

Kinerja Katalis Naoh dan KOH ditinjau dari Kualitas Produk Biodiesel yang dihasilkan dari Minyak Goreng Bekas

Winny Andalia¹⁾, Irnanda Pratiwi²⁾

¹⁾²⁾Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Tridinanti
Jl. Kapten Marzuki No 2446 Kamboja, Palembang
Email : WinnyAndalia@univ-tridinanti.ac.id¹⁾, nanda101084@gmail.com²⁾

Abstract

The use of waste cooking oil as raw material for biodiesel is very advantageous in terms of health and also in terms of process. The process of transesterification reaction with an alkali catalyst with NaOH or KOH to produce quality products with excellent biodiesel. The research objective is to find out how to increase the influence of methanol concentration on the quality of biodiesel as determined by ASTM or EN. For all comparisons methanol concentration the result showed of acid number, viscosity and density tends to constant with increasing concentration of methanol, while the water content and methanol content increased slowly with increasing concentrations of methanol and this occurs for both types of catalyst used.

Keywords : waste cooking oil, quality of biodiesel, methanol concentration

Abstrak

Minyak goreng bekas (jelantah) merupakan minyak goreng yang telah mengalami oksidasi selama proses penggunaannya, sehingga tidak aman bagi kesehatan bila terus digunakan. Salah satu pemanfaatan minyak jelantah adalah untuk pembuatan biodiesel. Biodiesel adalah bioenergi atau bahan bakar nabati yang dibuat dari minyak nabati (lemak hewani) melalui proses transesterifikasi. Transesterifikasi adalah proses reaksi (trigliserida) yang terkandung dalam minyak direaksikan dengan metanol dan dibantu oleh katalis alkali, sehingga menghasilkan alky ester (biodiesel). Tujuan penelitian adalah menentukan kondisi optimum pada katalis NaOH dan KOH dalam mendapatkan produk biodiesel yang berkualitas pada suhu 60-65⁰C yaitu pada katalis KOH dengan FFA 0,2048, water content 0,317, metanol content 0,317, angka asam 0,019635, densitas 0,85806, viskositas 4,5684, konversi 98,89%, dan yield 90%.

Kata kunci : Biodiesel, transesterifikasi, methanol dan water content, angka asam, viskositas, densitas, yield

1. Pendahuluan

Minyak jelantah adalah minyak goreng yang telah digunakan untuk menggoreng yang dipakai secara berulang, dengan meningkatkan produksi dan konsumsi minyak goreng, ketersediaan minyak jelantah kian hari kian melimpah,(Erliza,dkk,2007:25).

Minyak jelantah (*waste cooking oil*) merupakan limbah dan bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia, menimbulkan penyakit kanker, dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya. Untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan.

Dari uraian diatas,penulis mencoba dan menganalisa biodiesel yang berbahan baku minyak jelantah dengan menggunakan katalis NaOH dan KOH. Selain itu untuk mengetahui pengaruh konsentrasi Metanol yang digunakan, sehingga di dapat kondisi paling optimum untuk proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah yang menghasilkan produk terbaik.

B. Landasan Teori

1. Minyak Jelantah

Minyak jelantah adalah minyak limbah yang berasal dari jenis-jenis minyak goreng. Minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga, dapat di gunakan kembali untuk keperluan kuliner akan tetapi bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik. Untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan.

Jadi jelas bahwa pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia, menimbulkan penyakit kanker, dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya. Untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan.

Tabel 1. Komposisi senyawa minyak jelantah

Asam lemak	Komposisi (%berat)
Asam miristat	0 - 0,1
Asam palmitat	14,1 - 15,3
Asam palmioleat	0 - 1,3
Asam stearat	3,7 - 9,8
Asam oleat	34,3 - 45,8
asam linoleat	29,0 - 44,2

Asam linolenat	0 - 0,3
Asam arakhidrat	0 - 0,3
asam behenat	0 - 0,2

(Sumber : Gubitz et al, 1999)

2. Biodiesel

Biodiesel adalah nama untuk jenis fatty ester, umumnya merupakan monoalkil ester yang terbuat dari minyak tumbuh – tumbuhan (minyak nabati). Minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel dapat berasal dari kacang kedelai, kelapa, kelapa sawit, padi, jagung, jarak, papaya dan banyak lagi melalui proses transesterifikasi sederhana. (Mardiah dkk, 2006).

Keuntungan dari biodiesel :

- Campuran dari 20 % biodiesel dengan 80 % petroleum diesel dapat digunakan pada *unmodified diesel engine*.
- Sekitar setengah dari industri biodiesel dapat menggunakan lemak atau minyak daur ulang.
- Biodiesel tidak beracun.
- Biodiesel memiliki *cetane number* yang tinggi (di atas 100, dibandingkan dengan bahan bakar diesel yang hanya 40).
- Penggunaan biodiesel dapat memperpanjang umur mesin diesel karena biodiesel lebih licin.
- Biodiesel menggantikan bau petroleum dengan bau yang lebih enak.

Emisi biodiesel jauh lebih rendah daripada emisi diesel minyak bumi. Biodiesel mempunyai karakteristik emisi seperti berikut:

- Emisi karbon dioksida netto (CO₂) berkurang 100 %.
- Emisi sulfur dioksida (SO₂) berkurang 100 %.
- Emisi debu berkurang 40 – 60 %.
- Emisi karbon monoksida (CO) berkurang 10 – 15 %.
- Emisi hidrokarbon berkurang 10 – 50 %.
- Hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH) berkurang, terutama PAH yang beracun, seperti : phenanthren berkurang 97 %, benzofloraanthen berkurang 56 %, benzapyren berkurang 71 %, serta aldehida dan senyawa aromatik berkurang 13 %.

Dengan mengembangkan metode yang mudah, diharapkan dapat diproduksi biodiesel yang lebih murah, yang dapat bersaing secara ekonomi dengan petroleum, dan menjadikan biodiesel sebagai salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.

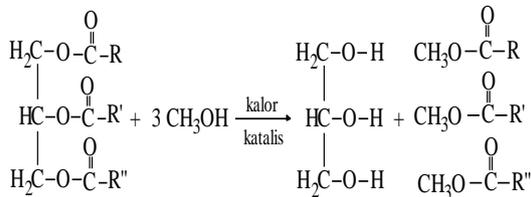
C. Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan suatu proses penggantian tahap dari suatu gugus ester (trigliserida) dengan ester lain atau mengubah asam – asam lemak ke dalam bentuk ester sehingga menghasilkan alkyl ester. Proses tersebut dikenal sebagai proses alkoholisis. Proses alkoholisis ini merupakan reaksi yang biasanya berjalan lambat namun dapat dipercepat dengan bantuan suatu katalis. Katalis yang biasanya digunakan adalah

katalis asam seperti HCl dan H₂SO₄, dan katalis basa NaOH dan KOH. (Yuli Setyo Indartono, 2006).

Proses pembuatan biodiesel minyak jelantah adalah dengan proses reaksi transesterifikasi. Mekanisme reaksi transesterifikasi minyak nabati dengan methanol atau disebut juga dengan metanolisis yang terlihat di bawah ini, (Andi Nur Alam Syah, 2006) :

D. Reaksi Transesterifikasi



Trigliserida metanol gliserol metil ester

Proses transesterifikasi merupakan reaksi kimia yang menggantikan gugus gliserin (gliserol) dalam molekul minyak nabati (trigliserida) dengan molekul monoalkohol seperti methanol. Reaksi ini terjadi dengan mencampur minyak nabati dengan larutan NaOH dalam methanol (sodium methoxide) dan akan menghasilkan produk biodiesel (methyl ester) dan gliserin sebagai produk sampingnya. Gliserin juga bernilai ekonomi cukup tinggi dan sangat luas digunakan sebagai bahan dasar produk industri, seperti sabun dan kosmetik.

Katalis yang sering digunakan untuk reaksi transesterifikasi yaitu alkali, asam, atau enzim. Alkali yang sering digunakan yaitu natrium metoksida (NaOCH₃), natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), kalium metoksida, natrium amida, natrium hidrida, kalium amida, dan kalium hidrida (Sprules and Price, 1950).

2. Pembahasan

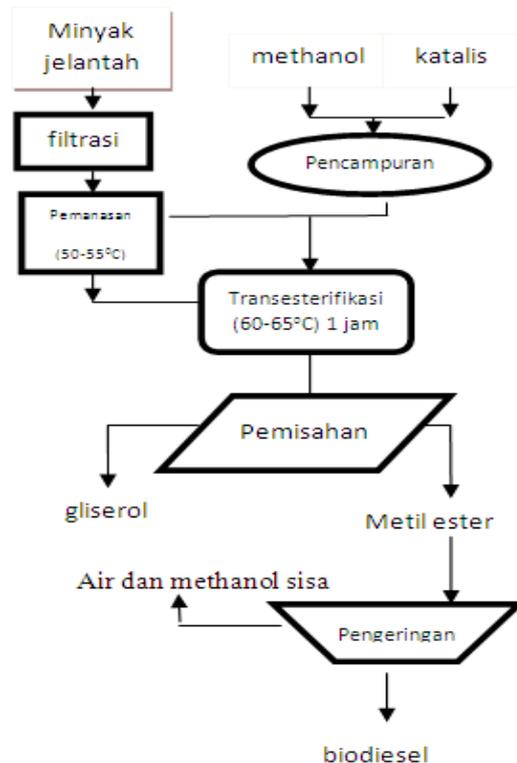
A. Data Peralatan Penelitian

- Magnetic stirrer
- Stirrer
- Labu leher tiga
- Beker gelas
- Erlenmeyer
- Termometer
- Corong pemisah
- Kertas saring
- Gelas ukur
- Hot plate
- Kondenser
- Pompa
- Klem dan statif
- Pipet tetes
- Neraca Analitis
- Oven

B. Bahan-Bahan Yang Digunakan

1. Minyak Jelantah
2. NaOH
3. KOH
4. Aquadest
5. Indikator PP
6. Alkohol (Methanol, Ethanol)

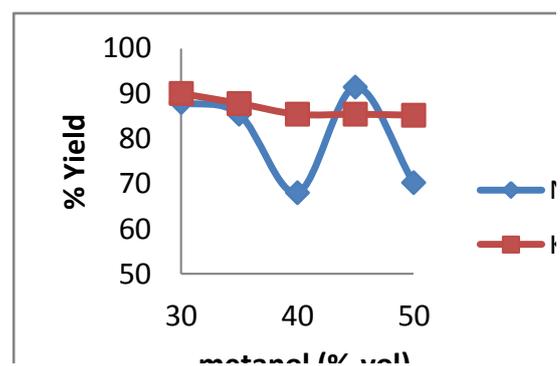
C. Prosedur Penelitian



Gambar 1. Tahapan Penelitian

D. Hasil Dan Analisis

Pengaruh Jenis Katalis dan % metanol Terhadap % Yield.



Gambar 2. Jenis katalis vs persen yield biodiesel dan % metanol.

Grafik diatas terlihat bahwa penggunaan KOH sebagai katalis terhadap kenaikan %-v metanol tidak berpengaruh terhadap % yield, sedangkan dengan menggunakan katalis NaOH menghasilkan % yield dengan fluktuatif yang cukup besar dan pada metanol

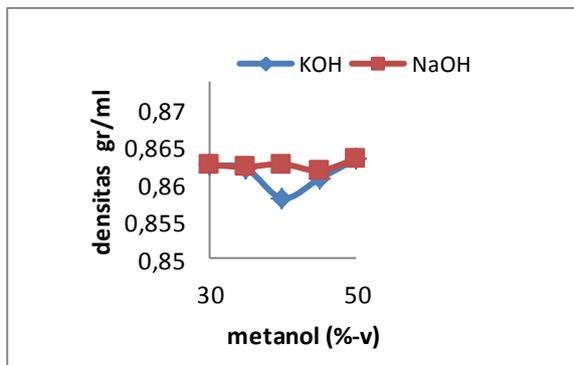
45%-v menghasilkan % yield maksimum, kemudian % yield minimum didapat dengan menggunakan metanol 40%-v.

Menurut Haryono ; 2010, semakin rendah %-v metanol maka semakin rendah pula % yield sehubungan semakin banyaknya kadar air dalam metanol, Untuk itulah katalis digunakan, 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 terbentuk.

Oleh karena itu, pada reaksi yang dilangsungkan dalam waktu tertentu (sesuai dengan yang dilakukan pada penelitian ini) dengan konsentrasi katalis yang semakin bertambah, yield biodiesel yang diperoleh semakin banyak. Penggunaan katalis yang berlebih dapat mengurangi *yield*, karena sebagian minyak jelantah akan berubah menjadi sabun padat, yang akan terpisah pada proses penyaringan.

Hal ini terlihat jelas pada transesterifikasi menggunakan katalis NaOH, sehingga dapat dilihat bahwa *yield* untuk variasi penelitian dengan jumlah katalis NaOH besar cenderung kecil. Sedangkan pada transesterifikasi menggunakan katalis KOH tidak terbentuk sabun padat, sehingga jumlah *yield* yang dihasilkan juga tidak berbeda signifikan.

1. Pengaruh Jenis Katalis dan % metanol Terhadap Densitas



Gambar 3. jenis katalis vs densitas dan % metanol

Dapat dilihat pada grafik bahwa densitas biodiesel yang menggunakan katalis NaOH dan KOH sudah memenuhi kualitas biodiesel menurut SNI-04-7182-2006, densitas pada 40°C yaitu 0,85 – 0,89 gr/ml. Pada grafik dapat terlihat bahwa nilai densitas pada masing-masing jenis katalis tidak terlalu berbeda densitasnya terutama biodiesel yang dihasilkan dengan katalis NaOH, hal ini menunjukkan bahwa densitas tidak dipengaruhi oleh penambahan metanol (%-v).

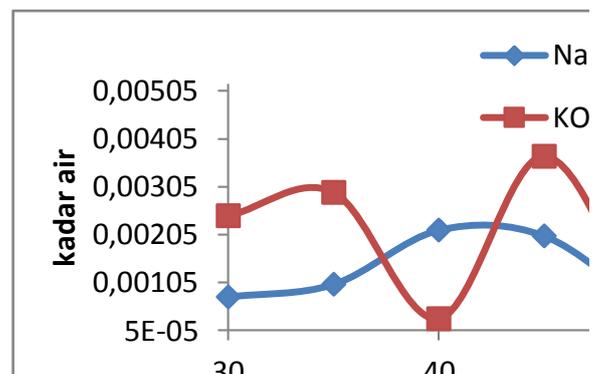
Adapun yang mempengaruhi densitas adalah faktor gliserol yang terdapat dalam metil ester. Semakin besar kadar densitas menunjukkan bahwa proses pencucian dan pemurnian kurang sempurna dilakukan. Densitas

dari suatu sebanding dengan viskositas, artinya semakin besar densitasnya semakin besar pula viskositasnya. (Benedict, 2010)

2. Pengaruh Jenis katalis dan % metanol Terhadap Kadar Air

Berdasarkan SNI-04-7182-2006, kadar air yaitu 0.05 dari % volume secara keseluruhan kadar air biodiesel yang menggunakan katalis NaOH dan KOH sudah memenuhi standar. Pada umumnya seiring dengan pertambahan metanol (%-v) maka kandungan air pada produk pun ikut bertambah, sedangkan jika diamati pada grafik dengan katalis NaOH kandungan air tiba-tiba mengalami penurunan ketika menggunakan metanol 45%-v, kandungan air tertinggi didapat saat menggunakan 40%-v metanol dan kadar air paling rendah didapat saat menggunakan 50 %-v metanol.

Grafik dengan katalis KOH nilai kadar air mengalami fluktuatif, kandungan air yang paling banyak didapat saat menggunakan 45 %-v metanol dan kadar air yang paling rendah didapat saat menggunakan 50 %-v metanol.



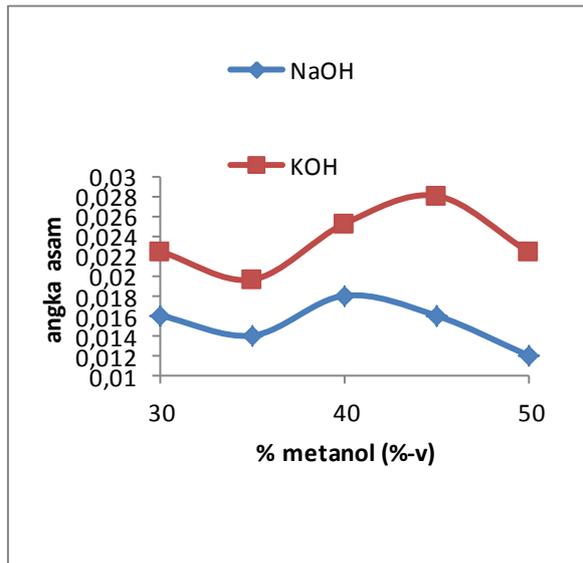
Gambar 4. jenis katalis vs kadar air dan % metanol

Menurut Armand Arief R : 2009, kandungan Air yang terkandung pada bahan bakar dapat menyebabkan oksidasi pada tangki bahan bakar. Oksidasi ini juga dapat terjadi pada plunyer dan injector.

Adanya air akan menyebabkan reaksi hidrolisis yang menyebabkan minyak akan dirubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi ini mengakibatkan bau tidak sedap (*rancidity*), hidrolisa yang menghasilkan flavor dan bau tengik pada minyak. Asam lemak bebas juga akan terus meningkat sehingga akan mengurangi rendemen biodiesel ketika akan dikonversikan dari minyak. (Ketaren 1986)

Sejalan dengan itu keberadaan air yang berlebih pada reaksi transesterifikasi menyebabkan katalis yang digunakan semakin encer sehingga reaksi bertambah lambat dan juga menyebabkan terjadinya reaksi hidrolisis terhadap trigliserida yang diikuti terjadinya reaksi penyabunan. Sabun yang terbentuk dapat menjadi *emulsifier* sehingga sebagian kecil metil ester teremulsi dan menurunkan nilai perolehan biodiesel. (Haryono, 2010).

3. Pengaruh Jenis Katalis dan %metanol Terhadap Angka Asam.



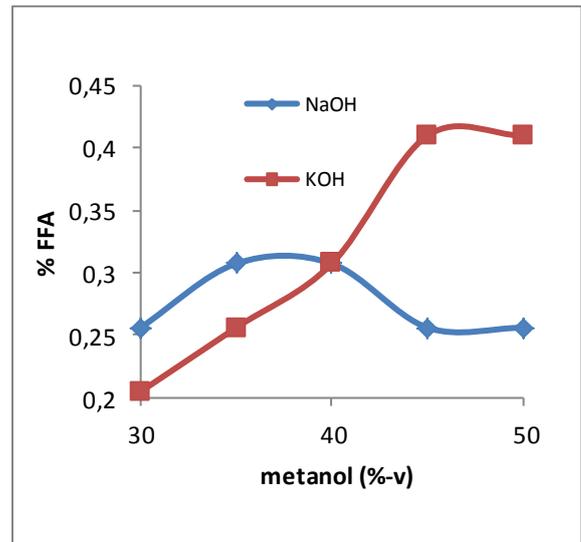
Gambar 5. jenis katalis vs angka asam dan % metanol

Semua angka asam yang terlihat pada gambar 5 sudah memenuhi kualitas biodiesel menurut SNI-04-7182-2006, angka asam maksimal yaitu 0,8 mg-NaOH/g. Dari grafik dapat dilihat bahwa secara keseluruhan penggunaan katalis NaOH lebih baik dalam menurunkan angka asam dibandingkan dengan menggunakan katalis KOH ini berarti kemampuan NaOH dalam menetralkan asam yang terkandung didalam minyak jelantah itu lebih baik daripada KOH.

Bilangan asam menunjukkan banyaknya asam lemak bebas yang terkandung dalam biodiesel. Ini ditunjukkan dalam mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan 1 g asam lemak metil ester. Bilangan asam yang lebih besar dari 0,8 mg KOH/g akan menyebabkan terbentuknya abu saat pembakaran, deposit bahan bakar dan mengurangi umur pompa bahan bakar dan filternya.

4. Pengaruh Jenis Katalis dan % metanol Terhadap %FFA

Gambar 6 merupakan grafik hubungan antara jenis katalis dan % metanol terhadap % FFA dari biodiesel, Untuk kedua katalis % FFA akan bertambah seiring dengan bertambahnya konsentrasi metanol, hanya saja pada katalis NaOH terjadi penurunan % FFA pada 40%-v metanol. Maka untuk katalis KOH penggunaan %metanol yang berlebih justru akan terus menaikkan % FFA dari produk biodiesel. Kenaikkan % FFA ini ditandai dengan penurunan % konversi produk.

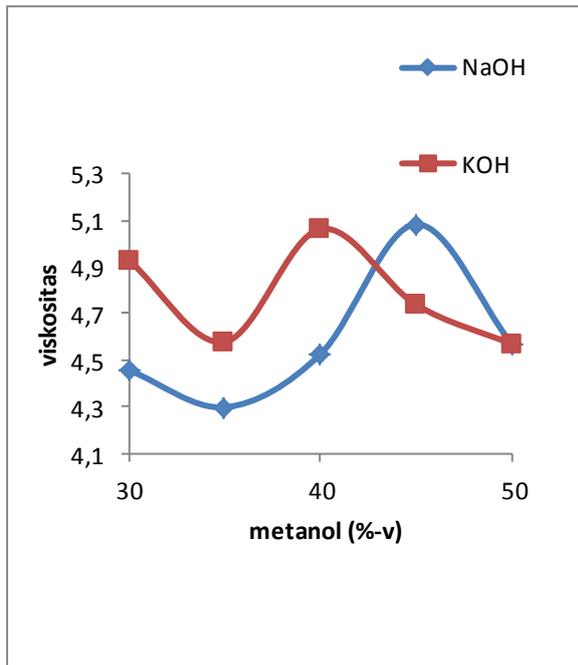


Gambar 6. jenis katalis vs % FFA dan % metanol

Asam lemak bebas dapat dijadikan indikator kerusakan metil ester akibat oksidasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, biodiesel dengan kandungan asam lemak bebas (FFA) yang rendah merupakan biodiesel yang baik untuk digunakan sebagai bahan bakar, ini berarti biodiesel tidak bersifat korosif dan tidak menimbulkan jelaga atau kerak di injektor mesin diesel. Bilangan asam lemak bebas (FFA) yang tinggi disebabkan konversi reaksi yang belum berjalan dengan baik sehingga masih banyak terdapat sisa asam lemak bebas yang tidak ikut bereaksi bersama dengan metanol. Untuk mengatasi tingginya asam lemak maka konversi perlu ditingkatkan, salah satunya adalah dengan menambah jumlah reaktan, selain itu juga bisa dilakukan dengan cara memaksimalkan temperature dan waktu reaksi. (Dewi,20007)

5. Pengaruh Jenis Katalis dan % metanol Terhadap Viskositas

Berdasarkan SNI-04-7182-2006, batasan standar viskositas adalah 2,3 – 6,0, maka untuk kedua katalis yang terlihat pada gambar 7 sudah memenuhi kualitas biodiesel. Viskositas dengan katalis NaOH cenderung mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya (%-v) metanol Hanya saja akan kembali turun pada penggunaan (50%-v) metanol, sedangkan untuk grafik dengan katalis KOH mengalami fluktuatif. Viskositas maksimum biodiesel dengan katalis NaOH dengan 45%-v metanol dan minimum pada 35%-v metanol. Viskositas maksimum biodiesel dengan katalis KOH yang paling tinggi didapat saat menggunakan 40%-v metanol dan kadar angka asam yang paling rendah didapat saat menggunakan 35%-v metanol.



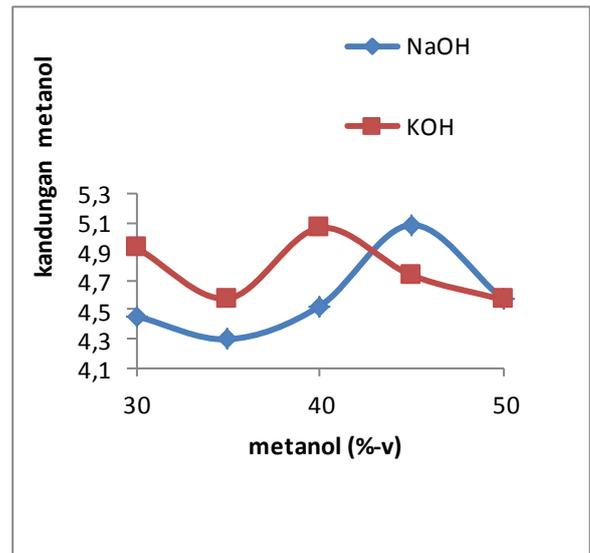
Gambar 7. jenis katalis vs viskositas dan % metanol

Data viskositas pada grafik juga menunjukkan bahwa secara umum katalis NaOH lebih kuat mengkatalisis reaksi transesterifikasi dibandingkan KOH, sebab pada konsentrasi yang sama tampak bahwa katalis NaOH lebih mampu menurunkan viskositas lebih rendah dari pada katalis KOH. Namun demikian, kekurangan katalis NaOH adalah kemudahan terbentuknya sabun sebagai hasil samping reaksi. (Abdullah, 2010)

Menurut Haryono ; 2010 Apabila viskositas belum memenuhi standar hal ini disebabkan belum tercapainya kondisi optimal pengkonversian minyak goreng bekas menjadi biodiesel dan belum sempurnanya proses pemurnian.

6. Pengaruh Jenis Katalis dan % metanol Terhadap Kandungan metanol Produk.

Gambar 8 merupakan grafik hubungan antara konsentrasi metanol dan jenis katalis terhadap kandungan dari metanol yang masih tersisa di dalam biodiesel. Grafik dengan katalis NaOH cenderung mengalami kenaikan tetapi akan turun jika menggunakan 50%-v methanol, sedangkan untuk grafik dengan katalis KOH akan cenderung mengalami kenaikan, terkecuali saat menggunakan 40-45%-v methanol mengalami penurunan. Secara garis besar penggunaan katalis NaOH memiliki kemampuan meminimalisir kandungan air lebih baik dibandingkan penggunaan katalis KOH, hal ini dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 8. jenis katalis vs kandungan metanol dan % metanol

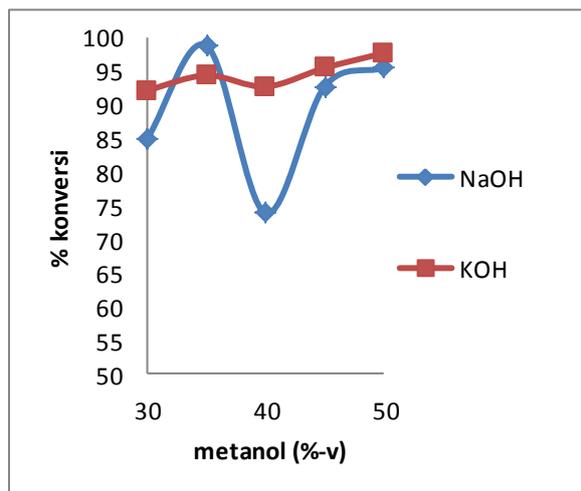
Kandungan methanol biodiesel dengan katalis NaOH yang paling besar di dapat saat menggunakan 40-45 %-v methanol dan yang paling kecil didapat saat menggunakan 30 - 35 %-v methanol. Kandungan air biodiesel dengan katalis KOH yang paling tinggi terdapat pada titik 50%-v metanol dan kadar angka asam yang paling rendah didapat saat menggunakan 30%-v metanol.

Kandungan metanol dipengaruhi oleh banyaknya kandungan air yang terdapat didalam bahan baku, kemurnian katalis dan juga kemurnian metanol sebagai reaktan Secara umum semakin besar.

SNI belum menetapkan berapa standar kandungan metanol yang masih diijinkan didalam biodiesel, tapi jika dilihat dari standar eropa ASTM D 6751 ataupun EN 14214 kandungan metanol yang diijinkan adalah kurang dari 0,2 %-v, berdasarkan hal tersebut maka produk ini belum memenuhi standar biodiesel dilihat dari kandungan metanol yang masih tersisa.

7. Pengaruh Jenis Katalis dan % metanol Terhadap % konversi biodiesel.

Dapat diamati pada grafik diatas % konversi biodiesel yang dihasilkan oleh kedua jenis katalis tersebut cukup besar. Pada penggunaan katalis NaOH tampak tak terlalu mengalami perubahan % konversi seiring dengan pertambahan %-v metanol, hal ini mengindikasikan bahwa penambahan %-v metanol tidak berpengaruh besar pada perubahan % konversi untuk penggunaan katalis NaOH. Pada penggunaan katalis KOH % konversi tampak mengalami fluktuatif



Gambar 9. jenis katalis vs % konversi dan % metanol

Konversi maksimal dengan katalis NaOH di dapat saat menggunakan 40-45 %-v, sedangkan % konversi minimum didapat saat menggunakan 30 - 35 %-v methanol. % konversi maksimal dengan katalis KOH terdapat pada titik 50%-v methanol dan % konversi minimum didapat saat menggunakan 30%-v methanol.

Menurut Ju (2005) bahwa kemungkinan besar asam lemak bebas tereaksi selama 60 menit pertama reaksi dan kenaikan konversi secara lambat disebabkan adanya trigliserida yang bereaksi lambat dengan metanol, sedangkan menurut Ozgul (2003) konversi biodiesel sangat dipengaruhi oleh jumlah asam Lemak bebas bahan bakunya. semakin tinggi asam lemak bebasnya maka akau semakin tinggi persentase biodiesel yang diperoleh. (Endah Puspitojati - Produksi Biodiesel Kasar dari Bekatul : 2009)

3. Kesimpulan

1. Secara kuantitas (% yield, % konversi), kinerja katalis NaOH lebih baik dibandingkan katalis KOH dimana % yield yang didapat 94,4% dan % konversi 98,89%.
2. Kuantitas terbaik didapat dengan menggunakan katalis NaOH dan dengan menggunakan 35%-v metanol.
3. Secara kualitas, kinerja katalis dapat dikatakan sama baiknya, terbukti untuk katalis NaOH hasil analisa angka asam, viskositas, dan kandungan metanol katalis lebih baik, dan untuk katalis KOH hasil analisa kandungan metanol, densitas, dan FFA lebih baik.
4. Untuk kedua jenis katalis dan rasio mol metanol, kualitas biodiesel hasil penelitian ini telah memenuhi standar nasional Indonesia yang telah ditetapkan, dilihat dari angka asam < 0,8 mg-KOH/g, FFA < 0,5%, densitas < 890 gr/ml, viskositas < 6,0 cSt, *water content* < 0.05%-v, *methanol content* < 0,2 %-v.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2018 dalam skim Penelitian Dosen Pemula (PDP) No: 087/SP2H/LT/DRPM/2018 yang telah mendanai penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Abdullah, Jaka Darma Jaya, Rodiansono. 2010. "Optimasi Jumlah Katalis KOH dan NaOH pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Kopelarut". Jurnal Penelitian Program Studi Kimia FMIPA Universitas Lambung Mangkurat KalSel.
- Alamsyah, Andi Nur.2006. "Biodiesel Jarak Pagar ; Bahan Alternatif yang Ramah Lingkungan". Penerbit AgroMedia Pustaka : Jakarta
- Dewi, T.K dan Susila Arita. 2007. "PenuntunPraktikum OperasiTeknik Kimia II". Laboratorium Operasi Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia FT Unsi.
- Fessenden, R. J. 1994. "Kimia Organik". Edisi ketiga. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Freedman, B., Pryde E. H., Mounts T.L. 1984. "Variable affecting The Yields of FattyEsters From Transesterified vegetable oils". J.Am. Oil Chem. Soc. 61 ;1373,1638-1643.
- Hambali, Erliza , dkk. 2008. "Teknologi Bioenergi".Penerbit Penebar Swadaya : Jakarta.
- Hasudungan,Desmon dan Jagar Justinus. 2011. "Pengaruh Persen Volume Metanol Terhadap persen Konversi,Persen Yield, dan Angka Asam yang Dihasilkan dari MInyak Sawit (CPO)". Laporan Penelitian Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Haryono,dkk. 2010. "Pengolahan Minyak Kelapa Sawit Bekas Menjadi Biodiesel". Jurnal Penelitian Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Bandung. Hikmah, Maharani N., dan Zuliyana. "Pembuatan Metil Ester dari Minyak Jelantah dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Tranesterifikasi". Laporan Skripsi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Ju, Yi Hsu and Shaik Ramjan Val. 2005. "RiceBran Oil As Potensial Resource For Biodiesel" A Review. J.Scientific and Industrial Researchp. page : 64.
- Ketaren. 1986. "Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan". Penerbit Universitas Indonesia : Jakarta.
- Mittelbach, M. dan Remschmidt, C. 2006. "Biodiesel The Comprehensive Handbook". Austria.
- Mardiah, dkk. 2006. "Pengaruh Asam Lemak Terhadap Karakteristik dan Konversi Biodiesel Pada Transesterifikasi

- Minyak Jelantah". Diakses pada 30 Maret 2018 dari <http://www.google.com>.
- Ozgul, S.Y. and Turkay, Seln.ra. 2003. FA Monoallq,"lesters From Rice Bran Oil By In Situ Esterificatiott". J. Am. Oil Chem. Soc. 80 (I) Page : 8 1-84.
- Speight, James G. 2002. "Chemical and Process Design Handbook". McGraw-Hill, New York.
- Ranaldi,Arman Arief. 2009. "Kajian Stabilitas Oksidasi Campuran Biodiesel Minyak Jelantah- Solar dan Kinerja Mesin Diesel".Laporan Penelitian Jurusan Teknik Mesin Universitas Indonesia.
- Zandi, A., Destiana M., dkk. 2007. "Intensifikasi proses produksi biodiesel". Karya Ilmiah Bidang Energi Institut Teknologi Bandung.
- Yuli Setyo Indarto. 2006. "Mengenai Biodisel". Diakses Pada 08 Mei 2018 dari <http://www.indeni.org>.