

PENGARUH PENAMBAHAN METANOL PADA *GASOLINE* RON 95 TERHADAP EMISI GAS BUANG MOTOR BAKAR 4-LANGKAH

M. As`ad Dzanur Royyan¹, Margianto², Artono Raharjo³

¹Universitas Islam Malang

Email : a.dzanurroyyan@gmail.com

²Universitas Islam Malang

Email : margianto@unisma.ac.id

³Universitas Islam Malang

Email : artonor@unisma.ac.id

ABSTRAK

Sektor transportasi menyumbang polusi udara yang signifikan akibat emisi gas buang dari bahan bakar fosil *gasoline*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan metanol pada *gasoline* RON 95 terhadap emisi gas buang motor bakar 4-langkah pada berbagai putaran mesin. Metode eksperimental digunakan pada sepeda motor Suzuki Satria FU 150cc tahun 2013 dengan bahan bakar *gasoline* RON 95 murni dan campuran metanol sebesar 5%. Parameter yang diamati meliputi *Air-Fuel Ratio* (AFR) aktual, AFR stoikiometri, *Equivalence Ratio* (ER), serta emisi gas buang (CO, CO₂, HC, dan O₂) pada berbagai tingkat putaran mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran metanol 5% meningkatkan efisiensi pembakaran secara signifikan, dengan nilai ER mendekati kondisi stoikiometri. Emisi CO dan HC masing-masing berkurang hingga lebih dari 30% dan 50%, sementara konsentrasi CO₂ meningkat, yang menunjukkan oksidasi karbon lebih sempurna. Kandungan oksigen dalam metanol membantu menjaga kestabilan pembakaran, khususnya pada RPM tinggi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa campuran metanol dapat menjadi bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, dengan potensi besar untuk mengurangi emisi gas berbahaya sekaligus meningkatkan efisiensi energi pada motor bakar 4-langkah..

Kata Kunci : *Gasoline* RON 95, metanol, emisi gas buang, motor bakar 4-langkah

ABSTRACT

The transportation sector contributes significantly to air pollution due to exhaust emissions from gasoline-based fossil fuels. This study aims to analyze the effect of adding methanol to RON 95 gasoline on exhaust emissions from a 4-stroke engine at various engine speeds. An experimental method was applied using a 2013 Suzuki Satria FU 150cc motorcycle with pure RON 95 gasoline and a 5% methanol blend. The parameters observed included the actual Air-Fuel Ratio (AFR), stoichiometric AFR, Equivalence Ratio (ER), and exhaust gas emissions (CO, CO₂, HC, and O₂) at various engine speeds. The results show that the 5% methanol blend significantly improves combustion efficiency, with the ER value approaching stoichiometric conditions. CO and HC emissions decreased by more than 30% and 50%, respectively, while CO₂ concentration increased, indicating more complete carbon oxidation. The oxygen content in methanol helps maintain combustion stability, especially at high RPM. This study concludes that methanol blends can serve as an environmentally friendly alternative fuel, with great potential to reduce harmful emissions while enhancing energy efficiency in 4-stroke engines.

Keywords: *Gasoline* RON 95, methanol, exhaust emissions, 4-stroke engine

PENDAHULUAN

Transportasi memainkan peran penting dalam mendukung aktivitas sehari-hari serta perekonomian global, termasuk di Indonesia. Namun, sektor ini juga menjadi salah satu kontributor utama polusi udara akibat emisi gas buang dari bahan bakar fosil,[1]. Di Indonesia, mayoritas kendaraan bermotor masih mengandalkan bahan bakar fosil, yang menghasilkan emisi berbahaya seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan hidrokarbon (HC), yang berkontribusi terhadap kerusakan lingkungan dan penurunan kualitas udara, terutama di kawasan perkotaan [2]. Berdasarkan laporan [3]. Penggunaan kendaraan bermotor di Indonesia mengalami peningkatan signifikan, dari 125,3 juta unit pada 2022 menjadi 132,4 juta unit pada 2023. Hal ini menunjukkan tingginya konsumsi bahan bakar fosil yang berdampak pada peningkatan emisi gas buang.

Beberapa negara telah mengambil langkah maju dalam pengendalian emisi gas buang melalui penerapan standar emisi yang ketat, seperti Euro 6 di Uni Eropa dan EPA di Amerika Serikat.[4]. Di sisi lain, Indonesia masih tertinggal dengan menerapkan standar Euro 4, yang mensyaratkan penggunaan *gasoline* dengan minimal RON 91. Namun, di pasar lokal, bahan bakar dengan RON 90 masih banyak digunakan, yang tidak memenuhi spesifikasi standar emisi tersebut [5]. Kondisi ini menjadi tantangan bagi Indonesia dalam menurunkan emisi kendaraan bermotor dan mencapai kualitas udara yang lebih baik.

Salah satu upaya untuk mengatasi masalah ini adalah dengan memanfaatkan metanol sebagai campuran dalam *gasoline*, yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan menurunkan emisi gas buang. Metanol dikenal memiliki kandungan oksigen yang signifikan, dan sifat mudah terurai di lingkungan [6]. Selain itu, metanol mampu meningkatkan efisiensi pembakaran dan menurunkan emisi gas buang, termasuk CO dan HC, ketika

digunakan sebagai campuran dalam *gasoline*. Di beberapa negara, seperti Tiongkok, metanol telah berhasil digunakan sebagai bahan bakar alternatif, baik secara murni maupun sebagai campuran dengan *gasoline* [7]. Namun, di Indonesia, penelitian dan penerapan metanol sebagai bahan bakar campuran masih sangat terbatas, sehingga penting untuk mengeksplorasi potensinya lebih lanjut.

Tabel 1 Karakteristik Metanol

Karakteristik Metanol	
Rumus Molekul	CH ₃ OH
Angka Oktan (RON)	108.6
Kandungan Oksigen	49.94 %
Massa Jenis (g/cm ³)	0.790
Titik Didih (°C)	78.3

Sumber : [8]

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan metanol pada *gasoline* RON 95 terhadap emisi gas buang kendaraan bermotor 4-langkah. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai kondisi operasional, seperti variasi RPM dan pembebanan, guna memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh tentang efisiensi pembakaran dan potensi reduksi emisi. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan sekaligus mendorong pengembangan industri metanol di Indonesia.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental di laboratorium untuk mengevaluasi pengaruh pencampuran metanol pada *gasoline* RON 95 terhadap emisi gas buang motor bakar 4-langkah.

Objek penelitian adalah sepeda motor Suzuki Satria FU 150cc tahun 2013. Mesin ini berkapasitas 150cc, 4-langkah, DOHC (*Double Overhead Camshaft*). Konfigurasi DOHC memungkinkan aliran udara masuk dan gas buang lebih optimal, sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran dan performa mesin pada putaran tinggi. [9] Dengan rasio kompresi 10,2:1 (*medium high compression*), mesin ini dirancang untuk bahan bakar oktan tinggi, menjadikannya relevan untuk penelitian terkait campuran metanol dan *gasoline*.

Penelitian ini dilakukan dengan menguji dua jenis bahan bakar, yaitu *gasoline* RON 95 murni dan campuran *gasoline* dengan 5% metanol, *Gasoline* murni digunakan sebagai kontrol untuk menilai karakteristik emisi standar, sedangkan campuran *gasoline* dengan 5% metanol diuji untuk mengevaluasi potensi peningkatan efisiensi pembakaran. Pengujian dilakukan pada berbagai tingkat putaran mesin (Rpm), yaitu 4000, 5000, 6000, 7000, dan 8000. Menggunakan alat uji emisi gas buang Stargas Analyzer Texa. Data yang diukur mencakup konsentrasi emisi gas buang, seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrokarbon (HC), dan oksigen (O₂), bersama dengan parameter pembakaran, yaitu *Air-Fuel Ratio* (AFR) dan *Equivalence Ratio* (ϕ). Untuk memastikan validitas hasil, pengujian dilakukan dengan menjaga kondisi lingkungan, spesifikasi mesin, dan kualitas bahan bakar tetap konstan selama proses eksperimen.

Pengambilan data dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan, termasuk Stargas Analyzer Texa untuk pengukuran emisi gas buang, serta bahan bakar berupa *gasoline* RON 95 dan campuran metanol (0% dan 5%). Bahan bakar campuran disiapkan dengan mencampurkan *gasoline* dan metanol menggunakan *mixer*, kemudian didiamkan selama 24 jam untuk memastikan konsistensi campuran. Motor

bakar diinstalasi dalam kondisi standar pabrik, dan pengujian dilakukan pada berbagai putaran mesin Rpm (4000–8000) dengan interval 1000 Rpm. Data yang diukur meliputi emisi gas buang (CO₂, CO, HC, O₂) dan lambda, yang digunakan untuk menghitung *Air-Fuel Ratio* (AFR) dan *Equivalence Ratio* (ER). Semua data divalidasi menggunakan protokol yang konsisten, dan pengujian diulang jika diperlukan untuk memastikan hasil yang akurat.

1. *Air-Fuel Ratio* (AFR)

Rasio Udara-Bahan Bakar (*Air-Fuel Ratio*/AFR) adalah rasio antara massa udara atau oksigen yang diperlukan dengan massa bahan bakar dalam proses pembakaran. Rasio ini dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$AFR = \frac{ma}{mf} = \frac{ma}{mf}$$

Dimana:

ma= massa udara

mf = massa bahan bakar

ma= massa alir udara

mf= massa alir bahan bakar

Sumber : [10, hal. 53]

2. *Equivalence Ratio* (ER)

Rasio Kesetaraan (*Equivalence Ratio* / ϕ) adalah perbandingan antara AFR stoikiometri dan AFR aktual, yang menunjukkan keseimbangan campuran udara dan bahan bakar. Nilai $\phi > 1$ mengindikasikan campuran kaya, sedangkan $\phi = 1$ menunjukkan campuran stoikiometri yang ideal. Rasio ini dirumuskan sebagai berikut:

$$\Phi = \frac{(AFR)_{stoikiometri}}{(AFR)_{aktual}}$$

Sumber : [10, hal. 71]

ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

Alat Penelitian

- Suzuki Satria FU 150cc 2013
- Gas Analyzer
- Gelas Ukur
- Stopwatch
- Buret
- Kipas/Blower

Bahan Penelitian

- Bahan bakar Gasoline (RON 95)
- Metanol

Tabel 2 Spesifikasi Suzuki Satria FU 2013

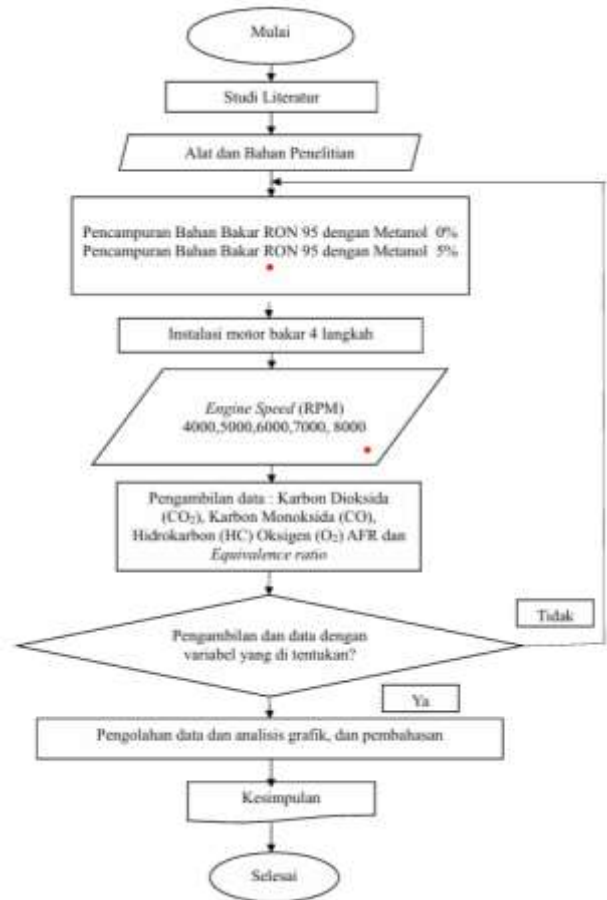
Spesifikasi Mesin Suzuki Satria Fu 2013	
Jenis	4 Langkah, DOHC
Jumlah Silinder	1 (Satu Silinder)
Diameter Silinder	62,0 mm
Panjang Langkah	48,8 mm
Kapasitas Silinder	147 cm ³
Rasio Kompresi	10,2 : 1
Karburator	Mikuni BS26
Transmisi	Manual 6 Percepatan
Sistem Pendingin	Pendingin Udara
Sistem Pengapian	Pengapian Elektronik (CDI)

Sumber : [11]



Gambar 1 Skema Pengambilan Data

DIAGRAM ALIR PENELITIAN

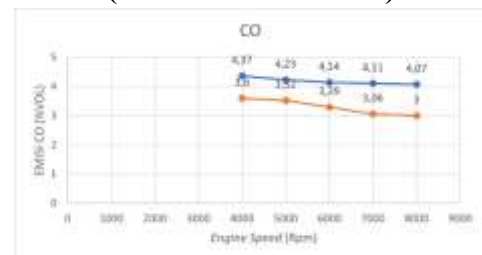


HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3 Hasil Pengujian Emisi Gas Buang

Putaran Mesin (Rpm)	Jenis Bahan Bakar	CO (%vol)	HC (ppm vol)	O ₂ (%vol)	CO ₂ (%vol)	Lambda
4000	Tanpa Campuran	4.37	310	10.5	2.8	1.415
	Dengan Campuran	3.6	254	8.8	4.6	1.522
5000	Tanpa Campuran	4.23	310	10.1	3	1.403
	Dengan Campuran	3.52	216	8.3	4.9	1.365
6000	Tanpa Campuran	4.14	270	9.86	3.3	1.328
	Dengan Campuran	3.29	141	8.2	5	1.349
7000	Tanpa Campuran	4.11	209	9.2	3.8	1.225
	Dengan Campuran	3.06	138	7.3	6.5	1.312
8000	Tanpa Campuran	4.07	185	8.53	4.4	1.214
	Dengan Campuran	3	126	5.94	8.1	1.155

1. Emisi CO (Karbon Monoksida)



Gambar 2 Grafik Emisi CO

Grafik menunjukkan bahwa penambahan 5% metanol dalam bahan bakar menurunkan emisi karbon monoksida (CO) pada seluruh rentang putaran mesin (RPM) yang diuji. Pada 4000 RPM, emisi CO dari bahan bakar tanpa campuran lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar yang mengandung metanol, dan tren ini terus berlanjut hingga 8000 RPM. Penurunan ini disebabkan oleh kandungan oksigen dalam metanol yang meningkatkan efisiensi pembakaran, sehingga lebih banyak karbon terkonversi menjadi karbon dioksida (CO_2) dibandingkan karbon monoksida (CO). Pada 5000 RPM, perbedaan emisi masih terlihat, menegaskan bahwa metanol efektif dalam mengurangi pembentukan CO. Seiring peningkatan RPM, tren penurunan emisi CO tetap konsisten. Karakteristik pembakaran metanol yang lebih baik dibandingkan bensin murni serta sifatnya yang mudah terbakar memungkinkan proses pembakaran lebih sempurna, sehingga emisi CO dapat ditekan lebih lanjut.

2. Emisi HC (Hidrokarbon)



Gambar 4 Grafik Emisi HC

Grafik menunjukkan bahwa penambahan 5% metanol dalam bahan bakar menurunkan emisi hidrokarbon (HC) di seluruh rentang putaran mesin (RPM). Pada 4000 RPM, emisi HC dari bahan bakar tanpa campuran lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar yang mengandung metanol, dan tren ini berlanjut hingga 8000 RPM.

Penurunan ini disebabkan oleh kandungan oksigen dalam metanol yang meningkatkan efisiensi pembakaran dengan menyediakan oksigen tambahan di dalam ruang bakar. Oksigen ekstra memungkinkan pembakaran lebih sempurna, sehingga jumlah hidrokarbon yang tidak terbakar berkurang. Pada 5000 RPM, perbedaan kadar emisi HC semakin jelas, menunjukkan kontribusi metanol dalam meningkatkan kualitas pembakaran. Pada RPM tinggi (6000–8000 RPM), yang umumnya meningkatkan peluang terjadinya pembakaran sempurna. Sifat metanol yang mudah menguap dan memiliki angka oktan tinggi meningkatkan efisiensi pembakaran, sehingga pembentukan hidrokarbon yang tidak terbakar dapat ditekan lebih lanjut.

3. Emisi O_2 (Oksigen)

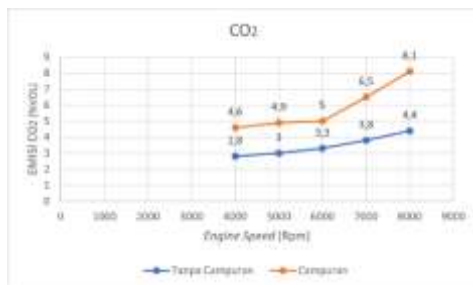


Gambar 3 Grafik Emisi O_2

Grafik menunjukkan bahwa kadar oksigen (O_2) dalam gas buang pada bahan bakar tanpa campuran metanol mengalami penurunan seiring dengan peningkatan putaran mesin (RPM). Pada 4000 RPM, kadar O_2 lebih tinggi dibandingkan RPM yang lebih tinggi, dan tren ini berlanjut hingga 8000 RPM. Sebaliknya, bahan bakar dengan campuran 5% metanol menunjukkan kadar O_2 yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar standar di seluruh rentang RPM, dengan perbedaan yang semakin signifikan pada RPM tinggi. Penurunan kadar O_2 pada bahan bakar campuran mencerminkan peningkatan efisiensi pembakaran. Metanol, sebagai bahan bakar *oxygenated*, mengandung oksigen dalam strukturnya yang berkontribusi terhadap pembakaran lebih

sempurna. Oksigen tambahan ini memfasilitasi oksidasi bahan bakar, sehingga lebih banyak karbon dikonversi menjadi karbon dioksida (CO_2) daripada tersisa sebagai O_2 dalam gas buang. Dengan demikian, semakin rendah kadar O_2 dalam emisi, semakin optimal proses pembakaran yang terjadi. Pada putaran tinggi (7000–8000 RPM), kadar O_2 terus menurun lebih signifikan. Hal ini disebabkan oleh waktu pembakaran yang lebih singkat pada RPM tinggi, yang umumnya meningkatkan peluang terjadinya pembakaran sempurna.

4. Emisi CO_2 (Karbon Dioksida)



Gambar 5 Grafik Emisi CO_2

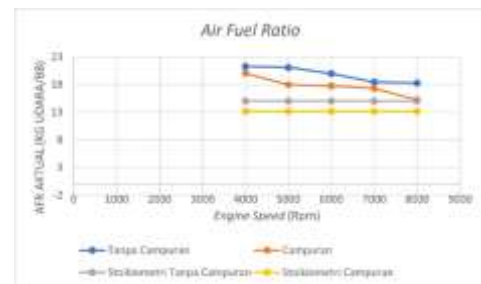
Grafik menunjukkan bahwa bahan bakar dengan campuran 5% metanol menghasilkan emisi karbon dioksida (CO_2) lebih tinggi dibandingkan bahan bakar tanpa campuran. Peningkatan kadar CO_2 seiring bertambahnya putaran mesin (RPM) lebih signifikan pada bahan bakar bercampur metanol, dengan emisi tertinggi mencapai 8,1% vol pada 8000 RPM, dibandingkan 4,4% vol pada bahan bakar standar. Kenaikan emisi CO_2 ini berhubungan dengan penurunan kadar oksigen (O_2) dalam gas buang. Metanol, sebagai bahan bakar *oxygenated*, mengandung oksigen dalam strukturnya yang mempercepat oksidasi karbon dalam ruang bakar. Akibatnya, lebih banyak karbon terbakar sempurna menjadi CO_2 daripada tersisa sebagai karbon monoksida (CO) atau hidrokarbon (HC) yang tidak terbakar. Pada RPM tinggi, waktu pembakaran lebih singkat yang umumnya meningkatkan peluang terjadinya pembakaran sempurna dan oksigen dalam

metanol memastikan suplai oksigen tetap mencukupi, meningkatkan kesempurnaan pembakaran. Tren penurunan kadar O_2 yang sejalan dengan peningkatan CO_2 menunjukkan bahwa lebih banyak oksigen digunakan dalam reaksi pembakaran dibandingkan terbangun dalam gas buang.

Tabel 4 Hasil Perhitungan

Putaran Mesin (Rpm)	AFR (Kg udara/Kg bahan bakar)		Equivalence Ratio Φ	
	Tanpa Campuran	Dengan Campuran	Tanpa Campuran	Dengan Campuran
4000	21,29	20,06	0,707	0,657
5000	21,11	17,99	0,713	0,733
6000	19,98	17,77	0,753	0,742
7000	18,43	17,29	0,817	0,762
8000	18,27	15,22	0,824	0,866
Stoikiometri	15,05	13,18	1	1

5. AFR Aktual

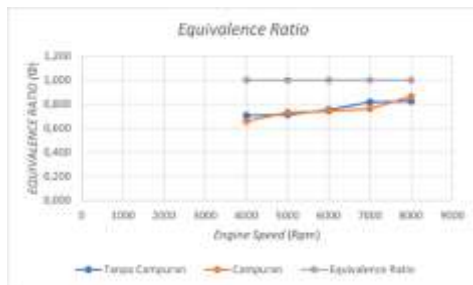


Gambar 6 Grafik AFR Aktual Terhadap Stoikiometri

Berdasarkan grafik nilai AFR (*Air-Fuel Ratio*) aktual, bahan bakar tanpa campuran metanol menunjukkan nilai AFR yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar yang mengandung 5% metanol di seluruh rentang putaran mesin (RPM). Pada 4000 RPM, AFR tanpa campuran berada di atas nilai stoikiometri bensin, sementara AFR pada campuran metanol lebih rendah dan mendekati nilai stoikiometri bahan bakar metanol. Tren penurunan AFR terjadi seiring meningkatnya RPM, baik pada bahan bakar tanpa campuran maupun dengan campuran metanol. Pada 8000 RPM, AFR bahan bakar tanpa campuran tetap tinggi, sementara pada campuran metanol, nilainya lebih rendah dan semakin mendekati nilai stoikiometri. Penurunan AFR pada campuran metanol menunjukkan bahwa metanol memengaruhi rasio udara-

bahan bakar dengan menyediakan oksigen tambahan dalam pembakaran, yang meningkatkan efisiensi pembakaran. Nilai AFR yang lebih rendah pada bahan bakar campuran metanol juga mengindikasikan bahwa campuran tersebut lebih kaya, yang berkontribusi pada pembakaran yang lebih optimal.

6. Equivalence Ratio (Φ)



Gambar 7 Grafik *Equivalence Ratio*

Grafik menunjukkan bahwa nilai *Equivalence Ratio* pada bahan bakar tanpa campuran metanol selalu berada di bawah 1, mengindikasikan campuran udara-bahan bakar cenderung lean di seluruh rentang putaran mesin (RPM). Sebaliknya, bahan bakar dengan 5% campuran metanol menunjukkan nilai *Equivalence Ratio* yang lebih bervariasi dan mendekati stoikiometri, terutama pada RPM tinggi. Pada 4000 RPM, nilai *Equivalence Ratio* bahan bakar tanpa campuran lebih tinggi dibandingkan dengan campuran metanol. Namun, pada 5000 RPM, nilai tersebut mendekati nilai bahan bakar tanpa campuran. Pada 6000–7000 RPM, nilai *Equivalence Ratio* stabil dengan sedikit peningkatan pada bahan bakar tanpa campuran, sementara campuran metanol menunjukkan fluktuasi kecil. Pada 8000 RPM, nilai *Equivalence Ratio* dengan campuran metanol lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar tanpa campuran, menunjukkan bahwa pembakaran dengan metanol mendekati kondisi ideal. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun waktu pembakaran lebih singkat pada RPM tinggi, metanol tetap berkontribusi pada efisiensi pembakaran dengan menyediakan oksigen tambahan.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengkaji pengaruh campuran metanol terhadap efisiensi pembakaran dan emisi gas buang pada mesin Suzuki Satria FU 150cc pada berbagai putaran mesin (RPM). Hasil menunjukkan bahwa campuran metanol meningkatkan efisiensi pembakaran, tercermin dari penurunan *Air-Fuel Ratio* (AFR) yang lebih mendekati stoikiometri di seluruh rentang RPM. Bahan bakar tanpa campuran metanol memiliki AFR lebih tinggi, mencerminkan pembakaran yang lebih miskin, sedangkan dengan metanol, AFR lebih stabil dan mendekati kondisi ideal. Penggunaan metanol juga mengurangi emisi CO dan HC, berkat kandungan oksigen yang mempercepat konversi karbon menjadi CO₂. Pada RPM tinggi, meskipun durasi pembakaran lebih singkat, metanol tetap meningkatkan efisiensi pembakaran dengan menambah kandungan oksigen. Nilai *Equivalence Ratio* pada campuran metanol mendekati 1, menunjukkan pembakaran yang lebih kaya bahan bakar dan lebih efisien. Secara keseluruhan, metanol meningkatkan efisiensi pembakaran, mengurangi emisi, dan meningkatkan kinerja mesin, yang berdampak positif pada kualitas pembakaran dan lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa syukur, saya mengungkapkan apresiasi yang mendalam kepada keluarga atas dukungan moral dan doa yang senantiasa menyertai. Saya juga menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Ir. H. Margianto, M.T. dan Bapak Artono Raharjo, S.T., M.T. atas bimbingan, masukan konstruktif, serta kontribusi berharga dalam penelitian ini. Tak lupa, penghargaan saya tujukan kepada rekan-rekan sejawat atas dukungan dan kolaborasi yang berarti dalam penyelesaian studi ini. Semoga segala bentuk kebaikan yang telah diberikan memperoleh balasan yang setimpal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Song, M. Zhang, dan C. Shan, "Research on the decoupling trend and mitigation potential of CO2 emissions from China's transport sector," *Energy*, vol. 183, hal. 837–843, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.07.011.
- [2] Y. Tsumura, D. Nakagawa, R. Matsunaka, dan T. Oba, "A study on the timing of Asian metropolitan railway development with motorization and its effect on CO2 emissions from transportation," *IATSS Res.*, vol. 43, no. 3, hal. 161–175, 2019, doi: 10.1016/j.iatssr.2019.01.001.
- [3] Badan Pusat Statistik, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit), 2021-2022," Badan Pusat Statistik. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NTcjMg==/perkembangan-jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-jenis--unit-.html>
- [4] U. Tractors, "Mengenal Standar Emisi Euro pada Kendaraan Khususnya Bus dan Truk Eropa," Berita&Promo. [Daring]. Tersedia pada: <https://products.unitedtractors.com/id/berita/mengenal-standar-emisi-euro-pada-bus-dan-truk-eropa/>
- [5] D. Rizky, "Daftar Negara Pengguna BBM Euro 4 dan Euro 5," *esgindonesia.trenasia*. [Daring]. Tersedia pada: <https://esgindonesia.trenasia.com/daftar-negara-pengguna-bbm-euro-4-dan-euro-5>
- [6] F. L. Sanjaya dan S. Syarifudin, "Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Mesin Motor 100 cc Berbahan Bakar Premium Dan Metanol," *Nozzle J. Mech. Eng.*, vol. 9, no. 2, hal. 38–40, 2020, doi: 10.30591/nozzle.v9i2.2261.
- [7] N. Sinaga dan M. Rifal, "Pengaruh Komposisi Bahan Bakar Metanol-Bensin Terhadap Torsi Dan Daya Sebuah Mobil Penumpang Sistem Injeksi Elektronik 1200 CC," *Rotasi*, vol. 19, no. 3, hal. 147, 2017, doi: 10.14710/rotasi.19.3.147-155.
- [8] J. Marbun, "Analisis Sistem Injeksi Air/Metanol Dan Air/Etanol Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas buang," *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 4, no. 3, hal. 109, 2020, doi: 10.31543/jtm.v4i3.518.
- [9] R. Sepriyatno, T. S. A. Hamzah, N. R. J. Matimbang, A. F. Alhikami, dan M. K. Rosidin, "Investigation of Carburetor Venturi Bore Size in Internal Combustion Engines Using Ron 95 Fuel Mixed With Bioethanol," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 1, hal. 186–195, 2024, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.uniramalang.ac.id/index.php/g-tech/article/view/1823/1229>
- [10] J. Heywood, *Internal Combustion Engine (ICE) Fundamentals*, vol. 21. 1998. doi: 10.1002/9781118991978.hces077.
- [11] Sholichin, *Buku Petunjuk Suzuki Satria Fu 2013*, no. 024. 2021.