



Unjuk kerja mesin diesel berbahan bakar biodiesel campuran jatropa – sawit 4 : 1

Performance of Diesel engine running on 4:1 jatropa-sawit biodiesel blend

W. Wahyudi*, M. Nadjib, S.M. Mahottama

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jalan Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183. HP 081578800044

* E-mail: wahyudi@ft.umy.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 23 September 2023

Accepted 24 March 2024

Available online 01 April 2024

Keywords:

Biodiesel

Jatropa

Palm

Spray angle

SFC



The increasing need for energy and environmental problems caused by the use of fossil fuels make the development of alternative fuels very important. This research aims to explore the potential of a jatropa-palm biodiesel combination with a 4:1 composition as an alternative fuel. The methods employed include esterification and transesterification of both oils, along with physical property testing and diesel engine performance. Results indicate an increase in density and viscosity with increasing biodiesel concentration, while the calorific value decreases. The fuel injection angle also changes with a higher biodiesel proportion. The diesel engine exhibits variations in rotational speed and power depending on the load and type of fuel. Specific Fuel Consumption (SFC) increases with engine load. In conclusion, the jatropa-palm biodiesel combination holds potential as an alternative diesel engine fuel.

Dinamika Teknik Mesin, Vol. 14, No. 1, April 2024, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri yang pesat dalam beberapa dekade terakhir ini menimbulkan kebutuhan energi yang semakin meningkat. Energi adalah salah satu pilar penting dari setiap industri dan peradaban modern. Namun, kebutuhan energi tersebut selama ini banyak terpenuhi oleh bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Bahan bakar fosil tidak hanya terbatas dan berpotensi habis, tetapi juga menjadi salah satu penyebab utama polusi lingkungan dan perubahan iklim global (Afandi dan Wibawa, 2022). Emisi gas rumah kaca, debu, dan polutan lainnya dari pembakaran bahan bakar fosil menjadi masalah lingkungan yang serius.

Salah satu alternatif yang menjanjikan adalah penggunaan biodiesel yang dibuat dari minyak nabati (Deshmukh dkk., 2021). Biodiesel memiliki beberapa kelebihan, termasuk emisi yang lebih rendah (Xu dkk., 2022), sumber yang terbaru, dan potensial untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. Namun, biodiesel juga memiliki beberapa kelemahan, seperti biaya produksi yang relatif tinggi dan isu-isu keberlanjutan, terutama jika bahan baku yang digunakan adalah minyak yang umumnya digunakan untuk pangan.

Minyak jatropa merupakan salah satu alternatif bahan baku untuk biodiesel yang telah menarik banyak perhatian. Kelebihan dari minyak jatropa adalah tidak bersaing dengan kebutuhan pangan karena biji jatropa tidak dapat dikonsumsi. Namun, minyak ini memiliki kelemahan berupa viskositas yang tinggi yang dapat mempengaruhi performa mesin (Wahyudi dkk., 2019).

Sementara itu, minyak sawit merupakan salah satu sumber minyak nabati terbesar di dunia dan banyak digunakan sebagai bahan pangan (Susanto, 2020). Meskipun memiliki rendemen yang tinggi dan biaya produksi yang rendah, penggunaan minyak sawit sebagai bahan bakar menimbulkan isu keberlanjutan dan etika, terutama terkait dengan deforestasi dan perubahan penggunaan lahan.

Sejauh ini, banyak penelitian telah dilakukan untuk menguji kinerja biodiesel dari minyak jatropha dan minyak sawit. Namun, penelitian yang mengkombinasikan kedua jenis minyak ini masih jarang dilakukan. Padahal, kombinasi ini memiliki potensi untuk saling mengisi kelebihan dan kekurangan masing-masing bahan baku. Penelitian ini bertujuan untuk menguji unjuk kerja mesin diesel yang menggunakan campuran biodiesel jatropha-sawit dengan komposisi 4:1. Parameter yang akan diuji meliputi sifat fisik biodiesel seperti viskositas, densitas, dan nilai kalor, serta karakteristik injeksi bahan bakar dan konsumsi bahan bakar spesifik. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru dalam pengembangan sumber energi terbarukan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang hanya fokus pada penggunaan biodiesel dari satu jenis minyak, penelitian ini mengintegrasikan minyak jatropha dan sawit dengan komposisi unik 4:1, sebagai perspektif baru dalam mengoptimalkan sifat fisik bahan bakar.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Bahan

Penelitian ini menggunakan dua jenis minyak sebagai bahan baku biodiesel. Minyak jatropha diperoleh dari TEKUN JAYA di Yogyakarta, dan minyak sawit didapatkan dari CV M&H Farm di Bogor. Sifat-sifat khas dari kedua jenis minyak ini dijelaskan dalam Tabel 1 di bagian selanjutnya.

Tabel 1. Sifat fisik minyak jatropha dan minyak sawit

Sifat fisik	Minyak Jatropha	Minyak Sawit
Densitas, 40°C (kg/m ³)	937,74	862,65
Viskositas, 40°C (cSt)	193,55	46,6
Titik nyala (°C)	311,6	305,3
Nilai kalor (MJ/kg)	37,19	39,34

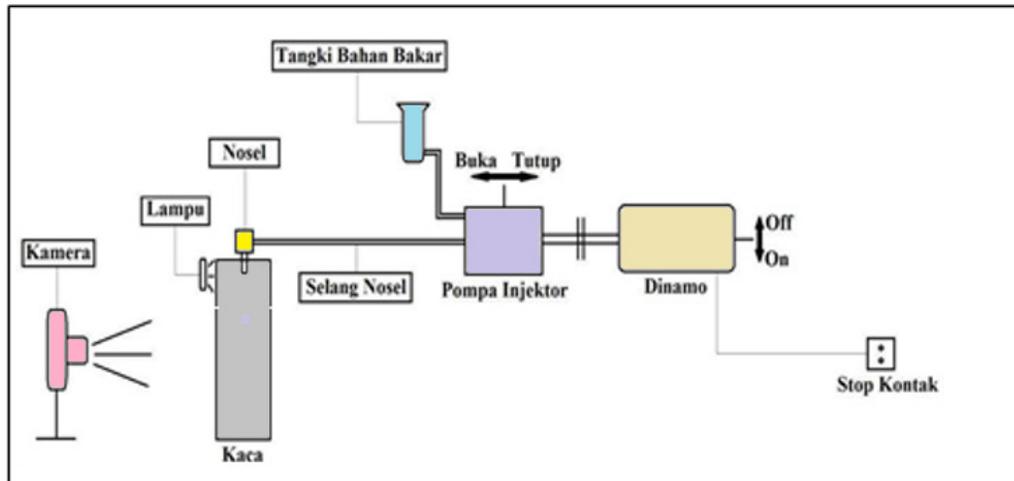
2.2. Proses pembuatan biodiesel

Biodiesel diproduksi melalui dua tahap reaksi kimia: esterifikasi dan transesterifikasi. Pada tahap pertama, minyak jatropha dan minyak sawit dicampur dalam rasio volume 4:1. Campuran ini kemudian dipanaskan hingga 60°C sambil diaduk. Esterifikasi dilakukan dengan menambahkan methanol sejumlah 22,5% dari volume minyak, yang sebelumnya sudah digabung dengan asam sulfat (H₂SO₄) sebesar 0,5% dari volume minyak, pada suhu 60°C selama satu jam. Setelah ini, campuran dibiarkan selama 12 jam untuk memisahkan gliserol dari minyak. Minyak yang sudah terpisah kemudian dibilas dengan air pada suhu 65°C, sebelum dikeringkan pada suhu 105°C untuk menghilangkan kandungan air.

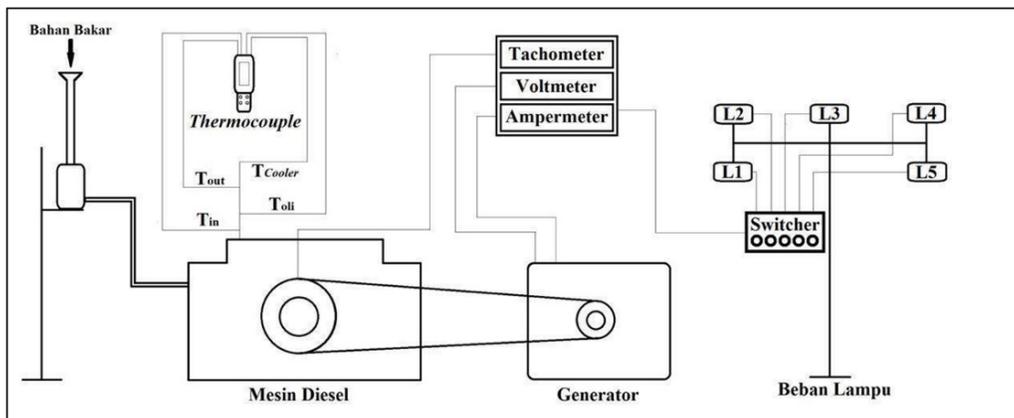
Transesterifikasi adalah tahap berikutnya, yang melibatkan reaksi antara hasil esterifikasi dengan methanol (sejumlah 15% dari volume minyak), yang sudah dicampur dengan katalis basa kalium hidroksida (KOH) sebesar 1% dari volume minyak. Proses ini dilakukan pada suhu 60°C selama satu jam. Hasil dari ini kemudian dibilas dan dikeringkan untuk mendapatkan biodiesel murni atau metil ester. Selanjutnya berbagai campuran dengan minyak diesel dibuat dengan rasio B5, B10, B15, dan B20, dengan tujuan untuk memperbaiki karakteristik fisik biodiesel. Proses pencampuran ini dilakukan pada suhu 70°C selama satu jam.

2.3. Evaluasi karakteristik fisik dan kinerja mesin

Setiap sampel diuji untuk mengetahui sifat fisiknya, termasuk densitas, viskositas, nilai kalor, dan titik nyala. Pengujian densitas dilakukan dengan cara menimbang 50 ml sampel pada suhu 40°C menggunakan timbangan digital Fujitsu FS-AR210. Pengukuran viskositas sampel pada suhu 40°C dilakukan menggunakan NDj 8 S Viscometer. Pengujian nilai kalor dilakukan sesuai metode ASTM D 240 - 02, menggunakan Bomb Calorimeter Parr 6050. Flash point diukur menggunakan metode Cleveland Open Cup. Selain itu, pengujian karakteristik injeksi juga dilakukan untuk mengukur sudut injeksi bahan bakar. Skema alat uji injeksi disajikan pada Gambar 1. Kinerja mesin diesel diuji menggunakan mesin merk Jiangdong, dengan beban antara 1 hingga 5 lampu, masing-masing berdaya 500 watt. Dari pengujian ini, data seperti kecepatan putaran mesin, daya listrik, dan laju konsumsi bahan bakar dikumpulkan untuk analisis lebih lanjut mengenai konsumsi bahan bakar spesifik. Skema alat untuk pengujian kinerja mesin ditampilkan pada Gambar 2. Seluruh pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Gambar 1. Skema pengujian karakteristik injeksi



Gambar 2. Skema pengujian unjuk kerja mesin diesel

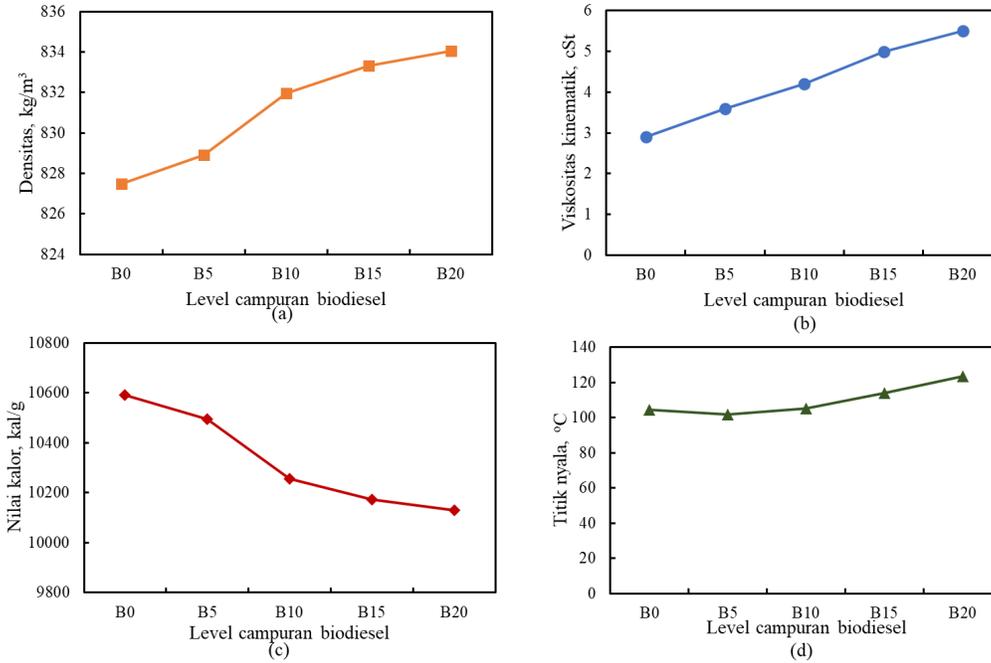
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sifat fisik bahan bakar

Sifat fisik minyak solar dan biodiesel campuran jatropha-sawit (4:1) meliputi densitas, viskositas, nilai kalor dan titik nyala telah diukur, yang hasilnya disampaikan pada Tabel 2. Sedangkan hasil pengukuran sifat fisik campuran biodiesel dan minyak solar disajikan dalam grafik pada Gambar 3.

Tabel 2. Sifat fisik minyak solar dan biodiesel jatropha-sawit (4:1)

Nama sample	Viskositas Kinematik (cSt)	Densitas (kg/m ³)	Flashpoint (°C)	Nilai Kalor (cal/g)
Solar	2,9	827,5	104,3	10592,2
B100	16,4	883.364	174,4	9047,2848



Gambar 3. Sifat fisik campuran biodiesel jatropha-sawit dengan minyak solar, (a) densitas, (b) viskositas kinematik, (c) nilai kalor dan (d) titik nyala.

Densitas adalah massa per unit volume dari suatu bahan dan ini sangat penting dalam konteks bahan bakar karena mempengaruhi proses pembakaran serta performa mesin. Densitas yang lebih tinggi umumnya berarti bahwa lebih banyak energi tersimpan dalam volume yang sama (Acharya dkk., 2017), tetapi ini juga bisa mempengaruhi laju aliran dan injeksi bahan bakar. Semakin tinggi densitas bahan bakar menyebabkan turunnya kecepatan pembakaran (Winarko dkk., 2022). Data menunjukkan bahwa densitas meningkat dari 827,5 kg/m³ pada solar murni hingga 834,07 kg/m³ pada campuran B20. Penambahan biodiesel tampaknya meningkatkan densitas, yang bisa menjadi keuntungan dalam hal efisiensi energi, tetapi ini juga perlu diimbangi dengan faktor-faktor lain seperti viskositas dan nilai kalor.

Viskositas adalah ukuran dari resistensi suatu fluida terhadap aliran dan ini sangat krusial dalam aplikasi mesin diesel. Bahan bakar dengan viskositas yang terlalu tinggi bisa menyebabkan masalah pada sistem injeksi dan pembakaran yang tidak efisien (Acharya dkk., 2017). Dari data pada Gambar 3 (b), viskositas meningkat secara signifikan dari 2,9 cSt pada solar menjadi 5,5 cSt pada campuran B20. Meskipun peningkatan viskositas bisa berdampak negatif pada performa mesin, campuran seperti B5 dan B10 menunjukkan peningkatan viskositas yang masih dalam kisaran yang dapat diterima untuk sebagian besar mesin diesel.

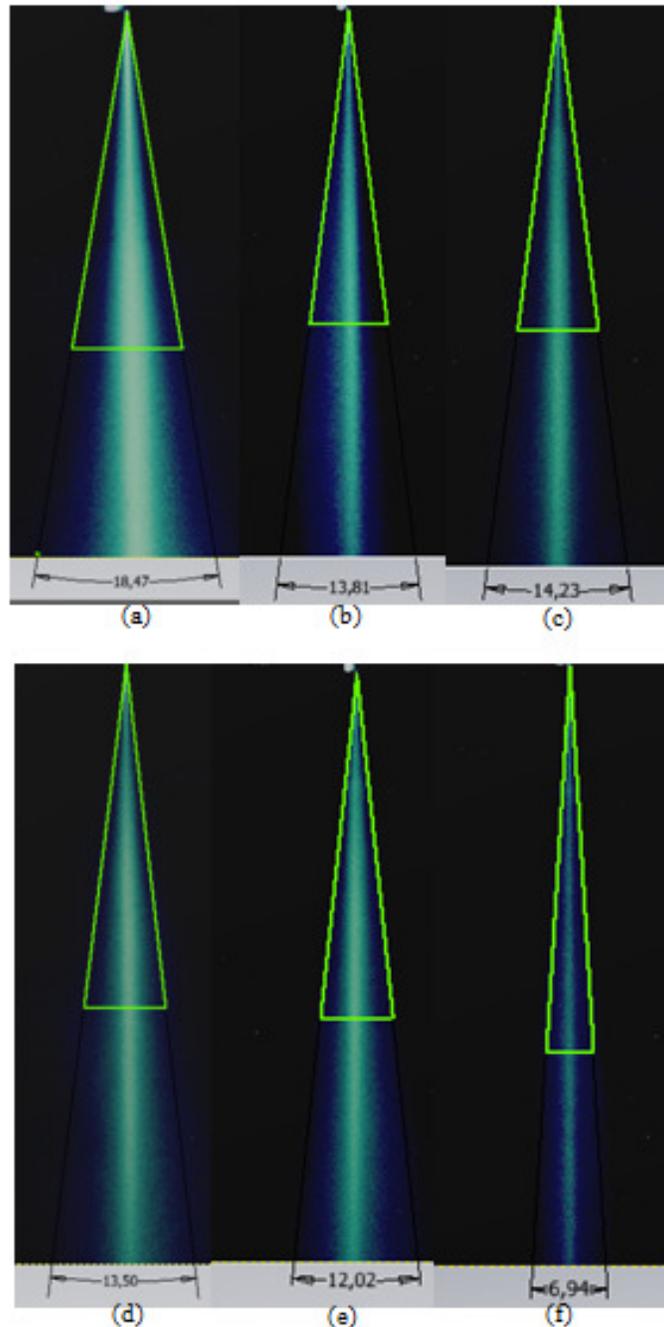
Nilai kalor adalah jumlah energi yang dihasilkan per unit massa atau volume saat bahan bakar dibakar. Ini adalah faktor kunci dalam menentukan efisiensi energi dari bahan bakar (Silitonga dkk., 2013). Dari solar dengan nilai kalor 10.592,2 cal/g, terdapat penurunan pada campuran biodiesel, dengan B20 memiliki nilai kalor terendah 10.130,3 cal/g. Meskipun penurunan ini menandakan bahwa campuran biodiesel mungkin tidak seefisien solar dalam menghasilkan energi, tetapi ini perlu dilihat dalam konteks keberlanjutan dan dampak lingkungan.

Flash point atau titik nyala adalah suhu di mana bahan bakar mulai menguap untuk membentuk campuran udara-bahan bakar yang bisa terbakar. Ini adalah parameter penting untuk menilai keamanan pengangkutan dan penyimpanan bahan bakar (Silitonga dkk., 2013). Data menunjukkan bahwa titik nyala meningkat dari 104,3°C pada solar menjadi 123,6°C pada campuran B20, dan menjadi sangat tinggi pada B10 dengan 174,4°C. Kenaikan ini menunjukkan bahwa campuran biodiesel cenderung lebih aman dalam hal penyimpanan dan pengangkutan dibandingkan dengan solar murni.

3.2. Sudut injeksi bahan bakar

Masing-masing sampel bahan bakar diukur sudut injeksinya. Hasil pengukuran injeksi ditampilkan pada Gambar 4. Sudut semprotan penetrasi atau sudut injeksi bahan bakar merujuk pada sudut yang terbentuk oleh aliran bahan bakar saat disemprotkan ke dalam ruang bakar mesin. Parameter ini sangat penting karena

mempengaruhi sejauh mana bahan bakar akan mencampur dengan udara, yang pada gilirannya mempengaruhi efisiensi pembakaran dan emisi (Zhao dkk., 2019). Dari data yang diperoleh, terlihat bahwa sudut semprotan penetrasi menurun secara signifikan dari solar (18,47°) hingga B100 (6,94°). Ini menunjukkan bahwa campuran biodiesel memiliki karakteristik semprotan yang lebih sempit dibandingkan dengan solar murni, yang bisa berpengaruh pada efisiensi pembakaran.

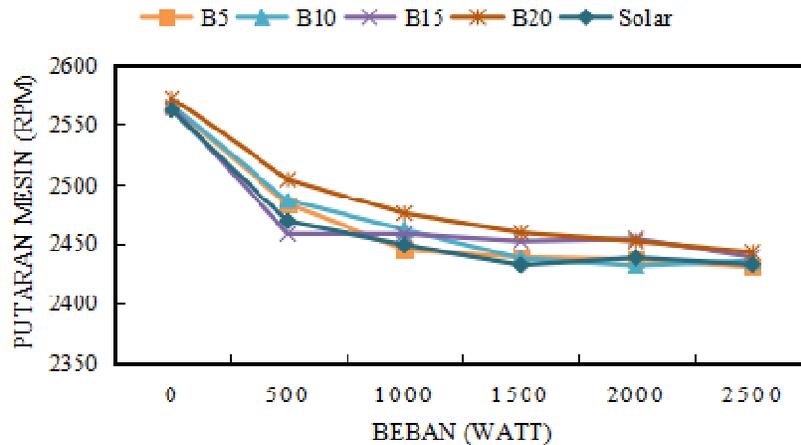


Gambar 4. Injeksi sampel bahan bakar (a) solar, (b) B5, (c) B10, (d) B15, (e) B20, dan 9d) B100.

Sudut injeksi yang lebih sempit pada campuran biodiesel kemungkinan besar terkait dengan sifat fisik bahan bakar, terutama densitas dan viskositas. Densitas yang lebih tinggi pada biodiesel bisa mempengaruhi

aliran bahan bakar, sementara viskositas yang lebih tinggi akan menyebabkan resistensi lebih besar terhadap aliran bahan bakar (Rafdi dkk., 2022). Hal tersebut dapat mengurangi sudut semprotan penetrasi. Terutama pada B100, dengan viskositas 16,4 cSt, sudut injeksinya paling sempit, yakni 6,94°, yang bersesuaian dengan viskositas yang tinggi dari bahan bakar ini. Dalam konteks ini, sifat fisik seperti densitas dan viskositas memiliki dampak langsung pada sudut injeksi. Campuran dengan densitas dan viskositas yang lebih tinggi cenderung menunjukkan sudut injeksi yang lebih sempit.

3.3. Unjuk kerja mesin diesel



Gambar 5. Perbandingan putaran mesin (rpm) terhadap beban lampu.

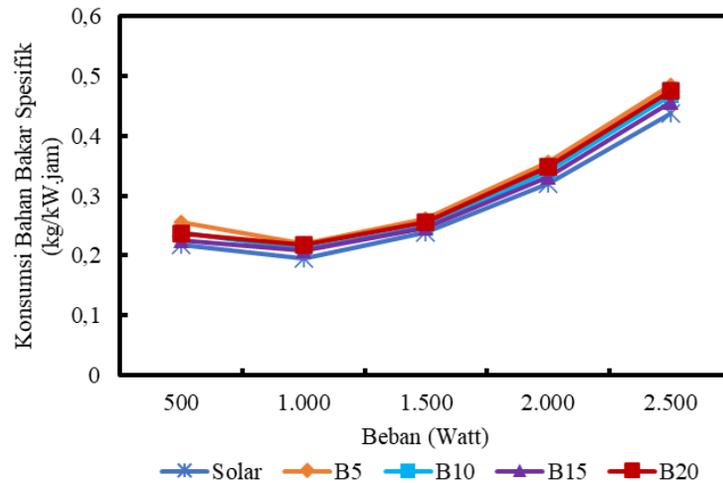
Berdasarkan data pada Gambar 5, terlihat bahwa kecepatan putar mesin (rpm) cenderung menurun saat beban meningkat, untuk semua jenis bahan bakar yang digunakan. Meski demikian, kecepatan putar mesin tetap berada dalam rentang yang relatif serupa di antara berbagai jenis bahan bakar. Hal ini menunjukkan bahwa mesin mampu mempertahankan performanya dalam berbagai beban meskipun menggunakan bahan bakar dengan karakteristik yang berbeda.

Performa mesin diesel yang diukur dalam eksperimen ini bisa dipengaruhi oleh sifat fisik bahan bakar, termasuk densitas dan viskositas, serta sudut injeksi. Mesin yang menggunakan bahan bakar dengan densitas dan viskositas yang lebih tinggi cenderung menunjukkan kecepatan putar mesin yang lebih rendah. Selain itu, sudut injeksi yang lebih sempit pada bahan bakar biodiesel dapat mempengaruhi efisiensi pembakaran, yang kemungkinan mempengaruhi daya dan kecepatan putar mesin (Saputro dkk., 2020).

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption* atau SFC) adalah ukuran yang menunjukkan berapa banyak bahan bakar yang dibutuhkan oleh sebuah mesin untuk menghasilkan satu kilowatt jam (kW.jam) daya. SFC adalah indikator penting efisiensi mesin karena menggambarkan hubungan antara bahan bakar yang dikonsumsi dan daya yang dihasilkan. Mesin dengan SFC yang lebih rendah akan lebih efisien, mengkonsumsi lebih sedikit bahan bakar untuk menghasilkan daya yang sama dibandingkan dengan mesin dengan SFC yang lebih tinggi.

Berdasarkan data yang diperoleh, SFC cenderung meningkat dengan peningkatan beban pada semua jenis bahan bakar yang diuji (Gambar 6). Hal ini menunjukkan bahwa mesin menjadi kurang efisien saat beban meningkat. Selain itu, SFC untuk biodiesel (B5, B10, B15, B20) umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan solar pada setiap tingkat beban. Ini bisa menjadi indikasi bahwa biodiesel memerlukan lebih banyak bahan bakar untuk menghasilkan daya yang sama, yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti densitas dan viskositas yang berbeda (Saputro dkk., 2020).

SFC yang lebih tinggi pada bahan bakar biodiesel bisa terkait dengan sifat fisiknya. Misalnya, densitas dan viskositas yang lebih tinggi pada biodiesel bisa mempengaruhi efisiensi pembakaran (Zhang dkk., 2022), sehingga memerlukan lebih banyak bahan bakar untuk menghasilkan daya yang sama. Selain itu, sudut injeksi yang lebih sempit pada biodiesel juga bisa mempengaruhi efisiensi pembakaran dan akhirnya SFC.



Gambar 6. Perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik menggunakan bahan bakar solar dan biodiesel B5, B10, B15, B20 terhadap beban lampu.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menyelidiki pembuatan dan penggunaan biodiesel dari minyak jatropha dan minyak sawit sebagai bahan bakar alternatif. Parameter kunci seperti densitas, viskositas, nilai kalor, dan titik nyala telah diukur dan dibandingkan antara biodiesel dan solar. Selain itu, studi ini juga dilakukan evaluasi performa mesin diesel saat menggunakan berbagai formulasi biodiesel, meliputi pengukuran sudut injeksi, SFC (Specific Fuel Consumption), kecepatan putar mesin, dan daya mesin.

Dari hasil analisis data, dapat disimpulkan bahwa biodiesel memiliki sifat fisik yang berbeda dibandingkan solar, dan perbedaan ini mempengaruhi performa mesin diesel. Meski biodiesel memiliki beberapa kelebihan, namun biodiesel cenderung kurang efisien dari sudut pandang SFC dibandingkan dengan solar. Hal tersebut disebabkan karena densitas dan viskositas biodiesel yang lebih tinggi, yang mempengaruhi SFC dan efisiensi mesin. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan pentingnya mempertimbangkan efek sifat fisik dan sudut injeksi bahan bakar pada performa mesin, khususnya dalam konteks efisiensi bahan bakar.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, N., Nanda, P., Panda, S. Acharya, S., Analysis of properties and estimation of optimum blending ratio of blended mahua biodiesel, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 20(2), 511–517, 2017.
- Afandi, J., Wibawa, A., Implementasi energi terbarukan dan urgensinya dalam lingkungan hidup society 5.0, *Jurnal Inovasi Teknologi Dan Edukasi Teknik*, 2(1), 44–49, 2022.
- Deshmukh, G.K., Rehman, A., Gupta, R., Combustion and emission characteristics of a compression-ignition engine fuelled with transesterified-jatropha biodiesel-diesel blends, *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, 11(2), 899–907, 2021.
- Rafdi, M.H.A., Ilminnafik, N., Djumhariyanto, D., Setyawan, D.L., Sutjahjono, H., Sanata, A., Hardiatama, I., Uji variasi temperatur dan campuran bahan bakar terhadap karakteristik spray, *Dinamika Teknik Mesin*, 12(1), 78–83, 2022.
- Saputro, W., Sentanuhady, J., Majid, A.I., Prasadha, W., Gunawan, N.P., Raditya, T.Y., Karakteristik unjuk kerja mesin diesel menggunakan bahan bakar B100 dan B20 dalam jangka panjang, *Journal of Mechanical Design and Testing*, 2(2), 125–136, 2020.
- Silitonga, A.S., Masjuki, H.H., Mahlia, T.M.I., Ong, H.C., Chong, W.T., Boosroh, M.H., Overview properties of biodiesel diesel blends from edible and non-edible feedstock, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22(3) 46–60, 2013.
- Susanto, D.A., Daya saing ekspor produk CPO Indonesia dan potensi hilirisasi diolah menjadi biodiesel, *Jurnal Perspektif Bea Dan Cukai*, 4(2), 64–76, 2020.
- Wahyudi, W., Sasuta, A., Nadjib, M., Pengaruh komposisi biodisel jagung terhadap sifat-sifat campuran biodisel jatropha-jagung, *Semesta Teknika*, 22(2), 176–182, 2019.
- Winarko, W.A., Ilminnafik, N., Kustanto, M.N., Perdana, D., Karakteristik pembakaran droplet minyak nabati Indonesia, *Dinamika Teknik Mesin*, 12(2) 103–110, 2022.

- Xu, H., Ou, L., Li, Y., Hawkins, T.R., Wang, M., Life cycle greenhouse gas emissions of biodiesel and renewable diesel production in the United States, *Environmental Science & Technology*, 56, 7512-7521, 2022.
- Zhang, Y., Zhong, Y., Lu, S., Zhang, Z., Tan, D., A comprehensive review of the properties, performance, combustion, and emissions of the diesel engine fueled with different generations of biodiesel, *Processes*, 10(6) 1178, 2022.
- Zhao, W., Wei, H., Jia, M., Lu, Z., Luo, K.H., Chen, R., Zhou, L., Flame-spray interaction and combustion features in split-injection spray flames under diesel engine-like conditions, *Combustion and Flame*, 210, 204–221, 2019.