

PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK DEDAK PADI DENGAN REAKSI TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN KATALIS HETEROGEN ZEOLIT ALAM YANG DIMODIFIKASI DENGAN KOH

BIODIESEL PRODUCTION FROM RICE BRAN OIL BY TRANSESTERIFICATION USING HETEROGENEOUS CATALYST NATURAL ZEOLITE MODIFIED WITH KOH

Taslim*, Sri Zahrani Dwi Mauliyah Parinduri, Putri Retno Wahyu Ningsih
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Jalan Almamater Kampus USU,
Medan, 20155, Sumatera Utara, Indonesia

*Email: taslim_hr@yahoo.co.id

Abstrak

Biodiesel biasanya dibuat dari reaksi transesterifikasi minyak/lemak menggunakan alkohol. Pada penelitian ini minyak dedak padi digunakan sebagai bahan baku dan metanol digunakan sebagai pereaksi. Reaksi transesterifikasi dari minyak dedak padi menggunakan KOH/zeolit alam sebagai katalis heterogen padat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keefektifan dari penggunaan zeolit alam yang dimodifikasi dengan KOH sebagai katalis heterogen pada pembuatan biodiesel dari minyak dedak padi. Katalis KOH/zeolit alam disiapkan dengan modifikasi melalui metode impregnasi yang dilakukan dengan variasi jumlah larutan KOH (75 gram/100 ml-175 gram/100 ml). Reaksi transesterifikasi dilakukan pada suhu 60 °C, 500 rpm dan variasi proses diantaranya jumlah katalis (2-4%), waktu (1,5-3,5 jam), dan rasio mol metanol dengan minyak (8:1-12:1). *Yield* biodiesel terbaik sebesar 98,71% yang diperoleh pada kondisi operasi jumlah katalis 2%, waktu reaksi 2 jam, dan rasio mol metanol dengan minyak 10:1. Zeolit alam sebagai katalis heterogen yang dimodifikasi dengan KOH dapat memberikan *yield* biodiesel yang lebih tinggi pada reaksi transesterifikasi.

Kata kunci: Biodiesel, dedak padi, zeolit alam, KOH, transesterifikasi

Abstract

Biodiesel was usually produced from transesterification using alcohol. In this research rice bran oil was used as feedstock and methanol was used as reagent. The transesterification of rice bran oil had studied using KOH/natural zeolite as a solid heterogeneous catalyst. The objective of this study was to discover the effectiveness of using natural zeolite modified by KOH as heterogeneous catalysts in the production of biodiesel from rice bran oil (RBO). KOH/natural zeolite catalyst was prepared by modification through impregnation method which was conducted on various KOH concentration (75 gram/100 ml – 175 gram/100 ml). Transesterification reaction was conducted at 60 °C, 500 rpm, and various amount of catalyst (2-4%), reaction time (1,5-3,5 hour) and molar ratio alcohol/oil (8:1-12:1). The highest yield of biodiesel was 98,71%, which was obtained by using 2% catalyst, reaction time 2 hour, molar ratio alcohol/oil 10:1. Natural zeolite as heterogeneous catalyst which modified by KOH could get the higher yield biodiesel on transesterification.

Keywords: biodiesel, rice bran oil, KOH, transesterification

Pendahuluan

Indonesia memiliki tingkat konsumsi bahan bakar minyak terbesar sebagai sumber energi. Data menyebutkan bahwa konsumsi minyak di Indonesia mencapai 363,52 million BOE (*Barrel of Oil Equivalent*), angka ini mendekati 36,41% dari total konsumsi energi yaitu sebesar 998,53 million BOE (*Barrel of Oil Equivalent*) [21]. Peningkatan pertumbuhan populasi manusia dan pertumbuhan industri akan meningkatkan konsumsi energi [5].

Bahan bakar fosil (*pertroleum*) yang digunakan secara terus-menerus akan mengikis persediaannya bahan bakar minyak di dalam bumi.

Keterbatasan bahan bakar fosil inilah yang dapat meningkatkan harga minyak naik sehingga diperlukan energi alternatif untuk dapat memenuhi konsumsi energi [16]. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil [10].

Biodiesel memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan bakar fosil diantaranya: lebih ramah lingkungan dengan mengurangi jumlah polutan (CO) yang dihasilkan, memiliki titik nyala yang tinggi, merupakan energi yang bersifat

biodegradable, serta mengurangi senyawa-senyawa toksik [16,20].

Penggunaan bahan pangan berupa minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel akan mengganggu kesetimbangan ketahanan pangan [5,18]. Selain itu, harga jual minyak dari bahan pangan akan lebih tinggi jika dimanfaatkan sebagai biodiesel serta menyebabkan krisis laju produksi bahan minyak pangan [17]. Oleh karena itu, pemanfaatan bahan bukan pangan yang berupa dedak padi sebagai biodiesel sangat dianjurkan karena tidak akan mengganggu, lebih bersifat ekonomis dan tidak menjadikan kelangkaan pada bahan pangan.

Biodiesel dari minyak dedak padi sangat berpotensi dalam pengaplikasiannya di Indonesia. Hal ini dibuktikan dengan produksi padi Indonesia pada tahun 2014 (ASEM) sebanyak 70,83 juta ton gabah kering giling (GKG) [7]. Tingginya jumlah produksi tanaman padi di Indonesia menyebabkan banyaknya jumlah limbah dedak padi yang dihasilkan, sehingga memberikan potensi yang besar dalam pemanfaatannya dalam pembuatan biodiesel sebagai sumber energi.

Katalis heterogen memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan katalis homogen diantaranya memiliki aktivitas katalis yang tinggi pada reaksi transesterifikasi, lebih stabil dan lebih ramah lingkungan, dan mudah dipisahkan [8,23]. Zeolit merupakan katalis heterogen yang memiliki pori – pori dengan ukuran yang sama. Zeolit alam berpotensi digunakan sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel, dimana ketersediaannya yang mudah dan murah karena diperoleh dari alam. Penggunaan zeolit dapat diaktivasi dengan memodifikasi untuk memperbesar aktivasinya untuk menghasilkan *yield* biodiesel yang tinggi. Modifikasi zeolit dilakukan dengan impregnasi senyawa asam atau basa. Dari penelitian sebelumnya disebutkan bahwa impregnasi dengan basa lebih baik dibandingkan dengan asam. Penggunaan katalis zeolit alam sangat berpotensi dalam pembuatan biodiesel [6]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji potensi pemanfaatan minyak dedak padi sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dan menguji zeolit alam sebagai katalis heterogen dalam reaksi transesterifikasi.

Metodologi Penelitian

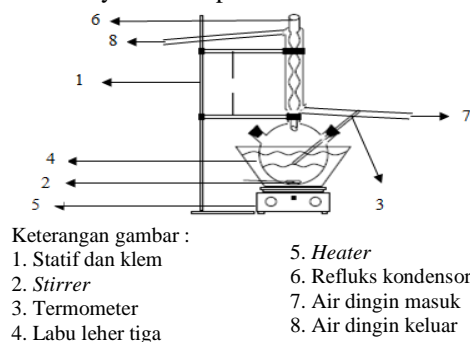
Bahan Penelitian

Pada penelitian ini bahan yang digunakan antara lain: minyak dedak padi (RBO) yang di dapatkan dari supermarket di Medan, zeolit alam diperoleh dari PT. Rudang Jaya, serta *aquadest* (H_2O), potassium hidroksida (KOH), metanol (CH_3OH), phenoltalein ($C_{20}H_{14}O_4$), natrium

hidroksida (NaOH), hidrogen peroksida (H_2O_2) 30%.

Peralatan Penelitian

Gambar 1 menunjukkan rangkaian peralatan yang digunakan dalam penelitian pembuatan katalis modifikasi KOH/zeolit alam dan biodiesel dari minyak dedak padi.



Gambar 1. Rangkaian Peralatan

Prosedur Penelitian

Persiapan Katalis

Zeolit alam dicuci dengan 30% H_2O_2 untuk menghilangkan impuritisnya, larutan sambil diaduk sampai beberapa menit. Setelah selesai, dihilangkan sisa larutan H_2O_2 dengan dipanaskan dalam *water bath* hingga kering. Zeolit alam kemudian dicuci dengan *aquadest* dan diulangi hingga bersih. Zeolit dipisahkan dari sisa *aquadest* dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu $110^\circ C$. Zeolit alam yang telah kering digiling dengan mortar agar menghasilkan bubuk zeolit alam dengan ukuran 140 mesh [15].

Modifikasi Katalis KOH/Zeolit Alam sebagai Katalis Basa Kuat

Zeolit alam diimpregnasi dengan larutan KOH yang divariasikan konsentrasinya (75 gram/100 ml, 100 gram/100 ml, 125 gram/100 ml, 150 gram/100 ml, 175 gram/100 ml). Zeolit ditimbang dengan berat tertentu dan dilarutkan dalam 100 ml *aquadest*. Perbandingan massa antara zeolit dengan larutan KOH adalah 1:4. Proses modifikasi katalis dilakukan dalam labu leher tiga dengan rangkaian peralatan refluks kondensor, termometer dan *magnetic stirrer*. Larutan KOH dan zeolit alam dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Proses impregnasi katalis dilakukan pada suhu $60^\circ C$ selama 2 jam. Kemudian campuran diletakkan dalam oven dengan suhu $60^\circ C$ selama 24 jam. Setelah proses impregnasi selesai, katalis termodifikasi dipisahkan dengan larutan KOH dengan *vacuum filter*. Katalis termodifikasi yang tertahan di kertas saring, selanjutnya akan dikeringkan dengan oven pada suhu $110^\circ C$ selama 24 jam untuk

menghilangkan kandungan air. Kemudian katalis dikalsinasi pada *furnace* pada suhu 450°C selama 4 jam. Setelah selesai dikalsinasi, katalis KOH/zeolit alam dihaluskan dengan mortar. Dan katalis KOH/zeolit dianalisis dengan menggunakan AAS dan FTIR [15].

Proses Transesterifikasi RBO Menggunakan Katalis Heterogen KOH/Zeolit Alam

Metanol dan katalis termodifikasi dengan jumlah variasi tertentu dimasukkan ke dalam labu kemudian dipanaskan hingga 60°C sambil diaduk dengan kecepatan pengadukan 500 rpm. Secara perlahan-lahan minyak 50 gram dimasukkan ke dalam labu dan reaksi dilangsungkan sesuai variasi waktu yang dilakukan. Setelah reaksi selesai, katalis dipisahkan dari campuran dengan *vacuum filter*. Campuran hasil reaksi dimasukkan ke dalam corong pemisah dan dibiarkan selama 24 jam hingga terbentuk 2 lapisan. Lapisan bawah yang merupakan metanol dan gliserol dipisahkan dari lapisan atas. Produk biodiesel lapisan atas kemudian dicuci dengan air panas (60°C) hingga air cucian bersih. Produk biodiesel lapisan atas dipanaskan pada suhu 100°C untuk menghilangkan sisa air. Metil ester yang telah kering ditimbang dan dianalisis kandungan metil esternya [15]. Variasi yang dilakukan ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Variasi yang dilakukan dalam Transesterifikasi

| Variasi | Rentang |
|----------------------------------|----------|
| Jumlah Katalis (%) | 2-4 |
| Waktu Reaksi (jam) | 1,5-3,5 |
| Rasio molar Metanol/Minyak (n/n) | 8:1-12:1 |

Analisis Modifikasi Katalis

Analisis Kadar Logam Kalium

Untuk analisis jumlah kadar logam kalium pada modifikasi katalis ini menggunakan instrumen AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*).

Analisis Gugus K–O

Untuk analisis gugus K–O pada modifikasi katalis ini menggunakan instrumen FTIR (*Fourier Transform Infra Red*).

Analisis Biodiesel

Analisis Fatty Acid Methyl Ester (FAME)

Komposisi dari masing-masing metil ester ditentukan menggunakan kromatografer gas yang dilengkapi dengan detektor ionisasi api dan *injector auto*.

Analisis Lainnya

Densitas, viskositas kinematik, dan titik nyala dari masing-masing metil ester dievaluasi dan dibandingkan dengan standar SNI.

Hasil Dan Pembahasan

Hasil Analisis Bahan Baku

Berdasarkan data hasil analisis GC (*Gas Chromatography*) yang berupa komposisi asam lemak dari minyak dedak padi dan identifikasi sifat fisika dari minyak dedak padi dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Komposisi Asam Lemak dari Minyak Dedak Padi

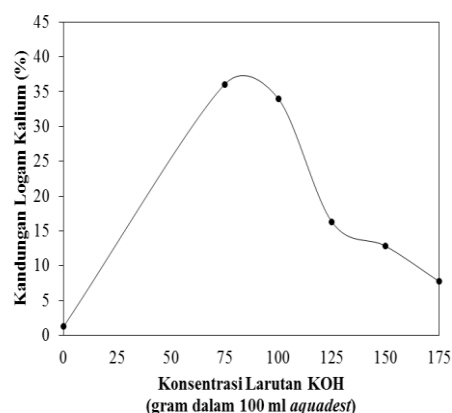
| No. Puncak | Komponen Penyusun | Komposisi % berat |
|------------|-------------------|-------------------|
| 1 | C12:0 | 0,0114 |
| 2 | C14:0 | 0,3912 |
| 3 | C16:0 | 20,8620 |
| 4 | C16:1 | 0,2638 |
| 5 | C18:0 | 2,0197 |
| 6 | C18:1 | 42,4643 |
| 7 | C18:2 | 32,2081 |
| 8 | C18:3 | 1,2199 |
| 9 | C20:0 | 0,0522 |
| 10 | C20:1 | 0,5074 |

Tabel 3. Sifat Fisika dari Minyak Dedak Padi

| Sifat Fisika | Jumlah |
|--------------------------------|---------|
| Densitas, kg/m ³ | 0,9086 |
| Viskositas, mm ² /s | 43,0162 |
| FFA, % | 1,2225 |

Analisis Kandungan Logam K (Kalium) dengan AAS

Berikut ini merupakan hasil analisis dengan AAS pada katalis heterogen KOH/zeolit alam dalam proses impregnasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Analisis Modifikasi Zeolit Alam dengan AAS

Gambar 2 menunjukkan bahwa kandungan logam kalium yang paling tinggi terdapat pada konsentrasi larutan KOH 75 gram/100 ml *aquadest* yaitu sebesar 36,0473%. Pada konsentrasi 100 gram/100 ml *aquadest* terlihat pada grafik kandungan logam kalium semakin menurun hingga konsentrasi larutan KOH 175 gram/100 ml *aquadest*. Penurunan kandungan logam kalium ini disebabkan oleh semakin tingginya konsentrasi larutan KOH, maka akan membuat larutan KOH menjadi jenuh atau lewat jenuh.

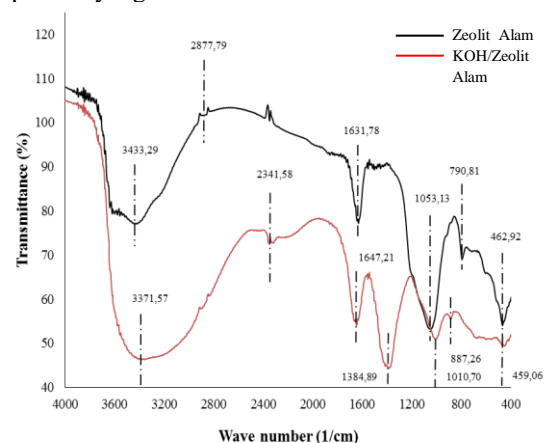
Dalam penelitian ini KOH tidak larut sempurna dalam *aquadest*, dimana senyawa ini memiliki batasan kelarutannya. Adapun hal yang diindikasikan sebagai penyebab penurunan kadar logam kalium pada zeolit alam yaitu, larutan KOH dapat dikatakan hampir mendekati larutan yang jenuh. Selain itu, ukuran partikel zeolit alam yang mempengaruhi luas permukaan pori dalam penyerapan logam kalium [14]. Ukuran partikel zeolit alam yang digunakan dalam penelitian ini hanya mampu menyerap secara maksimal ion K^+ dari konsentrasi larutan KOH sebesar 75 gram dalam 100 mL *aquadest*, sehingga dapat terjadi reaksi balik dimana metode impregnasi ini akan menyebabkan proses pertukaran ion [14]. Dan penyerapan terbaik logam kalium dalam larutan KOH terlihat pada konsentrasi larutan KOH 75 gram/100 ml *aquadest*.

Analisis FTIR Zeolit Alam dan Modifikasi KOH/Zeolit Alam

Hasil terbaiknya pada konsentrasi larutan KOH sebesar 75 gram/100 ml *aquadest* yang dilakukan analisis gugus dengan FTIR. Analisis FTIR berguna untuk mengetahui keberadaan gugus K-O pada katalis heterogen zeolit alam yang telah dimodifikasi dengan KOH serta membandingkan dengan gugus zeolit alam tanpa modifikasi. Hal ini disajikan dalam Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada puncak 790,81 cm^{-1} pada zeolit alam merupakan vibrasi ulur simetri oksida logam. Sedangkan pada KOH/zeolit alam terlihat pada puncak yang berbeda yaitu 887,26 cm^{-1} . Logam tersebut dapat diidentifikasi sebagai kalium, karena terjadinya impregnasi zeolit alam dengan larutan KOH yang mengandung logam kalium. Dengan demikian, pada zeolit alam dan KOH/zeolit alam terdapat oksida kalium (KO). Munandar, dkk (2014) menyatakan bahwa interval spektra 770-803 cm^{-1} merupakan interpretasi gugus fungsi K-O [3]. Selain itu, Almjadleh, dkk (2014) melaporkan bahwa pada puncak 750,31 cm^{-1} terdapat vibrasi ulur simetris oksida logam (MO) serta Ates dan Gokcen (2016) melaporkan bahwa pada kisaran puncak 600-800 cm^{-1} merupakan ikatan dari pertukaran kation [1,13].

Oleh karena itu, dapat diidentifikasi bahwa pada puncak serapan ini terdapat gugus dari kation K^+ yang berikatan dengan kerangka utama zeolit alam, baik itu Si-O-K atau Al-O-K. Keberadaan puncak ini pada zeolit alam menjadi bagian penting dari keaktifan katalitik zeolit alam sebagai katalis dalam reaksi. Selain itu, dapat dilihat bahwa pada KOH/zeolit alam memiliki puncak yang lebih kuat pada gugus serapan 887,26 cm^{-1} yang mengindikasikan gugus kalium dibandingkan pada zeolit alam yang memiliki puncak yang lebih lemah.



Keterangan analisis gugus fungsi :

- 3433,29 cm^{-1} : gugus hidroksil O-H
- 3371,57 cm^{-1} : gugus hidroksil O-H
- 1631,78 cm^{-1} : ikatan molekul H₂O
- 1647,21 cm^{-1} : ikatan molekul H₂O
- 1384,89 cm^{-1} : internal asimetris Si-O(Si)
- 1053,13 cm^{-1} : regang simetris ikatan Si (T-O-T)
- 1010,70 cm^{-1} : regang simetris ikatan Si (T-O-T)
- 790,81 cm^{-1} : vibrasi ulur simetris oksida logam (MO)
- 887,26 cm^{-1} : vibrasi ulur simetris oksida logam (MO)
- 462,92 cm^{-1} : vibrasi tekuk T-O (T = Si atau Al)
- 459,06 cm^{-1} : vibrasi tekuk T-O (T = Si atau Al)

Gambar 3. Hasil Analisis Modifikasi Zeolit Alam dengan FTIR

Hal ini membuktikan bahwa kandungan kalium pada KOH/zeolit alam lebih besar dari zeolit alam tanpa modifikasi. Pada beberapa puncak gugus serapan KOH/zeolit alam mengalami sedikit perubahan yaitu penurunan intensitas gelombang. Hal ini disebabkan karena dalam proses impregnasi terjadi dekontaminasi sebagai desilikasi dan hilangnya sifat mengkristal, seperti yang dinyatakan oleh Ates dan Gokcen [1].

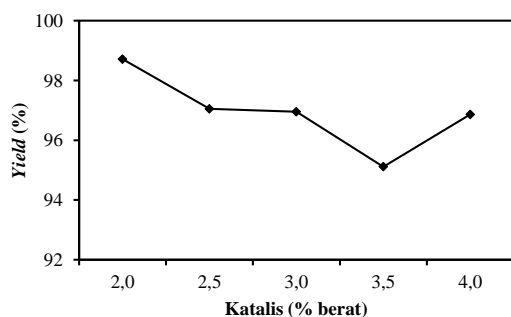
Pengaruh Variabel Percobaan Terhadap Yield Biodiesel Pada Proses Transesterifikasi

Pada pembuatan biodiesel dengan menggunakan katalis zeolit alam tanpa modifikasi menghasilkan *yield* biodiesel sebesar 6,25%. Oleh karena itu, pembuatan biodiesel dengan katalis zeolit alam yang dimodifikasi dengan KOH dapat meningkatkan *yield* biodiesel, berikut merupakan

pengaruh variabel percobaan terhadap *yield* biodiesel.

Pengaruh Jumlah Katalis KOH/Zeolit Alam terhadap *Yield* Biodiesel

Gambar 4 menunjukkan variasi jumlah katalis pada suhu 60 °C, rasio mol 10:1 dan waktu reaksi 2 jam. Pada reaksi transesterifikasi minyak dan metanol dengan katalis KOH/zeolit alam sebesar 2% memiliki laju yang tinggi. Hal ini dibuktikan dengan lapisan metil ester telah banyak terbentuk pada jumlah katalis 2% dan besarnya massa metil ester yang dihasilkan. Akan tetapi, pada reaksi transesterifikasi dengan penambahan jumlah katalis KOH/zeolit alam setelah 2% tidak meningkatkan *yield* biodiesel. Penambahan jumlah katalis ini tidak dapat meningkatkan *yield* biodiesel disebabkan adanya keterbatasan perpindahan massa dan tingginya viskositas pada campuran reaksi.



Gambar 4. Hubungan antara Jumlah Katalis dengan *Yield* Biodiesel pada Kondisi Suhu Reaksi 60 °C, Waktu 2 Jam, dan Perbandingan Mol Alkohol/Minyak 10:1

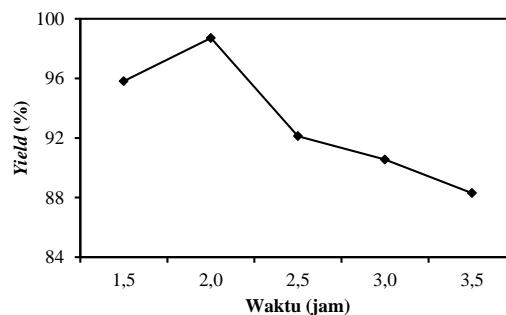
Pada reaksi dengan katalis heterogen, metoksida dibentuk pada permukaan katalis, dimana pada proses ini bergantung pada perpindahan massa dari metanol terhadap katalis [9,19,]. Keterbatasan perpindahan massa yang terjadi inilah akan mempersulit pencampuran dari reaktan dan menurunkan *yield* biodiesel. Hal ini ditunjukkan pada penambahan katalis KOH/zeolit alam setelah 2% (2,5; 3; 3,5; 4) cenderung mengalami penurunan *yield* biodiesel.

Pada penelitian ini diperoleh *yield* tertinggi pada jumlah katalis 2%, hal ini lebih baik dibandingkan yang telah dilaporkan oleh Kusuma, dkk [15] dengan perolehan *yield* tertinggi (95,06%) pada jumlah katalis 3% tetapi menggunakan minyak kelapa sawit.

Pengaruh Waktu Reaksi terhadap *Yield* Biodiesel

Gambar 5 menunjukkan variasi waktu reaksi pada suhu 60 °C, rasio mol 10:1 dan jumlah

katalis 2% dapat dilihat sebagai berikut. Pada reaksi awal transesterifikasi minyak dedak padi dan metanol dengan katalis KOH/zeolit alam akan berjalan secara perlahan untuk mendispersikan minyak dan alkohol [2]. Selanjutnya reaksi transesterifikasi akan berjalan cepat hingga menghasilkan *yield* biodiesel yang terbaik [22].



Gambar 5. Hubungan antara Waktu Reaksi dengan *Yield* Biodiesel pada Kondisi Suhu Reaksi 60 °C, Jumlah Katalis 2 %, dan Perbandingan Mol Alkohol/Minyak 10:1

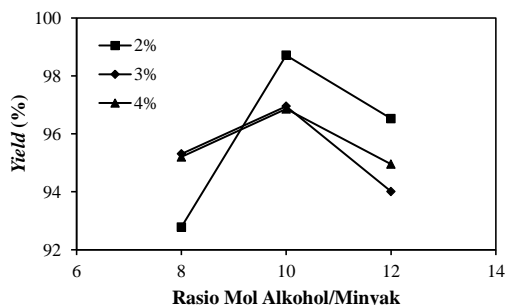
Hal ini dapat dilihat terjadi peningkatan *yield* biodiesel dari 95,82% hingga 98,71% yang dihasilkan dari waktu reaksi 1,5 jam hingga 2 jam. Pada reaksi transesterifikasi dengan waktu reaksi 2 jam inilah menghasilkan *yield* biodiesel yang terbaik. Setelah waktu reaksi 2 jam *yield* biodiesel mengalami penurunan. Hal ini disebabkan reaksi transesterifikasi merupakan reaksi *reversible*. Waktu reaksi yang terlalu lama akan mengakibatkan reaksi balik [9]. Reaksi balik pada transesterifikasi akan menghasilkan asam lemak dan akan mengurangi *yield* FAME yang dihasilkan [12]. Hal ini dapat ditunjukkan bahwa pada waktu reaksi setelah 2 jam (2,5 ; 3 ; 3,5 jam) mengalami penurunan *yield* biodiesel dari 98,71% hingga 88,30%.

Pada penelitian ini diperoleh *yield* tertinggi pada waktu reaksi 2 jam. Hasil yang sama juga telah dilaporkan oleh Kusuma, dkk [15] dengan perolehan *yield* tertinggi (95,06%) pada waktu reaksi 2 jam tetapi menggunakan minyak kelapa sawit.

Pengaruh Rasio Mol Alkohol/ Minyak terhadap *Yield* Biodiesel

Gambar 6 menunjukkan variasi perbandingan mol alkohol /minyak pada suhu 60 °C dan waktu reaksi 2 jam. Pada dasarnya penggunaan rasio molar metanol/minyak yang berlebih akan menggeser reaksi ke arah equilibrium reaksi dan membantu mencapai *yield* biodiesel yang terbaik [22]. Hal ini ditunjukkan terjadinya peningkatan *yield* biodiesel pada perbandingan mol alkohol/minyak 8:1 hingga perbandingan mol alkohol/minyak 10:1 dari masing-masing variasi

katalis 2, 3, dan 4%. Dan pada perbandingan mol alkohol/minyak 10:1, reaksi transesterifikasi telah bergeser pada kesetimbangan reaksi dan mencapai *yield* terbaik pada masing-masing variasi katalis.



Gambar 6. Hubungan antara Rasio Mol, Alkohol/Minyak dengan *Yield* Biodiesel pada Kondisi Suhu Reaksi 60 °C, Waktu Reaksi 2 jam, serta Jumlah Katalis 2, 3 dan 4%

Penggunaan rasio molar metanol/minyak yang terlalu tinggi akan melarutkan gliserol sebagai reaksi samping dengan kelebihan metanol, sehingga dapat menghalangi reaksi metanol, minyak dan katalis. Selain itu, gugus polar hidroksil metanol akan menjadi emulsifier yang akan mengakibatkan semakin sulit proses pemisahan biodiesel dari campuran hasil reaksi sehingga akan mengurangi % *yield* FAME [19]. Hal ini ditunjukkan terjadinya penurunan *yield* biodiesel dari perbandingan mol alkohol/minyak 10:1 hingga perbandingan mol alkohol/minyak 12:1 pada masing-masing variasi katalis 2, 3, dan 4%.

Pada penelitian ini diperoleh *yield* tertinggi pada rasio molar 10:1, hal ini lebih besar dibandingkan dengan Kusuma, dkk [15] dengan perolehan *yield* tertinggi (95,06%) pada rasio molar 7:1 tetapi menggunakan minyak kelapa sawit.

Karakteristik Biodiesel

Karakteristik biodiesel merupakan sifat fisik dan atau sifat kimia yang dimiliki oleh biodiesel. Standar karakteristik biodiesel dapat dilihat berdasarkan standar ASTM D6751 dan SNI yang dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Karakteristik biodiesel meliputi densitas, viskositas kinematik, kandungan ester, dan titik nyala. Kontaminasi dari biodiesel dapat mempengaruhi densitasnya, oleh karena itu densitas dapat dijadikan indikator dari kontaminan. Biodiesel memiliki sifat lebih polar dari bahan bakar diesel sehingga viskositas biodiesel lebih tinggi dari bahan bakar diesel. Titik nyala berbanding terbalik dengan volatilitas bahan bakar. Titik nyala biodiesel semakin rendah dengan adanya sisa alkohol yang tidak bereaksi [11].

Dari hasil uji beberapa karakteristik biodiesel yang dihasilkan, dapat dilihat bahwa biodiesel telah memenuhi standar SNI dan ASTM. Hal ini menunjukkan penggunaan katalis modifikasi zeolit alam dengan KOH dalam proses transesterifikasi dapat menghasilkan karakteristik biodiesel yang sesuai dengan standar.

Tabel 4 Karakteristik Biodiesel [4]

| Parameter | Unit | Nilai | Standar ASTM D6751 | Standar SNI |
|---------------------------------|--------------------|----------|--------------------|-------------|
| Ester Content | % (m/m) | 98,7673 | - | >96,5 |
| Densitas pada 40 °C | kg/m ³ | 867,4969 | - | 850-900 |
| Viskositas kinematik pada 40 °C | mm ² /s | 4,5486 | 3,5-5 | 2,3 - 6 |
| Flash Point | °C | 152 | > 130 | 100 |

Kesimpulan

Zeolit alam yang dimodifikasi dengan KOH dapat digunakan sebagai katalis heterogen dalam pembuatan biodiesel dan memberikan *yield* biodiesel yang tinggi dibandingkan dengan zeolit alam tanpa modifikasi. Dari hasil penelitian, *yield* terbaik diperoleh sebesar 98,71% pada jumlah katalis 2%, waktu reaksi 2 jam, perbandingan alkohol/minyak 10:1, suhu 60 °C, dan kecepatan pengadukan 500 rpm. Biodiesel yang diperoleh telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Daftar Pustaka

- [1] A. Ates dan G. Akgul, Modification of Natural Zeolite with NaOH for Removal of Manganese in Drinking Water, *Elsevier. Powder Technology*, 287, (2016), 285-291.
- [2] A. Gashaw dan A. Teshita, Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil and Factors Affecting Its Formation: A Review, *International Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 3, (2014), 92-98.
- [3] A. Munandar, D. Krisdiyanto, Khamidinal dan P. Artsanti, Adsorpsi Logam Pb dan Fe dengan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta. Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VI, (2014), ISBN : 979363174-0.
- [4] A. O. Mopelola dan O. A. Akinsanoye, A Review of Biodiesel Generation From Non Edible Oil Seed Oils Crop Using Conventional Heterogeneous Catalysts, *Journal of Petroleum Technology and Alternative Fuels*, ISSN 2360-8560, 6, (2015), 1-12.
- [5] A. S. Reshad, P. Tiwari dan V. V. Goud, Extraction of Oil from Rubber Seeds for

- Biodiesel Application: Optimization of Parameters, *Elsevier. Fuel*, 150, (2015), 636–644.
- [6] A. S. Utomo, Preparasi NaOH/Zeolit sebagai Katalis Heterogen untuk Sintesis Biodiesel dari Minyak Goreng Secara Transesterifikasi, Skripsi Program Studi Teknik Kimia. Depok : Universitas Indonesia. 2011.
- [7] BPS. 2015. “Padi”. www.bps.go.id. Diakses pada tanggal 26 Juni 2015.
- [8] C. Samart, S. Karnjanakom, C. Chaiya, P. Reubroycharoen, R. Sawangkeaw, dan M. Charoenpanich, Statistical Optimization of Biodiesel Production from Para Rubber Seed Oil by SO₃H-MCM-41 Catalyst. *Elsevier. Arabian Journal Of Chemistry (In Press)*. 2015.
- [9] G. Y. Chen, R. Shan, B. B. Yan, J. F. Shi, S. Y. Li, dan C. Y. Liu, Remarkably Enhancing the Biodiesel Yield from Palm Oil Upon Abalone Shell Derived CaO Catalysts Treated by Ethanol, *Elsevier. Fuel Processing Technology*, 143, (2016), 110-117.
- [10] H. R. Ong, M. R. Khan., M. N. K. Chowdhury, A. Yousuf, dan C. K. Cheng, Synthesis and Characterization of CuO/C Catalyst for the Esterification of Free Fatty Acid in Rubber Seed Oil, *Elsevier. Journal Fuel*, 120, (2014), 195–201.
- [11] I. Barabaas dan I. A. Todorut, Biodiesel Quality, Standards and Properties, Biodiesel-Quality, Emissions and By-Products., Technical University of Cluj-Napoca, Romania. (2011).
- [12] I. Boumesbah, Z. H. Sadouk, dan A. Tazerouti, Biodiesel Production from Waste Frying Oil and Determination of Fuel Properties, *Revue des Energies Renouvelables SIENR '14 Ghardaïa*, (2014), 109-113.
- [13] M. Almjadleh, S. Alasheh, dan I. Raheb. Use of Natural and Modified Jordanian Zeolitic Tuff for Removal of Cadmium(II) from Aqueous Solutions. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 8, (2014).
- [14] R. H. Perry dan D. W. Green. Chemical Engineering HandBook. 7th Edition. New York: McGraw-Hill Book Company. 1997.
- [15] R. I. Kusuma, J. P. Hadinoto, A. Ayucitra, F. E. Soetaredjo, dan S. Ismadji. Natural Zelite from Pacitan Indonesia, as Catalysts Support for Transesterification of Palm Oil, Elsevier. Widya Mandala Surabaya University, Surabaya, Indonesia, *Applied Clay Science*, 74, (2013), 121-126.
- [16] R. Yang, M. Su, J. Zhang, F. Jin, C. Zha, M. Li, dan X. Hao, Biodiesel Production from Rubber Seed Oil Using Poly (Sodium Acrylate) Supporting NaOH as a Water-Resistant Catalyst, *Elsevier. Bioresource Technology*, 102, (2011), 2665–2671.
- [17] S. S. Kumar, dan K. Purushothaman, High FFA Rubber Seed Oil as an Alternative Fuel for Diesel Engine-An Overview, Anna University, Chennai, India . Research Inventory: *International Journal of Engineering and Science* ISBN: 2319-6483, ISSN: 2278-4721, Vol. 1, Issue 10 (December 2012), 16-24.
- [18] S. Yusup dan M. Khan, Basic Properties of Crude Rubber Seed Oil and Crude Palm Oil Blend as a Potential Feedstock for Biodiesel Production with Enhanced Cold Flow Characteristics, *Elsevier. Biomass and Bioenergy*, 34, (2010), 1523-1526.
- [19] W. Roschat, T. Siritanon, B. Yoosuk, dan V. Promarak, Risk Husk Derived Sodium Silicate as a Highly Efficient and Low Cost Basic Heterogenous Catalyst for Biodiesel Production, *Elsevier. Energy Conversion and Management*, 119, (2016), 453-462.
- [20] W. Widayat dan S. Suherman, Biodiesel Production from Rubber Seed Oil via Esterification Process, Chemical Engineering Department, Faculty of Engineering, Diponegoro University, Semarang. *Int. Journal of Renewable Energy Development*, 1, (2012), 57-60.
- [21] Widayat, A. D. K. Wibowo, dan Hadiyanto, Study on Production Process of Biodiesel from Rubber Seed (*Hevea Brasiliensis*) by In Situ (Trans)Esterification Method with Acid Catalyst, Chemical Engineering, Diponogoro University, Semarang. *Journal Energy Procedia*, 32, (2013), 64–73.
- [22] Y. H. Tan, M. O. Abdullah, C. N. Hipolito, dan Y. H. T. Yap, Waste Ostrich and Chicken Eggshell as Heterogeneous Base Catalyst for Biodiesel Production from Used Cooking Oil: Catalyst Characterization and Biodiesel Yield Performance, *Elsevier. Applied Energy*, 160, (2015), 58-70.
- [23] Y. Syamsuddin dan H. Husin, Pembuatan Katalis Padat ZrO₂/Al₂O₃ untuk Produksi Biodiesel dari Minyak Jarak, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, ISSN 1412-5064, 7, (2010), 112-117.