



Analisis Performa dan Emisi Gas Buang Pada Motor Diesel AJE 260002 Dengan Menggunakan Bahan Bakar Oli Bekas

Muhammad Fatrul Fahrudin Amin¹, Agus Sulistiawan², Pelangi Eka Yuwita³
^{1,2,3}Prodi Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri
¹fatrulkamtis001@gmail.com, ²agus.dmc354@gmail.com, ³pelangi@unugiri.ac.id

Abstract

The decreasing availability of fossil energy sources and the increasing environmental pollution caused by used oil waste have become serious issues in the fields of energy and automotive engineering. One proposed solution is to utilize used oil as an alternative fuel, particularly in diesel engines, due to its high calorific value. This research falls within the scope of developing waste-based alternative fuels, focusing on evaluating the performance and exhaust emissions of diesel engines using a blend of biosolar and distilled fuel derived from used oil. The objective of this study is to analyze the effect of varying fuel compositions on the performance of the AJE 260002 diesel engine and its exhaust emission characteristics. An experimental method was applied through laboratory testing. The fuels used consisted of five blend ratios: 100:0, 85:15, 70:30, 55:45, and 40:60 between used oil-based diesel and biosolar. Engine performance (power and torque) was measured using a dynamometer, while exhaust emissions (carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO_x), and smoke opacity) were analyzed using a gas analyzer. The test results showed that the 100% used oil-based fuel produced the highest torque of 48 N·m, while the highest power output of 46.1 HP was achieved with a 55:45 blend of used oil fuel and biosolar. However, increasing the proportion of used oil in the blend significantly raised CO emissions and smoke opacity. Conversely, blends with higher biosolar content resulted in lower emissions, although with a slight reduction in torque. The main conclusion of this study is that a blend of used oil-derived fuel and biosolar can maintain acceptable engine performance, with emissions that remain manageable if the mixing ratio is optimized. This research supports the utilization of used oil waste as a potential alternative fuel that can reduce environmental impact, provided it undergoes proper processing and formulation.

Keywords: *diesel engine, used oil, biosolar, engine performance, exhaust emissions, alternative fuel.*

Abstrak

Ketersediaan sumber energi fosil yang semakin berkurang dan peningkatan polusi lingkungan akibat limbah oli bekas menjadi masalah serius di bidang energi dan otomotif. Salah satu solusi yang diusulkan adalah memanfaatkan oli bekas sebagai bahan bakar alternatif, khususnya pada mesin diesel, mengingat nilai kalorinya yang tinggi. Penelitian ini berada dalam ruang lingkup pengembangan bahan bakar alternatif berbasis limbah, dengan fokus pada evaluasi performa dan emisi gas buang mesin diesel akibat penggunaan campuran biosolar dan solar hasil destilasi dari oli bekas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi bahan bakar terhadap kinerja mesin diesel AJE 260002 serta karakteristik emisi gas buang yang dihasilkan. Metode eksperimen digunakan dengan pengujian di laboratorium. Bahan bakar yang digunakan terdiri dari lima variasi campuran: 100:0, 85:15, 70:30, 55:45, dan 40:60 antara solar dari oli bekas dan biosolar. Pengujian dilakukan menggunakan dynotest untuk mengukur daya dan torsi, serta gas analyzer untuk mengukur emisi karbonmonoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), dan opasitas asap. Data hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran 100% solar dari oli bekas menghasilkan torsi tertinggi sebesar 48 N.m, sementara daya tertinggi sebesar 46,1 HP diperoleh dari campuran 55% solar oli bekas dan 45% biosolar. Namun, peningkatan proporsi oli bekas dalam campuran menyebabkan peningkatan signifikan pada opasitas dan emisi CO. Sebaliknya, campuran dengan dominasi biosolar menunjukkan penurunan emisi meskipun torsi sedikit menurun. Kesimpulan utama dari penelitian ini adalah bahwa campuran solar dari oli bekas dan biosolar dapat mempertahankan performa mesin dalam batas yang dapat diterima, dengan emisi yang masih dapat dikendalikan jika proporsi campuran diatur secara tepat. Penelitian ini mendukung pemanfaatan limbah oli bekas sebagai bahan bakar alternatif yang berpotensi mengurangi dampak lingkungan, asalkan melalui proses pengolahan yang sesuai dan formulasi campuran yang optimal. Kata

kunci: mesin diesel, oli bekas, biosolar, performa mesin, emisi gas buang, bahan bakar alternatif

1. Pendahuluan

Keterbatasan sumber daya bahan bakar fosil dan meningkatnya permintaan energi akibat pertumbuhan ekonomi serta jumlah penduduk menjadi tantangan global yang mendesak [1]. Sementara itu, kebutuhan manusia terhadap energi terus meningkat seiring dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan populasi penduduk. Oleh sebab itu, berbagai upaya telah dilakukan untuk menemukan sumber bahan bakar alternatif[2]

Limbah industri seperti oli bekas berkontribusi dalam pencemaran lingkungan karena mengandung logam berat, klorin, dan zat-zat berbahaya lainnya yang dapat merusak tanah dan air [3]. Namun, oli bekas memiliki kalor yang tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif, terutama untuk mesin diesel [4]. Mesin diesel, termasuk dalam kategori motor bakar *internal combustion engine*. Selama proses pembakaran dalam mesin ini, udara mengalami kompresi bersama dengan injeksi bahan bakar dalam udara yang telah terkompresi. Hal ini menyebabkan ledakan yang cepat, meningkatkan suhu dan tekanan dalam waktu singkat. Setelah ledakan terjadi, piston bergerak turun dan menggerakkan poros engkol. Dengan demikian, mesin diesel dapat melanjutkan operasinya [5].

Mesin diesel dikenal karena efisiensinya yang tinggi dan kemampuannya digunakan dalam berbagai sektor, tetapi juga menghasilkan emisi gas buang yang signifikan, terutama CO, HC, dan Nox [6]. Oleh karena itu, sangat penting untuk menemukan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Kualitas bahan bakar dalam mesin kompresi dapat dinilai dengan angka cetane. Angka ini berkisar antara 0 hingga 100, dan merupakan salah satu indikator yang diukur untuk menunjukkan karakteristik serta kualitas bahan bakar (solar). Secara umum, semakin tinggi angka cetane, semakin baik pula kualitas bahan bakar (solar) tersebut. Rentang nilai cetane untuk sebagian besar bahan bakar diesel bervariasi antara 30 hingga 60 [7].

Kemampuan mesin diesel untuk menghasilkan energi kimia bahan bakar menjadi energi mekanik secara efisien. Daya, torsi, dan adalah beberapa faktor penting yang mempengaruhi efisiensi dan emisi gas buang [8] Untuk menekan emisi tersebut, salah satu metode yang diterapkan adalah sistem *Exhaust Gas Recirculation* (EGR), namun pemilihan jenis bahan bakar tetap menjadi faktor utama[9]. Studi yang dilakukan [10] mengindikasikan bahwa penggunaan oli bekas dalam campuran bahan bakar dapat mempengaruhi kinerja mesin dan meningkatkan emisi, khususnya opasitas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak penggunaan campuran oli

bekas yang telah disaring terhadap kinerja dan emisi gas buang mesin diesel tipe AJE 260002. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana oli bekas dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif tanpa mengurangi performa mesin maupun meningkatkan emisi di atas batas yang diperbolehkan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode eksperimen kuantitatif untuk menilai dampak bahan bakar yang berasal dari oli bekas yang telah di murnikan terhadap performa dan emisi gas buang dari mesin diesel tipe AJE 260002. Aktivitas penelitian dilaksanakan di Laboratorium Politeknik Negeri Madiun dan Dinas Perhubungan Kab. Tuban dengan menguji mesin menggunakan berbagai kombinasi bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari destilasi oli bekas dan biosolar dalam beberapa variasi campuran dalam tabTel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Campuran Bahan Bakar

No	Solar dari oli bekas (%)	Biosolar (%)	Keterangan
1.	100	0	Solar dari oli bekas murni
2.	85	15	Campuran sedikit biosolar
3.	70	30	Campuran menengah biosolar
4.	55	45	Campuran mendekati seimbang
5.	40	60	Campuran tinggi biosolar

Untuk memperjelas tahapan dalam penelitian, dibuat diagram alur penelitian (Gambar 1) yang menggambarkan secara sistematis langkah-langkah penelitian



Gambar 1. Alur Penelitian

2.1. Desain penelitian

Desain penelitian berfokus pada dua faktor utama: performa mesin dan emisi gas buang. Variabel yang dapat diubah adalah komposisi bahan bakar, sementara variabel yang terpengaruh mencakup daya (kW), torsi (Nm), konsumsi bahan bakar per unit, serta emisi CO, NO_x, dan opasitas. Variabel yang dikendalikan mencakup tipe mesin, alat ukur, dan keadaan saat pengujian.

2.2. Prosedur penelitian

Pengujian dilaksanakan dalam tiga tahap utama: persiapan, pelaksanaan uji coba, dan analisis data.

1. Persiapan:

Proses destilasi digunakan untuk memurnikan oli bekas. Pencampuran bahan bakar dilakukan dengan menggunakan pengaduk magnetik pada suhu 40–50 °C untuk menghasilkan suatu campuran yang seragam. Sebelum digunakan, mesin dan alat pengukur (dynotest dan gas analyzer) dikalibrasi.

2. Pengujian Kinerja Mesin:

Mesin dioperasikan pada berbagai variasi putaran (RPM). Pengukuran dilakukan menggunakan dynotest untuk merekam daya dan torsi yang dihasilkan. Setiap pengujian dilaksanakan sebanyak tiga kali untuk menjamin tingkat keakuratan yang lebih tinggi.

3. Pengujian Emisi Gas Buang:

Gas analyzer dimanfaatkan untuk mengukur CO, NO_x, dan tingkat kegelapan asap. Pengujian dilakukan dengan beban tetap dan variasi campuran bahan bakar yang berbeda. Proses pengujian diulang sejumlah tiga kali.

2.2. Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk menilai dampak penggunaan campuran bahan bakar oli bekas terhadap kinerja mesin serta emisi gas buang pada mesin diesel AJE 260002. Pengolahan data terdiri dari dua bagian utama, yaitu:

1. Analisis Performa Mesin

Data mengenai kinerja mesin diperoleh melalui pengukuran memakai alat dynotest, dengan parameter yang dianalisis meliputi:

- Daya (Kw): Mencerminkan kapasitas mesin untuk menghasilkan energi mekanis.
- Torsi (Nm): Menunjukkan kekuatan putar dari poros engkol mesin pada berbagai kecepatan putaran.
- Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC): Mengukur seberapa efisien penggunaan bahan bakar relatif terhadap daya yang dihasilkan.

Setiap jenis campuran bahan bakar diuji sebanyak tiga kali agar data yang diperoleh akurat. Hasil pengukuran kemudian dirata-ratakan dan disajikan dalam bentuk Tabel dan grafik. Grafik yang menunjukkan hubungan antara kecepatan putaran mesin (RPM) dengan daya dan torsi digunakan untuk menganalisis pola performa. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai-nilai tersebut di antara variasi campuran dan juga terhadap standar atau nilai dasar.

2. Analisis Emisi Gas Buang

Pengujian emisi dilakukan dengan menggunakan alat pengukur gas, dengan parameter yang diukur antara lain:

- Opasitas (%): Menunjukkan tingkat kepadatan asap atau partikel dalam gas buang.
- Kandungan CO (%): Menggambarkan sisa hasil pembakaran yang tidak sepenuhnya proses.
- Kandungan NO_x (ppm): Mengindikasikan potensi pembentukan polusi udara yang berbahaya.

Setiap pengujian emisi dilakukan sebanyak tiga kali untuk setiap jenis campuran bahan bakar. Hasil pengujian dirangkum dalam Tabel, kemudian dianalisis untuk memastikan apakah nilai emisi masih sesuai dengan batas standar yang telah ditentukan. Grafik perbandingan antar variasi digunakan untuk melihat tren peningkatan atau penurunan emisi pada setiap campuran.

3. Interpretasi dan Perbandingan

Seluruh hasil pengujian kinerja dan emisi dibandingkan di antara berbagai jenis bahan bakar. Penurunan torsi atau peningkatan emisi yang terlihat jelas dianalisis lebih mendalam untuk menemukan batas terbaik penggunaan solar dari oli bekas dalam campuran bahan bakar. Pemahaman atas hasil juga dilakukan dengan merujuk pada penelitian sebelumnya sebagai penghubung.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan hasil dari pengujian performa dan emisi dengan rentang putaran mesin antara 2000 rpm sampai dengan 9000 rpm pada mesin diesel AJE 260002 dengan berbagai kombinasi solar dari oli bekas dan biosolar, serta analisis untuk menilai dampaknya terhadap performa mesin dan emisi gas yang dihasilkan. sementara variabel yang terpengaruh mencakup daya (kW), torsi (Nm), konsumsi bahan bakar per unit, serta emisi CO, NO_x, dan opasitas

3.1. Hasil Pengujian Torsi Mesin

Berdasarkan hasil pengujian dynotest yang sudah dilakukan sebanyak 3 kali merupakan hubungan putaran engine terhadap nilai torsi menggunakan bahan bakar solar dari oli bekas. Dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini:

Bahan Bakar	Torsi (N.m)			Rata-rata (N.m)
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	
Solar dari oli bekas	54,6	44	45,4	48
Solar dari oli bekas 85%+ Biosolar 15%	47,2	43,7	52,5	47,8
Solar dari oli bekas 70%+ Biosolar 30%	37,7	39,2	45,3	40,7
Solar dari oli bekas 55%+ Biosolar 45%	41,8	40	38,9	37,1
Solar dari oli bekas 40%+ Biosolar 60%	31,9	39	39,6	36,8
Biosolar	42	38,9	36,8	39,2



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Torsi

Gambar 2 menunjukkan bahwa bahan bakar dari oli bekas menghasilkan torsi tertinggi sebesar 48 N.m, lebih tinggi dibandingkan biosolar murni sebesar 39,2 N.m. Hal ini terjadi karena biosolar memiliki nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan solar dari oli bekas, sehingga energi yang dilepaskan saat pembakaran lebih kecil. Selain itu, Biosolar memiliki viskositas dan sifat pelumas yang berbeda dibanding solar Campuran solar 85% dan biosolar 15% memberikan torsi sebesar 47,8 N.m, hanya mengalami penurunan 0,4%, yang menunjukkan bahwa penambahan biosolar dalam jumlah kecil belum berdampak signifikan terhadap performa mesin. Seiring meningkatnya proporsi biosolar, nilai torsi cenderung menurun:

1. Campuran 70% solar dari oli bekas dan 30% biosolar → 40,7 N.m (mengalami penurunan torsi sebesar 7,3%)
2. Campuran 55% solar dari oli bekas dan 45% biosolar → 37,1 N.m (mengalami penurunan sebesar 10,9%)
3. Campuran 40% solar dari oli bekas dan 60% biosolar → 36,8 N.m (penurunan 23,3%)

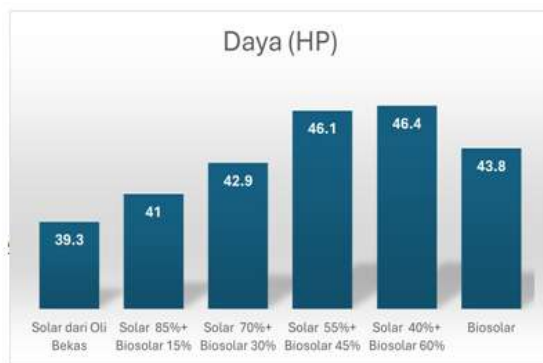
Menariknya, torsi meningkat kembali saat biosolar digunakan secara murni, yaitu 39,2 N.m, disebabkan karena angka *cetane* dan kandungan oksigen tinggi yang mendukung pembakaran lebih sempurna meskipun nilai kalor biosolar lebih rendah.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian [10] yang menyatakan bahwa peningkatan kandungan biosolar umumnya menurunkan torsi. Namun, adanya kenaikan torsi pada biosolar murni mengindikasikan adanya interaksi kompleks antara komposisi bahan bakar, karakteristik pembakaran, dan desain mesin. Dengan demikian, formulasi campuran bahan bakar yang optimal tidak hanya bergantung pada jumlah biosolar, tetapi juga kesesuaian sifat kimia-fisika bahan bakar terhadap karakteristik mesin.

3.2. hasil pengujian Daya Mesin

Berdasarkan hasil dari uji dynotest yang sudah dilakukan sebanyak 3 kali menunjukan hubungan putaran engine terhadap nilai daya dengan menggunakan bahan bakar solar dari oli bekas. Dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini:

Bahan Bakar	Daya (HP)			Rata-rata (HP)
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	
Solar dari oli bekas	40	38.8	39.1	39.3
Solar 85%+ Biosolar 15%	41.3	41.3	41	41.1
Solar 70%+ Biosolar 30%	40.3	47.5	41.1	42.9
Solar 55%+ Biosolar 45%	45.3	45	48.1	46.1
Solar 40%+ Biosolar 60%	43.7	42.1	41.3	42.3
Biosolar	44	42.5	45	43,8



Gambar 3 Grafik Hasil Pengujian Daya

Gambar 3 menunjukkan bahwa torsi mesin diesel meningkat seiring dengan semakin besarnya proporsi biosolar dalam campuran bahan bakar. Kekuatan terendah tercatat pada penggunaan solar dari oli bekas, yaitu 39,3 HP, sedangkan kekuatan tertinggi mencapai 46,4 HP pada campuran solar dari oli bekas 40% dan biosolar 60%. Penggunaan biosolar murni memberikan kekuatan sebesar 43,8 HP, yang lebih tinggi dibandingkan solar dari oli bekas dan campuran dengan kadar biosolar yang lebih rendah.

Peningkatan kekuatan terjadi secara bertahap sejalan dengan peningkatan kadar biosolar: 15% biosolar: naik 2,7%, 30% biosolar: naik 9,1%, 45% biosolar: naik 17,04%, 60% biosolar: naik 18,07% dibanding solar dari oli bekas. Peningkatan ini diduga disebabkan oleh adanya kandungan oksigen alami dalam biosolar yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran, meskipun nilai kalorinya lebih rendah.

Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [10], yang juga menyatakan bahwa penambahan biosolar dapat meningkatkan kekuatan mesin. Secara keseluruhan, hasil ini menandakan bahwa pencampuran biosolar dalam proporsi yang tepat bisa meningkatkan performa mesin, terutama dalam hal daya, namun tetap perlu memperhatikan aspek lain seperti torsi, efisiensi bahan bakar, dan emisi.

3.3. Hasil Pengujian Emisi CO (karbonmonoksida)

Berdasarkan hasil pengujian emisi karbonmonoksida (CO) yang dilakukan sebanyak 3 kali dengan menjalankan putaran mesin 2000 -9000 RPM menggunakan gas analyzer untuk mendapatkan data yang tepat. Rincian hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 3 di bawah ini:

Tabel 4. Hasil Uji Emisi CO

Bahan Bakar	Emisi CO			Rata-rata (%)
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	
Solar dari oli bekas	4.11%	4.15%	4.09%	4.12%
Solar 85%+ Biosolar 15%	4.03%	3.87%	4.10%	4.00%
Solar 70%+ Biosolar 30%	3.76%	3.66%	3.35%	3.59%
Solar 55%+ Biosolar 45%	3.49%	3.31%	3.21%	3.34%
Solar 40%+ Biosolar 60%	3.22%	3.34%	2.22%	2.93%
Biosolar	3.19%	2.77%	2.58%	2.85%



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Emisi CO

Grafik 4 menunjukkan bahwa tingkat emisi karbon monoksida (CO) berkurang ketika proporsi biosolar dalam campuran bahan bakar meningkat. Solar yang berasal dari minyak bekas menghasilkan emisi CO tertinggi, yaitu 4,12%, yang melebihi batas yang ditetapkan dalam Permen LHK No. 8 Tahun 2023 (4%). Sebaliknya, penggunaan biosolar murni menghasilkan emisi CO terendah dengan angka 2,85%. Penurunan bertahap emisi CO dapat dilihat pada berbagai campuran berikut: 85% solar dari oli bekas + 15% biosolar: 4,00% 70% solar dari oli bekas + 30% biosolar: 3,59% 55% solar dari oli bekas + 45% biosolar: 3,34% 40% solar dari oli bekas + 60% biosolar: 2,93% Penurunan emisi ini terjadi karena biosolar (FAME) memiliki kandungan oksigen alami yang meningkatkan efisiensi pembakaran dan menurunkan pembentukan CO akibat pembakaran yang tidak sempurna.

Penelitian ini sejalan dengan kajian [6] yang menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar biosolar dalam campuran, maka emisi CO akan semakin rendah. Dengan demikian, biosolar terbukti lebih bersahabat dengan lingkungan dan memiliki potensi yang besar sebagai pilihan bahan bakar alternatif untuk menekan risiko polusi udara, terutama emisi gas CO.

3.4 Hasil Pengujian Emisi Nox(nitrogenoksida)

Berdasarkan hasil pengujian emisi nitrogenmonoksida (NOX) yang dilakukan sebanyak 3 kali dengan menjalankan mesin pada putaran 2000 -9000 RPM menggunakan gas analyzer untuk mendapatkan data yang tepat. Rincian hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 5. Hasil Uji Emisi NOx

Bahan Bakar	Emisi NOx			Rata-rata (ppm)
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	
Solar dari oli bekas	192	188	196	192
Solar 85%+ Biosolar 15%	202	208	205	205
Solar 70%+ Biosolar 30%	210	215	221	215.3
Solar 55%+ Biosolar 45%	225	229	241	231.6
Solar 40%+ Biosolar 60%	247	250	245	247.3
Biosolar	225	232	248	235



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Emisi NOx

Gambar 5 menunjukkan bahwa jumlah emisi oksida nitrogen (NOx) bertambah seiring dengan meningkatnya persentase biosolar dalam campuran bahan bakar. Solar yang berasal dari oli bekas menghasilkan emisi NOx terendah, yaitu 192 ppm, sementara campuran dengan proporsi biosolar yang lebih tinggi menunjukkan peningkatan yang bertahap: 85% solar dari oli bekas + 15% biosolar: 205 ppm, 70% solar dari oli bekas + 30% biosolar: 215,3 ppm, 55% solar dari oli bekas + 45% biosolar: 231,6 ppm, 40% solar dari oli bekas + 60% biosolar: 247,3 ppm, Biosolar murni: 235 ppm. Peningkatan ini terjadi karena biosolar (FAME) memiliki kandungan oksigen yang tinggi, yang meningkatkan efisiensi pembakaran tetapi juga menyebabkan suhu ruang bakar meningkat. Suhu yang lebih tinggi ini berkontribusi pada pembentukan NOx yang lebih banyak. Penelitian

ini sejalan dengan penelitian oleh [9]), yang mengungkapkan bahwa proporsi biosolar yang lebih tinggi cenderung menyebabkan peningkatan

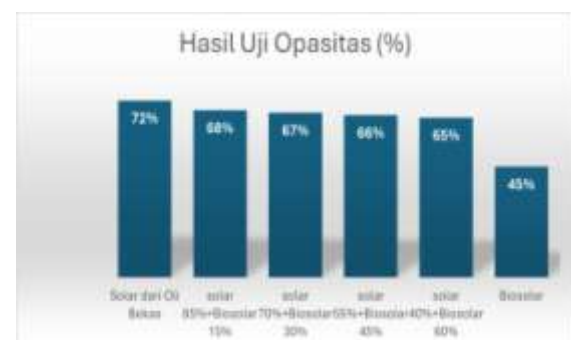
emisi NOx. Meskipun biosolar efektif dalam mengurangi emisi CO, kandungan oksigennya justru menjadi penyebab utama meningkatnya emisi NOx—yang dapat mengakibatkan masalah pernapasan dan dampak lingkungan seperti hujan asam.

3.5 Hasil Pengujian Emisi Opasitas

Berdasarkan hasil pengujian emisi opasitas yang dilakukan sebanyak 3 kali pada putaran mesin antara 2000 -9000 RPM dengan menggunakan gas analyzer untuk memperoleh data yang tepat. Rincian hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel di bawah ini:

Tabel 6. Hasil Uji Emisi Opasitas

Bahan Bakar	Opasitas (%)			Rata-rata (ppm)
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	
Solar dari oli bekas	72%	73%	70%	72%
Solar 85%+ Biosolar 15%	70%	68%	66%	68%
Solar 70%+ Biosolar 30%	71%	65%	66%	67%
Solar 55%+ Biosolar 45%	70%	65%	64%	66%
Solar 40%+ Biosolar 60%	68%	65%	63%	65%
Biosolar	45%	42%	48%	45%



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Emisi Opasitas

Gambar 6 menunjukkan bahwa opasitas (tingkat kehitaman asap) berkurang seiring bertambahnya proporsi biosolar dalam campuran bahan bakar. Solar yang berasal dari oli bekas menghasilkan opasitas tertinggi yaitu 72%, yang menandakan

bahwa pembakaran tersebut paling tidak efektif. Angka opasitas berkurang secara bertahap pada campuran sebagai berikut: 85% solar dari oli bekas + 15% biosolar: 68%, 70% solar dari oli bekas + 30% biosolar: 67%, 55% solar dari oli bekas + 45% biosolar: 66%, 40% solar dari oli bekas + 60% biosolar: 65%, dan biosolar murni: 45%. Penurunan ini terjadi karena adanya kandungan oksigen dalam molekul FAME pada biosolar, yang membantu pembakaran berlangsung dengan lebih baik dan mengurangi pembentukan jelaga. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sasmita et al. (2022) yang menyebutkan bahwa peningkatan proporsi biosolar dapat menurunkan opasitas emisi. Sesuai dengan Permen LHK No. 8 Tahun 2023, batas maksimum opasitas untuk kendaraan diesel ringan.

3.6 Pembahasan

Hasil uji menunjukkan bahwa kombinasi bahan bakar antara solar yang berasal dari oli bekas dan biosolar memberikan dampak yang berbeda terhadap kinerja dan emisi mesin diesel. Solar dari oli bekas menghasilkan torsi maksimal, sedangkan campuran 40% solar dan 60% biosolar menghasilkan daya tertinggi, menunjukkan bahwa peningkatan proporsi biosolar dapat meningkatkan efisiensi pembakaran meskipun ada penurunan sedikit pada torsi. Dari segi emisi, peningkatan kandungan biosolar terbukti menurunkan emisi CO dan kegelapan asap, berkat adanya kandungan oksigen alami dalam biosolar yang mendukung proses pembakaran yang lebih baik. Namun, emisi NO_x cenderung meningkat karena suhu dalam ruang bakar yang lebih tinggi, meskipun keseluruhan nilai NO_x masih memenuhi batas yang diatur oleh Permen LHK No. 8 Tahun 2023. Secara keseluruhan, kombinasi 40% solar dan 60% biosolar dianggap sebagai komposisi paling ideal karena mampu memberikan kinerja terbaik, serta emisi CO dan tingkat kegelapan yang rendah, sambil tetap memenuhi standar emisi NO_x. Temuan ini semakin memperkuat potensi biosolar sebagai sumber bahan bakar alternatif yang efisien dan ramah lingkungan, serta mendukung upaya pengurangan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian performa mesin dan emisi gas buang pada motor diesel AJE 200062 dengan menggunakan berbagai kombinasi campuran bahan bakar antara solar dari oli bekas

dan biosolar, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Pemanfaatan biosolar dalam campuran bahan bakar berdampak signifikan terhadap performa mesin dan emisi gas buang. Secara umum penambahan biosolar mengurangi emisi CO dan opasitas, tetapi biasanya meningkatkan emisi NO_x, sejalan dengan peningkatan kadar oksigen dalam bahan bakar.
2. Nilai torsi maksimum dihasilkan oleh solar dari oli bekas murni, yaitu sebesar 48 N.m, sementara torsi terendah diperoleh dari campuran solar 55% + biosolar 45%, yaitu 37,1 N.m. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan proporsi biosolar dapat mengurangi torsi mesin akibat dari sifat pembakaran biodiesel yang berbeda dengan solar konvensional.
3. Daya (horsepower) maksimum diperoleh dari campuran solar 40% + biosolar 60%, yaitu sebesar 46,4 HP, hal ini menunjukkan bahwa meskipun torsi mengalami penurunan, penggunaan biosolar dapat memperbaiki efisiensi pembakaran sehingga daya mesin tetap berada pada tingkat optimal bahkan mengalami peningkatan.
4. Dari aspek lingkungan, terjadi penurunan yang jelas pada emisi CO dan opasitas seiring dengan meningkatnya proporsi biosolar. Emisi CO yang tertinggi tercatat pada solar dari oli bekas dengan angka 4,12% yang melewati batas 4% sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 8 Tahun 2023. Disisi lain, biosolar murni hanya memproduksi CO sebesar 2,85% dan memiliki opasitas terendah sebesar 45% yang menunjukkan bahwa semua campuran selain solar dari oli bekas sesuai dengan standar mutu emisi yang ditetapkan.
5. Emisi NO_x meningkat seiring bertambahnya kandungan biosolar, dengan nilai tertinggi sebesar 247,3 ppm pada campuran solar 40% + biosolar 60%. Namun, seluruh nilai NO_x dari campuran bahan bakar tersebut tetap jauh dibawah batas maksimal 1.000 ppm, sehingga tetap sesuai dengan standar emisi yang ditetapkan oleh negara.
6. Secara keseluruhan, campuran solar 40% + biosolar 60% dianggap sebagai komposisi yang paling seimbang, karena menghasilkan daya maksimal, emisi CO yang rendah dan tingkat opasitas yang rendah, dan kadar NO_x yang masih berada dalam batas aman. Campuran ini dapat menjadi alternatif bahan bakar yang efisien dan juga ramah lingkungan untuk mesin diesel.

Daftar Rujukan

- [1] Muryanto, M., Wibowo, C., Dewadi, F. M., 2023. Analisis Oli Hasil Destilasi (Filtrasi Arang Aktif) Terhadap Performa Motor Diesel. *Engineering and Technology International Journal (EATIJ)*, 5 (02), pp.215–227.
- [2] Raharjo, S., 2019. Analisa Performa Mesin Diesel Dengan Bahan Bakar Biodiesel Dari Minyak Pagar Jarak. *Jurnal Litbang Universitas Muhammadiyah Semarang*, 284, pp.40–43.
- [3] Widiyanto, D., 2016. Pemanfatan Limbah Oli Bekas Sebagai Bahan Bakar Pembantu Peledakan (Anfo) Pada Kegiatan Pertambangan Batubara (Kasus Pemanfaatan Limbah Oli Bekas di PT. JMB Group). in: Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XIV. Jakarta.
- [4] Sasmita, A., Yohanes, Y., Yolanda, K., 2022. Analisis Emisi Gas Buang dari Mesin Diesel Modifikasi Dipengaruhi Daya Mesin dan Bahan Bakar Campuran Oli Bekas dan Dexlite. *Semesta Teknika*, 25 (2), pp.170–178.
- [5] Akasah, A., Prahmana, R.A., Riayatsyah, T.M.I., Afisna, L.P., Syaukani, M., 2024. Uji Performa Motor Diesel Satu Silinder Generator Set Menggunakan Campuran Bahan Bakar Crude Palm Oil-Dexlite Dengan Penambahan Bioaditif Alam. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5 (1), pp.47–55.
- [6] Rizky, A.S.A., Paryono, P., Nauri, I.M., 2020. Pengaruh Penggunaan Biosolar Dan Pertamina Dex Terhadap Daya Mesin Dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Diesel 4N15 Commonrail. *Jurnal Teknik Otomotif Kajian Keilmuan dan Pengajaran*, 4 (1), pp.9-16
- [7] Baridhono, U., 2018. *Analisis Pengaruh Penambahan Castor Oil Pada Solar Terhadap Performa Mesin Diesel Dengan Variasi Rasio Kompresi*. Strata 1. Malang: Universitas Brawijaya.
- [8] 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), pp. 43–54.
- [9] Rahman, F.M., Nufus, T.H., Sukusno, P., 2021. Analisis Performa Dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel Dengan Bahan Bakar Campuran Biodiesel-Alkohol. *Pros. Semin. Nas. Tek. Mesin Politek. Negeri Jakarta*, pp. 1556–1561.
- [10] Magfirotunnisa., Gunawan., Saksono, P., 2018. Analysis comparison use diesel fuel with biodiesel b15 and b20 in the performance engine komatsu saa6d17e-1. *SNITT- Politeknik Negeri Balikpapan*, pp. 7–11.