

ESTERIFIKASI *CRUDE PALM OIL* (CPO) MENGGUNAKAN KATALIS ZEOLIT ALAM TERAKTIFASI ASAM PADA PROSES PEMBUATAN BIODIESEL MELALUI METODE DUA TAHAP (ESTERIFIKASI-TRANSESTERIFIKASI)

Rahmiyati Kasim¹⁾, Dwi Setyaningsih²⁾ dan Hery Haerudin³⁾

¹⁾ Alumni Pasca Sarjana IPB dan Staf Dosen Universitas Negeri Gorontalo

²⁾ Dosen Jurusan Teknologi Industri Pertanian FATETA IPB

³⁾ LIPI KIMIA-Serpong

Korespondensi : Email : rahmiyati.kasim@yahoo.com

ABSTRAK

Biodiesel, a renewable fuel is normally produced from refine oil and methanol in the presence of a catalyst; conventionally it is used a basic homogeneous catalyst. However, when oil with high amount of free fatty acid (FFA) is used, this catalyst should not be used with the aim to avoid the production soap. In this work, FFA present in crude palm oil (CPO) were esterified with activated natural zeolite catalyst. The esterification reaction was carried out 60°C, with a 23.41 : 1 molar ratio of methanol to CPO, reaction time of 170 minute and catalyst amount of 1.59 %, conversion FFA of CPO was 64.23 %. In this work, biodiesel yield achieved was around 71.97 %.

Keywords : Esterification, Crude Palm Oil, Zeolite, Biodiesel

PENDAHULUAN

Permasalahan energi yang dihadapi Indonesia sekarang ini adalah kebutuhan energi nasional yang besar dan meningkat setiap tahun sementara cadangan dan produksi bahan bakar minyak (BBM) semakin terbatas, sehingga sejak beberapa tahun terakhir Indonesia telah berubah dari eksportir menjadi net importer minyak mentah (Idris, 2006). Permasalahan krisis energi ini membuka peluang yang besar untuk pengembangan biodiesel di Indonesia sebagai sumber energi alternatif.

Biodiesel merupakan bahan bakar substitusi solar/diesel yang diproduksi melalui transesterifikasi minyak nabati seperti minyak sawit, minyak jarak, minyak kelapa dan lain-lain. Salah satu bahan baku biodiesel yang memiliki potensi besar di Indonesia adalah minyak sawit dalam bentuk *crude palm oil* (CPO). Produksi CPO di Indonesia tahun 2008 mencapai 18.1 juta ton (Deptan, 2010).

Biodiesel pada umumnya diproduksi melalui transesterifikasi trigliserida dari minyak nabati menggunakan metanol dan katalis alkali seperti KOH dan NaOH. Jenis

katalis alkali ini sangat sensitif terhadap kandungan asam lemak bebas dan kadar air dalam minyak dan metanol. Penggunaan bahan baku minyak yang mengandung asam lemak bebas (FFA) yang tinggi seperti CPO pada reaksi transesterifikasi menggunakan katalis alkali menyebabkan terbentuknya sabun. Pembentukan sabun pada proses produksi biodiesel menyebabkan kesulitan dalam proses pemisahan dan pemurnian biodiesel (Marchetti, dkk., 2007; Chung dan Park, 2009; Sathyaselvabala dkk., 2010). Untuk mengatasi hal ini, perlu dilakukan *pretreatment* bahan baku melalui esterifikasi.

Esterifikasi umumnya menggunakan katalis asam homogen seperti asam sulfat (H₂SO₄) dan asam klorida (HCl). Jenis katalis homogen asam ini bersifat toksik sehingga menjadi masalah lingkungan, bersifat korosif, mengkontaminasi produk akhir biodiesel serta sulit dilakukan proses pemisahan. Menurut Yan dkk., (2009), bahwa katalis heterogen lebih toleran terhadap kandungan asam lemak bebas (FFA) dan kadar air yang tinggi dalam minyak. Keuntungan lain penggunaan katalis heterogen ini yaitu mudah dilakukan

pemisahan, tidak bersifat toksik serta dapat didaur ulang (Park dkk., 2010).

Jenis katalis heterogen asam yang dapat digunakan dalam proses produksi biodiesel adalah zeolit. Zeolit sebagai katalis disebabkan karena zeolit menunjukkan aktivitas asam yang cukup besar dan terutama karena sifat selektifitasnya (*shape selective*) (Chung dan Park, 2009). Zeolit dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu zeolit alam dan zeolit sintetik.

Penelitian ini menggunakan zeolit alam sebagai katalis heterogen pada reaksi esterifikasi karena harganya relatif murah dan berlimpah, memiliki sifat kimia dan fisika yang bervariasi serta tidak beracun sehingga lebih ramah lingkungan (Handoko, 2002). Namun zeolit alam pada umumnya memiliki aktifitas katalitik rendah sehingga perlu diaktivasi sebelum digunakan (Handoko, 2002). Aktivasi zeolit dapat dilakukan dengan cara pemanasan, penambahan asam atau basa. Jenis aktivasi zeolit yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode pengasaman yaitu dengan menambahkan asam klorida (HCl) dan asam sulfat (H₂SO₄).

Penelitian sebelumnya tentang penggunaan zeolit sebagai katalis pada proses pembuatan biodiesel telah banyak dilakukan antara lain penelitian yang dilakukan oleh Chung dkk., (2008) menggunakan zeolit jenis ZSM-5 (MFI) dan modernit (MOR) sebagai katalis pada reaksi esterifikasi campuran minyak jelantah dan 10 % (v/v) asam oleat yang menghasilkan konversi FFA sebesar 60.6–80.6 % untuk katalis ZSM-5 (MFI) dan 76.5–80.9 % untuk katalis modernit (MOR). Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Marchetti dan Errazu (2008) yang memperoleh konversi FFA dibawah 30 % menggunakan jenis katalis sintetik NaY dan USY pada reaksi esterifikasi asam oleat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktifitas katalis zeolit alam teraktivasi asam pada reaksi esterifikasi CPO dan pengaruhnya terhadap karakteristik biodiesel yang dihasilkan melalui metode dua tahap (esterifikasi-transesetifikasi). Selain itu karakteristik zeolit alam teraktivasi juga diuji yang meliputi meliputi rasio Si/Al dan tingkat keasaman.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan April Tahun 2009 sampai Mei Tahun 2010 di laboratorium SBRC Institut Pertanian Bogor dan laboratorium Jurusan Teknologi Industri Pertanian Institut Pertanian Bogor. Analisa dilakukan di laboratorium Jurusan TIN Institut Pertanian Bogor, Laboratorium BALITTANAH Bogor dan laboratorium SBRC Institut Pertanian Bogor.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *crude palm oil* (CPO), zeolit alam Bayah. Bahan-bahan kimia yang digunakan antara lain metanol, HCl p.a 37 % *merck*, H₂SO₄ p.a 96-97 % *merck*, etanol 95%, KOH, aqua DM, indikator PP (*phenolphthalein*), aquades dan bahan kimia lainnya.

Peralatan yang digunakan terdiri dari labu leher empat ukuran 1 liter, erlenmeyer, gelas piala, tanur, oven, *hot plate stirrer*, labu pemisah, kondensor, desikator, AAS untuk analisa komposisi zeolit, dan peralatan gelas untuk analisa.

Prosedur

Preparasi katalis zeolit alam

Metode aktivasi yang digunakan berdasarkan metode yang digunakan oleh Dapaah dkk., (1997) dan Xie dkk., (2007). Caranya yaitu : 10 gram zeolit alam yang telah dikeringkan di oven pada suhu 110⁰C selama 2 jam direndam dengan larutan HCL 1 M sebanyak 250 ml pada suhu ruang selama 24 jam selama 3 jam. Selanjutnya zeolit disaring dan dicuci dengan aqua DM. kemudian dilakukan proses pengeringan selama 6 jam pada suhu 120⁰C dan dikalsinasi pada suhu 500⁰C selama 3 jam menghasilkan zeolit HZ-C. Zeolit HZ-C direndam kembali dengan 10 % asam sulfat (H₂SO₄) dengan metode yang sama pada suhu ruang dan diberi kode HZ-CS. Karakterisasi zeolit alam sebelum dan sesudah proses aktivasi meliputi komposisi Si, Al dan uji keasaman. Komposisi Si ditentukan secara gravimetri, Al menggunakan AAS, dan keasaman zeolit dihitung secara gravimetri dengan metode adsorpsi desorpsi amoniak.

Reaksi esterifikasi menggunakan katalis zeolit teraktivasi

Kondisi reaksi reaksi esterifikasi dilakukan dengan rasio molar metanol *anhydrous* dan CPO 23.41 : 1, konsentrasi katalis zeolit 1.59 %, suhu reaksi $\pm 60^{\circ}\text{C}$, dan lama reaksi 170 menit (2 jam 50 menit) serta kecepatan pengadukan 300 rpm. Caranya : diawali dengan proses pencampuran katalis zeolit teraktivasi dengan metanol pada suhu 60°C selama 30 menit. Selanjutnya penambahan CPO yang telah dipanaskan sebelumnya pada suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit dan reaksi esterifikasi dimulai pada suhu 60°C selama 170 menit dengan kecepatan pengadukan 300 rpm. Setelah reaksi berhenti, dilakukan proses pemisahan katalis zeolit dan metanol sisa menggunakan pompa vakum dan labu pemisah. Campuran FAME dan trigliserida hasil esterifikasi kemudian dihitung bilangan asam dan konversi FFA. Penentuan bilangan asam berdasarkan SNI 01-3555-1998. Konversi FFA dihitung dengan menggunakan rumus :

$$X_{ffa} = \frac{A - B}{A} 100 \% \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

X_{ffa} = Konversi FFA (%)

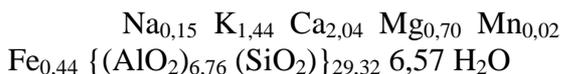
A = Bilangan asam bahan baku (mg KOH/g)

B = Bilangan asam perlakuan setelah esterifikasi (mg KOH/g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Zeolit

Zeolit Bayah yang digunakan pada penelitian ini merupakan zeolit campuran 18.20 % klinoptilolit dan 47.80 % mordenit (MTDC, 1993). Las (2010) menuliskan rumus kimia oksida dari zeolit Bayah sebagai berikut :



Proses aktivasi zeolit dengan asam akan mempengaruhi komposisi silika (SiO_4) dan alumina (Al_2O_4) yang merupakan kerangka utama dari zeolit, ratio Si/Al dan tingkat keasaman zeolit. Komposisi Si, Al, ratio Si/Al dan jumlah

asam dari zeolit Bayah sebelum dan sesudah diaktivasi dengan asam dapat dilihat pada Tabel 1.

Komposisi Si dari sampel zeolit teraktivasi dengan asam (HZ-CS) pada Tabel 1 mengalami peningkatan dari 4.69 % menjadi 5.38 %. Tabel 1 juga menunjukkan adanya penurunan komposisi aluminium (Al) pada sampel zeolit teraktivasi dengan asam. Zeolit alam (NZ) sebelum diaktivasi mengandung komposisi aluminium (Al) sebesar 1.91 %. Setelah dilakukan proses aktivasi dengan asam (sampel HZ-CS), komposisi Al dalam zeolit menurun sampai 0.28 %. Penurunan kandungan Al pada zeolit ini disebabkan karena adanya proses dealuminasi. Proses dealuminasi adalah proses terlepasnya Al di dalam kerangka menjadi di luar kerangka karena adanya perlakuan asam. Penurunan Al ini disertai dengan penurunan kation-kation yang terkait dalam kerangka Al. Hal ini disebabkan karena perendaman zeolit dalam larutan asam yang relatif pekat dalam waktu yang cukup lama akan melarutkan sejumlah Al di dalam kerangka zeolit (Dapaah 1997; Handoko 2002).

Penurunan komposisi aluminium (Al) dalam zeolit (dealuminasi) menyebabkan terjadinya peningkatan rasio Si/Al. Zeolit alam yang teraktivasi dengan asam (HZ-CS) menghasilkan rasio Si/Al yang lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit alam tidak teraktivasi (NZ) (Tabel 1). Zeolit yang memiliki rasio Si/Al yang tinggi akan mempunyai kekuatan asam yang tinggi, meningkatkan kristalinitas, stabil terhadap suhu tinggi dan lingkungan yang asam, bersifat hidrofobik dan akan menyerap molekul yang tidak polar sehingga baik untuk digunakan sebagai katalisator asam (Csicszer, 1986; Handoko, 2002; Saputra, 2006; Setiadi & Fitria, 2006)

Tabel 1 Komposisi Si, Al, rasio Si/Al dan jumlah asam dari zeolit alam sebelum dan sesudah aktivasi asam

Jenis Perlakuan	Komposisi Si (%)	Komposisi Al (%)	Rasio Si/Al	Jumlah Asam (mmol/g)
NZ*	4.69	1.91	2.46	1.65
HZ – CS	5.38	0.28	19.18	1.22

*NZ : Zeolit alam tidak diaktivasi; HZ–CS : Zeolit alam diaktivasi dengan 1 M HCl + 10 % H₂SO₄

Tabel 2 Karakteristik biodiesel hasil penelitian

Karakteristik Biodiesel	Hasil pengukuran
bilangan asam (mg KOH/g)	0.22
Kadar ester (%)	99.27
Kadar gliserol total (%-b)	0.29
Kadar gliserol bebas (%-b)	0.01
Viskositas kinematik suhu 40°C mm ² /s (cSt)	5.85

Peningkatan rasio Si/Al juga mengakibatkan penurunan ukuran pori dari katalis zeolit karena rantai Si-O lebih pendek daripada rantai Al-O sehingga ukuran kerangka menjadi lebih kecil (Handoko, 2003; Kamarudina dkk., 2003). Penurunan ukuran pori pada zeolit teraktivasi meningkatkan selektivitas katalis terhadap reaktan yang masuk dan produk yang dikeluarkan dari dalam pori zeolit. Penurunan pori ini juga disertai dengan peningkatan luas permukaan sehingga meningkatkan kontak antara katalis dengan reaktan.

Sisi asam dihubungkan dengan kerangka atom aluminium. Sebagian besar zeolit termasuk ZSM-5, kekuatan asam berhubungan terbalik dengan konsentrasi dari kerangka aluminium sampai dengan rasio Si/Al sekitar 10. Diatas rasio ini, kandungan aluminium tidak akan mempengaruhi kekuatan asam. Jumlah asam berhubungan secara langsung dengan konsentrasi dari kerangka aluminium (Csicsery 1986). Data hasil penelitian pada Tabel 1 menunjukkan adanya perbedaan jumlah asam dari zeolit

teraktivasi dengan asam (HZ-CS) dan zeolit tidak teraktivasi (NZ). Jenis sampel zeolit yang diaktivasi dengan 1 M HCl dan 10 % H₂SO₄ (Sampel HZ–CS) mengalami penurunan jumlah asam disebabkan karena banyaknya jumlah atom aluminium larut dalam larutan asam yang cukup pekat dalam waktu yang cukup lama (Dapaah, 1997).

Aktifitas Katalis Zeolit alam Teraktivasi Asam pada Reaksi Esterifikasi CPO

Reaksi esterifikasi pada proses pembuatan biodiesel bertujuan untuk menurunkan asam lemak bebas (FFA) dari minyak dimana asam lemak ini akan diubah dalam bentuk ester. Esterifikasi biasanya menggunakan katalis asam pendonor proton seperti asam sulfat dan sulfonat. Penggunaan jenis katalis homogen ini pada proses esterifikasi menyebabkan kontaminasi sulfur pada produk akhir ester. Selain itu penggunaan katalis homogen juga membutuhkan netralisasi dengan alkali sehingga efisiensi proses kurang dari 96 % dan menghasilkan limbah (Lim *et.al* 2009). Peran katalis homogen asam pada penelitian ini diganti dengan katalis heterogen zeolit

alam yang diaktivasi dengan asam pada reaksi esterifikasi.

Pengujian aktivitas zeolit digunakan sebagai katalis pada reaksi esterifikasi CPO dengan konsentrasi katalis 1.59 % (b/b), rasio molar metanol *anhydrous* dan CPO 23.41 : 1 selama 170 menit (2 jam 50 menit) pada suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ dengan kecepatan pengadukan 300 rpm. CPO yang digunakan sebagai bahan baku mengandung asam lemak bebas (FFA) awal sebesar 8.15 %. Kandungan FFA CPO setelah reaksi esterifikasi menggunakan katalis zeolit alam teraktivasi asam pada penelitian ini mengalami penurunan menjadi 2.91 % dengan konversi FFA sebesar 64.23 %.

Konversi FFA hasil esterifikasi menggunakan katalis zeolit alam teraktivasi yang diperoleh pada penelitian ini masih lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ozbay *et al.* (2008) dan Marchetti dan Errazu (2008). Ozbay *et al.* (2008) menggunakan resin penukar ion (Amberlyst-15, Amberlyst-35, Amberlyst-16 dan dowex HCR-W2) sebagai katalis pada reaksi esterifikasi minyak jelantah dengan konsentrasi katalis 1–2 % (b/b) dan metanol sebanyak 20 % (v/v) pada suhu $50\text{--}60^{\circ}\text{C}$ selama ± 150 menit menghasilkan konversi FFA ≤ 45.7 %. Sedangkan Marchetti dan Errazu (2008) menghasilkan konversi FFA < 30 % pada reaksi esterifikasi asam oleat menggunakan katalis zeolit jenis NaY dengan konsentrasi 2.6 % (b/b), rasio molar etanol *anhydrous* dan asam oleat 6.13:1 pada suhu 55°C selama ± 150 menit.

Struktur dan karakteristik zeolit mempengaruhi aktivitas zeolit sebagai katalis. Sifat katalis dipengaruhi oleh keasaman, luas permukaan, bentuk dan ukuran pori (Tamunaidu, 2006). Kenaikan rasio Si/Al pada sampel zeolit teraktivasi asam (HZ-CS) pada Tabel 1 menghasilkan konversi FFA yang cukup tinggi. Csicsery (1986) menyatakan bahwa rasio Si/Al yang tinggi berkaitan dengan kemampuan sifat hidrofobik. Lebih lanjut dikatakan bahwa sifat hidrofobik tergantung pada konsentrasi aluminium dan struktur zeolit, seperti pada ZSM-5 yang memiliki kandungan alumina rendah serta zeolit dengan rasio Si/Al yang tinggi lebih memiliki sifat hidrofobik

dibandingkan dengan jenis oksida amorphous dan kristalin yang lain. Sifat hidrofobik katalis merupakan salah satu faktor penting pada reaksi esterifikasi karena sifat hidrofobik katalis mempermudah adsorpsi asam hidrofobik dan dapat mengusir air yang dilepaskan dari permukaan katalis setelah proses esterifikasi (Sathyaselvabala dkk., 2010). Park dkk., (2010), yang diacu dalam Sathyaselvabala dkk., (2010) melaporkan bahwa adanya molekul air pada campuran reaksi menghambat konversi asam lemak bebas (FFA) menjadi metil ester karena keracunan sisi asam katalis. Oleh karena itu peningkatan sifat hidrofobik katalis merupakan faktor penting untuk konversi asam lemak yang efektif.

Zeolit yang diaktivasi dengan asam klorida (HCl) dan asam sulfat (H_2SO_4) (sampel HZ-CS) menghasilkan konversi FFA cukup tinggi meskipun memiliki tingkat keasaman yang lebih rendah dari zeolit alam. Menurut Chung dkk. (2008), bahwa hal ini disebabkan karena adanya faktor lain disamping jumlah asam yang mempengaruhi aktivitas zeolit sebagai katalis pada reaksi yaitu ukuran dan bentuk pori zeolit. Pada penelitian ini zeolit yang diaktivasi dengan asam 1 M asam klorida dan 10 % asam sulfat (sampel HZ-CS) pada suhu ruang yang mempunyai jumlah asam 1.22 mmol/g dengan rasio Si/Al sebesar 19.18 menghasilkan konversi FFA sebesar 64.23 % disebabkan karena jenis zeolit ini memiliki distribusi ukuran pori yang cocok dengan ukuran molekul reaktan sehingga lebih memungkinkan untuk masuknya reaktan ke dalam pori dan melangsungkan aktivitas reaksi esterifikasi didalam pori tersebut.

Peran struktur pori zeolit sangat penting dalam proses katalis karena selain berperan sebagai mikroreaktor, juga karena pori inilah diperoleh reaksi katalitik yang diinginkan menurut selektivitas (Handoko 2003). Faktor penting dari penggunaan zeolit sebagai katalis pada semua jenis reaksi adalah mikroporous zeolit yang unik dimana bentuk dan ukuran pori mengontrol masuknya reaktan dan produk serta berpengaruh pada reaksi kimia (Chew, 2009). Oleh karena itu zeolit dikenal dengan katalis yang memiliki sifat *shape selective*. Selanjutnya menurut

Chew (2009) juga bahwa zeolit lebih efektif untuk molekul reaktan yang berukuran lebih besar dengan mengkombinasikan struktur mikroporous zeolit dengan struktur mesoporous reaktan mempunyai kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi (Twaiq dkk., 2004).

Reaksi Transesterifikasi dan Karakteristik biodiesel

Campuran FAME dan trigliserida hasil esterifikasi *crude palm oil* (CPO) menggunakan katalis zeolit alam teraktivasi (jenis HZ-CS) diproses lagi ke tahap kedua yaitu reaksi transesterifikasi untuk menghasilkan metil ester (biodiesel). Reaksi transesterifikasi ini menggunakan katalis homogen basa KOH dan menghasilkan rendemen biodiesel yang cukup tinggi yaitu sebesar 71.97 %. Karakteristik biodiesel yang diperoleh pada reaksi transesterifikasi disajikan pada Tabel 2.

Bilangan Asam

Bilangan asam dari biodiesel hasil penelitian ini sebesar 0.22 mg KOH/g dan hal ini memenuhi kriteria biodiesel menurut Standar Mutu Biodiesel Indonesia (SNI 04-7182-2006) mempersyaratkan bilangan asam biodiesel maksimum 0.8 mg KOH/g. Bilangan asam biodiesel hasil penelitian ini lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang diperoleh oleh Widyawati (2007) dengan bilangan asam sebesar 0.54 mg KOH/g. Mittelbach dan Remschmidt (2006) menyatakan bahwa bilangan asam biodiesel dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jenis dan tingkat kemurnian dari bahan baku minyak yang digunakan dalam proses produksi biodiesel, proses produksi seperti katalis asam yang digunakan pada reaksi esterifikasi, dan proses penyimpanan biodiesel. Kandungan asam lemak bebas (FFA) yang tinggi pada biodiesel dapat menimbulkan korosif dalam mesin.

Kadar Ester

Kadar ester biodiesel berdasarkan Standar Biodiesel Indonesia yaitu FBI-S01-03 minimum mengandung 96.5 %. Penghitungan kadar ester berdasarkan data bilangan penyabunan, gliserol total dan gliserol bebas biodiesel hasil penelitian menghasilkan kadar ester sebesar 99.27% , yang berarti telah memenuhi Standar Biodiesel Indonesia.

Mittelbach dan Remschmidt (2006) mengemukakan bahwa kadar ester merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mendeteksi adanya campuran bahan lain pada produk biodiesel seperti bahan bakar diesel.

Gliserol bebas

Kadar gliserol bebas dari hasil penelitian diperoleh 0.01 %-b. Hasil ini telah memenuhi Standar Mutu Biodiesel Indonesia (SNI 04-7182-2006) yang mensyaratkan kadar gliserol bebas maksimum 0.02 %-b. Kandungan gliserol bebas tergantung dari proses produksi. Peningkatan kadar gliserol bebas disebabkan karena proses pencucian biodiesel yang belum cukup dan terjadinya hidrolisis dari monogliserida, digliserida dan trigliserida yang tersisa dalam biodiesel. Kadar gliserol bebas dan monogliserida dalam biodiesel akan menimbulkan korosif, menimbulkan pengendapan pada filter bahan bakar dan meningkatkan emisi (Mittelbach dan Remschmidt 2006).

Gliserol Total

Gliserol total adalah jumlah dari gliserol bebas dan gliserol terikat. Gliserol terikat merupakan gliserol yang terikat pada molekul mono-, di- dan trigliserida. Standar Mutu Biodiesel Indonesia (SNI 04-7182-2006) mensyaratkan kandungan gliserol total dari biodiesel maksimum 0.24 %-b. Biodiesel hasil penelitian mempunyai kadar gliserol total sebesar 0.29 %-b , hal ini berarti belum memenuhi Standar Mutu Biodiesel Indonesia.

Viskositas Kinematik pada 40°C

Viskositas kinematik merupakan daya tahan (resistensi) untuk mengalir dari fluida di bawah gravitasi (Gerpen dkk., 2004). Viskositas bahan bakar yang tinggi menyebabkan sistem injeksi dan pembakaran tidak berjalan sempurna serta menyebabkan deposit pada mesin. Standar Mutu Biodiesel Indonesia (SNI 04-7182-2006) mensyaratkan viskositas kinematik pada 40°C dari biodiesel sebesar 2.3–6 mm²/s (cSt). Biodiesel hasil penelitian mempunyai viskositas kinematik pada 40°C sebesar 5.85 mm²/s (cSt), hal ini berarti telah memenuhi Standar Mutu Biodiesel Indonesia.

KESIMPULAN

Hasil penelitian aktivasi zeolit alam Bayah menggunakan asam mempengaruhi karakteristik zeolit bayah yang terdiri dari komposisi silika (Si) dan aluminium (Al) serta rasio Si/Al. Kandungan aluminium pada sampel zeolit teraktivasi asam (1 M HCl dan 10 % H₂SO₄) mengalami dealuminasi yang menyebabkan penurunan konsentrasi kandungan aluminium dari 1.91 % menurun menjadi sekitar 0.28 %. Jumlah asam dari zeolit alam teraktivasi asam mengalami penurunan.

Hasil penelitian mengenai aktifitas katalis zeolit alam teraktivasi asam (1 M HCl dan 10 % H₂SO₄) terhadap konversi FFA pada reaksi esterifikasi *crude palm oil* (CPO) mencapai 64.23 %.

Rendemen biodiesel yang diperoleh dari reaksi dua tahap transesterifikasi-esterifikasi menghasilkan rendemen sebesar 71.97 %. Karakteristik biodiesel hasil penelitian memiliki bilangan asam sebesar 0.22 mg/KOH/g, kadar ester 99.27 %, kadar gliserol total 0.29 %-b, kadar gliserol bebas 0,01 %-b dan viskositas kinematik pada 40°C sebesar 5.85 mm²/s (cSt). Karakteristik biodiesel tersebut telah memenuhi Standar Mutu Biodiesel Indonesia (SNI 04-7182-2006) kecuali kadar gliserol total yang masih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Chew TL 2009. Effect of catalyst additives on the production of biofuels from palm oil cracking. *J Bioresource Technology* 100 : 2540–2545
- Chung KW, DR Chang dan BG Park. 2008. Removal of fatty acid in waste frying oil by esterification with methanol on zeolite catalysts. *J Bioresource Technology* 99 : 7438-7443.
- Chung KW dan BG Park. 2009. Esterification of oleic acid in soybean oil on zeolite catalysts with different acidity. *J of Industrial and engineering Chemistry* 15: 388-392.
- Csicsery. 1986. Catalysis by shape selective zeolites science and technology. *J Pure and Appl. Chem* Vol 58. No.6, pp.841-856.
- Dapaah JKA, L Andaluna, T Kobayashi, Y Uemichi dan M Sugioka. 1997. Enhancement of catalytic activity of natural zeolites by surface modification for 1-butene Isomerization. Mem. Muroran Inst. Tech, 47 : 89-95
- [Deptan] Departemen Pertanian. 2010 . *Basis Data Pertanian*. www.deptan.go.id. [2 Juni 2010]
- Gerpen JV, B Shanks, R Pruszko, D Clements dan G Knothe. 2004. *Biodiesel Production Technology*. United State of America: National Renewable Energi Laboratory.
- Handoko DSP. 2002. Preparasi katalis cr/zeolit melalui modifikasi zeolit alam. *J Ilmu Dasar*, Vol.3 No.1:15-23
- Handoko DSP. 2003. Aktivitas katalis Cr/zeolit dalam reaksi konversi katalitik fenol dan metal isobutyl keton. *J Ilmu Dasar*, Vol.4 No.2:70-76
- Idris F. 2006. Pengembangan industri biodiesel di Indonesia. Di dalam : Prosiding Simposium Biodiesel Indonesia 5-6 september 2006 hlm 35-45. Jakarta.
- Kamaruddin KSN, H Mata dan H Hamdan. 2003. Structural synthesis and modification of zeolite as methane adsorbent. Universitas Teknologi Malaysia.
- Las T. 2010. Potensi zeolit untuk mengolah limbah industri dan radioaktif. <http://www.Batan.go.id>. [Juni 2010].
- Lim HN, MA Yarmo, NM Huang, PS Khiew dan WS Chiu. 2009. Sythesis characterization and catalytic performance of porous nafion resin/silica nanocomposites for esterification of lauric acid and methanol. *J of Physical Science* Vol 20 (2) : 23 – 36.
- Marchetti JM, VU Miguel dan AF. Errazu. 2007. Heterogeneous esterification of oil with high amount of free fatty acids. *J Fuel* 86 : 906 – 910.
- Marchetti JM dan AF. Errazu. 2008. Comparison of different heterogeneous catalysts and different alcohols for the

- esterification reaction of oleic acid. *J Fuel* 87 : 3477 – 3480.
- Mittelbach M dan C Remschmidt. 2006. *Biodiesel The Comprehensive Handbook*. Ed ke-3. Austria : Martin Mittelbach Publisher. Am Blumenhang.
- [MTDC] Mineral Technology Development Center. 1993. *Report of International Research and Development Cooperation Itit Project* No. 89-1-2. Study on Utilization of Natural Zeolit Indonesia-Jepang.
- Ozbay N, N Oktar dan NA Tapan. 2008. Esterification of Free Fatty acid in Waste Cooking Oils (WCO) : Role of Ion-Exchange Resins. *J Fuel* 87: 1789 – 1798.
- Park JY, ZM Wang, DK Kim dan JS Lee. 2010. Effects of water on the esterification of free fatty acids by acid catalysts. *J Renewable Energy* 35:614-618
- Saputra R. 2006. Pemanfaatan Zeolit Sintesis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri. www.Google.com. [Desember 2008].
- SathyaSelvabala V, TK Varathachary, DK Selvaraj, V Ponnusamy dan S Subramanian. 2010. Removal of free fatty acid in *Azadirachata Indica* (Neem) seed oil using phosphoric acid modified modernite for biodiesel production. *J Biosource Technology* Doi : 10.1016/j.bortech.2010.02.092
- Setiadi dan RM Fitria. 2006. Proses Katalitik Sintesis Hidrokarbon Fraksi Bensin dari Minyak Sawit Menggunakan Katalis B₂O₃/Zeolit. Di dalam : Prosiding Seminar Nasional MKICS Universitas Indonesia, 26-27 Juni 2006.
- Twaiq FAA, AR Mohamad, S Bhatia. 2004. Di dalam : Chew TL 2009. Effect of catalyst additives on the production of biofuels from palm oil cracking. *J Bioresource Technology* 100 : 2540–2545
- Widyawati Y. 2007. Disain proses dua tahap esterifikasi-transesterifikasi (estrans) pada pembuatan metil ester (biodiesel) dari minyak jarak pagar (*Jatropha curcas,L*) [Tesis]. Bogor : Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Xie WX, Huang dan H. Li. 2007. Soybean oil methyl esters preparation using NaX zeolites loaded with KOH as a heterogeneous catalyst. *J Bioresource technology* 98 : 936-939.
- Yan S, SO Salley, dan KY Simon Ng. 2009. Simultaneous transesterification and esterification of unrefined or waste oils over ZnO-La₂O₃. *J Applied Catalysis* 353:203-212.