



**JURNAL REKAYASA, TEKNOLOGI, DAN SAINS**  
**ISSN 2541-4750 (Print)**  
**ISSN 2549-984X (Online)**

INFORMASI ARTIKEL

Received: October, 23, 2025

Revised: January, 29, 2026

Available online: January, 31, 2026

at : <http://ejournalmalahayati.ac.id/index.php/teknologi/index>

**Uji eksperimental pengaruh campuran etanol dan solar terhadap daya indikator dan emisi gas buang mesin genset KW 20-388**

**Erik Tri Mahyudi<sup>1\*</sup>, Untung Surya Dharma<sup>2</sup>, Dwi Irawan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Pemeliharaan Alat Berat, Politeknik Tunas Garuda, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

Korespondensi Penulis: Erik Tri Mahyudi. \*Email: [eriktrimahyudi89@gmail.com](mailto:eriktrimahyudi89@gmail.com)

**ABSTRAK**

Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan prestasi dan emisi gas buang dari mesin diesel berbahan bakar solar yang telah dicampur etanol. Perbandingan campuran bahan bakar menggunakan enam variasi, mulai dari solar murni, campuran solar dengan etanol sebanyak 5% yang kemudian kami sebut dengan E5, E7.5, E10, E12.5, E15. Hasil pengujian menunjukkan campuran solar dengan etanol 5% menghasilkan daya indikator rata-rata terbesar diantara variasi yang lain 7.48 kW. Sedangkan pada pengujian emisi gas buang didapatkan hasil variasi campuran solar dengan etanol 5% menghasilkan opacity terendah diantara variasi yang lain sebesar 16.1%

**Kata kunci:** etanol, solar, emisi gas buang

**ABSTRACT**

*The aim of this research is to compare the performance and exhaust emissions of diesel engines using diesel fuel mixed with ethanol. The fuel mixture comparison uses six variations, starting from pure diesel, a mixture of diesel with 5% ethanol which we then call E5, E7.5, E10, E12.5, E15. The test results show that the mixture of diesel with 5% ethanol produces the largest average power indikator among the other variations, 7.48 kW. Meanwhile, in the exhaust emission test, the results obtained from the variation of the mixture of diesel with 5% ethanol produce the lowest opacity among the other variations, at 16.1%*

**Keywords:** etanol, solar, exhaust gas emission

**1. LATAR BELAKANG**

Masalah pasokan energi saat ini menunjukkan pentingnya bahan bakar alternatif untuk mesin pembakaran internal. Selain itu, peningkatan batas emisi mengharuskan penggunaan bahan bakar dengan kandungan oksigen tinggi pada kendaraan yang menggunakan mesin pembakaran internal. Uni Eropa telah menetapkan target penting hingga tahun 2030 untuk mesin pembakaran internal dalam kerangka iklim dan energi (A. Necati, et al., 2023). Saat ini, peningkatan efisiensi pembakaran kendaraan yang mengurangi konsumsi bahan bakar

dan emisi gas buang telah menjadi kebutuhan bagi negara dan pengguna (A. Murcak, et al., 2015).

Melonjaknya jumlah kendaraan dari tahun ke tahun disebabkan karena permintaan dari konsumen akan alat transportasi semakin tinggi. Efek samping dari kenaikan jumlah kendaraan meliputi beberapa hal yaitu kemacetan, polusi, dan melonjaknya kebutuhan bahan bakar (Jatmiko RS, dkk., 2019). Jumlah cadangan energi fosil khususnya bahan bakar minyak yang semakin menipis menjadi fokus utama untuk mencari sumber energi alternatif. Salah satu sumber energi alternatif yang populer saat ini adalah bahan bakar biodiesel. Biodiesel dapat diperoleh dari

asam lemak bebas tumbuh-tumbuhan (Prasetyo DHT, 2022). Etanol ( $C_2H_5OH$ ) merupakan alternatif dari bahan bakar yang dapat digunakan sebagai pengganti atau campuran dan dapat diinjeksikan secara langsung ke dalam ruang pembakaran. Etanol juga salah satu sumber energi yang dapat diperbaharui, dapat diperoleh dari hasil fermentasi glukosa yang ditemukan pada tanaman – tanaman yang mengandung karbohidrat (Kurniawan MR, 2021).

Pencampuran solar dengan alkohol dan biodiesel telah banyak diteliti untuk meningkatkan kinerja dan menurunkan emisi mesin diesel. Havendri (2008) melaporkan bahwa campuran biodiesel terbaik berada di bawah 30% untuk menjaga performa dan emisi. Yusla dan Firmansyah (2011) menemukan bahwa substitusi etanol 10% ke dalam solar menghasilkan peningkatan daya (BHP) paling optimal pada mesin diesel Perkins. Sementara itu, Nur dkk. (2012) menunjukkan hasil optimal pada campuran etanol 5%, dengan peningkatan tekanan rata-rata indikasi hingga 48%, penurunan konsumsi bahan bakar spesifik 9,5%, serta reduksi signifikan emisi CO dan HC.

Jamrozik (2017) meneliti campuran diesel–metanol dan diesel–etanol hingga 40%, dan menyimpulkan bahwa penambahan alkohol hingga batas tertentu meningkatkan efisiensi termal dan menurunkan emisi CO, namun kadar alkohol berlebih menyebabkan ketidakstabilan pembakaran. Studi terbaru oleh Ooi dkk. (2024) mengkaji campuran kuartener solar–biodiesel sawit–diethyl eter–etanol dan memperoleh komposisi optimal 6,78% DEE dan 20% etanol yang mampu menurunkan BSFC serta emisi NOx, CO, dan UHC secara signifikan. Secara umum, hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa pencampuran etanol dalam solar pada fraksi rendah hingga menengah berpotensi meningkatkan efisiensi dan karakteristik emisi mesin diesel.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan berupa eksperimental dengan menggunakan alat berupa mesin genset diesel kw 20-388 yang telah dimodifikasi pada bagian kepala silindernya sehingga memungkinkan tekanan pembakaran dapat terbaca oleh *pressure gage*.

Variasi campuran bahan bakar solar dan etanol yang digunakan dalam penelitian ini berupa solar murni kemudian disebut (E0), campuran 5% etanol dan 95% solar yang kami sebut (E5), E7.5, E10, E12.5 dan E15. Alat mesin genset diesel kw 20-388 yang telah dimodifikasi dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Modifikasi Kepala Silinder Genset KW 20-388**

Penelitian pertama berupa konsumsi bahan bakar yang dilakukan percobaan dengan memasukkan 1 liter bahan bakar masing-masing variasi campuran. Tuas gas diposisikan pada putaran 2300 rpm selama 30 menit. Kemudian diukur sisa bahan bakar di dalam sistem bahan bakar, sehingga didapatkan konsumsi bahan bakarnya. Setiap variasi campuran dilakukan tiga kali pengujian.

Penelitian kedua berupa uji emisi gas buang pembakarannya. Langkah yang dilakukan adalah dengan menyambungkan bagian muffler mesin genset ke alat uji emisi, alat uji emisi yang digunakan STARGAS 898. Percobaan ini dilakukan sebanyak tiga kali pada putaran 1500 rpm dengan durasi waktu 1 menit pada masing-masing variasi dimulai dari E0, E5, E7.5, E10, E12.5 dan E15 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini :



**Gambar 2. Pengujian Emisi Gas Buang Pada Mesin Uji Emisi STARGAS 898**

Percobaan ketiga dengan menyambungkan *pressure gage* pada kepala silinder mesin genset yang telah dimodifikasi sebelumnya, sehingga dapat diukur tekanan rata-rata pembakarannya. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali pada setiap variasi dengan cara mengatur putaran engine pada 2300, 2400 dan 2500 rpm sehingga tekanan pembakarannya akan terbaca pada *pressure gage* pada masing-masing variasi campuran bahan bakarnya dimulai dari E0, E5, E7.5, E10, E12.5 dan E15 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.



**Gambar 3. Pengukuran Tekanan Pembakaran Pada Mesin Genset KW 20-388**

Setelah tekanan rata-rata pembakaran didapatkan data hasil pengukurannya, maka daya indikator dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$N_i = \frac{P_{rata-rata} \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times \frac{n}{60} \times \frac{1}{2}}{75 \times 10^2} \quad (\text{Wiranto, 1993})$$

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini pengumpulan data dilakukan secara bertahap. Tahap pertama adalah mengukur tekanan rata-rata pada masing-masing campuran bahan bakar untuk kemudian dapat dihitung daya indikator yang dihasilkan dari masing-masing variasi campuran bahan bakar mulai dari E0, E5, E7.5, E10, E12.5 dan E15. Data tekanan rata-rata ruang bakar ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Uji Tekanan Rata-Rata Pembakaran Genset KW 20-388**

Putaran (rpm)	Tekanan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )					
	E 0	E 5%	E 7.5%	E 10%	E 12.5%	E 15%
2300	12	13	11	10	9	7
2400	11	13	11	10	10	9
2500	12	12	10	10	9	9

Sumber: Data Primer, 2025

**3.1 Pengaruh Campuran Etanol pada Solar terhadap Daya Indikator**

Dari data hasil pengujian tekanan rata-rata seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 maka daya indikator pada mesin diesel dapat dihitung dan hasilnya ditunjukkan pada tabel 2 berikut.

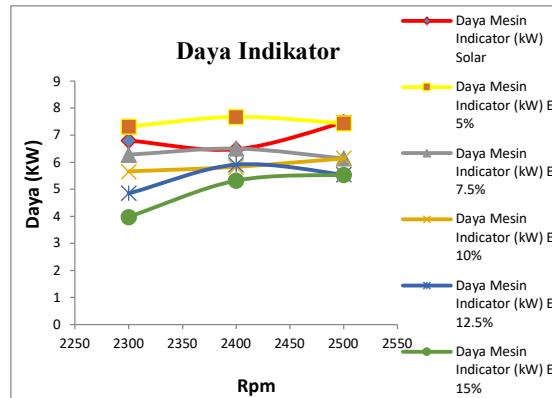
**Tabel 2. Hasil Perhitungan Daya Indikator Genset KW 20-388**

Putaran (rpm)	Daya Mesin Indikator (kW)					
	E 0	E 5%	E 7.5%	E 10%	E 12.5%	E 15%
2300	6.80	7.32	6.28	5.66	4.85	3.98

Putaran (rpm)	Daya Mesin Indikator (kW)					
	E 0	E 5%	E 7.5%	E 10%	E 12.5%	E 15%
2400	6.48	7.68	6.51	5.83	5.91	5.32
2500	7.48	7.44	6.14	6.14	5.54	5.53

Sumber: Data Primer, 2025

Untuk melihat perbandingan daya indikator semua variasi bahan bakar dapat dilihat melalui grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



**Gambar 4. Grafik Perbandingan Daya Indikator Setiap Variasi Campuran Bahan Bakar**

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa daya indikator paling tinggi terjadi pada variasi campuran solar dengan etanol 5% sebesar 7.48 kW, solar murni 6.63 kW, E7.5 % sebesar 6.31 kW, E10 sebesar 5.88 kW, E12.5 sebesar 5.43 kW dan E15 sebesar 4.94 kW. Peningkatan daya ini disebabkan karena pencampuran etanol dengan komposisi yang tepat akan menurunkan densitas bahan bakar tanpa menyebabkan knock. Dengan turunnya densitas bahan bakar, maka bahan bakar yang diinjeksikan kedalam ruang bakar dapat membentuk butiran kabut yang lebih halus. Dengan kondisi seperti ini maka proses pencampuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar akan lebih homogen sehingga akan lebih mudah terbakar. Selain itu sifat etanol yang sangat mudah terbakar akan memicu *precombustion* pada proses pembakaran. Sehingga waktu pembakaran bahan bakar semakin singkat. Dengan demikian tekanan yang ada di ruang bakar akan semakin besar dan menghasilkan daya yang besar pula.

Jika komposisi campuran bahan bakar tidak tepat akan menyebabkan knock. Hal ini akan mengakibatkan terlalu banyak bahan bakar yang diinjeksikan sehingga saat periode perambatan pembakaran dimulai akan terlalu banyak bahan bakar yang terbakar. Hal ini menyebabkan tekanan didalam silinder meningkat drastis sebelum piston melewati TMA. Akibatnya saat piston masih bergerak naik akan ditahan oleh tekanan pembakaran

dan ini akan menimbulkan suara dan getaran yang kasar. Inilah yang disebut *diesel knock* atau detonasi. Terjadinya *diesel knock* akan mengakibatkan penurunan tenaga, borosnya pemakaian bahan bakar dan juga memperpendek usia mesin (Zhu C, et al., 2023).

**3.2 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik**

Untuk menghitung konsumsi bahan bakar spesifik terlebih dahulu melakukan pengujian laju bahan bakar dengan metode volumetrik, dengan menghidupkan mesin selama waktu tertentu maka jumlah bahan bakar yang digunakan dapat diukur dengan menggunakan gelas ukur atau buret. Laju bahan bakar terukur ditunjukkan melalui tabel 3 di bawah ini

**Tabel 3. Hasil Pengujian Laju Bahan Bakar**

Putaran (rpm)	Laju Bahan Bakar ( Liter / jam)					
	E 0	E 5%	E 7.5%	E 10%	E 12.5%	E 15%
2300	1.04	0.98	1.06	1.12	1.10	1.12
2400	1.06	1.08	1.04	1.12	1.08	1.10
2500	1.14	1.12	1.08	1.14	1.10	1.14

Sumber: Data Primer, 2025

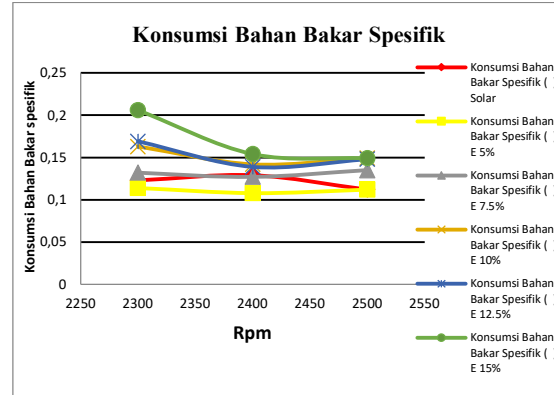
Dengan mengkonversikan hasil data tabel 3 dengan massa jenis masing-masing variasi bahan bakar dan dibagi dengan daya indikator maka didapatkan konsumsi bahan bakar spesifik. Hasil perhitungan bahan bakar spesifik tersebut dapat dilihat melalui tabel 4 berikut ini.

**Tabel 4. Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik**

Putaran (rpm)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik ( $\frac{kg/jam}{kw}$ )					
	E 0	E 5%	E 7.5%	E 10%	E 12.5%	E 15%
2300	0.128	0.112	0.140	0.163	0.187	0.231
2400	0.137	0.117	0.132	0.159	0.150	0.170
2500	0.128	0.125	0.143	0.153	0.164	0.169

Sumber: Data Primer, 2025

Konsumsi bahan bakar spesifik dari variasi bahan bakar solar dengan etanol juga dapat ditunjukkan melalui gambar 5 berikut



**Gambar 5. Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik setiap variasi bahan bakar campuran solar dengan etanol**

Dari grafik 5 dapat dilihat bahwa variasi campuran solar dengan etanol 5% memiliki nilai konsumsi bahan bakar spesifik paling rendah dibanding variasi campuran yang lainnya. Artinya variasi campuran 5% etanol adalah komposisi bahan bakar yang paling efisien dan tepat digunakan untuk mesin diesel. Akan tetapi jika komposisi campuran bahan bakar tidak tepat akan menyebabkan penundaan pembakaran yang terlalu panjang. Hal ini akan mengakibatkan terlalu banyak bahan bakar yang diinjeksikan pada tahap ini, sehingga saat periode perambatan pembakaran dimulai akan terlalu banyak bahan bakar yang terbakar. Hal ini akan menyebabkan tekanan didalam silinder meningkat drastis sebelum piston melewati TMA. Akibatnya pembakaran akan menjadi tidak sempurna dan boros bahan bakar. Artinya variasi bahan bakar ini tidak lagi efektif digunakan karena konsumsi bahan bakar spesifiknya masih diatas konsumsi bahan bakar spesifik solar (Yousefi A, et al., 2020).

**3.3 Hasil Uji Emisi Gas Buang**

Hasil data pengujian dapat dilihat melalui tabel 5 berikut ini.

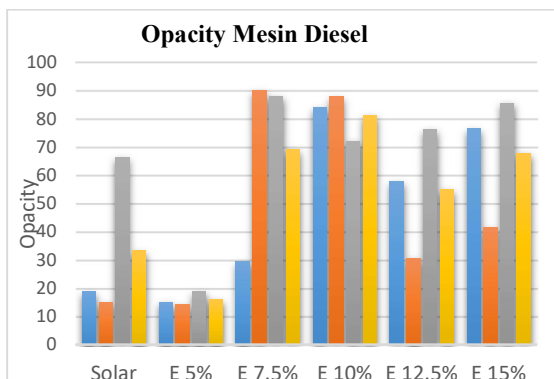
**Tabel 5. Hasil Uji Emisi Gas Buang**

Pengujian ke	1	2	3	Rata-rata
	Rpm			
Solar max	4190	4210	4240	4213
Opacity	18.8	14.9	66.3	33.3
Rpm				
E5 max	4210	4160	4190	4186

Pengujian ke	1	2	3	Rata-rata	
Opacity	15.1	14.3	18.9	16.1	
Rpm	4300	4140	4180	4206	
max					
E7.5	Opacity	29.5	89.9	88.0	69.1
Rpm	4100	4110	3910	4040	
max					
E10	Opacity	83.9	87.8	72.1	81.3
Rpm	3180	3770	3740	3563	
max					
E12.5	Opacity	57.8	30.6	76.3	54.9
Rpm	4000	3650	3890	3846	
max					
E15	Opacity	76.5	41.4	85.6	67.8

Sumber: Data Primer, 2025

Dari tabel data hasil pengujian emisi gas buang diatas, *opacity* ditunjukkan dalam bentuk diagram melalui gambar 6 berikut ini.



**Gambar 6. Diagram perbandingan Emisi Gas Buang Setiap Variasi Bahan Bakar Campuran Solar Dengan Etanol**

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa *opacity* paling rendah ditunjukkan oleh variasi campuran etanol 5% dengan 16.1%, kemudian solar dengan 33%, E12.5 dengan 54.9%, E15 dengan 67.8%, E7.5 dengan 69.1%, dan E 10 dengan 81.3%. Hal ini dikarenakan *opacity* sangat dipengaruhi oleh hasil pembakaran pada mesin diesel. Ketepatan waktu

penginjeksian dan ketepatan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan sangat berpengaruh terhadap emisi dan warna gas buang. Pada variasi E5% merupakan komposisi paling tepat, sehingga jumlah bahan bakar dapat diinjeksikan dengan tepat kedalam ruang bakar. Hal inilah yang menyebabkan *opacity* E5% sangat rendah dibanding yang lain.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan hasil pengujian prestasi mesin diesel dengan menggunakan bahan bakar solar, solar dengan 5% etanol, solar dengan 7.5% etanol, solar dengan 10% etanol, solar dengan 12.5% etanol, solar dengan etanol 15% dapat disimpulkan bahwa daya mesin indikator tertinggi terjadi pada variasi bahan bakar dengan komposisi campuran solar dengan etanol 5% dengan besar daya indikator rata-rata 7.48 kW, solar murni dengan daya indikator 6.63 kW, E7.5 % dengan daya indikator 6.31 kW, E10 dengan daya indikator 5.88 kW, E12.5 dengan daya indikator 5.43 kW dan E15 dengan daya indikator 4.94 kW. Simpulan selanjutnya adalah variasi campuran solar dengan 5% etanol adalah komposisi bahan bakar yang paling efisien dan tepat digunakan untuk mesin diesel. Selanjutnya variasi campuran solar dengan 5% etanol adalah komposisi bahan bakar dengan nilai *opacity* paling rendah dibanding variasi bahan bakar solar dengan *opacity* 33%, E12.5 dengan 54.9%, E 15 dengan 67.8%, E7.5 dengan 69.1% dan E10 dengan 81.3%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A. Necati, et al., 2023. *Determination of optimal combustion conditions in a diesel engine operating on ethanol/diesel mixtures*. Journal of the Energy Institute Vol. 107, <https://doi.org/10.1016/j.joei.2023.101195>
- A. Murcak, et al., 2015. *Effect of injection timing to performance of a diesel engine fuelled with different diesel-ethanol mixtures*. Fuel Vol. 153, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.03.028>
- Adly Havendri, 2008. *Kaji eksperimen perbandingan prestasi dan emisi gas buang motor bakar diesel menggunakan campuran solar dan minyak jarak*. Jurnal teknik Vol. I, No 29, ISSN 0854-8471
- Arifin. N. 2012. *Pengaruh Penambahan Ethanol Pada Solar Motor Diesel Injeksi Langsung*. Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology 03 (2012) 49-56
- J B. Ooi, et al., 2024. *Experimental study of quaternary blends with diesel/palm-oil biodiesel/ ethanol/ diethyl ether for optimum performance and emissions in a light-duty diesel engine using response surface*

- methodology*. Energy, Vol. 301.  
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.131782>
- Jamrozik A., 2017. *The effect of the alcohol content in the fuel mixture on the performance and emissions of a direct injection diesel engine fueled with diesel-methanol and diesel-ethanol blends*. Energy Convers Manag.;148:461-476.  
<https://doi:10.1016/j.enconman.2017.06.030>
- Jatmiko RS, dkk., 2019. *Pengaruh Pencampuran Bahan Bakar Pertalite Dengan Bio Etanol Terhadap Peforma Mesin Injeksi Yamaha Vixion 150Cc*. JURNAL TURBO Vol.8 No. 1,  
<http://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo>
- Kurniawan MR, Wahyudi D., 2021. *Pengaruh prosentase etanol pada oli terhadap lidah api dan temperatur pada burner oli bekas*. JURNAL TURBO Progr Stud Tek Mesin. 2021;10(2):200-208.  
<https://doi:10.24127/trb.v10i2.1690A>.
- M. Yusla. 2011. *Kaji pengaruh Substitusi Etanol pada Solar Terhadap Kinerja mesin Diesel Perkins Tipe 4 – 108 V*, Jurnal Tugas Akhir, Universitas Hassanudin Makasar
- Prasetyo DHT, Wahyudi D., 2022. *Pengaruh komposisi etanol sebagai zat aditif pada Sterculia Foetida Methyl Ester terhadap pembakaran difusi*. JURNAL TURBO Progr Stud Tek Mesin. 2022;11(1).  
<https://doi:10.24127/trb.v11i1.1923>
- Yousefi A, et al., 2020. *Split diesel injection effect on knocking of natural gas/diesel dual-fuel engine at high load conditions*. Appl Energy :115828.  
<https://doi:10.1016/j.apenergy.2020.115828>
- Zhu C, et al., 2023. *Test Research on the Knock of a Common-Rail Diesel Engine Fueled with Diesel-Methanol Dual-Fuel*. Energy Eng J Assoc Energy Eng. 2023;120(5):1081-1105.  
<https://doi:10.32604/ee.2023.026000>