

Pengaruh Bahan Bakar BX 92 dan BX 95 *Ultimate* Terhadap Temperatur dan Emisi Gas Buang pada Motor R15

Krishna Maulana Wijaya, Rachmat Firdaus*

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Abstrak: Kebutuhan kualitas udara yang bersih terutama di perkotaan sangatlah penting, mengingat banyaknya jumlah kenaikan kendaraan yang sangat signifikan. Pada penelitian ini, kami melakukan penelitian pengaruh bahan bakar BX 92 dan BX 95 Ultimate terhadap temperatur dan emisi gas buang pada motor R15. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen di laboratorium teknik mesin universitas muhammadiyah sidoarjo. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sepeda motor R15, Bahan bakar BX 92 & BX 95 Ultimate, stopwatch, gas analyzer, thermometer, ethanol. Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai CO, HC, CO₂, dan O₂ terendah pada bahan bakar BX 92, BX 95 Ultimate, Campuran BX 92 & BX 95 Ultimate, dan Campuran BX 92 dan Ethanol. Nilai CO terendah pada BBM BX 92 adalah 0,31%, BBM BX 95 Ultimate 0,34%, Campuran BX 92 & BX 95 Ultimate adalah 0,40%, Campuran BX 92 dan Ethanol adalah 0,30%. Nilai HC terendah pada BBM BX 92 adalah 30ppm, BBM BX 95 Ultimate adalah 39ppm, BBM Campuran BX 92 & BX 95 Ultimate adalah 96ppm, BBM Campuran BX 92 & Ethanol adalah 56ppm. Nilai CO₂ terendah pada BBM BX 92 adalah 12,1%, BBM BX 95 Ultimate adalah 12,1%, BBM Campuran BX 92 & BX 95 Ultimate adalah 12,5%, BBM Campuran BX 92 & Ethanol adalah 12,2%. Nilai O₂ terendah pada BBM BX 92 adalah 9,52%, BBM BX 95 Ultimate adalah 11,27%, BBM Campuran BX 92 & BX 95 Ultimate adalah 14,92%, BBM Campuran BX 92 & Ethanol adalah 14,45%. Temperatur pada mesin motor R15 dengan penggunaan bahan bakar BX 92, BX 95 Ultimate, Campuran BX 92 & BX 95 Ultimate, dan Campuran BX 92 & Ethanol didapati nilai temperatur terendah ada pada bahan bakar BX 92, dan nilai temperatur tertinggi ada pada bahan bakar Campuran BX 92 & Ethanol.

Kata Kunci: Udara, Emisi Gas Buang, Temperatur

*Correspondence: Rachmat Firdaus

Email: firdausr@umsida.ac.id

Received: 26-08-2025

Accepted: 26-09-2025

Published: 26-10-2025



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract. The need for clean air quality especially in urban areas is very important, considering the very significant increase in the number of vehicles. In this research, we researched the effect of BX 92 and BX 95 Ultimate fuel on temperature and exhaust emissions on the R15 motorbike. This research was carried out experimentally in the mechanical engineering laboratory at muhammadiyah university sidoarjo. The tools and materials used in this research were an R15 motorbike, BX 92 & BX 95 Ultimate fuel, stopwatch, gas analyzer, thermometer, ethanol. The results of this research show the lowest CO, HC, CO₂, and O₂ values for BX 92, BX 95 Ultimate, BX 92 & BX 95 Ultimate mixture, and BX 92 and Ethanol mixture. The lowest CO value in BX 92 BBM is 0,31%, BX 95 Ultimate BBM 0,34%, BX 92 & BX 95 Ultimate Mixture is 0,40%, BX 92 Mixture and Ethanol is 0,30%. The lowest HC value for BX 92 fuel is 30ppm, BX 95 Ultimate fuel is 39ppm, BX 92 & BX 95 Ultimate mixed fuel is 96ppm, BX 92 mixed fuel & ethanol is 56ppm. The lowest CO₂ value in BX 92 BBM is 12,1%, BX 95 Ultimate BBM is 12,1%, BX 92 & BX 95 Ultimate BBM is 12,5%, BX 92 Mixed Fuel is & Ethanol is 12,2%. The lowest O₂ value in BX 92 BBM is 9,52%, BX 95 Ultimate BBM is 11,27%, BX 92 & BX 95 Ultimate BBM is 14,92%, BX 92 Mixed Fuel is & Ethanol is 14,45%. The temperature of the R15 motorbike engine using BX 92, BX 95 Ultimate fuel, a mixture of BX 92 & BX 95 Ultimate, and a mixture of BX 92 & Ethanol was found to have the lowest temperature value in BX 92 fuel, and The highest temperature value is in the mixed fuel BX 92 & Ethanol.

Keywords: Air, Exhaust Emissions, Temperature

Pendahuluan

Penggunaan kendaraan bermotor seperti sepeda motor di Indonesia telah menjadi kebutuhan yang tidak bisa lepas dari kehidupan sehari-hari (Achmadin et al, 2022). Pertumbuhan produksi industri otomotif di Indonesia semakin meningkat (Cappenberg, 2014). Indonesia adalah pangsa pasar yang sangat berpengaruh pada penjualan kendaraan bermotor (Winarno, 2005). Tanpa disadari perkembangan teknologi dan industri disamping memberikan manfaat pada manusia justru (Ardiansyah Prasetyo & Rifdarmon, 2020) menyebabkan peningkatan pada konsentrasi pencemarnya sehingga dikhawatirkan membahayakan kesehatan manusia (Machmud, 2021).

Kualitas udara yang semakin menurun (Prasetyo et al, 2019). Polusi udara ini adalah akibat dari gas buang kendaraan bermotor yang mempunyai dampak yang buruk untuk kesehatan masyarakat (Seprihadaniansyah et al, 2018). Sekarang, nyaris di seluruh dunia mengalami perubahan iklim yang sangat drastis dan salah satu penyebabnya adalah udara yang tercemar (Negara & Arsawan, 2017).

Polusi udara umumnya adalah terutama disebabkan oleh kendaraan bermotor dan industri (Hakim et al., 2017). Gas buang yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor dapat memicu polusi udara sebesar 70% sampai 80%, sementara itu, polusi udara yang diakibatkan industri hanya 20 – 30% saja (Ferdnian, 2016). Motor bakar merupakan sebuah mekanisme atau konstruksi mesin yang berguna untuk mengonversikan energi kimia (bahan bakar) ke energi panas dan energi mekanik (Gaol, 2020). Teknik pembakaran adalah pencampuran antara udara (oksigen) & bahan bakar yang terjadi di dalam ruang bakar (Ginting, 2017). Menghasilkan dari pembakaran (Putra et al., 2015). emisi gas buang antara lain CO₂, HC, NO_x, SO_x dan partikulat (Prasetyo & Fahrurrozi, 2020). Karbon monoksida (CO) merupakan gas hasil dari gas buang yang memiliki sifat beracun untuk darah manusia pada saat pernafasan, sebagai akibat berkurangnya oksigen pada jaringan darah (Kosegeran et al, 2013).

Metodologi

A. Metode penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium teknik mesin universitas muhammadiyah sidoarjo. Metode penelitian yang dipakai ialah dengan cara mengumpulkan, menganalisis, dan menyampaikan data dalam bentuk angka. Dalam penelitian ini mengambil data nilai uji emisi dan temperatur dengan variasi putaran mesin 2000 – 5000, dengan penggunaan bahan bakar BX 92, BX 95 Ultimate, Campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%, dan Campuran BX 92 85% & Ethanol 15%.

B. Alat dan Bahan

1. Alat
 - a. Sepeda motor R15
 - b. *Gas analyzer*
 - c. Thermometer

- d. *Stopwatch*
- e. Gelas ukur
- 2. Bahan
 - a. Bahan Bakar BX 92
 - b. Bahan Bakar BX 95 Ultimate
 - c. Ethanol

C. Variabel Penelitian

Dalam variabel penelitian ini ada dua jenis variabel, adalah berikut ini :

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang memengaruhi sebuah gejala, dalam penelitian yang dilakukan variabel bebas adalah penerapan bahan bakar BX 92 dan BX 95 Ultimate beserta campurannya

2. Variabel terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang mempengaruhi sebuah gejala di sebuah penelitian, yaitu merupakan uji emisi dan uji temperatur mesin yang diperoleh dalam penggunaan bahan bakar BX 92 dan BX 95 Ultimate beserta campurannya (Leng, 2025).

D. Alur Penelitian

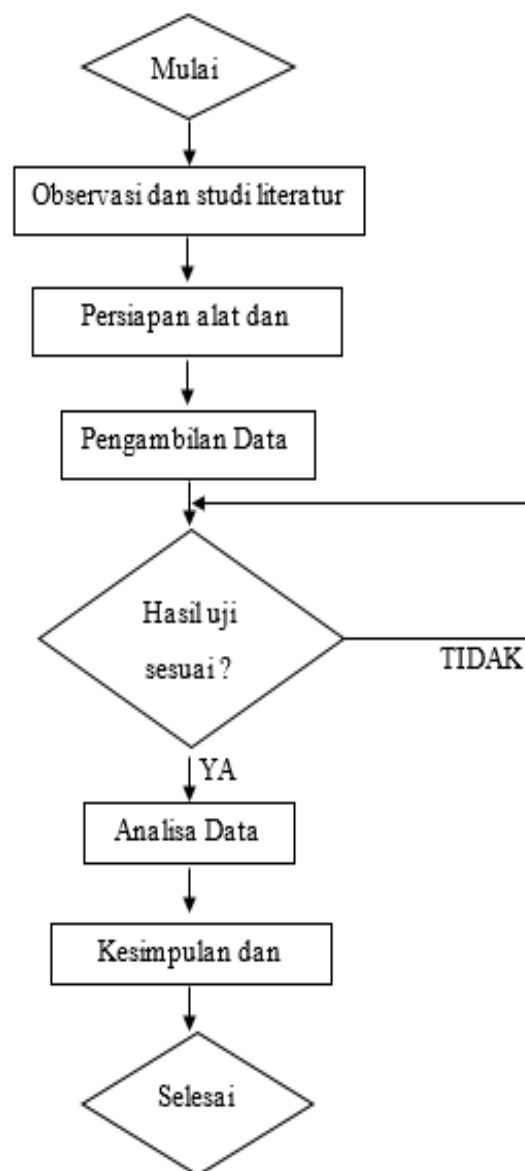
Alur penelitian dimulai dari urutan bentuk penulisan dalam proses sampai dengan bentuk flowchart yaitu sebagai berikut :

1. Langkah pertama yang dilakukan adalah menyiapkan seluruh alat dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian.
2. Kemudian siapkan bahan bakar BX 92 untuk dilakukan pengujian emisi gas buang, lalu tuangkan bahan bakar kedalam tangki motor.
3. Masukkan probe kedalam knalpot dan nyalakan alat uji emisi, lalu nyalakan sepeda motor.
4. Setelah motor dinyalakan lakukan pengujian emisi sesuai dengan RPM yang sudah ditentukan yaitu 2000-5000 RPM.
5. Setelah uji emisi per RPM selesai, lakukan pengujian temperatur menggunakan thermometer.
6. Lalu sisihkan bahan bakar yang sebelumnya untuk diganti bahan bakar selanjutnya.
7. Kemudian siapkan bahan bakar BX 95 Ultimate untuk dilakukan pengujian emisi gas buang, lalu tuangkan bahan bakar kedalam tangki motor.
8. Masukkan probe kedalam knalpot dan nyalakan alat uji emisi, lalu nyalakan sepeda motor.
9. Setelah motor dinyalakan lakukan pengujian emisi sesuai dengan RPM yang sudah ditentukan yaitu 2000-5000 RPM
10. Setelah uji emisi per RPM selesai, lakukan pengujian temperatur menggunakan thermometer.

11. Lalu sisihkan bahan bakar yang sebelumnya untuk diganti bahan bakar selanjutnya.
12. Kemudian siapkan bahan bakar campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50% untuk dilakukan pengujian emisi gas buang, lalu tuangkan bahan bakar kedalam tangki motor.
13. Masukkan probe kedalam knalpot dan nyalakan alat uji emisi, lalu nyalakan sepeda motor.
14. Setelah motor dinyalakan lakukan pengujian emisi sesuai dengan RPM yang sudah ditentukan yaitu 2000-5000 RPM.
15. Setelah uji emisi per RPM selesai, lakukan pengujian temperatur menggunakan thermometer.
16. Lalu sisihkan bahan bakar yang sebelumnya untuk diganti bahan bakar selanjutnya.
17. Kemudian siapkan bahan bakar campuran BX 92 85% & Ethanol 15% untuk dilakukan pengujian emisi gas buang, lalu tuangkan bahan bakar kedalam tangki.
18. Masukkan probe kedalam knalpot dan nyalakan alat uji emisi, lalu nyalakan sepeda motor.
19. Setelah motor dinyalakan lakukan pengujian emisi sesuai dengan RPM yang sudah ditentukan yaitu 2000-5000 RPM.
20. Setelah uji emisi per RPM selesai, lakukan pengujian temperatur menggunakan thermometer
21. Setelah pengujian emisi gas buang dan temperatur selesai, lakukan analisis data.

E. Metode Pengumpulan data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini merangkul semua proses setiap hasil tahapan yang diambil dari semua masing-masing bahan bakar yang digunakan seperti bahan bakar BX 92 dan BX 95 Ultimate beserta campurannya, yang dilakukan pengujian dengan RPM yang telah direncanakan atau yang sudah ditetapkan yaitu 2000RPM, 3000RPM, 4000RPM, 5000RPM.



Gambar 1. Flowchart

Hasil dan Pembahasan

A. Pengertian Dari CO, HC CO₂, O₂, Dan Temperatur

CO merupakan rumus yang mengacu pada senyawa "karbon monoksida". CO merupakan gabungan antara karbon (C) dan oksigen (O). CO merupakan gas yang tidak memiliki warna, tidak memiliki bau, dan tak memiliki rasa. CO tercipta dari hasil pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar organik seperti kayu, batu bara, minyak, dan gas alam. Karbon monoksida biasanya didapatkan dari kendaraan bermotor dan aktivitas industri (Pastor, 2025).

Hidrocarbon / HC adalah unsur senyawa bahan bakar bensin. HC yang terkandung dalam gas buang berasal dari sisa pembakaran yang tidak terbakar secara sempurna pada langkah pembakaran, HC memiliki satuan ppm (*part per million*).

CO₂ merupakan rumus kimia dari karbon dioksida. CO₂ merupakan gas rumah kaca yang alami dan tidak berbahaya dalam jumlah kecil. Namun dalam jumlah besar, CO₂ merupakan gas yang sangat berbahaya (Li, 2025).

O₂ (oksigen) merupakan senyawa kimia yang tersusun dari dua atom oksigen, yang saling berkaitan melalui ikatan kovalen. Penyusunan senyawa O₂ berlangsung secara alami melewati beberapa proses, diantaranya ialah fotosintesis dan oksidasi (Khedkar, 2025).

Suhu atau temperatur merupakan besaran termodinamika yang menjelaskan besarnya energi rata-rata molekul. Suhu biasanya digambarkan menjadi parameter panas dinginnya sebuah benda. Mudah-mudahan, semakin tinggi suhu sebuah benda, semakin panas benda tersebut. Makin tinggi energi atom penyusun benda, maka semakin tinggi suhu benda tersebut (Narayanan, 2025)

B. Hasil Perbandingan

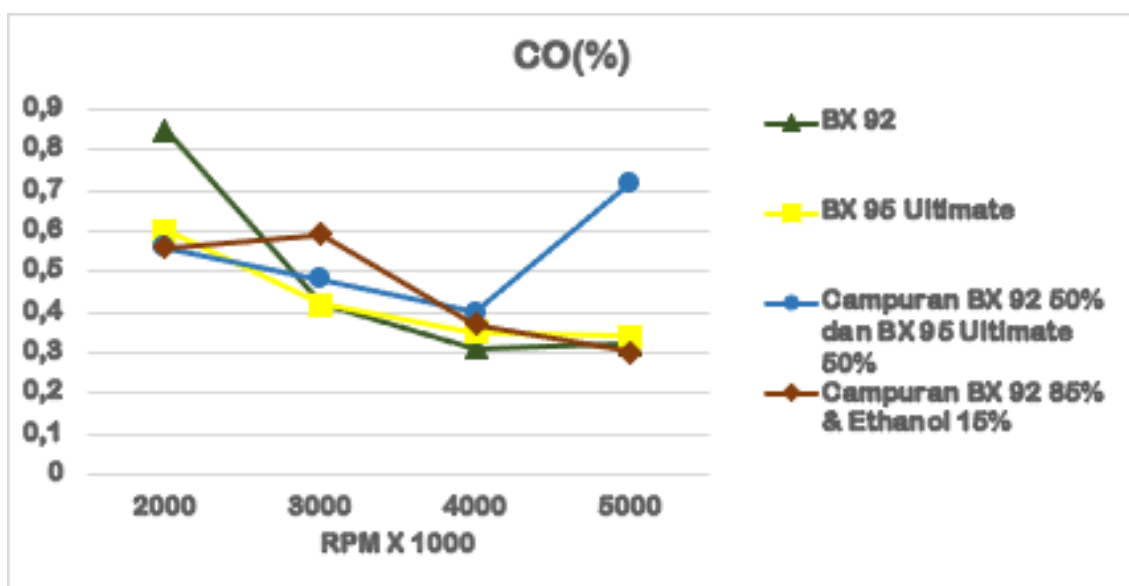
Hasil dari pengujian emisi gas buang dan temperatur dalam penggunaan bahan bakar BX 92 dan BX 95 Ultimate beserta campurannya pada motor R15 adalah sebagai berikut.

a. Perbandingan Nilai CO Setiap RPM

Pada pengujian emisi gas buang di RPM 2000-5000, didapatkan nilai CO pada penggunaan bahan bakar BX 92, BX 95 Ultimate, campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%, dan campuran BX 92 85% & Ethanol 15% adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Tabel Nilai CO

RPM	CO(%)			
	BX 92	BX 95 Ultimate	Campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%	Campuran BX 92 85% & Ethanol 15%
2000	0,85	0,60	0,56	0,56
3000	0,42	0,42	0,48	0,59
4000	0,31	0,35	0,40	0,37
5000	0,32	0,34	0,72	0,30



Gambar 2. Gambar grafik nilai CO

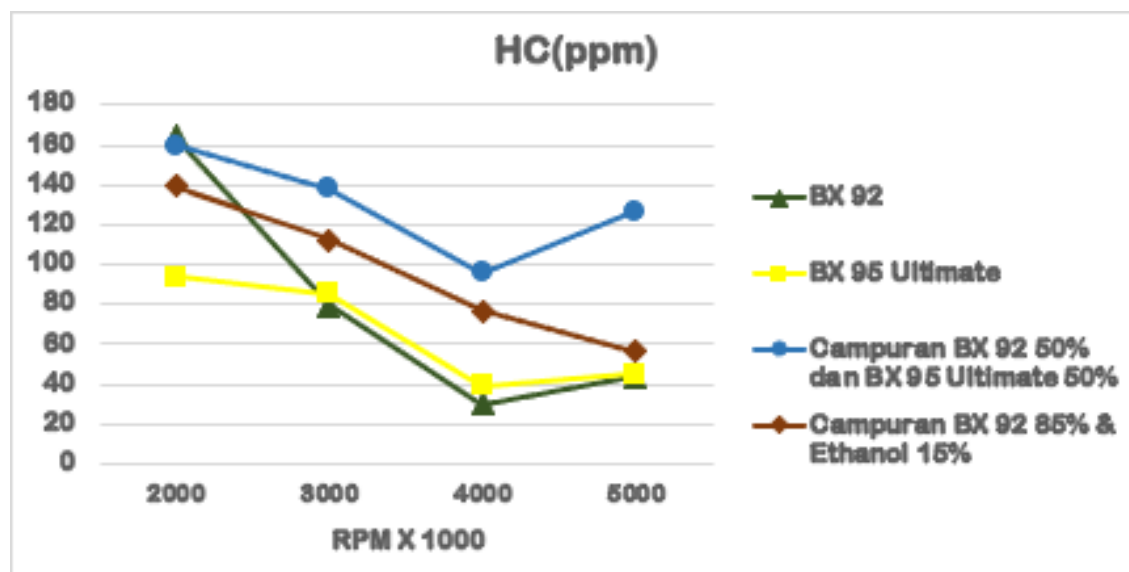
Kesimpulan dari pengujian emisi gas buang didapati nilai CO di RPM 2000-5000 pada penggunaan bahan bakar BX 92, BX 95 Ultimate, Campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%, dan Campuran BX 92 85% & Ethanol 15% yang memiliki nilai tertinggi 0,85% adalah pada RPM 2000 dengan penggunaan bahan bakar BX 92 dan yang memiliki nilai terendah 0,30% adalah pada RPM 5000 dengan penggunaan bahan bakar Campuran BX 92 85% & Ethanol 15%. Hasil pengujian memiliki nilai idealnya masing – masing. Nilai CO yang tinggi dalam gas buang adalah tanda pembakaran yang tidak sempurna. Ini bisa terjadi akibat sistem pengapian yang buruk, atau masalah pada injeksi kendaraan.

b. Perbandingan Nilai HC Setiap RPM

Pada pengujian emisi gas buang di RPM 2000-5000, didapatkan nilai HC pada penggunaan bahan bakar BX 92, BX 95 Ultimate, campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%, dan campuran BX 92 85% & Ethanol 15% adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Tabel nilai HC

RPM	HC(ppm)			
	BX 92	BX 95 Ultimate	Campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%	Campuran BX 92 85% & Ethanol 15%
2000	164	94	160	139
3000	79	85	138	112
4000	30	39	96	77
5000	44	45	127	56



Gambar 3. Gambar grafik nilai HC

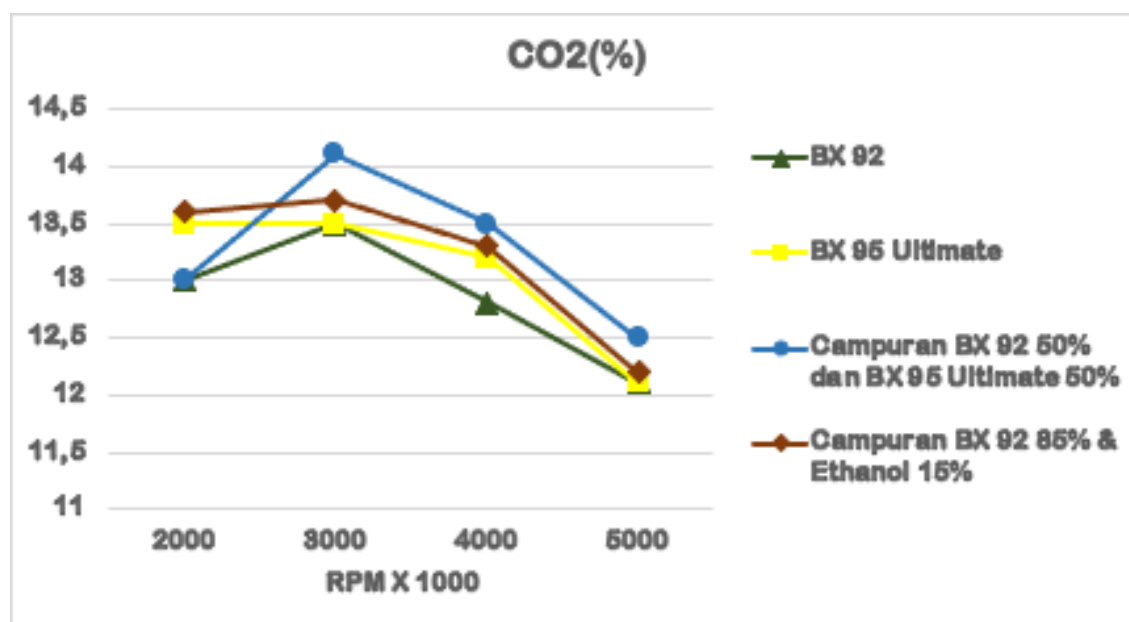
Kesimpulan dari pengujian emisi gas buang didapati nilai HC di RPM 2000-5000 pada penggunaan bahan bakar BX 92, BX 95 Ultimate, Campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%, dan Campuran BX 92 85% & Ethanol 15% yang memiliki nilai tertinggi 164ppm adalah pada RPM 2000 dengan penggunaan bahan bakar BX 92 dan yang memiliki nilai terendah 30ppm adalah pada RPM 4000 dengan penggunaan bakar BX 92. Penyebab tingginya nilai HC biasanya dikarenakan pembakaran yang tidak sempurna atau kebocoran pada sistem gas buang.

c. Perbandingan Nilai CO₂ Setiap RPM

Pada pengujian emisi gas buang di RPM 2000-5000, didapatkan nilai CO₂ pada penggunaan bahan bakar BX 92, BX 95 Ultimate, campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%, dan campuran BX 92 85% & Ethanol 15% adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Tabel nilai CO₂

RPM	CO ₂ (%)			
	BX 92	BX 95 Ultimate	Campuran BX 92 50% & BX Ultimate 50%	Campuran BX 92 85% & Ethanol 15%
2000	13,0	13,5	13,0	13,6
3000	13,5	13,5	14,1	13,7
4000	12,8	13,2	13,5	13,3
5000	12,1	12,1	12,5	12,2



Gambar 4. Gambar grafik nilai CO2

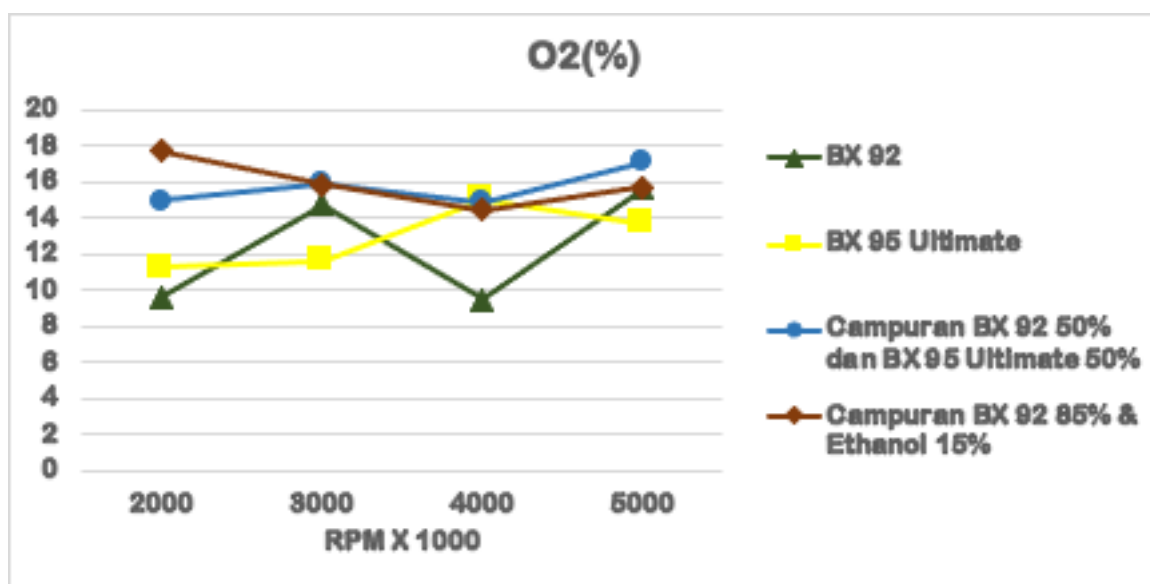
Kesimpulan dari pengujian emisi gas buang didapati nilai CO² di RPM 2000-5000 pada penggunaan bahan bakar BX 92, BX 95 Ultimate, Campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%, dan Campuran BX 92 85% & Ethanol 15% yang memiliki nilai tertinggi 14,1% adalah pada RPM 3000 dengan penggunaan bahan bakar Campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50% dan yang memiliki nilai terendah 12,1 adalah pada RPM 5000 dengan penggunaan bahan bakar BX 92 sama dengan BX 95 Ultimate. Jika nilai CO² sangat tinggi, biasanya diakibatkan adanya kesalahan di dalam mesin. Biasanya dikarenakan campuran bahan bakar & udara pada mesin dalam keadaan tidak benar.

d. Perbandingan Nilai O₂ Setiap RPM

Pada pengujian emisi gas buang di RPM 2000-5000, didapatkan nilai O₂ pada penggunaan bahan bakar BX 92, BX 95 Ultimate, campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%, dan campuran BX 92 85% & Ethanol 15% adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Tabel nilai O₂

RPM	O ₂			
	BX 92	BX 95 Ultimate	Campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%	Campuran BX 92 85% & Ethanol 15%
2000	9,64	11,27	15,03	17,75
3000	14,8	11,62	15,97	15,86
4000	9,52	15,10	14,92	14,45
5000	15,64	13,71	17,15	15,74

Gambar 5. Gambar grafik nilai O₂

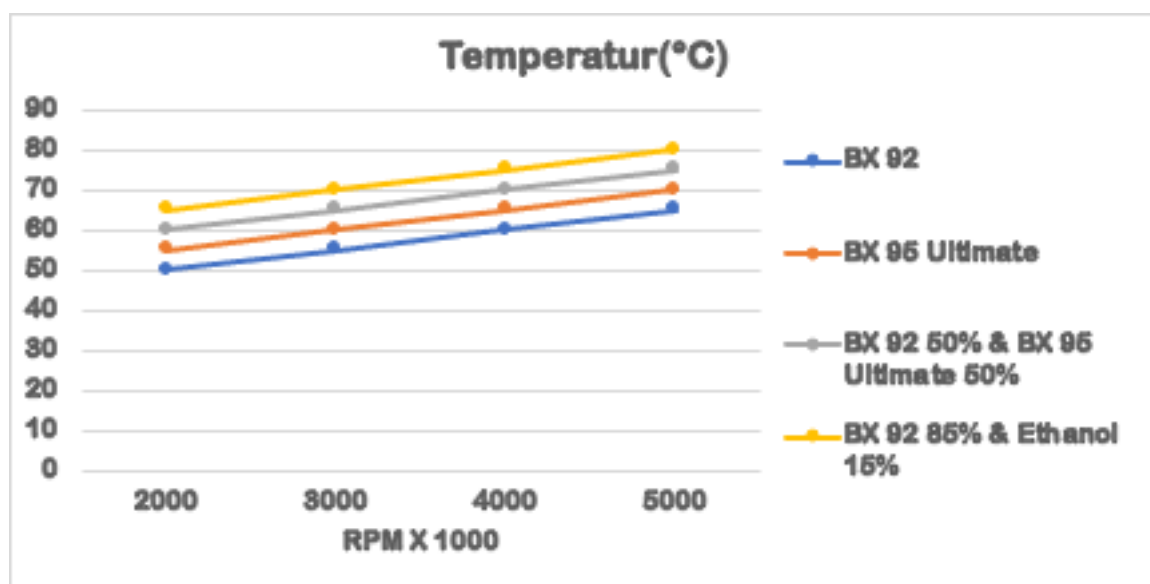
Kesimpulan dari pengujian emisi gas buang didapati nilai O₂ di RPM 2000-5000 pada penggunaan bahan bakar BX 92, BX 95 Ultimate, Campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%, dan Campuran BX 92 85% & Ethanol 15% yang memiliki nilai tertinggi 17,75% adalah pada RPM 2000 dengan penggunaan bahan bakar Campuran BX 92 85% & Ethanol 15% dan yang memiliki nilai terendah 9,52% adalah pada RPM 4000 dengan penggunaan bahan bakar BX 92. Jika sebuah kendaraan memiliki nilai oksigen yang terlalu tinggi maka menandakan proses pembakaran yang tidak efisien di dalam mesin.

e. Perbandingan Nilai Temperatur

Pada pengujian temperatur di RPM 2000 - 5000, didapatkan nilai temperatur pada penggunaan bahan bakar BX 92, BX 95 Ultimate, campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%, dan campuran BX 92 85% & Ethanol 15% adalah sebagai berikut.

Tabel 5. Tabel nilai temperatur

RPM	Temperatur			
	BX 92	BX 95 Ultimate	Campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%	Campuran BX 92 85% & Ethanol 15%
2000	50	55	60	65
3000	55	60	65	70
4000	60	65	70	75
5000	65	70	75	80



Gambar 6. Gambar grafik nilai temperatur

Kesimpulan pada pengujian temperatur pada RPM 2000 - 5000 dengan penggunaan bahan bakar BX 92, BX 95 Ultimate, Campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%, dan Campuran BX 92 85% & Ethanol 15% adalah didapati nilai tertinggi 80 pada RPM 5000 dengan penggunaan bahan bakar campuran BX 92 85% & Ethanol 15% dan nilai terendah 50 pada RPM 2000 dengan penggunaan bahan bakar BX 92.

Simpulan

Dari kesimpulan diatas dapat diketahui bahwa dari semua jenis bahan bakar yaitu BX 92, BX 95 Ultimate, Campuran BX 92 50% & BX 95 Ultimate 50%, dan Campuran BX 92 85% & Ethanol 15% pada RPM 2000-5000 memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pada bahan bakar BX 92 memiliki kelebihan dinilai HC, CO², O², dan temperatur yang rendah namun memilki kekurangan dinilai CO. Untuk bahan bakar BX 95 Ultimate memiliki nilai CO² yang rendah. Sedangkan untuk bahan bakar Campuran BX 92 85% & Ethanol 15% memiliki nilai CO yang rendah. Jadi dapat disimpulkan bahwa bahan bakar terbaik adalah BX 92 karena memiliki HC, CO², O², dan temperatur yang rendah.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, serta kepada kedua orang tua yang memberikan dukungan dan do'a, dan juga kepada Bapak ibu dosen yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, tidak lupa juga kepada teman-teman seperjuangan yang telah membantu penyelesaian artikel ini.

Conflict of Interest Statement

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Daftar Pustaka

- Achmadin, W. N., Wahyudi, D., & Dewi, I. N. D. K. (2022). Perbandingan Sifat Kenaikan Kinerja Bahan Bakar Pertalite dan Pertamina terhadap Mesin Standar 110cc. *Suara Teknik : Jurnal Ilmiah*, 13(1), 1. <https://doi.org/10.29406/stek.v13i1.3954>
- Cappenberg, A. D. (2014). Studi Tentang Berbagai Tipe Bahan Bakar Terhadap Prestasi Mesin Mobil Toyota Xxx. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 1(3), 157–163. <https://doi.org/10.21009/jkem.1.3.7>
- Ferdnian, M. (2016). Analisis Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Lingkungan di Kota Balikpapan (Kal-Tim). *Transmisi*, XII, 15–24.
- Gaol, R. P. L. (2020). Uji performansi Mesin Otto Satu Silinder dengan Bahan Bakar Pertalite dan Pertamina. *Piston*, 4(2), 64–70.
- Ginting, T. (2017). Analisa Pengaruh Campuran Premium Dengan Kapur Barus (Naphthalen) Terhadap Emisi Gas Buang Pada Mesin Supra X 125 cc. *PISTON : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Fakultas Teknik UISU*, 39–44.
- Hakim, L., Putra, P. T., & Zahratu, A. L. (2017). Efektifitas Jalur Hijau Dalam Mengurangi Polusi Udara Oleh Kendaraan Bermotor. *NALARs*, 16(1), 91. <https://doi.org/10.24853/nalars.16.1.91-100>
- Khedkar, N. D. (2025). Emission control in a dual fuel low temperature combustion engine at intermediate loads. *International Journal of Engine Research*, 26(4), 525–543. <https://doi.org/10.1177/14680874241283508>
- Kosegeran, V. V., Kendekallo, E., Sompie, S. R. U. A., & Bahrin, B. (2013). Perancangan alat ukur kadar karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂) dan hidro karbon (HC) pada gas buang kendaraan bermotor. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 2(3), 50–56.
- Leng, S. (2025). Performance analysis of an internal combustion engine with thermochemical recovery and high temperature proton exchange membrane fuel cell combined power generation system. *Fuel*, 384. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.133913>
- Li, Q. (2025). Modeling and evaluation of a steam and power cogeneration system of proton exchange membrane fuel cell coupled high temperature heat pump. *Chemical Engineering Journal*, 505. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.159432>
- Machmud, S. (2021). Analisis Pengaruh Tahun Perakitan Terhadap Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Mesin Nusantara*, 4(1), 21–29. <https://doi.org/10.29407/jmn.v4i1.16038>

- Narayanan, A. (2025). Fuel Composition Effects on Combustion Characteristics of a Low-Temperature Gasoline Combustion Engine. *SAE Technical Papers*. <https://doi.org/10.4271/2025-01-8410>
- Negara, I. P. S., & Arsawan, I. M. (2017). Optimalisasi Penggunaan Bahan Bakar Kendaraan Bermotor Untuk Menghasilkan Gas Buang Yang Ramah Lingkungan. *Logic : Jurnal Rancang Bangun Dan Teknologi*, 14(1), 40.
- Pastor, D. S. B. (2025). Impact of fuel conditioning and combustor injection temperature on a hydrogen turboprop. *Proceedings of the ASME Turbo Expo*, 1. <https://doi.org/10.1115/GT2025-152936>
- Prasetyo, A. & Rifdarmon. (2020). *Analisis Variasi Penggunaan Busi Pada Sepeda Motor Yamaha vixion Tahun 2015 Terhadap Daya, Torsi dan Emisi Gas buang*. 7.
- Prasetyo, I., & Fahrurrozi, M. (2020). Penggunaan Catalytic Converter dari Bahan Kuningan dengan Ketebalan 0,2 mm Terhadap Emisi Gas Buang Kendaraan Pada Motor 2 Tak. *Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science*, 1(2), 1–5. <https://doi.org/10.35970/accurate.v1i2.284>
- Prasetyo, I., Sarjito, S., & Effendy, M. (2019). Analisa Performa Mesin Dan Kadar Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dengan Memanfaatkan Bioetanol Dari Bahan Baku Singkong Sebagai Bahan Bakar Alternatif Campuran Pertalite. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 19(2), 43–54. <https://doi.org/10.23917/mesin.v19i2.5698>
- Putra, D. S., -, D. F., & -, G. G. G. (2015). Analisa Pengaruh Penggunaan Sensor Oksigen Terhadap Kandungan Emisi Gas Buang CO Dan HC. *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, 10(2), 36. <https://doi.org/10.30630/jipr.10.2.9>
- Seprihadaniansyah, G. M., Kuswoyo, A., & Adriana, M. (2018). Modifikasi Knalpot Menggunakan Katalitik Konverter Dan Arang Akasia Guna Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan. 5, 11–19.
- Winarno, J. (2005). Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merk Kendaraan Dan Tahun Pembuatan. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(55), 1–9.