

PENGARUH WAKTU DAN TEMPERATUR REAKSI TERHADAP SIFAT FISIK CAMPURAN BODIESEL MINYAK NYAMPLUNG DAN BODIESEL MINYAK JELANTAH

Muazim^a, Dr. Wahyudi, S.T., M.T.^b, Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng.^c

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183, Indonesia
+62 274 387656
e-mail: muazim8@gmail.com

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183, Indonesia
+62 274 387656
e-mail: wahyudi.stmt@yahoo.co.id^b, nadjibar@yahoo.com^c

Intisari

Kebutuhan minyak bumi semakin tinggi guna memenuhi kebutuhan manusia. Biodiesel minyak nabati merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi penggunaan minyak bumi. Minyak nyamplung dan jelantah merupakan minyak nabati yang *non-edible oil* sehingga tidak bersaing dengan kebutuhan pangan. Biodiesel minyak nabati memiliki kekurangan yaitu viskositas nya yang tinggi. Untuk memperbaiki viskositas tersebut salah satunya dengan mencampur biodiesel satu dengan biodiesel yang lainnya. Penelitian ini bertujuan memperoleh hasil analisa dari pengaruh waktu dan temperatur reaksi campuran biodiesel minyak nyamplung dan biodiesel minyak jelantah terhadap sifat fisik biodiesel. Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan biodiesel dengan proses degumming, esterifikasi dan transesterifikasi. metode degumming menggunakan asam fosfat (H₃PO₄) sebanyak 0,2% dari volume minyak, metode esterifikasi menggunakan metanol 22,5% dari volume minyak dan katalis yang digunakan asam sulfat (H₂SO₄) sebanyak 0,5% dari volume minyak, metode transesterifikasi menggunakan metanol 15% dari volume minyak dan katalis yang digunakan kalium hidroksida (KOH) sebanyak 1% dari volume minyak. Setelah pembuatan biodiesel selesai kedua, jenis biodiesel tersebut dicampur dengan komposisi 60% biodiesel minyak nyamplung dan 40% biodiesel minyak jelantah dengan variasi waktu 30, 60, dan 90 menit dengan masing-masing di variasikan lagi dengan temperatur 60 °C, 90 °C dan 120 °C. Berdasarkan hasil data dari penelitian ini disimpulkan pengaruh dari variasi waktu dan temperatur campuran biodiesel minyak nyamplung dan biodiesel minyak jelantah terhadap karakteristik biodiesel ada pengaruh terhadap perubahan nilai sifat fisiknya namun tidak terlalu signifikan. Pengaruh waktu dan temperatur reaksi campuran biodiesel yang paling optimal diperoleh pada suhu dan waktu 60 °C 30 menit, karena pada komposisi tersebut nilai viskositas nya yang mendekati standar SNI 7182-2015, nilai densitas dan flash point sudah sesuai standar SNI 7182-2015, dan memiliki nilai kalor yang paling tinggi.

Kata kunci: Biodiesel, *Degumming*, Esterifikasi, Jelantah, Nyamplung, Sifat fisik, Transesterifikasi.

1. PENDAHULUAN

Energi sudah menjadi bagian yang penting dalam kehidupan masyarakat, karena hampir semua kegiatan umat manusia membutuhkan energi. Indonesia menjadi negara yang mempunyai berbagai macam sumber energi dan salah satunya adalah minyak bumi. Seiring meningkatnya kebutuhan minyak bumi guna memenuhi kebutuhan

manusia, ditandai dengan rata – rata peningkatan kebutuhan energi tiap tahunnya sebesar 36 juta *barrel oil equivalent* (BOE) dari tahun 2000 – 2014 (Sa'adah dkk, 2017).

Sebagai solusi mengurangi penggunaan minyak bumi sebagai sumber energi adalah dengan menggunakan energi baru dan terbarukan, salah satunya adalah biodiesel. Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang bersifat dapat diperbarui (*renewable*) serta ramah lingkungan. Biodiesel berbahan baku dari minyak nabati dan lemak hewani. Terdapat lebih dari 50 jenis minyak nabati yang diperoleh dari darat maupun laut seperti minyak sawit (*palm oil*), minyak jarak (*castor oil*), minyak kelapa (*coconut oil*), minyak nyamplung (*colophyllum inophyllum*) dan masih banyak jenis lainnya (Kuncahyo dkk, 2013). Biodiesel dapat menjadi alternatif dalam menanggulangi ketergantungan pada Bahan Bakar Minyak (BBM), selain itu keunggulan biodiesel adalah menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik dari pada solar, bersifat *biodegradable*, tidak beracun, bersifat sebagai pelumas pada injector, kandungan energi yang hampir sama dengan kandungan energi *petroleum diesel* (80% dari kandungan *petroleum diesel*), dan penyimpanan mudah karena titik nyala yang tinggi (Elma dkk, 2016).

Pada penelitian ini, minyak nabati yang digunakan adalah minyak nyamplung dan minyak jelantah. Minyak nyamplung merupakan salah satu minyak nabati yang memiliki potensi sebagai sumber daya energi terbarukan sebagai bahan dasar pembuatan biodiesel, karena minyak nyamplung memiliki kelebihan dengan bijinya yang mempunyai rendemen yang tinggi 40% - 73% (Atabani dkk, 2011). Minyak nyamplung memiliki kandungan asam lemak bebas yang relatif tinggi sekitar 5,1% (Prihanto dkk, 2013). Sedangkan minyak jelantah termasuk limbah berbahaya karena mengandung bahan karsinogenik yang akan mencemari tanah dan air apabila terbuang. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemanfaatan terhadap limbah minyak jelantah. Minyak jelantah berpotensi sebagai bahan baku pembuatan biodiesel karena memiliki jumlah trigleserida yang sangat banyak dan belum dimanfaatkan secara optimal (Anisah dkk, 2018). Pada umumnya kekurangan minyak nabati dalam penggunaannya sebagai bahan utama pembuatan biodiesel yaitu tingginya viskositas pada setiap minyak nabati, tetapi dari kedua minyak nabati tersebut merupakan *non-edible oil* sehingga tidak bersaing dengan kebutuhan pangan.

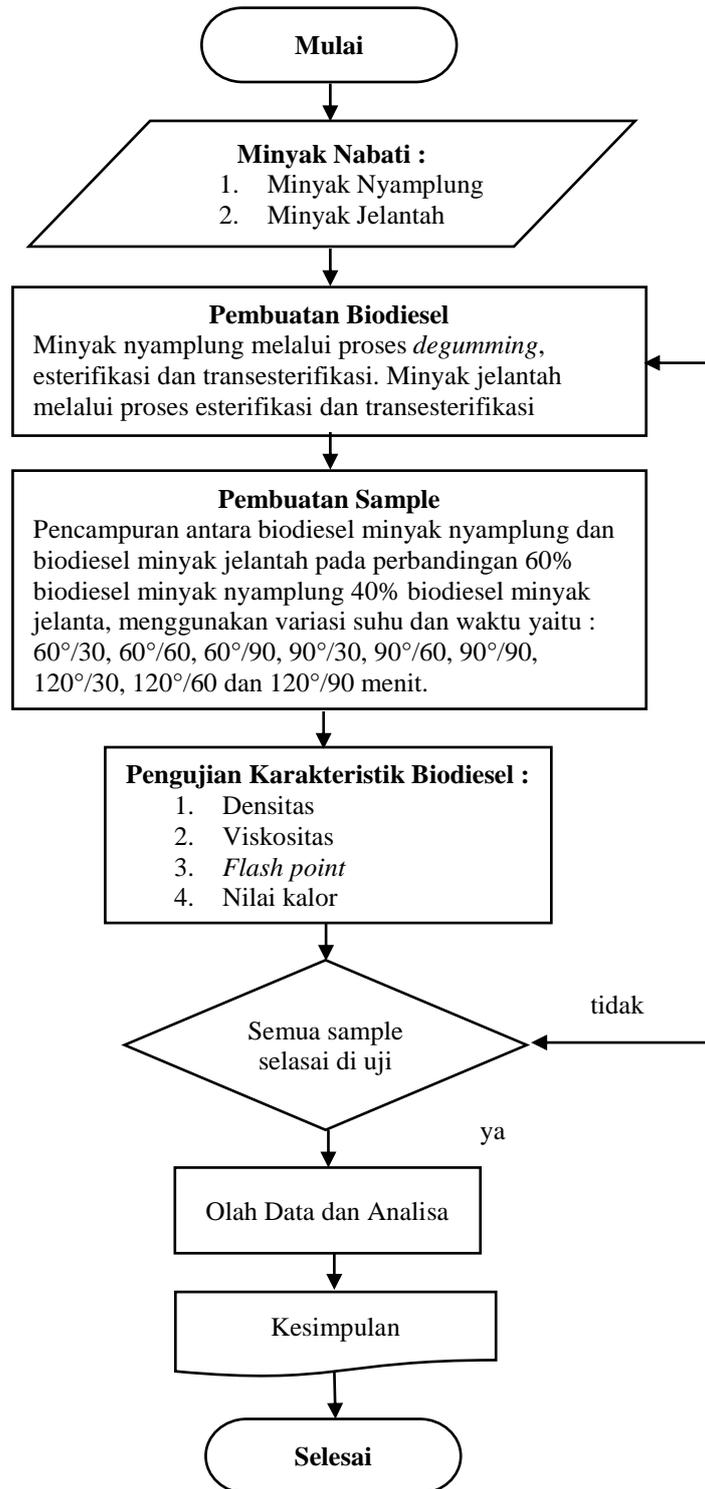
Upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki karakteristik biodiesel salah satunya adalah dengan mencampur biodiesel minyak nyamplung dengan biodiesel minyak jelantah, namun selain pengaruh komposisi campuran hal lain yang perlu diperhatikan adalah pengaruh waktu dan temperatur reaksi. Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian tentang pengaruh waktu dan temperatur reaksi campuran biodiesel minyak nyamplung dan biodiesel minyak jelantah terhadap sifat biodiesel.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat Penelitian

Dalam Penelitian ini bahan-bahan yang digunakan diantaranya adalah: minyak nyamplung, minyak jelantah, metanol, asam fosfat (H_3PO_4), asam sulfat (H_2SO_4), kalium hidroksida (KOH), dan air. Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah: alat pembuat biodiesel dan pemanas air, alat pencampur biodiesel, *stopwatch*, kompor listrik (*hot plate*), neraca digital, alat uji viskositas (*viscometer*), alat uji *flash point*, alat uji nilai kalor (*calorimeter*).

2.2 Diagram Alir Penelitian



2.3 Tahaoan Penelitian

2.3.1 Proses Pembuatan Biodiesel

a) **Degumming**

Proses degumming awal mula dengan memanaskan minyak sampai suhu 80 °C. Selanjutnya menambahkan asam fosfat (H_3PO_4) dengan volume 0,2% (v/b) dari berat minyak, sambil diaduk selama 15 menit. Lalu setelah itu didiamkan dengan menggunakan corong pemisah selama 8 jam dan melakukan pemisahan minyak dengan gum. Kemudian setelah minyak terpisah dengan gum, minyak dicuci dengan air bersuhu 60 °C dengan dilakukan berulang-ulang kali sampai air cucian terlihat jernih. Hasil minyak dari cucian yang sudah terlihat jernih dipanaskan dengan suhu 105 °C selama 10 menit berguna sebagai menguapkan air yang tersisa pada waktu pencucian (Hasibuan dkk, 2013).

b) **Esterifikasi**

Esterifikasi dengan bahan baku minyak nyamplung dan minyak jelantah masing-masing dipanaskan menggunakan wadah pemanas. Reaksi esterifikasi dengan menggunakan sebanyak 0,5% (v/b) asam sulfat (H_2SO_4) anhidrat, dan ditambahkan dengan cara dilarutkan metanol sebanyak 22,5% (v/b) kedalam minyak. Melakukan proses esterifikasi dengan suhu 60 °C dengan waktu 60 menit. Setelah melalui tahap tersebut, lalu memindahkan kedalam corong pemisah dan didiamkan minimal 8 jam dan melakukan pemisahan minyak dengan kotoran. Kemudian minyak dicuci dengan air bersuhu 60 °C dengan dilakukan berulang-ulang kali sampai air cucian terlihat jernih. Hasil minyak dari cucian yang sudah terlihat jernih dipanaskan dengan suhu 105 °C selama 10 menit berguna sebagai menguapkan air yang tersisa pada waktu pencucian.

c) **Transesterifikasi**

Minyak nyamplung dan minyak jelantah yang sudah di esterifikasi, masing-masing kemudian dilakukan proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi dimulai dengan melarutkan metanol 15% (v/b) dan KOH 1% (v/b), kemudian menambahkannya dalam minyak di wadah pemanas pada suhu 60 °C selama 60 menit. Pencucian (*washing*) dengan dara biodiesel dicuci dengan air bersuhu 60 °C dengan dilakukan berulang-ulang kali sampai air cucian terlihat jernih. Hasil biodiesel dari cucian yang sudah terlihat jernih dipanaskan dengan suhu 105 °C selama 10 menit berguna sebagai menguapkan air yang tersisa pada waktu pencucian.

2.3.2 Proses Pencampuran Biodiesel

Setelah pembuatan biodiesel langkah selanjutnya adalah membuat sampel biodiesel dengan campuran biodiesel nyamplung 60% dan biodiesel jelantah 40%, dengan variasi waktu 30 menit, 60 menit 90 menit dan variasi suhu 60 °C, 90 °C, 120 °C. Sampel ini nantinya digunakan untuk meneliti pengaruh waktu dan temperatur reaksi komposisi terhadap sifat biodiesel.

2.3.3 Pengujian Karakteristik Campuran

Setelah pencampuran biodiesel selesai, selanjutnya dilakukan pengujian karateristik biodiesel meliputi pengujian densitas, viskositas, *flash point*, dan nilai kalor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Bahan Baku

Penelitian ini menggunakan bahan baku minyak nyamplung (*calophyllum inophyllum*) dan minyak jelantah (*waste cooking oil*). Kedua bahan baku ini mempunyai karakteristik dan kandungan asam lemak jenuh dan tak jenuh yang berbeda. Berikut ini merupakan pembahasan karakteristik dan kandungan asam lemak yang terdapat pada minyak nyamplung dan minyak jelantah. Tabel 3.1 merupakan beberapa karakteristik bahan baku biodiesel dari hasil pengujian.

Tabel 3.1 Karakteristik Bahan Baku Biodiesel

Karakteristik	Minyak Nyamplung (<i>Calophyllum Inophyllum</i>)	Minyak Jelantah (<i>Waste Cooking Oil</i>)
Densitas (40 °C) kg/m ³	928,532	893,291
Viskositas (40 °C) cSt	61,1	56,15936
Flash Point (°C)	202	305,333
Nilai Kalor (Cal/g)	9054,7663	9224,875

Dari tabel 3.1 dapat dilihat bahwa karakteristik dari densitas, dan viskositas, dari minyak nyamplung lebih tinggi dari pada minyak jelantah, akan tetapi untuk nilai kalor dan *flash point* minyak jelantah memiliki nilai yang lebih tinggi dari minyak nyamplung. Oleh karena itu pencampuran dari minyak nyamplung dan minyak jelantah diharapkan akan memberi perubahan yang lebih baik pada nilai karakteristik biodiesel.

Asam lemak jenuh merupakan asam lemak yang semua ikatan atom karbon pada rantai karbonnya yang berupa ikatan tunggal (jenuh). Sedangkan pada asam lemak tak jenuh adalah asam lemak yang mengandung ikatan rangkap pada rantai karbonnya. Kandungan dari asam lemak jenuh maupun asam lemak tak jenuh minyak nyamplung dan minyak jelantah didapat setelah melakukan pengujian di Laboratorium Pengujian dan Penelitian Terpadu (LPPT) UGM dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kandungan Asam Lemak Jenuh dan Tak Jenuh Minyak Nyamplung dan Minyak Jelantah

Asam Lemak	Minyak Nyamplung (% Relatif)	Minyak Jelantah (% Relatif)
Methyl Butyrate	6,24	14,74
Methyl Palmitate	11,67	35,9
Methyl Octadecanoate	14,30	3,18
Methyl Linoleate	36,59	-
Methyl Linolenate	0,52	7,28
Cis-9-Oleic Methyl ester	16,30	36,51
Linolelaidic Acid Methyl Ester	1,99	-
M Cis-5,8,11,14-Eicosatetraenoic	2,27	-
Gamma-Linolenic acid methyl ester	10,12	-
Methyl Aracehidate	-	0,39
Methyl Tetradecanoate	-	0,75
Methyl Cis-11-eicocenoate	-	0,3

3.2 Abstract

Dari penelitian yang telah dilakukan, karakteristik dari biodiesel nyamplung dan biodiesel minyak jelantah dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Karakteristik Biodiesel Minyak Nyamplung dan Biodiesel Minyak Jelantah

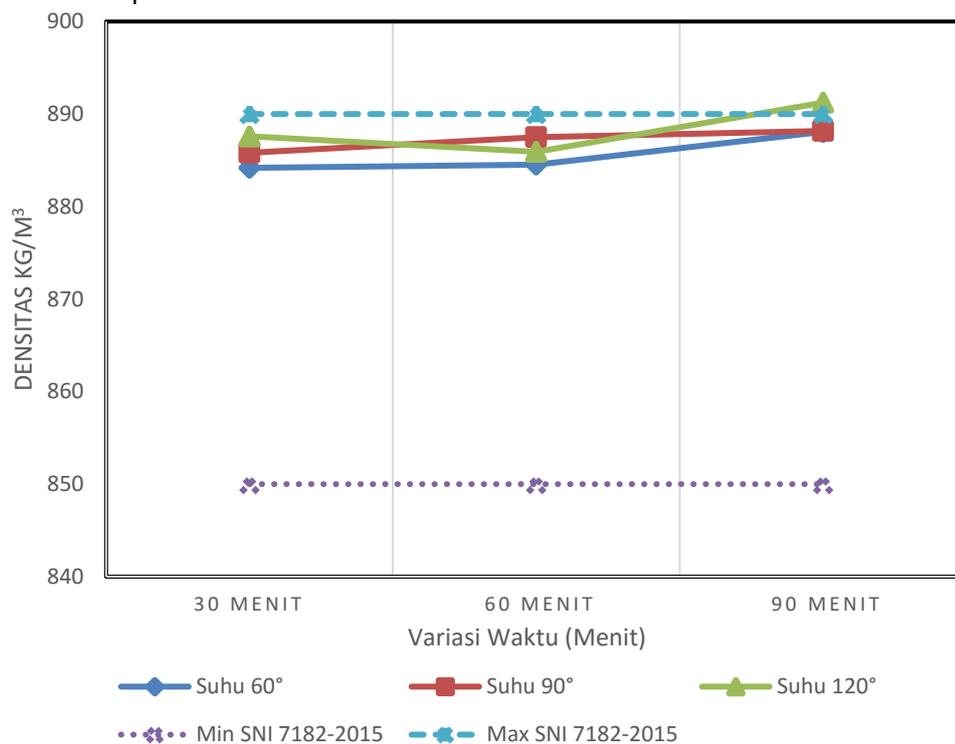
Karakteristik	Biodiesel Nyamplung	Biodiesel Jelantah	SNI 7182-2015
Densitas (40 °C) kg/m ³	912,7493	857,2713	850 - 890
Viskositas (40 °C)cSt	28,022	4,589	2,3 – 6,0
Flash Point (°C)	223	197,2667	Min. 100
Nilai Kalor (Cal/g)	9387,4805	9311,472	

Pada Tabel 3.3 dapat dilihat perbandingan karakteristik dari biodiesel nyamplung dan biodiesel jelantah. Hasil pengujian densitas, viskositas kinematik, *flash point* dan nilai

kalor menunjukkan ada beberapa yang memenuhi SNI 7182 – 2015 dan ada beberapa yang tidak memenuhi standar. Pengujian densitas biodiesel jelantah telah memenuhi standar yaitu bernilai 857,2713 kg/m³, sedangkan biodiesel nyamplung tidak memenuhi standar yaitu bernilai 912,7493 kg/m³. Pengujian viskositas kinematik biodiesel minyak nyamplung 29,334 cSt hasil tersebut tidak memenuhi standar sedangkan biodiesel minyak jelantah memenuhi standar dengan nilai 4,58 cSt. Pengujian *flash point* biodiesel nyamplung dan biodiesel jelantah keduanya sudah memenuhi SNI 7182-2015 yaitu (>100°C), dimana flash point biodiesel nyamplung (223 °C) dan biodiesel jelantah (197,2667 °C).

3.3 Densitas Campuran Biodiesel

Densitas adalah perbandingan massa terhadap volume. Jika suatu benda massa jenisnya semakin tinggi, maka semakin besar pula massa pada setiap volumenya. Gambar 3.1 merupakan hasil dari pengujian densitas terhadap variasi temperatur dan waktu dari campuran biodiesel.



Gambar 3.1 Hasil Pengujian Densitas

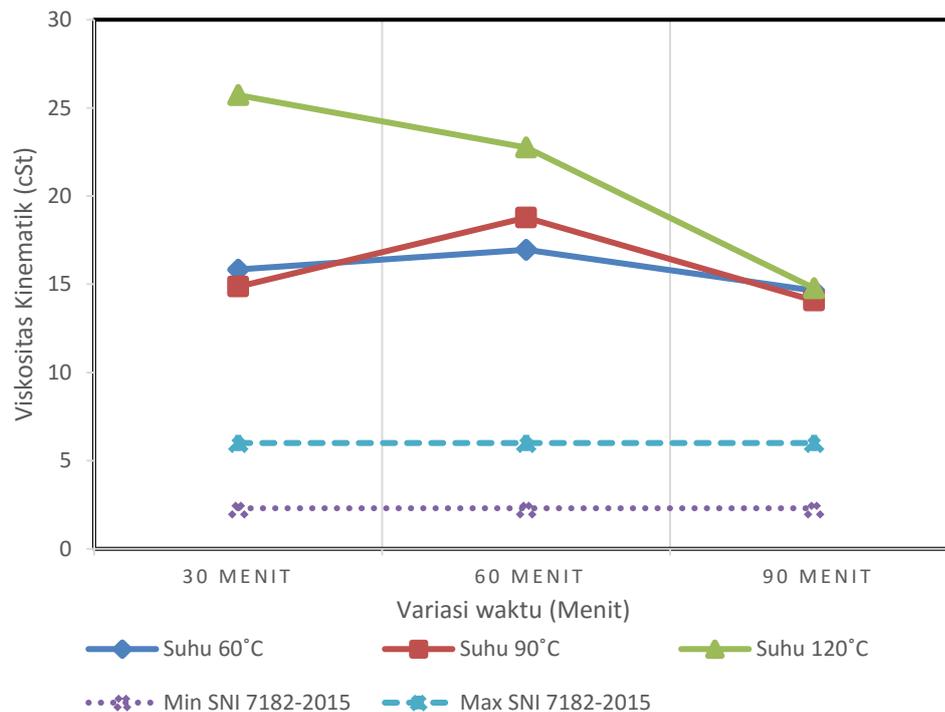
Berdasarkan gambar 3.1 nilai densitas terhadap pengaruh waktu dan temperatur campuran biodiesel menunjukkan hasil yang berbeda walaupun tidak signifikan. Pada variasi temperatur 60 °C, 90 °C dan temperatur 120 °C mengalami kenaikan nilai densitas seiring lama waktu pencampuran. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu pencampuran panjang rantai karbon mengalami penurunan sedangkan ikatan rangkapnya mengalami kenaikan. Pada variasi waktu 30 menit, memperlihatkan bahwa semakin tinggi temperatur pencampuran semakin tinggi nilai densitas. Hal ini dikarenakan semakin tinggi temperatur pencampuran panjang rantai karbon mengalami penurunan sedangkan ikatan rangkapnya mengalami kenaikan. Dari gambar 3.1 dapat dilihat juga bahwa nilai densitas terendah terjadi pada variasi temperatur 60 °C, 30 menit, sedangkan nilai densitas tertinggi terjadi pada variasi temperatur 120 °C, 90 menit, dan pada variasi 120 °C, 90 menit satu satunya variasi waktu dan temperatur yang tidak memenuhi standar SNI 7182-2015.

Meningkatnya nilai densitas maka panjang rantai karbon akan mengalami penurunan dan peningkatan jumlah ikatan rangkap pada asam lemak. Semakin tidak

jenuh minyak yang digunakan maka densitas pada minyak tersebut akan semakin tinggi (Hoekman dkk, 2012).

3.4 Viskositas Kinematik Campuran Biodiesel

Viskositas merupakan salah satu parameter yang penting dalam pembuatan biodiesel. Viskositas merupakan suatu ukuran kekentalan pada fluida. Semakin tinggi viskositas suatu fluida, maka semakin kental dan semakin sukar mengalir. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap campuran biodiesel nyamplung dan biodiesel jelantah dari berbagai variasi temperatur dan waktu, diperoleh hasil viskositas kinematik yang dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Hasil Pengujian Viskositas Kinematik

Nilai viskositas kinematik sangat dipengaruhi oleh nilai densitas, dimana nilai densitas semakin tinggi maka nilai viskositas kinematik akan semakin rendah begitu pula sebaliknya. Pada gambar 3.2 menunjukkan bahwa nilai viskositas kinematik pada temperatur 120 °C mengalami penurunan seiring dengan lamanya waktu. Pada temperatur 60 °C dan 90 °C cenderung mengalami penurunan nilai viskositas kinematik dengan seiring lamanya waktu pencampuran. Pada variasi waktu 60 menit memperlihatkan pengaruh temperatur dimana semakin tinggi temperatur yang digunakan pada proses pencampuran semakin tinggi juga nilai viskositas yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu dan semakin tinggi suhu reaksi pencampuran terjadi perubahan panjang rantai karbon dan jumlah ikatan rangkap pada kandungan asam lemak. Dari hasil penelitian ini tidak ada nilai viskositas yang memenuhi standar SNI 7182-2015 (2,3-6 cSt). Nilai viskositas kinematik tertinggi terjadi pada variasi temperatur 120 °C dan waktu 30 menit dengan nilai 25,725 cSt, sedangkan nilai viskositas terendah terjadi pada variasi temperatur 90 °C dan waktu 90 menit dengan nilai 14,073 cSt.

Menurut Tazora (2011) Viskositas kinematik berbanding lurus dengan panjang rantai karbon dan berbanding terbalik dengan jumlah ikatan rangkap. Semakin panjang rantai karbon asam lemak dan alkohol maka viskositas semakin besar.

3.5 Flash Point Campuran Biodiesel

Nilai *flash point* adalah temperatur terendah dimana biodiesel akan mulai menyala. Hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap campuran biodiesel nyamplung dan

biodiesel jelantah dari berbagai variasi temperatur dan waktu, diperoleh nilai flash point yang dapat dilihat pada grafik hasil pengujian pada Gambar 3.3.



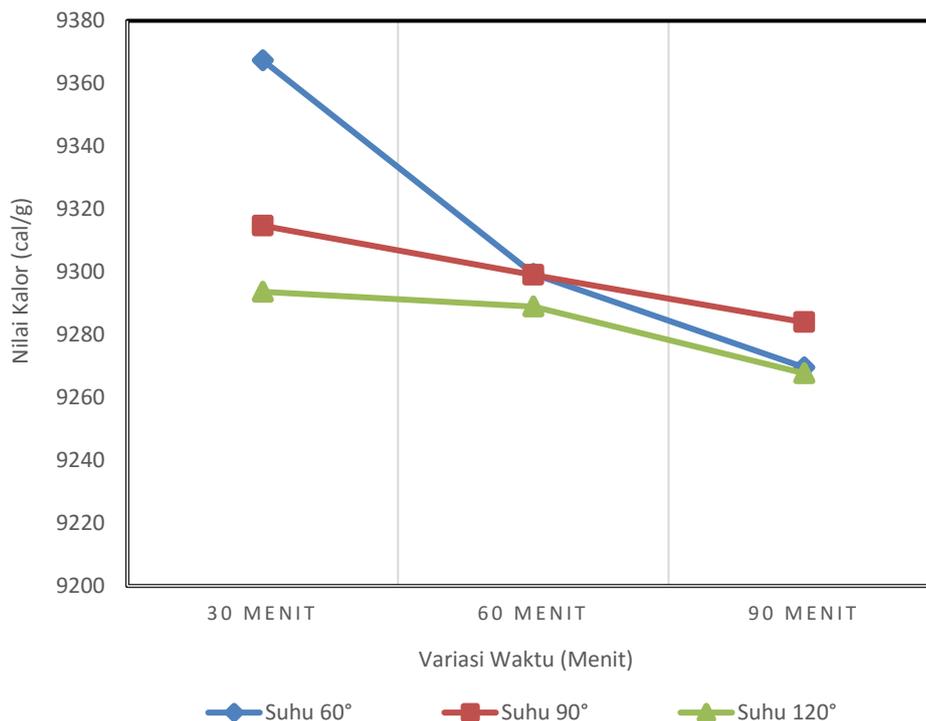
Gambar 3.3 Hasil Pengujian *Flash Point*

Dari gambar 3.3 hasil pengujian *flash point* dapat dilihat bahwa pada temperatur 60 °C, 90 °C dan 120 °C mengalami penurunan pada variasi waktu 60 menit dan mengalami kenaikan kembali pada variasi waktu 90 menit. Pada tiap variasi waktu nilai *flash point* pada temperatur 90 °C selalu berada paling rendah. Dari pengujian *flash point* memiliki nilai yang beragam yaitu dari 192,900 °C – 223,033 °C, *flash point* tertinggi pada pengujian ini yaitu pada temperatur 60 °C dalam waktu 30 menit sebesar 223,033 °C. Dalam penelitian ini semua sampel biodiesel variasi temperatur dan waktu telah memenuhi standar SNI 7182-2015 dengan nilai minimum 100 °C.

Flash point berkaitan dengan jumlah residu alkohol yang tertinggal di dalam biodiesel dan juga pelarut lain yang memiliki titik didih rendah. Semakin banyak jumlah residu alkohol di dalam biodiesel akan menurunkan nilai *flash point* (Tazora, 2011).

3.6 Nilai Kalor Campuran Biodiesel

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas/kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah bahan bakar dengan udara/oksigen. Hasil dari nilai kalor tersebut menggunakan alat Bom Calorimeter. Hasil pengujian nilai kalor dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Hasil Pengujian Nilai Kalor

Dari gambar 4.4 hasil pengujian nilai kalor dapat dilihat bahwa pengaruh temperatur dan waktu menyebabkan penurunan nilai kalor. Hal ini disebabkan kandungan ikatan rangkap pada asam lemaknya meningkat. Penurunan nilai kalor terbesar terjadi pada variasi temperatur 60 °C waktu 30 menit ke temperatur 60 °C, waktu 60 menit dengan nilai kalor nya dari 9367,4288 cal/g ke 9299,3872 cal/g. Dari pengujian nilai kalor memiliki nilai yang beragam yaitu dari 9267,7268-9367,4288 cal/g, nilai kalor tertinggi pada pengujian ini yaitu pada temperatur 60 °C dalam waktu 30 menit dengan nilai 9367,4288 cal/g. Menurut Irwansyah (2014) nilai kalor suatu bahan bakar menunjukkan jumlah energi panas yang dilepaskan pada setiap satuan berat bahan bakar apabila terbakar sempurna sehingga semakin tinggi nilai kalor bahan bakar maka energi yang dilepaskan per-satuan berat bahan bakar semakin tinggi. Maka dalam hasil ini menunjukkan nilai kalor terbaik terdapat pada variasi temperatur 60 °C dengan waktu 30 menit.

Perbedaan dari nilai kalor tersebut disebabkan oleh terdapatnya perbedaan antara molekul dari pembentuk senyawa minyak nabati seperti asam palminat, asam linoleat, dan asam oleat. Semakin banyak terdapat kandungan asam lemak yang terdapat ikatan rangkap pada rantai karbonnya (C=C) pada biodiesel, maka sangat mengurangi hasil nilai kalor dari biodiesel tersebut (Hanif, 2009)

4. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan terhadap pengaruh waktu dan temperatur reaksi campuran biodiesel minyak nyamplung 60% dan biodiesel minyak jelantah 40% terhadap sifat biodiesel dengan parameter pengujian densitas, viskositas, flash point, dan nilai kalor maka didapat kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai densitas yang diperoleh sebagian besar nilainya memenuhi standar SNI 7182-2015 (850 - 890 kg/m³), kecuali pada variasi temperatur dan waktu 120 °C 90 menit yang tidak memenuhi standar SNI 7182-2015 (850 - 890 kg/m³). Nilai densitas terendah terdapat pada variasi temperatur dan waktu 60 °C 30 menit dengan nilai 884,184 kg/m³ dan nilai densitas tertinggi terdapat pada variasi temperatur dan waktu 120 °C 90 menit dengan nilai 891,230 kg/m³.
2. Nilai viskositas yang diperoleh seluruh nilainya tidak memenuhi standar SNI 7182-2015 (2,3-6 cSt). Nilai viskositas terendah terdapat pada variasi temperatur

dan waktu 90 °C 90 menit dengan nilai 14,0738 cSt dan nilai viskositas tertinggi terdapat pada variasi temperatur dan waktu 120 °C 30 menit dengan nilai 25,725 cSt.

3. Nilai flash point campuran biodiesel minyak nyamplung dan biodiesel minyak jelantah yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI 7182-2015 (>100 °C). Nilai flash point terendah terdapat pada variasi temperatur dan waktu 90 °C 90 menit dengan nilai 192,900 °C dan nilai flash point tertinggi terdapat pada variasi temperatur dan waktu 60 °C 30 menit dengan nilai 223,033 °C.
4. Nilai kalor tertinggi pada pengujian ini yaitu pada variasi temperatur 60 °C dalam waktu 30 menit dengan nilai 9367,4288 cal/g, dan nilai kalor terendah pada pengujian ini yaitu pada variasi temperatur 120 °C dalam waktu 90 menit dengan nilai 9267,7268 cal/g.

Pengaruh dari variasi waktu dan temperatur campuran biodiesel minyak nyamplung dan minyak jelantah terhadap karakteristik biodiesel tidak ada pengaruh terhadap perubahan nilai yang terlalu signifikan antar sampel. Variasi waktu dan temperatur memberikan pengaruh yang berbeda-beda pada tiap karakteristik biodiesel. Variasi campuran minyak biodiesel nyamplung dan minyak biodiesel jelantah yang memberikan sifat paling optimal diperoleh pada temperatur 60 °C dan waktu 30 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisah, P. M., Suwandi, D., Si, M., & Eng, E. A. M. (2018). PENGARUH WAKTU TRANSESTERIFIKASI TERHADAP KONVERSI MINYAK JELANTAH MENJADI BIODIESEL EFFECT OF TRANSESTERIFICATION TIME ON THE RESULT OF WASTE COOKING OIL CONVERSION TO BIODIESEL. 7.
- Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., & Badruddin, I. A. (2011). *Calophyllum inophyllum* L. as a potential feedstock for bio-diesel production. 8.
- Aziz, I., Nurbayti, S., & Hakim, A. R. (2012). Uji Karakteristik Biodiesel yang dihasilkan dari Minyak Goreng Bekas Menggunakan Katalis Zeolit Alam (H-Zeolit) dan KOH. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(5). <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i5.296>
- Aziz, I., Nurbayti, S., & Ulum, B. (2011). Esterifikasi Asam Lemak Bebas Dari Minyak Goreng Bekas. 2(2), 5.
- Budiman, A., Kusumaningtyas, R. D., Pradana, Y. S., & Lestari, N. A. (2014). Biodiesel Bahan Baku, Proses dan Teknologi. Yogyakarta: Gajah Mada University Press dan Anggota IKAPI.
- Chandra, B. B., Setiawan, F., & Hakim, J. A. R. (2013). Pemanfaatan Biji Buah Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. 2(1), 3.
- Dewi, D. C. (2015). Produksi Biodiesel dari Minyak Jarak (*Ricinus communis*) dengan Microwave (PhD Thesis). UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG.
- Elma, M., Suhendra, S. A., & Wahyuddin, W. (2016). PROSES PEMBUATAN BIODIESEL DARI CAMPURAN MINYAK KELAPA DAN MINYAK JELANTAH. *Konversi*, 5(1), 8. <https://doi.org/10.31213/k.v5i1.23>
- Fathiyah, S. (2010). KAJIAN PROSES PEMURNIAN MINYAK NYAMPLUNG SEBAGAI BAHAN BAKAR NABATI. 66.
- Hanif. (2009). ANALISIS SIFAT FISIK DAN KIMIA BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF MOTOR DIESEL - PDF. Diambil 12 Juli 2019, dari <https://docplayer.info/40993454-Analisis-sifat-fisik-dan-kimia-biodiesel-dari-minyak-jelantah-sebagai-bahan-bakar-alternatif-motor-diesel.html>

- Hasibuan, S., Sahirman, S., & Yudawati, N. M. A. (2013). Karakteristik Fisikokimia dan Antibakteri Hasil Purifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.). *agriTECH*, 33(3), 311–319.
- Hastono, A. D., Prasetyo, A., & Mahmud, N. R. A. (2010). PENENTUAN NILAI KALOR BERBAGAI KOMPOSISI CAMPURAN BAHAN BAKAR MINYAK NABATI. *ALCHEMY*. <https://doi.org/10.18860/al.v0i0.1670>
- Hoekman, S. K., Broch, A., Robbins, C., Cenicerros, E., & Natarajan, M. (2012). Review of biodiesel composition, properties, and specifications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 143–169. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.143>
- Kasim, R. (2012). Esterifikasi Asam Lemak Bebas Pada Campuran Asam Oleat dan Minyak Sawit Murni Menggunakan Microwave. Laporan Penelitian Pengembanagn IPTEK Dana PNPB Tahun Anggaran.
- Kholidah, N. (2014). Pengaruh Perbandingan Campuran Bioetanol dan Gasoline Terhadap Karakteristik Gasohol dan Kinerja Mesin Kendaraan Bermotor (PhD Thesis). Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Knothe, G., Dunn, R. O., & Bagby, M. O. (2004). Biodiesel: The use of vegetable oils and their derivatives as alternative diesel fuels. *Oil Chemical Research*. National Center for Agricultureal Utilization Research, Agriculturea research Service, US. Department of Agriculture, Peoria, Illinois, USA, 61604.
- Kuncahyo, P., Fathallah, A. Z. M., & Hakim, J. A. R. (2013). ANALISA PREDIKSI POTENSI BAHAN BAKU BIODIESEL SEBAGAI SUPLEMEN BAHAN BAKAR MOTOR DIESEL DI INDONESIA. 2(1), 5.
- Laksono, T. (2013). Pengaruh Jenis Katalis NaOH dan KOH serta Rasio Lemak dengan Metanol terhadap Kualitas Biodiesel Berbahan Baku Lemak Sapi. Universitas Hasanudin, Makasar.
- Martínez, G., Sánchez, N., Encinar, J. M., & González, J. F. (2014). Fuel properties of biodiesel from vegetable oils and oil mixtures. Influence of methyl esters distribution. *Biomass and Bioenergy*, 63, 22–32.
- Muhammad, F. R., Jatranti, S., & Hakim, J. A. R. (2014). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro. 3(2), 6.
- Nurhayati, S. P., & Si, M. (2014). TEKNOLOGI PEMROSESAN BIODIESEL.
- Prihanto, A. (2015). PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK BIJI NYAMPLUNG MELALUI ESTERIFIKASI, NETRALISASI DAN TRANSESTERIFIKASI. 11(1), 6.
- Prihanto, A., Pramudono, B., & Santosa, H. (2013). PENINGKATAN YIELD BIODIESEL DARI MINYAK BIJI NYAMPLUNG MELALUI TRANSESTERIFIKASI DUA TAHAP. 9(2), 8.
- Ramadhas, A. S., Jayaraj, S., & Muraleedharan, C. (2004). Use of vegetable oils as IC engine fuels—a review. *Renewable energy*, 29(5), 727–742.
- Sa'adah, A. F., Fauzi, A., & Juanda, B. (2017). Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 17(2), 118. <https://doi.org/10.21002/jepi.v17i2.661>
- Setiawati, E., & Edwar, F. (2012). TEKNOLOGI PENGOLAHAN BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS DENGAN TEKNIK MIKROFILTRASI DAN TRANSESTERIFIKASI SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKAR MESIN DIESEL. (2), 11.

- Silitonga, A. S., Masjuki, H. H., Mahlia, T. M. I., Ong, H. C., 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.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.055>
- Sudradjat, R., Sahirman, S., Suryani, A., & Setiawan, D. (2010). Proses Transesterifikasi Pada Pembuatan Biodiesel Menggunakan Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* L.) Yang Telah Dilakukan Esterifikasi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 28(2), 184–198.
- Suirta, I. W. (2009). PREPARASI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH KELAPA SAWIT. *JURNAL KIMIA*, 6.
- Sunaryo, & Widiatmo, W. (2014). PENELITIAN NILAI KALOR BAHAN BAKAR BIOMASSA PADA LIMBAH KOTORAN HEWAN. 6(1), 10.
- Syamsidar. (2013). PEMBUATAN DAN UJI KUALITAS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH. 7, 209–218.
- Turnip, J. R., Tarigan, T. F. L., & Sinaga, M. S. (2017). PENGARUH MASSA KATALIS DAN WAKTU REAKSI PADA PEMBUATAN BIODIESEL DARI LIMBAH MINYAK JELANTAH DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS HETEROGEN K₂O DARI LIMBAH KULIT KAKAO. 6(2), 6.
- Wahyuni, S., Ramli, & Mahrizal. (2015). PENGARUH SUHU PROSES DAN LAMA PENGENDAPAN TERHADAP KUALITAS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH. 8.
- Widyastuti, L. (2007). REAKSI METANOLISIS MINYAK BIJI JARAK PAGAR MENJADI METIL ESTER SEBAGAI BAHAN BAKAR PENGGANTI MINYAK DIESEL DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS KOH. 110.