



POTENSI CAMPURAN MINYAK GORENG SISA DAN MINYAK JARAK PAGAR SEBAGAI BIODIESEL UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK BIOSOLAR

Ummul Habibah^{a*}, Giri Aufar Taris^b, Nabila Dwi Putri^a, Nur Camalia Hasibuan^{a**}, Putri Annisa^a, Alfiyani^c, N. Bela^{d,e}

^aProgram Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

^bProgram Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

^cProgram Studi Akuntansi, Jurusan Akuntansi, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

^dProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 20238 Medan, Indonesia

^eCenter of Renewable Energy, Department of Mechanical Engineering, Politeknik Negeri Medan, 20155 Medan, Indonesia

E-mail: ummulhabibah@students.polmed.ac.id (U. Habibah); nurcamalia@students.polmed.ac.id (N. Camalia) Tel.: +62853-5805-6249

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 26 September 2022

Direvisi pada 29 Oktober 2022

Disetujui pada 19 November 2022

Tersedia daring pada 25 Februari 2023

Kata kunci:

Biodiesel, solar, metil ester, listrik, minyak non-pangan

Keywords:

Biodiesel, diesel, methyl ester, electricity, non-edible oil

ABSTRAK

Pengembangan potensi sumber daya alam di Indonesia banyak dilakukan para peneliti untuk mengembangkan bahan bakar alternatif dari minyak non-pangan. Pembuatan biodiesel dilakukan dengan menggunakan limbah minyak goreng dan minyak jarak pagar, metanol dan perbandingan katalis basa kalium hidroksida melalui reaksi transesterifikasi. Pembuatan biodiesel dari campuran limbah minyak goreng dan minyak jarak pagar sehingga dapat dijadikan bahan bakar alternatif diesel sehingga memiliki nilai guna yang tinggi biodiesel untuk transportasi dan listrik di Indonesia. Biodiesel yang dihasilkan kemudian dianalisis dengan melihat spesifikasi sifat fisikokimia biodiesel. Campuran biodiesel limbah minyak goreng dan minyak jarak pagar dapat menghasilkan rata-rata 90% metil ester. Kemudian dilakukan pencampuran biodiesel dan solar dengan komposisi campuran 70% solar 30% Biodiesel Selanjutnya dilakukan uji karakteristik biodiesel 100% dan B50 yang meliputi nilai kalor, oksidasi, titik nyala, nilai iodin dan asam viskositas dan densitas. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa pencampuran limbah minyak goreng dengan minyak jarak pagar secara signifikan meningkatkan sifat fisikokimia metil ester sehingga menunjukkan bahwa kandungan energi metil ester sebanding dengan diesel. Adapun sifat-sifat campuran bahan bakar biosolar B50 menunjukkan masih dalam batas sesuai spesifikasi ASTM D6751 dan EN 14214. Campuran biodiesel dan solar cocok untuk mesin diesel tanpa modifikasi, sehingga menjadi solusi untuk sektor listrik.

ABSTRACT

The development of the potential of natural resources in Indonesia is mostly done by researchers in order to develop alternative fuels from non-edible oils. Biodiesel production is done by using waste cooking oil and jatropha oil, methanol and a ratio of potassium hydroxide base catalyst through a transesterification reaction. Biodiesel production from a mixture of waste cooking oil and jatropha oil so that it can be used as an alternative fuel for diesel so that it has a high use value of biodiesel for transportation and electricity in Indonesia. The biodiesel produced is then analyzed at the specifications for the physicochemical properties of biodiesel. The blends of waste cooking oil and jatropha oil can produce an average of 90% methyl ester. Thus, biodiesel and diesel were mixed with a composition of 70% diesel and 30% biodiesel. Furthermore, the characteristics of 100% biodiesel and B50 were tested which included heating value, oxidation, flash point, iodine value and acid viscosity and density. Based on these results, it is known that the mixing of waste cooking with jatropha oil can increase the physicochemical properties of methyl ester which indicated that the energy content of methyl ester is comparable to diesel. The properties of the B50 biodiesel fuel mixture show that they are still within the limits according to the ASTM D6751 and EN 14214 specifications. The biodiesel and diesel mixture are suitable for diesel engines without modification; therefore, it becomes a solution for the electricity sector.

1. PENGANTAR

Indonesia memiliki potensial sumber daya alam yang besar sehingga banyak para peneliti mengeksplorasi bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan yaitu bahan baku nabati non-pangan (Milano, dkk., 2018; Liu dkk., 2018). Limbah minyak goreng (Topare dan Patil, 2021; Binhayeeding dkk., 2020), minyak nyamplung (Silitonga dkk., 2022), dan minyak serangga (Kale-uka dkk., 2021). Adapun jenis bahan baku dari nabati non-pangan dipilih untuk menghindari isu global mengenai minyak yang dapat dimakan (kelapa sawit) akan mempengaruhi kenaikan harga bahan baku minyak tersebut (Indrawan dkk., 2017). Bahan baku minyak nabati yang non-pangan dijadikan sebagai potensi sumber bahan bakar pengganti solar seperti biodiesel yang digunakan untuk sektor pembangkitan listrik menggunakan mesin solar. Biodiesel memiliki karakteristik yang mendekati bahan bakar solar dimana bisa digunakan untuk menggerakkan mesin pembangkit listrik dan transportasi yang menggunakan bahan bakar solar (Agarwal dkk., 2017). Biodiesel adalah bahan bakar pengganti solar yang bersih, diproduksi dari sumber daya terbarukan seperti minyak nabati atau bekas, dapat dimakan dan tidak dapat dimakan (Wan Ghazali dkk., 2015). Biodiesel mudah digunakan, mudah terurai, tidak beracun, dan bebas dari sulfur dan aromatik (Agarwal dkk., 2017; Atabani dkk., 2012). Penggunaan biodiesel pada mesin diesel dapat menghasilkan pengurangan substansial hidrokarbon yang tidak terbakar, karbon monoksida dan partikulat. Jumlah angka setana yang lebih tinggi pada biodiesel dapat meningkatkan kualitas pengapian bahkan bila dicampur dengan minyak diesel (Abedin dkk., 2016). Namun, pembuatan biodiesel menggunakan minyak nabati sebagai bahan bakar alternatif bersaing langsung dengan pemasokan makanan yang akan menyebabkan kenaikan harga minyak nabati dapat membebani konsumen dalam konsumsi harian. Oleh karena itu, bahan baku alternatif pengganti minyak nabati seperti *Waste Cooking Oil* (WCO) dan jarak pagar non pangan merupakan bahan baku yang cocok untuk produksi biodiesel. Selain itu penggunaan bahan baku yang melimpah dan murah merupakan upaya dalam menekan biaya produksi biodiesel. Minyak goreng sisa merupakan salah satu bahan baku biodiesel yang melimpah. Minyak goreng sisa sendiri merupakan limbah yang semakin meningkat dan menyebabkan masalah lingkungan terutama pencemaran air (Glisic dan Orlović, 2014). Setiap tahun, WCO diproduksi oleh pabrik pengolahan seperti restoran siap saji, pabrik pasca pengolahan, dan lain lain siap untuk pembuangan (Cordero-Ravelo dan Schallengberg-Rodriguez, 2018). WCO telah dikumpulkan, didaur ulang, dimurnikan kemudian diolah kembali sebagai minyak goreng sehingga banyak mendapatkan komentar negatif dimasyarakat karena dapat menyebabkan bahaya kesehatan yang serius (Cordero-Ravelo dkk., 2018). Dengan demikian, merancang strategis implementasi untuk menjaga manajemen minyak goreng sisa menjadi sangat penting dalam keamanan makanan.

WCO yang digunakan untuk bahan baku biodiesel melalui reaksi transesterifikasi memiliki syarat yaitu kadar air yang kurang dari 0,5% dan bilangan *Free Fatty Acid* (FFA) 1% agar tidak terjadi proses penyabunan pada pembuatan biodiesel (Gardydck., 2016). WCO menjadi sumber ekonomis produksi biobahan bakar dan dapat digunakan untuk produksi listrik (Van Eijck dkk., 2014). Namun, WCO memiliki sifat fisikokimia rendah sehingga perlu ditingkatkan (Milano dkk., 2018). Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pencampuran WCO dengan minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas L*) yang ditingkatkan dari keanekaragaman hayati, diharapkan dapat mengubah sifat dan hasil WCO biobahan bakar sehingga dapat berkinerja tinggi disektor listrik Indonesia. Biodiesel dapat diperoleh dari minyak yang non-pangan seperti *Jatropha Curcas L* (Silitonga dkk., 2013). Bahan baku ini merupakan salah satu tanaman energi primer yang tumbuh dengan baik di Indonesia meski di lahan kering sekalipun. Tanaman ini tahan terhadap hama dan sangat produktif dengan varietas tertentu mampu menghasilkan sampai dengan 4 kg biji per tanaman per tahun dan dapat dipanen terus-menerus selama 50 tahun (Atabani dkk., 2012). Adapun keuntungan Jarak Pagar adalah tanaman ini tumbuh liar atau dijadikan pagar hidup di rumah-rumah masyarakat. Jarak Pagar dapat ditanam pada lahan non-pertanian dimana usia tumbuhan untuk dipanen relatif muda sekitar 2-3 tahun dan bijinya menghasilkan 35% kadar minyak sehingga dapat digunakan menjadi alternatif bahan baku minyak yang non-pangan untuk dikonversikan menjadi biodiesel (Mofijur dkk., 2013). Walaupun telah lama dikenal sebagai bahan pengobatan dan racun, saat ini ia makin mendapat perhatian sebagai sumber bahan bakar hayati untuk mesin diesel karena kandungan minyak bijinya. Campuran minyak yang berbeda untuk produksi biodiesel telah diselidiki dan menguraikan bahwa jenis campuran minyak memungkinkan peningkatan karakteristik biodiesel, seperti viskositas dan stabilitas oksidasi (Almeida Naranjo dkk., 2022) dan ini menjadi potensi campuran limbah minyak goreng dan minyak jarak pagar sebagai biodiesel untuk pembangkit listrik biosolar.

1.1 Biodiesel

Bahan bakar biodiesel merupakan hasil proses esterifikasi dan transesterifikasi. Biodiesel termasuk golongan *mono-alkil ester* atau *metil ester* yang memiliki panjang rantai karbon antara 12 sampai 20 terkandung oksigen (Silitonga dkk., 2013). Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dan atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku. Biodiesel terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber yang dapat diperbaharui. Saat ini, terdapat lebih dari 350 jenis tanaman di seluruh dunia yang diidentifikasi dapat digunakan sebagai bahan baku potensial untuk produksi biodiesel (Silitonga dkk., 2013). Katalis yang biasa digunakan adalah KOH, NaOH atau senyawa basa yang lain (Ong dkk., 2014).

1.2 Jarak Pagar

Biodiesel dapat diperoleh dari minyak yang non-pangan seperti Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L*) (Silitonga dkk., 2013). Bahan baku ini merupakan salah satu tanaman energi primer yang tumbuh dengan baik di Indonesia meski di lahan kering sekalipun. Tanaman ini tahan terhadap hama dan sangat produktif dengan varietas tertentu mampu menghasilkan sampai dengan 4 kg biji per tanaman per tahun dan dapat dipanen terus-menerus selama 50 tahun (Atabani dkk., 2013). Adapun keuntungan Jarak Pagar adalah tanaman ini tumbuh liar atau dijadikan pagar hidup di rumah-rumah masyarakat. Jarak Pagar dapat ditanam pada lahan non-pertanian dimana usia tumbuhan untuk dipanen relatif muda sekitar 2-3 tahun dan bijinya menghasilkan 35% kadar minyak sehingga dapat digunakan menjadi alternatif bahan baku minyak yang non-pangan untuk dikonversikan menjadi biodiesel (Mofijur dkk., 2013).

1.3 Minyak Jelantah

Minyak goreng jelantah merupakan minyak goreng yang digunakan beberapa kali pemakaian oleh konsumen. Minyak jelantah kaya akan asam lemak bebas (Binhayeeding, dkk., 2020. Menurut Sandra B. Glisic and Aleksandar M. Orlović (2014), minyak goreng bekas adalah minyak makan nabati yang telah digunakan untuk menggoreng dan biasanya dibuang setelah warna minyak berubah menjadi coklat tua. Proses pemanasan selama minyak digunakan merubah sifat fisika-kimia minyak. Pemanasan dapat mempercepat *hidrolisis trigliserida* dan meningkatkan kandungan asam lemak bebas (FFA) di dalam minyak. Berat molekul dan angka iodin menurun sementara berat jenis dan angka penyabunan semakin tinggi (Putra dkk., 2008).

1.4 Esterifikasi

Esterifikasi adalah konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa dipakai dalam industri. Reaktan *metanol* harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih dan air sebagai produk samping reaksi disingkirkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak. Melalui kombinasi-kombinasi yang tepat dari kondisi-kondisi reaksi dan metode penyingkiran air, konversi sempurna asam lemak ke ester metilnya dapat dituntaskan dalam waktu 1 jam.

1.5 Transesterifikasi

Metil ester (biodiesel) dari minyak mentah nabati dapat dihasilkan melalui proses transesterifikasi, yaitu dengan cara gliserida dikeluarkan dari minyak dan asam lemak bebas direaksikan dengan alkohol (misalnya metanol) menjadi alkohol ester atau biodiesel. Metanol lebih umum digunakan untuk proses transesterifikasi karena harganya lebih murah dan lebih mudah daur ulang. Transesterifikasi merupakan suatu reaksi kesetimbangan. Reaksi didorong supaya bergerak ke kanan sehingga dihasilkan *metil ester* (biodiesel) maka perlu digunakan alkohol dalam jumlah berlebih atau salah satu produk yang dihasilkan harus dipisahkan (Mofijur dkk., 2013). Transesterifikasi (reaksi alkohol) adalah lemak atau minyak nabati direaksikan dengan alkohol yang akan menghasilkan *ester* dan *gliserol* sebagai produk samping dengan bantuan katalis basa. Katalis digunakan untuk meningkatkan laju reaksi dan jumlah produk (Ong dkk., 2014). Metanol merupakan alkohol yang umumnya digunakan. Reaksi ini cenderung lebih cepat menghasilkan *metil ester* daripada reaksi esterifikasi dengan bantuan katalis asam. Namun, penggunaan bahan baku pada reaksi transesterifikasi harus mempunyai angka asam lemak bebas yang kecil (< 2%) untuk menghindari pembentukan sabun (Dharma dkk., 2016).

1.6 Spesifikasi sifat-sifat Biodiesel

Indonesia telah menyusun Standar Nasional Indonesia (SNI 7182:2015) untuk kualitas biodiesel. Standar ini disusun dengan memperhatikan standar sejenis yang sudah berlaku di luar negeri seperti ASTM D6751 di Amerika Serikat dan EN 14214 untuk negara Uni Eropa. Syarat mutu biodiesel *ester alkil* dan metode uji yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1. Kualitas biodiesel dipengaruhi oleh: kualitas minyak (*crude oil*), komposisi asam lemak dari minyak, proses produksi dan bahan lain yang digunakan dalam proses dan parameter pasca-produksi seperti kontaminan. Kontaminan tersebut diantaranya adalah bahan tak tersabunkan, air, gliserida bebas, gliserida terikat, alkohol, sabun, residu katalis, sulfur, aromatik dan abu.

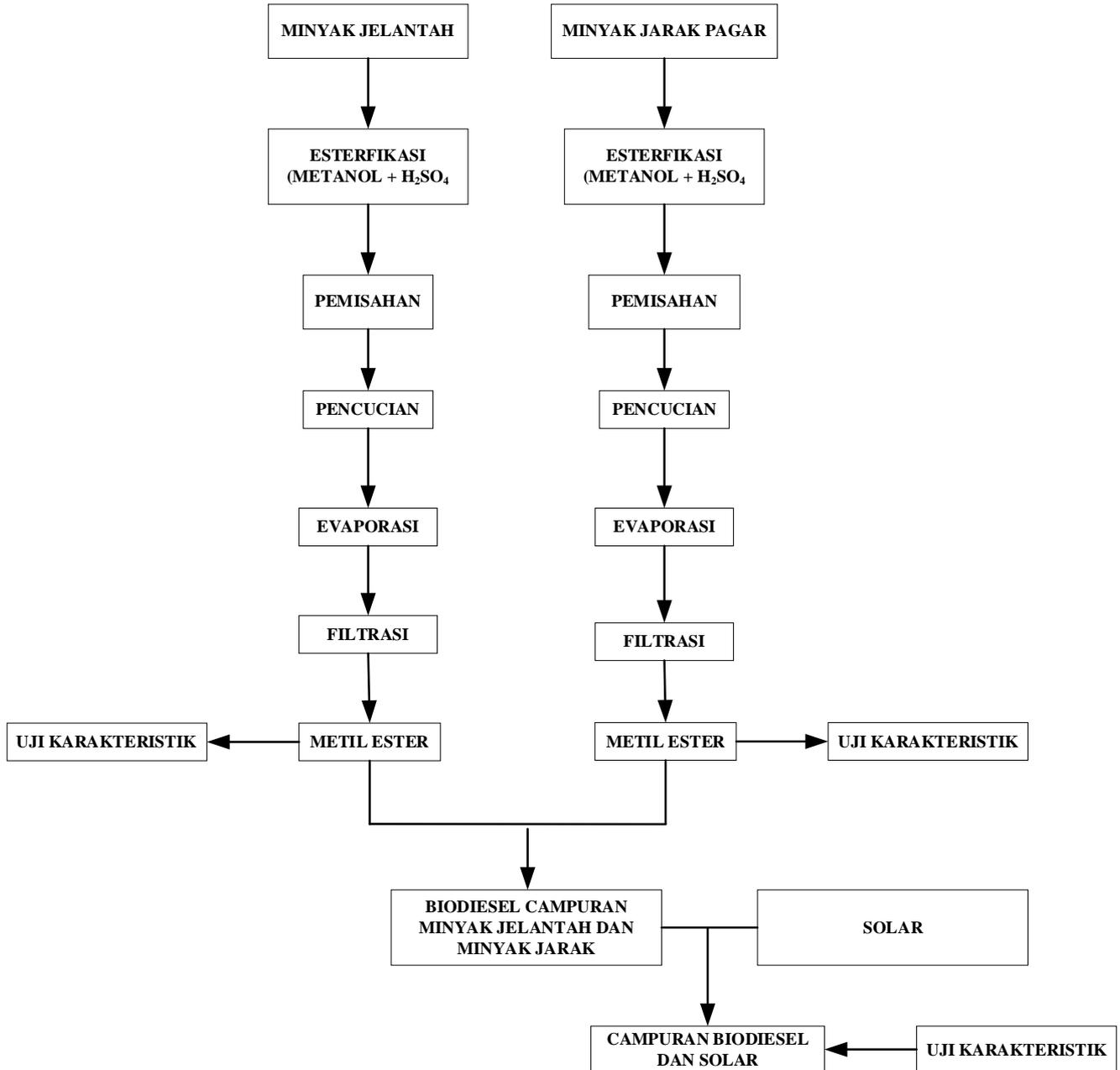
Tabel 1: Karakteristik Biodiesel

Parameter uji	Satuan,	Persyaratan	Metode Uji
Viskositas Kinematik 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3 - 6,0	ASTM D 445
Massa jenis 15°C	kg/m ³	850 -890	ASTM D 1298
Angka setana	Min	51	ASTM D 613
Titik nyala	°C, min	100	ASTM D 93
Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,05	ASTM D 664
Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100g), maks	115	AOCS Cd 1-25
Kadar ester metil	%-massa,	96,5	EN 14214
Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02	ASTM D 6584
Gliserol total	%-massa, maks	0,24	ASTM D 6584
Angka iodium	%- (g-I ₂ /100g),	115	ASTM D5768-95
Kestabilan oksidasi	Menit	360 dan 27	EN 15751 ASTM D7545

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian proses pembuatan biodiesel terdapat pada gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1: Diagram alir proses pembuatan biodiesel dan uji karakteristik

2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu: esterifikasi, transesterifikasi, pencucian, evaporasi, filtrasi, uji karakteristik, analisis hasil untuk metil ester dan campuran.

2.2.1 Tahap Degumming dan Esterifikasi

Minyak yang sudah diproses *degumming* maka selanjutnya dilakukan proses esterifikasi dimana minyak yang sudah di dicampurkan dengan metanol dengan perbandingan 1:2 dan H₂SO₄ sebanyak 2,00 % dari jumlah keseluruhan minyak. Proses ini berlangsung selama 1,50 jam pada temperatur 60 °C. Proses ini akan membentuk metil ester dan selanjutnya produk ini diendapkan selama waktu tertentu untuk memisahkan gliserol dan metil ester. Gliserol yang terbentuk berada di lapisan bawah karena berat jenisnya lebih besar daripada metil ester. Gliserol kemudian dipisahkan dikeluarkan dari reaktor agar tidak mengganggu proses transesterifikasi.

2.2.2 Tahap Transesterifikasi

Proses transesterifikasi dilakukan pencampuran minyak hasil esterifikasi, katalis KOH dengan persentasi perbandingan (0,75%; 1,00%; 1,25%; 1,50%) dan metanol (CH_3OH) perbandingan persentasi 2:1. Reaksi transesterifikasi berlangsung sekitar 1,50 jam pada temperatur 60 °C kemudian dilakukan pengendapan selama waktu tertentu agar gliserol terpisah dari metil ester.

2.2.3 Tahap Pencucian

Pencucian dilakukan dengan menambahkan air distilasi memiliki temperatur 45-60 °C kedalam metil ester dengan tujuan agar gliserol, alkohol dan sisa-sisa katalis basa dan sabun larut dalam air. Pencucian dilakukan beberapa kali sehingga semua sisa-sisa dari proses transesterifikasi sampai bersih dan pH campuran sesuai standar.

2.2.4 Tahap Evaporasi

Proses evaporasi dilakukan sekitar 10 menit dengan cara memberikan panas pada produk dengan temperatur sekitar 95°C secara sirkulasi pada alat evaporator pada temperatur yang cukup tinggi. Alat ini menggunakan ujung pipa sirkulasi ditempatkan di tengah permukaan cairan pada alat pengering.

2.2.5 Tahap Filtrasi

Penyaringan dilakukan dengan menggunakan kertas saring yang berukuran 10 mikron untuk mendapatkan hasil sesuai SNI standar dan tahap penyaringan ini merupakan hal yang penting dalam menghilangkan semua sisa proses esterifikasi dan transesterifikasi.

2.2.6 Tahap Pencampuran

Pencampuran ini dilakukan setelah metil ester dinyatakan sesuai dengan SNI standar dan berikutnya dikatakan biodiesel sehingga dilakukan pencampuran biodiesel 50% dicampur dengan solar 50% diaduk sampai semua terlarut merata dengan menggunakan pengaduk *hot plate magnetic stirrer*.

2.2.7 Tahap Uji Karakteristik dan Analisis Hasil

Uji Karakteristik biodiesel yang dilakukan adalah viskositas, densitas, nilai kalor, oksidasi, titik nyala, nilai asam dan bilangan iodin.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan tabel 2 menunjukkan sifat-sifat karakteristik biodiesel dengan perbandingan katalis KOH. Hampir semua hasil yang diperoleh masih dalam batas yang ditentukan oleh standar Internasional untuk biodiesel ASTM D6751 atau EN 14214.

Tabel 2: Karakteristik Biodiesel Perbandingan Katalis

Campuran Minyak	KOH (%)	Viskositas Kinematik (mm^2/s)	Densitas (kg/m^3)	Titik nyala ($^{\circ}\text{C}$)	Oksidasi (Jam)	Nilai Kalor kJ/kg	Nilai Asam mg KOH/g	Bilangan Iodin I/100 g
WCOJCO	0,75	5,7887	8718,60	182,5	6,20	43,21	0,50	112,0
WCOJCO	1,00	5,6630	8771,27	184,5	20,46	43,3	0,36	115,0
WCOJCO	1,25	5,9202	8731,50	108,5	6,10	40,22	0,50	115,3
WCOJCO	1,50	5,8849	8723,71	192,5	5,20	38,2	0,43	116,2

Biodiesel WCO70JCO30 katalis 0,75% memiliki viskositas kinematik yang lebih rendah pada 40 °C ($5,7887 \text{ mm}^2/\text{s}$) dan densitas pada 15 °C ($871,86 \text{ kg}/\text{m}^3$) dibandingkan dengan biodiesel WCO70JCO30 katalis 1,00 % ($5,6630 \text{ mm}^2/\text{s}$ dan $8771,27 \text{ kg}/\text{m}^3$). Oleh karena itu, katalis 1,00 %, 0,75 % memiliki karakteristik pelumasan yang baik. Adapun hasil akhir rendemen minyak 84,60% untuk katalis 1,50%, 91,25% untuk katalis 1,25 %, 95,00 % untuk katalis 1,00 %, 97,50% untuk katalis 0,75 %. Metil ester menggunakan katalis KOH dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2: Metil ester menggunakan katalis KOH

Nilai asam dari biodiesel W70JCO30 katalis 1,50 % dan 1,25 % adalah 0,46 mg KOH/g, kurang dari batas yang diizinkan (0,5 mg KOH/g) yang ditentukan dalam standar ASTM D6751 dan EN 14214 tetapi WC70JCO30 katalis 1,00 %, 0,75 % sesuai standart yang diizinkan. Nilai kalor biodiesel W70JCO30 katalis 0,75 %, W70JCO30 1,00 %, W70JCO30 1,25 %, W70JCO30 1,50 % adalah 43,21 MJ/kg, 43,3 MJ/kg, 40,22 MJ/kg, 38,2 MJ/kg yang keempatnya sedikit lebih rendah dari solar (45.361 MJ/kg), menunjukkan bahwa kandungan energi metil ester sebanding dengan diesel. Titik nyala biodiesel WCO70JCO30 katalis 0,75 %, 1,00 %, 1,25 %, 1,50 % masing masing adalah 182,5 °C , 184,5 °C, 108,5 °C dan 192,5 °C, secara signifikan lebih tinggi daripada solar (75,5 °C). Titik nyala metil ester memenuhi persyaratan standar ASTM D6751 dan EN 14214, yang menetapkan bahwa titik nyala bahan bakar harus berada dalam kisaran masing-masing 100-200 °C dan lebih dari 101 °C sesuai spesifikasi biodiesel terdapat pada tabel 2.1. Titik nyala tinggi metil ester WCO70JCO30 yang dioptimalkan akan mengurangi risiko bahaya kebakaran saat bahan bakar terkena sumber pengapian seperti nyala api atau percikan api. Stabilitas oksidasi pada tempertatur 110 °C Biodiesel WCOJCO adalah 8 jam, nilai minimum yang ditentukan dalam ASTM D6751 (3,00 jam) sedangkan stabilitas oksidasi untuk biodiesel rata rata WCO70JCO30 adalah 8,00 sampai 20,60 jam. Stabilitas oksidasi biodiesel WCO70JCO30 dari ke empat perbandingan katalis memenuhi persyaratan EN 14214, yang menentukan minimum stabilitas oksidasi 6,00 jam. Penambahan minyak jarak pagar dengan minyak goreng sisa menjadi biodiesel telah menunjukkan peningkatan besar dalam stabilitas oksidasi sehingga dapat menurunkan sifat fisikokimia bahan bakar dimana stabilitas oksidasi adalah properti penting karena menunjukkan tingkat degradasi bahan bakar, yang memiliki peran penting untuk penyimpanan, penanganan, dan transportasi bahan bakar. Oksidasi bahan bakar sangat tidak diinginkan karena nilai asam meningkat, yang akan menyebabkan korosi pada mesin komponen, dan viskositas kinematik meningkat, yang akan menyumbat injektor bahan bakar (Milano dkk, 2022). Berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa pencampuran minyak goreng sisa dengan minyak jarak pagar secara signifikan meningkatkan stabilitas oksidasi metil ester. Hasil pengamatan tabel 3. menunjukkan bahwa penambahan biodiesel WCO70JCO30 rasio 50 (v/v)% mengubah sifat fisikokimia dan bernama BWJCD50.

Tabel 3: Sifat Fisikokimia Campuran Biodiesel WCO70JCO30 Dan Solar

Sifat-sifat	Satuan	WCO70JCO30	BWJCD50
Viskositas Kinematik	mm ² /s	5,7887	3,556
Densitas 15 °C	kg/m ³	872,127	855,20
Nilai Kalor	MJ/kg	43,30	41,35
Oksidasi	Jam	20,38	25,20
Nilai Asam	KOH/g	0,50	0,36

Viskositas kinematik pada temperatur 40 °C BWJCD50 adalah 3,556 mm²/s dan densitas 15 °C adalah 855,2 kg/m³ sedangkan nilai asam BWJCD50 adalah 0,36 mg KOH/g dan 41,35 MJ/kg. Campuran biodiesel dengan solar menunjukan linear sehingga mengalami perubahan viskositas dan densitas. Biodiesel ketika sudah dicampur dengan solar mengalami peningkatan oksidasi, Penambahan biodiesel WCO70JCO30 dengan solar menjadi B50 telah menunjukkan peningkatan besar dalam stabilitas oksidasi sehingga dapat menurunkan sifat fisikokimia bahan bakar dimana Stabilitas oksidasi adalah properti penting karena menunjukkan tingkat degradasi bahan bakar, yang memiliki peran penting untuk penyimpanan, penanganan, dan transportasi bahan bakar. Sifat-sifat diatas menunjukan bahwa campuran bahan bakar biodiesel-solar B50 masih dalam batas sesuai spesifikasi ASTM D6751/EN 14214 dan SNI 7182:2015. Karena itu campuran biodiesel dan solar sesuai untuk diesel mesin tanpa modifikasi sehingga dapat diaplikasikan ke pembangkit listrik tenaga biosolar.

4. KESIMPULAN

Campuran limbah minyak goreng dan minyak jarak pagar melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan menggunakan katalis acid-basa katalis menjadi biodiesel dapat dijadikan potensi untuk digunakan pada mesin diesel. Pencampuran biodiesel dari minyak goreng sisa dengan minyak jarak pagar KOH 0,75 %; 1,00 %; 1,25%, 1,50% merupakan perbandingan katalis memiliki sifat fisikokimia seperti nilai titik nyala yang tinggi dan nilai kalor yang mendekati bahan bakar diesel. Biodiesel WCO70JCO20 dengan solar menjadi B50 telah menunjukkan peningkatan besar dalam stabilitas oksidasi dimana sifat ini merupakan ketahanan atau kualitas biodiesel untuk diperbesar secara skala industri dan digunakan bahan bakar untuk transportasi umum. B50 memiliki sifat fisiokimia dimana campuran bahan bakar biodiesel-solar B50 memenuhi spesifikasi ASTM D6751/EN 14214 dan SNI 7182:2015. Karena itu campuran biodiesel dan solar cocok untuk diesel mesin tanpa modifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur karena berkat dan rahmat yang maha kuasa penulis dapat menyelesaikan artikel ini, serta terima kasih yang sedalamnya karena dukungan finansial yang diberikan oleh Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi dan Arridina Susan Silitonga, S.T., M.Eng., Ph.D selaku pembimbing Program Kreativitas Mahasiswa Riset (PKM-RE).

DAFTAR PUSTAKA

- Abedin, M.J., Kalam, M.A., Masjuki, H.H., Sabri, M.F.M., Ashrafur Rahman, S.M., Sanjid, A., & Rizwanul Fattah, I.M. (2016). *Production Of Biodiesel from A Non-Edible Source and Study of Its Combustion, and Emission Characteristics: A Comparative Study with B5*. *Renewable Energy* 88, 20-29.
- Agarwal, A.V.K., Gupta, J.G., & Dhar, A. (2017). *Potential and Challenges for Large-Scale Application of Biodiesel in Automotive Sector*. *Progress in Energy and Combustion Science* 61, 113-149.

- Almeida-Naranjo, C.E., Jácome, E., & Soria, R. (2022). *Biodiesel market share in Ecuador: Current situation and perspectives. Materials Today: Proceedings* 49, 202-209.
- Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Badruddin, I. A., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., & Mekhilef, S. (2012). *A Comprehensive Review on Biodiesel as an Alternative Energy Resource and Its Characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 2070–2093.
- Binhayeeding, N., Klomkiao, S., Prasertsan, P., & Sangkharak, K. (2020). *Improvement of Biodiesel Production Using Waste Cooking Oil and Applying Single And Mixed Immobilised Lipases On Polyhydroxyalkanoate. Renewable Energy* 162, 1819–1827.
- Dharma, S., Masjuki, H.H., Ong H.C., Sebayang A.H., Silitonga A.S., Kusumo F., & Mahlia, T.M.I. (2016). *Optimization of Biodiesel Production Process for Mixed Jatropha Curcas–Ceiba Pentandra Biodiesel Using Response Surface Methodology. Energy Conversion Management* 115, 178-190.
- Ghazali, W.N.M.W., Mamat, R., Masjuki, H.H. & Najafi, G. (2015). Effects of Biodiesel from Different Feedstocks on Engine Performance And Emissions: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 51, 585-602
- Glisic, S.B., & Orlovic, A.M. (2014). *Review Of Biodiesel Synthesis from Waste Oil Under Elevated Pressure and Temperature: Phase Equilibrium, Reaction Kinetics, Process Design and Techno-Economic Study. Renewable and Sustainable Energy Reviews* 31, 708-725.
- Indrawan, N., Thapa, S., Bhoi, P. R., Huhnke, R. L., & Kumar, A. (2017). *Engine Power Generation And Emission Performance of Syngas Generated from Low-Density Biomass. Energy Conversion and Management* 148, 593–603.
- Kale, B.N., Patle, S.D., & Kalambe, S.R. (2021). *Microalgae Biodiesel and Its Various Diesel Blends as Promising Alternative Fuel for Diesel Engine. Materials Today: Proceedings* 44, 2972-2977.
- Liu, J.Z., Cui, Q., Kang, Y.F., Meng, Y., Gao, M.Z., Efferth, T. & Fu, Y.J. (2019). *Euonymus Maackii Rupr. Seed Oil as A New Potential Non-Edible Feedstock for Biodiesel. Renewable Energy* 133, 261-267.
- Manzano-Agugliaro, F., Sanchez-Muros, M. J., Barroso, F. G., Martínez-Sánchez, A., Rojo, S., & Pérez-Bañón, C. (2012). *Insects For Biodiesel Production. Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 3744–3753.
- Milano, J., Ong, H. C., Masjuki, H. H., Silitonga, A. S., Chen, W. H., Kusumo, F., Dharma, S., & Sebayang, A. H. (2018). *Optimization of Biodiesel Production By Microwave Irradiation-Assisted Transesterification for Waste Cooking Oil-Calophyllum Inophyllum Oil Via Response Surface Methodology. Energy Conversion and Management* 158, 400–415.
- Milano, J., Shamsuddin, A.H., Silitonga, A.S. Sebayang, A.H., Siregar, M.A., Masjuki, H.H. Pulungan, M.A. Chia, S.R., & Zamria, M.F.M.A. (2022). *Tribological Study on The Biodiesel Produced from Waste Cooking Oil, Waste Cooking Oil Blend with Calophyllum Inophyllum and Its Diesel Blends on Lubricant Oil. Energy Reports* 8, 1578-1590.
- Mofijur, M., Atabani, A.E., Masjuki, H.H., Kalam, M.A., & Masum, B.M. (2013). *A Study on The Effects of Promising Edible and Non-Edible Biodiesel Feedstocks on Engine Performance And Emissions Production: A Comparative Evaluation. Renewable and Sustainable Energy Reviews* 23, 391-404.
- Ong, H.C., Masjuki, H.H. Mahlia, T.M.I., Silitonga, A.S., Chong, W.T., & Leong, K.Y. (2014). *Optimization of Biodiesel Production and Engine Performance from High Free Fatty Acid Calophyllum Inophyllum Oil in CI Diesel Engine. Energy Conversion Management* 81, 30-40.
- Putra, D.A., Meriatna, Suryati, Zulmiardi. (2022). Pembuatan Zat Emulsifier dari Minyak Pliek U Dengan Katalis NaOH. *Jurnal Teknologi Kimia UNIMAL* 11, 22-31.
- Ravelo, V.C., & Rodriguez, J.S. (2018). Biodiesel Production as A Solution to Waste Cooking Oil (WCO) Disposal. Will Any Type of WCO Do for A Transesterification Process? A Quality Assessment. *Journal Environmental Management* 228, 117-129.
- Silitonga, A.S., Masjuki, H.H., Mahlia, T.M.I., Ong, H.C., W.T.Chong, W.T., & Boosroh, M.H. (2013). *Overview Properties of Biodiesel Diesel Blends from Edible and Non-Edible Feedstock. Renewable and Sustainable Energy Reviews* 22, 346-360.
- Topare, N. S., & Patil, K. D. (2021). *Biodiesel From Waste Cooking Soybean Oil Under Ultrasonication as An Alternative Fuel for Diesel Engine. Materials Today: Proceedings* 43, 510–513.
- Van Eijck J, Romijn H, Balkema A, & Faaij A. (2014). *Global Experience with Jatropha Cultivation for Bioenergy: An Assessment of Socio-Economic and Environmental Aspects. Renewable Sustainable Energy Review* 32, 869–889.