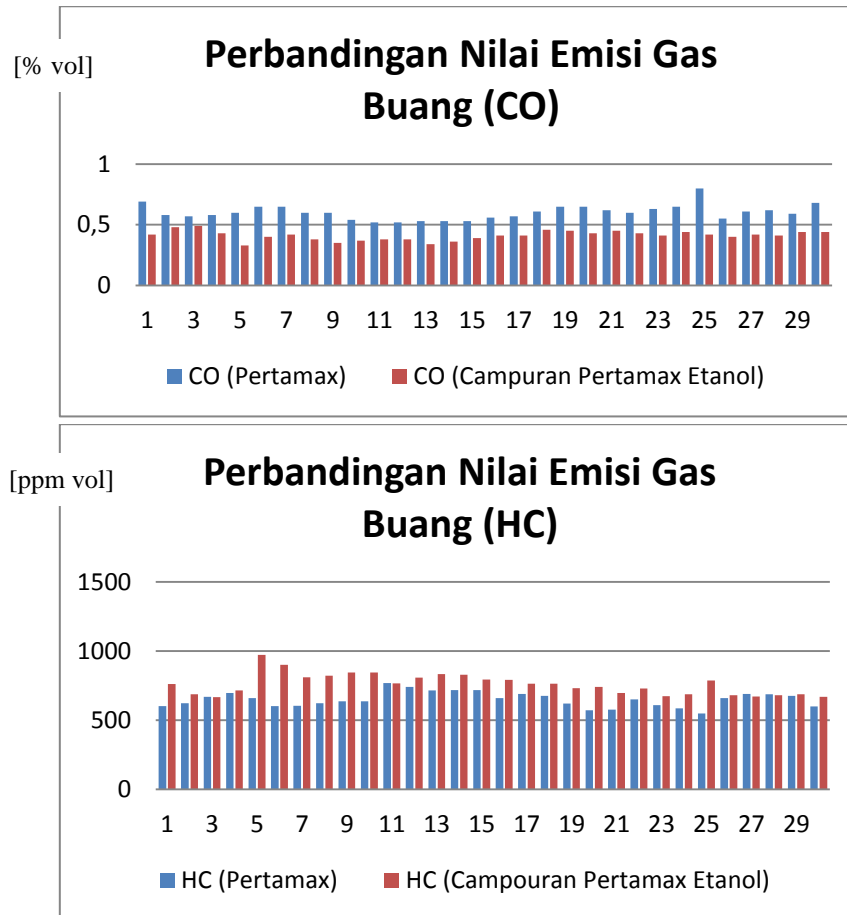
Sedangkan pengaruh penggunaan bahan bakar campuran pertamax etanol terhadap nilai emisi hidrokarbon (HC) dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 5.4 : Nilai HC Bahan Bakar Campuran Pertamax Etanol

Berdasarkan gambar 5.4 diatas dapat diketahui bahwa penggunaan bahan bakar campuran pertamax etanol memiliki nilai emisi HC terbesar adalah 971 [ppm.vol], dan kadar emisi HC terendah adalah 666 [ppm.vol], dengan rata-rata kadar emisi HC sebesar 760 [ppm.vol].

- c) Analisis Penggunaan Etanol Pada Bahan Bakar Pertamax Terhadap Emisi Karbon Monoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC)



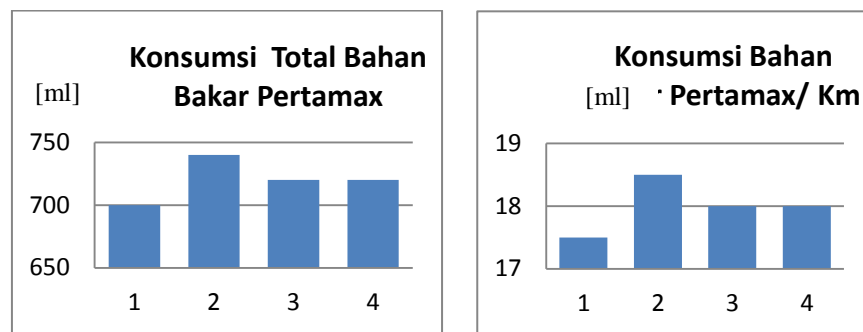
Gambar 5.5 : Perbandingan Nilai Emisi CO dan HC

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa penggunaan bahan bakar campuran pertamax etanol pada sepeda motor memiliki nilai CO terbesar 0,49 [%vol] namun pada saat itu nilai HC yang dihasilkan adalah yang paling rendah, yaitu sebesar 666 [ppm.vol]. Sedangkan pada saat nilai emisi CO terendah (0,33 [%vol]) memiliki kadar HC tertinggi, yaitu sebesar 971 [ppm.vol]. Hal ini bias terjadi karena ketika etanol ditambahkan ke dalam bahan bakar pertamax maka etanol akan membantu memenuhi kebutuhan oksigen pada proses pembakaran, sehingga akan lebih menyempurnakan proses pembakaran dan menurunkan emisi CO. Namun pada saat yang bersamaan penggunaan bahan bakar campuran pertamax etanol meningkatkan nilai emisi HC, hal ini disebabkan oleh hasil pembakaran etanol di dalam mesin. Ketika etanol dibakar akan menghasilkan karbon dioksida dan air. Hasil dari pembakaran inilah yang kemudian menguap dan menyebabkan nilai kadar emisi HC meningkat.

Jadi berdasarkan hasil pengujian emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) terhadap sepeda motor sampel dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar campuran pertamax etanol dapat menurunkan nilai CO sebesar 31% namun disisi lain meningkatkan kadar HC sebesar 14 %.

Analisis Nilai Konsumsi Bahan Bakar

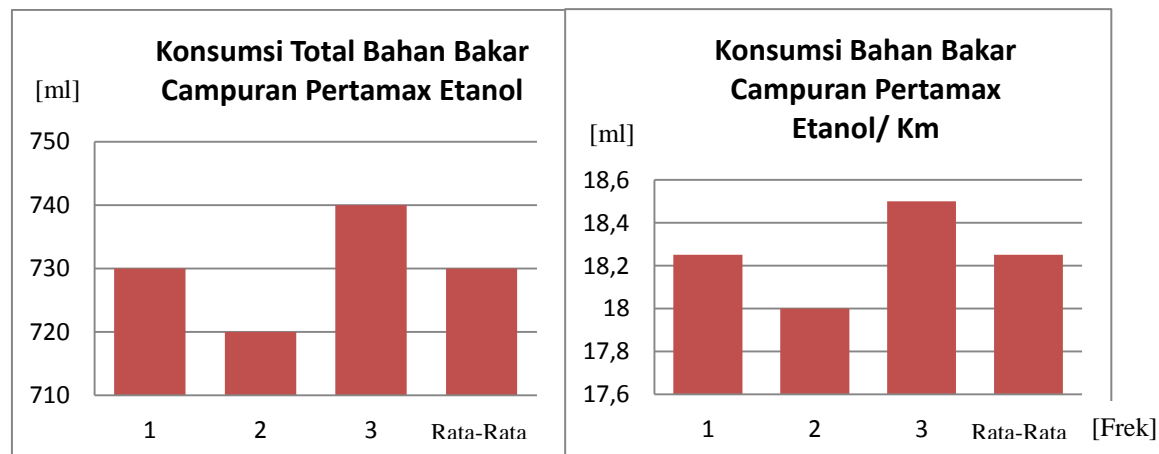
a. Pengaruh Penggunaan Pertamax Terhadap Konsumsi Bahan Bakar



Gambar 5.6 : Konsumsi Bahan Pertamax

Pada gambar 5.6 terlihat bahwa rata-rata konsumsi total bahan bakar pertamax pada sepeda motor sampel setelah menempuh jarak 40 Km adalah sebanyak 720 ml pada kecepatan konstan 60 Km/ jam atau menghabiskan 18 ml untuk setiap kilometer yang ditempuh.

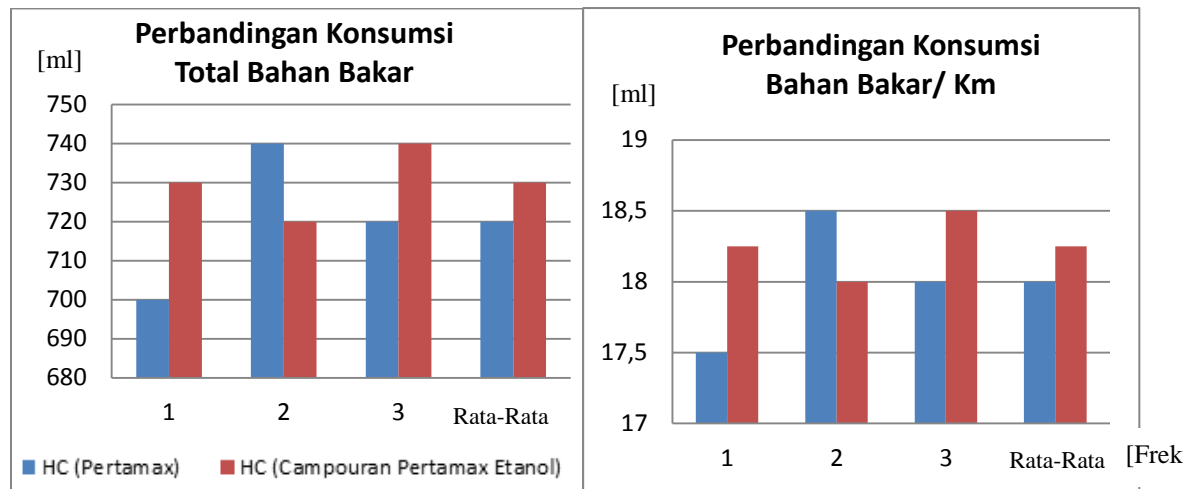
b. Pengaruh Penggunaan Campuran Pertamax Etanol Terhadap Konsumsi Bahan Bakar



Gambar 5.7 : Konsumsi Bahan Campuran Pertamax Etanol

Pada gambar 5.7 terlihat bahwa rata-rata konsumsi total bahan bakar campuran pertamax etanol pada sepeda motor sampel setelah menempuh jarak 40 Km adalah sebanyak 730 ml pada kecepatan konstan 60 Km/ jam atau menghabiskan 18,25 ml untuk setiap kilometer yang ditempuh.

c. Analisis Penggunaan Etanol Pada Bahan Bakar Pertamina Terhadap Konsumsi Bahan Bakar



Gambar 5.8 : Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar

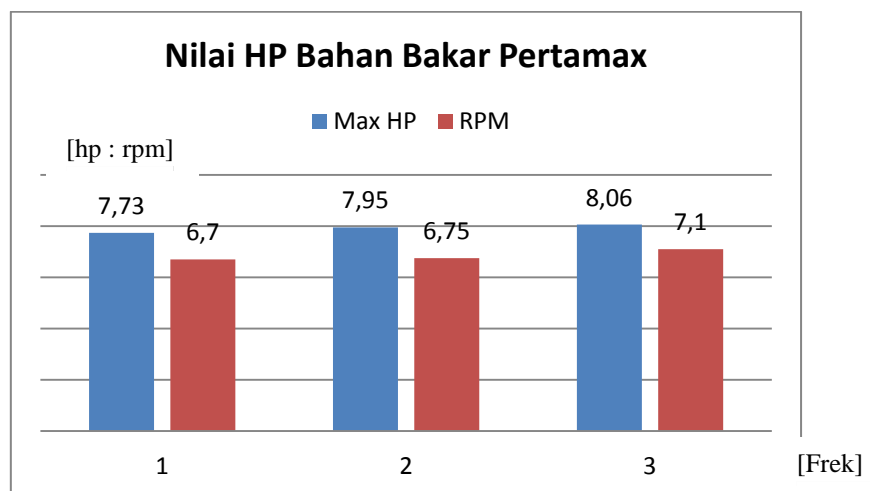
Dari gambar 5.8 diatas dapat dilihat bahwa konsumsi bahan bakar sepeda motor yang menggunakan pertamax lebih irit 13,7% dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar campuran pertamax etanol. Hal ini disebabkan oleh nilai bakar etanol yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai bakar pertamax, sehingga meningkatkan jumlah konsumsi pertamax untuk mendapatkan suhu yang ideal ketika proses pembakaran.

1.3 Analisis Nilai Kinerja Mesin

a. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertamina dan Bahan Bakar Campuran Pertamina Etanol Terhadap Nilai Horsepower

1) Bahan Bakar Pertamina

Pengaruh penggunaan bahan bakar pertamax terhadap nilai horsepower dapat dilihat pada gambar berikut :

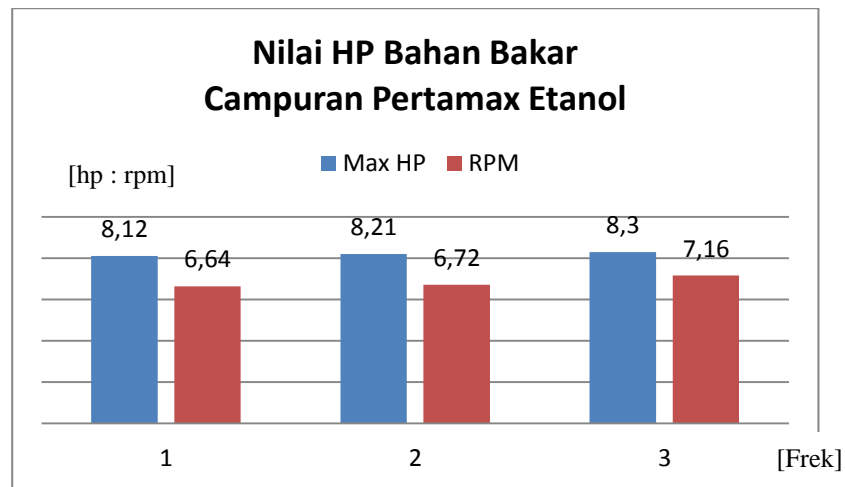


Gambar 5.9 : Nilai Horsepower Bahan Bakar Pertamina

Berdasarkan gambar 5.9 dapat diketahui bahwa pada sepeda motor yang menggunakan bahan bakar pertamax, nilai rata-rata *horsepower* maksimal yang dihasilkan adalah 7,91 [hp] di 6850 [rpm], dengan nilai *horsepower* terbesar yang dihasilkan adalah 8,06 [hp] di 7100 [rpm]. Sedangkan nilai *horsepower* terkecil yang dihasilkan adalah 7,73 [hp] di 6700 [rpm].

2) Bahan Bakar Campuran Pertamax Etanol

Sedangkan pengaruh penggunaan bahan bakar campuran pertamax etanol terhadap nilai *horsepower* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



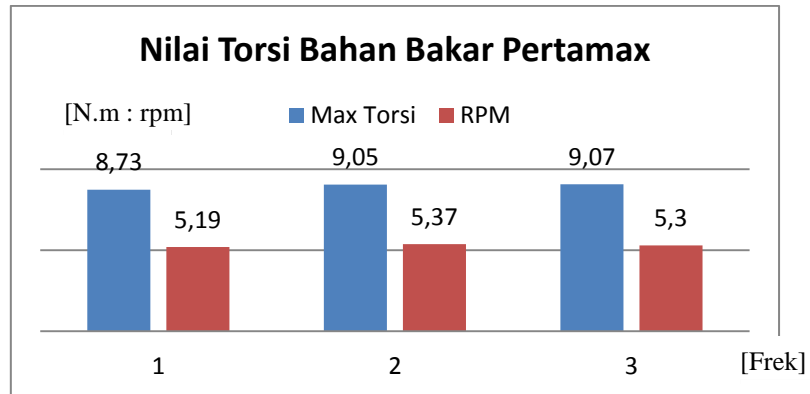
Gambar 5.10 : Nilai *Horsepower* Bahan Bakar Campuran Pertamax Etanol

Berdasarkan gambar 5.10 dapat diketahui bahwa pada sepeda motor yang menggunakan bahan bakar campuran pertamax etanol nilai rata-rata *horsepower* maksimal yang dihasilkan adalah 8,21[hp] di 6840 [rpm], dengan nilai *horsepower* terbesar adalah 8,30 [hp] di 7160 [rpm] sedangkan nilai *horsepower* terkecil ada pada nilai 8,12 [hp] di 6640 [rpm].

b. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertamax dan Bahan Bakar Campuran Pertamax Etanol Terhadap Nilai Torsi

1) Bahan Bakar Pertamax

Pengaruh penggunaan bahan bakar pertamax terhadap nilai torsi dapat dilihat pada gambar berikut :

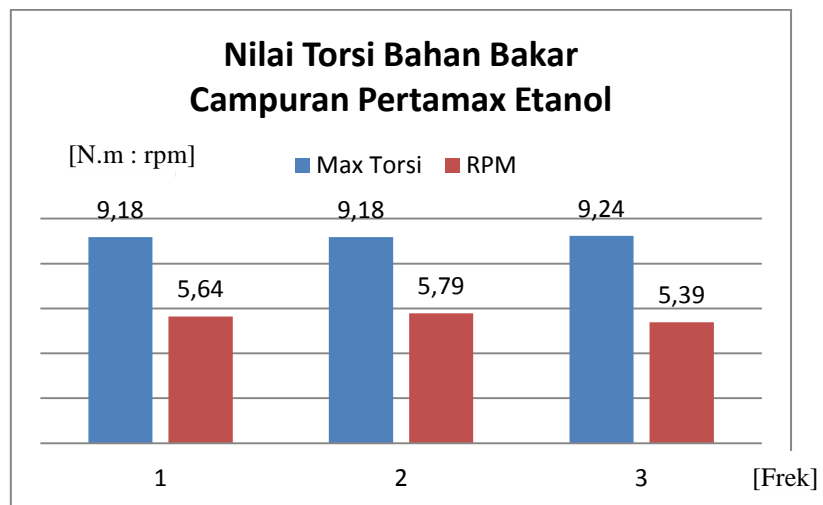


Gambar 5.11 : Nilai Torsi Bahan Bakar Pertamax

Berdasarkan gambar 5.11 diketahui bahwa sepeda motor yang menggunakan bahan bakar pertamax memiliki besaran torsi maksimum rata-rata 8,95 [N.m] di 5290 [rpm], dengan nilai torsi maksimal terbesar adalah 9,07 [N.m] di 5300 [rpm], dan nilai torsi maksimal terkecil adalah 8,73 [N.m] di 5190 [rpm].

2) Bahan Bakar Campuran Pertamax Etanol

Sedangkan pengaruh penggunaan bahan bakar campuran pertamax etanol terhadap nilai torsi dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 5.12 : Nilai Torsi Bahan Bakar Campuran Pertamax Etanol

Pada gambar diatas, sepeda motor dengan bahan bakar campuran pertamax etanol memiliki nilai rata rata torsi maksimal 9,2 [N.m] di 5610 [rpm], dengan nilai torsi maksimal terbesar adalah 9,24 [N.m] di 5390 [rpm], sedangkan nilai torsi maksimal terkecil adalah 9,18 [N.m] di 5640 [rpm].

KESIMPULAN

1. Penggunaan bahan bakar campuran pertamax etanol pada sepeda motor 4 langkah dapat menurunkan emisi CO sebesar 31% dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar pertamax, tetapi disisi lain dapat meningkatkan emisi HC sebesar 14%. Penurunan nilai CO disebabkan oleh tingginya kandungan oksigen pada etanol sehingga akan menyempurnakan proses pembakaran. Namun ketika etanol terbakar akan menghasilkan karbon dioksida dan air, hasil dari pembakaran inilah yang kemudian menguap dan menyebabkan kadar emisi HC meningkat.
2. Konsumsi bahan bakar sepeda motor 4 langkah yang menggunakan bahan bakar pertamax lebih irit 13,7% dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar pertamax campuran. Hal tersebut terjadi karena nilai bakar etanol yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai bakar pertamax, sehingga meningkatkan jumlah konsumsi pertamax untuk mendapatkan suhu yang ideal ketika proses pembakaran.
3. Penggunaan bahan bakar campuran pertamax etanol dapat mempengaruhi dan meningkatkan kinerja mesin sepeda motor 4 langkah, terdapat kenaikan *horsepower* sebesar 3,6% dan kenaikan torsi sebesar 2,7% dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar pertamax. Hal ini terjadi karena adanya peningkatan nilai oktan akibat dari penambahan etanol pada bahan bakar pertamax.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprizal, 2018, *Uji Prestasi Motor Bakar Bensin Merek Honda Astrea 100 CC*, Aptek, Univ Pasir Pangaraian.
- Farkhan, 2015, *Analisis Performa Mesin Menggunakan Campuran Bahan Bakar Premium Dengan Ethanol Terhadap Daya Dan Torsi Pada Toyota Kijang Innova Tipe Itr-Fe*, Univ. Negeri Semarang.
- Hartantrie Rovida C, I Gede Eka Lesmana, Arif Riyadi T.K, Reza Abdu Rahman, Agung Nugroho, 2022, *Motor Bakar Pada Mesin Konversi Energi*, Penerbit Widina.
- Hidayatullah. A, 2019, *Implementasi Algoritma Spectral Biclustering Pada Data Ekspresi Gen*, Univ Islam Indonesia.
- Prasetyo, Imam., Saputro, Yoyo., Khalilullah, Aulia Rafif., 2021, *Perbandingan Efisiensi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Kendaraan Teknologi VVT-I Dengan Dual VVT-I*, JPTM, Univ. Pendidikan Ganesha.
- Pratomo S, 2016, *Pengaruh Penggunaan Bioethanol Sebagai Campuran Bahan Bakar Pada Mesin Kendaraan Sepeda Motor 4 Langkah Dengan Komposisi 10%, 20%, 30%*, Universitas Negeri Jakarta.

- Sholihah, Latifah Mar'atis, 2016, *Uji Kinerja Nilai Kalor pada Pertamina Menggunakan Bom Kalorimeter untuk Mengetahui Pengaruh Perubahan Suhu dan Pengadukan*, Undergraduate thesis, Universitas Diponegoro.
- Siswantoro, Lagiyono, Siswiyanti, 2012, *Analisa Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor 4 Tak Berbahan Bakar Campuran Premium Dengan Variasi Penambahan Zat Aditif*, Universitas Pancasakti Tegal.
- Syarifudin, 2023, *Korelasi Konsentrasi Etanol 5% Pada Bahan Bakar Gasolin Terhadap Performa, dan Emisi Gas Buang Mesin Bensin 150cc*, Politeknik Negeri Cilacap.
- Wawan Rauf, 2023, *Kajian Eksperimental Pengaruh Campuran Etanol dan Pertamina Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor*, Universitas Gorontalo.
- Yos Nofendri, 2018, *Pengaruh Penambahan Aditif Etanol Pada Bensin Ron 88 dan Ron 92 Terhadap Prestasi Mesin*, Universitas 17 Agustus 1945.
- Yos Nofendri, 2019, *Perbandingan Campuran Bensin dan Etanol Terhadap Performa Mesin dan Emisi pada Mesin 2 Silinder*, Universitas 17 Agustus 1945.
- Zainuri, F., Tullah, M. H., Nuriskasari, I., Subarkah, R., Widiyatmoko, W., Prasetya, S., Susanto, I., Belyamin, B., & Abdillah, A. A. (2022). *Performa Kendaraan Konversi Listrik melalui Pengujian Dynotest*. Jurnal Mekanik Terapan.
- [https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/08/29/menteri-lhk-polusi-udara-
jabodetabek-banyak-berasal-dari-kendaraan-dan-pltu](https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/08/29/menteri-lhk-polusi-udara-jabodetabek-banyak-berasal-dari-kendaraan-dan-pltu).
- <https://lpmtechno.wordpress.com/2010/03/30/proses-pembuatan-etanol/>
- [https://otomotif.kompas.com/read/2021/04/26/151200815/cara-kerja-mesin-motor-
4-tak?page=all](https://otomotif.kompas.com/read/2021/04/26/151200815/cara-kerja-mesin-motor-4-tak?page=all).
- <https://www.teknisime.com/2021/05/mencari-rumus-perhitungan-daya-torsi.html>
- <https://www.rumusstatistik.com/2013/07/rata-rata-mean-atau-rataan.html>.
- <https://wuling.id/id/blog/autotips/emisi-gas-buang>.