

Effect of BBM1 Fuel, BBM2, BBM3, and BBM3 Mixture with Ethanol 85/15, on Exhaust Gas Emissions and Engine Temperature on the Yamaha R-15 Motorcycle

[Pengaruh Bahan Bakar BBM1, BBM2, BBM3, dan Campuran BBM3 dengan Etanol 85/15, terhadap Emisi Gas Buang dan Temperature Engine pada Motor Yamaha R-15]

Muhammad Ainur Rossy ¹⁾, Rachmat Firdaus^{*,2)}

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: firdausr@umsida.ac.id

Abstract. Exhaust gas emissions are gases produced from the combustion of a motorbike engine. The compounds contained include carbon monoxide (CO), hydrocarbon (HC), carbon dioxide (CO₂), and oxygen (O₂). This research aims to determine several differences in the values of exhaust emission levels and engine engine temperatures from the use of four types of fuel variations. At rpm 2000-8000 rpm with a time span of 3 minutes at each rpm. From the research test results, the lowest CO emission levels were at 4000 rpm engine speed on BBM4 with a value of 0.06% vol. The highest HC emission level is in BBM4 with a value of 621 ppm at an engine speed of 3000 rpm. The CO₂ emissions that appear to be the most stable are at BBM4 with an average of above 10%. O₂ emissions which showed the lowest figure of 15.35% were on BBM3 at 8000 engine revolutions.

Keywords - exhaust emissions; pentalite fuel; engine engine temperature

Abstrak. Emisi gas buang merupakan gas yang dihasilkan dari pembakaran mesin motor. Senyawa-senyawa yang terkandung di antara lain karbon monoksida (CO), hidro karbon (HC), karbon dioksida (CO₂), dan oksigen (O₂). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beberapa perbedaan nilai kadar emisi gas buang dan temperature engine mesin dari penggunaan empat macam variasi bahan bakar. Pada rpm 2000-8000 rpm dengan rentang waktu 3 menit di setiap rpm nya. Dari hasil uji penelitian tersebut kadar emisi CO terendah pada putaran mesin 4000 rpm pada BBM4 dengan nilai 0.06 % vol. Kadar emisi HC tertinggi berada pada BBM4 dengan nilai 621 ppm pada putaran mesin 3000 rpm. Emisi CO₂ yang terlihat paling stabil berada pada BBM4 rata-rata diatas 10%. Emisi O₂ yang menunjukkan angka terendah 15.35% berada pada BBM3 pada putaran mesin 8000.

Kata Kunci –emisi gas buang; bahan bakar pentalite ; temperature engine mesin

I. PENDAHULUAN

Dari tahun ke tahun pertumbuhan penduduk Indonesia semakin meningkat. Pertumbuhan penduduk berpengaruh terhadap laju pertumbuhan ekonomi. Hal itu juga yang mempengaruhi bertambahnya jumlah kebutuhan terhadap kendaraan bermotor [1].

Perkembangan kendaraan bermotor di Indonesia semakin meningkat terutama perkembangan di setiap kotanya. Tidak bisa di pungkiri kebutuhan kendaraan bermotor dari tahun ke tahun meningkat sangat pesat. Terbilang dari yang sebelumnya hanya 136,14 juta unit di tahun 2021 meningkat 4,30% menjadi 141,99 juta unit [2].

Dari nilai tersebut dapat dikatakan bahwa kebutuhan akan kendaraan bermotor sangat pesat. Di era yang modern ini memang dapat dikatakan bahwa kendaraan bermotor sudah menjadi alat transportasi massal yang banyak diminati masyarakat. Terutama kebutuhan kendaraan roda dua yang sudah menjadi alat transportasi sehari-hari. Terbilang sangat membantu kebutuhan masyarakat karena waktu lebih efisien dari pada menunggu transportasi umum [3].

Kendaraan bermotor itu sendiri merupakan suatu kendaraan atau alat transportasi yang menggunakan mesin bakar sebagai alat penggerak, baik roda dua atau roda empat. Motor bakar dapat bergerak akibat adanya energi thermal yang di hasilkan dari suatu proses pembakaran. Proses pembakaran tersebut merubah energi kalor menjadi energi mekanik. Kemudian energi mekanik tersebut yang digunakan untuk menjalankan suatu kendaraan bermotor [4].

Proses pembakaran juga dapat bilang dengan reaksi kimia antara campuran kalor dan oksigen yang kemudian dinyalakan oleh percikan api [5]. Mekanisme pembakaran umumnya dimulai saat campuran kalor dan oksigen yang masuk ke dalam ruang bakar di kompresi dan dinyalakan oleh percikan api yang di hasilkan oleh busi. Pada proses pembakaran nyala api terjadi secara spontan dan merata akibat pemampatan kalor dan oksigen [6].

Proses pembakaran umumnya dapat terjadi apabila terdapat bahan bakar, oksigen, dan api. Pada kendaraan bermotor bahan bakar yang di butuhkan biasanya bahan bakar minyak. Bahan bakar minyak itu sendiri di dapatkan

dari suatu proses pemfosilan [7]. Proses pemfosilan senyawa karbohidrat yang di hasilkan dari tumbuhan-tumbuhan yang mati. Tumbuhan mati tersebut dirubah menjadi senyawa hidrokarbon C_xH_y melalui tertimbunnya suatu tanaman dan dengan dibantu tekanan dan panas bumi dengan waktu yang rentan cukup lama [8].

Bahan bakar minyak di golongan berbagai macam tergantung pada nilai oktan yang terkandung pada bahan bakar itu sendiri [9]. Kandungan nilai oktan yang tinggi dapat meningkatkan kualitas bahan bakar terbakar dengan sempurna, serta dapat membantu menghindari pembakaran yang tidak sempurna. Akibatnya, konsumsi bahan bakar lebih irit, daya yang di hasilkan lebih besar, dan emisi gas buang yang di hasilkan dari pembakaran menurun [10].

Nilai oktan pada bahan bakar sangatlah berpengaruh, dikarenakan padatnya aktifitas penggunaan kendaraan bermotor berdampak pada lingkungan hidup [11]. Tidak dapat di pungkiri semakin banyak kendaraan bermotor maka semakin banyak pula emisi gas buang yang dihasilkan. Hal ini sebenarnya sudah ditangani dengan usaha pembatasan dan pengendalian secara serius. Usaha penurunan emisi gas buang pada kendaraan bermotor bukanlah suatu hal yang mudah [12].

Emisi gas buang kendaraan bermotor mengandung senyawa yang sebenarnya tidak berbahaya seperti nitrogen, uap air, dan karbon dioksida. Tetapi dalam senyawa itu mengandung senyawa-senyawa lain yang cukup membahayakan dan dapat mengganggu Kesehatan lingkungan hidup [13]. Senyawa-senyawa yang umumnya dapat mencemari lingkungan hidup yang ada di gas buang kendaraan antara lain unbrun hydrocarbon (uHC), karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, berbagai oksigen nitrogen (NOx), sulfur (SOx), dan partikulat debu termasuk timbal, senyawa-senyawa tersebut cukup berbahaya apabila melebihi abang batas [14].

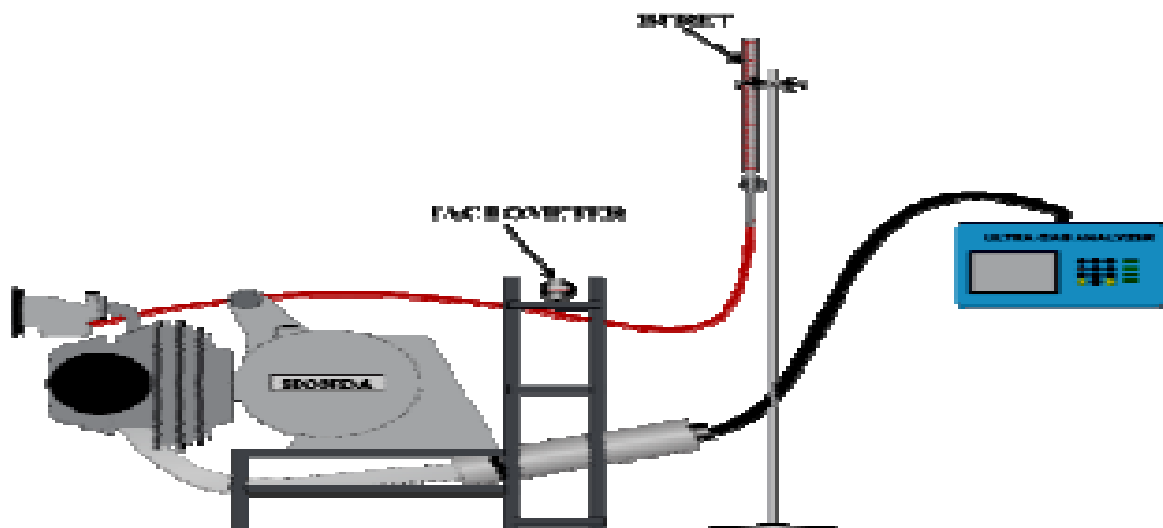
Banyak upaya yang telah dilakukan untuk mengurangi dari nilai emisi pada gas buang. Dengan menambah zat adiktif pada bahan bakar seperti etanol yang berpotensi meningkatkan nilai oktan yang terkandung pada bahan bakar [15].

II. METODE

Tahapan yang akan dilakukan dalam pengujian emisi gas buang dan temperature engine mesin adalah pengujian terhadap motor yamaha R-15 pada putaran mesin 2000 rpm – 8000 rpm. Dengan variasi bahan bakar sebagai berikut:

1. BBM1 merupakan bahan bakar pertalite.
2. BBM2 merupakan bahan bakar pertamax.
3. BBM3 merupakan bahan bakar pertamax turbo.
4. BBM4 merupakan bahan bakar campuran BBM2 dengan etanol, takaran 85/15.

Alat-alat yang di butuhkan pada penelitian ini meliputi : satu unit kendaraan yamaha R-15, mesin gas analyzer, speedometer, bahan bakar BBM1, bahan bakar BBM2, bahan bakar BBM3, etanol, thermometer, dan gelas ukur.



Gambar 1. Susunan alat penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil penelitian

Hasil pengujian kadar emisi disajikan pada tabel 2, tabel 3, tabel 4, dan tabel 5. Untuk hasil pengujian temperature engine mesin disajikan pada tabel 6.

Tabel 2. Hasil uji emisi CO

Kadar Emisi Gas Buang CO (%vol)				
Putaran Mesin (rpm)	BBM1	BBM2	BBM3	BBM4
2000	1.22	1.25	1.15	1.10
3000	1.76	1.96	1.65	1.35
4000	1.85	1.64	1.55	1.26
5000	1.62	1.53	1.44	1.37
6000	1.75	1.63	1.65	1.54

Tabel 3. Hasil uji emisi HC

Kadar Emisi Gas Buang HC (ppm)				
Putaran Mesin (rpm)	BBM1	BBM2	BBM3	BBM4
2000	165	165	127	170
3000	114	114	67	155
4000	67	67	43	125
5000	42	42	52	101
6000	31	31	46	70
7000	112	110	106	116
8000	143	161	127	153

Tabel 4. Hasil uji emisi CO2

Kadar Emisi Gas Buang CO2 (%vol)				
Putaran Mesin (rpm)	BBM1	BBM2	BBM3	BBM4
2000	13.2	13.2	13.4	12.5
3000	13.4	13.4	13.7	10.5
4000	13.3	13.5	13.9	10.5
5000	12.2	12.3	12.7	9.6
6000	13.3	12.8	13.2	11.2
7000	10.4	10.8	10.0	11.1
8000	10.3	9.8	9.3	8.6

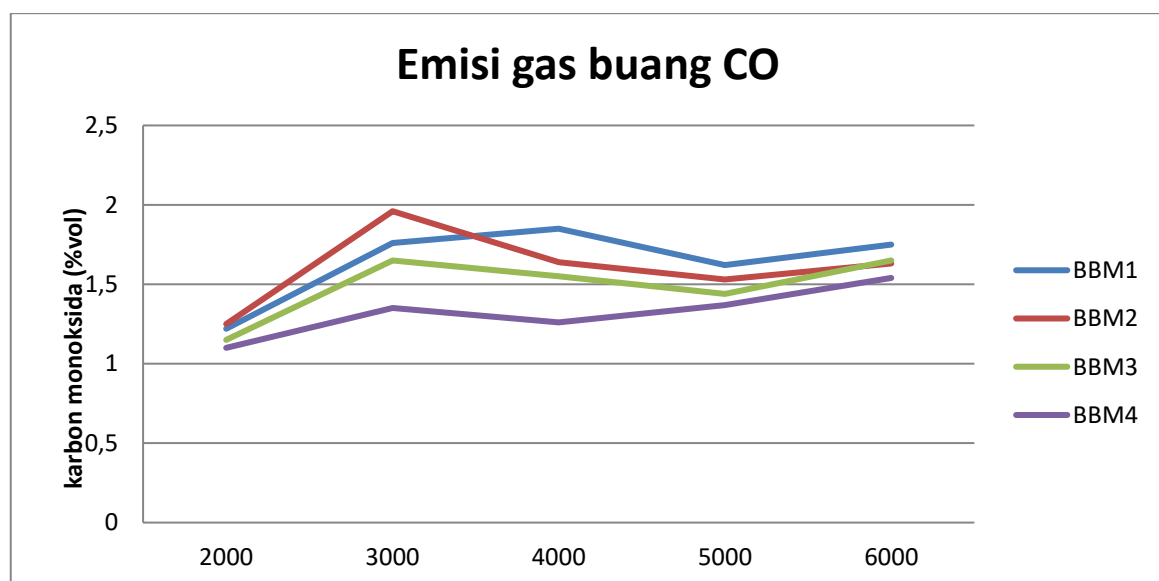
Tabel 5. Hasil uji emisi O2

Kadar Emisi Gas Buang O2 (%vol)				
Putaran Mesin (rpm)	BBM1	BBM2	BBM3	BBM4
2000	25.00	22.34	23.14	18.24
3000	25.00	21.21	22.26	24.01
4000	25.00	18.94	23.53	25.00
5000	25.00	19.15	22.36	25.00
6000	25.00	25.00	22.22	25.00
7000	25.00	22.83	21.38	25.00
8000	25.00	18.73	15.35	25.00

Tabel 6. Hasil uji temperature engine mesin

Kadar Emisi Gas Buang Temperature (C)				
Putaran Mesin (rpm)	BBM1	BBM2	BBM3	BBM4
2000	52.3	51.7	51.7	51.5
3000	60.0	61.7	61.1	60.9
4000	83.0	83.2	84.0	83.2
5000	96.8	97.7	95.5	96.8
6000	102.9	103.1	103.2	103.2
7000	109.0	109.7	108.9	109.8
8000	110.7	111.2	111.7	111.2

Hasil dalam bentuk grafik
Emisi gas buang CO

**Gambar 2.** Grafik emisi gas buang CO

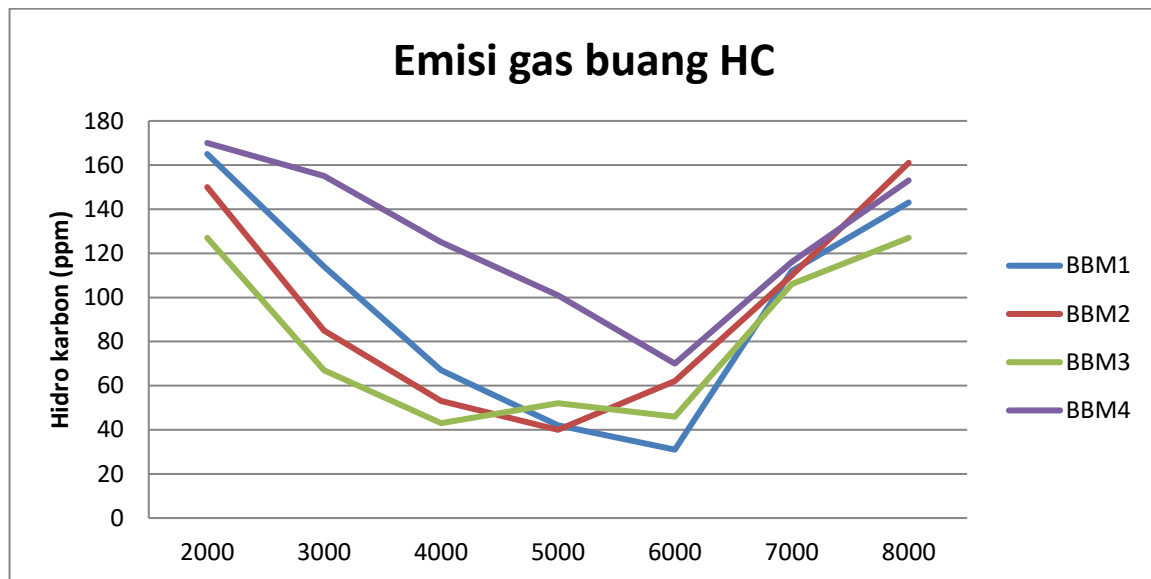
Dari data yang di peroleh pada **Gambar 2** dapat di simpulkan bahwa saat putaran mesin 2000-6000 rpm turun dan naiknya kadar emisi CO yang dihasilkan mengalami turun dan naik yang hampir sama rata. Dan dari ke empat bahan bakar mengalami lonjakan yang sangat signifikan pada putaran mesin 3000 rpm. Saat putaran mesin 4000 rpm mengalami penurunan kadar CO kecuali BBM2 dan BBM3 mengalami kenaikan.

Dari penggunaan empat macam bahan bakar emisi CO tertinggi yang terjadi pada putaran mesin 3000 rpm terdapat pada BBM2 yang mengalami lonjakan sebesar 1,96%. Sedangkan emisi CO terendah hampir semua terjadi pada putaran mesin 2000 rpm terdapat pada BBM4 sebesar 1,10%, kecuali BBM4 yang mengalami kenaikan pada

putaran mesin 5000 rpm namun penurunan emisi CO terjadi pada putaran mesin 4000 rpm sebesar 1,26%. Sedangkan emisi CO terendah pada putaran mesin 6000 rpm terjadi pada BBM4 dengan nilai 1,54 %.

Dari ke empat bahan bakar tersebut dapat dilihat dari **Gambar 2** semakin tinggi putaran mesin yang terjadi maka semakin naik pula kadar emisi CO yang dihasilkan. Namun sedikit berbeda pada BBM4 dengan penambahan etanol dapat mengurangi kadar emisi CO dari pada ketiga BBM yang lain. Selain itu kandungan oksigen yang terdapat pada etanol dapat mengoptimalkan proses pembakaran pada ruang bakar kendaraan. Kenaikan tertinggi BBM4 pada putaran mesin 6000 rpm hanya sebesar 1,75% sangat jauh berbeda dari ketiga BBM lainnya.

Emisi gas buang HC



Gambar 3. Grafik emisi gas buang HC

Mengacu pada Keputusan MNLH No.05/08/2006 yang mengatur tentang ambang batas standart emisi gas buang menyatakan bahwa ambang batas HC 2400 ppm (2016). Kadar emisi HC sebenarnya dapat di pengaruhi dari diameter piston, semakin besar diameter piston maka secara otomatis penyerapan udara dan bahan bakar akan semakin banyak. Piston yang berdiameter kecil akan menghisap bahan bakar dan udara lebih sedikit sehingga busi mampu membakar campuran udara dan bahan bakar semakin merata, sehingga emisi HC akan sedikit berkurang akibat proses pembakaran yang sempurna,

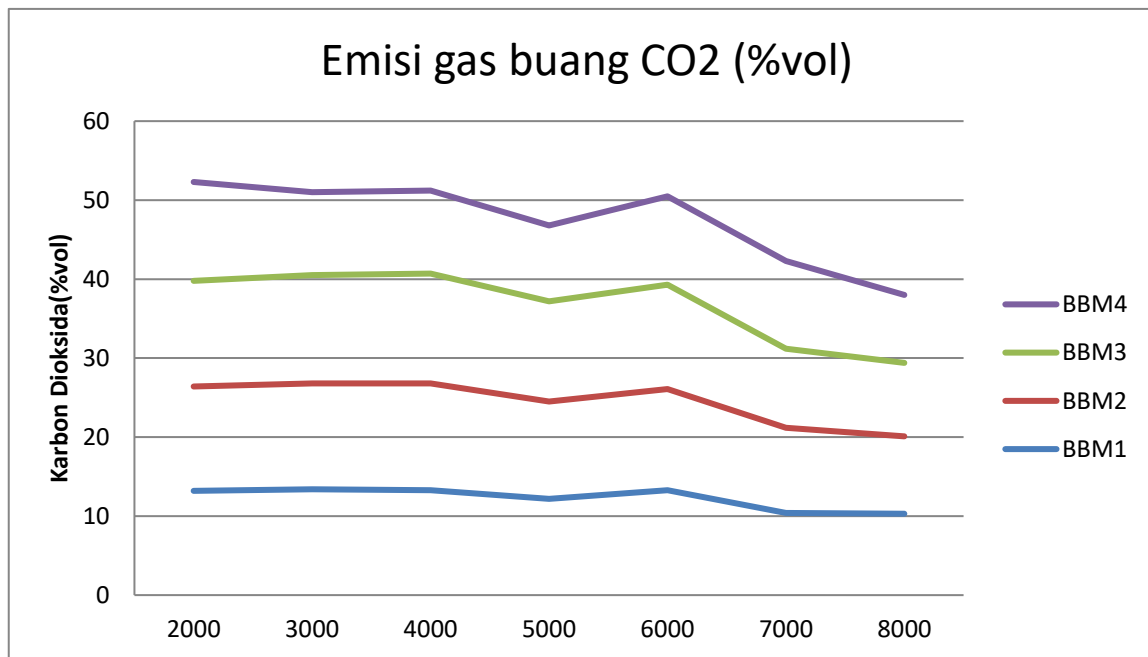
Dapat kita lihat pada **Gambar 3** di ke empat bahan bakar pada putaran mesin 2000 rpm semua data yang diperoleh menunjukkan angka yang sangat tinggi hal ini di karenakan terdapat suatu lonjakan udara dan bahan bakar masuk keruang bakar karena posisi awal motor dalam kondisi diam kemudian masuk ke rpm 2000. Namun semakin tinggi rpm motor semakin menurun pula kadar emisi HC. Hal ini dapat kita lihat pada **Gambar 3** dan data yang di peroleh dari tiap-tiap bahan bakar. Pada putaran mesin 2000-6000 rpm semua data yang di peroleh mengalami penurunan secara konstan. Kecuali pada BBM4 mengalami peningkatan secara signifikan terjadi pada saat putaran mesin 8000 rpm dengan nilai HC 153 ppm.

Dari ke empat bahan bakar tersebut emisi HC yang menunjukkan nilai paling tinggi pada saat posisi motor diam hingga ke 8000 rpm terjadi pada BBM4 dengan nilai HC 153 ppm. Penurunan yang sangat signifikan terjadi pada saat putaran mesin 2000-6000 rpm terjadi pada BBM1 pada putaran mesin 6000 rpm dengan nilai HC 31 ppm.

Yang menjadi berbeda pada emisi HC terdapat pada BBM1 dan BBM4. Pada BBM1 kenaikan nilai emisi HC hanya terjadi pada putaran mesin 7000 rpm saat menyentuh 8000 rpm nilai emisi HC mengalami penurunan 133 ppm dari yang awalnya 169 ppm pada saat 7000 rpm. Hal ini tidak di temukan pada BBM lainnya Dimana pada saat putaran mesin 7000 ke 8000 rpm mengalami kenaikan.

Pada BBM4 kenaikan yang terjadi pada putaran mesin 7000 rpm dengan nilai 116 ppm, hal ini tidak begitu jauh berbeda dengan saat berada pada 2000 rpm yaitu 90 ppm. Namun lonjakan pada BBM4 ini sangat terlihat saat putaran mesin 8000 rpm lonjakan yang terjadi sangat drastis dengan nilai 153 ppm dari yang sebelumnya hanya 70 ppm.

Emisi gas buang CO2

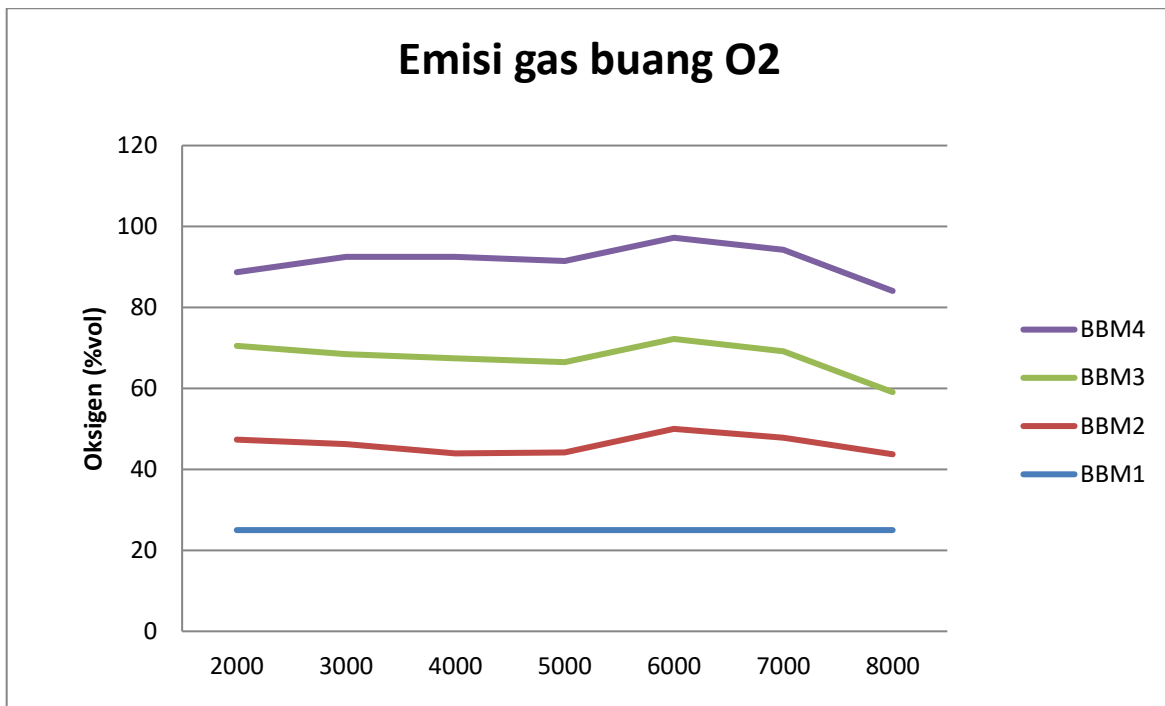


Gambar 4. Grafik emisi gas buang CO2

Berbeda dari emisi-emisi sebelumnya emisi jika pada emisi CO dan HC menunjukkan nilai yang tinggi maka semakin buruk emisi gas buangnya. Di emisi CO2 jika menunjukkan nilai yang tinggi maka semakin bagus. Hal ini disebabkan karena jika nilai emisi CO2 tinggi maka menunjukkan seberapa sukses proses pembakaran yang terjadi. Maka dari itu jika nilai CO2 tinggi semakin rendah emisi CO dan HC. Ini menunjukkan semakin tinggi nilai emisi CO2 maka semakin sedikit pula campuran udara dan bahan bakar yang terbuang.

Dari **Gambar 4** dapat kita lihat pada putaran mesin 2000-4000 rpm nilai yang dihasilkan hampir stabil. Penurunan terjadi ketika putaran mesin 5000 rpm, semua BBM mengalami penurunan. Pada putaran mesin 6000 rpm mengalami kenaikan lagi dan mulai menurun lagi pada saat putaran mesin 7000 rpm. Dari **Gambar 4** kondisi terbaik penggunaan ke empat bahan bakar ini berkisar antara putaran mesin 2000-6000 rpm. Dari ke empat bahan bakar yang nilai emisi CO2 masih tinggi di putaran mesin 6000 rpm adalah BBM4. Penambahan etanol dapat membantu menaikkan nilai oktan yang terdapat pada bahan bakar sehingga mampu membantu menyempurnakan pembakaran. Dalam putaran mesin 8000 rpm ke empat bahan bakar menunjukkan nilai yang sangat kecil hal itu pula yang membuat nilai emisi CO dan HC menjadi lebih tinggi.

Emisi gas buang O₂

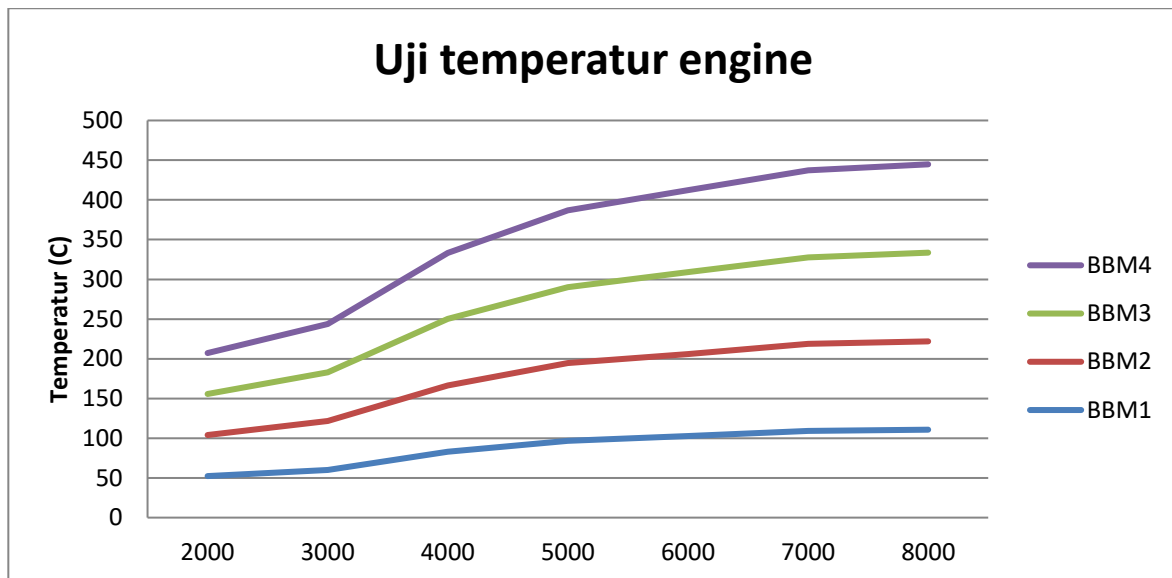


Gambar 5. Grafik emisi gas buang O₂

Kadar emisi O₂ pada gas buang merupakan seberapa banyak kandungan oksigen yang ikut terbuang setelah proses pembakaran. O₂ yang terlalu banyak ikut terbuang menandakan bahwa kualitas pembakaran tidak terjadi secara efisien. Jika nilai nya semakin mendekati angka 0 maka dapat dipastikan semakin baik proses pembakaran yang terjadi. Jika nilai yang di dapat semakin tinggi artinya mungkin ada kebocoran pada system gas buang atau kualitas bahan bakarnya tidak terlalu bagus, atau dapat juga disebabkan karena penyetelan karburator kurang baik. Jika penyetelan karburator kurang baik maka yang di hasilkan proses masuk udara dan bahan bakar ke dalam ruang bakar tidak sesuai atau bisa juga disebut terlalu irit.

Dari **Gambar 5** dapat di simpulkan bahwa hasil pembakaran terbaik hanya ada pada Sebagian bahan bakar dan hanya di rpm-rpm tertentu. Hasil pembakaran yang mendapat nilai emisi O₂ sama sebesar 25,00% ada pada BBM1 pada kecepatan mesin 2000 sampai 8000 rpm, sedangkan nilai emisi O₂ tertinggi ada pada BBM3 di kecepatan mesin 4000 rpm dengan nilai 23,53% dan juga berada pada BBM4 pada kecepatan mesin dari 4000 sampai 8000 rpm masing-masing memiliki nilai yang sama yaitu 25,00%. Pada kecepatan mesin 2000 rpm nilai terendah berada pada BBM4 dengan nilai 18,24%. Sedangkan pada kecepatan mesin tertinggi yaitu 8000 rpm nilai yang paling rendah ada pada BBM3 dengan nilai 15,35%. Jika dilihat pada **Gambar 5** kondisi yang paling stabil dengan posisi naik dan turun yang tidak begitu melonjak berada pada BBM2.

Hasil uji temperature C



Gambar 6. Grafik temperature engine mesin

Dapat dilihat pada **Gambar 6** dapat disimpulkan bahwa semakin naik kecepatan putaran mesin suatu kendaraan maka akan semakin naik pula hasil pengukuran suatu temperature. Itu dikarenakan semakin naiknya kecepatan mesin proses pembakaran yang akan terjadi juga akan semakin bertambah hal itu yang menyebabkan suatu engine kendaraan akan semakin panas. Lama kendaraan di pakai juga akan mempengaruhi hasil dari pengukuran nilai temperature mesin. Dalam pengujian ini ke empat bahan bakar tidak menunjukkan angka yang begitu berbeda, hasil dari pengukuran hampir sama rata itu terjadi karena lama pengujian emisi yang hampir sama dengan kondisi mesin yang sama.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan mengenai uji emisi dan temperature kendaraan dengan menggunakan bahan bakar BBM1, BBM2, BBM3, dan BBM3 dengan etanol 85/15 pada motor yamaha R-15 dapat di ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai oktan pada suatu bahan bakar dapat mempengaruhi hasil dari uji emisi kendaraan. Yang di buktikan dari hasil pengujian dan pengambilan data yang memiliki nilai yang sangat signifikan. Dengan menambahkan etanol pada bahan bakar BBM3 dengan takaran 85/15 dapat mengurangi nilai dari uji emisi kendaraan.
2. Pencampuran bahan bakar BBM3 dan etanol 85/15 tidak begitu berpengaruh pada hasil pengujian. Data yang di dapat menyerupai bahan bakar BBM3 murni tanpa campuran. Bahkan hasil dari pengujian di kecepatan mesin tertinggi campuran BBM3 dan etanol mengalami lonjakan yang sangat besar dari pada BBM1 murni dan BBM2 murni.
3. Hasil pengujian temperature engine mesin pada tiap-tiap bahan bakar dan pada tiap-tiap rpm juga tidak menunjukkan hasil yang berbeda. Hasil temperature di pengaruhi oleh seberapa lama suatu kendaraan dinyalakan dan juga faktor dari kecepatan mesin. Semakin tinggi rpm motor maka semakin beroperasi pembakaran pada kendaraan itu menyebabkan motor semakin panas.

Saran

Berdasarkan hasil percobaan dan pengujian ini, maka diajukan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan kendaraan lainnya.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan kadar presentase etanol yang lebih tinggi

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan terimakasih kepada kedua orang tua yang telah mensupport baik materil dan non materil. Serta saya ucapkan terimakasih pula kepada progam studi Teknik mesin yang telah memberi wawasan serta ilmu yang berguna. Tidak lupa saya ucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing yang telah membimbing. Serta teman-teman seangkatan yang telah mendukung serta membantu menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] M. Luthfi, D. Ahmad, M. Setiyo, and S. Munahar, "Uji Komposisi Bahan Bakar dan Emisi Pembakaran Peralite dan Premium," Jakarta J. Teknol. Univ. Muhammadiyah Jakarta, vol. 10, no. 1, pp. 67–72, 2018.
- [2] S. Hartanto, A. M. Ihsan, and G. C. Yuliana, "Share-5_6179322366770807038," vol. 3, no. 2, pp. 35–40, 2019.
- [3] T. P. Sari, "Siklus-Siklus Mesin Kalor," Univ. Pembang. Nas. Veteran Jawa Timur, pp. 113–126, 2022, [Online]. Available: http://repository.upnjatim.ac.id/11339/1/E-Book_BookChapter_Thermodynamika-122-135.pdf
- [4] M. Yudhantoko, "Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor," Komisi Penghapusan Bensin Bertimbel, vol. 1, pp. 1–11, 2008, [Online]. Available: www.kbpp.org/makalah-Ind/emisi.
- [5] Z. Ramadhani, E. Putra, and H. Suryanto, "Pengaruh Campuran Bahan Bakar Peralite Dengan Minyak Kayu Putih Terhadap Emisi Gas Buang Dan Performa Mesin Sepeda Motor Empat Langkah," *J. Tek. Mesin dan Energi*, vol. 2, pp. 32–38, 2021.
- [6] R. A. Alfian Nur Firdaus, Nisa Nur Hayati, "Contents Welcoming speech Organizing committee List of article in prosiding i ii iii iv v," *J. Semin. Kim.*, vol. 3, 2018.
- [7] A. A. W. K. Ningrat, I. G. B. W. Kusuma, and I. Wayan, "Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Peralite Terhadap Akselerasi," vol. 2, no. 1, pp. 59–67, 2016.
- [8] M. Negara and L. Hidup, "190930173145Permenlh Nomor 04 Tahun 2009," 2009.
- [9] M. Rifal, R. Pido, and N. S. Dera, "Pengaruh Campuran Bahan Bakar Ethanol Bensin terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang pada Kendaraan Bermotor 125 cc Sistem Injeksi," *Gojise (Gorontalo J. Infrastruct. Sci. Eng.)*, vol. 4, no. 2, pp. 50–75, 2021.
- [10] D. Marlita, "112707_ID_pencemaran_udara_akibat_emisi," *J. Manaj. Transp. Logistik*, vol. 01, no. 03, 2014.
- [11] O. Kurdi and Arijanto, "Aspek Torsi Dan Daya Pada Mesin Sepeda Motor 4 Langkah Dengan Bahan Bakar Campuran Premium – Methanol," *Rotasi*, vol. 9, no. 2, pp. 54–60–60, 2007.
- [12] G. Bayu, W. Esaputra, I. G. B. W. Kusuma, and A. Adhi, "Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Liquefied Gas for Vehicle (LGV) terhadap Konsumsi Bahan Bakar , SFC dan Emisi Gas Buang Pada Mobil," vol. 2, no. 2, pp. 83–92, 2016.
- [13] I. M. Mara, I. M. A. Sayoga, I. G. N. K. Yudhyadi, and I. M. Nuarsa, "Analisis emisi gas buang dan daya sepeda motor pada volume silinder diperkecil," *Din. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, p. 8, 2018, doi: 10.29303/dtm.v8i1.154.
- [14] R. C. Hartantrie, I. G. E. Lesmana, A. R. T. K., R. A. Rahman, and N. Agung, *Motor Bakar Pada Mesin Konversi Energi*. 2022.
- [15] I. Ismiyati, D. Marlita, and D. Saidah, "Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor," *J. Manaj. Transp. Logistik*, vol. 1, no. 3, p. 241, 2014, doi: 10.54324/j.mtl.v1i3.23.

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.