

PENGARUH KOMPOSISI CAMPURAN TERHADAP SIFAT BODIESEL DENGAN BAHAN BAKU MINYAK NYAMPLUNG DAN MINYAK JELANTAH

Muhammad Septa Nugroho^a, Wahyudi^b, Muhammad Nadjib^c

Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, D.I.Yogyakarta, Indonesia, 55183

septanugroho241@gmail.com, wahyudi@ft.umy.ac.id, nadjibar@yahoo.com

Abstrak

Peningkatan kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) mengakibatkan penurunan cadangan bahan bakar fosil. Banyak cara dilakukan untuk menemukan sumber energi alternatif, baru dan murah. Biodiesel merupakan salah satu sumber energi alternatif dan terbarukan yang diperoleh dari minyak nabati dan hewani. Biodiesel memiliki sifat biodegradable, dan ramah lingkungan. Akan tetapi minyak nabati tersebut masih memiliki kelemahan salah satunya memiliki viskositas yang masih tinggi. Untuk memperbaiki viskositas tersebut salah satunya yaitu dengan mencampur minyak nabati dengan jenis minyak nabati lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi campuran minyak nyamplung dan minyak goreng bekas terhadap karakteristik biodiesel (densitas, viskositas, *flash point* dan nilai kalor).

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk membuat biodiesel adalah dengan *degumming*, esterifikasi dan transesterifikasi. Variasi komposisi antara minyak nyamplung dan minyak goreng bekas adalah 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10, 100:0 (%).

Hasil dari data penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai densitas, viskositas dan *flash point* semakin meningkat dengan meningkatnya komposisi minyak nyamplung, tetapi dengan semakin meningkatnya komposisi minyak nyamplung pada campuran mengakibatkan turunnya nilai kalor. Komposisi campuran biodiesel yang paling optimal diperoleh pada komposisi MN20MJ80, karena telah memenuhi standar SNI 7182-2015.

Kata kunci : Biodiesel, *Degumming*, Esterifikasi, Transesterifikasi, Densitas, Viskositas, *Flash point*, nilai kalor

Abstract

Increased demand for fuel oil (BBM) resulted in a decrease in fossil fuel reserves. Many methods are used to find alternative energy sources, new and cheap. Biodiesel is an alternative and renewable energy source obtained from vegetable and animal oil. Biodiesel has biodegradable properties and, is environmentally friendly. However, vegetable oil still has weaknesses, one of which has a high viscosity. To improve the viscosity, one of them is by mixing vegetable oil with other types of vegetable oil. This study, aims to determine the effect of variations in the composition of the mixture of calophyllum inophyllum oil and, used cooking oil on the characteristics of biodiesel (density, viscosity, flash point and heating value).

In this study, the method used to make biodiesel is by degumming, esterification and transesterification. The variation in composition between calophyllum inophyllum oil and used cooking oil is 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10, 100:0 (%).

The results of the research data can be concluded that the value of density, viscosity and flash point increases with increasing composition of calophyllum inophyllum oil, but with increasing composition of calophyllum inophyllum oil in the mixture results in a decrease in the heating value. The most optimal composition of MN20: MJ80 because it meets SNI 7182-2015 standards.

Key word : Biodiesel, Degumming, Esterification, Transesterification, Density, Viscosity, Flash point, Heating value.

1. Pendahuluan.

Bahan bakar minyak bumi merupakan salah satu kebutuhan utama yang banyak digunakan di berbagai negara. Saat ini kebutuhan akan bahan semakin meningkat, sering meningkatnya populasi dan semakin berkembang teknologi, akan tetapi cadangan sumber daya minyak bumi yang berasal dari fosil semakin menipis karena sifatnya yang tidak dapat diperbaharui selain itu bahan bakar dari fosil tersebut juga tidak baik bagi lingkungan karena memiliki emisi yang tinggi yang dapat berpotensi terjadinya pemanasan global berdasarkan consumer News and Business Channel (CNBC) Indonesia (2018), kebutuhan energy global pada tahun 2017 naik sebesar 2.1% dan lebih dari 70% dipenuhi oleh minyak, gas dan batu bara.

Salah satu jenis bahan bakar pengganti yang sangat potensial untuk dikembangkan adalah *fatty acid methyl ester* atau dikenal dengan nama biodiesel yang merupakan bahan bakar alternatif pada mesin diesel, biodiesel berasal dari minyak nabati yang dapat diperbaharui, dan dihasilkan secara periodik, serta mudah diperoleh. Ketergantungan minyak bumi dapat dikurangi dengan cara memanfaatkan bahan bakar biodiesel dimana bahan bakunya masih sangat besar untuk alternatif mesin diesel.

Bila dibandingkan dengan bahan bakar diesel/solar, biodiesel bersifat lebih ramah lingkungan, dapat diperbarui (*renewable*), dapat terurai (*biogradable*), memiliki sifat pelumasan terhadap mesin piston karena termasuk kelompok minyak mudah terurai tidak mengering (*non-drying oil*), mampu mengeliminasi efek rumah kaca, tidak menghasilkan racun dan kontinuitas ketersediaan bahan baku terjamin. Biodiesel diperoleh dari proses pengolahan biodiesel yang menggunakan 2 (dua) tahap, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi.

Disamping itu biodiesel memiliki kekurangan diantaranya nilai viskositasnya sangat tinggi dan nilai kalor yang relatif rendah. Mengingat adanya kekurangan pada sifat biodiesel maka perlu dilakukan perbaikan sifat dengan cara membuat variasi komposisi perbandingan antara minyak satu dengan minyak lainnya. Perbaikan sifat dilakukan dengan meneliti varian campuran untuk menemukan varian komposisi yang sesuai menurut standar Nasional Indonesia (SNI).

Berdasarkan hasil evaluasi kelayakan bahan baku biodiesel bahwa jenis minyak nabati yang paling layak digunakan sebagai bahan baku biodiesel adalah minyak goreng bekas (minyak jelantah) (Ruhayat dan Firdaus, 2006). Minyak goreng bekas ialah limbah dari hasil penggorengan seperti minyak sawit, minyak jagung, minyak kelapa dan minyak samin. Asam lemak bebas yang tergantung dalam minyak jelantah merupakan penyebab kerusakan pada minyak. Salah satu cara menghilangkan sumber-sumber penyebab kerusakan minyak adalah dengan menggunakan teknologi mikrofiltrasi. Mikrofiltrasi bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan padatan tersuspensi dan senyawa organik seperti protein, karbohidrat, dan asam lemak bebas (Nasir dkk, 2002).

Selain minyak goreng bekas bahan baku minyak nabati lain yang dapat digunakan yaitu minyak nyamplung. Minyak nyamplung berpotensi dijadikan biodiesel, minyak nyamplung dapat menghasilkan minyak kering sangat tinggi yaitu sekitar 40-73% dibandingkan minyak nabati yang lain (Muderawan, 2016). Oleh karena itu perlu melakukan penelitian terhadap campuran komposisi yang sesuai dengan karakteristik biodiesel, seperti mencampurkan minyak nyamplung dan minyak goreng bekas agar mendapatkan komposisi sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

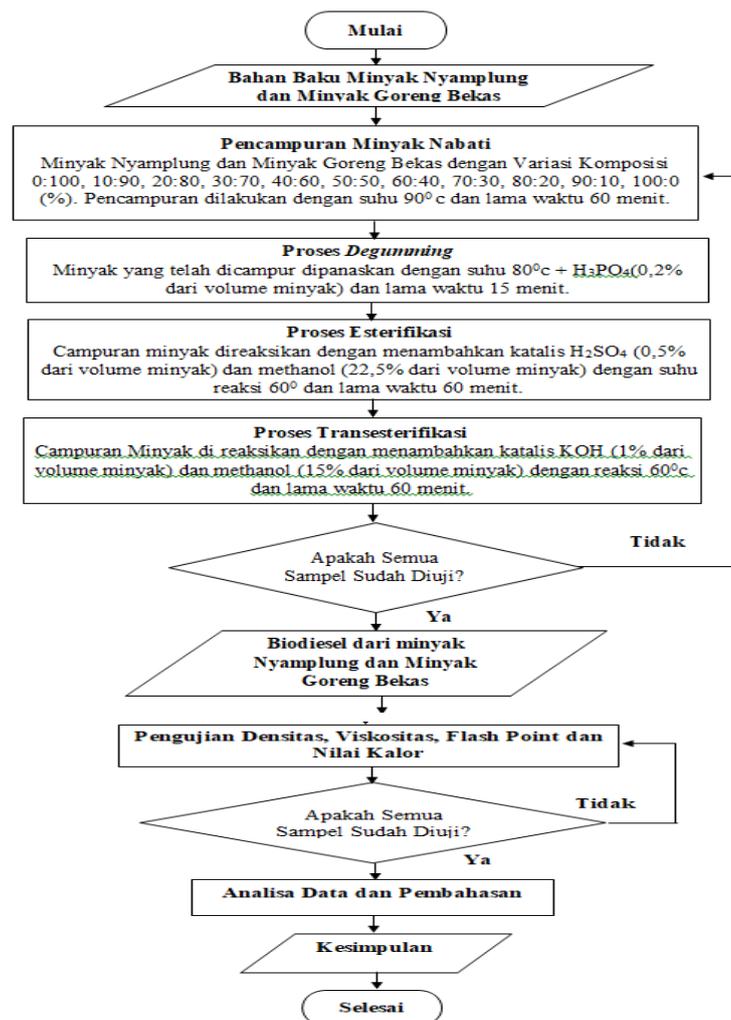
2. Metode Penelitian.

2.1 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain minyak jelantah (*used cooking oil*), minyak nyamplung (*calophyllum oil*). Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu alat pembuat biodiesel, viscometer, neraca digital, *magnetic stirres*, alat uji *flash point* dan *bom calorimeter*.

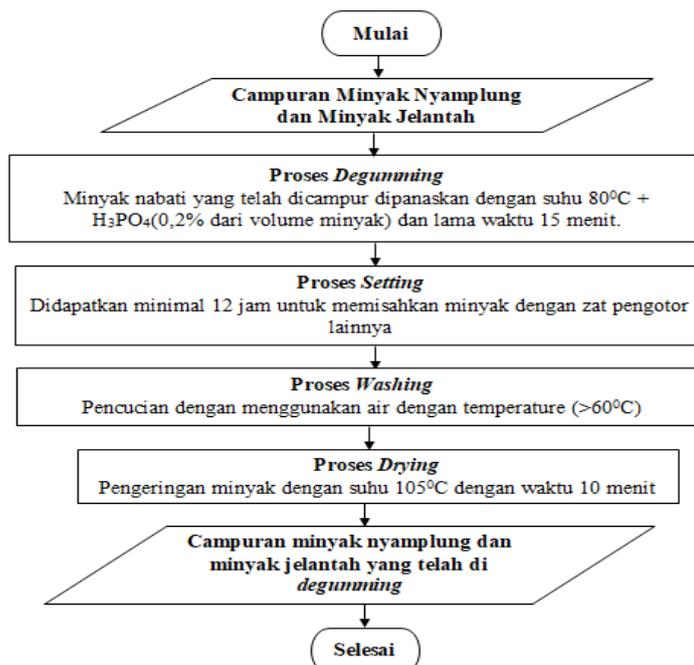
2.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir digunakan untuk mempermudah melakukan pengujian pada penelitian ini. Penelitian ini diawali dengan proses pembuatan campuran minyak dengan berbagai variasi yang telah ditentukan. Selanjutnya proses *degumming*, esterifikasi dan transesterifikasi biodiesel. Setelah itu dilanjutkan dengan pengujian densitas, viskositas, *flash point*, dan nilai kalor.



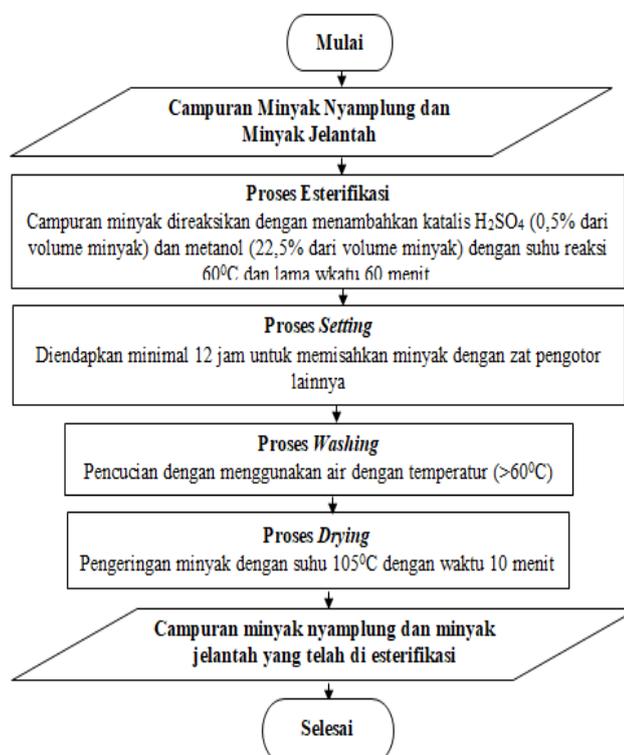
Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

Proses Degumming



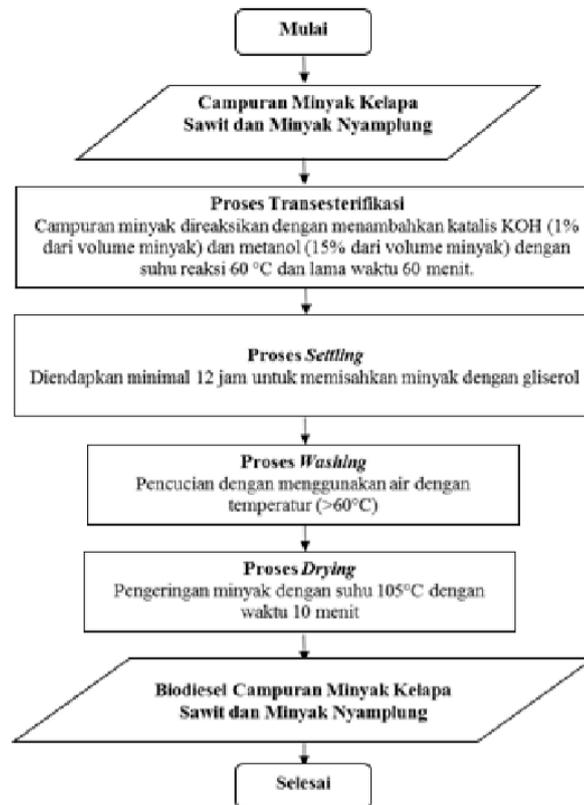
Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Degumming

Proses Esterifikasi



Gambar 2.3 Diagram

Proses Transesterifikasi



Gambar 2.4 Diagram Alir Proses Transesterifikasi

Sampel pencampuran biodiesel yang digunakan dalam penelitian ada 11 variasi komposisi campuran

MN10MJ90	: Minyak Nyamplung 10% Minyak Jelantah 90%
MN20MJ80	: Minyak Nyamplung 20% Minyak Jelantah 80%
MN30MJ70	: Minyak Nyamplung 30% Minyak Jelantah 70%
MN40MJ60	: Minyak Nyamplung 40% Minyak Jelantah 60%
MN50MJ50	: Minyak Nyamplung 50% Minyak Jelantah 50%
MN60MJ40	: Minyak Nyamplung 60% Minyak Jelantah 40%
MN70MJ30	: Minyak Nyamplung 70% Minyak Jelantah 30%
MN80MJ20	: Minyak Nyamplung 80% Minyak Jelantah 20%
MN90MJ10	: Minyak Nyamplung 90% Minyak Jelantah 10%
MN100MJ0	: Minyak Nyamplung 100% Minyak Jelantah 0%

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah minyak jelantah dan minyak nyamplung. Karakteristik yang diuji meliputi densitas, viskositas, *flash point*, dan nilai kalor. Karakteristik bahan baku minyak dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Karakteristik Bahan Baku Minyak

Properties	Minyak Nyamplung	Minyak jelantah
Densitas (40 ⁰ C) kg/m ³	928,532	893,291
Viskositas (40 ⁰ C) cSt	61.1	56,15936
Flash point (°C)	202	305,333
Nilai kalor (Kal/g)	9054,7663	9224,875

Pada tabel 3.1 merupakan hasil pengujian karakteristik minyak jelantah dan minyak nyamplung sebelum dibuat biodiesel. Karakteristik bahan baku minyak diatas diperoleh bahwa minyak jelantah memiliki densitas, dan viskositas yang rendah dibandingkan minyak nyamplung. Dengan melihat karakteristik campuran tersebut diharapkan dapat merubah karakteristik biodiesel campuran.

3.1 Hasil Karakteristik biodiesel jelantah dan nyamplung

Ada beberapa karakteristik yang diuji dalam penelitian ini diantaranya nilai densitas, viskositas, *flash point*, dan nilai kalor. Adapun hasil karakteristik biodiesel sawit dan nyamplung dapat dilihat pada tabel 3.2

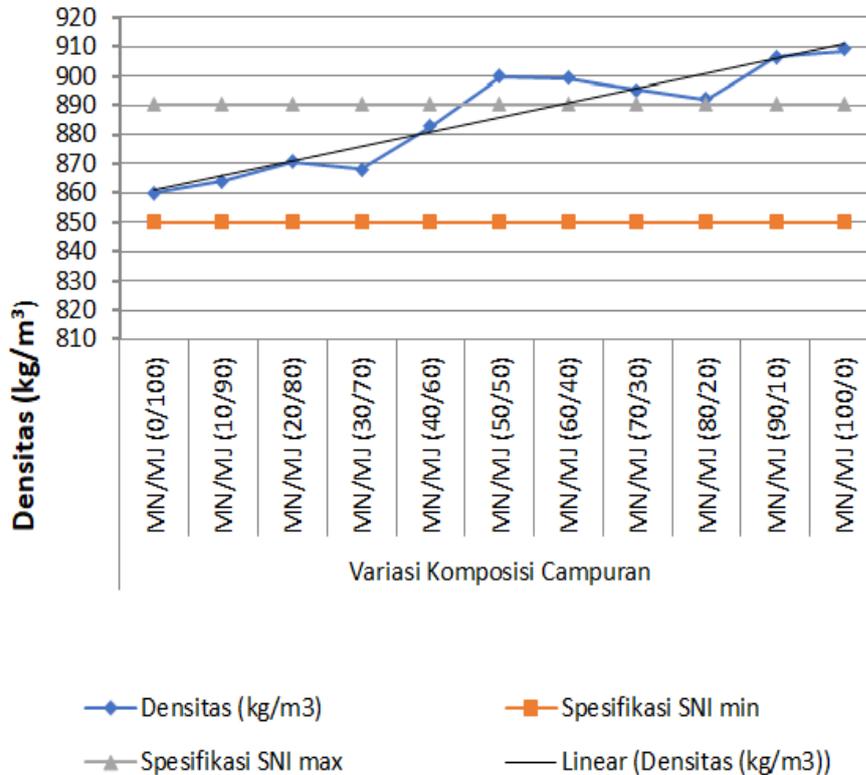
Tabel 3.2 Karakteristik Biodiesel Nyamplung dan Biodiesel Jelantah

No	Properties	Biodiesel Nyamplung	Biodiesel Jelantah	SNI 7182-2015
1	Densitas (40 ⁰ C) kg/m ³	908,735	860,126	850-890
2	Viskositas (40 ⁰ C) cSt	29,418	10,851	2,3-6,0
3	Flash Point (°C)	193	136,166	Min. 100
4	Nilai Kalor (Kal/g)	7617,888	8330,234	

Karakteristik biodiesel nyamplung dan biodiesel jelantah yang dihasilkan memiliki nilai yang berbeda. Nilai densitas, pada biodiesel jelantah memenuhi standar SNI 7182-2015. Sedangkan nilai densitas biodiesel nyamplung tidak memenuhi standar SNI 7182-2015, untuk nilai *flash point* dan nilai kalor biodiesel jelantah dan biodiesel nyamplung memenuhi standar SNI 7182-2015.

3.2 Hasil Pengujian Densitas

Densitas ialah perbandingan antara massa minyak dibanding volume minyak.

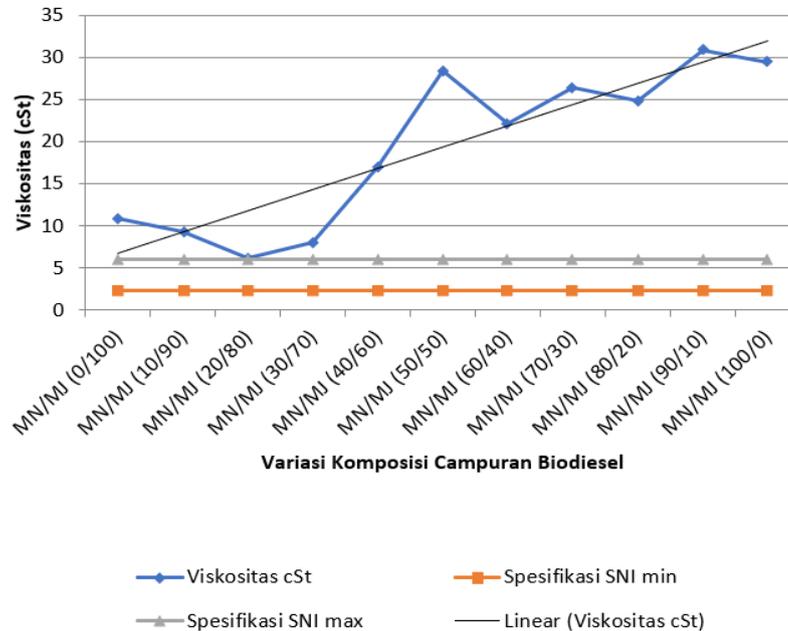


Gambar 3.1 Hasil Pengujian Densitas Terhadap Variasi Komposisi Biodiesel Campuran Minyak Jelantah dan Minyak Nyamplung

Gambar 3.1 memperlihatkan grafik pengujian densitas terhadap komposisi campuran biodiesel minyak nyamplung dan minyak jelantah. Hasil dari grafik menunjukkan bahwa setiap minyak dengan komposisi tertentu memiliki nilai densitas yang berbeda-beda semakin tinggi komposisi minyak nyamplung pada campuran, semakin tinggi nilai densitasnya. Nilai karakteristik densitas campuran minyak nyamplung dan minyak sawit yaitu 860,126-908,7353 (kg/m³). Variasi komposisi campuran minyak yang memenuhi standar SNI pada komposisi MN0 : MJ100, MN10 : MJ90, MN20 : MJ80, MN30 : MJ70, dan MN40 : MJ60. Sedangkan pada komposisi MN50 : MJ50, MN60 : MJ40, MN70 : MJ30, MN80 : MJ20, MN90 : MJ10, dan MN100 : MJ0 tidak memenuhi standar SNI 7182-2015.

3.3 Hasil Pengujian Viskositas

Viskositas atau kekentalan merupakan suatu kemampuan fluida untuk mengalir.

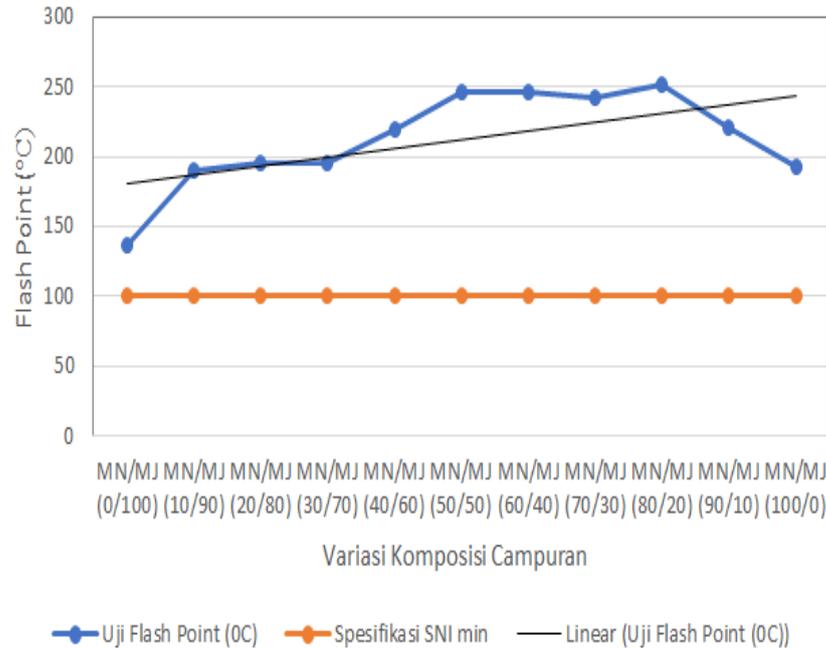


Gambar 3.2 Hasil Pengujian Viskositas Kinematik Terhadap Variasi Komposisi Biodiesel Campuran Minyak Jelantah dan Minyak Nyamplung

Gambar 3.2 menunjukkan bahwa setiap campuran minyak dengan komposisi yang berbeda memiliki nilai viskositas yang beragam. Nilai dari karakteristik pengujian biodiesel campuran minyak nyamplung dan minyak jelantah dari penelitian ini yang masuk pada standar SNI yaitu pada campuran MN20 : MJ80 sebesar 6,127 cSt. Dapat dilihat pada Gambar 4.2 semakin tinggi campuran minyak nyamplung semakin tinggi nilai viskositas kinematikanya. (Wahyuni dkk, 2015) menyatakan semakin tinggi nilai densitas maka nilai viskositas juga tinggi. Hal ini dipengaruhi karena kandungan pada minyak nyamplung yang memiliki kandungan getah, resin, dan zat pengotor lainnya yang tidak terpisah secara maksimal.

3.4 Hasil Pengujian *Flash Point*

Titik nyala merupakan suhu terendah dimana uap bahan bakar dapat terbakar karena terkontaminasi oleh udara dan percikan api.

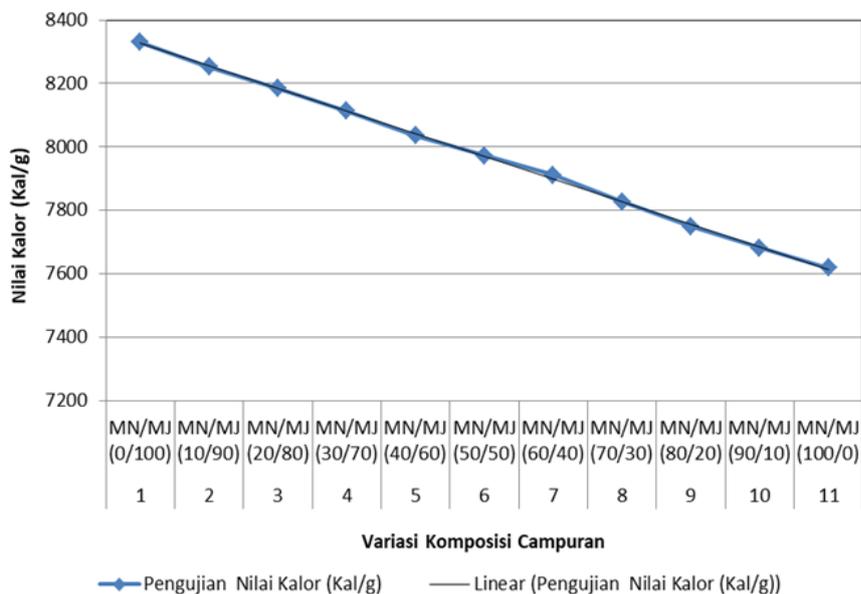


Gambar 3.3 Hasil Pengujian *Flash Point* Terhadap Variasi Komposisi Biodiesel Campuran Minyak Jelantah dan Minyak Nyamplung

Berdasarkan Gambar 3.3 hasil pengujian *flash point* di atas menunjukkan komposisi campuran biodiesel minyak nyamplung dan minyak jelantah semuanya memenuhi SNI 7182-2015. Nilai karakteristik yang didapatkan dari pengujian *flash point* memiliki nilai yang beragam yaitu 136,1 – 193 (°C) *flash point* sangat berpengaruh dengan kaitannya dalam keamanan dan keselamatan terutama dalam penyimpanan dan penggunaan bahan bakar, pengujian ini mengindikasikan tinggi rendahnya kemampuan untuk terbakar suatu bahan bakar semakin tinggi titik nyala suatu bahan bakar maka semakin aman penyimpanannya (Widyastuti, 2007).

3.5 Hasil Pengujian Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan banyaknya energi yang terdapat pada suatu bahan bakar yang didapatkan ketika terjadinya proses pembakaran bahan bakar dengan oksigen, nilai kalor berkaitan dengan masa jenis.



Gambar 3.4 Hasil Pengujian Nilai Kalor Terhadap Variasi Komposisi Biodiesel Campuran Minyak Jelantah dan Minyak Nyamplung

Dari Gambar 3.4 menjelaskan data bahwa campuran minyak memiliki nilai kalor yang berbeda yaitu mulai dari 8330,23475 – 7617,88855 (Kal/g). Nilai kalor semakin menurun seiring penambahan minyak nyamplung dalam komposisi biodiesel, semakin besar massa jenis fluida (minyak) maka semakin kecil nilai kalornya sebaliknya semakin kecil massa jenis suatu minyak maka semakin besar nilai kalornya (Kholidah, 2014). Nilai kalor tertinggi pada komposisi MN0 : MJ100 (kal/g) sedangkan nilai kalor terendah pada komposisi MN90 : MJ10 (kal/g).

4. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian biodiesel dengan variasi komposisi campuran minyak nyamplung dan minyak jelantah dengan menggunakan pengujian yaitu densitas, viskositas, *flash point* dan nilai kalor dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Seiring bertambahnya presentase minyak nyamplung dalam campuran minyak jelantah dan minyak nyamplung maka semakin tinggi nilai densitas, viskositas, dan *flash point*. Sedangkan nilai kalor yang dihasilkan mengalami penurunan.
- b. Biodiesel campuran yang memenuhi standar SNI 7182-2015 yaitu pada komposisi MN20MJ80. Selain komposisi tersebut setiap uji densitas, viskositas, *flash point* dan nilai kalor komposisi lainnya tidak memenuhi standar SNI 7182-2015.

5. SARAN

Pada penelitian ini komposisi biodiesel campuran ada yang sudah memenuhi standar SNI 7182-2015 dan ada juga yang tidak memenuhi standar SNI 7182-2015. Maka ada beberapa saran yang perlu disampaikan yaitu :

- a. Perlu dilakukan pengujian karakteristik lainnya untuk mengetahui dan mendapatkan hasil yang optimal dan memenuhi standar SNI 7182-2015.
- b. Pada penelitian selanjutnya untuk bahan baku minyak nyamplung perlu dilakukan proses pemurnian yang lebih efektif untuk variasi penambahan H_2SO_4 dan campuran lainnya pada biodiesel campuran saat proses *degumming*.
- c. Perlu dilakukan pengujian biodiesel dengan menggunakan alat yang lebih efektif agar mendapatkan hasil biodiesel yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *"Mutu dan Metode Uji Minyak Nabati Murni Untuk Bahan Bakar Motor Diesel Putaran Sedang"*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, (2008). *"Tanaman Nyamplung"*, Departemen Kehutanan.
- Burton.R., (2008). *"Biodiesel Standards and Testing Methods"*. Central Carolina Community College Piedmont Biofuels.
- Chandra, dkk. (2013) *Pemanfaatan Biji Buah Nyamplung (Callophylum Inophylum) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel*. JURNAL TEKNIK POMITS.Vol. 2, No. 1 (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).
- Dewi D, C., (2015). *Produksi Biodiesel dari Minyak Jarak (Ricinus Communis) dengan Microwave*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Fajar B. TK, dan Sudargana., (2007) *Pengukuran Viskositas dan Nilai Kalor Biodiesel Minyak Bawang Dengan Variasi Temperatur dan Kandar Minyak Bawang* . Semarang: Universitas Diponegoro.
- Fatimah, W. (2014) *Pemanfaatan Minyak Jelantah dan Ampas Segar Kelapa Sawit Pembuatan Biodiesel Melalui Proses Transesterifikasi IN SITU*. <http://eprints.polsri.ac.id>.
- Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan, (2007). *Teknologi Biodiesel* Jakarta: PT Agro Media Pustaka.
- Hambali, E. dkk. (2008). *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Kharnofa, T., Bahri, S., & Yusnimar. (2016). *Produksi Biodiesel dari Minyak Nyamplung dengan Katalis Ni/Lempung*. Jom FTEKNIK. Vol, 3. No, 2 (Oktober 2016). <http://media.neliti.com>.
- Kholidah, N. (2014). *Pengaruh Perbandingan Campuran Bioetanol dan Gasoline Terhadap Karakteristik Gasohol dan Kinerja Mesin Kendaraan Bermotor*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang: Doctoral dissertation.
- Lotero.E, dkk. (2005). *"Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis, Industrial & Engineering Chemistry Research 44(14), 5353-5363"*. Jurnal Teknik Kimia Universitas Diponegoro, Semarang.
- Mao, V., Konar, Sk., dan Boocock, DGB. (2004). *The Pseudo Single Phase Base Catalyzed Trans-methylation of Soybean Oil*. J.AM Oil Chem Soc. 81:803-808.
- Muderawan, I Wayan dan Ni Ketut Prati Daiwataningsih. (2016). *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung (Callophylum Inophylum) dan Analisis Metalis Esternya dengan GC-MS*. Skripsi, Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Ganesha, halm 324-331.
- Muhammad, F., R. dkk. (2014). *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro*. <http://digilib.its.ac.id>.
- Muhantoro, C., A. (2017) *Pengaruh Komposisi Minyak Terhadap Sifat Fisik Campuran Minyak Jarak dan Minyak Nyamplung Pada Suhu 160^o*. <http://repository.umy.ac.id/handle/123456789/17162>.
- Nasir, M., Wuryaningsih, Anah, L., Astrini, N., Hilyati, (2002). *Proses Pemurnian Minyak Makan (Edible Oil): 1. Pengaruh Tekanan dan Temperatur Proses Mikrofiltrasi Minyak Kelapa*, Prosiding Seminar Tentang Penelitian Kimia.
- Nurdini, D. A. (2008). *Desain Pembuatan Biodisel dari Bahan Baku Minyak Jelantah dengan Katalis Alami Abu Cocopeat*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Prasetyo, J. (2018) *Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel*. <http://dx.doi.org/10.32493/jit.v2i2.1679>
- Prihanto, A., B. Pramudono dan H. Santosa. (2013). *Peningkatan Yield Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung Melalui Transesterifikasi Dua Tahap*. Momentum, 9(2) : 46-53.

- Prihanto A. dkk. (2015). *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung Melalui Esterifikasi, Netralisasi dan Transesterifikasi*. Jurnal Penelitian AKIN Santo Paulus Vol. 11, No. 2.
- Putra, F., S., K., Falsafi, F., A., & Gunawan, S. (2012). *Karakterisasi dan Potensi Minyak Nyamplung (Calophyllum Inophyllum) sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel*. Jurnal Teknik POMITS. Vol. 1, No. 1 (2012). <http://digilib.its.ac.id>.
- Ruhyat, N., Firdaus, A., (2006). *Analisis Pemilihan Bahan Baku Biodiesel di DKI Jakarta*. Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Siburian, A. M., Pardede, A. S. D., dan Pandila, S. (2014). *Pemanfaatan Adsorben dari Biji Jawa untuk Menurunkan Bilangan Peroksida Pada CPO (Crude Palm Oil)*, Jurnal Teknik Kimia USU, 3(4).
- Solikhah. (2009). *Efek Kualitas Minyak Jelantah terhadap Harga Proses Produksi dan Kualitas Biodiesel*. Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia-SNTKI: Bandung.
- Sudrajat, R., Sahirman, dan D. Setiawan, (2007) *Pembuatan Biodiesel dari Biji Nyamplung*. Jurnal Penelitian Has Hut.
- Sudarja R., Sahirman., Suryani A., Setiawan D. (2010). *Proses Transesterifikasi Pada Pembuatan Biodiesel Menggunakan Minyak Nyamplung (Calophyllum Inophyllum) Yang Telah Dilakukan Esterifikasi*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Volume. 28, No.2, Bogor.
- Syamsidar. (2012). *Pembuatan dan Uji Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah*. Jurnal Tekno Sains. Vol. 7, No. 2.
- Utami, Shafira. dkk (2016) *Pengaruh Komposisi Minyak Kelapa dan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel*. <http://eprints.unlam.ac.id/id/eprint/119>.
- Wahyuni, S., Ramli., & Mahrizal. (2015) *Pengaruh Suhu Proses dan Lama Pengendapan Terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah*. PILLAR OF PHYSICS, Vol. 6.
- Widyastuti, L. (2007). *Reaksi Metanolisis Minyak Biji Jarak Pagar Menjadi Metil Ester Sebagian Bahan Bakar Pengganti Minyak Diesel Dengan Menggunakan Minyak Katalis KOH*.
- Wijayanti, E. F., (2008). *Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Produksi Metil Ester*, Depok: UI Repository.
- Zappi, M., M. Hernandez, D. Sprak, J. Horne dan M. Brough, (2003). *A Review of the Engineering Aspects of the Biodiesel Industry, MSU Environmental Technology Research and Application Laboratory Dave C. Swalm School of Chemical Engineering Mississippi State University, Mississippi*.