Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia (JPTI)
Vol. 1, No. 11, November 2021, Hal. 453-459
DOI: https://doi.org/10.52436/1.jpti.115
p-ISSN: 2775-4227
e-ISSN: 2775-4219

Pembuatan Metil Ester dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis CaO/Abu Terbang Batubara

Toni Okta Fiyansah*[1], Fadarina[2], Robert Junaidi[3], Mustain Zamhari[4]

[1,2,3,4]Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia,
Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia
Email: [1]tonioktafiyansah1555@gmail.com, [2]fadarinahc@yahoo.co.id, [3]robert.junaidi@polsri.ac.id, [4]mustain_z@polsri.ac.id

Abstrak

Limbah merupakan hasil sisa produksi dari pabrik maupun rumah tangga yang sudah tidak dimanfaatkan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Diantara beberapa limbah yang banyak terdapat di wilayah Sumatra Selatan adalah limbah minyak goreng bekas dari industri rumah tangga, limbah tulang ikan gabus dari industri pempek, dan abu terbang batubara dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Berdasarkan permasalahan tersebut maka di perlukan pemanfaatan limbah menjadi produk yang bernilai. Salah satu solusinya adalah dengan membuat metil ester dengan katalis. Penelitian menggunakan katalis CaO dengan support Abu terbang batubara, untuk meningkatkan yield metil ester. Katalis di variasikan jumlahnya (3, 5, 7) gram, serta melakukan uji analisa rendemen berupa densitas, viskositas, kadar air, bilangan asam, dan bilangan penyabunan, yang diharapkan dapat mengoptimalkan rendemen yang dihasilkan. Upaya yang akan dilakukan yaitu dengan cara diaduk pada gelas beker menggunakan magnetic stirer dengan waktu reaksi 1jam yang dilakukan pengulangan empat kali. Kemudian di dekantasi dengan variasi waktu dekantasi (3,6,9, 12) jam, sehingga membentuk dua lapisan. Lapisan atas adalah metil ester dan sisa minyak sedangkan pada lapisan kedua ialah gliserol. Serta melakukan pencucian terhadap metil ester yang dihasilkan dengan aquades dengan variasi suhu pencucian (50, 60, 70)°C

Kata kunci: *CaO, Metil Ester, Minyak Jelantah.*

Making Methyl Esters from Used Cooking Oil Using CaO/Coal Fly Ash Catalyst

Abstract

Waste is the result of residual production from factories and households that are not utilized which can cause environmental pollution. Among several wastes that are widely found in the South Sumatra region are used cooking oil waste from the home industry, snakehead fish bone waste from the pempek industry, and coal fly ash from the Steam Power Plant (PLTU). Based on these problems, it is necessary to use waste as a valuable product. One solution is to make methyl esters with a catalyst. The study used a CaO catalyst with the support of coal fly ash, to increase the yield of methyl esters. The number of catalysts was varied (3, 5, 7) grams, and arrangement analysis tests were carried out in the form of density, viscosity, water content, acid number, and saponification number, which were expected to optimize the resulting yield. The effort to be made is by stirring in a beaker using a magnetic stirrer with a reaction time of 1 hour which is repeated four times. Then decanted with variations in decantation time (3,6,9, 12) hours, thus forming two layers. The top layer is methyl ester and the rest of the oil while the second layer is glycerol. As well as washing the methyl ester produced with distilled water with various washing temperatures (50, 60, 70)°C.

Keywords: *CaO, Cooking Oil, Methyl Ester.*

1. PENDAHULUAN

Limbah merupakan hasil sisa produksi dari pabrik maupun rumah tangga yang sudah tidak dimanfaatkan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Penumpukan limbah perlu dilakukan pengolahan secara maksimal agar limbah yang seharusnya tidak bermanfaat dapat menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat dan bernilai ekonomi tinggi jika diproses secara benar[1]. Diantara beberapa limbah yang banyak terdapat di wilayah Sumatra Selatan adalah limbah minyak goreng bekas dari industri rumah tangga, limbah tulang ikan gabus dari industri pempek, dan abu terbang batubara dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

p-ISSN: 2775-4227
e-ISSN: 2775-4219

Minyak jelantah merupakan limbah cair yang memiliki nilai ekonomi karena dapat digunakan sumber bahan bakar nabati yang dapat diolah menjadi metil ester, melalui reaksi transesterifikasi dengan metanol dan dibantu katalis. Menurut data Kemenperin, memperkirakan terdapat sekitar 10%-15% atau sebesar 400 ribu – 600 ribu ton minyak jelantah yang di perdagangkan di pasar Indonesia setiap tahunnya. Limbah tulang ikan gabus merupakan limbah hasil proses produksi industri makanan yang tersebar di kota Palembang. Berdasarkan penelitian Tulang ikan memiliki kandungan kalsium terbanyak dalam tubuh ikan[2]. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan oleh Muryati, Hariani & Said pada tahun 2019 diperoleh kadar kalsium dalam serbuk CaO tulang ikan gabus sebesar 39,836%[3].

Berdasarkan permasalahan tersebut maka di perlukan pemanfaatan limbah menjadi produk yang bernilai. Salah satu solusinya adalah dengan membuat metil ester dengan katalis. Metil ester merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono alkyl ester dari rantai panjang asam lemak. Metil ester merupakan bahan bakar alternatif yang diproduksi dengan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan alkohol rantai pendek dengan bantuan katalis yang bersifat asam atau basa[4]. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat metil ester dengan mengkonversi minyak jelantah menggunakan katalis CaO/Abu terbang batubara, menentukan pengaruh jumlah katalis dan waktu dekantasi dalam reaksi transesterifikasi untuk mengkonversi minyak jelantah menjadi Metil Ester, mengetahui angka optimum waktu dekantasi dan suhu pencucian dalam reaksi transesterifikasi untuk mendapatkan angka penyabunan yang optimum pada Metil Ester., menentukan kualitas produk metil ester dari minyak jelantah dengan pengujian mutu Metil ester sesuai dengan SNI 04-7182-2006

Beberapa penelitian telah berhasil menggunakan katalis CaO (Kalsium Oksida) dalam pembuatan Metil Ester. Pada penelitian akan digunakan CaO dengan support Abu terbang batubara, untuk meningkatkan yield metil ester katalis akan di variasikan jumlahnya (3, 5, 7) gram, serta melakukan uji analisa rendemen berupa densitas, viskositas, kadar air, bilangan asam, dan bilangan penyabunan, yang diharapkan dapat mengoptimalkan rendemen yang dihasilkan. Upaya yang akan dilakukan yaitu dengan cara diaduk pada gelas beaker menggunakan *magnetic stirer* dengan waktu reaksi 1jam yang dilakukan pengulangan empat kali (4 run). Kemudian di dekantasi dengan variasi waktu dekantasi (3,6,9, 12)jam , sehingga membentuk dua lapisan. Lapisan atas ialah metil ester dan sisa minyak sedangkan pada lapisan kedua ialah gliserol. Serta melakukan pencucian terhadap metil ester yang dihasilkan dengan aquades dengan variasi suhu pencucian (50, 60, 70)°C.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang. Penelitian ini dilakukan selama lebih kurang 5 bulan.

2.2. Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan yaitu: Oven, viskometer, hot plate, seperangkat alat reflux, corong gelas pknometer.

Bahan yang digunakan yaitu: Katalis CaO/ Abu terbang batubara, Aquadest (H_2O), Metanol (CH_3OH), Minyak Jelantah Kelapa Sawit, Indikator phenolpthalin (pp).

2.3. Prosedur penelitian

2.1.1. Proses Pembuatan Metil Ester dengan menggunakan Katalis.

Menyiapkan minyak jelantah dan metanol dengan rasio molar 1:12 dan dengan variasi jumlah katalis 3% b/b minyak. Memasukkan bahan ke dalam labu leher tiga dan direfluks pada temperature 60$^{\circ C}$ selama 2 jam. Campuran disentrifugasi sehingga terbentuk dua fase, dimana fase atas adalah metanol, biodiesol dan gliserol sedangkan fase bawah adalah katalis. Memisahkan katalis dengan sentrifugasi, serta memisahkan metanol dengan pemanasan pada suhu 70$^{\circ C}$ selama 1 jam. Memisahkan gliserol dengan cara dekantasi corong pisah diamkan selama 8-32 jam sehingga diperoleh dua fase yaitu fase atas adalah metil ester dan fase bawah gliserol dimana fase bawah dibuang. Mencuci metil ester dengan akuades pada suhu 50-70 $^{\circ C}$ untuk menghilangkan gliserol dan pengotor lainnya. Mengulangi prosedur kerja untuk variasi persen katalis 4 dan 5%b/b

2.1.2. Analisis Metil Ester

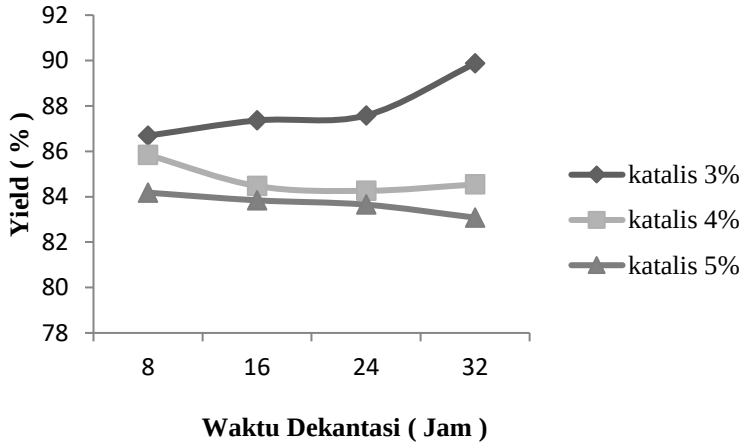
Analisis yang di lakukan antara lain : bilangan asam (SNI 04-7182-2006, Metode; A°CS Cd 3-63), Densitas (SNI 04-7182-2006, Metode; ASTM D 1298), viskositas (SNI 04-7182-2006, Metode; ASTM D 445), Titik Nyala (SNI 04-7182-2006, Metode; ASTM D 93), kadar air (SNI 04-7182-2006, Metode; ASTM D 2709), Bilangan Penyabunan (SNI 04-7182-2006)

p-ISSN: 2775-4227
e-ISSN: 2775-4219

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Jumlah Katalis dan Waktu Dekantasi Terhadap Yield Metil Ester

Pada penelitian ini, digunakan pelarut metanol sebagai pelarut dalam proses alkoholisis dengan minyak jelantah. Rasio perbandingan yang digunakan yaitu 1:12. Gambar 1 menunjukkan hubungan antara pengaruh persen katalis terhadap yield Metil Ester yang diperoleh:



Gambar 1. Grafik Pengaruh Waktu Dekantasi Terhadap Yield Metil Ester Dengan Variasi Jumlah Katalis

Gambar 1. menunjukkan hubungan antara jumlah katalis dan waktu dekantasi terhadap yield Metil Ester yang dihasilkan. Dalam hal ini, katalis berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi sehingga kecepatan reaksi menjadi lebih tinggi pada suatu kondisi tertentu. Semakin banyak katalis maka energi aktivasi suatu reaksi akan semakin kecil, akibatnya produk akan semakin cepat membentuk[5]. Penggunaan katalis 3% b/b minyak pada waktu dekantasi 8, 16, 24, dan 32 jam, rendemen masing-masing sebesar 86,69% , 87,36%, 87,58% dan 89,87%. Pada penggunaan katalis sebanyak 3% b/b minyak yaitu 3 gram, produk Metil Ester yang diperoleh cukup tinggi dan terjadi kenaikan rendemen Metil Ester dengan adanya kenaikan waktu dekantasi, hal ini dikarenakan semakin lama waktu dekantasi yang dilakukan, maka pemisahan antara metil ester dan zat pengotor (sisa katalis, sisa gliserol, dan ion logam sebagai sabun) mengendap dengan baik. Pada penggunaan katalis 4% rendemen yang dihasilkan terlihat stabil terhadap yield Metil Ester yang dihasilkan. Sedangkan pada penggunaan katalis 5% terjadi penurunan yield Metil Ester yang dihasilkan. Adanya penurunan tersebut mengindikasikan jumlah katalis yang digunakan telah berlebih. Kelebihan katalis dapat mengakibatkan berkurangnya hasil Metil Ester. Hal ini disebabkan karena pemakaian katalis yang berlebih dapat mengakibatkan terjadinya reaksi saponifikasi. Sabun mempunyai karakter yang unik, yaitu dapat mengikat minyak dan air. Pada proses pencucian metil ester akan terbentuk, sehingga metil ester sulit diperoleh. Hal tersebut secara langsung akan mengurangi banyaknya metil ester yang didapat karena sebagian besar terperangkap dalam emulsi[6]. Adanya sabun pada reaksi transesterifikasi akan menghambat pembentukan produk (metil ester) sehingga hasil yang didapat tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan [7].

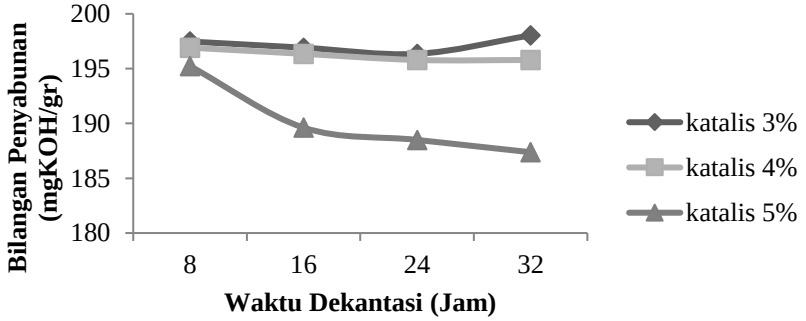
3.2. Pengaruh Waktu Dekantasi Terhadap Bilangan Penyabunan Metil Ester dengan Variasi Persen Katalis

Bilangan penyabunan merupakan jumlah basa yang diperlukan untuk menyabunkan 1 gram lemak atau minyak, yang dinyatakan sebagai miligram KOH. Berikut ini data hasil penelitian bilangan penyabunan pada Metil Ester yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

Terlihat pada Gambar 2 bahwa penggunaan katalis 3% menghasilkan angka penyabunan yang relatif besar dibandingkan dengan katalis 4% dan 5%. angka penyabunan yang dihasilkan semakin besar seiring dengan rendahnya jumlah katalis yang digunakan. Semakin besar angka penyabunan maka asam lemak akan semakin kecil dan kualitas minyak akan semakin bagus, sebaliknya jika angka penyabunan kecil, maka asam lemak besar dan kualitas menurun [9]. Pada penggunaan katalis 5% angka penyabunan yang dihasilkan terjadi penurunan. Hal ini dikarenakan penggunaan katalis basa yang berlebih dalam reaksi transesterifikasi akan menyebabkan terjadinya reaksi penyabunan pada pembuatan Metil Ester. Maka saat dilakukan penambahan KOH kembali pada analisa angka penyabunan menyebabkan KOH berlebih yang terdapat dalam Metil Ester semakin besar. Hal ini terjadi karena minyak (trigliserida) telah tersabunkan pada saat penggunaan konsentrasi katalis tinggi, sehingga

p-ISSN: 2775-4227
e-ISSN: 2775-4219

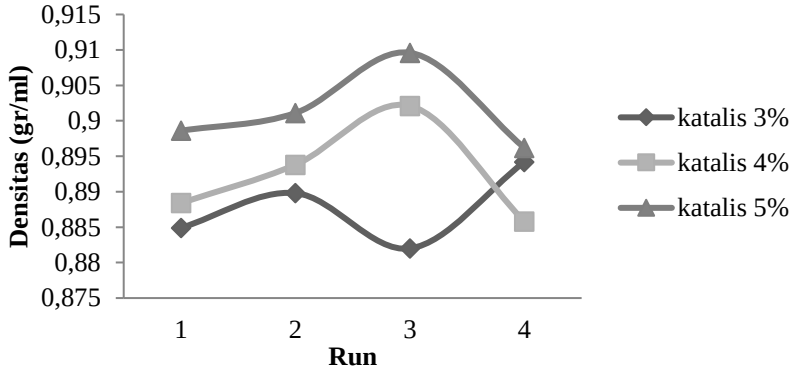
HCl yang dibutuhkan untuk mengetahui KOH berlebih juga semakin besar (angka penyabunan semakin kecil)[6].



Gambar 2. Grafik Pengaruh Waktu Dekantasi Terhadap Bilangan Penyabunan Metil Ester dengan Variasi Persen Katalis

3.3. Pengaruh Terhadap Densitas

Densitas merupakan suatu ukuran atau kemampatan suatu zat yang diukur dari perbandingan massa dan volume zat tersebut. Semakin besar molekul yang dimiliki suatu zat, maka densitas akan semakin besar[14]. Densitas Metil Ester dari hasil penelitian dapat di perhatikan pada Gambar 3 dibawah ini**:**



Gambar 3. Grafik Pengaruh Persen Katalis Terhadap Densitas Metil Ester

Pada Gambar 3, dapat diamati bahwa densitas Metil Ester masih masuk dalam maksimal angka SNI densitas Metil Ester. Nilai densitas suatu Metil Ester dapat dipengaruhi oleh proses pembuatan Metil Ester tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak persen katalis yang digunakan maka densitas yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini terlihat pada kurva 4% dan 5% katalis yang berada diatas kurva 3% katalis. Persen katalis yang digunakan menunjukkan banyaknya katalis yang akan kontak dengan reaktan, sehingga semakin besar persen katalis maka semakin banyak pula tumbukan yang terjadi, yang dalam hal ini akan mempengaruhi jumlah gliserol. Dimana gliserol memiliki densitas yang tinggi yaitu 1,26 gr/ml sehingga Sehingga jika gliserol tidak terpisah dengan baik dari Metil Ester, maka densitas Metil Ester akan meningkat [10].

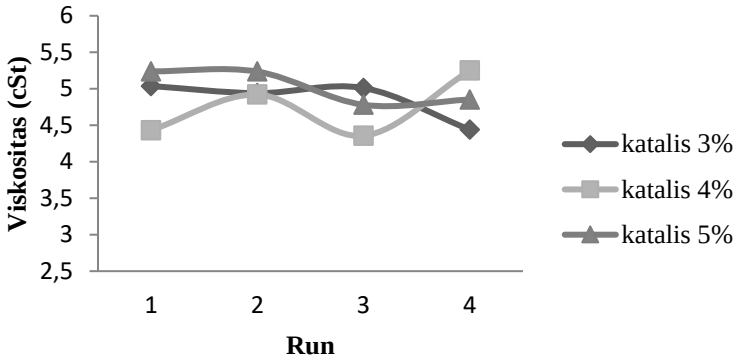
3.4. Pengaruh Terhadap Viskositas

Viskositas yang tinggi menunjukkan fluida tersebut masih lebih kental sehingga akan mengakibatkan kecepatan aliran akan lebih lambat sehingga proses derajat atomisasi bahan bakar akan terlambat pada ruang bakar. Untuk mengatasi hal ini perlu dilakukan proses kimia yaitu transesterifikasi untuk menurunkan nilai viskositas minyak nabati itu sampai mendekati viskositas Metil Ester. Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada Gambar 4, dibawah menunjukkan nilai viskositas dari Metil Ester yang dihasilkan. Dimana, untuk semua sampel nilai viskositas yang dihasilkan memenuhi standar SNI 01-7182-2006 yaitu 2,3-6,0 cSt. Viskositas berkaitan dengan komposisi asam lemak dan tingkat kemurnian Metil Ester. Proses transesterifikasi pada

p-ISSN: 2775-4227
e-ISSN: 2775-4219

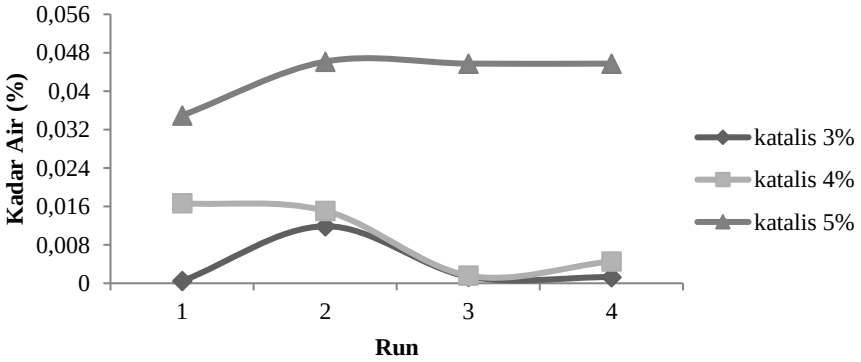
pembuatan Metil Ester menyebabkan turunnya nilai viskositas trigliserida yang digunakan. Hal ini dikarenakan berkurangnya berat molekul trigliserida yang dikonversi menjadi metil ester[4]. Viskositas berpengaruh secara langsung terhadap kemampuan bahan bakar tersebut bercampur dengan udara, sehingga menyebabkan pembakaran tidak sempurna[11]. Viskositas yang terlalu rendah dapat menyebabkan keb°Coran pompa injeksi bahan bakar, namun jika terlalu tinggi menyebabkan injeksi bahan bakar terlalu cepat dan menyulitkan proses pengabutan bahan bakar[12].



Gambar 4. Grafik Pengaruh Persen Katalis Terhadap Viskositas Metil Ester

3.5. Pengaruh Terhadap Kadar Air

Kadar air dalam Metil Ester dapat mempengaruhi kualitas Metil Ester. Metil Ester yang berkualitas tinggi memiliki kadar air yang rendah. Menurut SNI 04-7182-2006, batas maksimal kadar air dalam Metil Ester adalah 0,05%. Kadar air dalam bahan bakar dapat membentuk sedimen yang akan mengakibatkan korosi, sehingga bahan bakar yang baik adalah yang bebas dari kandungan kadar air. Berikut ini data hasil pengamatan penelitian kadar air pada Metil Ester yang ditunjukkan pada Gambar 5 dibawah ini :



Gambar 5. Grafik Pengaruh Persen Katalis Terhadap Kadar Air Metil Ester

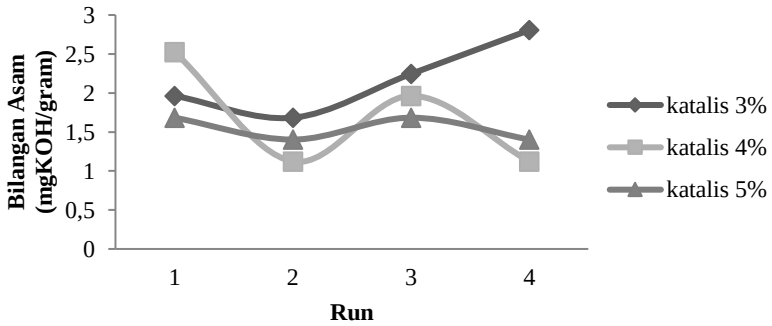
Pada Gambar 5 terlihat bahwa semua sampel Metil Ester memiliki kadar air yang rendah. Perbedaan kadar air yang berbeda dikarenakan tidak terjadinya penguapan yang maksimal. Grafik menunjukkan bahwa kadar air Metil Ester dengan penggunaan jumlah katalis 5 % adalah yang paling tinggi. Hal ini disebabkan karena penguapan yang kurang maksimal sehingga perlu dilakukan pemanasan kembali agar kadar air yang masih terkandung dalam Metil Ester dapat teruapkan. Jumlah katalis yang berlebihan menyebabkan reaksi penyabunan yang sangat reaktif terhadap air sehingga saat pencucian Metil Ester dengan jumlah katalis 5% bereaksi dengan air. Sejalan dengan itu, keberadaan air yang berlebih pada reaksi transesterifikasi menyebabkan terjadinya reaksi hidrolisis terhadap trigliserida yang diikuti terjadinya reaksi penyabunan[5].

3.6. Pengaruh Terhadap Bilangan Asam

Bilangan asam menunjukkan banyaknya asam lemak bebas yang terkandung dalam Metil Ester. Ini ditunjukkan dalam mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralisasi 1 gr asam lemak metil ester. Menurut SNI 04-7182-2006, angka asam Metil Ester maksimal adalah 0,8 mgKOH/gram. Bilangan asam yang lebih besar dari 0,8

p-ISSN: 2775-4227
e-ISSN: 2775-4219

mgKOH/gram akan menyebabkan terbentuknya abu saat pembakaran, deposit bahan bakar dan mengurangi unsur pompa bahan bakar dan filternya[5]. Berikut angka asam Metil Ester dari hasil penelitian pada Gambar 6.

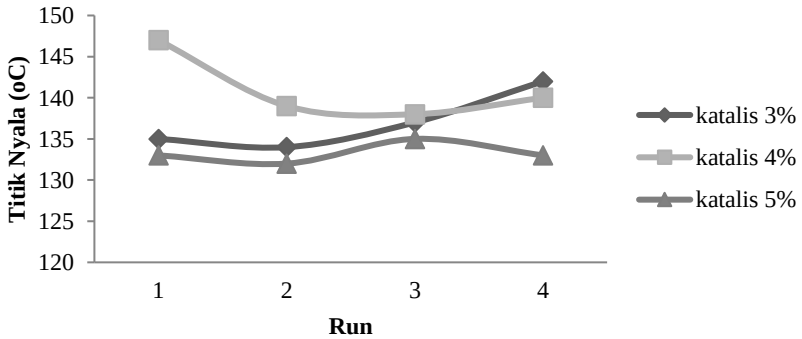


Gambar 6. Grafik Pengaruh Persen Katalis Terhadap Bilangan Asam Metil Ester

Angka asam berhubungan dengan pH dari masing-masing produk Metil Ester. Semakin besar pH terutama berkisar antara 6 hingga 7, yaitu menuju netral maka semakin kecil angka asam serta semakin baik metil ester yang dihasilkan[8]. Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa angka asam pada Metil Ester yang dihasilkan masih terlalu tinggi. Tingginya bilangan asam ini artinya setara dengan tinggi pula kadar asam lemak bebasnya. Hal ini diduga karena katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi tidak bereaksi dengan optimal. Angka asam yang tinggi juga dapat bersifat korosif pada mesin jika digunakan. Oleh karena itu, semakin rendah angka asam maka kualitas Metil Ester semakin bagus[12].

3.7. Pengaruh Terhadap Titik Nyala

Titik nyala adalah titik temperature terendah dimana bahan bakar dapat menyala ketika berekasi dengan udara. Titik nyala yang terlampau tinggi dapat menyebabkan keterlambatan penyalaan sementara apabila titik nyala terlampau rendah akan menyebabkan timbulnya denotasi yaitu ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ruang bakar. Berikut hasil pengamatan titik nyala Metil Ester yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Pengaruh Persen Katalis Terhadap Titik Nyala Metil Ester

Titik nyala Metil Ester yang memenuhi SNI 04-7182-2006, adalah min.100°C. Titik nyala diukur dengan metode wadah terbuka, titik nyala ditentukan saat suhu terendah dicapai untuk nyala api menyala. Terlihat pada Gambar 7 bahwa pada katalis 5 % angka titik nyala yang dihasilkan cenderung lebih kecil dibandingkan dengan katalis 3% dan 4% yang dimana variasi persen katalis berpengaruh terhadap titik nyala Metil Ester. Hal ini serupa dengan dengan pendapat prihandana 2006 yang menyatakan bahwa semakin besar katalis yang diberikan maka titik nyalanya cenderung kecil sehingga Metil Ester lebih mudah terbakar dan perambatan api lebih cepat [13]. Semakin tinggi titik nyala dari suatu bahan bakar semakin aman penanganan dan penyimpananya namun membutuhkan energi yang besar untuk menyalakannya.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu, katalis CaO berbasis tulang ikan gabus yang diimpegnasi pada abu terbang batubara berbasis karbon aktif dari tempurung kelapa yang di impregnasi NaOH

p-ISSN: 2775-4227
e-ISSN: 2775-4219

dapat digunakan dalam mengkonversi minyak jelantah menjadi Metil Ester. Metil Ester optimum yang dihasilkan adalah 89,87 % dengan konsentrasi katalis 3% dan waktu dekantasi selama 32 jam. Waktu dekantasi juga mempengaruhi reaksi transesterifikasi terhadap angka penyabunan. Angka penyabunan optimum yang dihasilkan adalah 198,033 mg KOH/gr Metil Ester dengan waktu dekantasi selama 32 jam dan suhu pencucian 50°C. Mutu Metil Ester yang dihasilkan berdasarkan SNI 04-7182-2006 seluruhnya telah memenuhi standar kecuali pada bilangan asam.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Ramadhani, "Perbandingan Efektivitas Tepung Biji Kelor (Moringa Oliefera lamk), Poly Aluminium Chloride (PAC), dan Tawas sebagai Koagulan untuk Air Jernih," *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, Vol. 1, No. 3, pp. 186-193, 2013.

[2] M. R. A. Putra, R. Nopianti, and Herpandi, "Fortifikasi Tepung Tulang Ikan Gabus (Channa striata) pada Kerupuk sebagai Sumber Kalsium," *FishtecH-Jurnal Teknologi Hasil Perikana*n, vol. 4, no. 2, pp. 128-139, 2015.

[3] Muryati, P. L. Hariani, and M. Said, "Preparation and Characterization Nanoparticle Calcium Oxide from Snakehead Fish Bone using Ball Milling Method," *Indonesia Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, Vol. 4, No. 3, pp. 111-115, 2019.

[4] H. Santoso, I. Kristanti, and A. Setyadi, "Pembuatan Metil Ester Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Kulit," Universitas Katolik Prahayangan, Bandung, 2013.

[5] W. Andalia, and I, Pratiwi, " Kinerja Katalis NaOH Dan KOH Ditinjau Dari Kualitas Produk Metil Ester Yang Dihasilkan Dari Minyak Goreng Bekas," *Jurnal Tekno Global*, Vol 7 No 2, 2018.

[6] G. N. Oktaningrum, "Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH Dan Suhu Pada Proses Transesterifikasi Insitu Bungkul Wijen (Sesame Cake) Terhadap Produksi Metil Ester," Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2010.

[7] G. Prasiwanto, dan A. Yudi, "Pembuatan Metil Ester Secara Simultan Dari Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Continous Microwave Metil Ester Reactor" *Seminar Nasional Cendekiawan*, 2017.

[8] Faizal., M. U. Maftuchah, dan W. A. Auriyani, "Pengaruh Kadar Metanol, Jumlah Katalis, Dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Metil Ester Dari Lemak Sapi Melalui Proses Transeterifikasi," *Jurnal Teknik Kimia*, vol.19, no. 4, 2013.

[9] H. Wijayanti, H. Nora dan R. Amelia, "Pemanfaatan Arang Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu Ulin Untuk Menigkatkan Kualitas Minyak Goreng Bekas," Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, 2012.

[10] R. P. Putra, "Pembuatan Metil Ester Secara Batch Dengan Memanfaatkan Gelombang Mikro," *Jurnal Teknis Its*, vol. 1, no.1, pp. 34-37, 2012

[11] S. H. Rezeika, "Sintesis Metil Ester Dari Minyak Jelantah Dengan Katalis NaOH Dengan Variasi Waktu Reaksi Transesterifikasi Dan Uji Peformanya Pada Mesin Diesel," Institut Teknologi Surabaya, 2017

[12] F. Hadiah, O. Alfernando, dan Y. Sumbarin, "Pengaruh Junlah Katalis Dan Temperature Terhadap Kuantitas Dan Kualitas Metil Ester Dari Biji Jarak Pagar Dengan Metode Ester-Transesterifikasi Insitu," J*urnal Teknik Kimia*, vol. 7, no. 6, 2011.

[13] N. D. Prihandana, "Pengaruh Konsentrasi NaOH Pada Proses Netralisasi Minyak Ikan Hasil Samping Industri Pengalengan Ikan Terhadap Asam Lemak Bebas (Free Fatty Acid) dan Komposisi Asam Asam Lemak Tak Jenuh," Universitas Islam Negeri Malang. Malang 2006.

[14] A. S. Utomo, "Preparasi NaOH/Zeolit Sebagai Katalis Heterogen untuk Sintesis Metil Ester dari Minyak Goreng Secara Transesterifikasi," Universitas Indonesia, Depok, 2011