

Pengaruh Komposisi Campuran Minyak Kelapa Sawit dan Minyak Nyamplung terhadap Sifat Fisik Biodiesel

Ornelia Dwi Aprilia^a, Wahyudi^b, Muhammad Nadjib^c

Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, D.I.Yogyakarta, Indonesia, 5518
e-mail: ^aornelia1513@gmail.com, ^bwahyudi@ft.umy.ac.id, ^cnadjibar@yahoo.com

Intisari

Meningkatnya kebutuhan bahan bakar fosil mengakibatkan berkurangnya cadangan bahan bakar fosil di bumi. Untuk mengurangi permasalahan pemenuhan kebutuhan bahan bakar, biodiesel dapat menjadi salah satu bahan bakar alternatif. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari minyak nabati maupun lemak hewani. Biodiesel dari minyak nabati memiliki kelebihan yaitu ramah lingkungan, mudah terurai dan mudah diperbaharui. Namun biodiesel dari minyak nabati memiliki kekurangan yaitu viskositas yang tinggi dan nilai kalor yang rendah. Kelapa sawit dan nyamplung memiliki jumlah yang sangat berlimpah di Indonesia dan berpotensi untuk dijadikan biodiesel. Untuk mendapatkan biodiesel yang optimal maka perlu memperbaiki sifatnya dengan mencampur kedua minyak tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh karakteristik biodiesel campuran dan mengetahui pengaruh komposisi biodiesel campuran minyak kelapa sawit serta minyak nyamplung terhadap sifat fisik biodiesel. Pembuatan biodiesel dilakukan dengan membuat variasi campuran minyak kelapa sawit dan minyak nyamplung 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90, 0:100 (%). Proses pembuatan biodiesel dilakukan dengan tiga metode yaitu *degumming*, esterifikasi dan transesterifikasi. Metode *degumming* menggunakan asam fosfat sebanyak 0,2% dari volume minyak, metode esterifikasi menggunakan (H₂SO₄ sebanyak 0,5% dari volume minyak dan metanol sebanyak 22,5% dari volume minyak), tahapan transesterifikasi menggunakan (metanol sebanyak 15% dari volume minyak dan KOH sebanyak 1% dari volume minyak). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa seiring dengan bertambahnya komposisi minyak nyamplung pada komposisi campuran maka nilai densitas, viskositas dan titik nyalanya semakin meningkat. Namun seiring dengan bertambahnya minyak nyamplung pada komposisi campuran mengakibatkan turunnya nilai kalor. Biodiesel yang telah memenuhi standar SNI 7182-2015 yaitu pada komposisi minyak kelapa sawit 100% dan minyak kelapa sawit 90% : minyak nyamplung 10%.

Kata kunci : Biodiesel, Densitas, *Degumming*, Esterifikasi, Transesterifikasi

Abstract

The increasing need for fossil fuels consumption reduced reserves of fossil fuels on earth. To reduce the problem, biodiesel can be an alternative fuel. Biodiesel is an alternative fuel derived from vegetable oil and animal fat. Biodiesel from vegetable oil has the advantages of being environmentally friendly, biodegradable and renewable. But biodiesel from vegetable oils has a disadvantages of high viscosity and low calorific value. Palm tree and calophyllum tree are mostly found in Indonesia and potential made into biodiesel. To improve the characteristics of biodiesel from vegetable oils, one way that can be done is by mixing vegetable oil with other vegetable oils. This reaseacrh aims to get the characteristic of a mixed biodiesel from palm oil and calophyllum oil against the physical properties of biodiesel. Biodiesel can be done by making variation of the mixture from palm oil and calophyllum oil 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90, 0:100 (%). This research was conducted with three methods which are degumming, esterification and transesterification. Degumming method was conducted by adding phospat acid 0,2% from oil volume, esterification was conducted by adding (H₂SO₄ 0,5% from oil volume and methanol 22,5% from oil volume) and transesterification done with adding (KOH 1% from oil volume and methanol 15% from oil volume). Based on the research it can be concluded that along with increase in the composition of calophyllum oil in the mixture composition, the value density, viscosity and flash point increases. But along with the increase calophyllum oil in the composition of the mixture resulted in a decrease in calorific value. Biodiesel that complies with SNI 7182-2015 standard is in the composition of 100% palm oil and 90% palm oil : 10% calophyllum oil.

Keywords : Biodiesel, Density, *Degumming*, Esterification, Transesterification

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan bakar fosil di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi sedangkan bahan bakar fosil yang digunakan persediaanya menipis dan terbatas. Kebutuhan bahan bakar fosil paling banyak digunakan pada sektor transportasi dan pembangkit. Berdasarkan Rencana Strategis (Renstra) Kementerian ESDM Tahun 2015–2019, cadangan minyak bumi Indonesia sebesar 3,6 miliar barel diperkirakan akan habis dalam 13 tahun mendatang. Untuk mengurangi permasalahan tersebut, biodiesel dapat digunakan sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar fosil. Biodiesel yang terdiri dari campuran mono-alkil ester dari rantai panjang asam lemak, adalah bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang dibuat dari minyak nabati atau lemak hewan. Biodiesel memiliki sifat dapat terurai (biodegradable), ramah lingkungan dan dapat diperbarui (renewable). Selain itu, minyak nabati yang berasal dari alam dinilai efektif untuk digunakan sebagai biodiesel karena jumlahnya yang melimpah dan tidak sulit ditemukan. Biodiesel memiliki beberapa kelebihan yaitu bilangan setana (Cn) dan titik nyala (flash point) yang lebih tinggi (Haryanto dkk, 2015).

Sifat fisik dan kimia biodiesel sangat dipengaruhi oleh asam lemak pembentuknya. Viskositas, berat jenis, angka setana dan nilai iodium dipengaruhi oleh ketidakjenuhan asam lemak, semakin tidak jenuh asam lemak akan mengakibatkan menurunnya angka setana dan stabilisasi oksidasi yang rendah. Panjang rantai asam lemak juga dapat berpengaruh pada sifat fisik biodiesel (Hoekman dkk, 2012). Karena adanya pengaruh dari asam lemak pembentuk, maka sulit untuk menentukan komposisi biodiesel yang optimal. Untuk menanggulangi permasalahan penentuan komposisi biodiesel, maka cara alternatif yang dilakukan yaitu memperbaiki sifat – sifatnya dengan membuat variasi komposisi asam lemak pembentuknya.

Bahan baku minyak nabati yang potensial untuk dijadikan biodiesel di Indonesia salah satunya yaitu minyak kelapa sawit (palm oil). Kelapa sawit merupakan jenis tumbuhan yang memiliki komponen asam lemak 3-5% dan trigliserida 94%. Kandungan asam lemak jenuh dan tidak jenuh sawit memiliki nilai yang sama (Insani dkk, 2011).

Selain minyak kelapa sawit bahan baku minyak yang dapat digunakan yaitu minyak nyamplung (*calophyllum inophyllum*). Minyak nyamplung juga dapat berpotensi dijadikan biodiesel. Dibandingkan dengan minyak nabati lain, minyak nyamplung dapat menghasilkan minyak kering sangat tinggi yaitu sekitar 40-73% (Fadhullah dkk, 2015).

Kedua minyak tersebut memiliki kelebihan yaitu flash point dan nilai centana yang tinggi, namun minyak tersebut juga memiliki kekurangan yaitu viskositas yang tinggi dan nilai kalor yang rendah. Viskositas yang tinggi dan nilai kalor yang rendah sangat mempengaruhi kualitas biodiesel. Nilai kalor biodiesel dari minyak nabati belum memenuhi standar Amerika maupun Eropa karena memiliki 10% higher heating value (HHV) yang lebih rendah dari bahan bakar diesel fosil (Hoekman dkk, 2012). Untuk mendapatkan biodiesel yang optimal maka perlu memperbaiki sifatnya dengan mencampur kedua minyak tersebut. Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh komposisi campuran minyak kelapa sawit dan minyak nyamplung terhadap sifat fisik biodiesel.

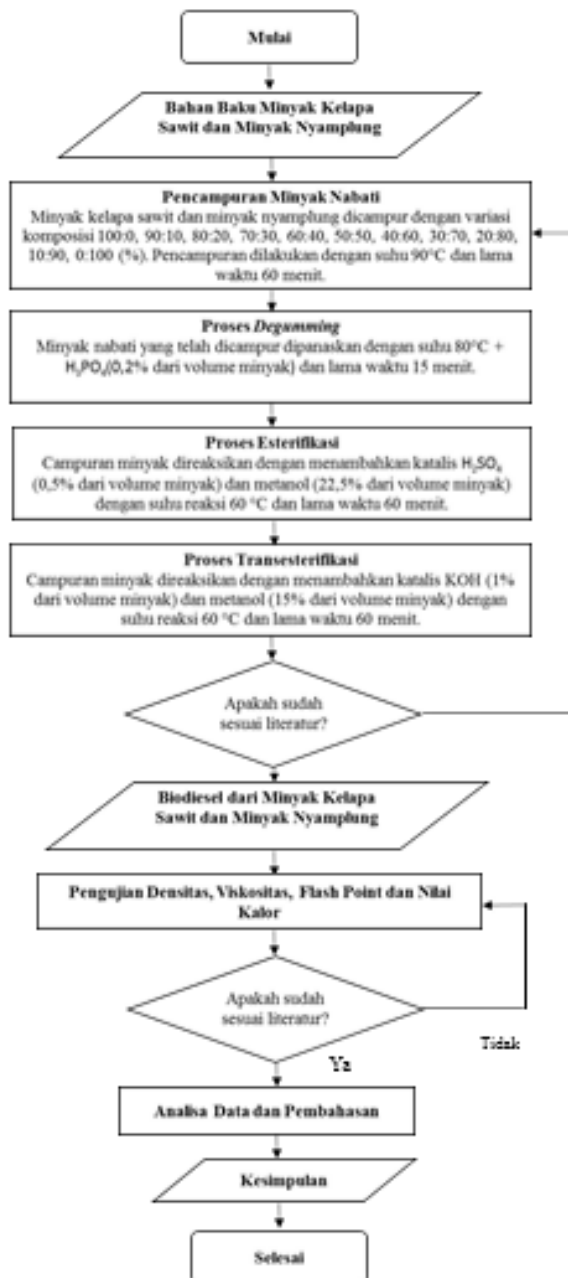
2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain minyak kelapa sawit (*palm oil*), minyak nyamplung (*calophyllum oil*). Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu alat pemanas air, alat pembuat biodiesel, viskometer, neraca digital analitik, *magnetic stirres*, alat uji *flash point* dan *bom calorimeter*.

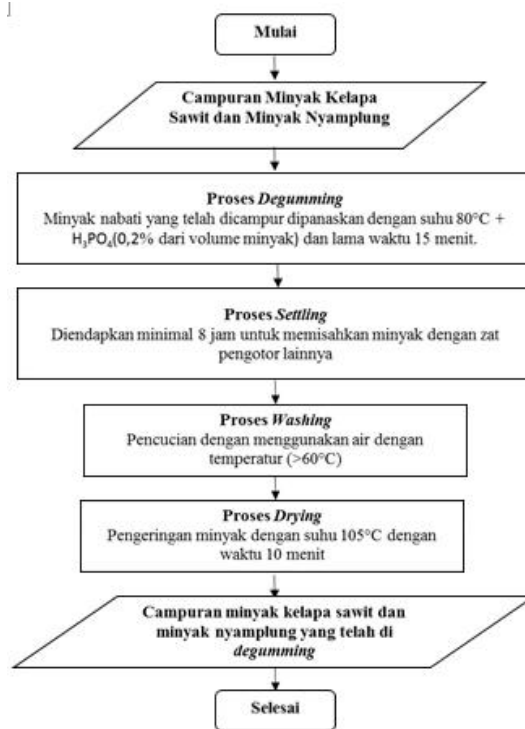
2.2 Diagram Alir Penelitian

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



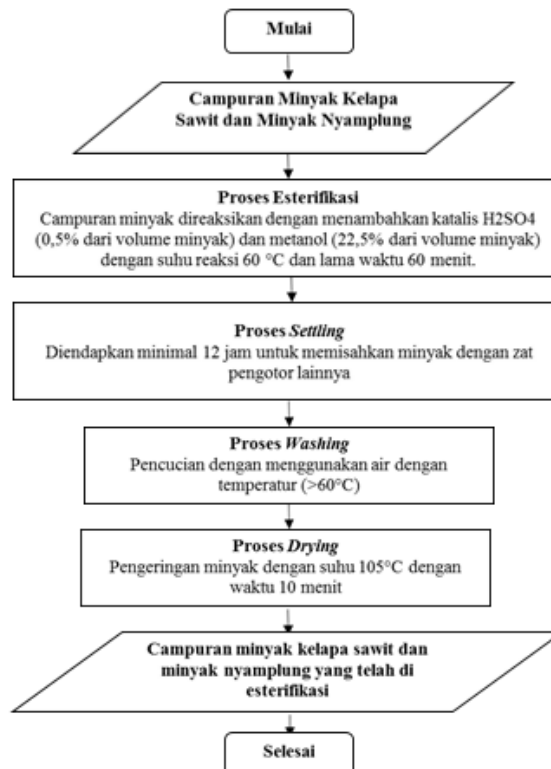
Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

Proses Degumming



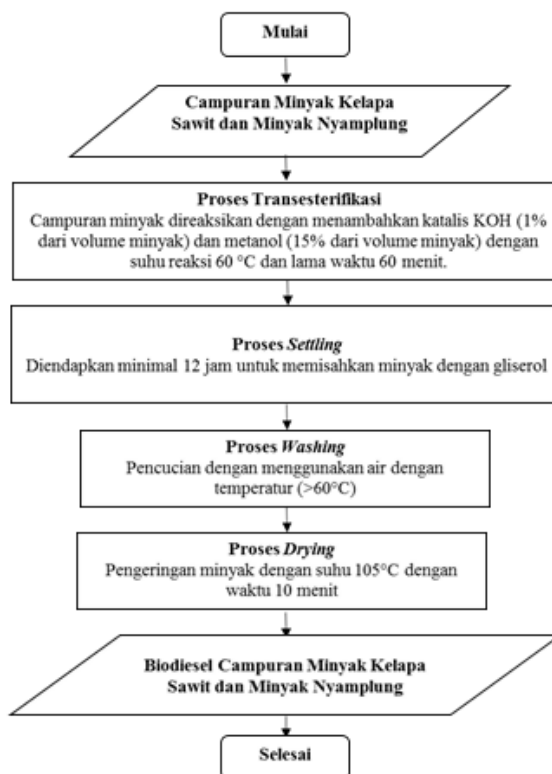
Gambar 2.2 Diagram Alir Proses *Degumming*

Proses Esterifikasi



Gambar 2.3 Diagram Alir Proses Esterifikasi

Proses Transesterifikasi



Gambar 2.4 Diagram Alir Proses Transesterifikasi

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

Keterangan :

MS100MN0 : Minyak Sawit 100% Minyak Nyamplung 0%

MS90MN10 : Minyak Sawit 90% Minyak Nyamplung 10%

MS80MN20 : Minyak Sawit 80% Minyak Nyamplung 20%

MS70MN30 : Minyak Sawit 70% Minyak Nyamplung 30%

MS60MN40 : Minyak Sawit 60% Minyak Nyamplung 40%

MS50MN50 : Minyak Sawit 50% Minyak Nyamplung 50%

MS40MN60 : Minyak Sawit 40% Minyak Nyamplung 60%

MS30MN70 : Minyak Sawit 30% Minyak Nyamplung 70%

MS20MN80 : Minyak Sawit 20% Minyak Nyamplung 80%

MS10MN90 : Minyak Sawit 10% Minyak Nyamplung 90%

MS0MN100 : Minyak Sawit 0% Minyak Nyamplung 100%

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah minyak kelapa sawit dan minyak nyamplung. Karakteristik yang diuji meliputi densitas, viskositas, *flash point* dan nilai kalor. Kandungan asam lemak bebas minyak sawit sebesar 0,06% dan minyak nyamplung sebesar 3,00%. Pada proses pembuatan biodiesel minyak nabati yang memiliki kadar asam lemak bebas >1% harus dilakukan esterifikasi sebelum dilakukan proses transesterifikasi (Devita, 2015). Pada tabel 3.1 menunjukkan nilai kadar asam lemak bebas minyak kelapa sawit dan minyak nyamplung.

Tabel 3.1 Kandungan Asam Lemak Bebas

<i>Properties</i>	Asam Lemak Bebas	Satuan	Metode
Minyak Sawit	0,06	% b/v	Volumetri
Minyak Nyamplung	3,00	% b/v	Volumetri

Tabel 3.2 Karakteristik Bahan Baku Minyak

<i>Properties</i>	Minyak Sawit	Minyak Nyamplung
Densitas (40°C) kg/m ³	889,302	915,13
Viskositas (40°C) cSt	30,586	49,224
<i>Flash Point</i> (°C)	189	264
Nilai Kalor (kal/g)	9379,5791	9054,7663

Pada tabel 3.2 merupakan hasil pengujian karakteristik minyak kelapa sawit dan minyak nyamplung sebelum dibuat biodiesel. karakteristik bahan baku minyak diatas diperoleh bahwa minyak kelapa sawit memiliki densitas, viskositas, *flash point* dan nilai kalor yang rendah dibandingkan minyak nyamplung. Dengan melihat karakteristik campuran tersebut diharapkan dapat merubah karakteristik biodiesel campuran.

3.1 Hasil karakteristik biodiesel sawit 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 3.3.

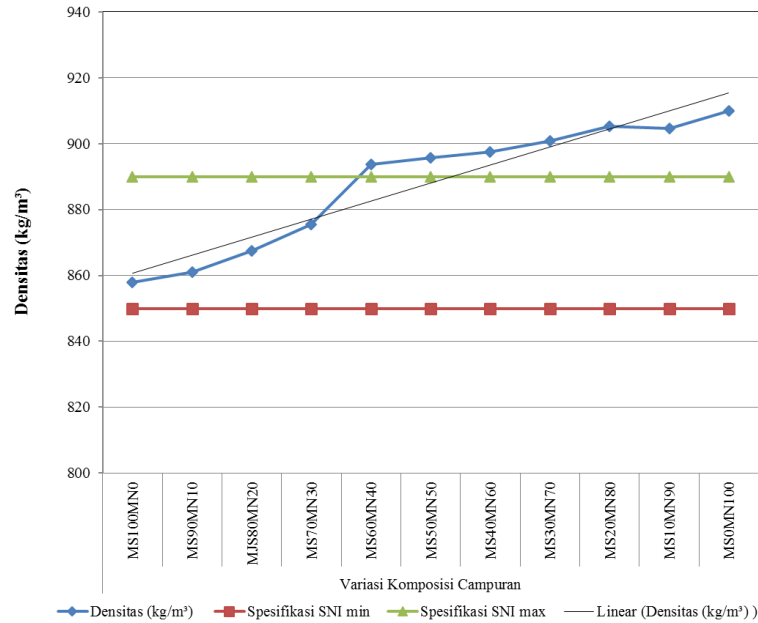
Tabel 3.3 Karakteristik Biodiesel

<i>Properties</i>	Biodiesel Sawit	Biodiesel Nyamplung
Densitas (40°C) kg/m ³	857,883	909,841
Viskositas (40°C) cSt	5,362	30,115
<i>Flash Point</i> (°C)	176	223,7
Nilai Kalor (kal/g)	9552,6568	9217,3144

Karakteristik biodiesel sawit dan biodiesel nyamplung yang dihasilkan memiliki nilai yang berbeda. Nilai densitas biodiesel sawit yang dihasilkan memenuhi standar SNI 7182-2015 yaitu sekitar 850-890 kg/m³. Sedangkan nilai densitas biodiesel nyamplung tidak memenuhi standar SNI 7182-2015. Nilai viskositas biodiesel sawit yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI 7182-2015 yaitu sekitar 2,3-6 cSt sedangkan nilai biodiesel nyamplung tidak memenuhi. Untuk nilai *flash point* dan nilai kalor biodiesel sawit dan biodiesel nyamplung telah memenuhi standar SNI 7182-2015.

3. 2 Hasil pengujian densitas

Densitas merupakan perbandingan antara massa minyak dibanding volume minyak. Jika massa jenis suatu minyak lebih tinggi maka semakin besar masaa pada setiap volumenya.



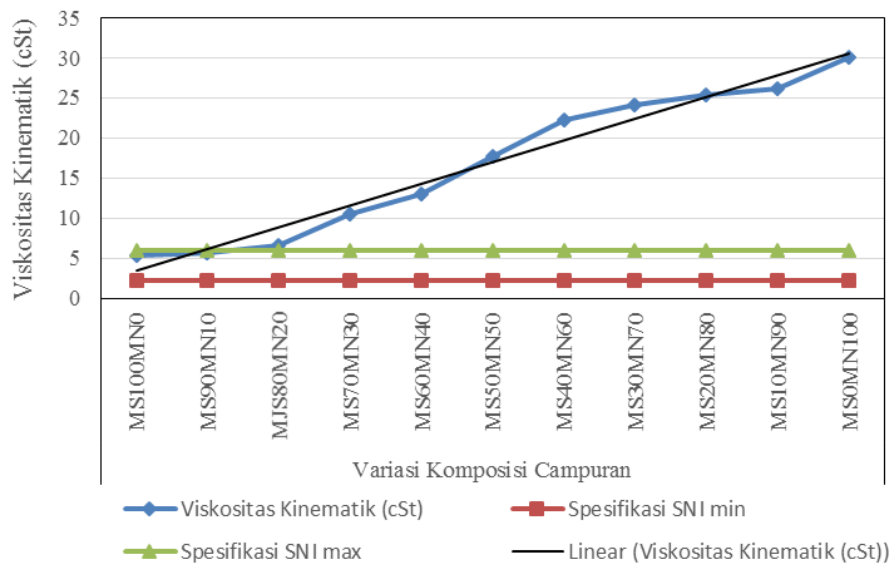
Gambar 3.1 Hasil Pengujian Densitas Terhadap Variasi Komposisi Biodiesel Campuran Minyak Sawit dan Minyak Nyamplung

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa setiap minyak dengan komposisi tertentu memiliki nilai densitas yang berbeda – beda. Dapat dilihat bahwa nilai densitas yang memiliki penambahan minyak nyamplung lebih banyak mengakibatkan naiknya nilai densitas. Sedangkan semakin banyak komposisi sawit didalam biodiesel menyebabkan penurunan densitas dari biodiesel. Hal ini selaras dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Khaidir, 2015) densitas biodiesel dipengaruhi oleh derajat ketidakjenuhan dan berat molekul rata – rata asam lemak penyusunnya, karena asam lemak merupakan komponen penyusun terbesar dalam minyak dan lemak. Berat jenis minyak atau lemak akan naik sebanding dengan naiknya berat molekul asam -asam lemak penyusunnya dan berbanding terbalik dengan kenaikan derajat ketidakjenuhan asam-asam lemak penyusunnya. Minyak nyamplung memiliki asam lemak bebas yang tinggi daripada minyak sawit.

Nilai karakteristik densitas biodiesel yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki nilai yang berbeda – beda yaitu 857,883 - 909,841 (kg/m³). Variasi komposisi campuran minyak yang memenuhi standar SNI yaitu pada komposisi MS100MN0, MS90MN10, MS80MN20 dan MS70MN30. Sedangkan pada komposisi MS60MN0, MS50MN50, MS40MN60, MS30MN70, MS20MN80, MS10MN90, MS0MN100 tidak memenuhi standar SNI.

3.3 Hasil Pengujian Viskositas

Viskositas adalah ukuran hambatan cairan untuk mengalir secara gravitasi, untuk aliran gravitasi di bawah tekanan hidrostatik, tekanan cairan sebanding dengan kerapatan cairan (Mahfud dkk, 2012).



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

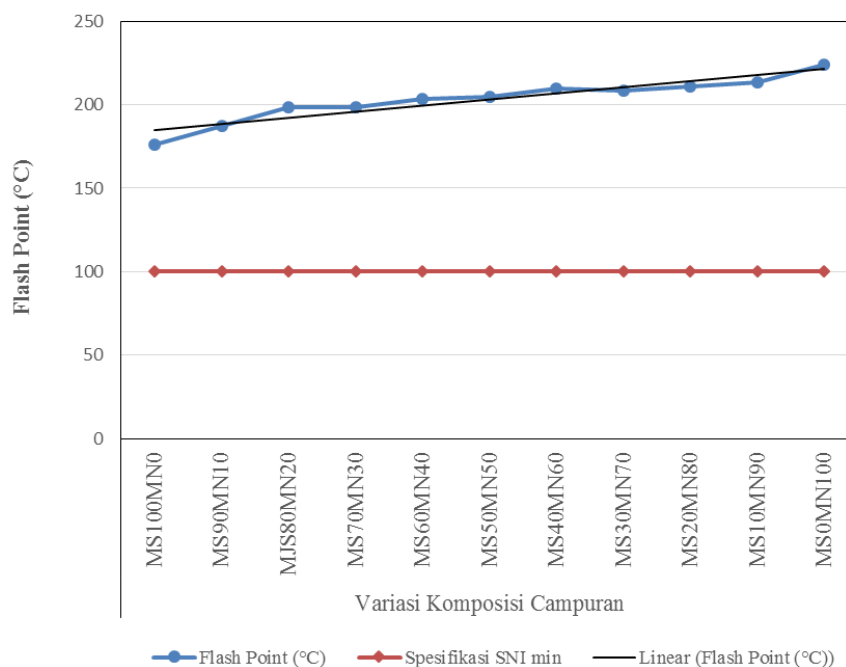
Gambar 3.2 menunjukkan bahwa setiap campuran minyak dengan komposisi yang berbeda – beda juga memiliki viskositas kinematik yang beragam. Nilai karakteristik biodiesel campuran yang dihasilkan dari penelitian ini yaitu mulai dari 5,362 - 30,11 (cSt). Dapat dilihat viskositas kinematik yang tertinggi diperoleh dari biodiesel campuran minyak sawit dan minyak nyamplung dengan variasi komposisi MS0MN100. Penelitian ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh (Wahyuni dkk, 2015) menyatakan bahwa ketika nilai densitas tinggi maka nilai viskositas juga tinggi.

Tingginya nilai densitas akan berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar. Sedangkan tingginya viskositas akan mempengaruhi kecepatan aliran bahan bakar melalui injektor yang dapat mempengaruhi proses atomisasi bahan bakar yang ada di ruang bakar sehingga terjadinya penurunan daya mesin (Xue dkk, 2011). Pada penelitian ini viskositas kinematik yang memenuhi standar SNI yaitu pada biodiesel campuran minyak sawit dan minyak nyamplung dengan variasi komposisi MS0MN100, MS10MN90. Selain kedua variasi tersebut tidak memenuhi standar SNI.

Seiring dengan penambahan minyak nyamplung pada komposisi biodiesel campuran mengakibatkan viskositas kinematik semakin naik. Sedangkan campuran minyak yang memiliki komposisi sawit yang lebih banyak memiliki viskositas kinematik yang lebih rendah. Hal tersebut dipengaruhi oleh minyak nyamplung yang memiliki kandungan getah, resin, protein fosfasida maupun zat pengotor tidak terpisah secara maksimal ketika proses pemurnian.

3.4 Hasil Pengujian Flash Point

Titik nyala merupakan suhu terendah dimana uap bahan bakar dapat terbakar karena terkontaminasi oleh udara dan percikan api (Kinast dan Tyson, 2003). Berdasarkan standar SNI 7182-2015 biodiesel harusnya memiliki titik nyala (>100°C). Titik nyala digunakan sebagai mekanisme untuk membatasi jumlah alkohol sisa dalam bahan bakar. Biodiesel murni memiliki titik nyala yang lebih tinggi dari batasnya dan adanya alkohol sisa reaksi akan menurunkan titik nyala biodiesel (Budiman dkk, 2014). Flash point dapat ditentukan secara eksperimental dengan cara memanaskan cairan biodiesel didalam wadah dan diuji. Jika bunga api muncul saat cairan yang diuji dipanaskan, itu menunjukkan bahwa suhu cairan telah memenuhi standar ASTM D-445 (Wahyuni dkk, 2015).



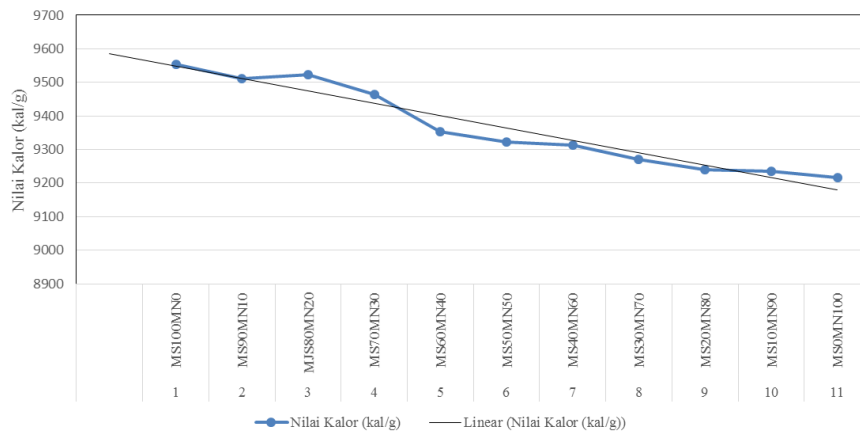
Gambar 3.3 Hasil Pengujian Flash Point Terhadap Variasi Komposisi Biodiesel Campuran Minyak Sawit dan Minyak Nyamplung

Berdasarkan gambar 3.3 hasil pengujian flash point di atas menunjukkan bahwa grafik semakin meningkat. Biodiesel campuran minyak sawit dan minyak nyamplung dengan penambahan minyak nyamplung yang banyak memiliki flash point yang tertinggi. Nilai karakteristik yang didapatkan dari pengujian flash point memiliki nilai yang beragam yaitu 176 – 223,7 (°C) Nilai karakteristik flash point dari keseluruhan sampel memenuhi standar SNI 7182-2015 yaitu >100 (°C).

Nilai flash point dipengaruhi oleh jenis minyak yang digunakan karena minyak sawit memiliki nilai karakteristik flash point yang rendah yaitu sekitar 189°C Sedangkan minyak nyamplung memiliki nilai karakteristik flash point yang tinggi yaitu 264°C. Titik nyala yang terlalu tinggi mengakibatkan keterlambatan penyalaan apabila titik nyala terlampau rendah akan menyebabkan timbulnya denotasi yaitu ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ruang bakar. Hal tersebut dapat meningkatkan resiko keselamatan saat penyimpanannya karena mudah terbakar. 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/udara. Nilai kalor berkaitan dengan masa jenis. Semakin besar masa jenis suatu fluida (minyak) maka semakin kecil nilai kalornya begitupula sebaliknya semakin kecil masa jenis suatu minyak maka semakin besar nilai kalornya. Satuan nilai kalor dapat dinyatakan dengan kCal/kg atau dikenal juga dengan satuan Btu/lb (dalam satuan british) (Kholidah, 2014).



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

Gambar 3.4 menunjukkan bahwa campuran minyak memiliki nilai kalor yang berbeda – beda yaitu mulai 9552,6568 - 9217,314 (kcal/g). Secara garis besar nilai karakteristik dari nilai kalor semakin menurun seiring dengan penambahan minyak nyamplung dalam komposisi biodiesel. Dapat diketahui bahwa densitas (masa jenis) dari biodiesel campuran minyak sawit dan minyak nyamplung dengan variasi komposisi MS100MN0 memiliki densitas yang rendah namun memiliki nilai kalor yang tinggi. Sedangkan pada biodiesel campuran minyak sawit dan minyak nyamplung dengan variasi komposisi MS0MN100 memiliki densitas yang tertinggi sedangkan memiliki nilai kalor yang terendah. Penelitian ini juga selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh (Kholidah, 2014) menyatakan bahwa nilai kalor berkaitan dengan masa jenis. Semakin besar masa jenis suatu fluida (minyak) maka semakin kecil nilai kalornya begitupula sebaliknya semakin kecil masa jenis suatu minyak maka semakin besar nilai kalornya.

4. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan terhadap biodiesel dengan variasi komposisi campuran minyak sawit dan minyak nyamplung dengan parameter uji densitas, viskositas, *flash point* dan nilai kalor menunjukkan nilai yang beragam. Dari pengujian – pengujian tersebut dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Pengaruh variasi komposisi biodiesel campuran minyak sawit dan minyak nyamplung dengan seiring bertambahnya presentase minyak nyamplung maka, secara garis besar nilai densitas, viskositas dan *flash point* yang dihasilkan akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena minyak nyamplung murni memiliki densitas, viskositas dan *flash point* yang tinggi pula. Sedangkan untuk pengaruh variasi komposisi biodiesel campuran minyak sawit dan minyak nyamplung terhadap nilai kalor dengan penambahan minyak nyamplung nilai yang dihasilkan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan minyak sawit memiliki nilai kalor yang tinggi daripada minyak nyamplung sehingga apabila dicampurkan didapatkan nilai yang beragam.
- Biodiesel campuran yang memenuhi standar SNI 7182-2015 yaitu pada komposisi MS100MN0 dan MS90MN10. Selain kedua komposisi tersebut tidak memenuhi standar SNI 7182-2015.

5. SARAN

Pada penelitian ini beberapa komposisi biodiesel campuran telah memenuhi standar SNI 7182-2015 dan beberapa tidak memenuhi standar SNI 7182-2015. Oleh karena itu beberapa saran perlu disampaikan yaitu :

- Perlu dilakukan pengujian nilai karakteristik biodiesel lainnya untuk mengetahui dan mendapatkan hasil yang optimal sesuai standar SNI maupun ASTM.
- Perlu dilakukan pengujian terhadap unjuk kerja mesin diesel.

3. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan putaran (rpm) pengaduk campuran biodiesel.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjarsari, L.A., 2015. Desain dan Realisasi Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair Berdasarkan Hukum Archimedes Menggunakan Sensor Fotodiode. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- 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.
- Devita L., 2015. Biodiesel Sebagai Bioenergi Alternatif dan Prospektif. Agrica Ekstensia. Vol. 9, No.2, halm. 23-26.
- Dewi D, C., (2015). "Produksi Biodiesel Dari Minyak Jarak (*Ricinus Communis*) Dengan Microwave". Fakultas Teknik Universitas Negri Semarang.
- Fadhulllah, M., Widiyanto, S.N.B., dan Restiawaty, E. (2015). "The potential of nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) seed oil as biodiesel feedstock: effect of seed moisture content and particle size on oil yield" 2nd International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application.
- Haryanto S., Silviana U., Triyono S. dan Sigit P., (2015). "Produksi Biodiesel dari Transesterifikasi Minyak Jelantah dengan Bantuan Gelombang Mikro: Pengaruh Intensitas Daya dan Waktu Reaksi Terhadap Rendemen dan Karakteristik Biodiesel" , Jurnal Agritech, Vol. 35, No.2, halm. 235, Bandar Lampung.
- Hoekman, S. K., Broch, A., Robbins, C., Cenicerros, E., & Natarajan, M. (2012). "Review of Biodiesel Composition, Properties, and Specifications". Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.16, pp. 143-169.
- Insani, D.D., Sugiyono. & Wulandari, N. 2011. Karakteristik Minyak Sawit Kasar dengan Atribut Mutu. Bogor. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan. Vol. XXII, No. 2.
- Hanif. (2009). "Analisis Sifat Fisik dan Kimia Biodiesel dari Minyak Jelantah sebagai Bahan Bakar Alternatif Motor Diesel". Politeknik Negeri Padang, Jurusan Teknik Mesin. Padang.
- Khaidir., Nasruddin., Syahputra., Dani., 2015. Pengolahan Ampas Kelapa Dalam Menjadi Biodiesel pada Beberapa Variasi Konsentrasi Katalis Kalium Hidroksida (KOH), Jurnal Samudra Vol.9, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh Lhokseumawe, Aceh.
- Kholidah, N. (2014). "Pengaruh Perbandingan Campuran Bioetanol dan Gasoline Terhadap Karakteristik Gasohol dan Kinerja Mesin Kendaraan Bermotor". Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang: Doctoral dissertation.
- Kinast, J.A., K.S. Tyson, 2003. Production of Biodiesel from Multiple Feedstocks and Properties of Biodiesel and Biodiesel/Diesel Blends. NREL US Departement of Energy Laboratory.
- Mahfud., Muharto., R.A Pramudita., Marwanto, A. 2012. Pengaruh Metode Pencucian Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar, Jurusan Teknik Kimia ITS.
- Wahyuni S., Ramli., Mahrizal. 2015. Pengaruh Suhu dan Lama Proses Pengendapan terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah, Jurnal Pillar of Physics, Volume. 6, halm. 33-40.
- Widyastuti, L. 2007. Reaksi Metanolisis Minyak Biji Jarak Pagar Menjadi Metil Ester Sebagai Bahan Bakar Pengganti Minyak Diesel Dengan Menggunakan Katalis KOH.
- Xue, J., Grift, T.E., & Hansen, A.C. (2011). Effect of biodiesel on engine performances and emissions. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, pp. 1098-1116.