

PENGARUH WAKTU DAN TEMPERATUR REAKSI CAMPURAN BIODIESEL MINYAK JARAK DAN BIODIESEL MINYAK KEDELAI TERHADAP SIFAT BIODIESEL

Faris Safrudin Akhmad^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: farissafrudinakhmad@gmail.com^a

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

Sumber daya energi merupakan satu elemen penting yang tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan hidup manusia. Pada zaman modern ini kebutuhan energi semakin meningkat, salah satu peningkatan penggunaan energi disebabkan oleh meningkatnya jumlah penduduk yang menggunakan kendaraan untuk keperluan transportasi sementara pertumbuhan energi tidak sebanding dengan adanya kebutuhan energi, Salah satu cara untuk menanggulangi krisis bahan bakar fosil tersebut adalah dengan cara mencari bahan bakar alternatif, salah satu bahan bakar alternatif yaitu biodiesel. Biodiesel merupakan bentuk bahan bakar yang berasal dari minyak nabati, Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu dan temperatur reaksi campuran biodiesel minyak jarak dan biodiesel minyak kedelai terhadap sifat biodiesel. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk membuat biodiesel adalah proses transesterifikasi menggunakan katalis asam basa homogen (KOH), waktu reaksi 60 menit dan temperature reaksi 60°C. setelah proses transesterifikasi kedua jenis biodiesel dicampur dengan perbandingan minyak jarak 40% dan minyak kedelai 60%, dengan Variasi waktu dan temperatur sebagai berikut 60°30M, 60°60M, 60°90M, 90°30, M90°60, M90°90M, 120°30M, 120°60M, 120°90M. Berdasarkan hasil data dari penelitian ini disimpulkan bahwa nilai densitas, viskositas, dan *flash point* cenderung mengalami penurunan seiring dengan lama waktu dan suhu pencampuran, dan nilai kalor yang didapat cenderung meningkat. Pengaruh dari variasi waktu dan temperatur campuran minyak jarak dan minyak kedelai terhadap karakteristik biodiesel tidak ada pengaruh terhadap perubahan nilai yang terlalu signifikan antar sampel. Pengaruh waktu dan temperatur reaksi campuran biodiesel yang paling optimal diperoleh pada suhu dan waktu 120°60M, karena pada komposisi tersebut nilai viskositasnya yang paling mendekati standar SNI 7182-2015 sedangkan untuk nilai densitas dan *flash point* sudah sesuai standar SNI 7182-2015.

Kata Kunci : Biodiesel, Transesterifikasi, Densitas, *Viskositas*, *Flash Point*, dan Nilai Kalor.

1. PENDAHULUAN

Sumber daya energi merupakan satu elemen penting yang tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan hidup manusia. Pada zaman modern ini kebutuhan energi semakin meningkat, salah satu peningkatan penggunaan energi disebabkan oleh meningkatnya jumlah penduduk,

Salah satu cara untuk menanggulangi krisis bahan bakar fosil tersebut adalah dengan cara mencari bahan bakar alternatif,

salah satu bahan bakar alternatif yaitu biodiesel. Biodiesel merupakan bentuk bahan bakar yang berasal dari minyak nabati seperti tanaman jarak pagar (*jathropa oil*) dan tanaman kedelai (*soya oil*), dibanding bahan bakar konvensional biodiesel sebagai bahan bakar alternatif merupakan bahan bakar yang terbarukan, biodiesel menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik dari pada solar karena bebas sulfur, pembakaran lebih sempurna, dan memiliki sifat pelumasan terhadap injector

mesin serta mudah terurai sehingga tidak menghasilkan racun.

Salah satu jenis bahan bakar alternatif yang saat ini banyak dikembangkan adalah biodiesel. Penggunaan biodiesel memberikan banyak keuntungan (Tickell, 2000), Misalnya tidak perlu memodifikasi mesin, menghasilkan lebih sedikit emisi CO₂, CO, SO₂, karbon dan hidrokarbon dibandingkan dengan bahan bakar diesel dari fraksi minyak bumi

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak jarak dan minyak kedelai. Minyak jarak adalah minyak hasil ekstraksi dari biji tanaman jarak. Namun minyak jarak ini memiliki beberapa kelemahan diantaranya viskositas (kekentalan) dan *flash point*-nya masih tinggi. Kedelai adalah salah satu komoditi pangan utama Indonesia setelah padi. Konsumsi kedelai pada tahun 2009 mencapai 2,3 juta ton per tahun. Dari jumlah ini, 50% dikonsumsi berupa tempe, 40% berupa tahu dan 10% berupa produk kedelai lainnya seperti minyak kedelai (Ekasari, 2009). Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan sebagai bahan baku untuk biodiesel karena tanaman ini mudah dibudidayakan, tidak memerlukan lahan yang subur, dan biaya yang mahal (Achten dkk, 2008). Banyak upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki karakteristik biodiesel salah satunya dengan cara mencampur biodiesel minyak jarak dengan biodiesel minyak kedelai. Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh waktu dan temperatur reaksi campuran biodiesel minyak jarak dan biodiesel minyak kedelai terhadap sifat biodiesel sebagai bahan bakar.

Dari uraian diatas metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah variasi pengaruh suhu dan waktu pemanasan campuran minyak jarak dan minyak kedelai pada komposisi 40% : 60 % dengan variasi suhu 60, 90, 120°C pada waktu 30, 60 dan 90 menit terhadap sifat campuran minyak. Parameter yang diuji meliputi densitas, flash point, viskositas dan nilai kalor untuk menemukan komposisi yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

2. METOLOGI PENELITIAN

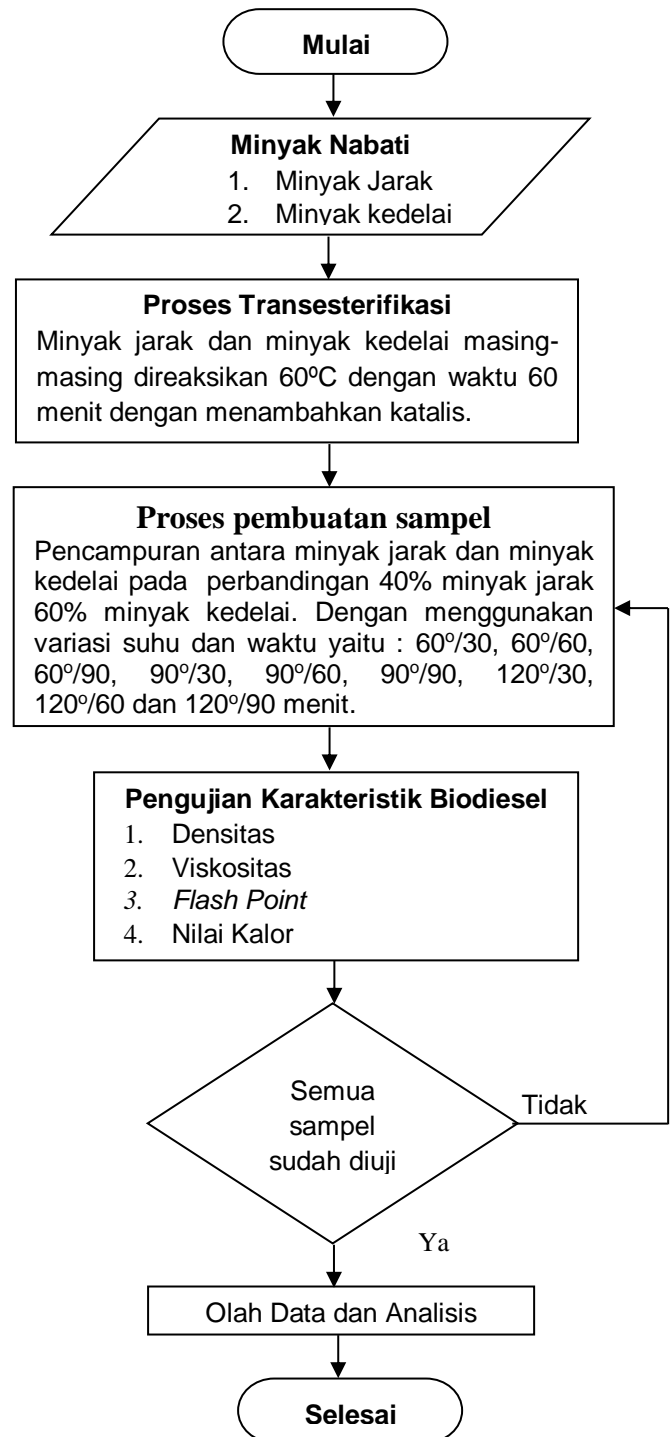
BAHAN PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini, diantaranya : Minyak jarak pagar, kedelai, katalis basa homogen (KOH), metanol, dan air.

ALAT PENELITIAN

Selain bahan pembuatan biodiesel, dalam penelitian ini juga menggunakan alat untuk pembuatan biodiesel diantaranya: alat pengaduk dan pemanas, alat pemanas air, toples, gelas beker, gelas ukur, *thermometer*, alat pencuci, *hot plate*, *viscometer*, neraca digital, alat uji *flash point*, *bom calorimeter*, dan *stopwatch*.

DIAGRAM ALIR PENELITIAN

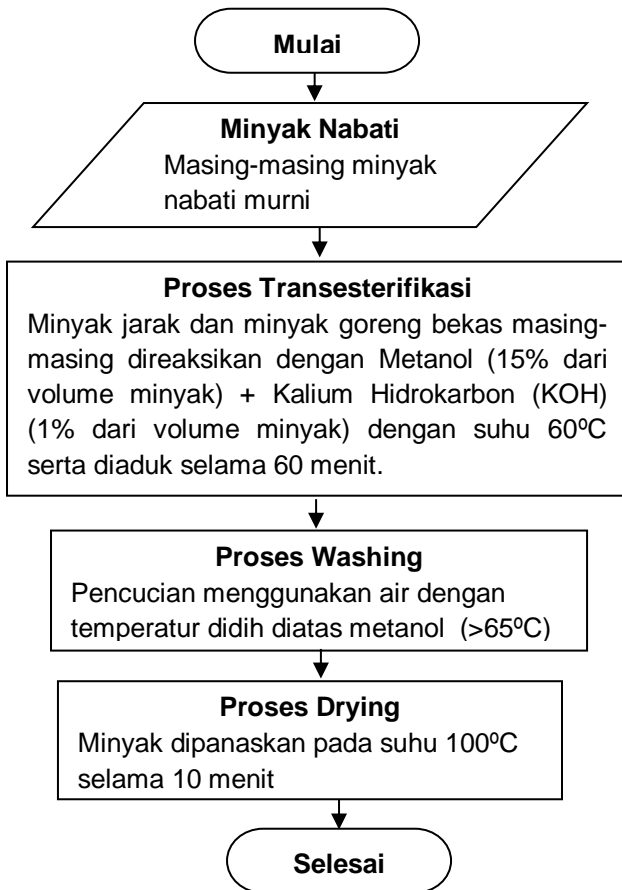


Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan proses pembuatan biodiesel jarak dan biodiesel kedelai dengan proses transesterifikasi terhadap minyak jarak dan minyak kedelai. Setelah itu dilanjutkan dengan pembuatan sampel biodiesel dengan variasi yang telah ditentukan. Setelah sampel biodiesel didapatkan dari masing-masing variasi campuran maka langkah selanjutnya yaitu pengujian karakteristik biodiesel yang terdiri dari densitas, viskositas, flash point, dan nilai kalor. Setelah pengujian karakteristik selesai maka dilanjutkan dengan pengolahan data dan analisa.

Untuk mempermudah melakukan proses transesterifikasi dibuatlah diagram alir pada proses ini.



Gambar 2 Diagram Alir Proses Transesterifikasi

Sampel campuran biodiesel yang digunakan dalam penelitian ada 9 variasi campuran. Keterangan:

Bjr = Biodiesel jarak,
Bkl = Biodiesel kedelai,
BJr/Bkl 40:60 = Biodiesel jarak 40% Biodiesel kedelai 60%

- BJr/Bkl 60 30 = Suhu Pencampuran 60°C dan Lama Pencampuran 30 Menit
- BJr/Bkl 60 60 = Suhu Pencampuran 60°C dan Lama Pencampuran 60 Menit
- BJr/Bkl 60 90 = Suhu Pencampuran 60°C dan Lama Pencampuran 90 Menit
- BJr/Bkl 90 30 = Suhu Pencampuran 90°C dan Lama Pencampuran 30 Menit
- BJr/Bkl 90 60 = Suhu Pencampuran 90°C dan Lama Pencampuran 60 Menit
- BJr/Bkl 90 90 = Suhu Pencampuran 90°C dan Lama Pencampuran 90 Menit
- BJr/Bkl 120 30 = Suhu Pencampuran 120°C dan Lama Pencampuran 30 Menit
- BJr/Bkl 120 60 = Suhu Pencampuran 120°C dan Lama Pencampuran 60 Menit
- BJr/Bkl 120 90 = Suhu Pencampuran 120°C dan Lama Pencampuran 90 Menit

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak jarak dan minyak kedelai. Karakteristik yang dimiliki dari minyak jarak dan minyak kedelai meliputi densitas, viskositas, flash point, dan nilai kalor dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 Karakteristik Minyak Jarak dan Minyak kedelai.

Karateristik	Minyak Jarak	Minyak kedelai
Densitas (40°C) kg/m ³	936,93	881,88
Viskositas (40°C)cSt	197,7	26,9
Flash point (°C)	305	347
Nilai Kalor (Cal/g)	8889,780	9385,02

Dari table 1 dapat dilihat bahwa karakteristik minyak jarak dan minyak kedelai memiliki parameter seperti densitas, viskositas, flash point dan nilai kalor parameter minyak kedelai sangat rendah dibanding minyak jarak. Kemudian nilai kalor untuk minyak kedelai sangatlah tinggi dari minyak jarak. Sehingga penelitian ini digunakan untuk bahan baku campuran dengan minyak jarak agar dapat digunakan untuk pembuatan karakteristik biodiesel campuran.

Kandungan Asam Lemak Jenuh dan Tak Jenuh

Asam lemak jenuh yaitu asam lemak yang semua ikatan atom karbon pada rantai karbonnya berupa ikatan tunggal (jenuh). Sedangkan asam lemak tidak jenuh adalah asam lemak yang mengandung ikatan rangkap pada rantai karbonnya. Berdasarkan kandungan asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh pada minyak jarak dan minyak kedelai yang dilakukan di laboratorium pengujian dan penelitian terpadu (LPPT) UGM dapat dilihat pada tabel 2 dan table 3.

Tabel 2 Kandungan Asam Lemak Jenuh dan Tak Jenuh Minyak Jarak

No	Asam Lemak	Karakteristik (% Ralatif)
1	Methyl Butyrate	36,08
2	Methyl Palmitate	6,10
3	Cis-9-Oleic Methyl Ester	18,83
4	Linolelaidic Acid Methyl Ester	0,99
5	Methyl Linolcate	26,8
6	Methyl Cis-11-eicocenoate	2,62
7	Methyl Linolenate	1,42
8	Methyl Octadecanoate	6,68
9	Cis-4-10-13-19-docosahexacnoate	0,49

Tabel 3 Kandungan Asam Lemak Jenuh dan Tak Jenuh Minyak kedelai.

Asam Lemak		Karakteristik (% Relatif)
1	Methyl Butyrate	9,37
2	Methyl Palmiate	10,09
3	Methyl Octadecanoate	2,70
4	Cis-9-Oleic Methyl ester	20,66
5	Methyl Aracehidate	0,15
6	Methyl Lenoleate	50,82
7	Methyl Cis-11-eicocenoate	5,38
8	Methyl Docosanoate	0,36
9	Gamma-lenolenic Acid Methyl Ester	0,26
10	Methyl Lenolente	0,21

Dari tabel 2 dan 3 dapat dilihat bahwa 2 kandungan asam lemak minyak jarak dan minyak kedelai yang paling mendominasi pada minyak jarak Methyl Butyrate 36,08%, Cis-9-Oleic Methyl ester 18,83%, Methyl Lenoleate 26,80%, sedangkan untuk minyak kedelai Methyl Palmiate 10,09%, Cis-9-Oleic Methyl ester 20,66%, Methyl Lenoleate 50,82%.

Hasil karakteristik biodiesel jarak dan biodiesel kedelai

Pada penelitian ini terdapat beberapa karakteristik yang telah didapatkan dari biodiesel jarak dan biodiesel kedelai. Pada tabel 4 merupakan karakteristik biodiesel jarak dan biodiesel kedelai.

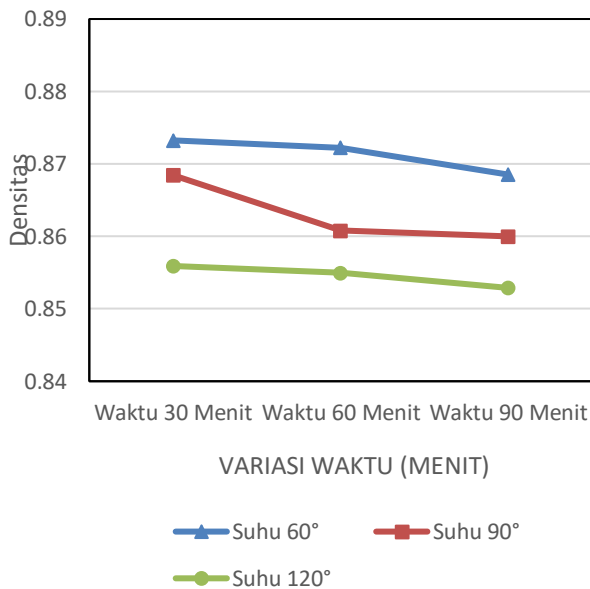
Tabel 4. Karakteristik biodiesel jarak dan biodiesel kedelai

Karakteristik	Biodiesel Jarak	Biodiesel kedelai
Densitas (40°C) kg/m ³	907	862
Viskositas (40°C) cSt	19,8	7,7
Flash point (°C)	215	186,17
Nilai Kalor (kal/g)	880,34	9375,25

Pada tabel 4 dapat dilihat perbandingan karakteristik antara biodiesel minyak jarak dan minyak kedelai. Karakteristik biodiesel minyak jarak dan minyak kedelai harus mempunyai ketentuan dari standar SNI 7182-2015 yakni untuk viskositas antara 2,3-6,0 cSt. Untuk standar viskositas biodiesel minyak jarak 19,8 dan minyak kedelai 7,7 masih belum memenuhi standar, Kemudian densitas biodiesel jarak dan kedelai SNI 7182-2015 yakni 850-890 kg/m³, densitas dari biodiesel kedelai 862 kg/m³ sudah memenuhi standar dari SNI 7182-2015 tetapi untuk biodiesel jarak masih belum, dan untuk flash point telah memenuhi standar dikarenakan sudah melebihi batas ketentuan yang telah ditetapkan yaitu (>100 °C).

Hasil pengujian densitas

Densitas adalah jumlah suatu zat pada salah satu perbandingan antara massa jenis dan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka akan semakin besar pula massa setiap volumenya. Dalam SI satuan dari massa jenis adalah (kg/m^3).



Gambar 3 Grafik Densitas Terhadap Waktu dan Temperatur.

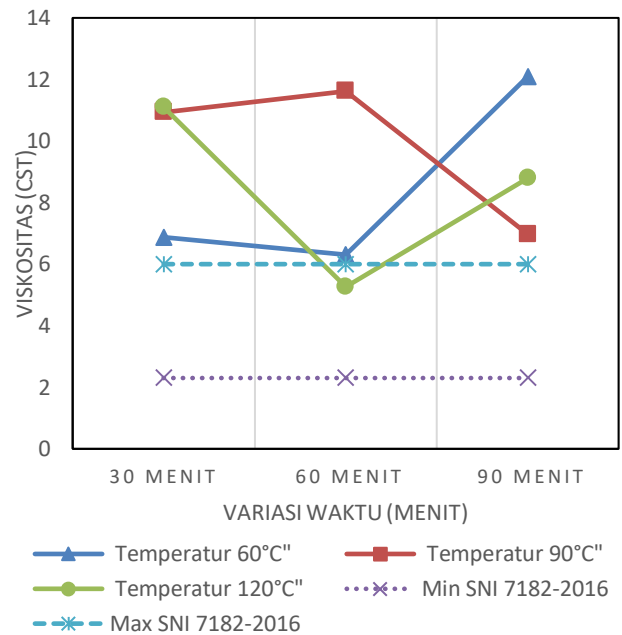
Dari hasil pengujian densitas terhadap waktu dan temperatur campuran biodiesel menunjukkan hasil, nilai densitas pada suhu 60°C dan 120°C menunjukkan hasil grafik pengujian densitas yang mengalami penurunan, bila mana semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pemanasan dan pencampuran, massa jenis biodiesel semakin rendah. Dan pada suhu 90°C juga mengalami penurunan seiring lamanya waktu pemanasan.

Perbedaan campuran biodiesel densitas dipengaruhi oleh asam lemak pada bahan baku. Seiring meningkatnya rantai karbon gliserol mengalami penurunan dan jumlah ikatan rangkai rangkai pada asam lemak akan semakin meningkat (Tazora 2011). Oleh karena itu semakin banyak komposisi minyak kedelai maka akan semakin menurun densitasnya.

Densitas pada penelitian ini memiliki nilai yang beragam yaitu berada pada $852 \text{ kg/m}^3 - 873 \text{ kg/m}^3$ yang berarti semua sampel yang sudah diuji semua sudah memenuhi standard SNI 7182-2015.

Hasil pengujian Viskositas

Viskositas atau kekentalan merupakan salah satu parameter dimana fluida yang mempengaruhi daya tahan terhadap suatu gaya geser. Viskositas dapat diukur melalui viskositas dinamik dan viskositas kinematik. Berdasarkan hasil pengujian viskositas terhadap biodiesel minyak jarak dan minyak kedelai untuk berbagai variasi dapat dilihat Gambar 4.



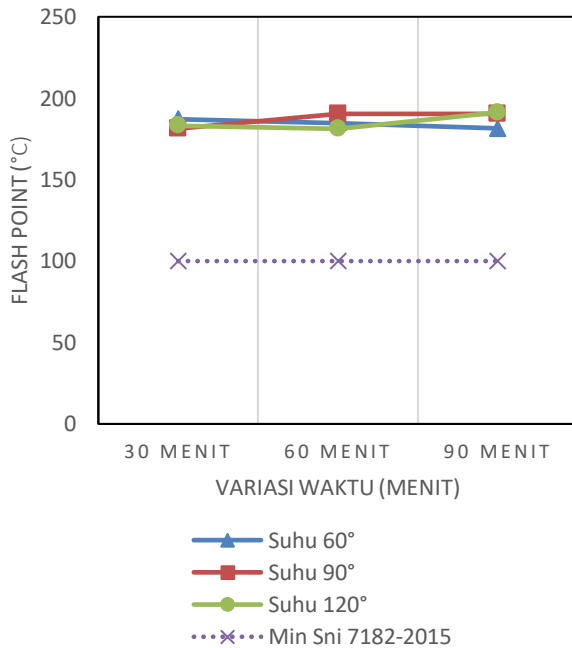
Gambar 4 Grafik Viskositas Terhadap Waktu dan Temperatur.

Hasil pengujian viskositas terhadap waktu dan temperatur campuran biodiesel menunjukkan hasil yang berbeda-beda dari tiap komposisi campuran biodiesel. Menunjukkan bahwa viskositas pada variasi temperatur 90°C memiliki nilai viskositas paling tinggi, namun seiring lamanya waktu pemanasan pencampuran terjadi penurunan, dan terjadi kenaikan pada sampel suhu 60°C dan 120°C tetapi perbedaannya tidak terlalu signifikan, dari semua variasi suhu dan temperature ada yang belum memenuhi standar SNI 7182-2015.

Hal ini mungkin disebabkan saat pencampuran biodiesel minyak jarak dan minyak kedelai dengan campuran metanol dan katalis belum mencapai kesetimbangan atau belum sempurna untuk memisahkan antara biodiesel dan gliserol. Untuk mengatasi hal itu bias dilakukan alternatif cara pemisahan yang lain seperti cara sentrifugasi atau dengan pemisahan vakum (sudradjat, 2010).

Hasil pengujian flash point

Flash Point atau bisa disebut juga titik nyala pada suhu terendah dimana uap dari minyak biodiesel yang bercampur dengan udara akan menyala dengan sekejap. Flash point menjadi salah satu tolak ukur dimana pentingnya pengujian terhadap biodiesel karena pada suhu berapa biodiesel dapat terbakar. Dari pengujian yang dilakukan hasil pengujian flash point biodiesel campuran dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Grafik Densitas Terhadap Waktu dan Temperatur..

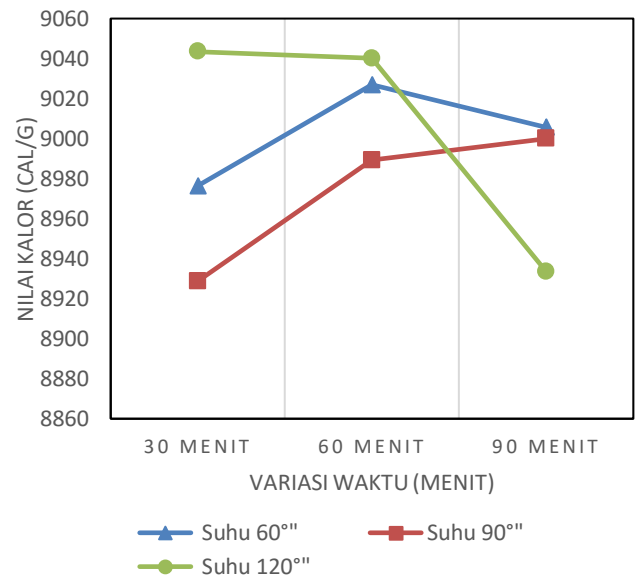
Gambar 5 menunjukkan perbedaan nilai pada grafik tidak terlalu signifikan, dari semua sampel yang sudah diuji semua sampel sudah memenuhi standar mutu Biodiesel SNI 7182-2015. Nilai paling tinggi ditunjukkan pada minyak jarak dan minyak kedelai pada sampel 120°C 90menit memiliki flash point 191°C dan terendah pada sampel variasi 90°C dan waktu 30 menit memiliki nilai flash point sebesar 181,3°C. berarti semua komposisi minyak biodiesel telah memenuhi standar SNI 7182-2015 dengan nilai minimum 100°C.

Hubungan antara titik nyala terhadap rasio biodiesel menunjukkan berapa banyak jumlah biodiesel yang dicampurkan terhadap minyak jarak dan kedelai untuk mencapai nilai titik nyala tertentu. Flash point berkaitan dengan residu alkohol dalam biodiesel dan juga pelarut. Semakin banyak residu alkohol

dalam biodiesel maka akan semakin turun titik nyalanya (Tazora, 2011).

Hasil pengujian nilai kalor

Definisi nilai kalor adalah suatu bahan bakar yang menyatakan jumlah panas yang dapat melepaskan pada setiap satuan berat bahan bakar dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara atau oksigen. Hasil pada pengujian nilai dari campuran biodiesel dapat dilihat pada dan gambar 6



Gambar 6 Pengujian Nilai Kalor Terhadap Terhadap Waktu dan Temperatur.

Nilai kalor yang dihasilkan pada biodiesel campuran minyak jarak dan minyak kedelai terlihat paada suhu 60°C dan 90°C mengalami kenaikan, sedangkan pada suhu 60°C pada waktu 60 menit mengalami penurunan, sedangkan pada suhu 120° juga mengalami penurunan pada menit 60, pengujian nilai kalor ini mempunyai beragam yaitu 8928,78 kal/g - 9043,42 kal/g tertinggi pada variasi tempertur 120°30M memiliki nilai kalor sebesar 9043,42 kal/g dan yang terendah pada variasi temperatur 90°30M memiliki nilai kalor 8928,78 kal/g.

Perbedaan tinggi rendah nilai kalor ini dikarenakan molekul pembentuk antara senyawa minyak nabati terkait asam palmitat, asam stearat dan asam oleat. Oleh karna itu semakin banyak kandungan asam lemak mempunyai ikatan rangkap pada rantai karbon (C=C) pada biodiesel, maka nilai kalornya

akan semakin berkurang dari biodiesel (Hanif, 2012).

Minyak biodiesel pada umumnya jika densitas minyak tersebut tinggi maka nilai kalor pada minyak tersebut rendah, sebaliknya demikian jika densitas minyak rendah maka nilai kalor pada minyak tersebut akan menjadi tinggi. Satuan nilai kalor dinyatakan dalam satuan kCal/kg atau bisa dikenal juga dengan satuan Btu/lb (satuan british) (Kholidah , 2014).

4. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan terhadap pengaruh waktu dan temperatur reaksi campuran biodiesel minyak jarak dan biodiesel minyak kedelai terhadap sifat biodiesel dengan parameter pengujian densitas, viskositas, *flash point*, dan nilai kalor maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai karakteristik biodiesel campuran minyak jarak dan minyak kedelai yang dihasilkan pada setiap komposisi campuran biodiesel cenderung mengalami penurunan pada nilai densitas seiring lamanya waktu saat pencampuran, dari semua pengujian nilai densitas campuran biodiesel sudah memenuhi standar SNI 7182-2015 (850 – 890 kg/m³).
2. Sedangkan pada nilai viskositas yang memenuhi standar SNI 7182-2015 di peroleh pada waktu 120°60M, dan pada variasi yang lain belum memasuki standar SNI, sedangkan untuk nilai *flash point* telah sesuai standar SNI 7182-2015.
3. Nilai kalor yang dihasilkan pada biodiesel minyak jarak dan biodiesel minyak kedelai pada temperature dan waktu Bjbk90°30M dengan nilai 8928,78 kal/g yang terendah, dan nilai kalor yang paling tinggi pada temperatur dan waktu Bjbk120°30M 9043,42 kal/g,

Pengaruh dari variasi waktu dan temperatur campuran minyak jarak dan minyak kedelai terhadap karakteristik biodiesel tidak ada pengaruh terhadap perubahan nilai yang terlalu signifikan antar sampel. Variasi pengaruh waktu dan temperatur campuran minyak biodiesel jarak dan minyak biodiesel kedelai yang memberikan sifat paling optimal diperoleh pada suhu dan waktu 120°60M.

SARAN

Saran dari penelitian ini :

1. Perlu penelitian terhadap bahan baku yang lain untuk mendapatkan hasil yang sesuai standar
2. Perlu dilakukan pengujian karakteristik biodiesel lainnya sesuai dengan standar SNI atau ASTM.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperbaiki viskositas campuran biodiesel minyak jarak dan biodiesel minyak kedelai, salah satu caranya dengan mencampurkan solar atau dengan metode berbeda agar hasil yang diharapkan dapat memenuhi standar SNI 7182-2015. Dalam pemanfaatannya perlu dilakukan pengujian lebih lanjut tentang unjuk kerja terhadap kinerja mesin diesel.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisah, P. M., Suwandi, & Agustian, E. (2018, Maret). Pengaruh Waktu Transesterifikasi Terhadap Konversi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel. *e-Proceeding of Engineering*, 5(1), 916-922.
- Atqia, M. A. (2017). *Pengaruh Komposisi Campuran Minyak jarak dan Minyak Kelapa Terhadap Sifat Biodiesel Sebagai Bahan Bakar*. Yogyakarta: Skripsi Program Studi S-1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- (BSN) Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Mutu dan Metode Uji Minyak Nabati Murni Untuk Bahan Bakar Motor Diesel Putaran Sedang*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Budiman , A., Kusumaningtyas , R. D., & Pradana, Y. S. (2018). *Biodiesel : Bahan Baku Proses*. Yogyakarta: UGM PRESS.
- Dewi, D. C. (2015). Produksi Biodiesel dari Minyak Jarak (*Ricinus Communis*) dengan Microwave dengan Katalis Basa NaOH . *Jurnal Teknik Kimia UNNES* 28, 24-60.
- Gubitz, G.M., Mittelbach, M., Trabi, M., 1999. *Exploitation of tropical oil seed plant*

- Jatropha curcas* L. *Bioresource Technology* 67, 73–82
- Hanif. (2009). *Analisis Sifat Fisik dan Kimia Biodiesel dari Minyak Jelantah sebagai Bahan Bakar Alternatif Motor Diesel*. Politeknik Negeri Padang, Jurusan Teknik Mesin. Padang: Hanif.
- Haryanto, B. 2002. *Bahan Bakar Alternatif Biodiesel (Bagian I. Pengenalan)*. Universitas Sumatera Utara digital library. Universitas Sumatera Utara. 1– 13.
- Hoekman, S. K., Broch, A., Robbins, C., Ceniceros, E., & Natarajan, M. (2012). Review of Biodiesel Composition, Properties, and Specifications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 143-169.
- Indrayati, R. (2009). *Perbaikan Karakteristik Biodiesel Jarak Pagar pada Suhu Rendah Melalui Kombinasi Campuran dengan Berbagai Jenis Minyak Nabati*. Skripsi. Departemen Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Irawan, D. (2017). *Peningkatan Mutu Biodiesel dari Minyak Jarak Kepyar (Ricinus Communis) Melalui Pencampuran Minyak Nyamplung (Calophyllum Inophyllum)*. Skripsi. Program Studi S-1. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Fakultas Teknik Mesin. Yogyakarta: Dian Irawan.
- Ketaren, S. (1986). *Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan*. Jakarta: UI Press.
- Kholidah, Nurul. 2014. *Pengaruh Perbandingan Campuran Bioetanol dan Gasoline Terhadap Karakteristik Gasohol dan Kinerja Mesin Kendaraan Bermotor*. Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
- Mardiansyah, D. (2012, Desember). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar (*Jatropha Curcas*) dengan Katalis Asam Polistirena Sulfonat (PSS) 4 % dan 8 % pada Suhu 120oC selama 6 Jam. *Jurnal Ilmiah Edu Research*, 1(2), 33-40.
- 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.
- Laksono, T. 2013. *Pengaruh Jenis Katalis Naoh Dan Koh Serta Rasio Lemak Dengan Metanol Terhadap Kualitas Biodiesel*. **Skripsi**. Program Studi Teknologi Hasil Ternak Jurusan Produksi Ternak Fakultas Peternakan. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Pranowo, D., M. Herman dan Y. Ferry. 2006. *Pengaruh Pengolahan Tanah dan Pemupukan terhadap Pertumbuhan dan Produksi Awal Jarak*
- Ramadhan, A. S., Jayaraj, S., & Muraleedharan, C. (2004). Use of vegetable oils as I.C. engine fuels— A review. *Renewable Energy* 29, 727– 742.
- Sihotang, P. (2011). *Pengaruh Lama Reaksi Terhadap Perubahan Karakteristik Biodiesel Turunan Minyak Jarak Pagar (Jatropha Curcas) dengan Menggunakan Katalis Polistirena Sulfonat (PSS)*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan: Sihotang.
- Silitonga, A. S., Masjuki, H. H., Mahlia, T. M., Ong, H. C., Chong, W. T., & Boosroh, M. H. (2013). Overview Properties of Biodiesel Blends from Edible and Non-edible Feedstock. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 346-360.
- Sudrajat, R., Pawoko, E., Hendra, D., Setiawan, D. 2010. *Pembuatan Biodiesel dari Biji Kesambi (Schleichera oleosa L.)* *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* Vol.28 No. 4, pp 358-379.
- Sumangat, D., dan Hidayat, T. 2008. *Karakteristik Metil Ester Minyak Jarak Pagar Hasil Proses Transesterifikasi Satu dan Dua Tahap*. *Jurnal Pascapanen* 5(2) 2008: 18-26.
- Su, C.-H. (2013). Recoverable and Reusable Hydrochloric Acid Used as a Homogeneous Catalyst For Biodiesel Production. *Applied Energy*, 104, 503-509.
- Sutiah, K., Sofian, F., & Wahyu, S. B. (2008, April). Studi Kualitas Minyak Goreng dengan Parameter Viskositas dan Indeks Bias. *Berkala Fisika*, 11(2), 53-58.
- Tickell, J. 2000. *From The Fryer To The Fuel Tank*. 3. Energy Consulting.
- Taroza, Z. (2011). *Peningkatan Mutu Biodiesel Dari Minyak Biji Karet Melalui Pencampuran Dengan Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar*. Institut Pertanian

Bogor, Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
Bogor: Z Taroza.

Wahyudi, Wardana, Widodo, A., & Wijayanti, W. W. (2018). Improving Vegetable Oil Properties by Transforming Fatty Acid Chain Length in Jatropha Oil and Coconut Oil Blends. *Energies*, 11(2), 394.

Wijayanti, K. (2008). Keseimbangan Natrium di Dalam Campuran Biodiesel Gliserol. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(1), 1-4.