

## Pengaruh Variasi Ukuran Celah Katup dengan Bahan Bakar Biodiesel (B35) Terhadap Emisi Gas Buang pada Mesin Diesel Tipe FE71PS 3908 cc

Ridwan Alawi<sup>1\*</sup>, Budhi Muliawan Suyitno<sup>1</sup>, Indra Chandra Setiawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

\*Email Corresponding Author: ridwangpa@gmail.com

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar emisi gas buang dan pengaruh variasi ukuran celah katup dengan bahan bakar biodiesel (B35) terhadap emisi gas buang pada mesin diesel tipe FE71PS 3908 cc. Penelitian ini merujuk pada regulasi pemerintah tentang baku mutu emisi gas buang kendaraan bermotor tipe baru kategori M, N, O. Alat yang digunakan untuk mengukur kadar emisi gas buang adalah *smokemeter*, proses penelitian ini dilakukan dengan variasi ukuran celah katup masuk 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm, dan celah katup buang 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm, dengan akselerasi mesin 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm. Pengujian dilakukan sebanyak 16 kali variasi celah dengan katup bahan bakar biodiesel (B35) murni yang didapat dari SPBU terdekat, diharapkan hasil pengujian ini mendekati program pemerintah Indonesia menuju EURO 4 untuk memperoleh kadar emisi gas buang yang sangat rendah serta ramah lingkungan. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah diperoleh, maka dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan pada ukuran katup masuk 0,40 mm dan katup buang 0,40 mm dengan mesin 2000 rpm yang menghasilkan opasitas sebesar 0,6 %. Untuk ukuran katup masuk 0,40 mm dan celah katup buang 0,40 mm dengan kondisi mesin di rpm 2500 yang menghasilkan opasitas sebesar 1,3 %. Begitupula untuk ukuran katup masuk 0,40 mm dan katup buang 0,30 mm serta ukuran katup masuk 0,40 mm katup buang 0,45 mm dengan rpm 3000 mempunyai kesamaan yang menghasilkan opasitas sebesar 2,6 %.

**Kata kunci:** Celah Katup, Biodiesel (B35), Emisi Gas Buang

### ABSTRACT

*This study aims to determine the levels of exhaust emissions and the effect of variations in the size of the valve gap with biodiesel fuel (B35) on exhaust emissions in FE71PS 3908 cc type diesel engines. This study refers to government regulations regarding exhaust emission quality standards for new types of motorized vehicles, categories M, N, O. The tool used to measure exhaust emission levels is a smokemeter, this research process was carried out with variations in the size of the inlet valve gap 0.30 mm, 0.35 mm, 0.40 mm, 0.45 mm, and exhaust valve 0.30 mm, 0.35 mm, 0.40 mm, 0.45 mm, with engine acceleration of 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm. The test was carried out 16 times with a variation of the gap with pure biodiesel (B35) fuel valves obtained from the nearest gas station. It is hoped that the results of this test will be close to the Indonesian government's program towards EURO 4 to obtain very low levels of exhaust emissions and are environmentally friendly.*

*Based on the test results and data analysis that has been obtained, in this study it can be concluded that the inlet valve size is 0.40 mm and the exhaust valve is 0.40 mm with a 2000 rpm engine which produces an opacity of 0.6 %. The inlet valve size is 0.40 mm and the exhaust valve gap is 0.40 mm with the engine condition at 2500 rpm which produces an opacity of 1.3 %. Likewise, the inlet valve size is 0.40 mm and the exhaust valve is 0.30 mm and the inlet valve size is 0.40 mm, the exhaust valve is 0.45 mm with 3000 rpm, which produces an opacity of 2.6 %.*

**Keywords:** Valve Gaps, Biodiesel (B35), Exhaust Emissions.

### PENDAHULUAN

Performa mesin diesel sangat dipengaruhi oleh jumlah udara yang masuk ke ruang bakar. Volume langkah piston dari titik mati atas ke titik mati bawah secara teoritis sama dengan seluruh volume udara yang masuk ke

dalam silinder selama langkah hisap. Penyetelan celah yang lebih rapat akan menghasilkan area kontak yang lebih luas antara *rocker arm* dan *cam* serta waktu pembukaan katup yang lebih lama. Untuk mencapai performa mesin yang optimal, kebutuhan bahan bakar dan udara harus dipenuhi secara tepat.

Emisi gas buang adalah hasil dari pembakaran yang terjadi di ruang bakar. Pencemaran udara ada yang berasal dari industri, ada pula yang merupakan akibat dari emisi gas buang kendaraan. Emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan adalah karbon monoksida, karbondioksida, hidrokarbon, Nox (nitrooksida), sulfurdioksida (SO<sub>2</sub>), gas tersebut berbahaya jika kandungan gasnya masuk ke dalam makhluk hidup. Bahan ini sangat berbahaya sehingga dapat langsung mengotori cuaca dan berbahaya bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya [1]. Merujuk pada Keputusan Menteri ESDM No. 208.K/EK.05/DJE/2022 Perubahan Keputusan Menteri ESDM No. 205.K/EK.05/DJE/2022 Tentang Penetapan BBN 35% Sejenis biodiesel dengan kombinasi Minyak Solar 65% disebut 35% (B35) pada tahun 2023 [2]. Implementasi kebijakan ini juga diharapkan dapat menghemat devisa sebesar USD 10,75 miliar dan meningkatkan nilai tambah bisnis sebesar Rp 16,76 triliun. Kebijakan B35 juga diproyeksikan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 34,9 juta ton CO<sub>2</sub> [3], serta berdasarkan siaran pers Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian HM 4.6/29/SET.M.EKOM.3/01/2023 Tentang Tingkatkan Mandatori biodiesel (B35) bagi energi ramah lingkungan, wujudkan komitmen transisi energi yang adil dan merata [4]. Hal ini bermanfaat untuk mengurangi pencemaran udara dan mengurangi pemanfaatan komoditas berbasis minyak yang dalam jangka panjang akan habis dan merusak udara dunia. Sumber utama pencemaran berasal dari daerah transportasi, dimana hampir 60 % racun yang dihasilkan terdiri dari Karbonmonoksida (CO) dan sekitar 15 % terdiri dari Hidrokarbon (HC) [5]. Kandungan sulfur untuk kendaraan bermesin diesel yang menggunakan solar umumnya berkurang, dan itu berarti bagus untuk lingkungan [6].

Jenis Bahan Bakar Minyak (BBM) yang paling banyak digunakan di Negara Kesatuan Republik Indonesia yaitu Avgas, Avtur, Premium, Pertamina, Pertamina Super, Minyak Lampu, Minyak Solar, Pertamina Dex, Dexlite, Biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar yang sudah dikembangkan sejak lama. Namun, terkait dengan jumlah dan kualitas produksi masih terbatas untuk pemanfaatannya secara luas. Selain itu, penggunaan biodiesel masih menjadi pro dan kontra dari berbagai kalangan. Salah satunya yaitu dampak penyesuaian biodiesel yang digunakan pada kendaraan saat ini yang notabene dirancang untuk bahan bakar fosil. Perlu adanya jaminan kualitas dari produksi biodiesel sehingga sesuai dengan mesin yang ada saat ini, dengan

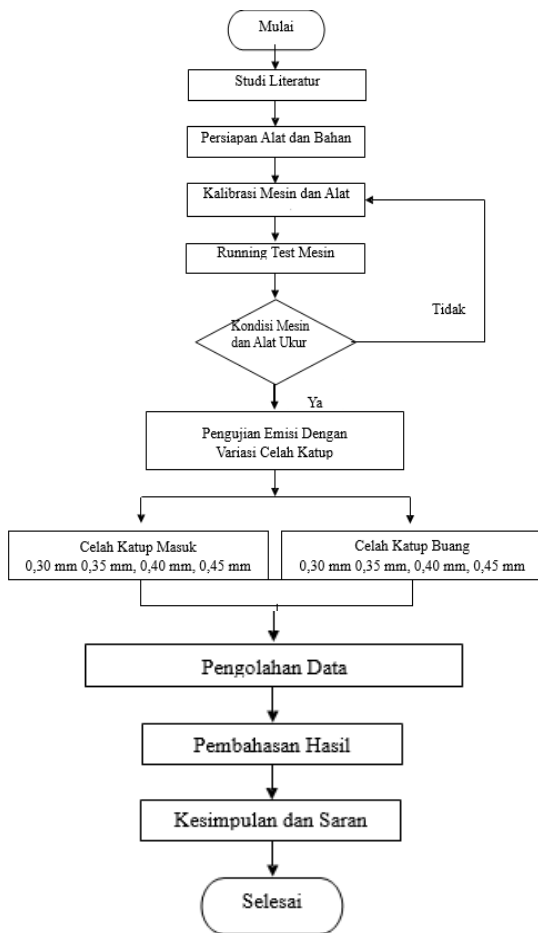
harapan akan menghilangkan keraguan para konsumen. Untuk mengantisipasi kurangnya kepercayaan masyarakat dalam konsumsi biodiesel, pihak kementerian Energi dan Sumber daya Mineral menyiapkan hal-hal untuk mengantisipasinya [7].

Patil [8] melakukan penelitian pada dietil eter yang bertujuan untuk meningkatkan angka setana pada campuran minyak tanah dan solar. Penelitian lain juga dilakukan oleh Ibrahim [9] yang membandingkan dietil eter yang dicampur dalam beberapa persen kedalam campuran biodiesel, sementara Qixin Ma dkk [10] melakukan penelitian tentang Kinerja Dan Karakteristik Emisi Campuran Biodiesel Alkohol pada Mesin Diesel, penelitiannya yaitu dengan mencampurkan Alkohol dan biodiesel (solar). Hendri Irnawan Saputro dkk [11] melakukan penelitian tentang Analisis Emisi Gas Buang Kendaraan bermotor angkutan umum penampang. Aryo Sasmita dkk [12] melakukan penelitian tentang Analisis Emisi Gas Buang dari Mesin Diesel Modifikasi dipengaruhi Daya Mesin dan Bahan Bakar Campuran Oli Bekas dan Dexlite dengan strategi Penggunaan minyak pelumas bekas dapat mengurangi limbah dari latihan studio. Syarifudin dkk [13] melakukan penelitian tentang Hubungan Sifat Biodiesel pada Pancaran Asap dan Eksekusi Motor Diesel Dengan menggunakan strategi pemeriksaan, minyak goreng sawit. Arifin Siagian dan Mawardi Silaban [14] melakukan penelitian dengan judul Performa dan Karakteristik Emisi Gas Buang Mesin Diesel Berbahan Bakar Ganda. Bayu A Saputro dan Abdurrahman [15] melakukan penelitian tentang kualitas biodiesel dari kombinasi bahan bakar dexlite dan minyak jelantah yang tidak diolah pada motor diesel. Pieter Y Persulesy dkk [16] melakukan penelitian tentang Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodiesel Berbasis Biji Buah Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*).

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan di atas, penelitian kali ini akan membahas tentang Pengaruh Variasi Ukuran Celah Katup dengan Bahan Bakar Biodiesel (B35) Terhadap Emisi Gas Buang pada Mesin Diesel Tipe FE71PS 3908 CC. Pengujian ini akan dilakukan sebanyak 16 kali variasi ukuran celah katup masuk 0,30 mm, 0,35, 0,40 mm, 0,45 mm, katup buang 0,30 mm, 0,35, 0,40 mm, 0,45 mm dengan akselerasi mesin 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm. Fokus penelitian ini hanya akan mencari pengaruhnya variasi ukuran celah katup terhadap emisi gas buang pada mesin diesel tipe FE71PS 3908 CC tanpa adanya modifikasi dan tidak di berikan beban kepada mesin tersebut,

sehingga bertujuan untuk mendeskripsikan pengaruh variasi ukuran celah katup terhadap emisi gas buang pada mesin diesel tipe FE71PS 3908 cc dan memperoleh hasil yang terbaik tentang emisi gas buang dengan bahan bakar biodiesel (B35) murni pada mesin diesel tipe FE71PS 3908 cc.

**METODE PENELITIAN**



**Gambar 1** Alur Penelitian

**Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a) Variabel bebas adalah kondisi yang mempengaruhi munculnya suatu gejala dalam penelitian ini, yang menjadi variabel bebas adalah mesin mobil yang menggunakan bahan biodiesel (B35) murni.
- b) Variabel terikat adalah himpunan sejumlah gejala yang memiliki aspek atau unsur di dalamnya yang menerima atau menyesuaikan diri dengan kondisi

variable lain. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah emisi gas buang.

**Analisis Data**

Proses penelitian dilakukan dengan pengujian dan pengukuran variabel penelitian yang dikaji, pengambilan data dilakukan menggunakan alat ukur yang kemudian hasil dari pengukuran tersebut ditransformasikan kedalam bentuk paparan tabel dan grafik. Kemudian dianalisis dengan mencocokkan dengan landasan teori yang ada sehingga mendapatkan kesimpulan berupa jawaban dari hasil temuan pengujian yang sudah dilakukan maupun temuan baru.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Untuk mendapatkan hasil yang akurat dan sesuai dengan standar uji, maka pengujian pada penelitian ini dilakukan sebanyak 16 kali. Pengujian penelitian ini dengan cara merubah variasi ukuran celah katup masuk 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm dan celah katup buang 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm dengan putaran mesin dalam keadaan 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm.

Bahan bakar yang digunakan yaitu biodiesel (B35), bahan bakar didapat membeli langsung dari SPBU terdekat. Sehingga dengan 16 sampel yang akan diuji dapat diketahui besar atau kecilnya emisi gas buang yang akan dihasilkan.

**Pembahasan**

Perbedaan ketebalan asap (opasitas) yang dihasilkan oleh mesin diesel tipe FE71PS 3908 cc dengan menggunakan bahan bakar biodiesel (B35) dan variasi ukuran celah katup pada komposisi pengujian ukuran celah katup masuk 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm dan katup buang 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm serta dalam keadaan mesin pada 2000 rpm dengan hasil yang dirata-ratakan dapat ditunjukkan pada Tabel 1

**Tabel 1** Rata-Rata Pengujian Emisi Gas Buang 2000 rpm.

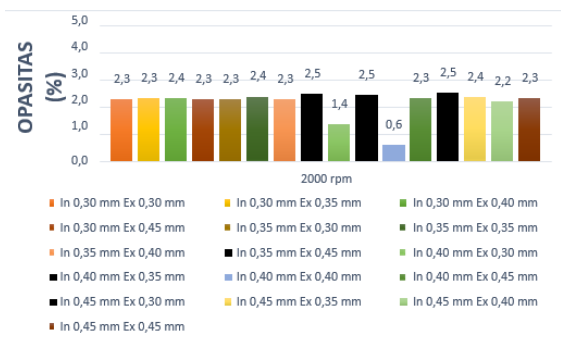
NO	Celah Katup (mm)		Putaran Mesin (Rpm)	Rata-Rata (%)
	Masuk	Buang		
1	0,30	0,30	2.000	2,3

2	0,30	0,35	2.000	2,3
3	0,30	0,40	2.000	2,4
4	0,30	0,45	2.000	2,3
5	0,35	0,30	2.000	2,3
6	0,35	0,35	2.000	2,4
7	0,35	0,40	2.000	2,3
8	0,35	0,45	2.000	2,5
9	0,40	0,30	2.000	1,4
10	0,40	0,35	2.000	2,5
11	0,40	0,40	2.000	0,6
12	0,40	0,45	2.000	2,3
13	0,45	0,30	2.000	2,5
14	0,45	0,35	2.000	2,4
15	0,45	0,40	2.000	2,2
16	0,45	0,45	2.000	2,3

opasitas sebesar 2,5%. Hasil pengujian emisi gas buang dengan ukuran celah katup masuk 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm dan katup buang 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm serta kondisi mesin pada 2500 rpm dengan hasil yang dirata-ratakan dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

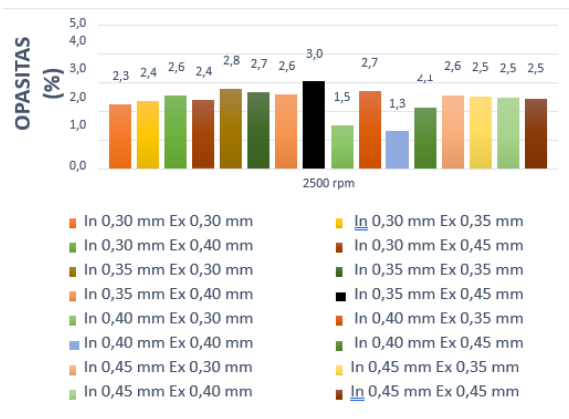
**Tabel 2** Rata-Rata Pengujian Emisi Gas Buang 2500 rpm

NO	Celah Katup (mm)		Putaran Mesin (Rpm)	Rata-Rata (%)
	Masuk	Buang		
1	0,30	0,30	2.500	2,3
2	0,30	0,35	2.500	2,4
3	0,30	0,40	2.500	2,6
4	0,30	0,45	2.500	2,4
5	0,35	0,30	2.500	2,8
6	0,35	0,35	2.500	2,7
7	0,35	0,40	2.500	2,6
8	0,35	0,45	2.500	3,0
9	0,40	0,30	2.500	1,5
10	0,40	0,35	2.500	2,7
11	0,40	0,40	2.500	1,3
12	0,40	0,45	2.500	2,1
13	0,45	0,30	2.500	2,6
14	0,45	0,35	2.500	2,5
15	0,45	0,40	2.500	2,5
16	0,45	0,45	2.500	2,5



**Gambar 2** Hasil Rata-Rata Kadar Opasitas 2000 rpm

Berdasarkan Gambar 2, pada proses pengujian dengan putaran mesin 2000 rpm dan ukuran celah katup masuk 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm dan katup buang 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm didapat rata-rata pada ukuran celah katup masuk 0,40 mm dan celah katup buang 0,40 mm yang menghasilkan opasitas terbaik sebesar 0,6 %. Sementara opasitas yang paling tinggi didapat pada ukuran celah katup masuk 0,40 mm katup buang 0,35 mm dan celah katup masuk 0,45 mm dan katup buang 0,30 mm menghasilkan



Gambar 3 Hasil Rata-Rata Kadar Opasitas 2500 rpm

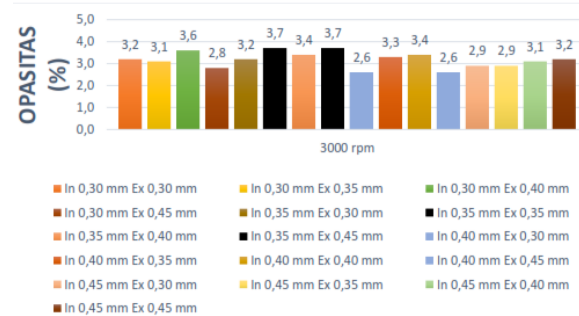
Berdasarkan Gambar 3, pada proses pengujian dengan putaran mesin 2500 rpm dan ukuran celah katup masuk 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm dan katup buang 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm didapat rata-rata pada ukuran celah katup masuk 0,40 mm dan celah katup buang 0,40 mm yang menghasilkan opasitas terbaik sebesar 1,3 %. Sementara untuk opasitas untuk paling tinggi terdapat pada ukuran celah katup masuk 0,35 mm katup buang 0,45 mm sebesar 3,0 %.

Hasil pengujian emisi gas buang dengan ukuran celah katup masuk 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm dan katup buang 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm serta kondisi mesin pada 2500 rpm dengan hasil yang dirata-ratakan dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Rata-Rata Pengujian Emisi Gas Buang 3000 rpm

NO	Celah Katup (mm)		Putaran Mesin (Rpm)	Rata-Rata (%)
	Masuk	Buang		
1	0,30	0,30	3.000	3,2
2	0,30	0,35	3.000	3,1
3	0,30	0,40	3.000	3,6
4	0,30	0,45	3.000	2,8
5	0,35	0,30	3.000	3,2
6	0,35	0,35	3.000	3,7
7	0,35	0,40	3.000	3,4

NO	Celah Katup (mm)		Putaran Mesin (Rpm)	Rata-Rata (%)
	Masuk	Buang		
8	0,35	0,45	3.000	3,7
9	0,40	0,30	3.000	2,6
10	0,40	0,35	3.000	3,3
11	0,40	0,40	3.000	3,4
12	0,40	0,45	3.000	2,6
13	0,45	0,30	3.000	2,9
14	0,45	0,35	3.000	2,9
15	0,45	0,40	3.000	3,1
16	0,45	0,45	3.000	3,2



Gambar 4 Hasil Rata-Rata Kadar Opasitas 3000 rpm

Berdasarkan Gambar 4, pada proses pengujian dengan putaran mesin 3000 rpm dan ukuran celah katup masuk 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm dan katup buang 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm terdapat kesamaan hasil yang didapat rata-rata pada ukuran celah katup masuk 0,40 mm dan celah katup buang 0,30 mm dan ukuran celah katup masuk 0,40 mm katup buang 0,45 mm yang menghasilkan opasitas sebesar 2,6 %. Sementara pada ukuran celah katup masuk 0,35 mm katup buang 0,35 mm serta katup masuk 0,35 mm katup buang 0,45 mm menghasilkan opasitas yang paling tinggi sebesar 3,7%.

Jika ditinjau dari pemaparan di atas bahwa ketebalan asap yang dihasilkan oleh mesin diesel tipe FE71PS 3908 cc yang dikeluarkan melalui knalpot dengan bahan bakar biodiesel (B35) murni dan ukuran celah katup masuk 0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm dan katup buang

0,30 mm, 0,35 mm, 0,40 mm, 0,45 mm serta posisi mesin pada akselerasi yang dimulai dari 2000 rpm, 2500 rpm, dan 3000 rpm terdapat banyak perbedaan yang signifikan, dimana pada ukuran katup masuk 0,40 mm dan celah katup buang 0,40 mm dengan mesin 2000 rpm yang menghasilkan opasitas terbaik sebesar 0,6 %. Kemudian pada ukuran celah katup masuk 0,40 mm dan celah katup buang 0,40 mm dengan kondisi mesin di rpm 2500 yang menghasilkan opasitas sebesar 1,3 %. Ketika pada ukuran celah katup masuk 0,40 mm dan celah katup buang 0,30 mm serta ukuran celah katup masuk 0,40 mm katup buang 0,45 mm dengan rpm 3000 yang menghasilkan opasitas sebesar 2,6 %.

Penurunan ketebalan emisi gas buang pada mesin diesel tipe FE71PS 3908 cc dengan variasi ukuran celah katup menggunakan bahan bakar biodiesel (B35) murni dipengaruhi oleh angka cetana yang ada pada bahan bakar itu.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah diperoleh, maka dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa ketebalan asap yang dihasilkan oleh mesin diesel tipe FE71PS 3908 cc dengan bahan bakar biodiesel (B35) murni dan variasi ukuran celah katup yang bervariasi serta akselerasi mesin dari 2000 rpm, 2500 rpm, dan 3000 rpm didapat pada ukuran katup masuk 0,40 mm dan katup buang 0,40 mm dengan mesin 2000 rpm yang menghasilkan opasitas sebesar 0,6 %. Untuk ukuran katup masuk 0,40 mm dan celah katup buang 0,40 mm dengan kondisi mesin di rpm 2500 yang menghasilkan opasitas sebesar 1,3 %. Begitupula untuk ukuran katup masuk 0,40 mm dan katup buang 0,30 mm serta ukuran katup masuk 0,40 mm katup buang 0,45 mm dengan rpm 3000 mempunyai kesamaan yang menghasilkan opasitas sebesar 2,6 %.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Pemerintah Republik Indonesia, "Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup," *Sekr. Negara Republik Indones.*, vol. 1, no. 078487A, p. 483, 2021.
- [2.] "<https://www.bps.go.id/indicator/17/57/1/jumlah-kendaraan-bermotor.html> Sumber: Kepolisian Republik Indonesia-Data tahun 2015-2018 revisi."
- [3.] "Kep Menteri ESDM No 208.KEK.05DJE2022 Perubahan Kep Menteri ESDM No 205.KEK.05DJE2022 Tentang Penetapan BBN 35% Jenis Biodiesel dengan pencampuran 65% Minyak Solar..pdf."
- [4.] M. A. Wujudkan, P. Dana, and P. Kelapa, "Tingkatkan Mandatori Biodiesel B35 Bagi Energi Ramah Lingkungan , Menko Airlangga Wujudkan Komitmen Transisi Energi yang Adil dan Merata," pp. 34–35, 2023.
- [5.] "Srikandi, Polusi Air dan Udara, Kanisius, Yogyakarta, 1992."
- [6.] "[https://indonesiabaik.id/infografis/mengenal-standar-euro-yang-lebih-ramah-lingkungan#:~:text=Upaya%20untuk%20mengurangi%20emisi%20kendaraan,bermotor%20serta%20lebih%20Oramah%20lingkungan.,"](https://indonesiabaik.id/infografis/mengenal-standar-euro-yang-lebih-ramah-lingkungan#:~:text=Upaya%20untuk%20mengurangi%20emisi%20kendaraan,bermotor%20serta%20lebih%20Oramah%20lingkungan.,) p. 20.
- [7.] E. Wibowo, "Pemanfaatan Biodiesel di Indonesia Pendahuluan," 2022.
- [8.] "T. S. K.R. Patil, 'Experimental investigation of CI engine combustion, performance and emissions in DEE–kerosene–diesel blends of high DEE concentration,' *Energy Conversion and Management* 89, p. 396–408, 2015.," p. 2015, 2015.
- [9.] A. Ibrahim, "An experimental study on using diethyl ether in a diesel engine operated with diesel-biodiesel fuel blend," *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 21, no. 5, pp. 1024–1033, 2018, doi: 10.1016/j.jestch.2018.07.004.
- [10.] Q. Ma, Q. C. Zhang, and J. Liang, "Laporan Energi Kinerja dan karakteristik emisi dari campuran diesel / biodiesel / alkohol dalam mesin diesel," vol. 7, 2021.
- [11.] H. I. Saputro, E. A. Martanto, and U. Yuminarti, "Analisis emisi gas buang kendaraan bermotor (angkutan umum penumpang) di Kabupaten Manokwari," *Cassowary*, vol. 5, no. 1, pp. 35–47, 2022, doi: 10.30862/cassowary.cs.v5.i1.100.
- [12.] A. Sasmita, Y. Yohanes, and K. Yolanda, "Analisis Emisi Gas Buang dari Mesin Diesel Modifikasi Dipengaruhi Daya Mesin dan Bahan Bakar Campuran Oli Bekas dan Dexlite," *Semesta Tek.*, vol. 25, no. 2, pp. 170–178, 2022, doi: 10.18196/st.v25i2.13748
- [13.] S. Syarifudin, H. N. Cahyo, and A. Suprihadi, "Korelasi Propertis Biodiesel Terhadap Emisi Gas Buang dan Performa Mesin Diesel," *Infotekmesin*, vol. 11, no. 1,

- pp. 9–13, 2020, doi: 10.35970/infotekmesin.v11i1.91.
- [14.] A. Siagian and M. Silaban, “Performa dan Karakteristik Emisi Gas Buang Mesin Diesel Berbahan Bakar Ganda,” *J. Tek. Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 49–54, 2011, doi: 10.9744/jtm.13.1.49-54.
- [15.] B. A. Saputro, K. Kunci, M. Jelantah, and M. Diesel, “Karakteristik Biodiesel dari Campuran Bahan Bakar Dexlite dan Minyak Jelantah Tanpa Perlakuan pada Mesin Diesel Biodiesel Characteristics from Dexlite Fuel Blends with Untreated Waste Cooking Oil in a Diesel Engine,” *J. Tek. Kim.*, vol.28, no. 2, pp. 2721–4885, 2022.
- [16.] P. Y. Persulesy, K. Basri, and E. Suprpto, “Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodisel Berbasis Biji Buah Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Diesel.,” vol. 09, no. 01, pp. 48–56, 2022.