

Analisis Pengaruh Angka Peroksida pada *Multi-Feedstock* Biodiesel Terhadap Uji Performa Diesel Empat Langkah

Lely Pramesti^{1*}, Dinda Rizka Fadhillah², Eky Novianarenti³, Muhammad Faruq As'ary⁴

^{1,3,4} Prodi Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

² Prodi Teknik Kimia, Politeknik Teknologi Kimia Industri, Medan, Indonesia

Email Penulis Korespondensi: ¹lelypramesti@ppns.ac.id

Abstrak— Angka peroksida salah satu properti yang terdapat dalam kandungan biodiesel. Menurut penelitian terdahulu semakin tinggi peroksida maka angka setana juga akan meningkat, efeknya dapat mengurangi waktu ignition delay yang berpengaruh terhadap unjuk kerja motor diesel. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh angka peroksida dalam bahan bakar campuran multi-feedstock biodiesel terhadap unjuk kerja motor diesel 4 langkah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental terhadap motor diesel 4 langkah yang diuji dengan campuran multi-feedstock biodiesel berbahan baku minyak kelapa sawit, minyak jelantah dan lemak sapi. Hasil pengujian karakteristik B20, B35 dan B100 menunjukkan bahwa angka peroksida berdampak pada karakteristik biodiesel yang lain. Titik nyala, angka setana dan viskositas memiliki angka tinggi selaras dengan tingginya angka peroksida, sementara nilai kalori cenderung lebih rendah. Uji performa pada motor diesel 4 langkah pada beban maksimum 3000 Watt dan putaran maksimum 1050 rpm menunjukkan bahwa pemakaian bahan bakar B100 yang mengandung angka peroksida tertinggi memberikan performa terbaik. Daya maksimum yang dihasilkan sebesar 1,57 kW dan torsi maksimum sebesar 14,27 Nm dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar B20 dan B35 yang memiliki angka peroksida lebih rendah. Sedangkan konsumsi bahan bakar spesifik B100 cenderung lebih besar sekitar 717,22 g/kWh daripada B35 maupun B20 yang memiliki angka peroksida yang lebih rendah. Hal ini bisa terjadi diperkirakan karena adanya perbedaan karakteristik bahan bakar seperti nilai viskositas yang tinggi dan nilai kalori yang rendah pada B100 yang berpengaruh pada proses atomisasi bahan bakar.

Kata Kunci: Angka Peroksida, Multi-feedstock, Biodiesel, Performa, Motor Diesel

Abstract— Peroxide number is one of the properties contained in biodiesel. According to previous research, the higher the peroxide, the cetane number will also increase, the effect of which can reduce the ignition delay which affects the performance of diesel engine. This research aims to analyze the effect of peroxide number in multi-feedstock biodiesel on the performance of a 4-stroke diesel engine. This research used an experimental method on a 4-stroke diesel engine which was tested with a multi-feedstock biodiesel made from palm oil, waste cooking oil and beef tallow. The results of testing the characteristics of B20, B35 and B100 show that this peroxide number has an impact on other biodiesel characteristics. Flash point, cetane number and viscosity have high numbers in line with high peroxide numbers, while calorific value tends to be lower. Performance tests on 4-stroke diesel engine at a maximum load of 3000 Watts and maximum rotation of 1050 rpm show that use B100 fuel which contains the highest peroxide number provides the best performance. The maximum power produced is 1.57 kW and maximum torque is 14.27 Nm compared to using B20 and B35 fuel which have lower peroxide numbers. Meanwhile, the specific fuel consumption of B100 tends to be greater around 717.22 g/kWh, than B35 or B20 which have lower peroxide numbers. This could be expected to occur due to differences in fuel characteristics such as high viscosity and low calorific values in B100 which influence the fuel atomization process.

Keywords: Peroxide Number, Multi-feedstock, Biodiesel, Performance, Diesel Engine

I. PENDAHULUAN

Menurut Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia tahun 2021 yang dirilis oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), menunjukkan bahwa tren konsumsi BBM mulai mengalami peningkatan sejak tahun 2021. Pada tahun 2022 hingga bulan Juli konsumsi Paltel telah mencapai 105,67 juta barel dan solar sebanyak 62,27 juta barel [1]. Padahal tren meningkatnya BBM ini tidak diiringi dengan kenaikan jumlah produksi minyak mentah [2]. Produksi minyak mentah Indonesia bahkan mengalami penurunan sejak 2016 lalu. Sehingga pemerintah pun mengimpor minyak mentah dan BBM untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Ketergantungan Indonesia dalam menggunakan bahan bakar fosil ini setiap tahun menjadi permasalahan yang butuh diberikan solusi termasuk dengan cara mencari sumber energi alternatif. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan dapat diproduksi

dengan mengonversi minyak nabati dan lemak hewani menggunakan metanol atau etanol melalui proses transesterifikasi yaitu reaksi antara trigliserida dari minyak dengan alkohol dimana yang sering dipakai adalah metanol menggunakan katalis basa membentuk metil ester dan gliserol [3].

Minyak nabati yang umum digunakan sebagai bahan baku biodiesel adalah minyak kedelai, minyak lobak, minyak jagung, minyak kelapa sawit, minyak jelantah, lemak kuning dan minyak jarak [4]. Dalam penelitian sebelumnya biodiesel yang digunakan biasanya berasal dari satu jenis bahan baku minyak. Hal ini tergantung pada jenis minyak nabati yang digunakan dan produksi di suatu negara, sehingga mengurangi fleksibilitas operasi. Tidak semua negara memiliki produksi minyak nabati yang besar yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk biodiesel. Sebagai contoh, minyak kedelai menjadi komoditas terbesar yang digunakan di Amerika Serikat. Namun, tidak bisa diaplikasikan sebagai bahan baku utama di Indonesia

karena diklasifikasikan sebagai komoditas pangan. Selain itu, minyak kedelai masih diimpor dari negara lain karena produksinya hanya mencukupi 43% dari kebutuhan kedelai [5]. Selain itu, tidak semua jenis minyak nabati tersedia sepanjang tahun. Oleh karena itu, penggunaan beberapa jenis minyak nabati sebagai bahan baku *multi-feedstock* bisa menjadi solusi yang lebih baik di masa depan. Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan sebagai biodiesel berasal dari minyak sawit, minyak jelantah dan lemak sapi.

Penggunaan *multi-feedstock* biodiesel pada penelitian ini berasal dari minyak nabati yang dilansir mengandung angka peroksida, apalagi minyak jelantah yang mengalami pengulangan penggorengan sehingga membuat kandungan angka peroksida pada minyak jelantah ini lebih tinggi dari batas angka peroksida yang dikeluarkan oleh Departemen Perindustrian Republik Indonesia [6]. Angka peroksida sangat penting untuk identifikasi tingkat oksidasi minyak. Angka peroksida ini biasanya digunakan untuk menentukan kualitas yaitu degradasi minyak atau untuk menentukan derajat kerusakan minyak [7]. Meskipun nilai peroksida tidak ditentukan dalam standar bahan bakar biodiesel, namun parameter ini dapat mempengaruhi *methyl ester content* dan *cetane number* serta parameter lain yang ditentukan dalam standar bahan bakar [8]. Cara yang sering digunakan dalam penentuan angka peroksida adalah dengan metode titrasi iometri. Waktu penyimpanan dan kondisi penyimpanan biodiesel ini juga berpengaruh terhadap kualitas biodiesel sehingga pemakaian biodiesel dalam jangka panjang juga berpengaruh terhadap performa dan komponen motor diesel [9] [10].

Pada penelitian sebelumnya tingkat oksidasi biodiesel dinyatakan dengan nilai peroksida. Semakin tinggi bilangan peroksida maka nilai *cetane number* juga akan meningkat, efeknya dapat mengurangi waktu *ignition delay* [11] [12]. *Ignition delay* akan berpengaruh terhadap performa motor diesel. Bahan bakar biodiesel teroksidasi mempunyai karakteristik pembakaran lebih baik dibandingkan dengan solar, pada rentang beban kecil sampai dengan menengah yang diindikasikan dengan daya yang lebih besar daripada solar yaitu sebesar 12,37%. Namun, BSFC dari bahan bakar tersebut lebih tinggi 4,84% daripada solar [13].

Sesuai dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh angka peroksida yang terdapat di dalam campuran *multi-feedstock* biodiesel terhadap performa motor diesel. Biodiesel campuran akan diproduksi melalui proses transesterifikasi kemudian dilakukan pengujian *properties* sesuai SNI *standard*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan menggunakan motor diesel 4 langkah yang diuji dengan campuran *multi-feedstock* biodiesel dan solar dengan perbandingan B20, B35, B100. Untuk mendapatkan data yang lebih akurat pengujian juga dilakukan dengan variasi putaran dan beban pada motor diesel tersebut.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen di laboratorium. Pengerjaan dimulai dengan *engine setup* pada motor diesel yang digunakan untuk pengujian, hal ini digunakan untuk mengetahui karakteristik motor diesel yang sebenarnya. Spesifikasi motor diesel dan generator dalam penelitian ini tercatat dalam Tabel 1. Proses *engine set up* sama halnya seperti pengujian performa motor diesel pada umumnya, dalam hal ini menggunakan standar pengujian SNI 7553:2010.

Tabel 1. Spesifikasi *Diesel Engine* dan Generator

Spesifikasi	
Model Mesin	4 Cycle, Dong Feng R180A Hopper
Daya Maksimum	8 HP
Kecepatan Putaran	2600 rpm
Jumlah Silinder	1
Model Mesin	A.C. Synchronous Generator STC-5
Daya Maksimum	5 kW/ 6,3 kVa
Voltage	380/660 V
Jumlah Phase	3
Kecepatan Putaran	1500 rpm
Frekuensi	50 Hz

Dari hasil evaluasi pada *engine set up* ditentukan beban maksimum motor diesel adalah 3000 Watt, putaran maksimum 1050 rpm. Daya dan torsi maksimum dicapai pada putaran 1050 rpm. Prestasi mesin inilah yang digunakan untuk membandingkan kinerja motor diesel dalam berbagai variasi bahan bakar.

Selanjutnya, pembuatan *multi-feedstock* biodiesel dilakukan melalui proses esterifikasi pada setiap bahan baku, dalam penelitian ini menggunakan minyak kelapa sawit, minyak jelantah dan lemak sapi. Dilanjutkan dengan proses transesterifikasi yakni mereaksikan trigliserida dari bahan baku minyak dengan metanol menggunakan katalis basa hingga membentuk dua produk yaitu metil ester (FAME) dan gliserol [14][15]. Dalam kurun waktu tertentu terdapat pengendapan gliserol yang harus dipisahkan dengan metil ester sehingga perlu dilakukan pencucian biodiesel dan pemurnian dengan cara dipanaskan sebagai tahap akhir. Biodiesel yang dihasilkan dari masing-masing bahan baku kemudian dicampur dengan perbandingan 1:1:1 menjadi *multi-feedstock* biodiesel.

Pada penelitian ini bahan bakar *multi-feedstock* biodiesel yang dihasilkan digunakan dalam uji performa pada motor diesel sehingga dilakukan variasi campuran dengan solar dengan komposisi B20, B35 dan B100.

Oleh karena tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh angka peroksida terhadap performa motor diesel, maka sebelum dilakukan uji karakteristik bahan bakar dilakukan proses pengoksidasian terhadap *multi-feedstock* biodiesel. Untuk mempercepat proses oksidasi dalam penelitian ini disiapkan dengan cara memasukkan sampel bahan bakar baik B20, B35 dan B100 ke dalam suatu bejana yang tertutup, kemudian mengalirkan gas oksigen dengan laju aliran tertentu pada



kondisi temperatur 60°C [8][16]. Kemudian biodiesel didinginkan hingga mencapai temperatur kamar.

Bahan bakar yang dihasilkan ini harus diuji laboratorium untuk mengetahui karakteristiknya. Selanjutnya B20, B35 dan B100 ini diujikan pada motor diesel sesuai spesifikasi pada tabel 1 dengan variasi putaran motor 900 rpm, 950 rpm, 1000 rpm dan 1050 rpm dengan pembebanan maksimum yaitu 3000 Watt. Tujuannya untuk mengetahui performa motor diesel meliputi daya, torsi dan nilai GSFC (*Generator Specific Fuel Consumption*).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Properties Bahan Bakar

Tabel 2. Hasil Uji Karakteristik *Multi-feedstock* Biodiesel

Bahan Bakar	Titik Nyala (°C)	Viskositas (cSt)	Angka Setana	Nilai Kalori (cal/g)	Angka Peroksida (ppm)
B20	59	2,3	70,8	10694	10
B35	64	2,5	74,6	10461	10,44
B100	134	3,7	74,8	9413	14

Hasil uji karakteristik bahan bakar B20, B35 dan B100 pada tabel 2 menunjukkan bahwa angka peroksida yang tinggi identik dengan angka setana yang juga tinggi. Kenaikan angka peroksida terjadi karena adanya oksigen terlarut dalam sampel biodiesel yang mengakibatkan terbentuknya senyawa hidroperoksida [15]. Hidroperoksida inilah yang mengakibatkan angka setana mengalami peningkatan.

Pada tabel 2 juga menunjukkan bahwa angka peroksida yang tinggi akan diikuti dengan karakteristik lain pada biodiesel. Nilai viskositas dan titik nyala (*flash point*) cenderung memiliki angka yang tinggi. Viskositas meningkat dengan panjang rantai (jumlah atom karbon) dan dengan meningkatnya derajat kejenuhan. Asam lemak bebas memiliki viskositas yang lebih besar daripada metil ester [14]. Proses oksidasi menyebabkan pembentukan asam lemak bebas, isomerisasi ikatan rangkap, saturasi dan produk dari berat molekul tinggi, sehingga viskositas menjadi meningkat seiring meningkatnya oksidasi dan tingginya angka peroksida.

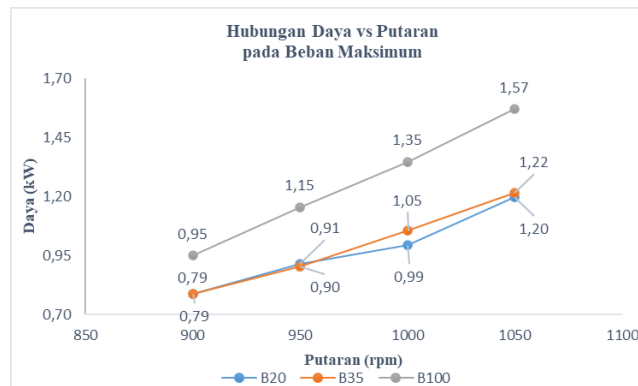
Sedangkan semakin tinggi angka peroksida menyebabkan nilai kalori cenderung rendah. Penurunan ini disebabkan oleh degradasi biodiesel menjadi senyawa pendek peroksida [11]. Perubahan ini menyebabkan penurunan pada persentase karbon dan hidrogen dalam molekul bahan baku sehingga menghasilkan nilai kalori yang rendah.

3.2. Unjuk Kerja Motor Diesel

Dari hasil pengujian bahan bakar yang telah diketahui karakteristiknya dalam kondisi beban penuh 3000 Watt menghasilkan nilai daya maksimum diperoleh pada putaran maksimum 1050 rpm. Dari gambar 1 menunjukkan saat kondisi putaran maksimum, penggunaan bahan bakar yang mengandung angka peroksida terendah (B20) daya

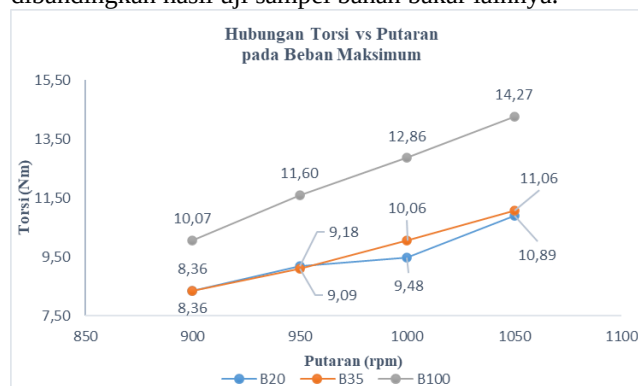
maksimum yang dicapai sebesar 1,20 kW. Daya ini mengalami peningkatan pada setiap kenaikan angka atau bilangan peroksida pada kondisi putaran yang sama.

Sedangkan daya tertinggi dicapai pada saat menggunakan B100 yang memiliki angka peroksida terbesar yaitu sebesar 1,57 kW yang dicapai pada saat beban dan putaran maksimum.



Gambar 1. Grafik Daya vs rpm pada Beban 3000 Watt

Pada pengujian di lapangan, perbedaan daya-daya ini cukup dimaklumi karena bergesernya prestasi mesin sangat dipengaruhi oleh banyak faktor mulai dari karakteristik bahan bakar itu sendiri, desain sistem bahan bakar dan bentuk ruang bakar. Prestasi mesin itu sendiri dijelaskan dengan proses *ignation delay* yang sangat dipengaruhi proses atomisasi bahan bakar [16]. Atomisasi ini berpengaruh pada angka setana, semakin tinggi angka setana maka pembakaran dianggap lebih sempurna sehingga daya yang dihasilkan oleh motor diesel semakin besar. Sehingga jika dianalisis dari data uji karakteristik bahan bakar B100 dapat menghasilkan daya tertinggi karena berkorelasi terhadap angka setana yang juga tinggi dibandingkan hasil uji sampel bahan bakar lainnya.



Gambar 2. Grafik Torsi vs rpm pada Beban 3000 Watt

Berbanding lurus dengan daya, torsi maksimum pada penelitian ini juga diperoleh pada putaran motor maksimum yaitu 1050 rpm pada kondisi beban penuh 3000 Watt. Dari grafik yang ditunjukkan pada gambar 2 dapat dilihat bahwa torsi terbesar dihasilkan pada saat motor diesel menggunakan bahan bakar B100 yang memiliki angka peroksida yang tertinggi. Torsi tertinggi yang

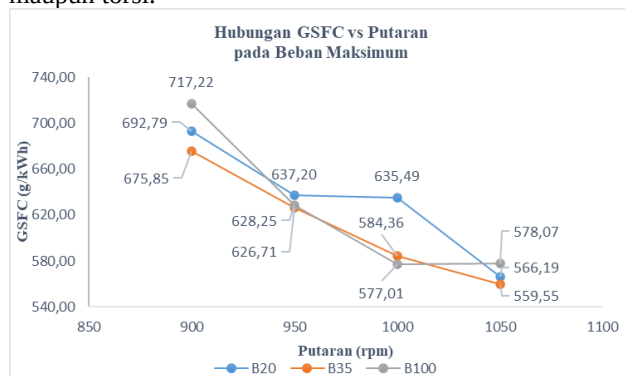


dihasilkan sebesar 14,27 Nm pada saat kondisi putaran maksimum 1050 rpm.

Sedangkan bahan bakar yang mengandung angka peroksida rendah yaitu B20 hanya dapat mencapai torsi maksimum sebesar 10,89 Nm pada kondisi putaran maksimum 1050 rpm. Tidak hanya daya, semakin rendah angka peroksida yang terkandung dalam bahan bakar maka semakin rendah pula nilai torsi yang dihasilkan.

Dari grafik daya maupun torsi pada gambar 2 dapat dilihat tren dengan pola yang sama. Angka peroksida memiliki pengaruh terhadap perubahan angka setana, nilai kalori dan kandungan oksigen dalam bahan bakar biodiesel. Tingginya kandungan oksigen dalam biodiesel menyebabkan pembakaran semakin sempurna, hal tersebut menjadi alasan daya dan torsi mengalami kenaikan meskipun nilai kalori cenderung rendah [17].

Performa motor diesel tidak hanya ditunjukkan pada hasil daya dan torsi dari pengujian saja, nilai GSFC (*Generator Specific Fuel Consumption*) juga dianalisis pada pengujian masing-masing bahan bakar. Pengujian GSFC diperoleh pada kondisi pengujian sesuai evaluasi dari *engine set-up*, yaitu pada beban maksimum 3000 Watt dengan variasi putaran motor 900 rpm, 950 rpm, 1000 rpm dan putaran maksimum 1050 rpm. Pada gambar 3 merupakan grafik hubungan konsumsi bahan bakar spesifik setiap variasi bahan bakar yang mengandung angka peroksida yang berbeda. Konsumsi bahan bakar paling ekonomis pada saat pemakaian B35 sebesar 559,55 g/kWh, disusul oleh B20 yang membutuhkan GSFC sebesar 566,19 g/kWh pada saat beban maksimum 3000 Watt dan putaran maksimum 1050 rpm. Baik B35 dan B20 merupakan bahan bakar dengan angka peroksida yang cenderung lebih rendah dibandingkan B100. Konsumsi bahan bakar akan berbanding terbalik dengan nilai daya maupun torsi.



Gambar 3. Grafik GSFC vs rpm pada Beban 3000 Watt

Sedangkan pada pemakaian B100 yang mengandung angka peroksida tinggi membutuhkan konsumsi bahan bakar spesifik yang lebih banyak sebesar 717,22 g/kWh daripada B35 maupun B20. Penyebab perbedaan konsumsi bahan bakar spesifik diperkirakan adanya perbedaan karakteristik bahan bakar seperti yang ditunjukkan pada tabel 2. Perbedaan angka peroksida dimungkinkan juga berpengaruh terhadap *properties* bahan bakar. Viskositas yang tinggi berbanding lurus dengan tingginya angka

peroksida dikhawatirkan menyebabkan proses atomisasi bahan bakar menjadi kurang bagus dan akan menyebabkan terjadinya *unburn* sehingga konsumsi bahan bakar akan naik atau boros [18]. Namun dalam penelitian ini viskositas tidak terlalu dipertimbangkan secara detail karena perbedaannya tidak terlalu signifikan.

Selanjutnya nilai kalori juga diperkirakan berpengaruh pada kebutuhan bahan bakar spesifik, semakin tinggi nilai kalori maka semakin sedikit bahan bakar yang dibutuhkan oleh motor diesel [19]. Hal ini membuktikan bahwa hasil uji karakteristik bahan bakar B100 dengan nilai kalori yang rendah dibandingkan B20 dan B35 membutuhkan Konsumsi bahan bakar spesifik yang lebih banyak pada pengujian kondisi beban penuh dan putaran maksimum.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan yang telah disampaikan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa 1) *multi-feedstock* biodiesel yang telah diberikan *treatment* pengoksidasian dengan metode tertentu menghasilkan karakteristik yang berbeda. Angka peroksida diperkirakan berdampak pada karakteristik biodiesel lainnya, angka setana, *flash point* dan viskositas cenderung tinggi pada bahan bakar yang memiliki angka peroksida tinggi. Sedangkan nilai kalori cenderung bernilai lebih rendah. 2) Hasil pengujian bahan bakar terhadap motor diesel empat langkah menunjukkan bahwa bahan bakar dengan kandungan angka peroksida tinggi (B100) memberikan performa yang lebih baik dari segi daya maupun torsi yang dihasilkan. Namun dari segi kebutuhan bahan bakar spesifik (GSFC) akan cenderung lebih boros dibandingkan dengan bahan bakar yang memiliki angka peroksida yang lebih rendah (B20 dan B35).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini sehingga output penelitian ini dapat dihasilkan dan semoga bermanfaat bagi yang membutuhkan karya tulis ini.

REFERENSI

- [1] KESDM. (2021). Team Handbook Energy & Economic Statistics Indonesia. Ministry of Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia, 23–26. <https://www.esdm.go.id/en/publication/handbook-of-energy-economic-statistics-of-indonesia-heesi>
- [2] Purwanto, A., & Nugroho, S. D. (2023). Analisa Teknis Unjuk Kerja Motor Diesel Kapal Nelayan Berbahan Bakar Multi Feedstock Biodiesel. Inovtek Polbeng, 13(1), 70. <https://doi.org/10.35314/ip.v13i1.3284>
- [3] Daryono, E., Rahman, & Zuhriyah. (2022). Penggunaan Metanol Sisa Reaksi Sebagai Reaktan Pada Proses Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel. Jurnal Teknologi, 14(2), 155–162.

- [4] Gokdogan, O., Eryilmaz, T., and Yesilyurt, M.K. (2015). Thermophysical Properties of Castor Oil (*Ricinus Communis* L.) Biodiesel and Its Blends. *Journal of Oil, Gas, and Alternative Energy Sources* 6, 1.
- [5] Hadiyanto, H., Yuliandaru, I., & Hapsari, R. (2018). Production of Biodiesel from Mixed Waste Cooking and Castor Oil. *MATEC Web of Conferences*, 156, 3–6. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815603056>
- [6] Kafiar, F. P., Salim, I., Studi, P., Kimia, P., & Kimia, J. (2010). Pemicu Penyakit Kronis Di Minyak Sawit Curah Yang Di Pakai. 2–5.
- [7] Alkaff, H., & Nurlela, N. (2020). Analisa Bilangan Peroksida Terhadap Kualitas Minyak Goreng Sebelum dan Sesudah Dipakai Berulang. *Jurnal Redoks*, 5(1), 65. <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i1.4129>
- [8] Pattamaprom, C., Pakdee, W., & Ngamjaroen, S. (2012). Storage degradation of palm-derived biodiesels: Its effects on chemical properties and engine performance. *Renewable Energy*, 37(1), 412–418. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.05.032>
- [9] Wibowo Riesta; Hermawan, Nanang; Aisyah, Lies, C.S. A. (2016). Pengaruh Kondisi Penyimpanan Terhadap Stabilitas Oksidasi Bahan Bakar Jenis Biodiesel (B-100), Biosolar (B-20) dan Minyak Solar Murni (B-0) (Effect of Storage Conditions on Oxidation Stability of Biodiesel (B-100), Biosolar (B-20) and Diesel Fuel (B-0). *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi*, 50(Vol 50, No 3 (2016)), 195–205. <http://www.journal.lemigas.esdm.go.id/ojs/index.php/LPMGB/article/view/8>
- [10] Dewantara, M. A., Aritonang, S., & Suroto, B. J. (2020). Analysis of B30 Fuel Usage with Storage Effects on Diesel. *Jurnal Teknologi Daya Gerak*, 3(1), 73–86.
- [11] Gerpen, J.V., Pruszko, R., Shanks, B., Clements, D., and Knothe, G., 2004, “Biodiesel Analytical methods,” National Renewable Energy Laboratory, Operated for the U.S. Department of Energy.
- [12] Dunn, Robert. (2005). Effect of antioxidants on the oxidative stability of methyl soyate (biodiesel). *Fuel Processing Technology*. 86. 10.1016/j.fuproc.2004.11.003.
- [13] Ariwibowo, D., Suryo, M. T., & T.K., B. F. (2011). Performa Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel Teroksidasi. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik*, 6(Vol 1, No 1 (2011): Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2 2011), 91–96. http://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/271
- [14] Daryono, E. D. (2020). Proses Interesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel dengan Co solvent Meil Ester. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, 4 (1): 1-8
- [15] Daryono, E. D., Wardana, I. N. G., Cahyani, C. & Hamidi, N. (2021). Biodiesel Production Process Without Glycerol by Product with Base Catalyst: Effect of Reaction Time and Type of Catalyst on Kinetic Energy and Solubility. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 1053 012058.
- [16] Lapuerta, Magín & Rodriguez, Jose & Ramos, Á & Álvarez, B., (2012). Effect of the test temperature and anti-oxidant addition on the oxidation stability of commercial biodiesel fuels. *Fuel*. 93. 10.1016/j.fuel.2011.09.011.
- [17] Adaileh, Wail & Alqadah, Khaled. (2012). Performance of Diesel Engine Fuelled by a Biodiesel Extracted from A Waste Cooking Oil. *Energy Procedia*. 18. 1317-1334. 10.1016/j.egypro.2012.05.149.
- [18] Zuhdi, A., Asianto, Tjoek, S., (1996). Reduksi Nox dengan Metode Perlambatan Penginjeksian pada Motor Diesel Putaran Tinggi., *Jurnal IPTEK-ITS*, 7 (2): p.164-173.
- [19] Ginanjar, T., Junaidi, Lubis, G. S., & Simanjuntak, Y. M. (2019). Analisa Kebutuhan Bahan Bakar Boiler dengan Melakukan Uji Kalori pada Pabrik Kelapa Sawit PT. Sentosa Prima Agro. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 1(1), 1–6.