

Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis heterogen

Production of biodiesel from waste cooking oil using heterogeneous catalyst

Danang Jaya*, Tunjung Wahyu Widayati, Hanum Salsabiela, Muhammad Fathan Abdul Majid

Program Studi S1 Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condong Catur, Yogyakarta 55283, Indonesia

Artikel histori :

Diterima: 19 November 2021
Diterima dalam revisi: 23 Januari 2022
Diterima: 24 Januari 2022
Online: 5 April 2022

ABSTRAK: Cadangan minyak bumi didunia semakin menipis yang membuat pemerintah juga menerapkan kebijakan mandatori B30 mulai awal 2020. Dengan kebijakan ini, maka diperlukan adanya pengembangan energi dengan memanfaatkan energi terbarukan seperti minyak nabati yang dapat diubah menjadi biodiesel. Minyak jelantah merupakan salah satu minyak nabati yang sangat potensial untuk diolah menjadi biodiesel karena pemanfaatan minyak jelantah di Indonesia masih belum berkembang. Dalam penelitian ini, kami melaporkan hasil pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan variasi perbandingan jumlah mol dan berat katalis heterogen. Biodiesel dibuat dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan katalis heterogen (CaO), kemudian dilakukan proses pemisahan untuk memisahkan Biodiesel yang dihasilkan dengan hasil samping berupa gliserol. Biodiesel yang dipisahkan kemudian dilakukan analisis densitas, viskositas, *flash point*, dan *pour point*. Hasil penelitian menunjukan Biodiesel terbaik yaitu pada Perbandingan mol 1:24 dengan katalis CaO 3 %. Berdasarkan data analisis, biodiesel ini memiliki yield terbesar yaitu 72,49 % dengan nilai viskositas 4,9806 cSt, nilai *flash point* 72,5 °C, nilai *pour point* 0 °C, dan nilai densitasnya 0,8662 g/ml serta nilai kalor 8837,302 kal/gram. Dengan hasil analisa tersebut yang sudah sesuai standar baku mutu mutu SNI 7182:2015.

Kata kunci: minyak jelantah; katalis CaO; esterifikasi; transesterifikasi; biodiesel

ABSTRACT: The world's oil reserves are running low, which makes the government also implement a mandatory B30 policy starting in early 2020. With this policy, it is necessary to develop energy by utilizing renewable energy such as vegetable oil that can be converted into biodiesel. Waste cooking oil is one of the vegetable oils that has the potential to be processed into biodiesel because the use of waste cooking oil in Indonesia is still not developed. In this study, we report the yield of biodiesel from waste cooking oil with variations in the ratio of the number of moles and weight of heterogeneous catalysts. Biodiesel is made by esterification and transesterification with a heterogeneous catalyst (CaO), then a separation process is carried out to separate the biodiesel produced from the by-product in the form of glycerol. The separated biodiesel is then analyzed for density, viscosity, flash point, and pour point. The results showed that the best biodiesel was at a mole ratio of 1:24 with 3% CaO catalyst. Based on the analysis data, this biodiesel has the largest yield of 72.49% with a viscosity value of 4.9806 cSt, a flash point value of 72.5 °C, a pour point value of 0 °C, and a density value of 0.8662 g/ml and calorific value. 8837,302 cal/gram. With the results of the analysis, that are in accordance with the quality standards of SNI 7182:2015.

Keywords: waste cooking oil; CaO catalyst; esterification; transesterification; biodiesel

1. Pendahuluan

Cadangan minyak bumi didunia semakin menipis karena adanya peningkatan jumlah pertumbuhan penduduk dan industri. Berdasarkan hal tersebut,

pemerintah juga menerapkan kebijakan mandatori B30, yakni campuran biodiesel sebanyak 30% dalam bahan bakar minyak jenis solar, mulai awal 2020 (Andrea, 2020). Oleh karena itu diperlukan adanya

*Corresponding Author:
Email: danangjay@upnyk.ac.id

pengembangan energi dengan memanfaatkan energi terbarukan. Salah satu bahan bakar terbarukan adalah minyak nabati yang dapat diubah menjadi biodiesel.

Minyak jelantah sangat potensial untuk diolah menjadi biodiesel.. Minyak jelantah merupakan limbah yang mengandung senyawa-senyawa karsinogenik yang terjadi selama proses penggorengan sehingga jika dipakai secara terus-menerus dapat menyebabkan kerusakan pada tubuh manusia. Pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel memiliki beberapa kelebihan, diantaranya sumber minyak nabati mudah diperoleh, proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati mudah dan cepat, dan tingkat konversi minyak nabati menjadi biodiesel yang tinggi (95%) (Sinaga, 2014).

Alasan dipilihnya minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel, Gabungan Industri Minyak Nabati Indonesia (GIMNI), 2018 memperkirakan produksi minyak goreng nasional tahun ini bisa mencapai 28 juta hingga 29 juta ton. Produksi ini meningkat dibandingkan tahun lalu yang sekitar 24 juta ton. Selama ini pemanfaatan minyak jelantah hanya untuk dijual lagi kepada pengepul minyak goreng bekas, dan bahkan ada yang dibuang begitu saja.

Transesterifikasi yaitu proses kimiawi yang memerlukan grup alkohol pada senyawa ester dengan alkohol. Alkohol yang digunakan sebagai pereaksi untuk minyak nabati adalah metanol, namun dapat pula digunakan etanol, isopropanol atau butyl, tetapi perlu diperhatikan juga kandungan air dalam alkohol tersebut. Bila kandungan air tinggi akan mempengaruhi hasil biodiesel kualitasnya rendah, karena kandungan sabun, ALB dan trigliserida tinggi. Disamping itu hasil biodiesel juga dipengaruhi oleh tingginya suhu operasi proses produksi, lamanya waktu pencampuran atau kecepatan pencampuran alkohol. Untuk mempercepat reaksi ini juga diperlukan bantuan katalisator (Risnoyatiningasih, 2010). Pemilihan katalis yang tepat juga akan mempengaruhi kualitas biodiesel yang dihasilkan.

Proses pembuatan biodiesel sering menggunakan katalis homogen NaOH atau KOH, penggunaan katalis tersebut memiliki kelemahan terbentuknya produk samping berupa sabun (Ogbu dan Ajiwe, 2013) selain itu, rumitnya pemisahan produk biodiesel yang dihasilkan dengan katalis homogen, serta adanya limbah alkali yang memerlukan proses lanjutan yang cukup kompleks serta membutuhkan energi yang cukup tinggi dan pada akhirnya menaikkan ongkos produksi (Julianti dkk, 2014). Maka dari itu, mulai dikembangkan penggunaan katalis heterogen untuk menggantikan penggunaan katalis homogen (Puspitaningati dkk, 2013). Kelebihan penggunaan katalis heterogen antara lain proses pemisahan produk biodiesel dengan katalis cukup mudah, katalis dapat diregenerasi dan digunakan kembali. Sehingga biaya produksi biodiesel menjadi lebih ekonomis (Julianti dkk, 2014). Salah satu katalis heterogen yang dapat digunakan dalam produksi biodiesel adalah CaO. CaO merupakan

material yang tersedia melimpah di Indonesia dan dapat dimanfaatkan sebagai katalis untuk transesterifikasi. Selain itu harganya murah dan memiliki kelarutan yang rendah dalam metanol. CaO juga merupakan katalis dalam bentuk padat sehingga akan mudah dipisahkan saat proses pencucian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik biodiesel sesuai standar SNI 04-7182-2015, pengaruh rasio perbandingan mol minyak jelantah yang digunakan untuk proses transesterifikasi, dan pengaruh jumlah katalis CaO yang digunakan.

1. Metode Penelitian

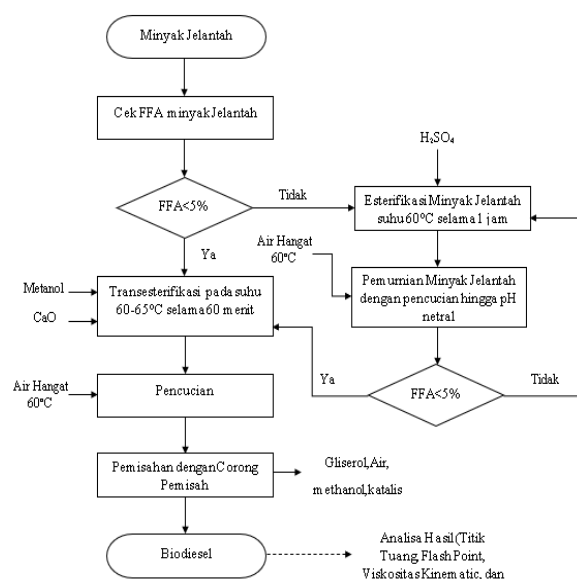
2.1. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: minyak jelantah yang diperoleh dari Pabrik Kerupuk Harapan di Banguntapan, Bantul, Yogyakarta, serta CaO, metanol, indikator PP, akuades, H₂SO₄, dan NaOH diperoleh dari toko bahan kimia.

2.2. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah labu leher tiga, *hot plate magnetic stirrer*, termometer, buret, corong pemisah, kertas saring, piknometer, erlenmeyer, gelas ukur, piper tetes, dan pipet volume.

2.3. Prosedur Penelitian



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah

2.3.1. Persiapan Bahan Baku Minyak Jelantah

Minyak jelantah disaring untuk menghilangkan kotoran sisa-sisa penggorengan. Selanjutnya dilakukan *degumming* yang bertujuan untuk memisahkan minyak dari zat pengotor berupa gum, protein fosfolipid, dan lain-lain yang berasal dari penggorengan makanan. Minyak jelantah dipanaskan pada suhu 90°C, ditambahkan asam fosfat 0,5% dari berat minyak dengan terus diaduk menggunakan

magnetic stirrer selama 30 menit. Hasil minyak tersebut dimasukkan ke dalam corong pemisah, didiamkan selama 24 jam dan dipisahkan, serta dilakukan pengecekan kandungan FFA.

Dalam analisis FFA, 1 gram sampel minyak jelantah dimasukkan ke erlenmeyer, ditambahkan 10 ml, etanol 96%. Dipanaskan hingga mendidih. Setelah sampel dingin, ditambahkan 3 tetes indikator PP dan dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N hingga berwarna merah muda tercapai dan tidak hilang selama 30 detik.

Hasil FFA > 5% dilakukan proses esterifikasi dan dilanjutkan dengan proses pemurnian minyak jelantah dengan pencucian menggunakan air hangat 60°C hingga pH netral. Kemudian apabila dihasilkan FFA < 5% dilanjutkan proses transesterifikasi.

2.3.2. Esterifikasi Minyak Jelantah

Minyak jelantah dipanaskan hingga suhu 50°C pada labu leher tiga. Kemudian ditambahkan H₂SO₄ 98% sebanyak 0.5% b/b dari berat minyak jelantah dan metanol sebanyak 10% volume minyak jelantah. Kemudian reaksi dijaga agar suhu tetap 65°C selama 60 menit dengan pengadukan. Setelah selesai, kemudian didiamkan dalam corong pemisah hingga terbentuk dua lapisan.

2.3.3. Transesterifikasi Minyak Jelantah

CaO 3 % terhadap berat minyak dicampur dengan metanol. Kemudian ditambahkan minyak yang sudah ditimbang sesuai perbandingan mol yaitu mol minyak jelantah : mol metanol adalah 1:12, 1:16, 1:20, 1:24 dan 1:28 dan direfluks selama 60 menit pada suhu 60-65°C. kemudian dilakukan transesterifikasi kedua dengan variasi berat CaO 1%, 2%, 3%, 4%, 5% terhadap berat minyak.

2.3.4. Proses Pemisahan dan Penyaringan

Pencucian dilakukan dengan cara ditambahkan air hangat dengan suhu 60°C. Setelah itu didiamkan sampai diperoleh lapisan biodiesel dengan pengotor. Lapisan atas diambil dan dilanjutkan dengan dekantasi untuk memastikan pemisahan metanol dan air hingga didapatkan biodiesel berwarna kuning kemasam.

2.3.5. Uji Karakteristik Biodiesel

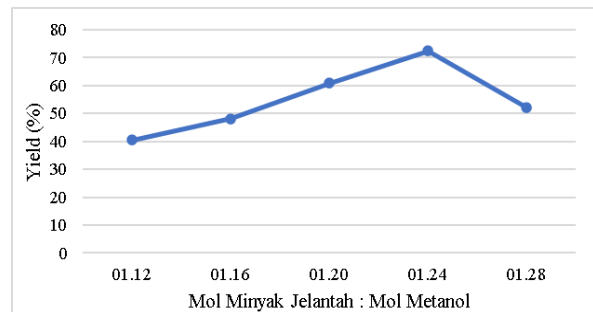
Uji karakteristik meliputi viskositas kinematik (ASTM D-445), densitas (ASTM D-1298), titik tuang (ASTM D-97), dan titik nyala (ASTM D-93) yang diujikan pada PT. Pertamina Lubricant Cilacap.

2. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengaruh Perbandingan Molar Minyak Jelantah : Metanol

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi kesetimbangan. Penggunaan mol metanol yang lebih besar dapat menggeser kesetimbangan ke arah produk sehingga meningkatkan hasil biodiesel. Pemakaian mol metanol yang terlalu besar menyebabkan peningkatan kelarutan gliserol di dalam metanol yang digunakan,

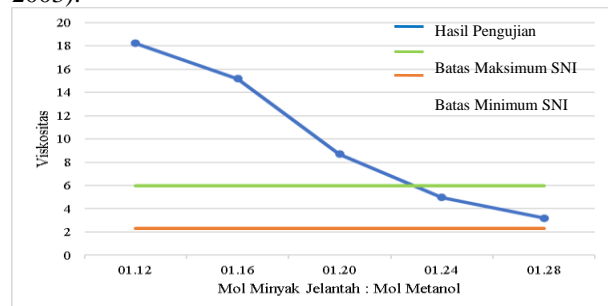
sehingga pemisahan gliserol menjadi sulit. Oleh karena itu, hasil biodiesel yang dihasilkan akan menurun. Dari gambar 2 dapat diketahui bahwa variasi perbandingan mol minyak jelantah dan metanol yang optimum adalah 1:24 sebesar 72,3277%.



Gambar 2. Pengaruh rasio mol minyak dan metanol terhadap hasil biodiesel

3.1.1. Viskositas

Berdasarkan gambar 3 didapatkan bahwa hasil pengujian nilai viskositas kinematik pada rasio perbandingan mol minyak jelantah dengan mol metanol 1:12, 1:16, 1:20, 1:24, 1:28 secara berurutan yaitu 18,4769; 15,1883; 8,695; 4,9806 dan 3,2014 cSt. Viskositas merupakan suatu angka yang menyatakan besarnya hambatan dari suatu bahan cair untuk mengalir atau ukuran dari besarnya tahanan geser dari cairan. Makin tinggi viskositasnya, makin kental dan semakin sukar mengalir (Wardan S dan Zainal A, 2003).

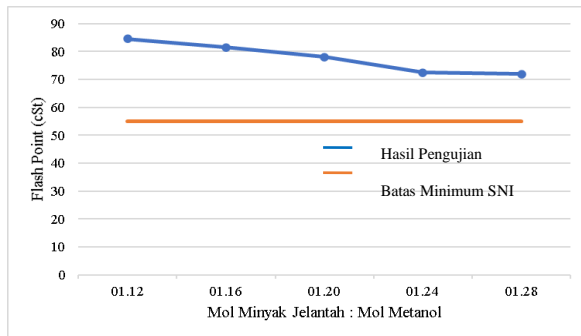


Gambar 3. Pengaruh rasio mol minyak dan metanol terhadap Viskositas

Bila variasi rasio perbandingan mol minyak dengan metanol rendah maka nilai viskositas kinematik biodiesel tinggi. Hal ini dikarenakan metanol dapat melarutkan minyak sehingga dengan kelarutannya menurunkan kekentalan minyak dan mengaktifkan ikatan karbon dalam minyak yang menyebabkan turunnya titik didih biodiesel pada proses transesterifikasi yang mengakibatkan viskositasnya tinggi. Didapatkan bahwa sampel yang memenuhi persyaratan biodiesel sesuai dengan standar baku mutu SNI 7182:2015 adalah biodiesel dengan perbandingan mol 1:24 dan 1:28.

3.1.2. Flash Point

Berdasarkan Gambar 4, didapatkan biodiesel dengan perbandingan mol minyak jelantah dengan mol metanol 1:12, 1:16, 1:20, 1:24, 1:28 masing-masing mempunyai titik nyala sebesar 84,5; 81,5; 78,5; 72,5 dan 71,5°C. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin tinggi rasio mol metanol terhadap minyak jelantah maka membuat nilai *flash point* semakin rendah hal itu terjadi karena adanya kandungan metanol yang semakin banyak sehingga membuat titik nyala semakin rendah. Menurut Setiawati (2012) titik nyala atau *flash point* mengindikasikan tinggi rendahnya volatilitas dan kemampuan untuk terbakar dari suatu bahan bakar.



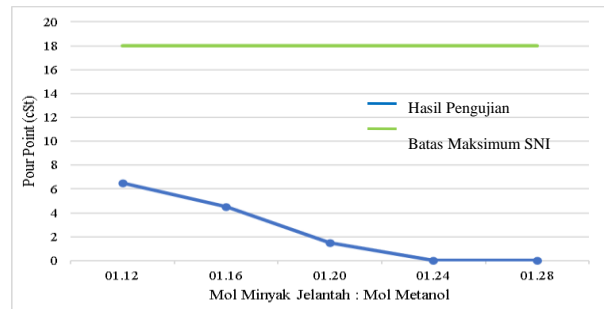
Gambar 4. Pengaruh rasio mol minyak dan metanol terhadap *Flash Point*

Volatilitas adalah kecenderungan suatu bahan untuk menguap (Lestari, 2010). Didapatkan bahwa seluruh sampel yang telah diuji sesuai dengan standar baku mutu SNI 7182:2015 dimana titik nyala minimal yaitu 55°C. Hal ini menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak jelantah pada penelitian ini memiliki kualitas yang bagus karena memiliki titik nyala yang tinggi.

3.1.3. *Pour Point*

Berdasarkan Gambar 5, didapatkan biodiesel dengan perbandingan mol minyak jelantah dengan mol metanol 1:12, 1:16, 1:20, 1:24, 1:28 masing-masing mempunyai titik tuang sebesar 6,5; 4,5; 1,5; 0 dan 0 °C. Semakin besar perbandingan rasio mol minyak dengan metanol, nilai *pour point*nya akan semakin rendah tetapi hal itu tidak terlalu berpengaruh karena selisih tiap perbandingan cukup kecil.

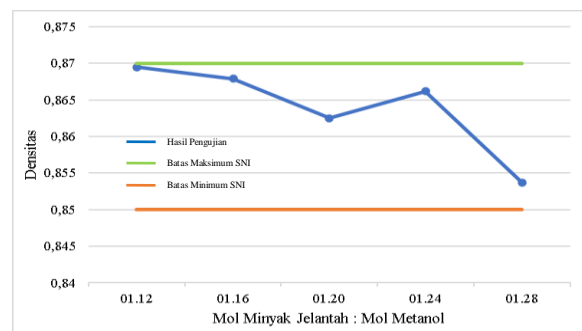
Bahan bakar akan semakin baik apabila mempunyai titik tuang yang rendah, hal tersebut bisa terjadi karena titik tuang merupakan titik dimana suatu bahan bakar akan mengalir setelah mengalami pembekuan, dengan titik tuang yang semakin rendah maka akan berguna pada keadaan bahan bakar digunakan untuk lingkungan yang dingin atau kondisi yang dingin karena bahan bakar dapat mengalir dari tangki bahan bakar ke ruang bakar. Didapatkan titik tuang untuk seluruh sampel sesuai standar baku mutu SNI 7182:2015.



Gambar 5. Pengaruh rasio mol minyak dan metanol terhadap *Pour Point*

3.1.4. Densitas

Berdasarkan gambar 6, didapatkan biodiesel dengan perbandingan mol minyak jelantah dengan mol metanol 1:12, 1:16, 1:20, 1:24, 1:28 masing-masing mempunyai densitas sebesar 0,8695; 0,8679; 0,8625; 0,8662 dan 0,8537 g/ml. Rasio minyak dengan metanol tidak berpengaruh dengan nilai densitas biodiesel.



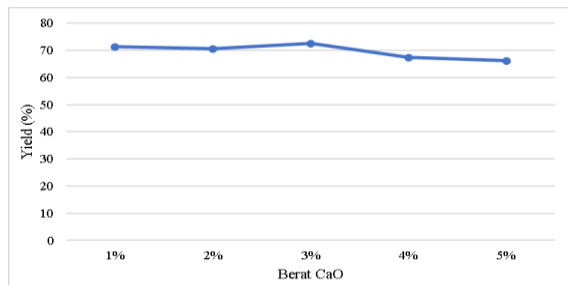
Gambar 6. Pengaruh rasio mol minyak dan metanol terhadap Densitas

Penggunaan rasio mol metanol menyebabkan terjadinya peningkatan konversi akibat meningkatnya laju reaksi dan bergesernya kesetimbangan reaksi, dengan semakin meningkatnya tingkat konversi trigliserida menjadi metil ester maka densitas biodiesel akan semakin menurun karena massa jenis metil ester lebih rendah dari pada massa jenis trigliserida. Jika nilai densitas biodiesel sesuai dengan standar mutu (SNI) maka penggunaannya dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna, sedangkan biodiesel dengan densitas yang melebihi standar SNI akan menyebabkan reaksi pembakaran yang tidak sempurna sehingga dapat meningkatkan emisi dan keausan mesin. Densitas seluruh sample yang di uji telah memenuhi standar baku mutu SNI 7182:2015 yaitu 0,85 - 0,87 g/ml.

3.2. Pengaruh Berat Katalis CaO

Perlakuan variasi berat katalis ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh katalis basa heterogen (CaO) terhadap hasil biodiesel dengan kondisi reaksi temperatur reaksi 60°C, dengan waktu reaksi selama 1

jam dan menggunakan perbandingan mol minyak jelantah dan metanol optimum yang sebelumnya didapat pada percobaan variasi perbandingan mol sebesar 1:24.

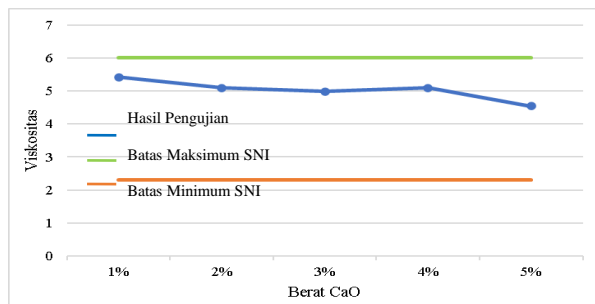


Gambar 7. Pengaruh Berat CaO terhadap hasil biodiesel

Gambar 7 memperlihatkan bahwa berat katalis CaO optimum yaitu 3 % b/b, menghasilkan biodiesel sebesar 72,49%. Penambahan katalis menyebabkan perolehan biodiesel semakin meningkat tetapi setelah penambahan 3% b/b terjadi penurunan hasil biodiesel. Hal ini karena semakin banyak penambahan katalis maka reaksi cenderung kembali seperti semula karena reaksi ini merupakan reaksi *reversible*.

3.2.1. Viskositas

Berdasarkan gambar 8, didapatkan biodiesel dengan berat CaO 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% b/b masing-masing mempunyai viskositas sebesar 5.4225; 5.091275; 4.98065; 5.0906875; 4.545975 cSt. Semakin tinggi konsentrasi katalis, viskositasnya cenderung menurun karena semakin banyak persen katalis yang diberikan akan semakin cepat pula terpecahnya trigliserida menjadi tiga ester asam lemak yang akan menurunkan viskositas.

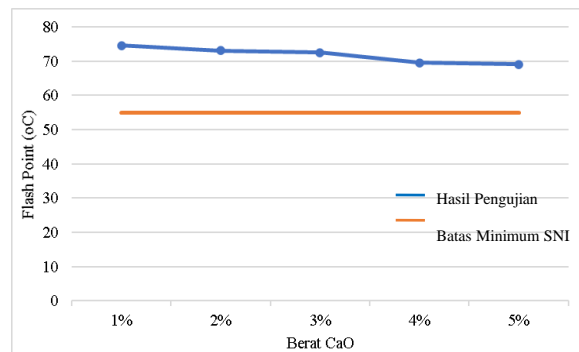


Gambar 8. Pengaruh Berat CaO terhadap Viskositas

Viskositas yang terlalu tinggi akan menyebabkan bahan bakar teratomisasi menjadi tetesan yang lebih besar sehingga akan mengakibatkan deposit pada mesin. Tetapi apabila viskositas terlalu rendah akan memproduksi spray yang terlalu halus sehingga terbentuk daerah rich zone yang mengakibatkan terbentuknya jelaga (Prihandana, 2006). Didapatkan bahwa viskositas sampel hasil uji yang sesuai dengan standar baku mutu SNI 7182:2015 adalah sample dengan berat CaO 4% dan 5% b/b yaitu 2,3 – 6,0 cSt.

3.2.2. Flash Point

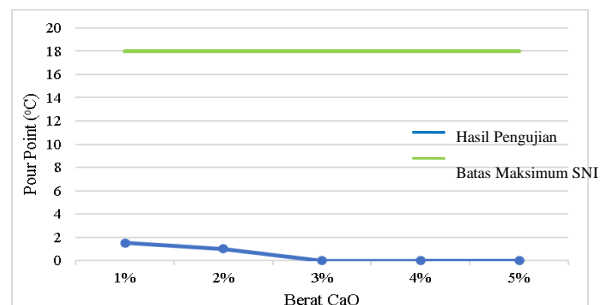
Berdasarkan gambar 9, didapatkan biodiesel dengan berat CaO 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% b/b masing-masing mempunyai titik nyala sebesar 74,5; 73; 72,5; 69,5 dan 69 °C. Menurut Prihandana dkk (2006) menyatakan bahwa semakin besar katalis yang diberikan maka titik nyalanya cenderung semakin kecil sehingga biodiesel lebih mudah terbakar dan perambatan api lebih kecil. Penentuan titik nyala dilakukan untuk mengetahui daya tahan biodiesel terhadap pemanasan. Didapatkan bahwa seluruh titik nyala sampel hasil uji telah sesuai dengan standar baku mutu SNI 7182:2015.



Gambar 9. Pengaruh Berat CaO terhadap Flash Point

3.2.3. Pour Point

Berdasarkan gambar 10, didapatkan biodiesel dengan berat CaO 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% b/b masing-masing mempunyai titik tuang sebesar 1,5; 1; -1,5; -3,5 dan -5,5 °C. Dari data yang diperoleh, dapat diketahui bahwa biodiesel dari minyak jelantah dari penelitian ini memiliki kualitas karakteristik *pour point* yang bagus karena titik tuangnya lebih kecil dari standar biodiesel SNI-04-7182-2006, jadi biodiesel dari minyak jelantah dari penelitian ini dapat digunakan untuk daerah yang bersuhu rendah atau dingin seperti di Eropa dan tetap aman digunakan di daerah tropis.

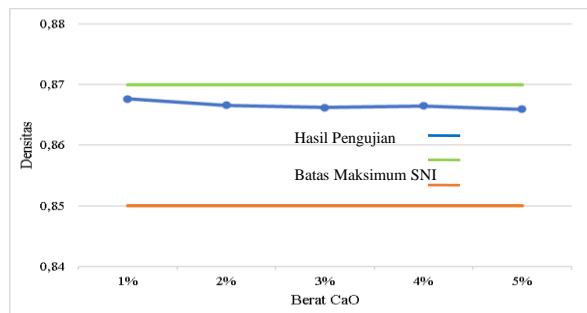


Gambar 10. Pengaruh Berat CaO terhadap Pour Point

3.2.4. Densitas

Berdasarkan gambar 11, didapatkan biodiesel dengan berat CaO 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% b/b masing-

masing mempunyai densitas sebesar 0,8676; 0,8666; 0,8662; 0,8665 dan 0,8659 g/ml. Penggunaan variasi CaO tidak terlalu berpengaruh terhadap densitas biodiesel. Jenis katalis dan konsentrasi berlebih menyebabkan terjadinya reaksi penyabunan yang mengakibatkan nilai massa jenis bervariasi. Menurut Peterson (2001) dalam Kusumaningsih (2006) penggunaan katalis basa yang berlebih akan menyebabkan reaksi penyabunan, sehingga bisa menjadi penyebab adanya zat pengotor seperti gliserol hasil reaksi penyabunan.



Gambar 11. Pengaruh Berat CaO terhadap Densitas

Berdasarkan hasil uji densitas, seluruh sample telah sesuai dengan standar baku mutu SNI 7182:2015 yaitu 0,85 – 0,87 g/ml.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil analisa variasi pengaruh rasio perbandingan mol minyak jelantah dengan metanol yang paling optimum pada perbandingan 1:24 dan dari hasil optimum tersebut dilanjutkan dengan analisa variasi berat katalis heterogen berupa CaO. Dari variasi pengaruh berat katalis yang paling optimum adalah pada perbandingan mol minyak jelantah dengan metanol 1:24 dan berat katalis CaO sebesar 3% b/b minyak jelantah yang memiliki nilai yield yang paling tinggi yaitu 72,49%. Dengan hasil analisa yang sudah sesuai standar baku mutu SNI 7182:2015 yaitu sebagai berikut:

- Viskositas = 4,9806 cSt;
- Nilai *flash point* = 72,5 °C;
- Nilai *pour point* = 0 °C;
- Nilai densitasnya = 0,8662 g/ml.
- Nilai kalor = 8837,302 kal/gram

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa rasio perbandingan mol minyak jelantah dengan metanol sangat berpengaruh terhadap sifat fisik biodiesel seperti pada viskositas kinematik, *flash point*, dan *pour point*. Tetapi pada variasi berat CaO tidak terlalu berpengaruh terhadap sifat fisik biodiesel hal itu dilihat dari beberapa analisa yang memiliki selisih perbedaan yang cukup kecil.

Daftar Pustaka

Andrea, L., 2020, Kebijakan B30 Produksi Biodiesel Ditargetkan Capai 10 Juta KL,

<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2020/02/06/kebijakan-b30-produksi-biodiesel-ditargetkan-capai-10-juta-kl> (25 Januari 2021).

GIMNI (Gabungan Industri Minyak Nabati Indonesia), 2018, Prediksi Produksi Minyak Goreng Tahun ini Mencapai 29 Juta Ton, <https://gimni.org/gimni-prediksi-produksi-minyak-goreng-tahun-ini-capai-29-juta-ton/> (11 Januari 2021).

Julianti, N. K., Wardani, T. K., Gunardi, I., & Roesyad, A., 2014. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit RBD dengan Menggunakan Katalis Berpromotor Ganda Berpenyangga γ -Alumina (CaO/MgO/ γ -Al₂O₃) dalam Reaktor Fluidized Bed. *Jurnal Teknik ITS* Vol.3 No.2: B143-B148.

Kusumaningsih, T. & Pranoto, S. R., 2006, Pembuatan Bahan Bakar Biodiesel dari Minyak Jarak: Pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH pada Reaksi Transesterifikasi Berbasis Katalis Basa. *Jurnal Bioteknologi UNS* Vol.3 No.1: 20-26.

Lestari, E., 2010, Presentase Produk Etanol dari Distilasi Etanol-Air dengan Distribute Control System (DCS) pada Berbagai Konsentrasi Umpan. Skripsi Program Diploma, Fakultas Teknik, Semarang: Universitas Diponegoro.

Ogbu, I.M. & Ajiwe, V.I.E., 2013, Biodiesel Production via Esterification of Free Fatty Acids from Cucurbita pepo L. Seed Oil: Kinetic Studies. *International Journal of Science and Technology* Vol.2 No.8: 616–621.

Prihandana, R., R. Hendroko & M. Nuramin., 2006, *Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. PT. Agromedia Pustaka: Jakarta.

Puspitaningati, S. R., R. Permatasari, & I. Gunardi, 2013, Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit dengan Menggunakan Katalis Berpromotor Ganda Berpenyangga γ -Alumina (CaO/KI/ γ -Al₂O₃) dalam Reaktor Fluidized Bed. *Jurnal Teknik Pomits* Vol.2 No.2:193-197.

Risnoyatiningsih, S., 2010, Biodiesel From Avocado Seeds By Transesterification Process. *Jurnal Teknik Kimia* Vol.5. No.1.

Setiawati, E. & Fatmir, E., 2012, Teknologi Pengolahan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel. Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru. *Jurnal Riset Industri* Vol.6 No.2: 1-11.

Sinaga, S. V., 2014, Pengaruh Suhu Dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* Vol.3 No.1: 27- 34.

Wardan S. & Zainal A., 2003, Bahan Bakar dan Pelumas. Fakultas Teknik, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.