

PERFORMA KATALIS BASA NaOH DAN ZEOLITE/NaOH PADA SINTESA BIODIESEL SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

Eka Kurniasih^{1*}, Pardi²

^{1,2}Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe,
Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280,3, Lhokseumawe, Aceh
*Email: echakurniasih@yahoo.com

ABSTRAK

Biodiesel adalah senyawa dengan kandungan senyawa ester minimal 96,5% untuk dapat diklasifikasikan sebagai bahan bakar alternatif pengganti petroleum diesel. Biodiesel merupakan harapan bagi energi alternatif masa depan, karena dapat disintesa dari bahan baku terbarukan dan hasil pembakarannya tidak mengandung sulfur. Biodiesel dapat diproduksi melalui reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati performa katalis basa NaOH dan Zeolite/NaOH dalam produksi biodiesel berdasarkan perolehan kandungan senyawa ester pada produk. Pada penelitian ini sumber trigliserida diperoleh dari Crude Palm Oil (CPO) yang direaksikan dengan CH₃OH menggunakan katalis NaOH dan Zeolite/NaOH dengan rasio 0,5%; 1,0%; 1,5%, 2,0% dan 2,5% (b/v). Reaksi berlangsung pada temperatur 65°C selama 2 jam dengan kecepatan pengadukan 600 rpm. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa produk biodiesel dengan NaOH memiliki kandungan ester sebesar 97,90% sedangkan dengan katalis zeolite/NaOH sebesar 63,51%. Kandungan ester yang dihasilkan oleh katalis NaOH telah memenuhi standar SNI 04-7182-2006. Karakteristik biodiesel dengan katalis NaOH adalah densitas 0,890 gr/cm³, penurunan asam lemak bebas 89,9%, bilangan asam 0,2 mg KOH/gr viskositas kinematik 3,5 cP dan nilai titik nyala 130°C. Sedangkan karakteristik biodiesel dengan katalis zeolite/NaOH adalah densitas 0,860 gr/cm³, penurunan asam lemak bebas 70,60%, bilangan asam 0,4 mg KOH/gr viskositas kinematik 3,7cP dan titik nyala 110°C.

Kata kunci: Bahan Bakar, Biodiesel, Katalis, NaOH, Transesterifikasi

ABSTRACT

Biodiesel was a compound with a minimum ester content at least 96.5% to be classified as an alternative fuel for petroleum diesel replacement. Biodiesel was a hope for the future energy alternatives, because it could be synthesized from renewable raw materials and the product combustion did not contained sulfur material. Biodiesel could be produced through a transesterification reaction used an alkaline catalyst. This research aims to observed the performance of base catalyst of NaOH and Zeolitee NaOH in the production of biodiesel based on the acquisition of ester compound in the product. In this research the source of triglyceride was obtained from Crude Palm Oil (CPO) which was reacted with CH₃OH using NaOH and Zeolitee/NaOH catalysts with a ratio of 0.5%; 1.0%; 1.5%, 2.0% and 2.5% (w/v). The reaction done at temperature of 65°C for 2 hours with a stirring speed of 600 rpm. From the research result, was found that biodiesel product with NaOH had an ester content of 97,90% while with zeolitee/NaOH catalyst was 63,51%. The ester content produced by the NaOH catalyst had been standardized by SNI 04-7182-2006. Characteristics of biodiesel with NaOH catalyst were density at 0.890 gr / cm³, decreasing of free fatty acid at 89.9%, acid value 0.2% mg KOH/gr, kinematic viscosity at 3.5 cP and flash point value at 130°C. While the characteristics of biodiesel with zeolite/NaOH catalyst were density at 0,860 gr / cm³, decreasing of free fatty acid at 70,60%, acid value 0,4 mg KOH/mg, kinematic viscosity at 3,7cP and flash point at 110°C.

Keywords : Fuel, Biodiesel, Catalyst, NaOH, Transesterification

PENDAHULUAN

Dalam kurun waktu satu dekade ini, Indonesia telah mengalami krisis energi akibat menipisnya cadangan minyak bumi dalam negeri dan tingginya harga bahan bakar minyak yang berasal dari impor. Keadaan ini memaksa masyarakat untuk dapat beradaptasi

dengan cara melakukan penghematan besar-besar dalam menggunakan energi. Tetapi hal ini bukan merupakan solusi yang tepat dan tidak dapat dilakukan selamanya. Hal ini karena bahan bakar minyak (BBM) merupakan sumber energi utama di Indonesia. (Padil, 2010).

Hampir seluruh aktivitas menggunakan bahan bakar minyak untuk menjalankannya. Tidak heran bila akhirnya pemerintah mengeluarkan Perpres No.5 Tahun 2006 tentang Energi Terbarukan, mengenai izin untuk melakukan riset dibidang energi terbarukan yang bertujuan untuk memberika peluang bagi peneliti untuk menemukan energi alternatif pengganti bahan bakar minyak. Telah ditemukan berbagai energi alternatif antara lain biotenaol sebagai pengganti minyak tanah, biogas sebagai pengganti LPG, biobriket sebagai pesaing batu bara dan biodiesel sebagai pengganti petroleum diesel. Tetapi dari semua energi alternatif ini, biodiesel dinilai memiliki banyak keunggulan diantaranya bahan baku yang digunakan merupakan senyawa trigliserida yang berasal dari sumber daya hayati, hasil pembakarannya tidak mengandung sulfur sehingga bebas dari hujan asam, teknologi produksi relatif mudah.

Biodiesel adalah senyawa ester yang mengikat gugus alkil berupa metil, etil propil atau butil. Tetapi hingga saat ini, senyawa ester yang mengikat alkil berupa metil masih menjadi pilihan utama. Hal ini disebabkan metanol lebih reaktif dibandingkan senyawa sumber alkil lainnya seperti etanol, propanol dan butanol. Selain itu, penggunaan temperatur reaksi reaktif lebih rendah dengan metanol dibandingkan dengan senyawa lain. Kondisi ini menjadi pertimbangan utama dalam hal energi bila biodiesel akan diproduksi secara massal (pabrikasi). Energi yang rendah akan menurunkan biaya produksi khususnya pengadaan utilitas. Dari sisi bahan baku, harga metanol relatif lebih rendah dibandingkan senyawa lain yang memiliki rantai karbon lebih tinggi.

Karena ketertarikan akan biodiesel ini, maka penelitian tentang biodiesel berkembang pesat. Targetnya adalah meningkatkan laju produksi biodiesel yang sesuai dengan standar SNI 04-7182-2006. Salah satu parameter uji sebagai penentu kualitas biodiesel adalah kandungan ester minimal 96,5% (% massa). Berbagai metode ditempuh untuk meningkatkan kandungan ester dalam biodiesel, salah satunya dengan menggunakan katalis untuk mempercepat reaksi. Umumnya, biodiesel konvensional diproduksi menggunakan katalis homogen NaOH dan KOH, tetapi proses ini memerlukan tahapan pemisahan produk. (Devitria, 2013). Untuk itu

dibutuhkan pengembangan katalis heterogen untuk produksi biodiesel. Berbagai penelitian mengenai katalis heterogen telah dilakukan diantaranya melakukan impregnasi zeolite menggunakan senyawa KI. (Kurniasih, 2016).

Zeolite yang diimpregnasi dengan senyawa KI membentuk zeolite/K. Dari hasil penelitian diperoleh kandungan ester sebesar 82,9983%. Nilai kandungan ester ini belum memenuhi standar SNI 04-7182-2006. Maka, masih dibutuhkan pengembangan lebih lanjut untuk menggali potensi zeolite sebagai katalis dalam produksi biodiesel.

Dalam penelitian ini dilakukan produksi biodiesel berbasis Crude Palm Oil (CPO) menggunakan katalis NaOH dan zeolite/NaOH. Katalis NaOH adalah golongan katalis homogen, sedangkan zeolite/NaOH adalah golongan katalis heterogen. Maka dalam penelitian ini performa kedua katalis akan dibandingkan berdasarkan kemampuannya untuk merubah asam lemak dalam CPO menjadi ester dan karakteristik biodiesel yang dihasilkan. Variabel bebas yang digunakan adalah rasio katalis sebesar 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0% dan 2,5% (b/v). sebagai kontrol terhadap katalis akan dilakukan produksi biodiesel tanpa menggunakan katalis (non katalis).

Umumnya produksi biodiesel melibatkan reaksi esterifikasi atau transesterifikasi. (Fanny, 2012). Dalam penelitian ini dilakukan reaksi transesterifikasi dengan sumber alkil (metil) berasal dari metanol dengan waktu reaksi 2 jam, temperatur 65°C dan pengadukan 600 rpm. Penggunaan metanol didasarkan pada kereaktifan metanol yang lebih tinggi dibandingkan alkohol rantai pendek lainnya. Selain itu

METODE

Bahan Baku

CPO berasal dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS) lokal, NaOH, Zeolite/NaOH, Metanol, Etanol teknis, KOH, indikator phenolphthalein, aquadest.

Peralatan

Reaktor kaca dengan leher tiga, termometer, heater, propeler, kondensor dan motor pengaduk. Unit Gas Chromatography Mass Spectrum (GC-MS), *Density meter*,

Viscosimeter, alat titrasi, unit distilasi vakum, unit *flash point*.

Prosedur Penelitian

Bahan baku CPO sebelum direaksikan, ditentukan terlebih dahulu kandungan asam lemak bebas (ALB) menggunakan metode titrasi. Selanjutnya CPO dipanaskan hingga temperatur 65°C. Ketika temperatur reaksi telah tercapai, metanol dan katalis NaOH atau Zeolite/NaOH disubstitusi ke dalam reaktor. Katalis NaOH dan Zeolit/NaOH disubstitusikan ke dalam reaktan dengan rasio 0,5%-2,5% (b/v). Katalis Zeolit/NaOH diperoleh dari impregnasi NaOH 0,00125 M.

Reaksi transesterifikasi berlangsung selama 2 jam, kecepatan putaran pengaduk 600 rpm dan temperatur reaksi transesterifikasi 65°C. Temperatur reaksi disesuaikan dengan titik didih metanol. Setelah waktu reaksi tercapai, reaksi transesterifikasi dihentikan. Crude produk dipisahkan dengan corong pisah menggunakan metode dekantasi. Biodiesel berada pada lapisan atas, dan gliserol berada di lapisan bawah.

Biodiesel yang telah dipisahkan dari gliserol dipurifikasi menggunakan aquadest untuk menghilangkan hasil samping yang terbentuk. Crude biodiesel kemudian didistilasi untuk mengambil metanol berlebih. Distilasi dilakukan pada temperatur 68°C. Pure biodiesel selanjutnya dilakukan analisa ALB akhir untuk mengetahui penurunan kandungan ALB. Produk biodiesel dengan persentase penurunan ALB tertinggi dihipotesa memiliki kandungan ester tertinggi. Sebagai konfirmasi, dilakukan analisa kromatografi gas untuk keseluruhan produk biodiesel.

Analisa Karakteristik

Produk biodiesel dengan kandungan ester tertinggi, dilakukan analisa karakteristik berupa densitas, viscositas, bilangan asam, titik nyala. Hasil analisa produk disesuaikan dengan standar SNI 04-7182-2006.

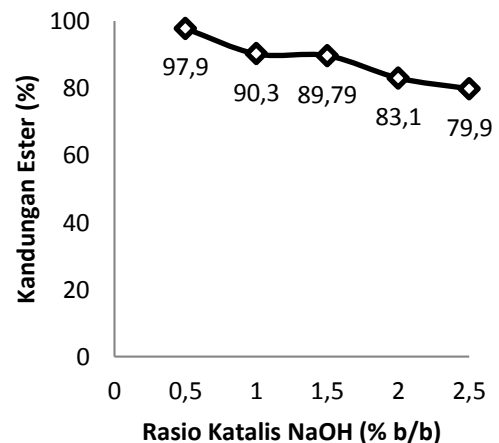
Analisa Data

Data hasil penelitian diolah menggunakan metode statistik ANAVA dua faktor untuk menunjukkan pengaruh signifikan dalam penelitian ini. Analisa data diolah menggunakan Minitab Release 14.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Katalis NaOH

Penelitian dilakukan dengan melakukan variasi rasio katalis NaOH 0,5%-2,5% (b/v). Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa performa katalis NaOH optimal berada pada range rasio 0,5% (b/v). Peningkatan konsentrasi katalis diatas 0,5% (b/v) menyebabkan peningkatan pembentukan produk samping berupa sabun. Sabun terbentuk ketika rantai trigliserida yang terputus pada proses pemanasan langsung berikatan dengan NaOH berlebih membentuk reaksi saponifikasi. Berdasarkan reaksi, trigliserida yang mengandung asam lemak bebas yang tinggi berpotensi membentuk sabun yang tinggi selama reaksi.

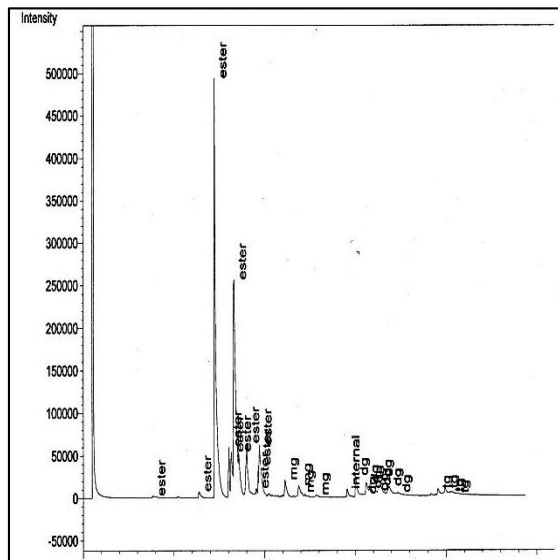


Gambar 1. Korelasi Rasio Katalis NaOH Terhadap Kandungan Ester

Untuk itu dalam reaksi transesterifikasi biodiesel, nilai ALB bahan baku yang digunakan tidak boleh melebihi 2% karena sangat mempengaruhi produk yang dihasilkan. Biodiesel yang mengandung sabun yang tinggi juga menyulitkan dalam proses purifikasi. Purifikasi dengan aquadest berulang-ulang dapat meningkatkan kandungan air dalam biodiesel. Biodiesel yang mengandung air dapat menyebabkan reaksi hidrolisa. Bila reaksi hidrolisa berlangsung akan terjadi pemutusan rantai alkil membentuk peningkatan asam lemak bebas (ALB), sehingga kualitas biodiesel menurun. Produk biodiesel yang dihasilkan dikonfirmasi menggunakan metode GC-MS dan diperoleh kandungan ester sebesar 97,90%. Katalis NaOH memberikan efektifitas yang tinggi

karena kemampuannya menurunkan kandungan asam lemak dan mengkonversinya menjadi metil ester. Hal ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan Laksono (2013) yang menyatakan bahwa NaOH memberikan katalisis yang tinggi terhadap reaksi transesterifikasi karena tingkat kebasaannya yang tinggi.

Tetapi penggunaan katalis NaOH yang bersifat homogen ini, harus diakui memiliki kelemahan, yaitu memberikan batasan untuk digunakan pada produksi kontinu karena katalis akan hilang setelah transesterifikasi selesai. Selain itu, pembentukan sabun juga dapat menghambat konversi metil ester dalam sistem reaksi.



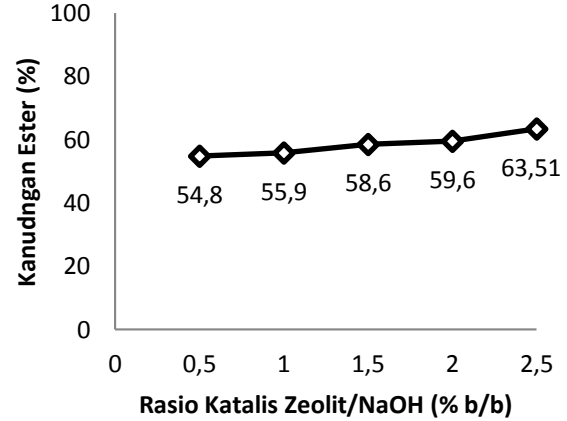
Retention Time	Komponen	%
19,1	Trigliserida	0,2785
12,4	Monogliserida	0,7063
-	Digliserida	-
6,49	Ester	97,90

Gambar 2. Kromatografi Gas Produk Biodiesel Katalis NaOH 0,5% (b/b)

b. Katalis Zeolite/NaOH

Produksi biodiesel menggunakan katalis heterogen zeolite/NaOH dengan rasio katalis 0,5%-2,5% (b/b). Penggunaan zeolite/NaOH memungkinkan recycle katalis karena katalis tidak homogen dalam campuran sehingga mudah dipisahkan pada saat purifikasi. Dari hasil penelitian, diperoleh kandungan ester tertinggi pada rasio katalis 2,5% (b/b) sebesar 63,51%. Penggunaan katalis zeolite/NaOH juga tidak menimbulkan terbentuknya hasil samping berupa sabun

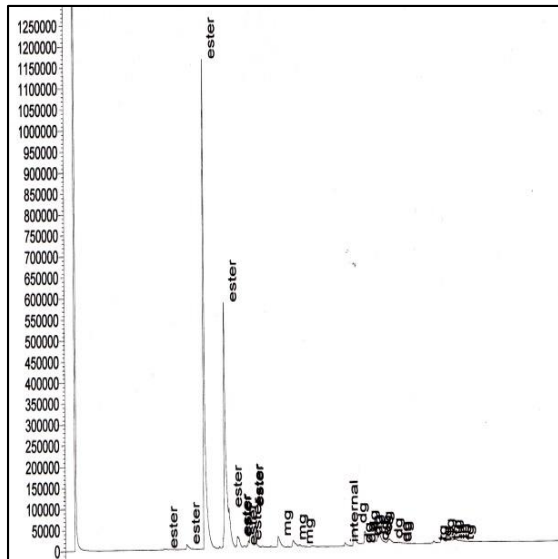
dalam jumlah yang besar, karena inti NaOH telah terperangkap dalam kerangka zeolite sehingga tidak membentuk reaksi saponifikasi dengan asam lemak bebas di trigliserida



Gambar 3. Korelasi Rasio Katalis Zeolite/NaOH Terhadap Kandungan Ester

Bila dibandingkan dengan penggunaan katalis NaOH, perolehan kandungan ester sangat jauh berbeda. Hal ini disebabkan oleh kereaktifan NaOH berkurang karena hanya berada konsentrasi yang kecil. Konsentrasi NaOH yang diimpregnasikan hanya 0,00125 M dengan rasio katalis Zeolit/NaOH 2,5 dan kandungan ester 63,51%

Tetapi hasil penelitian menunjukkan adanya kemungkinan kenaikan kandungan ester bila dilakukan peningkatan konsentrasi NaOH pengimpreg diatas 0,00125 M. Pernyataan ini dapat didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Utomo (2011) yang melakukan penelitian impregnasi Zeolit/NaOH dengan konsentrasi lebih tinggi yaitu 0,5 M-1 M dan menghasilkan biodiesel dengan penurunan visositas produk yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi biodiesel lebih banyak terkandung didalam produk melebihi bahan baku awalnya.



Retention Time	Komponen	%
19,2	Trigliserida	9,89
11,06	Monogliserida	15,2
15,4	Digliserida	11,2
5,14	Ester	63,51

Gambar 4. Kromatografi Gas Produk Biodiesel Katalis Zeolite/NaOH 2,5% (b/b)

Hasil analisa GC-MS menunjukkan komponen ester mulai terdeteksi pada RT 5,14

c. Karakteristik Produk

Karakterisasi produk bertujuan untuk menentukan sejauh mana produk biodiesel menunjukkan sifat sebagai bahan bakar alternatif. Produk yang mengandung ester dalam jumlah yang besar, memiliki sifat mendekati atau bersesuaian dengan standar biodiesel. Karakteristik yang diuji meliputi bilangan asam, densitas, viskositas kinematik, titik nyala, kandungan air, total gliserol yang dinilai memiliki pengaruh besar untuk menentukan kualitas suatu produk biodiesel. Dalam penelitian ini, ditetapkan produk dengan kandungan ester tertinggi untuk dilakukan analisa karakteristik meliputi:

Tabel 1. Karakteristik Produk Biodiesel

Parameter	Biodiesel	Biodiesel	Standar
	NaOH	Zeolite/NaOH	SNI 04-7182-2006
Bilangan Asam	0,2	0,4	Maks 0,8 mg KOH/gr
Densitas	0,890	0,860	0,850-0,890 kg/liter
Viskositas Kinematik	3,5	3,7	2,3-6,0 mm ² /detik
Titik Nyala	130	110	Min 100°C
Kandungan Air	0,01	0,01	Maks 0,02%
Total Gliserol	0,27	0,24	Maks 0,24%

Karakteristik biodiesel NaOH dan Zeolite/NaOH memenuhi standar SNI 04-7182-2006. Tetapi untuk kandungan ester, katalis NaOH jauh mengungguli standar dibandingkan zeolite/NaOH.

menit, digliserida pada RT 15,4 menit sebanyak 11,2%. Monogliserida pada RT 11,06 menit sebanyak 15,2 %. Sisa trigliserida (TG) terdeteksi pada RT 222 sebanyak 9,89%. Kondisi ini menunjukkan bahwa telah terjadi pemutusan ikatan pada trigliserida. Ikatan yang terputus tersebut merupakan senyawa digliserida (DG) dan monogliserida (MG). Bila terjadi pemutusan ikatan alkil DG dan MG lebih lanjut maka semakin tinggi peluang terbentuknya ikatan ester. Sedangkan untuk biodiesel NaOH 0,5% (b/v) terdeteksi 0,2785% TG dan 0,7063% MG. Untuk DG tidak terdeteksi. Hal ini menunjukkan bahwa hampir seluruh TG telah putus menjadi Mg dan berikatan membentuk ester.

Peluang ini dapat tercipta dengan adanya peningkatan waktu reaksi transesterifikasi diatas 2 jam. Selain itu, adanya sisa reaktan (TG) yang belum terkonversi menunjukkan bahwa konversi belum berlangsung sempurna sehingga semakin memperkuat peluang bagi peningkatan waktu reaksi agar seluruh TG dapat terkonversi menjadi senyawa ester (biodiesel).

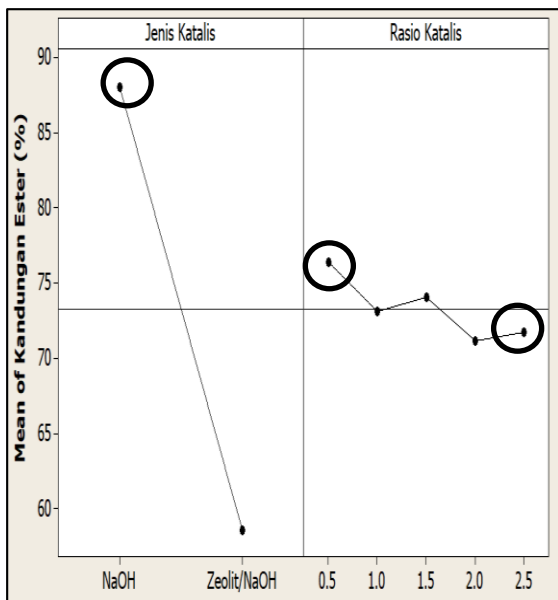
d. Analisis Varian (ANAVA)

Dari analisis varian dua faktor yang dilakukan, variabel rasio katalis memberikan kondisi signifikan dengan derajat kepercayaan 95%.

Tabel.2 Analisis Anava 2 Faktor

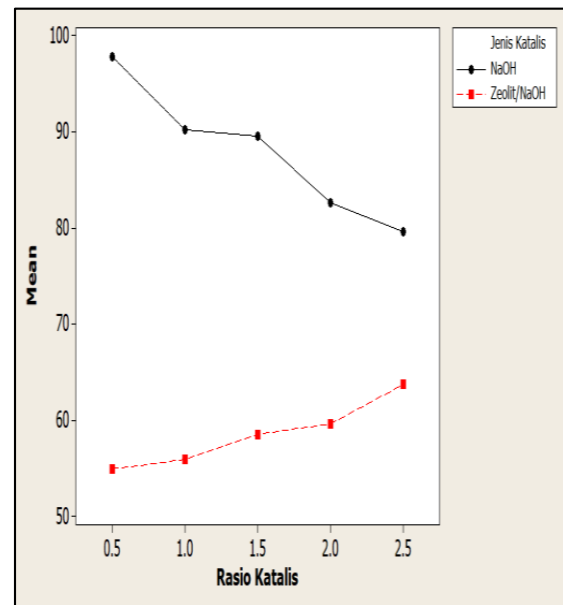
Keragaman	DF	KT	JK	JKT	F	P
Jenis Katalis	1	10827,7	10827,7	10827,7	68005,32	0,000
Rasio Katalis	4	173,5	173,5	43,4	272,42	0,000
Jenis Katalis*Rasio Katalis	4	1078,8	1078,8	269,7	1693,93	0,000
Galat	40	6,4	6,4	0,2		
Total	49	12086,4				

S = 0,399023
R-Sq = 99,95%
R-Sq (Adj) = 99,94%



Gambar 5. Plot Faktor Utama Terhadap Kandungan Ester

Penelitian ini dilakukan mengikuti rancangan ANAVA 2 faktor, 5 level dengan 5 kali pengulangan (replikasi). Hasil analisis ANAVA menunjukkan bahwa kedua faktor (variabel bebas) yang ditetapkan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perolehan kandungan ester biodiesel. Derajat kepercayaan yang diberikan (R-Sq) = 99,95% ($\alpha=0,05$). Kondisi ini ditunjukkan pada gambar 5, bahwa katalis NaOH memberikan pengaruh yang besar terhadap perolehan ester. Tetapi rasio katalis NaOH berada pada range 0,5%-1,0% (b/b) untuk dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan ester. Dalam artian, produksi biodiesel dengan katalis NaOH telah tepat pada range rasio 0,5%-1,0% (b/b).



Gambar 6. Interaksi Faktor Utama Terhadap Kandungan Ester

Berbeda halnya dengan katalis Zeolite/NaOH, pada range rasio yang lebih tinggi memberikan perolehan kandungan ester yang besar. Untuk kontrol reaksi (0% katalis) diperoleh kandungan ester sebesar 50%. Kondisi ini memberikan peluang bagi katalis zeolite/NaOH untuk dapat dikembangkan sebagai katalis transesterifikasi biodiesel. Selain itu, karena zeolite/NaOH adalah golongan katalis heterogen dapat direcycle kembali dari proses, sehingga memungkinkan berlangsung proses biodiesel secara kontinu.

SIMPULAN DAN SARAN

Katalis NaOH memiliki kereaktifan yang tinggi dalam mengubah asam lemak dalam trigliserida menjadi alkil ester, sedangkan katalis zeolite/NaOH memiliki kereaktifan yang lebih rendah. Kondisi ini disebabkan rendahkan konsentrasi kebasahan senyawa NaOH yang berikatan dengan zeolite.

Berdasarkan hasil analisa kromatografi gas terhadap produk biodiesel, disarankan untuk meningkatkan rasio katalis zeolite/NaOH diatas 2,5% (b/b) untuk meningkatkan suasana basa dalam sistem campuran reaksi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Kementerian Riset, Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini melalui program Hibah Penelitian Desentralisasi. Laboratorium Kimia Terapan dan Satuan Proses, Laboratorium Pilot Plant, Laboratorium Minyak dan Gas Bumi yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini dan Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.

DAFTAR PUSTAKA

- Devitria, Rosa., Nurhayati., Anita., Sofia. 2013. Sintesis Biodiesel Dengan Katalis Heterogen lempung Cengar Yang Diaktivasi Dengan NaOH: Pengaruh NaOH Loading. Prosiding Semirata FMIFA. Universitas Lampung
- Fanny, Widdy Andya., Subagyo, Prakoso, Tirto. 2012. Pengembangan Katalis Kalsium Oksida Untuk Sintesis Biodiesel. Jurnal Teknik Kimia Indonesia, Vol. 11, No. 2, 2012, Hal.66-73. Institut Teknologi Bandung
- Kurniasih, Eka., Pardi. 2016. Peningkatan Rasio Katalis H-Zeolite/K Untuk Produksi Biodiesel Berazaskan Crude Palm Oil. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat. Universitas Mahasaraswati.
- Laksono, Tejo, S. 2013. Pengaruh Jenis Katalis NaOH dan KOH Serta rasio Lemak Dengan Metanol Terhadap Kualitas Biodiesel Berbahan Baku Lemak Sapi. Jurusan Produksi Ternak. Skripsi. Universitas Hasanuddin, Makassar
- Padil, Wahyuningsih, Slamet dan Amir Awaluddin. 2010. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa melalui Reaksi Metanolisis Menggunakan Katalis CaCO_3 yang dipijarkan. Jurnal Natur Indonesia 13(1), Oktober 2010: 27-32. ISSN 1410-9379
- Utomo, Anthony Satriyo. 2011. Preparasi NaOH/Zeolit Sebagai Katalis Heterogen Untuk Sintesis Biodiesel Dari Minyak Goreng Secara Transesterifikasi. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Indonesia.