

Esterifikasi dan Transesterifikasi Stearin Sawit untuk Pembuatan Biodiesel

Nita Suleman ¹⁾, Abas ²⁾, Mardjan Papatungan ³⁾

^{1),2),3)} Program Studi Kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo
email: abaskimia116@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan melihat kualitas biodiesel yang dihasilkan dari Stearin sawit. Proses pembuatan biodiesel dilakukan dengan dua tahap yakni esterifikasi dan transesterifikasi. Pada tahap esterifikasi digunakan katalis asam H_2SO_4 dan pelarut metanol. Kemudian pada tahap transesterifikasi digunakan katalis KOH dan pelarut metanol dengan variasi katalis 1, 2, 3, 4 dan 5% (b/v). Hasil menunjukkan pada tahap esterifikasi kandungan asam lemak bebas (FFA) berkurang dari 2,85% menjadi 0,56% pada suhu $60^\circ C$. Pada tahap transesterifikasi dihasilkan % *yield* tertinggi pada variasi persen katalis 1% (b/v) sebesar 75,74%. Berdasarkan hasil uji kualitas biodiesel yang terdiri dari uji densitas, viskositas, bilangan iod, bilangan penyabunan, angka setana, titik kabut, dan bilangan asam telah memenuhi standar mutu biodiesel yang telah ditetapkan pada SNI-04-7182-2006.

Kata kunci: Biodiesel; Stearin sawit; esterifikasi; transesterifikasi

Abstract

This study aims to look at the quality of biodiesel produced from palm oil Stearin. The process of making biodiesel is done in two stages, namely esterification and transesterification. In the esterification step, H_2SO_4 acid catalyst and methanol are used. Then in the transesterification step, KOH catalyst and methanol solvent are used with variations of catalysts 1, 2, 3, 4 and 5% (w / v). The results showed that at the esterification stage the free fatty acid content (FFA) was reduced from 2.85% to 0.56% at $60^\circ C$. At the transesterification stage, the highest% yield was obtained at a variation of catalyst percent 1% (w / v) of 75.74%. tamarind has met the biodiesel quality standards set in SNI-04-7182-2006.

Keywords: Biodiesel; Stearin sawit; esterification; transesterification

Diterima April 2019
Disetujui Mei 2019
Dipublikasi Juni 2019

©2019 Nita Suleman, Abas, Mardjan Papatungan
Under the license CC BY-SA 4.0

Pendahuluan

Salah satu alternatif yang sangat potensial untuk dikembangkan dalam menanggapi krisis energi adalah penggunaan biodiesel yang diproduksi dari bahan baku hayati. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif terbarukan yang dihasilkan dari minyak nabati salah satunya seperti minyak kelapa sawit yang biasa dikenal dengan nama *Crude Palm Oil* (CPO). Selama ini minyak kelapa sawit banyak digunakan untuk minyak goreng. Untuk itu perlu dilakukan suatu upaya penelitian untuk dapat menemukan cara dalam memanfaatkan minyak kelapa sawit menjadi suatu produk yang dapat memberikan manfaat lebih bagi kehidupan manusia. Salah satu penelitian yang sedang dikembangkan adalah menghasilkan metil ester dari CPO melalui reaksi transesterifikasi minyak nabati (trigliserida) dengan metanol (Arbianti 2007).

Stearin merupakan hasil samping pembuatan minyak goreng dari *Cirude Palm Oil* (CPO) yang terdiri dari asam lemak jenuh dan mempunyai atom C₁₆–C₁₈ dominan yang berperan terhadap kekerasan dan sifat detergensi. Stearin memiliki asam lemak yang didominasi oleh asam palmitat(C₁₆) sebesar 47,2-73,8% dan oleat (C_{18:1}) 15,6-37% lebih banyak dari pada fraksi olein, dan CPO. Menjadikan stearin sawit merupakan bahan baku yang sesuai dan harganya cukup murah selain itu fraksi stearin memiliki bilangan setana lebih besar. Dengan alasan di atas menjadikan fraksi stearin sebagai sumber yang tepat untuk dijadikan salah satu bahan baku pembuatan biodiesel.

Biodiesel adalah sebuah bahan bakar diesel alternatif yang dihasilkan dari sumber terbarukan (*renewable resources*) seperti nabati dan lemak hewan. Biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan karena bahan bakunya dibudidayakan oleh manusia, selanjutnya dipanen dan diolah menjadi bahan bakar. Pemanfaatannya yang terus menerus menjadikan bahan bakar nabati disebut bahan bakar yang dapat diperbarui. Selain sebagai bahan bakar terbarukan, biodiesel juga bersifat *biodegradable*, tidak beracun, bebas dari sulfur dan senyawa aromatik (Hambali, & Ferobie, 2010) Biodiesel juga memiliki *flash point* (suhu terendah yang dapat menyebabkan uap biodiesel dapat menyala) yang tinggi daripada diesel normal sehingga tidak menyebabkan mudah terbakar. Biodiesel memiliki keuntungan seperti dapat menambah ketahanan mesin, sebagai pelumas, mengurangi frekuensi pergantian mesin, sifat emisi yang rendah dan mengandung oksigen sekitar 10-11% (Lotero ,& Goodwin JG, 2005).

Biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM untuk mesin diesel dalam bentuk B100 atau campuran dengan solar pada tingkat konsentrasi tertentu, seperti 10% biodiesel dicampur dengan 90% solar yang di kenal B10. Biodiesel memiliki beberapa keuntungan yaitu bisa dicampur dengan petroleum diesel dalam berbagai rasio, dibuat dari bahan baku terbarukan, nilai viskositas berkurang dibanding minyak nabati, dapat terbakar dalam mesin diesel dengan sedikit atau tanpa modifikasi, dan mengurangi emisi SO₂, partikulat, CO, hidrokarbon dan NO_x.

Reaksi esterifikasi merupakan reaksi antara asam karboksilat dan alkohol membentuk ester dengan mengkonversi asam lemak bebas yang terkandung di dalam trigliserida menjadi metil ester dan hasil samping dari reaksi ini terbentuk air. Hasil samping berupa air tersebut dapat diatasi dengan menggunakan metanol berlebih, air yang terbentuk akan larut dalam metanol dan tidak menghambat proses reaksi. Selain itu, metanol juga dapat menghambat laju hidrolisis dalam suasana basa karena metanol dalam bentuk ion metoksida bereaksi dengan trigliserida menghasilkan metil ester (Sutapa , 2014).

Transesterifikasi merupakan metode yang saat ini paling umum digunakan untuk memproduksi biodiesel dari minyak nabati. Pada dasarnya proses transesterifikasi ini bertujuan untuk mengubah (tri, di, mono) gliserida yang mendominasi komposisi minyak kelapa sawit dan berviskositas tinggi menjadi metil ester asam lemak dimana metanol atau etanol menggantikan gliserin (Knothe, 2005).

Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan kualitas biodiesel dari stearin sawit melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi

Metode

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain penangas air, magnetik stirrer, gelas ukur, gelas kimia, pompa vakum, corong pisah, pipet tetes, viskometer, kaca arlogi penangas, termometer, pipet volum kertas saring, deksikator, labu leher tiga, pendingin balik, statif dan klem. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah Stearin sawit, H₂SO₄ pekat, Na₂S₂O₃, metanol, KOH, indikator PP, HCl alkohol 97%, aquades. KI jenuh, amilum, N-heksan, etanol dan CCl₄.

Esterifikasi Asam lemak Bebas

Stearin sawit sebanyak 150 mL dipanaskan menggunakan *hot plate* hingga suhu mencapai $\pm 60^{\circ}\text{C}$. kemudian ditambahkan 60 mL metanol dan 2 mL H₂SO₄ 98% kemudian dipanaskan selama 2 jam sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Hasil esterifikasi disentrifugasi selama 3 menit dengan kecepatan 1600 rpm. Selanjutnya hasil esterifikasi dilakukan pemisahan dengan mengambil lapisan atas yang akan digunakan pada proses selanjutnya yaitu reaksi transesterifikas (Sundaryono, 2011).

Transesterifikasi

Stearin sawit hasil esterifikasi sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL dan dipanaskan pada suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$, Setelah suhu tersebut tercapai maka ditambahkan katalis KOH sebanyak 60 mL dengan masing masing konsentrasi 1%, 2%, 3% 4%, dan 5% dalam metanol selama 120 menit sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah proses pemanasan dan pencampuran selesai kemudian campuran tersebut disentrifugasi selama ± 3 menit. Setelah terjadi endapan dilakukan pemisahan dengan mengambil lapisan atas yang berupa cairan (biodiesel) (Sundaryono, 2011).

Uji Kualitas Biodiesel

Analisis kuantitatif karakteristik biodiesel mengacu pada SNI 04-7182-2006. Parameter yang diuji antara lain pengukuran densitas, viskositas, bilangan asam, bilangan iod, bilangan penyabunan, dan titik kabut.

Hasil dan Pembahasan

Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas

Proses penentuan FFA pada bahan baku merupakan faktor penentu untuk memilih jenis proses produksi biodiesel. Berdasarkan hasil analisis kadar asam lemak bebas Stearin sawit sebagai bahan baku pembuatan biodiesel sebesar 2,85%, Persentase perolehan FFA tersebut belum sesuai sebagai syarat bahan baku untuk produksi biodiesel dengan reaksi transesterifikasi. (Ramadhas. 2005) menyebutkan bahwa minyak terkandung asam lemak tinggi (>2% FFA) tidak sesuai untuk digunakan sebagai bahan baku pada reaksi transesterifikasi. Perlu dilakukan reaksi dua tahap yaitu esterifikasi dan transesterifikasi guna menurunkan kandungan asam lemak hingga < 2%.

Esterifikasi

Esterifikasi umumnya dilakukan dengan pemanasan secara konvensional menggunakan katalis asam pendonor proton seperti asam sulfat (H_2SO_4) serta metanol sebagai jenis alkohol pereaktannya mengingat metanol adalah senyawa alkohol berantai karbon pendek dan bersifat polar, sehingga dapat bereaksi lebih cepat dengan asam lemak serta dapat melarutkan semua jenis katalis baik basa maupun asam dan lebih ekonomis. Reaksi esterifikasi dilakukan pada suhu $60^\circ C$ selama 2 jam dan dilakukan pengadukan secara terus menerus untuk mempercepat reaksi dan agar seluruh katalis dapat bereaksi dengan reaktan. Hasil esterifikasi selanjutnya dianalisis kandungan asam lemak bebasnya dengan metode titrasi menggunakan KOH dan indikator *phenolphthalein* yang ditandai dengan terjadinya perubahan warna larutan dari kuning menjadi warna merah muda. Dengan tercapainya titik ekuivalen titrasi ini maka dapat diketahui bilangan asam dari stearin sawit. kandungan asam lemak Sehingga berdasarkan hasil reaksi esterifikasi dengan katalis H_2SO_4 asam lemak bebas berkurang dari 2,85% menjadi 0,56%.

Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi bertujuan untuk memecah dan menghilangkan trigliserida serta menurunkan viskositas pada minyak, Pemilihan KOH sebagai katalis ini dikarenakan dengan adanya katalis basa reaksi akan berjalan lebih cepat walaupun dengan suhu reaksi rendah dibandingkan menggunakan katalis asam. yang mempercepat reaksi sebenarnya adalah kalium metoksida ($KOCH_3$) katalis terbentuk sebagai hasil reaksi antara KOH dan methanol. Berdasarkan literatur suhu yang sesuai untuk kondisi reaksi transesterifikasi yaitu pada suhu $60^\circ C$ (Vicente, 2005). waktu yang di gunakan 2 jam serta jumlah katalis yang digunakan dengan variasi jumlah katalis sebesar 1% (b/v), 2% (b/v) 3% (b/v), 4% (b/v), dan 5% (b/v). Berat katalis merupakan salah satu faktor penentu dalam laju reaksi. Katalis dapat mempercepat reaksi dengan

cara menurunkan energi aktivasi sehingga laju pembentukkan metil ester menjadi lebih cepat. Dari proses transesterifikasi diperoleh 2 fasa, yaitu metil ester pada bagian atas, gliserol pada bagian bawah kemudian rendemen biodiesel di hitung dari konversi metil ester berdasarkan variasi konsentrasi katalis dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\text{Rendemen} = \frac{W_{\text{biodiesel}}}{W_{\text{min yak}}} \times 100\%$$

Dimana : $W_{\text{biodiesel}}$ = berat metil ester (biodiesel) hasil pemisahan

W_{minyak} = berat stearin yang digunakan pada prosese transestifikasi

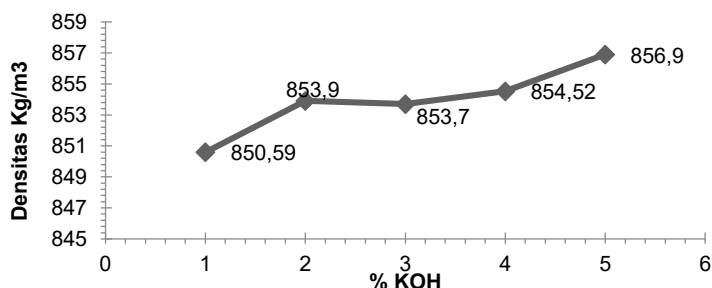
Tabel 1. Rendeman Metil Ester Stearin Sawit

% KOH	Berat metil ester	Berat stearin sawit	Rendemen
1%	60,75	86,2	75,74 %
2%	54,27	86,2	62,95 %
3%	48,60	86,2	56,38 %
4%	40,50	86,2	46,98 %
5%	38,88	86,2	45,10 %

Faktor utama yang mempengaruhi rendemen metal ester yang dihasilkan pada reaksi transesterifikasi adalah rasio molar antara trigliserida dan alkohol, jenis katalis yang digunakan, suhu reaksi, waktu reaksi, kandungan air dan kandungan asam lemak bebas pada bahan baku yang dapat menghambat reaksi.

Penentuan Densitas

Massa jenis adalah perbandingan berat dari suatu volume sampel dengan berat air pada volume dan suhu yang sama (Kataren, 2005). Biodiesel memiliki massa jenis lebih tinggi dari bahan bakar fosil, jika biodiesel mengandung massa banyak trigliserida maka densitasnya akan tinggi. Pengaruh konsentrasi katalis KOH terhadap massa jenis biodiesel Stearin sawit dapat dilihat pada Gambar 1.



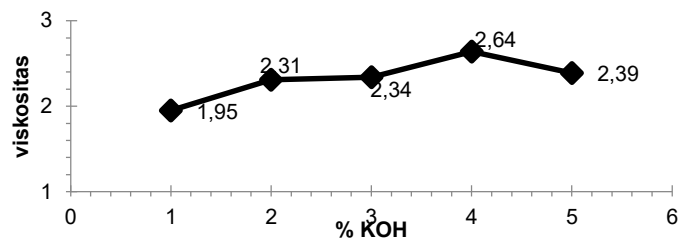
Gambar 1. Hubungan Densitas dengan % KOH

Terlihat bahwa densitas metil ester untuk setiap penambahan variasi % katalis yaitu 850-856 Kg/m³ terlihat bahwa semakin tinggi penambahan %katalis densital biodiesel semakin naik ini mengidikasikan pada setiap penambahan kosentrasi katalis

terjadi penurunan panjang rantai karbaon dan peningkatan jumlah iktan rangkap pada asam lemak, semakin tidak jenuh minyak yang digunakan maka densitas akan semakin tinggi. Jika densitas biodiesel melebihi ketentuann sebaiknya tidak di gunakan karena akan meningkatkan keausan mesin dan menyebabkan kerusakan mesin.

Viskositas

Pada umumnya, bahan bakar harus mempunyai viskositas yang relative rendah agar dapat mudah mengalir dan teratomisasi, hal ini dikarenakan putaran mesin yang cepat membutuhkan injeksi bahan bakar yang cepat pula. Namun tetap ada batas minimal karena diperlukan sifat pelumasan yang cukup baik untuk mencegah terjadinya keausan akibat gerakan piston yang cepat. Pengaruh konsentrasi katalis KOH terhadap viskositas biodiesel Stearin sawit dapat dilihat pada Gambar 2.

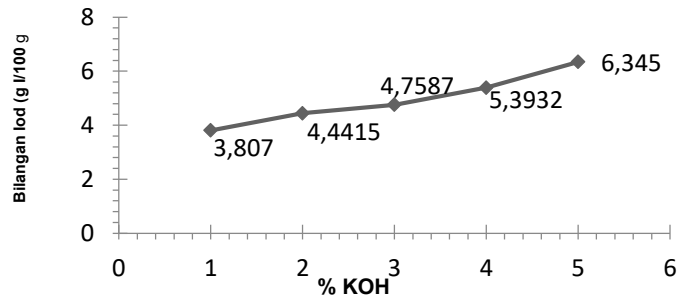


Gambar 2. Hubungan Antara Viskositas dengan % KOH

Terlihat bahwa viskositas metil ester pada setiap variasi konsentrasi katalis mengalami kenikan yaitu 1,95, 2,31, 2,34, 2,64, dan 2,39 cSt. Secara umum, terlihat bahwa dengan meningkatnya persen penggunaan katalis KOH dapat meningkatkan viskositas, hal ini dapat disebabkan karena terjadi penyerapan air oleh katalis pada reaksi transesterifikasi. Semakin tinggi konversi biodiesel maka viskositas kinematik yang dihasilkan akan semakin rendah. Hal ini disebabkan semakin sedikit kadar asam lemak bebas dan tingginya kandungan asam tidak jenuh yang masih berada pada biodisel yang dihasilkan. Viskositas kinematik akan semakin turun ketika terjadi peningkatan nilai ketidak jenuhan dari biodiesel (Mittlebach, 2006).

Bilangan Iod

Bilangan Iod menunjukkan tingkat ketidakjenuhan atau banyaknya ikatan rangkap asam asam lemak penyusun biodiesel. Kandungan senyawa asam lemak tak jenuh meningkatkan performansi biodiesel pada temperatur rendah karena senyawa ini memiliki titik leleh (*melting point*) yang lebih rendah (Knothe, 2005),

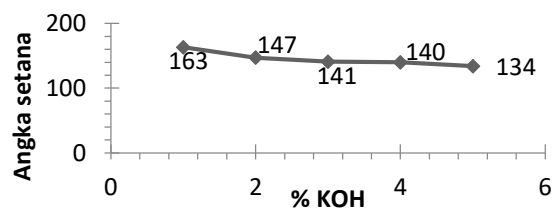


Gambar 3. Hubungan Bilangan Iod dengan Variasi KOH

Terlihat bahwa bilangan iod yang di dapatkan sangat kecil dikarenakan adanya pemanasan dalam proses pembuatan biodiesel pemanasan tersebut menyebabkan ikatan-ikatan dalam asam lemak penyusun stearin sawit mengalami degradasi oleh suhu sehingga mengakibatkan bilangan iod biodiesel rendah. Meningkatnya bilangan iod seiring dengan bertambahnya konsentrasi katalis dikarenakan ikatan-ikatan asam lemak tidak terdegradasi sepenuhnya pada saat proses pemanasan hal inilah yang menyebabkan bilangan iod naik. Hal ini berbanding lurus dengan apa yang yang didapat (Reka,2019). Angka iod yang lebih besar dari 115 akan membentuk deposit di lubang saluran injeksi, piston ring, dan kenal piston ring pada mesin diesel yang mengakibatkan asam lemak ikatan rangkap mengalami ketidak stabilan pada temperatur yang tinggi sehingga terjadi reaksi polimerisasi dan pembentukan deposit (Prihandana, Dan Hendroko, 2006).

Penentuan Angka Setana

Bilangan setana menunjukkan seberapa cepat bahan bakar mesin diesel yang dapat diinjeksikan ke ruang bahan bakar agar terbakar secara spontan. Bilangan setana dari minyak diesel konvensional dipengaruhi oleh struktur hidrokarbon penyusun. Pengaruh persentase katalis KOH terhadap angka setana biodiesel dapat dilihat pada Gambar 4.



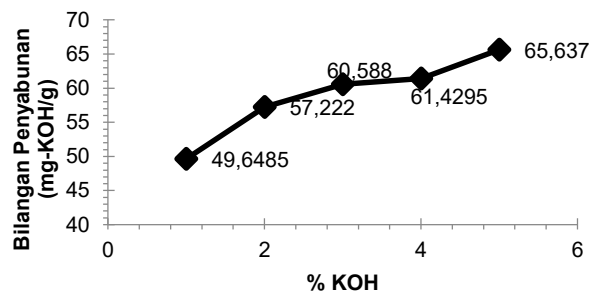
Gambar 4. Hubungan Angka Setana dengan % KOH

terlihat bahwa angka setana metil ester untuk setiap penambahan katalis mengalami penurunan yaitu berkisar antara 163-134, hal ini disebabkan dimana senyawa penyusun biodiesel hidrokarbon berantai pendek hal ini menyebabkan angka pembakaran semakin tinggi. Angka setana tinggi menunjukkan bahwa bahan bakar dapat menyala pada temperatur yang relatif rendah sebaliknya semakin rendah angka

setana maka semakin rendah pula kualitas penyalaan karena memerlukan suhu penyalaan yang lebih tinggi (Hendartono, 2005). Berdasarkan grafik hubungan angka setana dengan variasi % katalis angka setana semakin menurun seiring dengan penambahan variasi konsentrasi KOH. Indeks setana tertinggi ditunjukkan pada variasi konsentrasi KOH 1% (b/v) yakni sebesar 163

Penentuan Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan merupakan jumlah alkali yang di butuhkan untuk menyabunkan minyak. Bilangan penyabunan minyak dinyatakan dalam jumlah milligram kalium hidroksida yang di butuhkan untuk menyabunkan 1 gram minyak atau lemak. Besarnya bilangan penyabunan tergantung dari berat molekul minyak (kataren, 2005)



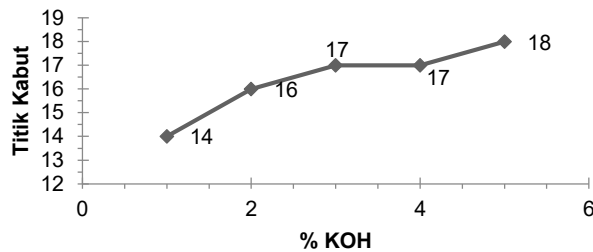
Gambar 5. Hubungan Bilangan Penyabunan dengan % KOH

Naiknya angka penyabunan seiring penambahan konsentrasi katalis dikarenakan Penggunaan katalis basa yang berlebih dan suhu tinggi dalam reaksi transesterifikasi akan menyebabkan terjadinya reaksi penyabunan pada pembuatan biodiesel. Maka saat dilakukan penambahan KOH kembali pada analisa angka penyabunan menyebabkan KOH berlebih yang terdapat dalam biodiesel semakin kecil. Hal ini terjadi karena minyak (trigliserida) telah tersabunkan pada saat penggunaan konsentrasi katalis dan suhu tinggi, sehingga HCl yang dibutuhkan untuk mengetahui KOH berlebih juga semakin kecil (angka penyabunan semakin kecil). Nilai angka penyabunan pada sampel seharusnya semakin kecil seiring dengan rendahnya konsentrasi katalis yang digunakan. Penelitian berbanding lurus dengan apa yang telah di teliti oleh (Oktaningrum, 2010).

Semakin rendah bilangan penyabunan maka mengidentifikasi bahwa senyawa rantai pendek dalam biodiesel semakin sedikit dan menunjukkan kadar asam lemak bebas dalam minyak semakin sedikit pula. Karena kadar asam lemak bebas yang tinggi dalam biodiesel dapat menimbulkan korosi dan deposit (karat) pada mesin untuk itu bilangan penyabunan dengan nilai terendahlah yang layak untuk di jadikan sebagai bahan bakar

Titik Kabut

Titik kabut (*cloud point*) adalah suhu pada saat metil ester keruh berkabut, tidak jernih pada saat didinginkan. Titik kabut dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik metil ester jika digunakan pada daerah dingin. Menurut standar SNI 04-7182-2006, titik kabut metil ester maksimal sebesar 18^oC. Pengaruh persentase katalis KOH terhadap titik kabut biodiesel dapat dilihat pada Gambar 6.

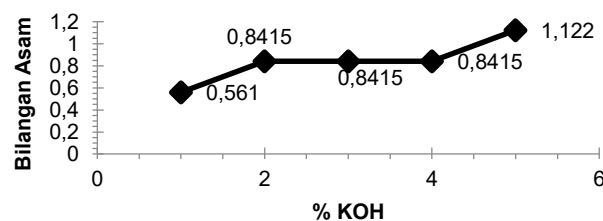


Gambar 6. Hubungan Titik Kabut dengan % KOH

pengujian titik kabut menunjukkan bahwa titik kabut biodiesel antara 14^oC-18^oC yang berarti berada di bawah batas maksimum dari standar minyak solar yaitu 18^oC. Ini berarti biodiesel yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk daerah yang bersuhu udara di atas 14^oC. Untuk Indonesia yang beriklim tropis dimana suhu udara berkisar antara 25^oC – 35^oC, maka biodiesel sangat cocok digunakan karena pada suhu itu pembekuan biodiesel tidak akan terjadi (Setyopratomo *et al.*, 2008). Semakin tinggi konversi biodiesel maka titik kabut biodiesel akan semakin rendah karena ikatan karbonnya semakin pendek dan ikatannya tidak jenuh (Mittlebach., 2006).

Penentuan Bilangan Asam

Bilangan asam adalah ukuran dari jumlah asam lemak bebas. Perhitungannya dinyatakan sebagai jumlah miligram KOH yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram sampel minyak atau lemak.



Gambar 7. Hubungan Bilangan Asam dengan % KOH

Menunjukkan bahwa pada konsentrasi katalis 1% didapatkan bilangan asam sebesar 0,56 1% hasil yang di dapatkan sangat rendah disebabkan kandungan asam lemak biodiesel bereaksi sepenuhnya dengan katalis bilangan asam semakin naik seiring dengan penambahan katalis dimana faktor ini dipengaruhi karena adanya reaksi hidrolisis minyak pada saat proses transesterifikasi asam lemak telah bereaksi dengan

KOH dan suhu yang tinggi mengakibatkan minyak atau lemak tidak terkonversi sepenuhnya menjadi biodiesel karena adanya bloking molekul air terhadap katalis yang digunakan sehingga menyebabkan angka asam biodiesel tinggi pada katalis berkonsentrasi tinggi hasil ini berbanding lurus dengan yang didapatkan (Oktaningrum, 2010) Tingginya angka asam merupakan indikator biodiesel masih mengandung asam lemak bebas yang berarti, biodiesel bersifat korosif dan dapat menimbulkan kerak pada injektor mesin diesel yang akan berpolimerisasi akibatnya injektor mesin diesel akan tersumbat

Kesimpulan

Pembuatan biodiesel dari Stearin sawit melalui reaksi esterifikasi dengan menggunakan katalis H_2SO_4 secara maksimum dapat menurunkan kadar asam lemak bebas sebesar 2,85% berkurang menjadi 0,056% dan selanjutnya melalui reaksi transesterifikasi menggunakan katalis KOH dengan variasi persen katalis 1, 2, 3, 4, dan 5% (b/v) diperoleh rendamen biodiesel tertinggi pada variasi persen katalis 1% (b/v) sebesar 75,74 % sementara dari hasil uji kualitas biodiesel yang meliputi penentuan densitas, viskositas, Bilangan iod, bilangan penyabunan, angka setana, titik kabut, dan angka asam sudah memenuhi standar mutu biodiesel SNI-04-7182-2006 yang ditetapkan.

Daftar Pustaka

- Arbianti R, Tania S U, D. N. (2007). Pengaruh Kondisi Reaksi Transesterifikasi CPO terhadap Produk Metil Palmitat dalam Reaktor Tumpak dan Reaktor Tumpak Sirkulasi. *Seminar Nasional Fundamental Dan Aplikasi Teknik Kimia*. Surabaya: FTI-ITS.
- Knothe G. (2005). Dependence Of Biodiesel Fuel Properties On The Structure Of Fatty Acid Alkyl Esters. *Fuel Processing Technology*, 86, 1059–1070.
- Lotero E, Liu Y, Lopez DE., Suwannakarn K, Bruce DA, & Goodwin JG, J. (2005). Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis,. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 44 No 14, 5353–5363.
- Mittlebach, M., R. (2006). *Biodiesel The Comprehensive Handbook* (Vienna, Ed.). Austria: Boersedruck Ges m.b.H.
- Oktaningrum, G. N. (2010). *Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH Dan Suhu Pada Proses Transesterifikasi In Situ Bungkil Wijen (Sesame Cake) Terhadap Produksi Biodiesel*. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Prihandana, R., Nuramin, M., Dan Hendroko, R. (2006). Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi Dan Kelangkaan BBM. *Agromedia Pustaka*.

- S, K. (2005). *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Penerbit UI Press.
- Setyaningsih, D., Hambali, E., & Ferobie, O. (2010). Pembuatan Pupuk Potasium Dari Proses Pemurnian Gliserol Hasil Samping Industri Biodiesel. *Konferensi Nasional*.
- Sundayono, A. (2011). Karakteristik Biodiesel dan Blending Biodiesel Dari Oil Losses Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit. *J. Tek. Ind. Pert*, 21 No 1, 34–40.
- Sutapa I.W, R. (2014). Pengaruh Berat Katalis, Suhu Dan Waktu Reaksi Terhadap Produk Biodiesel Dari Lemak Sapi. *Prosiding Seminar Nasional Basic Science Vi F-Mipa Unpatti*.
- Vicente, G., Martinez, M., Aracil, J., Esteban, A. (2005). Kinetics Of Sunflower Oil Methanolysis. *Ind. Eng Chem Res*, 44, 5447–5454.
- Arbianti R, Tania S U, D. N. (2007). Pengaruh Kondisi Reaksi Transesterifikasi CPO terhadap Produk Metil Palmitat dalam Reaktor Tumpak dan Reaktor Tumpak Sirkulasi. *Seminar Nasional Fundamental Dan Aplikasi Teknik Kimia*. surabaya: FTI-ITS.
- Knothe G. (2005). Dependence Of Biodiesel Fuel Properties On The Structure Of Fatty Acid Alkyl Esters. *Fuel Processing Technology*, 86, 1059–1070.
- Lotero E, Liu Y, Lopez DE., Suwannakarn K, Bruce DA, & Goodwin JG, J. (2005). Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis,. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 44 No 14, 5353–5363.
- Mittlebach, M., R. (2006). *Biodiesel The Comprehensive Handbook* (Vienna, Ed.). Austria: Boersedruck Ges m.b.H.
- Oktaningrum, G. N. (2010). *Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH Dan Suhu Pada Proses Transesterifikasi In Situ Bungkil Wijen (Sesame Cake) Terhadap Produksi Biodiesel*. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Prihandana, R., Nuramin, M., Dan Hendroko, R. (2006). Menghasilkan Biodesel Murah Mengatasi Polusi Dan Kelangkaan BBM. *Agromedia Pustaka*.
- S, K. (2005). *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Penerbit UI Press.
- Setyaningsih, D., Hambali, E., & Ferobie, O. (2010). Pembuatan Pupuk Potasium Dari Proses Pemurnian Gliserol Hasil Samping Industri Biodiesel. *Konferensi Nasional*.
- Sundayono, A. (2011). Karakteristik Biodiesel dan Blending Biodiesel Dari Oil Losses Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit. *J. Tek. Ind. Pert*, 21 No 1, 34–40.
- Sutapa I.W, R. (2014). Pengaruh Berat Katalis, Suhu Dan Waktu Reaksi Terhadap

Produk Biodiesel Dari Lemak Sapi. *Prosiding Seminar Nasional Basic Science Vi F-Mipa Unpatti*.

Vicente, G., Martinez, M., Aracil, J., Esteban, A. (2005). Kinetics Of Sunflower Oil Methanolysis. *Ind. Eng Chem Res*, 44, 5447–5454.