

**PENGARUH RASIO MOLAR MINYAK JELANTAH DENGAN METANOL DAN  
SUHU REAKSI DALAM REAKSI TRANSESTERIFIKASI TERKATALIS  
CaO/ZEOLIT ALAM TERHADAP YIELD BIODIESEL**

**Ana Malia<sup>1)\*</sup>, Putu Suarya<sup>1)</sup>, Ida Ayu Raka Astiti Asih<sup>1)</sup>, dan I Made Wisnu Adhi Putra<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>*Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali*

<sup>2)</sup>*Program Studi Ilmu Gizi, Universitas Dhyana Pura, Badung*

*\*E-mail : anamalia1802@yahoo.com*

---

**ABSTRAK**

Penelitian mengenai reaksi transesterifikasi minyak jelantah terkatalis CaO/zeolit alam telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh yield biodiesel yang tinggi dengan katalis CaO/zeolit alam. Proses pengembanan CaO pada zeolit alam dalam penelitian ini menggunakan metode impregnasi basah dan karakterisasi katalis CaO/zeolit alam dianalisis menggunakan XRD, FTIR dan penentuan luas permukaan spesifik katalis zeolit alam sebagai pengembanan CaO dilakukan dengan metode BET. Pada reaksi transesterifikasi terkatalis CaO/zeolit alam dalam produksi biodiesel dilakukan untuk mengetahui pengaruh rasio molar minyak terhadap metanol dan suhu reaksi. Hasil analisa gugus fungsi menggunakan FTIR dan pola difraksi sinar-X dari ketiga zeolit alam teraktivasi dengan ukuran berbeda tidak mengalami perubahan secara signifikan setelah diimbangkan dengan katalis CaO. CaO tidak memberikan serapan sehingga tidak terdeteksi oleh FTIR, yang terdeteksi adalah vibrasi gugus karbonil akibat adsorpsi CO<sub>2</sub> dari udara oleh padatan CaO dan hasil analisis penentuan luas permukaan zeolit alam menggunakan BET diperoleh luas permukaan zeolit alam ukuran 200 mesh adalah 9,993 m<sup>2</sup>/g. Hasil uji gravimetri sederhana menunjukkan bahwa jumlah CaO yang teremban pada zeolit alam ukuran 200 mesh tersebut sebanyak 0,2155 g/g zeolit. Berdasarkan hasil tersebut, CaO/ZAA 200 mesh diaplikasikan sebagai katalis pada produksi biodiesel dari minyak jelantah. Reaksi transesterifikasi terkatalis CaO/zeolit alam ukuran 200 mesh menunjukkan yield biodiesel tertinggi yaitu sebesar 98,34 % pada rasio molar minyak terhadap metanol 1:15 dengan suhu reaksi 60 °C. Hasil GC-MS menunjukkan komponen metil ester yang terkandung dalam biodiesel hasil adalah metil palmitat dan metil oleat.

Kata kunci : katalis CaO, zeolit alam, transesterifikasi, biodiesel

**ABSTRACT**

The research of transesterification reaction catalyzed by CaO/natural zeolite has been carried out. This work was aimed to obtain the high yield of biodiesel. The supporting process of CaO on natural zeolite (CaO/ZAA) was done by using wet impregnation method and characterization of CaO/ZAA was performed using XRD, FTIR and the determination of specific surface area of natural zeolite as CaO supporter was performed by BET method. This research aims to study the influence of transesterification reaction which was executed by varying molar ratio of oil to methanol and reaction temperature. Analysis of functional groups and minerals using FTIR and XRD, respectively, showed no significant changes before and after the impregnation of CaO on natural zeolites. CaO supported on natural zeolite was undetected by FTIR. Instead, it was detected by the vibration of carbonate groups as the result of the CO<sub>2</sub> absorption by CaO and the result of surface area analysis using BET method showed that the greater the size of natural zeolite, the smaller the specific surface area of catalyst. The result analysis using BET method showed that the specific surface area of 200 mesh sized natural zeolite as CaO supporter was 9.993 m<sup>2</sup>/g. The simple gravimetric test revealed that the amount of CaO supported on 200 mesh sized natural zeolite was 0.2155 g/g. It was concluded that CaO/ZAA 200 mesh was the most suitable catalyst which was then used in the production of biodiesel. The transesterification result showed that the highest biodiesel yield of 98.34% was gained at molar ratio of oil to methanol of 1:15 and at the temperature of 60 °C. The GC-MS analysis indicated that the main components of the biodiesel were methyl palmitate and methyl oleate.

Keywords : CaO catalyst, natural zeolite, transesterification, biodiesel

## PENDAHULUAN

Penggunaan sumber energi berupa minyak bumi dari tahun ke tahun di berbagai negara semakin pesat. Penggunaan minyak bumi yang berkelanjutan dan berkepanjangan menyebabkan menipisnya cadangan minyak bumi (Ramadhan *et al.*, 2014). Penggunaan yang terus-menerus menyebabkan menurunnya kuantitas minyak bumi. Maka dari itu, diperlukan penggunaan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi. Salah satu bahan bakar alternatif yang dapat digunakan adalah biodiesel. Hal ini dikarenakan biodiesel memiliki kemiripan karakteristik dengan bahan bakar mesin diesel (Noirojet *et al.*, 2009 dalam Indra *et al.*, 2011).

Menurut Romero *et al.* (2011) bahwa biodiesel memiliki karakteristik sebagai berikut, yaitu bersifat *biodegradable* yang tinggi, tidak beracun, serta menghasilkan emisi dengan jumlah yang sedikit (Krivoshto *et al.*, 2008; Rounce *et al.*, 2012 dalam Rubianto *et al.*, 2013). Biodiesel berdasarkan pengertian *American Society for Testing Materials* (ASTM) merupakan mono alkil ester asam lemak panjang yang diperoleh dari turunan bahan baku lemak, seperti minyak nabati ataupun minyak hewani sebagai sumber energi yang dapat diperbaharui (ASTM, 2003<sup>b</sup> dalam Kartika *et al.*, 2012). Biodiesel dapat dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi dari minyak nabati ataupun lemak hewani dengan penambahan katalis, baik katalis asam maupun katalis basa (Guo & Fang, 2011).

Penggunaan katalis basa homogen dalam produksi biodiesel memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah dapat meningkatkan laju reaksi dan konversi biodiesel yang dihasilkan lebih banyak. Selain memiliki keuntungan, katalis basa homogen juga memiliki beberapa kelemahan, yaitu membutuhkan proses pemisahan yang rumit karena produk yang dihasilkan bercampur dengan katalis, mengingat keduanya memiliki fase yang sama (Sharma *et al.*, 2011). Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan yang dimiliki katalis basa homogen tersebut, dapat digunakan katalis basa heterogen. Katalis basa heterogen lebih mudah dipisahkan dari produk dan dapat digunakan untuk proses berkelanjutan serta tidak menimbulkan reaksi saponifikasi (Sivasamy *et al.*, 2009).

Saat ini, banyak peneliti mengkaji penggunaan katalis basa heterogen untuk proses produksi biodiesel. Salah satu contoh katalis basa heterogen yang saat ini banyak diteliti adalah CaO (Xie, 2006 dalam Martínez *et al.*, 2011). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Andya *et al.*, (2012) yang memanfaatkan kulit telur ayam sebagai sumber CaO dalam proses produksi biodiesel dari minyak sawit menghasilkan % berat metil ester sebesar 88,8%. Albuquerque (2008) menyatakan bahwa, hasil penelitian produksi biodiesel dari minyak bunga matahari dengan menggunakan katalis CaO yang diimbangkan pada padatan silika menghasilkan konversi biodiesel sebesar 95%. Penelitian terbaru yang telah dilakukan oleh Riza *et al.* (2013) membandingkan penggunaan katalis CaO yang diimbangkan pada abu layang dengan CaO tanpa pengemban pada reaksi transesterifikasi minyak nyamplung memiliki perbedaan nyata pada kadar FAME (*Fatty Acid Metil Ester*) yang dihasilkan. Katalis CaO dengan pengemban menghasilkan metil ester lebih tinggi dibandingkan CaO tanpa pengemban.

Pada penelitian ini, akan dilakukan pembuatan katalis CaO yang diimbangkan ke dalam zeolit alam dengan menggunakan metode impregnasi basah. Selanjutnya, katalis digunakan dalam reaksi transesterifikasi minyak jelantah dengan metanol. CaO yang digunakan sebagai katalis basa heterogen diperoleh dari limbah cangkang telur di bidang kuliner. Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah pengaruh ukuran partikel zeolit dalam sintesis CaO/zeolit alam, variasi rasio molar minyak : metanol dan suhu reaksi terhadap persen biodiesel hasil.

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Cangkang telur ayam, zeolit alam Bayah, NH<sub>4</sub>Cl 1M, metanol 96%, minyak jelantah dan aquades. Semua reagen yang digunakan berkualitas pro analisa (p.a).

### Peralatan

Difraktometer sinar-X (Shimadzu XRD-6000), spektrofotometer FTIR (Shimadzu 8201), N<sub>2</sub> Sorption analyzer, Kromatografi Gas-Spektro-

fotometer Massa, alat refluks, *magnetik stirer*, peralatan gelas (gelas bekkor, erlenmeyer, labu ukur, pipet volume, pipet tetes, dan pipet ukur), pH meter, batang pengaduk, corong kaca, penggerus porselen, ayakan (80, 140 dan 200) *mesh*, *muffle furnace*, oven, desikator, bola hisap, kertas saring whattman, neraca analitik, labu leher tiga, statif, kondenser, termometer, sentrifugasi dan pemanas listrik.

## Cara Kerja

### *Preparasi CaO dari cangkang telur*

Cangkang telur direndam dalam air panas selama 10 menit. Membran dipisahkan dari cangkang telur, lalu cangkang telur dicuci bersih dan dikeringkan pada suhu 110 °C (sampai massan konstan) selama 24 jam. Cangkang telur digerus hingga menjadi tepung, kemudian dikalsinasi menggunakan *muffle furnace* pada suhu 900 °C selama 3 jam. Selanjutnya, CaO yang terbentuk disimpan dalam wadah yang tertutup dan dikarakterisasi menggunakan XRD.

### *Aktivasi zeolit alam*

Prosedur aktivasi zeolit alam pada penelitian ini mengikuti prosedur yang diungkapkan oleh Wiratini (2012) dengan sedikit modifikasi. Zeolit alam dicuci dengan aquades sambil diaduk, kemudian disaring. Selanjutnya, zeolit dikeringkan dalam oven selama 2 jam pada suhu 120 °C. Selanjutnya dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan N<sub>2</sub> *Sorption Analyzer*. Sebanyak 100 gram zeolit yang sudah kering, ditambahkan dengan 250 mL NH<sub>4</sub>Cl 1M. Lalu direfluks pada suhu 90 °C selama 8 jam sambil diaduk menggunakan *magnetik stirer*. Residu zeolit dicuci dengan aquades berulang kali hingga pH filtratnya mencapai 6. Selanjutnya, endapan zeolit dikeringkan dalam oven pada suhu 130 °C selama 3 jam. Setelah dingin, padatan tersebut dihaluskan. Untuk menyeragamkan ukuran, zeolit yang telah dihaluskan diayak dengan ukuran ayakan 80, 140 dan 200 *mesh*. Lalu, masing-masing ukuran zeolit dikalsinasi selama 4 jam pada suhu 500 °C dalam *muffle furnace*. Kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan N<sub>2</sub> *Sorption Analyzer*.

### *Sintesis katalis CaO/zeolit alam teraktivasi*

Sebanyak 50 g zeolit alam teraktivasi masing-masing ukuran direfluks dengan 100 mL larutan CaO 5%wt pada suhu 90 °C selama 3 jam.

Selanjutnya, dikeringkan pada suhu 130 °C selama 3 jam, kemudian dikalsinasi pada suhu 500 °C selama 3 jam. Selanjutnya masing-masing katalis dengan ukuran ZAA berbeda dikarakterisasi dengan FTIR, XRD dan N<sub>2</sub> *Sorption Analyzer*.

### *Proses transesterifikasi minyak jelantah menjadi biosiesel*

Reaksi transesterifikasi minyak jelantah menjadi biodisel dilakukan mengikuti metode yang dikutip dari Endalew *et al.* (2011). Rasio molar minyak jelantah terhadap metanol adalah 1:15. Jumlah katalis yang digunakan adalah 5%wt (berdasarkan pada jumlah minyak jelantah 100 gram) yaitu 5 gram katalis ditambahkan 72 mL metanol. Campuran katalis dan metanol diaduk menggunakan *magnetik stirer* dan dipanaskan sampai mencapai suhu 60 °C. Secara terpisah, sebanyak 100 gram minyak jelantah dipanaskan sampai 60 °C. Kedua bahan ini kemudian dimasukkan ke dalam labu leher tiga untuk dilakukan reaksi transesterifikasi. Biodisel hasil kemudian diukur menggunakan Kromatografi Gas. Presentase biodisel hasil dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rendemen biodiesel (\%)} = \frac{\text{massa biodiesel (g)}}{\text{massa bahan baku (g)}} \times 100\%$$

Prosedur di atas dapat dilakukan dengan memvariasi rasio suhu reaksi, yaitu (50, 60 dan 70 °C). Dari hasil tersebut, suhu reaksi yang optimal menghasilkan *yield* biodiesel digunakan untuk menentukan rasio molar (1:6; 1:9; dan 1:15) yang dapat menghasilkan persen biodiesel tertinggi.

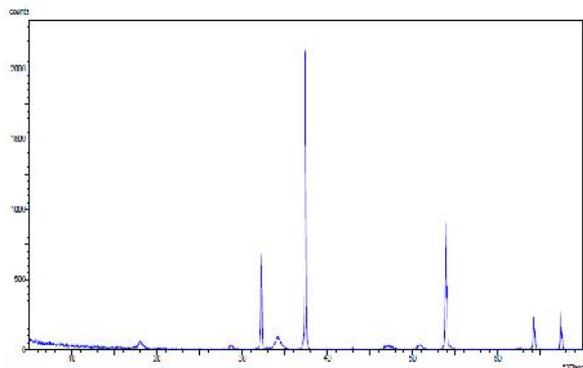
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Karakterisasi CaO**

Berdasarkan hasil karakterisasi CaO dari cangkang telur melalui proses kalsinasi pada suhu 900 °C menggunakan XRD, dihasilkan difratogram pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan pola difraksi sinar-X dari CaO yang memiliki 5 puncak pada sudut 2 (°) yaitu 32,2; 37,4; 53,9; 64,1; dan 67,4. Puncak-puncak ini sesuai dengan hasil karakterisasi yang dikaji oleh Martinez *et al.* (2011). Hasil tersebut juga didukung oleh Mohadi *et al.* (2013) bahwa senyawa CaO yang dihasilkan

dari tulang ayam memiliki pola difraksi  $2\theta$  yang sama dengan hasil penelitian ini.

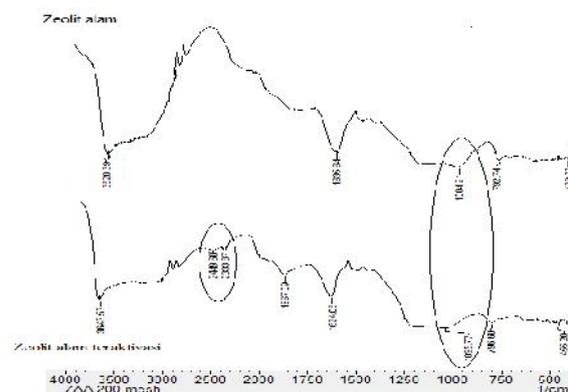


Gambar 1. Pola difraksi sinar-X CaO

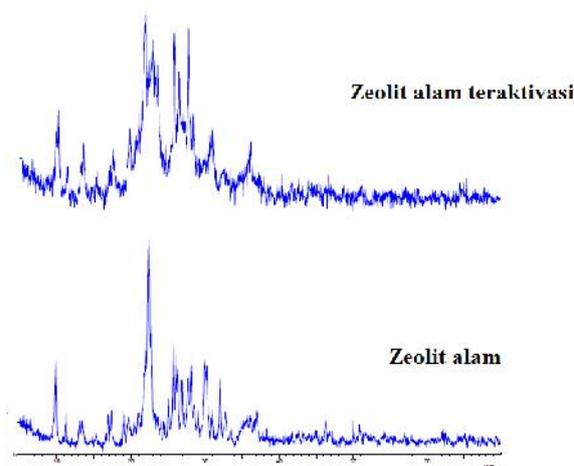
### Karakterisasi Zeolit Alam

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi dari zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi. Aktivasi zeolit alam dilakukan baik secara kimia maupun fisika. Aktivasi secara kimia dilakukan dengan penambahan larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1M melalui sistem refluks, yang bertujuan untuk menyempurnakan pembersihan material pengotor yang kemungkinan masih terjebak dalam pori-pori zeolit serta berfungsi sebagai penyeragam kation dalam zeolit. Dalam hal ini ion  $\text{NH}_4^+$  akan menggantikan kation (*exchangeable cation*) dalam zeolit alam, sehingga zeolit akan dikelilingi oleh kation-kation  $\text{NH}_4^+$  (Hamdan, 1992). Dari hasil aktivasi secara kimia diperoleh residu zeolit yang tidak mengalami perubahan struktur secara fisik. Pencucian residu hingga filtrat mencapai pH 6 adalah untuk menghilangkan ion  $\text{Cl}^-$  yang dapat mengganggu ikatan Al-O dan Si-O dalam kerangka zeolit.

Proses selanjutnya adalah aktivasi secara fisika, yaitu dengan proses kalsinasi pada suhu  $500^\circ\text{C}$  selama 4 jam dengan tujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik yang masih terjebak dalam kerangka zeolit serta akan mengubah ion  $\text{NH}_4^+$  menjadi uap  $\text{NH}_3$  dan hanya meninggalkan ion  $\text{H}^+$  yang terikat pada zeolit sehingga akan membentuk H-zeolit (Hamdan, 1992). Hasil karakterisasi zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi menggunakan FTIR dan XRD ditampilkan berturut-turut pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Spektra FTIR perbandingan ZA dengan ZAA



Gambar 3. Perbandingan pola difraksi sinar-X ZA dan ZAA

Hasil spektra pada Gambar 2 menunjukkan puncak-puncak serapan dari zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi. Serapan yang muncul pada bilangan gelombang  $3620,39\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi regangan eksternal -OH dari gugus silanol atau aluminol pada kerangka zeolit. Serapan ini didukung dengan kemunculan puncak serapan pada daerah  $1635,64\text{ cm}^{-1}$ , yang mengindikasikan kehadiran vibrasi tekuk dari gugus -OH pada molekul air yang teradsorpsi oleh zeolit alam. Serapan tertinggi terdapat pada bilangan gelombang  $1004,91\text{ cm}^{-1}$ . Serapan ini berhubungan dengan vibrasi regangan asimetris  $\text{TO}_4$  ( $\text{T} = \text{Si}$  atau  $\text{Al}$ ). Vibrasi ini merupakan vibrasi internal dari tetrahedral  $\text{TO}_4$ . Serapan ini dikuatkan oleh Jentys (2001) yang menyatakan bahwa serapan yang muncul pada bilangan gelombang  $1017\text{ cm}^{-1}$

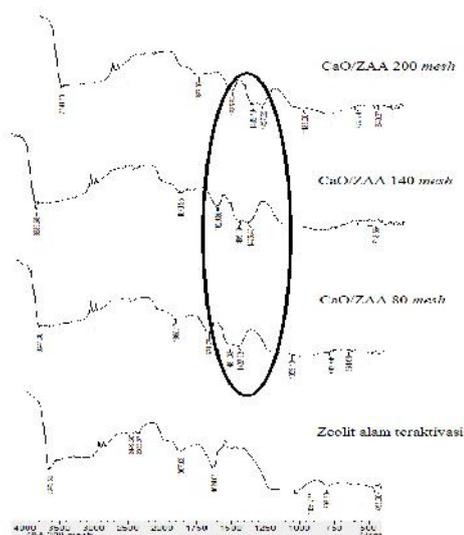
berhubungan dengan vibrasi regangan asimetris dan simetris dari regangan internal tetrahedral.

Pada Gambar zeolit alam teraktivasi terlihat bahwa adanya pergeseran puncak vibrasi internal. Pergeseran puncak terjadi pada bilangan gelombang  $1004,91\text{cm}^{-1}$  menjadi  $1035,77\text{ cm}^{-1}$ . Pergeseran puncak ini mengarah pada bilangan gelombang lebih tinggi pada daerah vibrasi ulur internal. Selain itu, munculnya serapan baru pada bilangan gelombang  $2449,60\text{ cm}^{-1}$ , serapan ini merupakan vibrasi tekuk N-H dari amina primer, yang menunjukkan adanya ammonium pada  $\text{NH}_4$ -zeolit. Hal serupa juga diungkapkan oleh Nugrahaningtyas (2009), menyatakan bahwa keberadaan ammonium pada  $\text{NH}_4$ -zeolit terlihat pada serapan bilangan gelombang  $2463\text{ cm}^{-1}$ .

Berdasarkan pola difraksi zeolit alam di atas, terdapat beberapa puncak. Dengan puncak tertinggi ( $2\theta = 22,39^\circ$ ;  $d = 3,97\text{\AA}$ ) yang menunjukkan adanya mineral klinoptilolit (JCPDS 25-1349). Sedangkan puncak-puncak yang lainnya terlihat pada  $2\theta = 27,72^\circ$  ( $d = 3,22\text{ \AA}$ ) yang merupakan karakteristik dari mordenit (JCPDS 6-239); puncak pada  $2\theta = 21,02^\circ$  ( $d = 4,22\text{\AA}$ ) merupakan karakteristik dari kuarsa (JCPDS 5-0490). Hal ini sesuai dengan yang disampaikan oleh Sariman *et al.* (1996) bahwasanya zeolit yang berasal dari Daerah Bayah, Kabupaten Lebak, Banten memiliki komposisi mineral utama mordenit ( $2\theta = 27,72^\circ$ ;  $d = 3,22\text{ \AA}$ ), klinoptilolit ( $2\theta = 22,39^\circ$ ;  $d = 3,97\text{\AA}$ ) dan mineral lainnya seperti kuarsa ( $2\theta = 21,02^\circ$ ;  $d = 4,22\text{\AA}$ ), dan plagioklas ( $2\theta = 20,46^\circ$ ;  $d = 4,34\text{\AA}$ ). Sedangkan pola difraksi sinar-X dari zeolit alam teraktivasi (ZAA), terlihat adanya pergeseran posisi sudut  $2\theta$  dan kenaikan intensitas dari mineral mordenit. Pergeseran puncak terlihat pada sudut puncak mordenit dari  $2\theta = 27,72^\circ$  ke  $2\theta = 21,90^\circ$  dengan intensitasnya mencapai 100%. Hal ini membuktikan bahwa proses aktivasi zeolit alam telah berlangsung dengan baik. Proses aktivasi juga dapat meningkatkan kristalinitas mineral-mineral penyusun zeolit alam. Hal ini dibuktikan dengan penyempitan bentuk puncak mineral-mineral pada zeolit alam aktivasi. Pada proses aktivasi, struktur sedikit *amorf* yang mendominasi zeolit alam mengalami penataan ulang dan menyebabkan kristalinitas mineral meningkat (Landia, 2012).

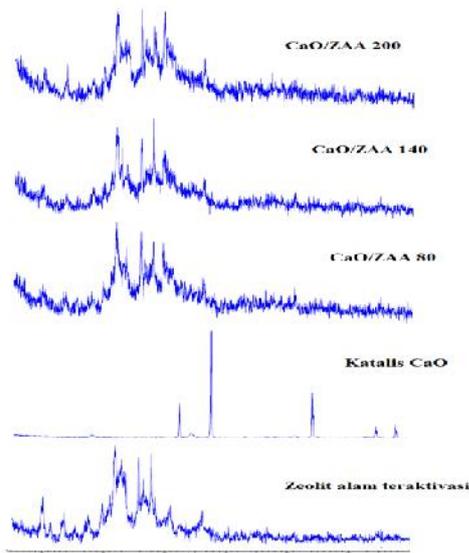
### Sintesis katalis CaO/ZAA

Sintesis katalis CaO/ZAA dilakukan dengan mengembankan CaO kedalam pori zeolit melalui proses impregnasi basah selama 3 jam pada suhu  $90^\circ\text{C}$ . Pada proses ini, CaO dilarutkan dalam aquades terlebih dahulu untuk mempermudah interaksi pertukaran kation antara ion  $\text{H}^+$  dari H-zeolit dengan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dari CaO. Selanjutnya, proses pemanasan pada suhu  $130^\circ\text{C}$  selama 3 jam dilakukan untuk menghilangkan molekul air yang masih terjerap dalam CaO/ZAA dan dilanjutkan dengan kalsinasi pada suhu  $500^\circ\text{C}$  selama 3 jam bertujuan untuk menghilangkan pengotor organik yang kemungkinan mengkontaminasi saat proses impregnasi. Hasil sintesis katalis CaO/ZAA, kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD dan  $\text{N}_2$  Sorption Analyzer.



Gambar 4. Spektra FTIR katalis CaO/ZAA

Berdasarkan Gambar 4, terlihat muncul puncak baru pada bilangan gelombang  $1485,19$  dan  $1427,35\text{ cm}^{-1}$ , menunjukkan adanya vibrasi ulur simetri dan asimetri yang berhubungan gugus dari karbonat. CaO sendiri tidak memberikan serapan sehingga tidak terdeteksi oleh FTIR, yang terdeteksi adalah vibrasi gugus karbonat akibat adsorpsi  $\text{CO}_2$  dari udara oleh padatan CaO. Hal ini terjadi karena CaO memiliki sifat higroskopis yang mudah menyerap uap air dari udara (Granados *et al.*, 2007).



Gambar 5. Pola difraksi sinar-X katalis CaO/ZAA

Berdasarkan pola difraksi dari ketiga zeolit alam teraktivasi dengan ukuran berbeda tidak mengalami perubahan secara signifikan setelah diimbangkan dengan katalis CaO. Hal ini terjadi karena pengembunan CaO tidak merubah struktur dari zeolit alam teraktivasi. Hasil yang sama disampaikan oleh Martinez *et al.* (2011) yang melaporkan bahwa pengembunan CaO nano pada NaX tidak menunjukkan pengaruh terhadap struktur kristal dari NaX walaupun telah diberi perlakuan kalsinasi. Hasil ini dikuatkan oleh Wu *et al.* (2013) yang menjelaskan bahwa, ketidakhadiran pola difraksi CaO pada NAY terjadi karena CaO terdispersi secara merata pada permukaan NAY membentuk lapis tunggal, sehingga pola difraksi CaO tidak terlihat pada pola difraksi CaO/ZAA. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penambahan CaO pada berbagai ukuran partikel zeolit alam, tidak merubah hasil difratogram dari zeolit alam teraktivasi.

### Penentuan Luas Permukaan Zeolit Alam dan Katalis CaO/ZAA dengan Metode BET

Hasil pengukuran luas permukaan zeolit alam dan katalis CaO/ZAA menggunakan  $N_2$  sorption analyzer ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Luas permukaan zeolit alam dan katalis CaO/ZAA

Kode Sampel	Luas Permukaan (m <sup>2</sup> /g)
ZA	63,031
ZAA	75,855
CaO/ZAA 80 mesh	25,626
CaO/ZAA 140 mesh	21,495
CaO/ZAA 200 mesh	9,993

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, terlihat bahwa luas permukaan zeolit alam meningkat setelah dilakukan aktivasi. Hal ini terjadi karena hilangnya molekul-molekul pengotor, baik yang menutupi permukaan zeolit alam maupun yang terjebak dalam rongga zeolit alam. Sedangkan terjadi penurunan luas permukaan setelah diimbangkan CaO. Penurunan ini disebabkan jumlah CaO yang terembun pada zeolit alam meningkat. Penelitian yang sama telah dilakukan oleh Wu *et al.* (2013) menjelaskan bahwa luas permukaan zeolit menurun setelah CaO diimbangkan ke dalam zeolit dengan menggunakan iridasi gelombang mikro. Hal ini terjadi karena luas permukaan CaO lebih rendah daripada zeolit, sehingga mengakibatkan luas permukaan zeolit menurun seiring dengan meningkatnya jumlah CaO. Untuk mengkonfirmasi hasil tersebut, dilakukan pengukuran massa CaO terembun pada zeolit alam menggunakan metode gravimetri sederhana. Data massa CaO yang terembun pada zeolit alam ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Massa CaO yang terembun pada zeolit alam

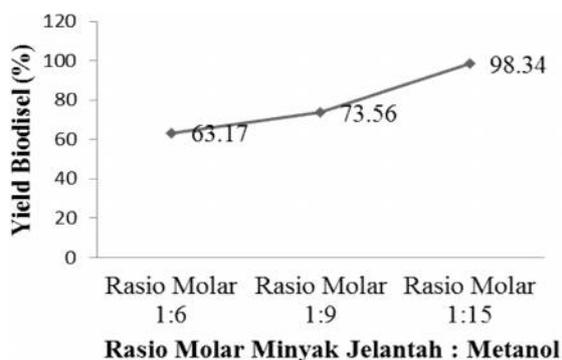
Kode Sampel	Massa ZAA	Massa CaO/ZAA	Massa CaO yang terembun (g/g zeolit)
CaO/ZAA 80 mesh	20 g	20,50 g	0,0250
CaO/ZAA 140 mesh	20 g	22,93 g	0,1465
CaO/ZAA 200 mesh	20 g	24,31 g	0,2155

Tabel 2 menjelaskan mengenai jumlah CaO yang terlempar pada zeolit alam teraktivasi. Semakin kecil ukuran zeolit, CaO yang terlempar semakin banyak. Hasil ini didukung oleh Pujiastuti (2007) mengungkapkan bahwa semakin kecil ukuran zeolit daya serap terhadap logam semakin tinggi. Oleh karena itu, ukuran zeolit sebagai pengemban CaO yang diaplikasikan dalam produksi biodiesel adalah ukuran zeolit 200 *mesh*.

### Produksi biodiesel

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian adalah minyak jelantah dan untuk katalis pada reaksi transesterifikasi digunakan CaO yang berasal dari cangkang telur yang telah diembankan pada zeolit alam teraktivasi dengan ukuran partikel ZAA 200 *mesh* (CaO/ZAA 200 *mesh*).

### Pengaruh rasio molar terhadap *yield* biodiesel (T = 60 °C)



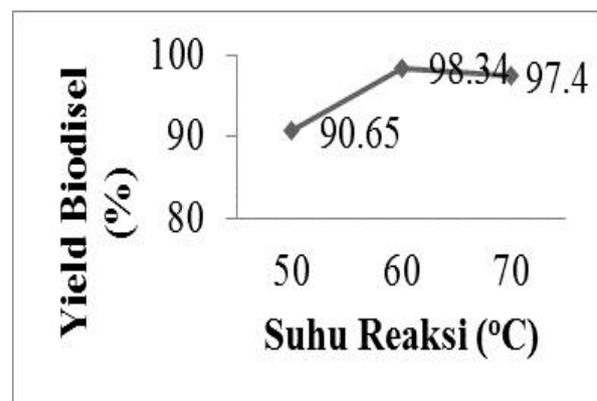
Gambar 6. Pengaruh rasio molar terhadap Yield Biodiesel

Pengaruh rasio molar terhadap *yield* biodiesel ditampilkan pada Gambar 6 yang menunjukkan *yield* biodiesel tertinggi pada rasio molar 1:15 sebesar 98,34%. Rasio molar berpengaruh nyata terhadap perolehan *yield* biodiesel. Hal ini disebabkan karena fasa kontinu (metanol) bergeser ke arah kanan (produk). Hasil yang sama diungkapkan oleh Putri *et al.* (2012) yang memproduksi biodiesel dari minyak biji kapok menggunakan katalis CaO melaporkan bahwa *yield* biodiesel meningkat dari 80,5 % menjadi 82,648 % ketika rasio molar ditingkatkan dari 1:10 menjadi 1:15. Hasil ini didukung oleh Liu *et al.* (2008) melaporkan bahwa *yield* biodiesel bertambah dengan meningkatnya rasio molar metanol terha-

dap minyak. *Yield* biodiesel mengalami peningkatan dari 61% menjadi 97% ketika rasio molar ditingkatkan dari 1:3 menjadi 1:12.

### Pengaruh suhu reaksi terhadap *yield* biodiesel (Rasio molar 1:15)

Suhu reaksi berpengaruh penting terhadap pembentukan *yield* biodiesel. Reaksi transesterifikasi akan berlangsung cepat dengan menaikkan suhu reaksi hingga mendekati titik didih metanol (Ambarita, 2004). Adanya pemanasan menyebabkan molekul minyak terdispersi dan terdistribusi pada molekul metanol membentuk ikatan metil ester. Selain itu, pemanasan juga dapat meningkatkan pergerakan molekul campuran minyak-metanol sehingga mengakibatkan terjadinya tumbukan-tumbukan antar partikel semakin besar.



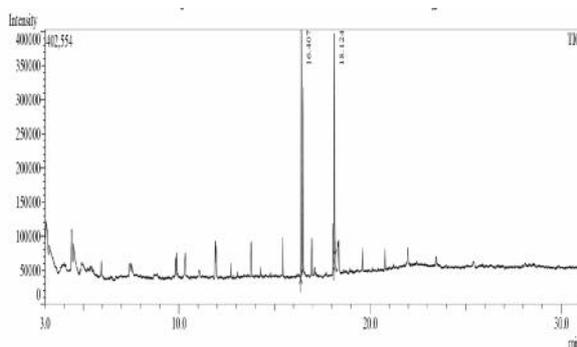
Gambar 7. Pengaruh suhu reaksi terhadap Yield Biodiesel

Berdasarkan Gambar 7 terlihat pada suhu 50 dan 60°C *yield* biodiesel mengalami peningkatan dari 90,65 % menjadi 98,34%. Peningkatan ini terjadi karena semakin tinggi suhu reaksi, maka dapat menyebabkan gerakan antar molekul semakin cepat. Sehingga dengan adanya gerakan molekul yang semakin cepat dapat meningkatkan *yield* biodiesel yang dihasilkan. Sedangkan pada suhu 70°C *yield* biodiesel yang diperoleh menurun. Kondisi ini terjadi karena pada suhu 70°C melebihi titik didih metanol. Akibatnya metanol mengalami perubahan fasa dari cair menjadi gas, yang menguap selama reaksi berlangsung. Sehingga kecepatan reaksi menurun dan *yield* biodiesel yang dihasilkan juga menurun. Menurut Mat (2012) menyatakan bahwa suhu yang terlalu tinggi

menyebabkan metanol menguap dan membentuk gelembung-gelembung yang mencegah terjadinya reaksi antar tiga fasa (katalis padat-minyak-metanol). Akibatnya, tumbukan antar molekul menurun sehingga kecepatan reaksi menurun dan *yield* biodiesel yang dihasilkan juga menurun (Kartika *et al.*, 2012). Liu *et al.* (2008) melaporkan suhu optimum pada produksi biodiesel menggunakan CaO sebagai katalis padat terjadi pada suhu 65°C. Sedangkan *yield* biodiesel yang dihasilkan oleh Nurul *et al.* (2014) dengan menggunakan katalis NaOH pada suhu optimum 60°C menghasilkan konversi sebesar 45%.

### Analisis biodiesel menggunakan GC-MS

Hasil analisis biodiesel dilakukan dengan menggunakan *Gas Chromatography-mass spectrometry* (GC-MS) bertujuan untuk membuktikan telah terbentuknya ester dan mengetahui jenis ester yang terkandung dalam biodiesel. Biodiesel yang dianalisis dengan *Gas Chromatography-mass spectrometry* (GC-MS) adalah biodiesel yang dihasilkan pada kondisi optimum yaitu dengan rasio molar 1:15 pada suhu reaksi 60 °C selama 5 jam. Hasil analisis biodiesel menggunakan GC-MS disajikan pada Gambar 8.



ID#	Name	R.Time	m/z	Area	Height	Conc. Conc.Ut
1	Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl	16.407	74.00	126429	72659	0.000 ppm
2	Octadecanoic acid (Z)-, methyl ester (CAS)	18.124	86.00	42919	20899	0.000 ppm

Gambar 8. Kromatogram biodiesel dengan rasio molar 1:15 pada suhu 60 °C selama 5 jam

Analisis biodiesel menggunakan GC-MS menghasilkan 2 senyawa utama metil ester yaitu metil palmitat dan metil oleat. Komponen terbesar ester dari biodiesel dengan katalis CaO/ZAA didominasi oleh metil palmitat sebesar 74,66%, sedangkan metil oleat 25,34 %. Berdasarkan hasil

analisis densitas biodiesel diperoleh 0,83 g/ml. Menurut Dirjen Migas densitas biodiesel berkisar antara 0,840-0,920. Hasil ini hampir mendekati densitas biodiesel dari Dirjen Migas.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa ukuran optimum zeolit sebagai pengemban CaO yang diaplikasikan sebagai katalis dalam produksi biodiesel adalah 200 *mesh* dengan luas permukaan 9,993 m<sup>2</sup>/g dan jumlah CaO yang teremban 0,2155 g/g zeolit. Sedangkan suhu dan rasio molar minyak dengan metanol optimum pada reaksi transesterifikasi menggunakan katalis CaO/ZAA 200 *mesh* dari minyak jelantah adalah 60 °C dan rasio molar minyak dengan metanol adalah 1:15 dengan *yield* biodiesel sebesar 98,4% dengan komponen metil ester yaitu metil palmitat dan metil oleat.

### Saran

Penelitian ini masih diperlukan analisis lebih lanjut dengan memvariasi waktu reaksi dan jumlah katalis dalam reaksi transesterifikasi menggunakan katalis CaO/ZAA 200 *mesh* dan perlu dilakukan dengan membandingkan penggunaan katalis CaO/ZAA dengan ukuran partikel zeolit alam teraktivasi 80 dan 40 *mesh*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Drs. I Wayan Suirta, M.Si., I Wayan Sudiarta, S.Si., M.Si., I Nengah Simpen, S.Si., M.Si., dan Ibu Ida Ayu Gede Widihati, S.Si., M.Si., Dra. Iryanti Eka Suprihatin, M.Sc., Ph.D., atas saran dan masukannya, serta pihak-pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini

## DAFTAR PUSTAKA

Albuquerque *et al.*, 2008, CaO supported on mesoporous silicas as basic catalysts for transesterification reactions, *Applied Catalysis A: General*, 334 : 35–43

- Andya, W.F., Subagjo., and Prakoso, T., 2012, Pengembangan Katalis Kalsium Oksida Untuk Sintesis Biosiesel, *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 11 (2) : 66-73
- Endalew, A.K., Kiros, Y., and Zanzi, R., 2011, Heterogeneous Catalysis for Biodiesel Production from *Jatropha curcas* Oil (JCO), *Energy xxx*, 1-8
- Guo and Fang., 2011, *Biodiesel Production with solid Catalysts*, Chinese Academy of Sciences, Biomass Group, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, China
- Indra, R., Prabowo, J., Ayucitra, A., and Ismadji, S., 2011, Pemanfaatan Zeolit Alam Sebagai Katalis Murah dalam Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit, *Prosiding: Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia*, Surabaya, 1-7
- Kartika, D., and Widyaningsih, S., 2012, Konsentrasi Katalis dan Suhu Optimum pada Reaksi Esterifikasi Menggunakan Katalis Zeolit Alam Aktif (ZAH) dalam Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Natur Indonesia.*, 14(3) : 219-226
- Krivoshto, I. N., Richards, J., Albertson, T., and Derlet, W., 2006, The Toxicity of Diesel Exhaust: Implications for Primary Care, *J Am Board Fam Med*, 21:55–62
- Martinez *et al.*, 2011, Preparation and Characterization of CaO Nanoparticles/NaX Zeolite Catalysts for the Transesterification of Sunflower Oil. *Global Journal of Industrial & Engineering Chemistry Reserch*, 50 : 2665–2670
- Noiroj, K., Intarapong, P., Luengnaruemitchai, A. and Jai-In, S, 2009, A Comparative Study of KOH/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and KOH/NaY Catalysts for Biodiesel Production via Transesterification from Palm Oil, *Renewable Energy*, 34 : 1145–1150
- Riza, E., and Ediati, R., 2013, Pemanfaatan Kulit Telur Ayam dan Abu Layang Batubara sebagai Katalis Heterogen untuk Reaksi Transesterifikasi Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum Linn*), 7 (1) : 2337-3520
- Romero, R., Martinez, S.L., and Natividad, R., 2011, Biodiesel Production by Using Heterogeneous Catalysts, *Alternative Fuel, Manzanera, (Ed)*, 9 : 953 - 978
- Rounce P., and Tsolakis, A., 2012, Speciation of Particulate Matter and Hydrocarbon Emissions from Biodiesel Combustion and Its Reduction by Aftertreatment, *Fuel* : 96 90-99
- Rubianto, L. and Setryo, S., 2013, Comparison of Biodiesel and Petrodiesel Particulate Emission. *IJES*, 2 (5): 66-69
- Sharma, Y.C., Singh, B., and Korstad, J., 2011, Latest Developments on Application of Heterogenous Basic Catalysts for an Efficient and Eco Friendly Synthesis of Biodiesel, *A review. Fuel*. 90 : 1309-1324
- Sivasamy *et al.*, 2009, Catalytic Applications in the Production of Biodiesel from Vegetable Oils, *ChemSusChem*, 2 : 278-300
- Xie, W & Li, H, 2006, Alumina-Supported Pottasium Iodida as a heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production from Soybean oil, *J. Mol. Catal.* 19 : 674-677