

PENGARUH PENCAMPURAN *BIOETHANOL* SEBAGAI BAHAN BAKAR TERHADAP PERFORMA MESIN DAN EMISI GAS BUANG PADA MOTOR BENSIN EMPAT LANGKAH SATU SILINDER

The Effect of Bioethanol Mixing as A Fuel on Engine Performance and Exhaust Gas Emissions in A Four-Step One Cylinder Gasoline Motor

Darwin Rio Budi Syaka¹, I Wayan Sugita¹, Cahya Raiza Mahendra^{1*}

¹ Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta, Rawamangun, Indonesia

* Email Korespondensi : cahyaraizamahendra@gmail.com

Artikel Info - : Diterima : 10-11-2021; Direvisi : 21-12-2021; Disetujui : 21-12-2021

ABSTRAK

Cadangan energi fosil Indonesia yang terbatas memicu munculnya masalah krisis BBM di Indonesia. Untuk mengatasi masalah kelangkaan bahan bakar beberapa cara dapat dilakukan antara lain dengan pencampuran bahan bakar dan bioethanol. Penggunaan bioethanol merupakan salah satu upaya pemanfaatan sumber energi biomassa karena bioethanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Untuk itu penulis melakukan campuran bahan bakar RON 88 dan *bioethanol* dengan persentase variasi bahan bakar 100% RON 88 (E0), 10% bioethanol-90% RON 88 (E10), 20% bioethanol-80% RON 88 (E20). Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilakukan di laboratorium menggunakan motor bensin empat langkah. Variasi putaran mesin yang digunakan yaitu 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm dan 7000 rpm. Kemudian masing-masing campuran bahan bakar diuji secara bergantian melalui sepeda motor yang dihubungkan pada dinamometer sasis dan *exhaust gas analyzer*. Berdasarkan hasil pengujian, penggunaan bioethanol sebagai campuran bahan bakar RON 88 terbukti mampu meningkatkan daya dan torsi serta mereduksi emisi gas buang. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa, peningkatan daya dan torsi terbaik saat menggunakan bahan bakar campuran RON 88 dan bioethanol 20% (E20) dengan persentase peningkatan torsi sebesar 0.1 Nm (2.12%) dan daya maksimum sebesar 0.01 kW (0.53%), serta pemakaian bahan bakar menurun sebesar 0.001 ml/detik pada putaran mesin 3000 rpm hingga 5000 rpm. Dan penurunan pengujian emisi gas buang penurunan kadar CO dan HC terbaik diperoleh pada saat menggunakan bahan bakar campuran RON 88 dan bioethanol 20% (E20).

Kata Kunci: Bioethanol, Motor Bensin, Torsi, Konsumsi Bahan Bakar, Emisi Gas Buang

ABSTRACT

Indonesia's limited fossil energy reserves trigger the emergence of the fuel crisis problem in Indonesia. To overcome the problems of fuel scarcity several ways can be done, among others, by mixing fuel and bioethanol. The use of bioethanol is one of the efforts to utilize biomass energy sources because bioethanol is an environmentally friendly alternative fuel. For this reason, the author mixed the fuel RON 88 and bioethanol with the percentage of fuel variations 100% RON 88 (E0), 10% bioethanol-90% RON 88 (E10), 20% bioethanol-80% RON 88 (E20). The research method used in this study is an experimental method carried out in the laboratory using a four-stroke gasoline motor. Variations of engine speed used are 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, and 700 rpm. Then search fuel mixture is tested alternately through a motorcycle connected to the chassis dynamometers and exhaust gas analyzer. Based on the test results, the use of bioethanol as a fuel mixture for RON 88 is proven to be able to increase power and torque and reduce exhaust emissions. The test results show that the best increase in power and torque when using a mixture of RON 88 fuels and 20% bioethanol (E20) with a percentage increase in torque of 0.1 Nm (2.12%) and a maximum power of 0.01 kW (0.53%), as well as fuel consumption. Fuel consumption decreases by 0.001 ml/second date engine speed of 3000 rpm to 5000 rpm. And the best reduction in exhaust emission testing for CO and HC levels was obtained when using a mixture of RON 88 fuel and 20% bioethanol (E20).

Key Words: Bioethanol, Gasoline Motor, Torque, Fuel Consumption, Gas Emissions

1. Pendahuluan

Minyak bumi merupakan sumber energi utama dan juga sebagai salah satu sumber devisa negara. Masalah krisis BBM yang terjadi akhir-akhir ini menunjukkan bahwa cadangan energi fosil yang dimiliki Indonesia terbatas jumlahnya. Fakta menunjukkan dimana konsumsi energi terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk diseluruh wilayah Indonesia. Salah satunya yaitu penggunaan konsumsi bahan bakar RON 88 dimana bahan bakar tersebut banyak digunakan pada kendaraan bermotor. Terbatasnya minyak bumi menyebabkan perlunya pengembangan energi terbarukan dan konservasi energi yang disebut pengembangan energi hijau. Salah satu sumber energi alternatif atau energi hijau yang dapat digunakan adalah energi biomassa. Salah satu sumber biomassa dalam penggunaan bahan bakar yaitu bioetanol. Bioetanol merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak premium selain itu juga bioetanol merupakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang terbuat dari hasil fermentasi tanaman yang mengandung karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme. [1]

Pada penelitian sebelumnya, dengan penambahan bioetanol 15% diperoleh peningkatan daya sebesar 10,29% dibanding bensin. Sedangkan pada prosentase bioetanol yang lebih besar (E20) cenderung menurunkan daya 8,96% dibanding bensin [2]. Penelitian tentang pemanfaatan bioetanol sebagai campuran bahan bakar pernah dilakukan oleh [3]. Dalam penelitiannya dilakukan studi eksperimen tentang pengaruh suhu gas buang dan kadar emisi gas buang dari kinerja mesin bensin 2 tak menggunakan bahan bakar bensin campuran etanol. Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi pembakaran akan meningkat dengan penambahan prosentase etanol dalam bahan bakar bensin, karena sifat etanol yang mudah penguap sehingga pembilasan diruang bakar semakin baik. Serta hasil yang paling menonjol dari penggunaan etanol adalah penurunan polusi yang signifikan yang dipancarkan dari mesin yaitu pengurangan kadar CO hingga 35% yang merupakan prosentase penurunan terbesar diantara polutan lainnya. Serta sebagian besar emisi meningkat dengan meningkatkan suhu gas buang, tapi hidrokarbon (HCs) pada rata-rata mengalami penurunan sebesar 30% pada peningkatan suhu gas buang. Penelitian lain yang dilakukan [4] menunjukkan perbandingan karakteristik pembakaran dan emisi gas buang dengan menggunakan bahan bakar E10W, E10 dan bensin murni (EO) dengan beban mesin yang berbeda yaitu 20 Nm, 50 Nm dan 100 Nm, serta dalam percobaan ini dilakukan dengan kecepatan mesin tetap yaitu 2000 rpm. Hasil eksperimen menunjukkan E10W memiliki puncak tekanan dalam silinder yang lebih tinggi pada beban tinggi serta terdapat kenaikan tingkat pelepasan panas puncak di semua kondisi operasi dibandingkan dengan E10. Penggunaan E10W meningkatkan kadar NO_x pada kisaran beban tinggi. Namun, pada beban kondisi rendah, E10W dapat mengurangi kadar HC, CO dan CO₂ secara signifikan. Dibandingkan dengan E10, E10W menunjukkan puncak tekanan yang lebih tinggi di dalam silinder. Selain itu, penurunan NO_x emisi diamati untuk E10W dari 5 Nm menjadi 100 Nm, sedangkan HC, CO dan CO₂ emisi sedikit lebih tinggi pada kondisi beban rendah dan menengah.

Paolo Iodice et al. [5], melakukan penelitian yang cukup sederhana yaitu pengujian emisi pada sepeda motor dalam keadaan mesin belum mencapai suhu kerja dengan menggunakan bahan bakar bensin di campur dengan etanol. Pada penelitian ini kadar etanol yang digunakan sebesar 10%, 20%, 30% serta kadar emisi yang diukur hanya CO dan HC. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kadar emisi CO dan HC pada mesin dingin menurun dengan menggunakan bahan bakar etanol-bensin dibandingkan dengan penggunaan bensin tanpa timbal, serta faktor kadar emisi pada mesin dingin yang dikuantisasi sebagai fungsi dari prosentase etanol dalam bahan bakar. Bambang Sudarmanta et al. [6], dalam penelitiannya melakukan studi eksperimen tentang pengaruh rasio kompresi dan waktu pengapian untuk mengetahui kinerja mesin dengan menggunakan bahan bakar E50. Dari hasil penelitian didapat bahwa kenaikan rasio kompresi meningkatkan kinerja mesin dengan menggunakan bahan bakar E50, untuk waktu pengapian secara bertahap meningkat mulai dari 18° BTDC pada putaran mesin 2000 rpm sampai 26° BTDC pada putaran mesin 5000 rpm dengan menggunakan bahan bakar

E50. Kemudian dengan menambahkan rasio kompresi pada bahan bakar E50 dapat mengurangi konsumsi bahan bakar spesifik 13,42 % dan meningkatkan thermal efisiensi 14,67 %. Yanuandri Putrasari et al. [7], yang dilakukan dalam penelitiannya yaitu solar dicampur dengan etanol dengan kadar E2.5%, E5%, E7.5%, E10% dan percobaan ini dilakukan dalam berbagai beban mesin yang berbeda dari 0,10, 20, 30, 40, 50, 60 Nm untuk mengetahui perubahan parameter pada mesin diesel yaitu konsumsi bahan bakar, efisiensi thermal, suhu gas buang dan suhu minyak pelumas, sedangkan untuk karakteristik emisi gas buang parameter yang diukur kadar CO dan HC. Hasil penelitian ini didapat bahwa tenaga mesin menunjukkan rata-rata peningkatan tekanan efektif dengan meningkatnya prosentase etanol, untuk konsumsi bahan bakar spesifik menurun dengan meningkatnya prosentase etanol, lalu penurunan suhu gas buang dan peningkatan suhu minyak pelumas yang sesuai dengan penambahan prosentase etanol dalam campuran. Serta hasil karakteristik emisi gas buang CO, HC menurun karena peningkatan prosentase etanol dalam campuran.

Penelitian serupa pernah dilakukan oleh [8] tentang campuran bahan bakar bensin RON 90 menggunakan bioethanol dengan komposisi E0 (RON 90 murni), E5 (Etanol 5% dan 95% RON 90), E10 dan E15. Berdasarkan hasil pengujian, menunjukkan bahwa, peningkatan torsi dan daya engkol terbaik didapatkan saat menggunakan bahan bakar campuran pertalite dan bioetanol 15% (E15) pada putaran mesin 2500 rpm. Pada pengujian emisi gas buang, penurunan kadar CO dan HC terbaik diperoleh pada saat menggunakan bahan bakar campuran pertalite dan bioetanol 15% (E15), yaitu sebesar 48,46%, dan 47,71%. Kemudian penelitian lain [9] dengan komposisi E0 (RON 90 murni), E5, E10, E15, E20 dan E25. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya dan torsi terbaik yang dihasilkan oleh bahan bakar campuran E10 pada putaran mesin 3000 rpm dan 4000 rpm, sedangkan E20 daya dan torsi terbaik dihasilkan pada putaran mesin 2000 rpm, serta komposisi E25 daya dan torsi terbaik dihasilkan pada putaran mesin 5000 rpm. Hilmi Fauzi Harlin, Imam syofi [10] melakukan penelitian pengaruh campuran etanol pada pertalite terhadap performa motor beat fi 2016, pada penelitian ini 43 diperoleh torsi yang terbaik yaitu 73Nm pada rpm 4000 dengan campuran pertalite 90% dengan etanol 10% dan juga menghasilkan daya terbaik pada rpm 11000 yaitu 7.98 kW dengan campuran pertalite dengan etanol yang sama.

Dari penelitian yang telah dilakukan seperti di atas, maka dapat disimpulkan bahwa penambahan bioetanol pada bahan bakar menimbulkan dampak yang positif dari sisi peningkatan prestasi mesin (torsi, daya engkol dan konsumsi bahan bakar), juga penurunan emisi gas buang. Oleh karenanya, penelitian ini penting dilakukan untuk mengurangi dampak penggunaan bahan bakar premium secara terus menerus yang massif digunakan pada sepeda motor serta mengurangi emisi gas buang yang tinggi yang dihasilkan dari kendaraan dan menggantikannya dengan bahan bakar alternatif serta memperoleh pengaruh campuran bioethanol dengan premium terhadap daya, torsi dan konsumsi bahan bakar spesifik motor bensin 4 langkah. Pada penelitian ini digunakan variasi bahan bakar 10% bioethanol - 90% RON 88 (E10), dan 20% bioethanol - 80% RON 88 (E20). Penggunaan variasi bahan bakar tersebut tidak memerlukan modifikasi mesin dengan bahan tertentu, apabila digunakan variasi campuran diatas 20% maka akan berdampak buruk pada komponen mesin yang mana akan menimbulkan korosi pada waktu jangka panjang dan berpotensi merusak integritas struktural *seal* yang akan menimbulkan kerusakan dan kebocoran dimana sifat korosif dari bioethanol yang tinggi.

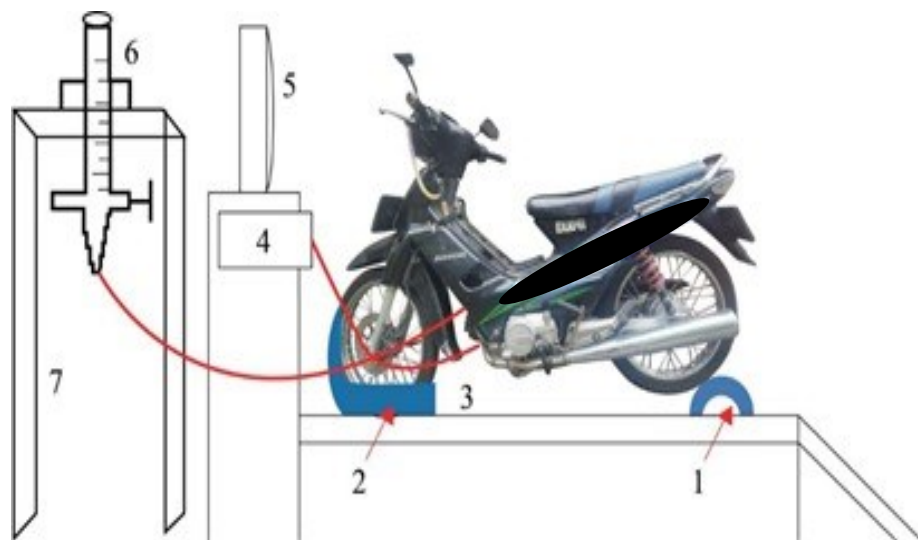
2. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian performa mesin sepeda motor (*computerized dynamometer*). Pengujian dilakukan dengan memposisikan sepeda motor pada alat *computerized dynamometer*, selanjutnya mesin dihidupkan dan diuji dalam varian putaran mesin (rpm) dan hasil pengujian *computerized dynamometer* yang terbaca pada layar monitor. Pengujian ini dilakukan tiga kali dengan variasi campuran bahan bakar RON 88 dan bioetanol yang berbeda.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

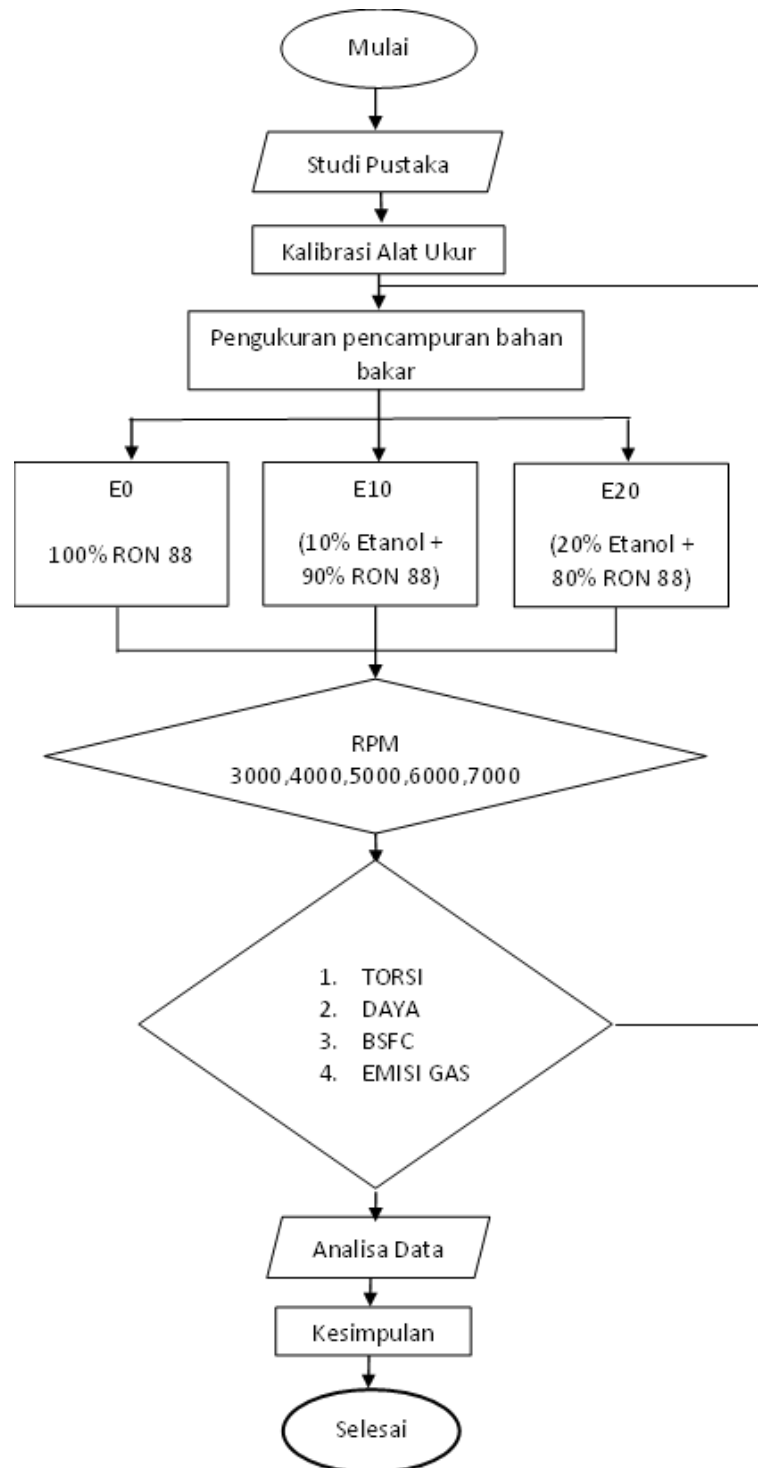
1. Bahan bakar RON 88
2. Bioetanol
3. Motor 4 langkah SOHC
4. *Computerized dynamometer*
5. *Exhaust gas analyzer*
6. *Tool set*
7. Tabung ukur
8. Gelas ukur
9. Buret
10. *Stopwatch*

Skema Pengujian Daya, Torsi dan BSFC



Gambar 1. Skema Pengambilan Data

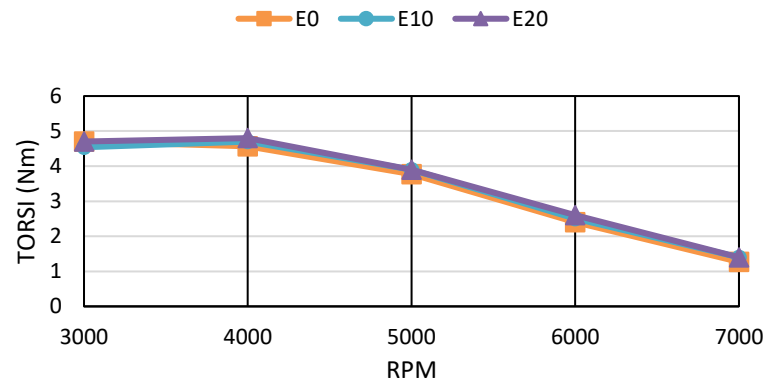
Hal yang dipersiapkan sebelum melakukan pengujian yaitu mengecek fisik kendaraan serta perlu dilakukan tune-up terlebih dahulu agar sesuai dengan spesifikasi standar dan motor dalam keadaan maksimal dan prima. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian performa mesin sepeda motor (*computerized dynamometer*). Pengujian dilakukan dengan memposisikan sepeda motor pada alat *computerized dynamometer*, selanjutnya mesin dihidupkan dan diuji dalam varian putaran mesin (rpm) dan hasil pengujian *computerized dynamometer* yang terbaca pada layar monitor. Pengujian ini dilakukan tiga kali dengan variasi campuran bahan bakar RON 88 dan bioetanol yang berbeda.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

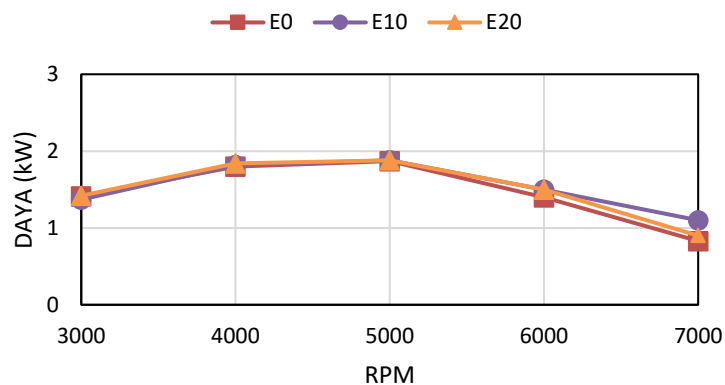
3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil data daya, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC) dan emisi gas buang motor bensin 4 langkah sepeda motor 100 cc didapatkan dari pengujian langsung menggunakan dinamometer sasis. Dari hasil pengujian torsi motor menggunakan *dynamometer* dengan tiga sampel bahan bakar yaitu E0, E10, dan E20, maka didapatkan angka perbandingan dari setiap variasi putaran mesin untuk masing-masing bahan bakar seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan Torsi

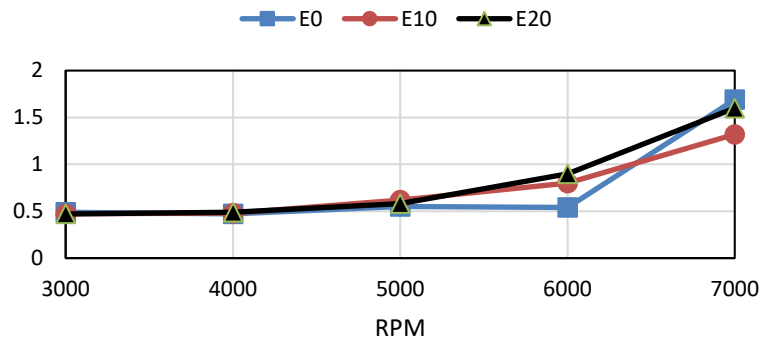
Dapat dilihat pada Gambar 3, torsi maksimal yang dihasilkan motor menggunakan bahan bakar E20 lebih besar dibanding E10 dan E0 meskipun terlihat tampak hal ini karena berkaitan dengan karakteristik *valve timing* diagram *engine* ini yang memiliki efisiensi volumetrik yang sama.



Gambar 4. Perbandingan Daya

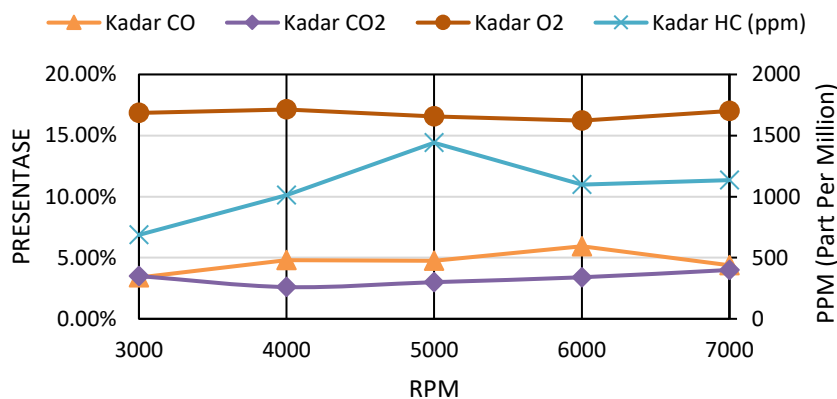
Dapat dilihat daya maksimal pada Gambar 4, daya yang dihasilkan motor menggunakan bahan bakar campuran E10 dan E20 lebih besar dibandingkan bahan bakar RON 88 (E0). Hal ini berhubungan dengan nilai torsi dari masing-masing bahan bakar. Sesuai dengan rumus $P = (2 \pi n T) / (75 \times 60)$, nilai daya dipengaruhi oleh torsi dan putaran mesin, jika torsi meningkat maka daya akan meningkat, jika torsi menurun maka daya akan menurun atau torsi menurun maka daya akan meningkat itu dikarenakan putaran mesin yang semakin tinggi. Hal ini juga berhubungan dengan nilai AFR dari masing-masing bahan bakar.

Dari hasil pengujian konsumsi bahan bakar bersamaan dengan pengujian torsi dan daya di atas dynamometer dengan tiga sampel bahan bakar yaitu E0, E10, dan E20, kemudian data konsumsi diformulasikan dengan persamaan $BSFC = m/BHP$ didapatkan angka perbandingan BSFC setiap putaran mesin untuk masing-masing bahan bakar seperti pada Gambar 5.



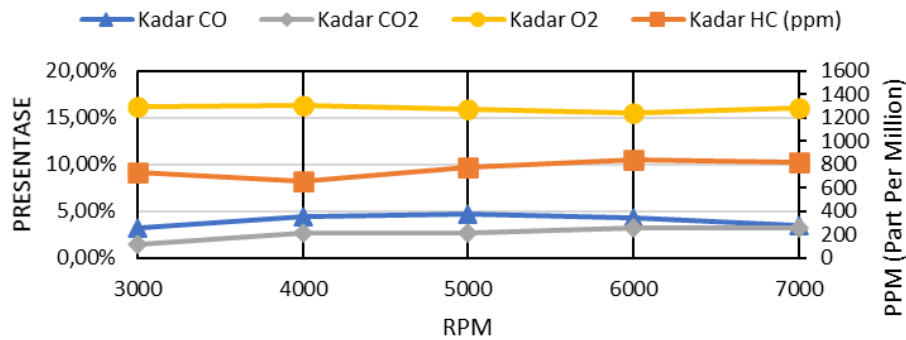
Gambar 5. Perbandingan BSFC

Berdasarkan Gambar 5, alur garis diagram dari ketiga bahan bakar terlihat sama dari putaran mesin 3000 rpm hingga 4000 rpm. Nilai BSFC bahan bakar RON 88 (E0) terlihat tidak stabil pada putaran mesin 5000 rpm hingga 7000 rpm dibandingkan dengan bahan bakar E10 dan E20 dengan kenaikan grafik yang stabil di setiap RPM nya. Ini menandakan bahwa bahan bakar E10 dan E20 memiliki tingkat pembakaran yang baik dibandingkan dengan bahan bakar RON 88 (E0) sehingga bahan bakar RON 88 banyak yang terbuang dan mengakibatkan lebih boros karena tidak terbakar secara sempurna.



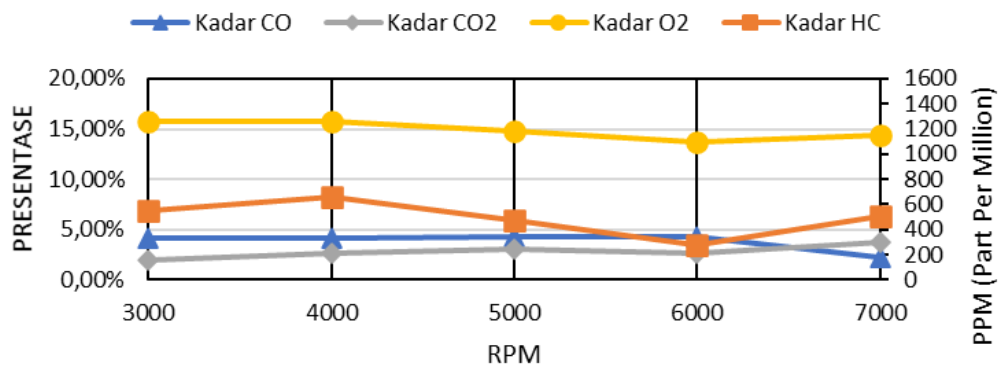
Gambar 6. Perbandingan Emisi E0

Dapat dilihat pada Gambar 6 mulai dari kadar HC, terlihat pada grafik HC yang fluktuatif, naik turunnya kadar HC ini disebabkan oleh reaksi pembakaran apabila $HC + O_2 \rightarrow CO + H_2O + HC$ yang mana bila udara kurang dan HC berlebih serta faktor bensin yang tidak terbakar dan kurangnya campuran udara-bahan bakar yang masuk ke dalam ruang silinder sehingga pembakaran tidak sempurna. Selanjutnya pada kadar CO yang tinggi dilihat dari putaran mesin yang fluktuatif, faktor CO yang tinggi ini disebabkan oleh reaksi pembakaran $HC + O_2 \rightarrow CO + H_2O$ dimana udara yang kurang akan menghasilkan gas CO serta AFR yang rendah dan kurangnya oksigen untuk menghasilkan pembakaran yang tuntas dan sempurna pada kadar CO₂ yang rendah dibandingkan dengan kadar CO yang tinggi hal ini berdasarkan teori pembakaran dimana apabila kadar CO tinggi maka kadar CO₂ rendah begitupun sebaliknya. Hal ini disebabkan oleh AFR pada setiap putaran mesin yang cenderung menurun. Selanjutnya kadar O₂, Kadar oksigen yang tinggi ini disebabkan oleh udara yang berlebih dimana sesuai teori reaksi pembakaran $HC + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + O_2$ dan faktor AFR yang terlalu kurus sehingga jumlah udara yang masuk keruang bakar ini berbanding dengan jumlah bensin terbakar didalam silinder.



Gambar 7. Perbandingan Emisi E10

Emisi gas buang bahan bakar E10 yaitu dapat dilihat pada Gambar 7 mulai dari kadar HC, nilai ppm terlihat stabil dan menurun dibandingkan bahan bakar E0 hal ini disebabkan oleh reaksi pembakaran apabila $HC + O_2 > CO + H_2O + HC$ yang mana udara kurang dan HC berlebih serta pengaruh volume campuran udara-bahan bakar yang cenderung berkurang pada tiap rpmnya seiring dengan naiknya putaran rpm mesin. Selanjutnya pada kadar CO tinggi yang fluktuatif. Turunnya kadar CO ini disebabkan oleh reaksi pembakaran dimana udara yang masuk ke silinder kurang dan putaran mesin. Kemudian emisi CO_2 merupakan gas hasil sisa pembakaran yang banyak terdapat di udara, gas CO_2 terbentuk akibat pembakaran yang sempurna. Lalu terlihat pada grafik kadar CO_2 yang rendah dibandingkan dengan kadar CO yang tinggi hal ini berdasarkan teori pembakaran dimana apabila kadar CO tinggi maka kadar CO_2 rendah begitupun sebaliknya, dapat dilihat pada grafik CO_2 dimana kadar CO_2 E10 cenderung lebih stabil dibandingkan bahan bakar E0. Pada kadar O_2 Hal ini disebabkan karena dalam bioethanol sudah mengandung oksigen sehingga mampu terbakar lebih sempurna. Selanjutnya pada kadar O_2 terlihat grafik yang fluktuatif. Secara teoritis bioetanol merupakan salah satu oksigenat yang baik sehingga penambahan bioetanol ke dalam bensin dapat meningkatkan kandungan oksigen.



Gambar 8. Perbandingan Emisi E20

Dapat dilihat pada Gambar 8 mulai dari kadar HC, terlihat pada nilai ppm tiap rpm jauh lebih kecil dibandingkan dengan bahan bakar E10 dan E0 ini menandakan bahwa campuran udara-bahan bakar yang terbakar didalam silinder semakin sempurna dan disebabkan karena nilai penguapan yang cukup rendah sehingga pada saat pembakaran HC terurai oleh oksigen. Selanjutnya pada kadar CO tinggi yang fluktuatif terlihat turunnya kadar CO ini disebabkan oleh campuran udara-bahan bakar dan putaran mesin. Kemudian Emisi CO_2 merupakan gas hasil sisa pembakaran yang banyak terdapat di udara, gas CO_2 terbentuk akibat pembakaran yang sempurna. Lalu terlihat pada grafik kadar CO_2 yang rendah dibandingkan dengan kadar CO yang tinggi hal ini berdasarkan teori pembakaran dimana apabila kadar CO tinggi maka kadar CO_2 rendah begitupun sebaliknya, dapat dilihat pada grafik CO_2 dimana kadar CO_2 E20 cenderung lebih stabil dibandingkan bahan bakar E0. Hal ini disebabkan karena dalam bioetanol sudah mengandung oksigen sehingga mampu

terbakar lebih sempurna. Selanjutnya pada kadar O₂ terlihat grafik yang fluktuatif. Secara teoritis bioetanol merupakan salah satu oksigenat yang baik sehingga penambahan bioetanol kedalam bensin dapat meningkatkan kandungan oksigen.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Pengaruh penambahan bioetanol 10% dan 20% mencatatkan hasil daya dan torsi yang lebih baik pada putaran mesin 3000 rpm sampai 7000 rpm dibandingkan bahan bakar RON 88 namun nilai BSFC pada bahan bakar E10 cenderung boros pada putaran 3000 sampai 6000 rpm dan lebih irit di putaran 7000 rpm. Nilai BSFC pada bahan bakar E20 cenderung boros pada putaran 4000 sampai 6000 rpm namun mencatat nilai minimal yang lebih irit di putaran 3000 rpm dan 7000 rpm dibanding bahan bakar RON 88. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bioetanol bahan bakar sebesar 10% dan 20% meningkatkan daya dan torsi pada motor bensin empat langkah. Pengaruh emisi gas buang yang menggunakan bahan bakar bioethanol mencatatkan hasil HC yang jauh lebih rendah dibandingkan bahan bakar RON 88. Peningkatan nilai CO₂ yang lebih baik dibandingkan bahan bakar RON 88 dan penurunan kadar O₂, Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bioethanol pada bahan bakar terbukti mampu menghasilkan emisi gas buang yang ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar RON 88.

5. Daftar Pustaka

- [1] I. W., Karta, N. M. Puspawati, and Y., Ciawi, "Pembuatan bioetanol dari alga *Codium geppiorum* dan pemanfaatan batu kapur nusa penida teraktivasi untuk meningkatkan kualitas bioetanol," *Indonesian E-journal of applied chemistry*, vol. 3, no. 2, 2015.
- [2] B. Junipitoyo, and A., Wulansari, "Pengaruh Campuran Bioethanol Pada Peralite Terhadap Torsi Dan Dayapiston Engine 1 Silinder," *Jurnal Penelitian*, vol. 4, no.3, pp. 40-48, 2019.
- [3] M. Ghazikhani, and M. Hazikami, "Experimental investigation of exhaust temperature and delivery ratio effect on emissions and performance of a gasoline-ethanol two-stroke engine," *Thermal Engineering Elsevier*, vol. 2, pp. 82-90, 2014.
- [4] X. Wang and Z. Chen, "The Effect of Hydrous Ethanol Gasoline on Combustion and Emission Characteristics of A Port Injection Gasoline Engine," *Thermal Engineering, Elsevier*, vol. 6, pp. 147-154, 2015.
- [5] P. Iodice and A. Senatore, "Cold Start Emission of A Motorcycle using Ethanolgasoline Blended Fuels," *Energy Procedia, Elsevier*, vol. 45, pp. 809-818, 2015.
- [6] B. Sudarmanta, B. Junipitoyo, and A. K. B. Putra, "Influence of The Compression Ratio and Ignition on Sinjai Engine Performance with 50% Bioethanol-Gasoline Blended Fuels," *Journal of Engineering and Applied Science*, vol. 11, no. 4, pp. 2768-2774, 2016.
- [7] Y. Putrasari, A. Nur, and A. Muharam, "Performance and Emission Characteristic on a Two Cylinder DI Diesel Engine Fuelled with Ethanol-Diesel Blends," *Energy Procedia, Elsevier*, vol. 32, pp. 21-30, 2012.
- [8] Helmi, "Pengaruh Variasi Campuran Bahan Bakar Peralite dan Bioetanol Terhadap Prestasi Mesin dan Emisi Gas Buang Mesin Bensin 4-Langkah Tecquipment TD201," Lampung, 2018.
- [9] A. A., Karomi, "Pengaruh Penambahan Etanol dalam Bahan Bakar Peralite Terhadap Performa dan Emisi Gas Buang Mesin 4 Silinder," Semarang, 2016.
- [10] Helmi and Yudah, "Pengaruh variasi campuran peralite dan bioetanol terhadap prestasi mesin dan emisi gas buang mesin 4 langkah tecquipment TD201," Bandar Lampung, 2018.