

**PENGARUH CAMPURAN BIOETANOL DAN KONDUKTIVITAS TERMAL
ELEKTRODA BUSI TERHADAP EMISI GAS BUANG MOTOR 110 CM³****(THE EFFECT OF BIOETHANOL MIXTURE AND THERMAL CONDUCTIVITY
OF THE ELECTRODE OF THE SPARK PLUG ON 110 CM³ MOTOR EXHAUST
GAS EMISSIONS)****Galang Manggala Yuda⁽¹⁾, Santoso⁽¹⁾**⁽¹⁾ Teknik Otomotif Elektronik, Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno Hatta No. 09 Malang. 65141*Email: galangmanggala25@gmail.com**ABSTRAK**

Bioetanol adalah bahan bakar alternatif pengganti minyak fosil. Bioetanol memiliki beberapa keuntungan dalam penggunaannya sebagai bahan bakar selain karena sifatnya yang terbarukan, bioetanol juga dipercaya dapat menurunkan beberapa emisi kendaraan bermotor. Bioetanol memiliki kelebihan dibandingkan bensin yaitu bilangan oktan yang tinggi. Akan tetapi Bioetanol juga memiliki kelemahan yaitu memiliki nilai kalor yang rendah dibandingkan bahan bakar fosil. Maksud dan tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan campuran bioetanol dan bahan bakar RON 92 terhadap emisi gas buang pada sepeda motor matic injeksi dengan parameter pengukuran CO, HC, CO₂, dan O₂. Pengujian terhadap kendaraan motor dilakukan dengan variasi campuran (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) dengan variasi busi standar dan busi iridium dan pengujian dilakukan pada putaran 2000-6000 rpm dengan kelipatan 1000 rpm. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif yaitu data yang didapat berupa angka – angka. Data yang didapat tersebut nantinya akan diolah dan di rata – rata untuk mendapatkan kesimpulan. Pada analisis data ini peneliti menggunakan Anova two – way. Dari pengujian didapatkan hasil HC tertinggi pada campuran 20% yaitu 113,33 ppm pada 2000 rpm dan diperoleh hasil terendah mencapai 35 ppm pada 6000 rpm dengan konduktivitas termal busi 147W/mK di campuran 5%. Hasil CO tertinggi pada campuran 20% pada 2000 rpm dengan konduktivitas termal elektroda busi 90,7W/mK yang mencapai 0,76% dan diperoleh hasil terendah mencapai 0,02% pada 6000 rpm campuran 0% dengan konduktivitas termal elektroda busi 147W/mK. Hasil CO₂ tertinggi pada campuran 15% pada 6000 rpm dengan konduktivitas termal busi 90,7W/mK yang mencapai 10,73 % dan diperoleh hasil terendah mencapai 0,13% pada campuran 20% di 2000 rpm. Hasil O₂ tertinggi pada campuran 15% dengan konduktivitas termal busi 90,7W/mK mencapai 0,28% pada 6000 rpm dan diperoleh hasil terendah pada campuran 0% pada 2000 rpm

Kata Kunci: Bioetanol, busi, emisi gas buang, RON 92

ABSTRACT

Bioethanol is an alternative fuel to replace fossil oil. Bioethanol has several advantages in its use as fuel apart from its renewable nature, bioethanol is also believed to be able to reduce some motor vehicle emissions. Bioethanol has an advantage over gasoline, namely a high octane number. However, bioethanol also has a weakness, namely having a low calorific value compared to fossil fuels. The purpose and objective of this study was to determine the effect of using a mixture of bioethanol and RON 92 fuel on exhaust emissions on matic injection motorcycles with parameters measuring CO, HC, CO₂, and O₂. Tests on motor vehicles were carried out with mixed variations (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) with variations of standard spark plugs and iridium spark plugs and the tests were carried out at 2000-6000 rpm with a multiple of 1000 rpm. The method used in this study is a quantitative method, namely the data obtained in the form of numbers. The data obtained will be

processed and averaged to get a conclusion. In this data analysis, the researcher used two-way Anova. From the test, the highest HC results were found in the 20% mixture, namely 113.33 ppm at 2000 rpm and the lowest results were obtained, reaching 35 ppm at 6000 rpm with a spark plug thermal conductivity of 147W/mK in a 5% mixture. The highest CO yield was obtained at 20% mixture at 2000 rpm with a spark plug electrode thermal conductivity of 90.7W/mK which reached 0.76% and the lowest yield reached 0.02% at 6000 rpm with a 0% mixture with a spark plug electrode thermal conductivity of 147W/mK. The highest CO₂ yield was at 15% mixture at 6000 rpm with a spark plug thermal conductivity of 90.7W/mK which reached 10.73% and the lowest yield reached 0.13% at 20% mixture at 2000 rpm. The highest O₂ yield at 15% mixture with a spark plug thermal conductivity of 90.7W/mK reached 0.28% at 6000 rpm and the lowest yield was obtained at 0% mixture at 2000 rpm

Keywords: Bioethanol, spark plugs, exhaust emissions, RON 92

PENDAHULUAN

Berdasarkan data Kementerian Perhubungan (DataIndonesia.id, 2022), jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 141,99 juta unit pada 2021. Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia terpantau terus. Peningkatan signifikan jumlah pemilik kendaraan bermotor pada lima tahun terakhir berbanding lurus dengan peningkatan emisi gas buang kendaraan bermotor yang mencemari udara. Untuk itu, dibutuhkan cara yang lebih efektif dalam mengatasi masalah degradasi lingkungan ini yaitu dengan mengembangkan bahan bakar yang lebih bersih dan ramah lingkungan.

Bioetanol saat ini mulai dikembangkan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Bioetanol yang digunakan sebagai bahan bakar kendaraan motor memiliki keunggulan yaitu angka oktan etanol yang tinggi sehingga lebih tahan terhadap *knocking*. Selain itu, etanol lebih ramah lingkungan apabila dijadikan bahan bakar kendaraan bermotor. Hal ini dikarenakan etanol mempunyai emisi yang jauh lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil (Heywood, 1988). Akan tetapi, ada kelemahan dan masalah yang paling mendasar dari penggunaan etanol dalam

motor bakar adalah nilai kalor etanol yang rendah (jika dibandingkan dengan bensin hanya sekitar 60% nya saja) (Sasongko, dkk., (2016). Nilai kalor yang rendah berakibat energi pembakarannya yang rendah dari etanol. Pencampuran bensin dengan etanol akan menghasilkan gasohol. Komposisi campuran etanol dan bensin bervariasi. Keuntungan dari campuran ini adalah etanol cenderung menaikkan bilangan oktan dan mengurangi emisi CO.

Dari penelitian maupun jurnal tentang campuran bioetanol dengan bahan bakar yang pernah dilakukan dapat disimpulkan bahwa campuran ini dapat menurunkan kadar emisi yang dihasilkan. Akan tetapi, variasi campuran bioetanol dan bahan bakar RON 92 tidak pasti menghasilkan emisi gas buang yang baik. Hal ini dikarenakan terdapat titik dimana jika terlalu banyak kandungan bioetanol, maka pembakaran tidak akan sempurna. Masalah yang sering terjadi saat pengujian campuran bioetanol dan bahan bakar fosil adalah kendala saat pengambilan data dikarenakan bioetanol dengan perbandingan campuran yang tinggi tetap tidak bisa terbakar di kompresi yang tinggi pula. Berdasarkan uraian diatas, maka dari itu, peneliti mengangkat masalah emisi gas

buang dengan konsentrasi bioetanol dibawah 50 % dan variasi busi dalam skripsi yang berjudul “Pengaruh Campuran Bioetanol dan Konduktivitas Termal Elektroda Busi Terhadap Emisi Gas Buang

Pada penelitian ini dilakukan pencampuran antara bahan bakar pertamax dan bioethanol dengan variasi campuran antara lain : pertamax murni (E0), campuran pertamax dan bioethanol 5% (E5), bioetanol 10% (E10), dan bioetanol 15% (E15). Hasil pengujian yang terbaik diperoleh pada komposisi campuran bahan bakar E10 dengan kadar CO sebesar 2,06%, kadar CO₂ sebesar 6,96% dan HC sebesar 75 ppm (Aprilyanti dkk., 2020). Sementara itu pada penelitian (Sriyanto J, 2018) mengatakan bahwa menggunakan busi iridium menurunkan kadar CO 29% dan HC 61%. Pengaruh penambahan etanol terhadap kinerja bahan bakar :Tingkat emisi CO, CO₂, partikulat hidrokarbon dan NO_x menurun. Semakin tinggi persentase etanol maka tingkat penurunan emisi semakin bagus: Emisi CO₂ turun sebesar 21,05 %, Emisi CO turun sebesar 17,25 %, Emisi HC turun sebesar 14,78 %, Emisi Nox turun sebesar 9,55% (Setyadi, 2016).

LANDASAN TEORI

Bahan bakar

Bahan Bakar adalah bahan-bahan jika dibakar akan dapat terbakar dengan sendirinya dengan pengeluaran kalor. Syarat utama proses pembakaran adalah tersedia bahan-bakar yang bercampur dengan baik dengan udara dan tercapainya suhu pembakaran (Yuniarto, A.W dkk, 2019) .

Bioetanol

Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan oleh fermentasi glukosa yang dilanjutkan dengan proses destilasi. Etanol merupakan kependekan dari etil alkohol (C₂H₅OH) sering disebut dengan grain alcohol atau alkohol. Berat jenisnya adalah 793 kg/m³. Bioetanol dengan kadar 96 % memiliki nilai kalor sebesar 6426 kkal / kg (Prasnady A, 2018).

Busi Standar

Jenis busi ini merupakan busi bawaan pabrikan. Memiliki rata-rata ukuran diameter electrode 2,5 mm. Elektroda dengan bahan nikel memiliki titik lebur 1455 °C (Carnes dkk, 2009).

Busi Iridium

Busi jenis Iridium memiliki bentuk runcing diameter elektroda 0,6 mm - 0,8 mm dan ujung elektroda serta center electrodenya terbuat dari bahan iridium yang memiliki titik lebur tinggi dibandingkan dengan elektrode bahan nikel. Iridium memiliki titik lebur atau melting point mencapai 2.450 °C (PT. NGK Busi Indonesia, 2023).

Emisi Gas Buang

Emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan. Gas buang kendaraan yang dimaksud disini adalah gas sisa proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan (Siswantoro dkk, 2012).

Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal suatu benda merupakan kemampuan yang dimiliki suatu benda dalam memindahkan kalor melalui benda tersebut. Benda yang mempunyai konduktivitas termal (k) yang

rendah maka merupakan penghantar kalor yang kurang baik (Prihartono dkk, 2022).

METODE

Jenis penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu penelitian eksperimental. Penelitian eksperimen yaitu jenis penelitian kuantitatif yang digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas sebagai variabel perlakuan, dengan variabel terikat sebagai variabel hasil, dan variabel kontrol sebagai kondisi yang terkendalikan.

Waktu dan Tempat Penelitian

A. Waktu =Desember-Juli 2023

B. Tempat =PPPTK BOE (VEDC MALANG)

Alat dan Bahan penelitian

1) Alat

- Gas analyzer

Gas Analyzer adalah instrument yang digunakan untuk mengukur proporsi dan komposisi dari gabungan gas. Gas yang bisa diukur melalui Gas Analyzer adalah gas HC, CO, CO₂, O₂.



- Gelas Ukur

Gelas ukur, yaitu silinder gelas berskala untuk mengukur volume larutan atau zat cair dengan tepat.

- Blower

Blower adalah alat yang digunakan untuk mendinginkan mesin pada saat kondisi mesin sudah terlalu panas.

- Tachometer

Tachometer adalah alat ukur genggam yang digunakan untuk mengukur kecepatan benda yang berputar seperti operasi mesin, dalam satuan putaran per menit (RPM).



- Spesifikasi Kendaraan

Merk : Honda
Tipe : Scoopy
Tipe Mesin : 4 Langkah, SOHC
Diameter X Langkah : 50 mm x 55,1 mm
Volume Silinder : 108,2 cm³
Perbandingan Kompresi : 9,5 : 1
Tipe Transmisi : CVT/V- Matic, Otomatis
Daya Maksimum : 6,4 kW (8,7 PS / 7.500 rpm)
Torsi Maksimum : 9,1 Nm (0,93 kgf.m) / 6.000 rpm
Tipe Transmisi : Otomatis, V- Matic
Tipe Starter : ACG Starter, Pedal electric
Busi : NGK MR9C-9N / Denso V27EPR-N9

2) Bahan

- Bioetanol dengan tingkat kemurnian 96%
- Bahan Bakar RON 92
- Busi Standar dan busi Iridium

Variabel penelitian

Variabel bebas = Konsentrasi campuran bioetanol (0%, 5%, 10%, 15%, 20%), Busi Standart (Konduktivitas termal elektroda 90,7W/mK) dan Busi Iridium (Konduktivitas termal elektroda 147W/mK)

Variabel terikat = emisi gas buang (CO, CO₂, O₂, HC)

Variabel terkontrol = Putaran mesin antara 2000 – 6000 Rpm,

Setting peralatan penelitian

1. Menyiapkan alat dan bahan
2. menTune- up kendaraan sebelum digunakan untuk penelitian
3. Mencampurkan bioetanol dan bahan bakar RON 92 pada tempat yang disediakan dengan konsentrasi campuran (0%, 5%, 10%, 15%, 20%)
4. Campuran bioetanol dan bahan bakar RON 92 dikocok lalu didiamkan selama kurang lebih 1 jam untuk melihat apakah campuran dapat homogen.
5. Kocok lagi campuran sebelum digunakan
6. Masukkan campuran siap uji ke dalam tangki motor
7. hidupkan motor sampai panas mesin suhu kerja

8. Pasang alat tachometer sebagai pengukur RPM mesin
9. Hidupkan gas analyzer dan tunggu sampai kondisi siap uji.
10. Apabila sudah selesai uji, kosongkan tangki dan masukkan campuran baru dengan variasi busi selanjutnya

Metode pengambilan data

Dalam penelitian ini, metode yang akan digunakan adalah metode penelitian eksperimen yaitu pengujian motor bensin berbahan bakar campuran RON 92 dan bioetanol dengan variasi busi pada mesin Honda Scoopy 110cc FI tahun 2019. Dalam penelitian dan studi ini yang akan diteliti adalah emisi gas buang pada motor bensin berbahan bakar campuran RON 92 dan bioetanol dengan variasi busi

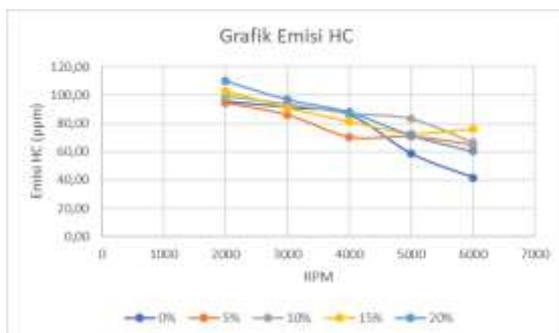


Jadi pada proses pengujian ini objek yang berupa sepeda motor scoopy EFI tahun 2019 di tempatkan pada alat dyno test dengan posisi roda belakang menempel pada roller dyno test dan mengunci sepeda motor pada alat tersebut agar laju sepeda motor bisa tertahan. Kemudian

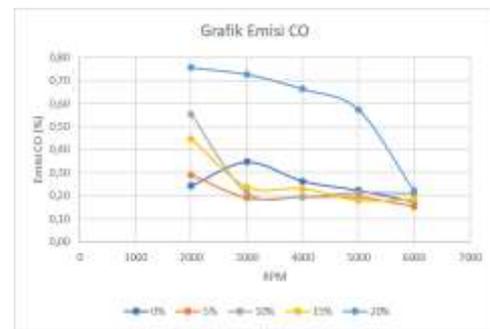
menghidupkan motor lalu menyetting sesuai dengan RPM yang akan diuji dan sesuai dengan variable yang akan diuji yang selanjutnya melakukan pembacaan tingkat emisi gas buang motor dengan menyambungkan alat gas analyzer dengan sepeda motor dengan memasukkan selang gas analyzer ke lubang knalpot.

Hasil dan Pembahasan

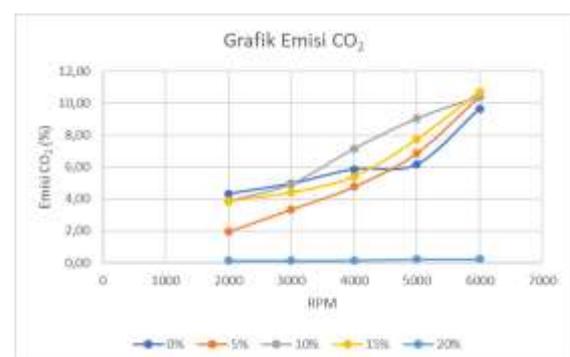
Hasil dan Pembahasan kadar emisi pada campuran 0%-20% Busi Standar



Pada campuran 10%- 20% tingkat emisi cenderung meningkat daripada campuran 0% dan 5%, yaitu nilai tertinggi tingkat emisi gas buang HC yang dihasilkan pada campuran 20% dengan nilai 110 ppm. Pada pengujian ini pada saat putaran rendah tingkat emisi cenderung untuk berada pada angka yang tinggi, hal ini diakibatkan karena kondisi mesin yang masih dingin dan tidak memungkinkan untuk melakukan pembakaran pada ruang bakar yang ditambah lagi dengan campuran bioetanol yang masih mengandung air 4%. Akan tetapi seiring dengan bertambahnya putaran mesin tingkat emisi gas buang HC semakin menurun, hal ini dikarenakan mesin sudah berada pada suhu kerja yang memungkinkan untuk melakukan pembakaran yang lebih sempurna.

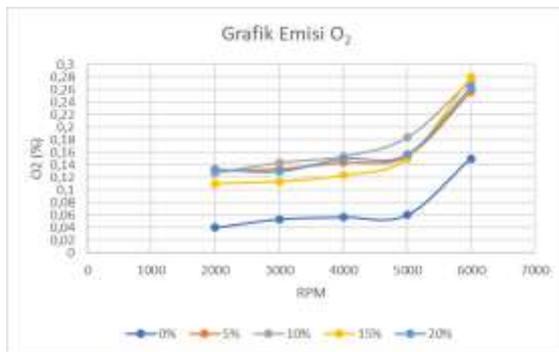


Pada pengujian ini terlihat rata-rata pada putaran mesin idle atau pada putaran mesin rendah tingkat emisi gas buang CO yang dihasilkan sangatlah tinggi dan berangsur menurun seiring dengan kenaikan putaran mesin, hal ini diakibatkan karena pada putaran mesin yang semakin tinggi maka suhu di dalam mesin akan semakin tinggi dan membuat homogenitas campuran bahan bakar semakin meningkat sehingga dapat meningkatkan kualitas pembakaran dalam ruang bakar dan secara otomatis emisi gas buang CO dapat menurun.



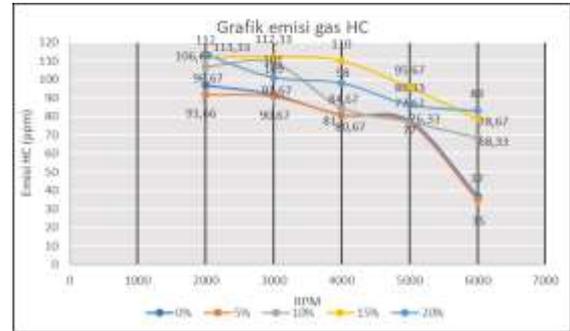
Pada pengujian ini rata-rata tingkat emisi gas buang CO₂ yang dihasilkan relatif mengalami peningkatan seiring dengan bertambah tingginya putaran mesin, hal ini disebabkan karena pada saat putaran mesin rendah kondisi suhu mesin relatif masih belum pada suhu kerja, sedangkan pada putaran mesin yang semakin tinggi dengan suhu kerja mesin yang sudah pada suhu kerja, maka proses pembakaran akan menjadi lebih baik.

Karena pada prinsipnya proses pembakaran sempurna akan menghasilkan gas karbon dioksida yang tinggi. Pada pengujian campuran 20% kondisi emisi gas buang CO₂ yang relatif lebih rendah daripada campurannya sebelumnya diakibatkan karena semakin banyaknya campuran bioetanol yang ada pada ruang bakar, maka secara otomatis pembakaran akan semakin sulit karena terlalu banyak kandungan air di dalam ruang bakar walaupun dengan bantuan konduktivitas termal elektroda 90,7 W/mK sehingga pembakaran tidak bisa terjadi mendekati sempurna.

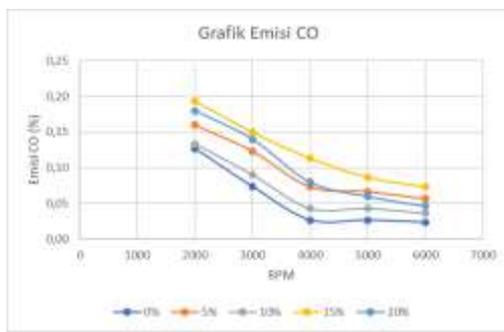


Pada pengujian diatas kadar emisi gas buang O₂ rata-rata mengalami peningkatan dan berbanding lurus dengan kenaikan putaran mesin di setiap campuran bahan bakar dan pada campuran 5% sampai 20% kadar emisi gas buang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan campuran 0% bahan bakar, hal ini berarti dengan bertambahnya konsentrasi campuran bioetanol pada bahan bakar yang berbanding lurus dengan peningkatan putaran mesin, maka akan membuat kadar oksigen semakin tinggi dan mengindikasikan pembakaran kurang sempurna.

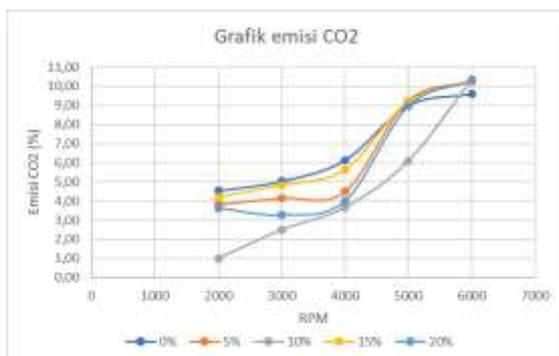
Hasil dan Pembahasan kadar emisi pada campuran 0%-20% Busi Iridium



Pada pengujian ini rata-rata tingkat emisi gas buang HC yang dihasilkan pada putaran rendah relatif tinggi dan berangsur menurun seiring dengan bertambahnya putaran mesin, hal ini disebabkan oleh kandungan air yang terdapat pada bioetanol yang masuk pada ruang bakar dengan kondisi ruang bakar yang masih belum pada suhu kerja mengakibatkan misfire (atau penyalaan awal tidak stabil) dan pada saat putaran yang semakin tinggi maka suhu mesin akan semakin naik sampai pada kondisi suhu kerja yang mengakibatkan pembakaran menjadi lebih sempurna. Pada pengujian ini juga terlihat penurunan tingkat emisi gas buang HC yang signifikan dibandingkan dengan pengujian menggunakan busi dengan konduktivitas termal elektroda 90,7W/mK, hal ini disebabkan karena pada pengujian ini menggunakan konduktivitas termal elektroda yang lebih besar yaitu mencapai 147W/mK sehingga suhu dalam ruang bakar akan lebih cepat untuk naik pada suhu kerja dan panas yang ada pada ruang bakar tidak cepat hilang sehingga pembakaran akan lebih sempurna dan secara otomatis tingkat emisi gas buang HC akan semakin mengalami penurunan.

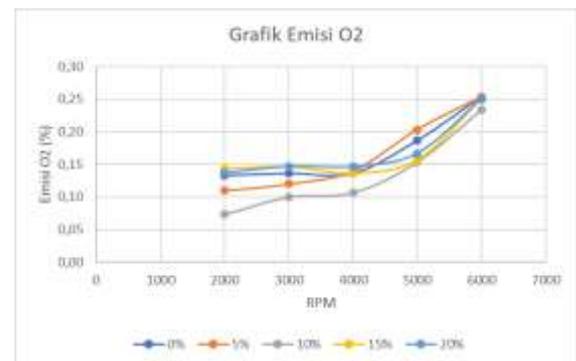


Pada pengujian rata-rata kadar emisi yang dihasilkan relatif tinggi saat putaran mesin rendah atau kondisi idle akan tetapi akan menurun seiring dengan bertambah tingginya putaran mesin, hal ini diakibatkan pada saat putaran rendah kondisi mesin masih belum mencapai suhu kerja yang mengakibatkan pembakaran tidak sempurna sehingga menghasilkan emisi gas buang CO yang lebih tinggi dibandingkan pada putaran mesin yang semakin tinggi dengan kondisi mesin yang sudah mencapai suhu kerja. Akan tetapi dengan menggunakan busi yang memiliki konduktivitas termal elektroda 147W/mK kadar emisi gas buang CO secara signifikan terlihat lebih rendah jika dibandingkan penggunaan busi dengan konduktivitas termal elektroda 90,7W/mK.



Pada pengujian ini kadar emisi gas buang CO₂ yang dihasilkan rata-rata terlihat mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan bertambahnya putaran mesin, hal ini disebabkan pada saat kondisi idle atau putaran rendah kondisi ruang bakar masih belum pada suhu kerja dan suhu kerja akan dicapai pada saat terjadi kenaikan pada putaran mesin yang mana pembakaran pada mesin dengan kondisi suhu kerja yang sesuai akan menghasilkan pembakaran yang lebih

sempurna. Pada campuran 20 % terlihat pada saat menggunakan busi dengan konduktivitas termal 147W/mK dapat meningkatkan tingkat emisi gas buang CO₂ yang dihasilkan, dimana pada prinsipnya proses pembakaran sempurna akan menghasilkan gas karbon dioksida yang tinggi.



Pada pengujian ini rata-rata pada setiap campuran mengalami peningkatan kadar emisi gas buang O₂ seiring dengan bertambah tingginya putaran mesin. Akan tetapi jika dibandingkan dengan penggunaan busi dengan konduktivitas termal elektroda 90,7W/mK, hasil pengujian campuran antara bioetanol dengan bahan bakar menggunakan busi dengan konduktivitas termal elektroda 147W/mK terlihat memiliki kadar emisi gas buang O₂ yang lebih rendah dengan kadar emisi terendah menyentuh angka 0,07 % di putaran mesin 2000 rpm dengan campuran 10%.

KESIMPULAN

1. Pada campuran antara bioetanol dan bahan bakar dengan variasi bioetanol 0%, 5%, 10%, 15%, 20% yang menggunakan busi dengan konduktivitas termal elektroda 90,7W/mK terdapat pengaruh terhadap emisi gas buang yang dihasilkan, di mana kadar HC terbesar diperoleh pada campuran 20% yaitu 110 ppm sedangkan kadar HC terendah diperoleh pada

- campuran 0% yaitu 41,67%. Kadar CO tertinggi dihasilkan pada campuran 20% yaitu 0,76 % sedangkan kadar CO terendah dihasilkan pada campuran 5% yaitu 0,15%. Kadar CO₂ tertinggi dihasilkan pada campuran 15% yaitu 10,73 % sedangkan kadar CO₂ terendah dihasilkan pada campuran 20% yaitu 0,13%. Kadar O₂ tertinggi dihasilkan pada campuran 15% yaitu 0,28% sedangkan kadar O₂ terendah dihasilkan pada campuran 0% yaitu 0,04%.
2. Pada campuran antara bioetanol dan bahan bakar dengan variasi bioetanol 0%, 5%, 10%, 15%, 20% yang menggunakan busi dengan konduktivitas termal elektroda 147W/mK terdapat pengaruh terhadap emisi gas buang yang dihasilkan, di mana kadar emisi HC tertinggi diperoleh pada campuran 20% yaitu 133,33 ppm sedangkan kadar emisi terendah diperoleh pada campuran 5% yaitu 35 ppm. Kadar CO tertinggi diperoleh pada campuran 15% yaitu 0,19% sedangkan kadar CO terendah diperoleh pada campuran 0% yaitu 0,02%. Kadar CO₂ tertinggi diperoleh pada campuran 10% dan 20% yaitu 10,33% sedangkan kadar CO₂ terendah diperoleh pada campuran 10% yaitu 1,00%. Kadar O₂ tertinggi diperoleh pada campuran 0%, 5%, 15%, dan 20% yaitu 0,25% sedangkan kadar O₂ terendah diperoleh pada campuran 10% yaitu 0,07%.
 3. Kadar emisi gas buang yang ideal pada presentase campuran 5% bioetanol menggunakan busi dengan konduktivitas termal elektroda 147W/mK, di mana kadar HC, CO, CO₂, O₂, yang dihasilkan tidak terlalu tinggi.
- motor 4 langkah. Turbo*”, Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 9(2), 2020
- [2] Heywood, J. B., *Engine Types and Their Operation*. Internal Combustion Engine Fundamentals, 1–37, 1988
 - [3] Carnes, M., Buccella, D., Chen, J. Y. C., Ramirez, A. P., Turro, N. J., Nuckolls, C., & Steigerwald, M., “A Stable Tetraalkyl Complex of Nickel(IV)”, In *Angewandte Chemie International Edition* (Vol. 48, Issue 2), 2009
 - [4] Sasongko, M., and W. Wijayanti, “Pengaruh prosentase etanol terhadap daya dan konsumsi bahan bakar mesin pembakaran busi”, *Jurnal Energi dan Manufaktur* 9.2 : 147-149, 2016
 - [5] Setyadi, P., “Pengaruh Penggunaan Bioethanol Sebagai Campuran Bahan Bakar Pada Mesin Kendaraan Sepeda Motor 4 Langkah Dengan Komposisi 10%, 20%, 30%”, *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 3(1), 13–22, 2016
 - [6] Sriyanto, J., “Pengaruh tipe busi terhadap emisi gas buang sepeda motor”, *Automotive Experiences*, 1(3), 64–69, 2018
 - [7] Prasnady, A., & Mesin, J. T., “Rasio Ukuran Partikel dan Temperatur Pemanasan Batu Kapur untuk Meningkatkan Kadar Bioethanol dari Tetes Tebu”, *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 2018
 - [8] Siswantoro., Lagiyono., & Siswiyanti, “Analisa Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor 4 TAK Berbahan Bakar Campuran Premium Dengan Variasi Penambahan Zat Aditif. *Engineering*,” *Jurnal Bidang Teknik*, 3(1), 2012
 - [9] PT. NGK Busi Indonesia, *Busi Platinum*, 2023
 - [10] Prihartono, Joko, and Rafsyanzani Irhamsyah, “Analisis Konduktivitas Termal Pada Material Logam (Tembaga, Alumunium Dan Besi)”, 49-54, 2022

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aprilyanti, S., Madagaskar, M., & Suryani, F, “Pengaruh penambahan bioetanol dari mahkota nanas terhadap emisi gas buang pada mesin