

PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN BAKAR BIOSOLAR MINYAK KELAPA SAWIT TERHADAP KINERJA MESIN DIESEL DAFENG R180

Ammar Allam Asysyafiq

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: ammar.22141@mhs.unesa.ac.id

Muhaji

Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: muhaji61@unesa.ac.id

Abstrak

Setiap tahun, penggunaan bahan bakar minyak semakin meningkat. Pertumbuhan energi terbarukan sangat diperlukan untuk memasok bahan bakar. Metil ester asam lemak rantai panjang, seperti yang ditemukan dalam lemak nabati atau hewani, dikombinasikan untuk menciptakan biodiesel, sumber energi terbarukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja mesin diesel Dafeng R180 4-tak, 1-silinder (tekanan efektif rata-rata) serta sifat-sifat bahan bakar biodiesel minyak sawit (titik nyala, dan nilai kalor). Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini bersifat eksploratif. Standar ASTM (titik nyala D93, dan nilai kalor D240) digunakan untuk menguji sifat-sifat bahan bakar. Pengujian kinerja mesin diesel (tekanan efektif rata-rata) menggunakan ISO 3046-1:2016 dengan pendekatan beban konstan pada kecepatan mesin yang berbeda (1200 rpm, 1400 rpm, 1600 rpm, 1800 rpm, dan 2000 rpm dengan beban tambahan 500 watt). Nilai kalor bahan bakar menurun seiring dengan peningkatan proporsi biodiesel, namun temuan uji karakteristik titik nyala bahan bakar meningkat. Menurut temuan uji kinerja mesin, B40 memiliki dampak paling besar. Hal ini ditunjukkan oleh tekanan efektif rata-rata maksimum sebesar 169,1 kPa pada 2000 rpm.

Kata Kunci: biodiesel, minyak kelapa sawit, kinerja mesin diesel

Abstract

Every year, more fuel oil is used. The growth of renewable energy is necessary to supply fuel. Methyl esters of long-chain fatty acids, such as those found in vegetable or animal fats, are combined to create biodiesel, a renewable energy source. The purpose of this study is to evaluate the performance of a 4-stroke, 1-cylinder Dafeng R180 diesel engine (average effective pressure) as well as the properties of palm oil biodiesel fuel (flash point, and calorific value). The approach used in this study is exploratory. ASTM standards (flash point D93, and calorific value D240) are used to test fuel properties. Diesel engine performance testing (average effective pressure) utilizing ISO 3046-1:2016 using a constant load approach at different engine speeds (1200 rpm, 1400 rpm, 1600 rpm, 1800 rpm, and 2000 rpm with an extra load of 500 watts). The fuel calorific value dropped as the proportion of biodiesel rose, however the fuel flash point characteristic test findings increased. According to the engine performance test findings, B40 had the most impact. This was demonstrated by the maximum average effective pressure of 169.1 kPa at 2000 rpm.

Keywords: biodiesel, palm oil, diesel engine performance.

PENDAHULUAN

Jika dibandingkan dengan sumber energi lainnya, bahan bakar minyak bumi adalah sumber energi yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. Setiap tahun, konsumsi bahan bakar meningkat, sehingga diperlukan penyediaan bahan bakar untuk kemajuan energi terbarukan. Masalah bahan bakar dapat diatasi atau dikurangi dengan penggunaan bahan bakar alternatif yang terbarukan. Metil ester dari asam lemak rantai panjang, seperti yang ditemukan dalam lemak nabati atau hewani, digabungkan untuk menciptakan biodiesel, sumber energi terbarukan.

Salah satu sumber dasar yang dibutuhkan untuk membuat biodiesel adalah minyak sawit mentah. Nilai kalor, viskositas, dan angka setana biodiesel minyak sawit sebanding dengan bahan bakar diesel, menjadikannya bahan bakar alternatif yang efektif. “Pemanfaatan campuran CPO 75% pada temperatur bahan bakar 80°C dan CPO 100% pada temperatur 60°C menghasilkan unjuk kerja maksimal dibandingkan pengoperasian pada temperatur lainnya” (Hasoloan, 2008).

Kualitas bahan bakar perlu ditingkatkan secara berkala karena konsumsi bahan bakar memiliki dampak signifikan terhadap kinerja mesin. “Dilakukannya perbaikan ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan spesifik ketika menggunakan bahan bakar tertentu, dan memaksimalkan kinerja mesin” (Chandra *et al.*, 2020).

“Mesin diesel adalah motor bakar dengan proses pembakaran yang terjadi didalam mesin itu sendiri (*internal combustion engine*) dan pembakaran terjadi karena udara murni dimampatkan (dikompresi) dalam suatu ruang bakar (silinder) sehingga diperoleh udara bertekanan tinggi serta panas yang tinggi, bersamaan dengan itu disemprotkan/dikabutkan bahan bakar sehingga terjadilah pembakaran” (Samlawi *et al.* 2015).

Hasil tersebut mencakup metrik beban listrik, seperti tegangan, frekuensi, kecepatan mesin, arus, dan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), berdasarkan studi sebelumnya tentang pengoperasian mesin diesel yang menggunakan campuran diesel dan minyak kelapa murni. “Pada putaran 1600rpm sampai 1900rpm, campuran bahan bakar solar dengan biodiesel yang paling hemat konsumsi bahan bakarnya yaitu B20 pada putaran 1600rpm dengan

konsumsi sebesar 0,82 kg/jam dan campuran biodiesel yang mempunyai daya tertinggi untuk putaran 1900rpm adalah B20 dengan daya yang dihasilkan 1,64KW” (Suharso dan Wibisono, 2018).

Mesin diesel injeksi langsung 4 silinder 2477cc digunakan dalam sebuah studi tentang torsi dan daya mesin diesel 2,5L yang menggunakan campuran biodiesel minyak sawit. Menurut temuan tersebut, kombinasi 75% menghasilkan torsi dan daya terendah, sedangkan campuran 25% menghasilkan yang tertinggi (Kusuma dkk., 2019).

Menurut sebuah penelitian yang membandingkan kinerja mesin Komatsu SAA12V140E-3 dengan bahan bakar diesel dan biodiesel minyak sawit B-20, mesin diesel menghasilkan daya sebesar 867.846 kW sedangkan biodiesel B-20 menghasilkan daya sebesar 836.643 kW. “Daya yang dihasilkan *engine* berbahan bakar biodiesel B-20 lebih kecil sekitar 3,5% dibanding daya yang dihasilkan *engine* berbahan bakar solar” (Martin dkk., 2020).

Penelitian ini menguji daya efektif mesin diesel RIG Mod.E TD301 menggunakan bahan bakar biodiesel minyak kelapa. Lima jenis bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 1. diesel Pertamina; 2. campuran 75% diesel Pertamina dan 25% biodiesel; 3. campuran 50% diesel Pertamina dan 50% biodiesel; 4. campuran 75% biodiesel dan 25% diesel Pertamina; 5. biodiesel murni. Bahan bakar diesel Pertamina memiliki daya efektif terendah di antara kelima bahan bakar tersebut, sedangkan bahan bakar biodiesel 100% memiliki daya efektif tertinggi. (Husda dan lainnya, 2022).

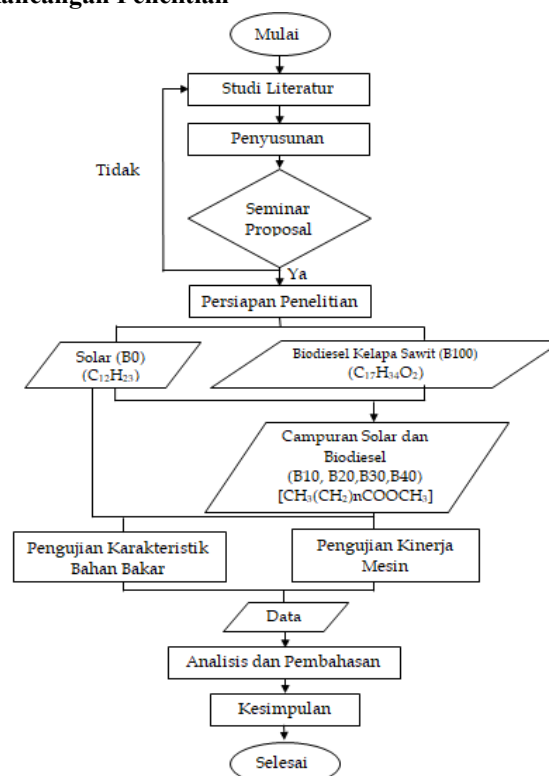
Studi ini menyelidiki karakteristik pencampuran langsung minyak sawit mentah (CPO) dan bahan bakar diesel pada mesin diesel Dafeng R180 empat langkah, silinder tunggal, yang dilakukan pada kelompok besar menggunakan bahan bakar biodiesel. Rasio campuran bahan bakar dan kinerja mesin adalah faktor masukan utama. Kinerja mesin (tekanan efektif rata-rata) adalah keluaran yang dibahas.

Tujuan studi ini adalah untuk memastikan sifat-sifat bahan bakar biodiesel minyak sawit, seperti titik nyala dan nilai kalornya, dan untuk memeriksa bagaimana penggunaan bahan bakar tersebut memengaruhi tekanan efektif rata-rata mesin diesel.

Diharapkan studi ini akan memberikan wawasan tentang faktor-faktor yang digunakan dalam pembuatan biodiesel minyak sawit dan penggunaannya pada mesin diesel.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

Laboratorium Mesin Pembakaran di Universitas Brawijaya menguji karakteristik bahan bakar, sementara Laboratorium Mesin Diesel di Universitas Negeri Surabaya mengujikan kinerja mesin diesel Dafeng. Studi ini dilakukan bulan Juli sampai dengan November 2025.

Variabel Penelitian

Variabel Bebas

Bahan bakar diesel (B0), biodiesel (B100), dan biodiesel minyak sawit (B10, B20, B30, dan B40) digunakan sebagai variabel independen dalam penelitian ini.

Variabel Terikat

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah kinerja mesin diesel (tekanan efektif rata-rata) dan sifat-sifat bahan bakar (titik nyala dan nilai kalor).

Variabel Kontrol

Variabel kontrol berikut disertakan dalam penelitian ini:

- Mesin diesel dafeng R180 4 langkah 1 silinder dengan perbandingan kompresi 21:1
- Pengujian kinerja dilakukan pembebanan sebesar 500watt setiap variasi putaran mesin.
- Temperatur mesin saat pengujian $\pm 60^{\circ}\text{C}$

Bahan Penelitian

Diesel (B0), minyak sawit (B100), dan Majun termasuk di antara bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini.

Alat Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan generator listrik Ikeda 3-ST, mesin diesel Dafeng R180, dan instrument pembebanan.

Instrumen Penelitian

Alat-alat berikut digunakan dalam penelitian ini:

- Instrumen uji laboratorium
Instrumen uji laboratorium yang digunakan yaitu *flash point tester* dan *bomb calorimeter*.
- Instrumen uji kinerja mesin
Instrumen yang digunakan untuk pengujian kinerja mesin yaitu generator listrik, mesin diesel dafeng R180, *stopwatch*, *wattmeter amperemeter*, *tachometer* dan *thermometer* digital.

Teknik Pengumpulan Data

Untuk mengumpulkan informasi, metode pengumpulan data meliputi eksperimen, observasi, dan dokumentasi (Sugiyono, 2017).

Nilai karakteristik fisik bahan bakar (titik nyala dan nilai kalor) dan uji kinerja mesin diesel (tekanan efektif rata-rata) merupakan dua jenis data yang dikumpulkan dari penelitian ini.

Prosedur Penelitian

- Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas di Universitas Negeri Surabaya melakukan metode produksi biodiesel dari minyak sawit mentah (CPO).
- Untuk menciptakan campuran yang homogen, bahan bakar dicampur selama tiga menit pada 300 rpm menggunakan pengaduk magnetik.
- Karakteristik fisik bahan bakar, seperti nilai kalor dan titik nyala, diperiksa di Laboratorium Mesin Pembakaran Universitas Brawijaya di Malang.
- Tekanan efektif rata-rata mesin diesel diukur.
- Untuk menguji kinerja mesin, bbm disiapkan.
- Mempersiapkan instrumen penelitian berupa mesin diesel dafeng R180, generator listrik, instrumen pembebanan lampu.
- Bahan bakar dituangkan kedalam tabung bahan bakar sebanyak 50ml.
- Menyalakan mesin diesel dafeng dan instrumen pembebanan
- Mengatur putaran mesin sesuai variasi yang ditentukan yaitu (1200, 1400, 1600, 1800, dan 2000)rpm dan pembebanan sebesar 500watt

- Mencatat hasil *wattmeter amperemeter* untuk dilakukan pengolahan data ke dalam rumus untuk menghasilkan nilai parameter yang diukur (tekanan efektif rata-rata).

Teknik Analisa Data

Teknik analisis data deskriptif kuantitatif digunakan dalam penelitian ini. Tujuannya adalah untuk meneliti data kuantitatif dari temuan pengujian atau pengukuran, yaitu sifat fisik bahan bakar (nilai kalor dan titik nyala) dan pengujian kinerja mesin diesel (tekanan efektif rata-rata).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Campuran Bahan Bakar



Gambar 2 Bahan bakar solar (B0), biosolar minyak kelapa sawit (B10, B20, B30, dan B40) dan biodiesel (B100)

Karakteristik Bahan Bakar

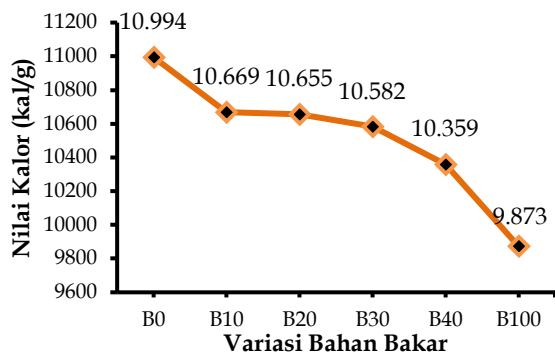
Uji nilai kalor dan titik nyala digunakan untuk mengevaluasi sifat-sifat campuran bahan bakar diesel dan biodiesel minyak sawit. Tabel 1 menampilkan hasil uji karakteristik bahan bakar..

Tabel 1. Hasil pengujian karakteristik bahan bakar biodiesel minyak kelapa sawit dengan solar

Parameter Uji	Satuan	Hasil Pengujian					
		B0*	B10	B20	B30	B40	B100
Nilai Kalor	kal/gram	10.994	10.669	10.655	10.582	10.359	9.873
Titik Nyala	°C	52	52	55	56	63	94

Nilai Kalor

Berdasarkan tabel 1 dan gambar 3 dapat dianalisis bahwa tren nilai kalor biosolar terus mengalami penurunan seiring bertambahnya konsentrasi campuran biodiesel pada bahan bakar. Hasil analisis didapatkan bahwa nilai kalor terendah dihasilkan oleh bahan bakar biodiesel (B100) dengan nilai sebesar 9.873kal/g, sedangkan untuk nilai kalor tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar solar (B0) sebesar 10.994kal/g.

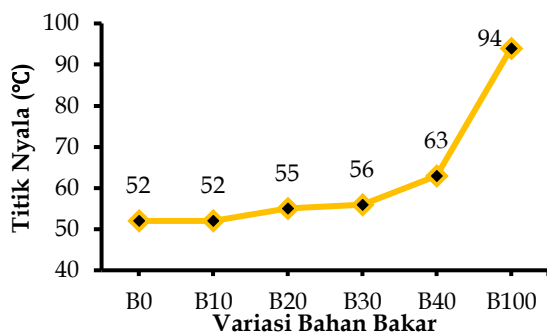


Gambar 3. Grafik nilai kalor bahan bakar solar (B0), biosolar (B10, B20, B30 dan B40) dan biodiesel minyak kelapa sawit (B100)

Penurunan nilai kalor pada bahan bakar biosolar (B10, B20, B30 dan B40) dipengaruhi oleh banyaknya kadar konsentrasi biodiesel (B100) pada campuran biosolar. Biodiesel memiliki kandungan oksigen yang lebih banyak yang mengakibatkan penurunan entalpi pembakaran sehingga nilai kalor lebih rendah daripada solar. Selain itu, kadar hidrogen yang lebih rendah, ketidakjenuhan asam lemak juga mempengaruhi penurunan nilai kalor. (Mobarak, dkk., 2014). Wahyudi (2025) mengatakan bahwa semakin tinggi viskositas (yang bisa disebabkan oleh struktur molekul dengan oksigen atau rantai asam lemak yang kompleks), semakin rendah nilai kalor. Struktur molekul biodiesel lebih berat dan kurang efisien secara energi dibanding bahan bakar hidrokarbon murni.

Titik Nyala

Berdasarkan tabel 1 dan gambar 4 dapat dianalisis bahwa tren titik nyala biosolar terus mengalami kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi campuran biodiesel pada bahan bakar. Hasil analisis dinyatakan bahwa titik nyala api terendah dihasilkan oleh bahan bakar solar (B0) dengan nilai 52°C, sedangkan untuk nilai titik nyala api tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar biodiesel (B100) sebesar 94°C.



Gambar 4. Grafik titik nyala bahan bakar solar (B0), biosolar (B10, B20, B30 dan B40) dan biodiesel minyak kelapa sawit (B100)

Peningkatan nilai titik nyala api ini dipengaruhi oleh kemurnian biodiesel yang dihasilkan dan semakin besar

molekul suatu minyak nabati maka memerlukan suhu yang tinggi untuk penguapannya (Novela, dkk., 2019).

Komposisi FAME (asam lemak metil ester) dengan rantai yang lebih panjang atau lebih jenuh cenderung punya volatilitas lebih rendah. Variasi dalam rasio metanol, konsentrasi katalis, waktu reaksi dan suhu reaksi dapat meninggalkan residu yang mempengaruhi komposisi ester. Struktur ester pada biodiesel yang tidak mudah menguap memerlukan suhu lebih tinggi untuk menghasilkan uap yang mudah terbakar. Sehingga titik nyala bisa lebih tinggi (Afrah, et al., 2025).

Keselamatan dan keamanan sangat dipengaruhi oleh titik nyala, terutama dalam hal penyimpanan dan konsumsi bahan bakar. Selain itu, volatilitas dan mudah terbakar suatu bahan bakar dapat ditentukan oleh titik nyalanya (Setiawan, 2012)..

Tekanan Efektif Rata-rata

Nilai tekanan rata-rata yang terjadi di ruang pembakaran selama langkah kerja dikenal sebagai tekanan efektif rata-rata. Nilai ini digunakan sebagai indikator kinerja dan efisiensi pembakaran, serta sebagai dasar untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan mesin diesel dalam berbagai kondisi operasi. Untuk perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut

$$bmep = \frac{BHP}{v_{sil.a.n.z}} \quad (\text{Arismunandar, 2002})$$

Keterangan:

$Bmep$	= Tekanan efektif rata-rata	(KPa)
BHP	= <i>Brake Horse power</i>	(Watt)
n	= Putaran mesin	(rpm)
a	= 1 siklus (motor 2-langkah)	
	0,5 siklus (motor 4-langkah)	
v_{sil}	= Volume silinder	(m ³)
z	= 1 silinder	

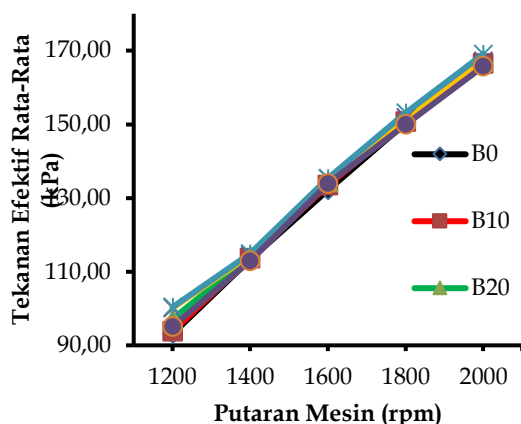
Tabel 2 Hasil perhitungan tekanan efektif rata-rata

Putaran Mesin (rpm)	Tekanan Efektif Rata-rata (b_{mep})					
	B0 (kPa)	B10 (kPa)	B20 (kPa)	B30 (kPa)	B40 (kPa)	B100 (kPa)
1200	93,1	93,8	97,2	100,1	100,4	95,1
1400	113,3	113,7	114,2	114,4	114,8	112,8
1600	132,2	133,3	134,2	135,3	135,4	133,9
1800	150,4	150,5	151,5	151,8	153,1	149,9
2000	165,9	166,4	167,0	167,2	169,1	165,7
Rata-rata	130,98	131,54	132,82	133,76	134,56	131,48

Tabel 3 Hasil perhitungan presentase perubahan tekanan efektif rata-rata menggunakan biosolar (B10, B20, B30, B40) dan biodiesel (B100) terhadap solar (B0)

Putaran Mesin (rpm)	Persentase Perubahan <i>BMEP</i> ($\Delta\%$)				
	B10	B20	B30	B40	B100
1200	0,752%	4,404%	7,519%	7,841%	2,148%
1400	0,353%	0,794%	0,971%	1,324%	-0,441%
1600	0,832%	1,513%	2,345%	2,421%	1,286%
1800	0,066%	0,731%	0,931%	1,795%	-0,332%
2000	0,301%	0,663%	0,784%	1,929%	-0,121%
Rata-rata	0,461%	1,621%	2,510%	3,062%	0,508%

Tabel 2 menunjukkan bahwa, dibandingkan dengan B0, tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan oleh campuran bahan bakar diesel dan biodiesel minyak sawit meningkat sebesar 0,461% untuk B10, 1,621% untuk B20, 2,510% untuk B30, 3,062% untuk B40, dan 0,508% untuk B100. Jika temuan uji tekanan efektif rata-rata dari Tabel 2 ditampilkan secara grafik, maka akan menyerupai Gambar 5.



Gambar 5. Grafik tekanan efektif rata-rata

Torsi yang dihasilkan oleh kombinasi bahan bakar diesel dengan biodiesel minyak sawit meningkat dari B10 ke B40 pada rentang 1400–2000 rpm, seperti yang diilustrasikan oleh grafik pada Gambar 5. Diesel (B0) menghasilkan tekanan efektif rata-rata terendah pada 93,1 kPa pada 1200 rpm, sedangkan biodiesel (B40) menghasilkan tekanan efektif rata-rata tertinggi pada 169,1 kPa pada 2000 rpm.

Karena konsentrasi oksigen biodiesel meningkatkan pembakaran, yang menyebabkan penggunaan bahan bakar yang lebih efisien dan pelepasan energi yang optimal, tekanan efektif rata-rata meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan mesin. Dibandingkan dengan diesel, biodiesel minyak sawit memiliki densitas yang lebih besar.

Untuk volume injeksi tertentu, kandungan bahan bakar dengan kepadatan lebih tinggi akan membutuhkan jumlah bahan bakar yang lebih besar, yang dapat meningkatkan energi yang dilepaskan selama pembakaran dan menaikkan tekanan rata-rata. Kepadatan berhubungan dengan jumlah bahan bakar yang

disediakan untuk pembakaran, viskositas memengaruhi atomisasi bahan bakar dan pembentukan campuran udara-bahan bakar, dan nilai kalor menentukan potensi energi yang dapat dilepaskan. Sifat-sifat fisik tersebut saling berkorelasi satu sama lain (Wahyudi dan Krisdiyanto, 2022).

Menurut temuan penelitian, tekanan efektif rata-rata meningkat seiring dengan peningkatan jumlah biodiesel dalam campuran bahan bakar. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan pada tahun 2025 oleh Pertiwanda dan Setiyawan menggunakan bahan bakar biodiesel yang terbuat dari minyak sawit (B35 dan B40).

Temuan penelitian menunjukkan bahwa untuk kedua jenis kombinasi bahan bakar, tekanan efektif rata-rata (*BMEP*) dan daya keluaran meningkat seiring dengan peningkatan beban. Konsentrasi oksigen dalam campuran biodiesel mendukung pelepasan energi secara keseluruhan, yang cukup besar untuk mengimbangi efek lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada Prof. Dr. Drs. Muhaji, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan dan nasihat, dan kepada Ir. Priyo Heru Adiwibowo, S.T., M.T., IPM., sebagai Koordinator Program Studi, S-1 Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya. Terima kasih kepada Aris Purwanto, S.Pd., M.Sc., dan Sumardi, Kepala Laboratorium Motor Diesel dan Teknisi, Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya, atas bantuan dan ruang yang diberikan selama penelitian ini.

PENUTUP

Simpulan

Berikut ini adalah kesimpulan yang diambil dari investigasi, analisis, dan diskusi tentang dampak penggunaan bahan bakar biodiesel minyak sawit bersamaan dengan diesel pada kinerja mesin diesel Dafeng R180 4-tak, 1-silinder.

- B100 menghasilkan bahan bakar diesel dengan titik nyala tertinggi. Seiring dengan peningkatan kandungan biodiesel dalam bahan bakar, karakteristik ini juga meningkat. Sementara itu, bahan bakar B0 menghasilkan nilai kalor maksimum, yang menurun seiring dengan peningkatan kandungan biodiesel dalam bahan bakar.
- Biodiesel B40 menghasilkan peningkatan terbaik pada 2000 rpm, 169,1 kPa, atau 3,06% lebih tinggi daripada bahan bakar diesel (B0), menurut uji kinerja mesin diesel menggunakan perhitungan tekanan efektif rata-rata.

Saran

Berikut ini adalah rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut berdasarkan temuan investigasi, analisis, dan diskusi yang telah dilakukan:

- Pengujian karakteristik bahan bakar dapat dilanjutkan dengan menambahkan pengujian *cetane number* atau angka setana. Supaya bisa digunakan sebagai bahan dasar pembahasan dan pertimbangan semakin detail terkait analisa kinerja mesin diesel.
- Untuk mendapatkan hasil pengujian terbaik, kendaraan harus disetel terlebih dahulu sebelum melakukan pengujian indikator kinerja mesin.
- Disarankan menggunakan alat atau instrumen pengujian dengan kualitas yang lebih baik. Seperti, *engine dynamometer* untuk mendapatkan hasil pengujian yang akurat.
- Instrumen penelitian generator listrik disarankan untuk diganti ke spesifikasi kapasitas mesin yang lebih besar, agar tidak ada pembatasan tenaga yang dihasilkan oleh mesin yang terbaca pada generator listrik.
- Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan variasi rpm puncak dan pembebanan listrik penuh atau sebesar 1000watt

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrojaq, dkk., (2021). Perbandingan Uji Densitas Menggunakan Metode ASTM D1298 dengan ASTM D4052 pada Biodiesel Kelapa Sawit. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS", Jakarta Selatan. Vol. 55 No. 1: 47-55
- Afrah, B., et al., (2025). *Trans-esterification of pangansius hypolatamus tallow waste with ethanol by electrolysis process and KOH as catalyst. Department of Chemical Engineering, Sriwijaya University, Palembang 30662, Indonesia. Konversi 14(1) 2025. 20-24.*
- Alkabbashi, A., Alam, M. Z., Mirghani, M., & Al-Fusaiel, A. (2009). *Biodiesel production from crude palm oil by transesterification process. Journal of Applied Sciences, 9(17), 3166– 3170.*
- Arismunandar, & Wiranto, (2002). *Penggerak Mula Motor Bakar Torak.* Institut Teknologi Bandung, Indonesia.
- Busyairi, M., Muttaqin, A.Z., Meicahyanti, I., & Saryadi, S. (2020) Potensi Minyak Jelantah Sebagai Biodiesel dan Pengaruh Katalis Serta Waktu Reaksi Terhadap Kualitas Biodiesel Melalui Proses Transesterifikasi - Jurnal Serambi *Engineering*.
- Cappenberg, A.D., (2017). "Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Solar, Biosolar Dan Pertamina Dex Terhadap Prestasi Motor Diesel Silinder Tunggal". Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta Email : Audri.Cappenberg@Uta45jakarta.Ac.Id
- Chandra, G.A.; Ruslan, W. (2020). Analisis Perbandingan Daya dan Torsi Antara Bahan Bakar Biosolar Dan Dexlite Pada Mobil Diesel. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, 12640, Jakarta. Indonesia.
- Effendi, Yafid, dkk. (2019). Uji Daya Mesin Diesel dengan Hot EGR menggunakan Bahan Bakar Campuran Biosolar, Metanol Kadar Rendah, dan Jatropa. *TURBO Vol. 8 No.2.,*
- Erwin, R., Yanri, (2021). Analisis Variasi Putaran Terhadap Torsi Dan Daya Pada Motor Diesel Satu Silinder. *Jurnal Voering Vol. 6 No. 1.*
- Fatahillah, R. (2021). Analisa Peforma Dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel Dengan Mereduksi Carbon Deposit Yang Dihasilkan Oleh Bahan Bakar B30 Menggunakan Metode Purging Diesel.
- Harijono. A., Bambang, H., Kasijanto. (2021). Penggunaan Bioetanol Sebagai Alternatif Campuran Bahan Bakar Pada Mesin Otto. Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia Jl. Soekarno Hatta No.9, Kota Malang, Jawa Timur 65141. *Jurnal Rekayasa Energi Dan Mekanika – Vol. 01 No. 02 Halaman 54-64.*
- Hasibuan, (2012). Kajian mutu dan Karakteristik Minyak Sawit Indonesia serta Produk Fraksinasinya. 13-21.
- Hasoloan, R. R., (2008). Studi pemanfaatan minyak kelapa sawit (CPO) sebagai bahan bakar mesin *diesel genset, [Study of using palm oil (CPO) as a fuel for diesel engine generator set]*.
- Hidayat, R. (2022). Pengaruh penggunaan sistem excess air terhadap performa mesin diesel satu silinder berbahan bakar biodiesel. *Jurnal Mesin dan Energi, 9(1), 33–41.*
- Husda, B.R.; Agung, M.; Aminuddin; Iman, W. (2022). *Analysis of Effective Power Diesel Engine Test RIG Mod.E TD301 Using Biodiesel Fuel from Coconut Oil Analisis Daya Efektif Diesel Engine Test RIG Mod.E TD301 dengan Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel dari Minyak Kelapa.*
- Hossain, and Bari, S. (2018). *Performance and emission analysis of a diesel engine running on palm oil diesel (POD).*
- Iskandar, M.J.; Baharum, A.; Anuar, F.H.; Othaman, R. (2018). Industri kelapa sawit di Asia Tenggara dan teknologi pengolahan limbah cair. *Environ. Teknologi.berinovasi.169–185, https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.11.003.*
- Kusuma, S.T., Suryasa, R.B., Indrayani, N.L. (2019). Torsi Dan Daya Mesin Diesel 2.5l Berbahan Bakar Biodiesel Campuran Minyak Kelapa Sawit. Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam "45" Bekasi.
- Leksono, V.H., (2020). "Analisa Pengaruh Piston Modifikasi Terhadap Performa Mesin Diesel Satu Silinder Empat Langkah Berbasis Simulasi Menggunakan Bahan Bakar B30". Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Mahreni, A., & Marnoto, Tjukup & Nuri, W., (2017). Teknologi Produksi Biodiesel. LPPM UPN "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta. ISBN 9786025534133
- Maitera, O. N. et. al, (2017). "Production and characterization of biodiesel from coconut extract (Cocos nucifera)," *World News of Natural Sciences 9. 62-70*
- Mamilla, V. R., & Mallikarjun, M. V. (2012). *Biodiesel production from palm oil by transesterification*

- method. International Journal of Current Research*, 4(8), 83–88.
- Martin, M., dkk, (2020) "Analisa Perbandingan Bahan Bakar Solar Dengan Biodiesel B20 Minyak Kelapa Sawit Terhadap Performance Engine Komatsu SAA12V140E-3," *Jurnal Baut dan Manufaktur*, Vol. 02, No. 02.
- Othaman, R., Iskandar, M.J., Baharum, A., Anuar, F.H. (2018) *Palm oil industry in South East Asia and the effluent treatment technology—a review*, May 2017, *Environ. Technol. Innovat.* 9 (2018) 169–185, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.11.003>.
- Parman, & Rianis. (2020). Rancang Bangun Sistem Kontrol Pemanas dan Persentase Campuran Minyak Kelapa Sawit Dengan Minyak Solar untuk Bahan Bakar Generator Set Diesel. TUGAS AKHIR Program Studi Sarjana Teknik Elektro Fakultas Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan Institut Teknologi PLN Jakarta.
- Pertiwanda, S., & Setiawan, A. (2025). Karakteristik Pembakaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Diesel menggunakan Biodiesel Minyak Kelapa Sawit (B35 dan B40). *Jurnal AR RO'IS MANDALIKA (ARMADA)*. Vol. 5 No. 3 (2025) 2774-8499. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Indonesia.
- Prabowo, G.L., & Setiawan, A. (2020). Studi eksperimen pengaruh penyimpanan bahan bakar biodiesel terhadap sifat bahan bakar, performa dan emisi mesin diesel 4 langkah silinder tunggal. Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Pratama, S.A., (2022). Pengoptimalan Perawatan Dan Pengujian *System Safety Device* Pada Mesin Induk Mitsubishi Di Tb. MBS 2000 1 PT. Alusteel Engineering Indonesia. Universitas Maritim AMNI Semarang.
- PT. Pertamina (Persero). (2023). Ini Dia Jenis Bahan Bakar Mesin Diesel Pertamina. PT. Pertamina (Persero). <https://onesolution.pertamina.com/Insight/Page/ini-dia-jenisbahan-bakar-mesin-diesel-pertamina> diakses pada 1 November 2024.
- Qomaruddin, A. (2014). Eksperimen Pembuatan Bioetanol Berbahan Baku Umbi Suweg (*Amorphophallus Campanulatus*) Sebagai Bahan Bakar Alternatif. S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.
- Rahardja, S., & Ramadhan. (2019). Analisis Kalori Biodiesel *Crude Palm Oil* (CPO) dengan katalis Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATJKS). *Jurnal seminar Sains dan Teknologi*, ISSN: 2407-1846, 16 Oktober 2019.
- Reza, P., Abdillah, T. (2020). Mahasiswa teknik mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Tjut Nyak Dhien Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Tjut Nyak Dhien Vol. 1 No. 2 Edisi Oktober - Maret.
- Samlawi, A.K, (2015). Teori Dasar Motor Diesel. Banjarbaru. ISBN: 978-602-9092-73-8.
- R. El-Araby, Ashraf Amin, A.K. El Morsi, N.N. El-Ibiari, G.I. El-Diwani. (2018). “Study on the characteristics of pal oil-biodiesel-diesel fuel blend”. *Egyptian Journal of Petroleum* 27 187-194
- Reza, P., Abdillah, T. (2020). Mahasiswa teknik mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Tjut Nyak Dhien Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Tjut Nyak Dhien Vol. 1 No. 2 Edisi Oktober - Maret.
- Samlawi, A.K, (2015). Teori Dasar Motor Diesel. Banjarbaru. ISBN: 978-602-9092-73-8.
- Santoso, A., Rusdi, M., & Sumari. (2021). Sintesis metil ester dari minyak biji tembakau (*Voor-Oogst*) dengan Katalis KoH menggunakan gelombang ultrasonik.
- Setiawan, I.C., Setiyo, M. (2022). Diesel ramah lingkungan yang terbarukan dan berkelanjutan (D100) untuk mencapai emisi nol bersih di sektor transportasi Indonesia, *Autom.* 1–2, <https://doi.org/10.31603/ae.6895>.
- Setiyo, M., Setiawan, I.C., (2022). *Renewable and sustainable green diesel (D100) for achieving net zero emission in Indonesia transportation sector*, *Autom. Exp.* 5 (1) (2022) 1–2, <https://doi.org/10.31603/ae.6895>.
- Soly, A., Alias, M. P., Iype, M. P., Jolly, J., Sankar, V., Babu, K. J., & Baby, D. K. (2021). *Materials Today: Proceedings Optimization of biodiesel production by transesterification of palm oil and evaluation of biodiesel quality. Materials Today: Proceedings*, 42, 1002 –1007. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.995>.
- Sudarmanta, B., Winangun, K., & Setiawan, A. (2023). *The combustion characteristics and performance of a Diesel Dual-Fuel (DDF) engine fueled by palm oil biodiesel and hydrogen gas*.
- Suharso, & Wibisono, Y. (2018). Pengujian Performansi Mesin Disel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Campuran Solar Dan Minyak Kelapa (*Virgin Coconut Oil*).
- Sugiantoro, Shah, M., & Haryono, E. (2023). Analisis Unjuk Kerja Four Stroke Diesel Engine Menggunakan Bahan Bakar Multi-Feedsstock Biodiesel Menggunakan (Minyak Kelapa Sawit, Minyak Kelapa, Minyak Jagung).
- Sugiyono. (2008). metode penelitian kualitatif ,kualitatif dan r&d. Metode. Metode Penelitian, 1(5). Sugiyono. (2022). Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif
- Winangun, K., Setiawan, A., & Sudarmanta, B. (2023). Karakteristik pembakaran dan kinerja mesin *Diesel Dual-Fuel* (DDF) berbahan bakar biodiesel minyak sawit dan gas hidrogen.
- Winoko, S., Prasetyo, I., & Hartanto, B. (2021). Analisis performa mesin diesel *direct injection* menggunakan campuran biodiesel B20. *Jurnal Rekayasa Energi dan Mesin*, 6(3), 145–153.
- Winoko, Y.A., et. al., (2019). "Analysis of the Mixture Fuels to the Performance of Diesel Engine, " *Journal of Energy, Mechanical, Material, and Manufacturing Engineering*, Vol.4, No. 2, November 2019.
- Yuliani, T., Anugrah, R., Mardawati, E., & Putri, S.H. (2020). Karakterisasi Bioetanol Tandan Kosong

Kelapa Sawit Dengan Metode Pemurnian Adsorpsi
(Adsorpsi Menggunakan Adsorben Berupa Zeolit)
Program Studi Teknologi Industri Pertanian,
Universitas Padjadjaran.

Zakaria, H., Khalid, A., Sies, M. F., Mustaffa, N., &
Manshoor, B. (2014). *Effect of storage temperature
and storage duration on biodiesel properties and
characteristics. In Applied Mechanics and Materials*
(Vol. 465, pp. 316- 321).

Zein, N., Martin, M., & Anwar, S., Analisa Perbandingan
Bahan Bakar Solar Dengan Biodiesel B-20 Minyak
Kelapa Sawit Terhadap *Performance Engine Komatsu
Saa12v140e-3 Comparative Analysis Of Solar Fuel
With Biodiesel B-20 Oil Palm Oil On Komatsu
Performance Engine Saa12v140e3*, Departemen
Teknik Mesin Universitas Islam Assyafi'iyah Jakarta

