

## POTENSI ZEOLIT ALAM BAYAH BANTEN SEBAGAI KATALIS HETEROGEN PADA PEMBUATAN BIODIESEL SECARA TRANSESTERIFIKASI

Rudi Hartono<sup>1\*,2</sup>, Anondho Wijanarko<sup>1</sup>, Heri Hermansyah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia

<sup>2</sup>Department of Chemical Engineering, University of Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia  
rudi.hartono@untirta.ac.id

### Abstrak

Zeolit alam bayah banten (ZABB<sub>rh</sub>) mengandung modernit dan klipnotilonit yang berpotensi untuk dibuat katalis heterogen. Untuk penghasil bioiesel. Pertama Zeolit di hancurkan dengan menggunakan palu untuk mendapatkan ukuran (50 – 60) mesh, keringkan pada suhu 110<sup>0</sup>C selama 24 jam di dalam Oven. Impregnasi menggunakan KOH dalam 100 ml aquadest selama 2 jam pada suhu 60<sup>0</sup>C, keringkan dalam oven kembali selama 24 jam pada suhu 110<sup>0</sup>C, pisahkan dengan menggunakan pompa vakum, kalsinasi pada suhu 450<sup>0</sup>c selama 3 jam. Katalis heterogen ini ramah lingkungan dan mudah dipisahkan dan dapat digunakan kembali. Biodiesel yang dihasilkan pada suhu 60<sup>0</sup>C selama 2 jam dengan perbandingan rasio methanol dan minyak jelantah 1:7. Hasil biodieselnnya adalah : 87,8% (75 gram KOH/100mL). Hasil Biodiesel di analisa dengan GC Ester content dan katalis termodifikasi dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR, SEM-EDX, XRD

**Kata kunci:** katalis heterogen, *biodiesel*, *Zeolit*, *Katalis ion exchange*

### Abstract

The natural zeolite bayah banten contains modernit and clipnotilonite which have the potential to be made of heterogeneous catalyst. To produce biodiesel. The first Zeolite is destroyed by using a hammer to get the size (50 - 60) mesh. Dry at 110<sup>0</sup>C for 24 hours in oven. this catalyst impregnated by KOH in 100 ml of distilled water for 2 hour at 60<sup>0</sup>C temperature, dry in the oven back for 24 hours at 110<sup>0</sup>C, separate by using a vacuum pump, calcination at 450<sup>0</sup>C for 3 hours. The advantage of heterogeneous catalyst was environmentally friendly and easily separable and reusable. Biodiesel produced at a temperature of 60<sup>0</sup>C for 2 hours with a ratio of methanol and cooking oil 1: 7. The biodiesel result is 87,8% Yield (75 gram KOH/100mL). Biodiesel results were analyzed by GC, FTIR, SEM-EDX, XRD

**Keywords :** *heterogeneous catalyst*, *biodiesel*, *Zeolite*, *ion exchange catalyst*

### PENDAHULUAN

Sumber energi minyak dan gas bumi tidak dapat diperbaharui kembali, persediaanya yang semakin menipis dan pengembangan produksi terbatas. Menurut data dari Dirjen minyak dan gas cadangan minyak bumi yang ada di dunia semakin lama semakin berkurang sedangkan kebutuhan akan energi semakin meningkat

Selain sifatnya yang tidak dapat di perbaharui penggunaan bahan bakar fosil menyebabkan juga menyebabkan permasalahan lingkungan. Saat ini kepedulian terhadap lingkungan hidup yang tinggi dipicu oleh semakin memburuknya kondisi bumi yang di tempati. Pemanasan global akibat efek rumah

kaca mengancam kehidupan manusia karena dapat menyebabkan naiknya permukaan air laut karena melelehnya es di kutub. Tingkat polusi yang semakin membahayakan bagi lingkungan terutama di kota-kota besar yang penuh dengan asap kendaraan dan industri, serta penggunaan BBM sebagai bahan bakar utama ikut memberi andil dalam kerusakan lingkungan yang terjadi. Emisi gas buang hasil pembuangan bahan bakar mengandung senyawa-senyawa yang membahayakan bagi kesehatan.

Usaha untuk mengadakan diversifikasi sumber energi sudah banyak dilakukan, namun pengaplikasian bahan bakar pada mesin kendaraan membutuhkan modifikasi dan penambahan infrastruktur, Agar dapat bersifat

aplikatif maka alternatif bahan bakar harus dalam bentuk cair. Selain itu bahan bakar alternatif sebaiknya bersifat dapat diperbaharui dan juga ramah lingkungan.

Diversifikasi biodiesel merupakan alternatif yang potensial untuk mengatasi permasalahan keterbatasan sumber bahan bakar yang tidak terbaharui, dan bersifat ramah lingkungan.

Biodiesel di masa depan dihasilkan dari bahan baku yang bisa diperbaharui seperti minyak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan lemak hewan untuk memenuhi harga biodiesel yang bersaing dengan petroleum (Hartono.R et al., 2016)

Proses pembuatan biodiesel dengan menggunakan katalis homogen pada minyak tumbuh-tumbuhan (nabati) mengalami keterbatasan dan permasalahan baik secara katalis alkali, asam, lipase dan superkritik diantaranya adalah penghilangan kandungan asam lemak bebas yang tinggi, kandungan air dalam campuran reaksi, perlunya proses downstream serta tingginya biaya operasi pembuatan biodiesel (Hartono. R et al., 2016)

Masalah-masalah ini dapat diminimalkan dengan penggunaan katalis heterogen dalam proses transesterifikasi. Penggunaan katalis heterogen lebih ekonomis dan memiliki beberapa keuntungan diantaranya adalah tidak korosif, ramah lingkungan, mudah dipisahkan dari produk cairnya, aktivitas dan selektivitasnya cukup tinggi (Tapanes,N.C.O et al., 2008). Katalis heterogen menunjukkan potensi yang tinggi, kuat dan tahan lama bisa untuk asam lemak bebas sampai 40% (Zhang Yueng et al., 2013).

Penggunaan katalis heterogen adalah pengganti alternatif dari penggunaan katalis homogen, dan lebih mudah untuk dipisahkan dan digunakan kembali. (Dang Tan-Hiep et al 2017) menggunakan katalis heterogen Zeolit LTA dengan menggunakan NAOH untuk menghasilkan biodiesel dengan suhu 62,9°C dan waktu reaksi 146 menit dengan perolehan yield biodiesel (92,8 ± 4,0)%. (Fereedoni Leila et al., 2017) menggunakan katalis heterogen padat Zeolit/kitosa/KOH untuk menghasilkan biodiesel sebesar 93% pada rasio molat 1:7 selama 3 jam (Noor Al-Jamal et al., 2016) menggunakan Zeolit alam yang diimpregnasi menggunakan KOH untuk menjadi katalis heterogen penghasil biodiesel. dilakukan pada

suhu 50°C dan waktu reaksi 2 jam, Yield biodiesel yang dihasilkan 96,7%. (Saowanee Manadee et al., 2017) menggunakan katalis NAX yang di impregnasi menggunakan KOH 16% menghasilkan biodiesel sebesar (95,2 ± 0,96%) dan lamanya waktu 3jam dan suhu 65°C. (Chen Ying-Chen et al., 2017) Menggunakan lithium metasilicate dan campurannya dengan zeolit ABW sebagai katalis, menghasilkan biodiesel di atas 95% dalam waktu satu jam. Selanjutnya, katalis yang digunakan dapat didaur ulang dan digunakan kembali paling sedikit selama tiga siklus berturut-turut tanpa deaktivasi yang signifikan. Dengan penurunan pemuatan katalis-ke-minyak hingga 30% berat, hasil biodiesel masih bisa tercapai. (Vollu Vikrant et al., 2015) Zeolit yang disintesis ditukar ion dengan kalium dan digunakan sebagai katalis untuk transesterifikasi minyak mustard untuk mendapatkan konversi maksimum 84,6% dengan konsentrasi katalis 5% berat, rasio molar methanol terhadap minyak (12: 1), waktu reaksi 7 jam. Pada suhu 65 °C. Katalis digunakan kembali untuk 3 siklus pemakaian. (Ma Yingqun et al., 2017) Dalam penelitian ini, produksi biodiesel dari minyak jelantah menggunakan resin modifikasi-FeCl<sub>3</sub> sebagai katalis heterogen. Menghasilkan yield biodiesel sebesar 92% , rasio molar metanol / minyak 10: 1, kandungan katalis 8%, suhu reaksi 90 ° C dan waktu reaksi 120 menit.

Penggunaan katalis heterogen adalah merupakan alternatif pengganti dari penggunaan katalis heterogen yang lebih mudah untuk dipisahkan dan digunakan kembali. Saat ini adalah penggunaan katalis heterogen yang berasal dari wilayah lebak banten yaitu menggunakan zeolit alam yang memiliki struktur kerangka tiga dimensi yang merupakan kristal alumina silika. Zeolit alam ini ditambang langsung dari alam, sehingga harganya murah dibandingkan dengan zeolit sintesis. Zeolit alam jumlahnya banyak tapi distribusinya tidak merata dan kristalinitasnya kurang baik, untuk memperbaikinya dengan cara aktivasi dan modifikasi untuk tujuan memperbesar luas permukaan kontak dan keasamaan yang meningkat yang menyebabkan aktivasi sebagai katalis dari zeolit meningkat (hartono R et al., 2018).

Penelitian ini difokuskan pada proses modifikasi penukar anion menggunakan zeolit alam bayah banten dengan metoda impregnasi

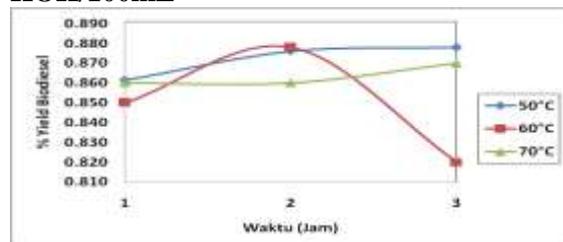
KOH sehingga dapat digunakan sebagai katalis. Pengaruh konsentrasi basa (KOH) dan kondisi reaksi dalam perolehan yield biodiesel diamati.

## METODE

Zeolit yang digunakan diambil dari zeolit alam bayah banten melalui tahapan penghancuran dan *Screening* untuk mendapatkan zeolit yang diinginkan sesuai dengan ukuran diameternya. Aktivasi zeolit pada alam bayah banten dilakukan untuk memodifikasi struktur kerangka atau non kerangka zeolit dengan tujuan untuk mempertinggi daya kerjanya.. Aktivasi zeolit dilakukan dengan secara fisika dan secara kimia. Secara fisika Bertujuan untuk menguapkan air yang tertangkap dalam pori-pori Kristal zeolit yang dilakukan pada suhu 110°C sehingga luas permukaan pori-pori kristalnya bertambah selama kurang lebih 24 jam. Secara kimia Aktivasi secara kimia dilakukan dengan menggunakan larutan basa KOH bertujuan membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor dan mengatur kembali letak atom yang dipertukarkan. Proses Impregnasi dilakukan dengan menggunakan larutan KOH/100mL aquades terhadap zeolit pada suhu 60°C, selama 2 jam kemudian campuran diletakan dalam oven bersuhu 60°C selama 24 jam dan dipisahkan dengan pompa vakum filter dengan kertas saring, keringkan dalam oven suhu 110°C selama 24 jam dan Kalsinasi Zeolit untuk menjaga agar katalis yang diperoleh relatif stabil pada suhu tinggi. Proses ini dilakukan dengan cara zeolit dipanaskan pada suhu 450°C. Waktu kalsinasi dihitung mulai suhu 450°C selama 4 jam. Katalis didinginkan dan siap untuk digunakan (hartono R et al., 2018)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Temperatur dan waktu Terhadap Perolehan % Yield Biodiesel Pada 75 gram KOH/100mL

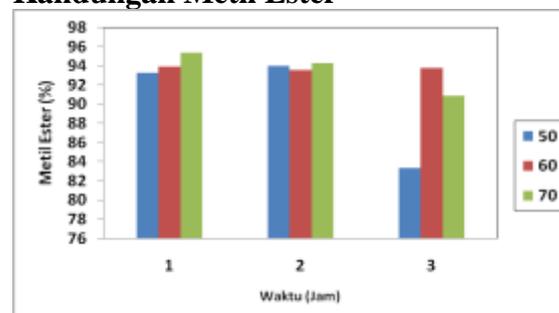


**Gambar 1.** Pengaruh Penggunaan 75 Gram KOH/100mL Terhadap Biodiesel yang didapat

Temperatur mempunyai peranan penting pada kualitas produk biodiesel yang dihasilkan. Temperatur reaksi tidak melebihi titik didih metanol, bila metanol menguap pada saat reaksi maka % yield biodiesel yang dihasilkan berkurang, jika methanol semakin sedikit volumenya didalam reaksi akibat penguapan, maka reaksi trans-esterifikasi antara minyak jelantah dengan methanol berlangsung lambat kecepatan reaksinya. Lamanya waktu reaksi seperti Gambar 1. ada titik optimumnya dan setelah melewati titik optimum menyebabkan reaksi akan kembali ke awal sehingga produk yang dihasilkan dapat terbentuk menjadi reaktan kembali.

Pada Gambar 1 terlihat kondisi optimum biodiesel yang dihasilkan pada suhu 60°C dan lamanya waktu operasi selama 2 jam sebesar 87,8%.

### Kandungan Metil Ester



**Gambar 2.** Kandungan Metil Ester pada variasi konsentrasi 75 Gram KOH/100mL

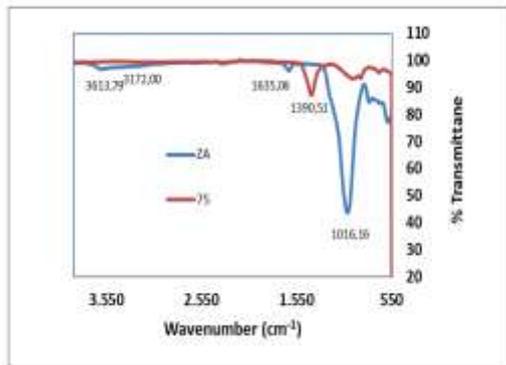
Kandunga metil ester yang dihasilkan dari biodiesel menggunakan katalis heterogen zeolit alam bayah banten (ZABB<sub>ht</sub>) di analisa dengan menggunakan alat GC Ester conten hasilnya adalah sebesar 93,6%

### Karakterisasi Katalis

#### FTIR

Fungsi FTIR adalah Untuk menentukan gugus fungsi yang ada dalam zeolit .

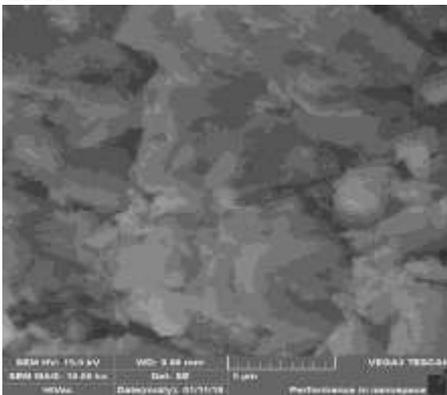
FTIR zeolit alam bayah banten yang belum mengalami modifikasi ditunjukan pada Gambar 3 (ZA), sedangkan yang sudah dimodifikasi ditunjukan pada Gambar 3 (75)



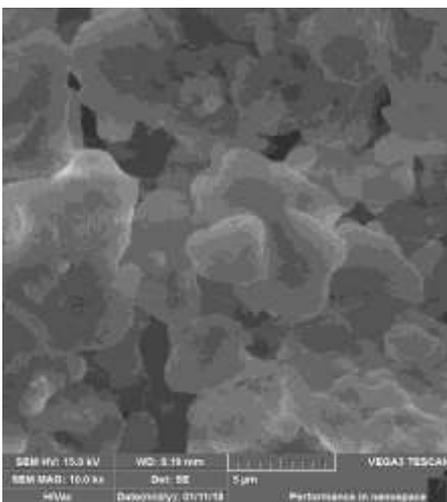
**Gambar 3.**Spectrum FTIR Zeolit Alam Bayah Banten

Setelah dimodifikasi dengan menggunakan 75 gram KOH/100 mL, Pada Gambar 3 (75) menunjukkan peningkatan serapan pada  $1390,51\text{ cm}^{-1}$ , ini adanya KOH masuk dalam matrik zeolit dan berubah menjadi  $\text{K}_2\text{O}$ .

#### SEM-EDX



(a)

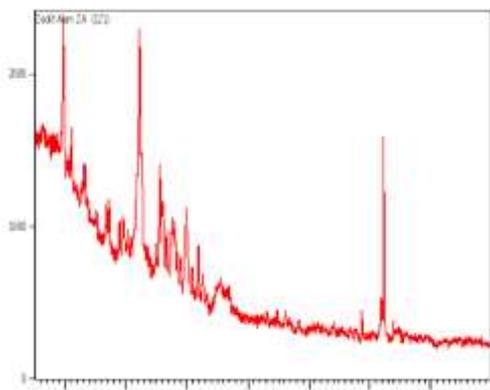


(b)

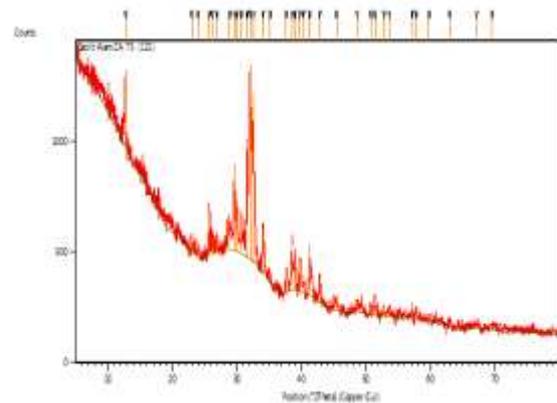
**Gambar 4.** (a) SEM-EDX dari katalis zeolit Alam Bayah Banten, (b) Zeolit yang termodifikasi

Analisa SEM-EDX dilakukan untuk mengetahui jumlah kandungan unsur kalium dalam zeolit sebelum termodifikasi dan setelah termodifikasi. Hasil menunjukkan adanya peningkatan kandungan unsur kalium dalam zeolit setelah proses modifikasi, hal ini menunjukkan bahwa proses impregnasi KOH ke dalam matriks dan permukaan zeolit berlangsung sempurna. Sebelum modifikasi kalium (% berat) 2,3%, setelah modifikasi kalium menjadi 58,7%

#### XRD



(a)



(b)

**Gambar 5.** (a) Pola XRD Zeolit Alam Bayah banten (b) Zeolit ang termodifikasi

Pola XRD untuk zeolit alam bayah banten yang sudah termodifikasi dengan menggunakan KOH dapat dilihat pada Gambar 5(b). Pola XRD untuk Zeolit termodifikasi menunjukkan fasa munculnya  $K_2O$  pada  $2\theta = 12, 25,5, 29, 32, 34,5, 37,8, 38,9, 41,8, 43,3, 49,2, 52$ . Ini menunjukkan  $K_2O$  memiliki aktivitas katalitik yang tinggi. Terbentuknya  $K_2O$  merupakan indikasi bahwa KOH yang terdapat dalam permukaan dan matrik zeolit berubah menjadi  $K_2O$  selama proses impregnasi dan kalsinasi.

### SIMPULAN

Zeolit alam bayah banten yang di impregnasi dengan KOH dapat digunakan sebagai katalis heterogen penghasil biodiesel Kondisi optimum untuk katalis KOH/zeolit adalah temperatur  $60^\circ C$  dan waktu reaksi 2 jam.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Hibah doktor Dikti tahun 2018 yang sudah mendanai penelitian ini dan LPPM Untirta yang sudah memwawahi sehingga penelitian bisa berjalan dengan baik, juga Departemen Teknik Kimia UI untuk bisa penggunaan oven dan Furnace dalam Pembuatan Katalis Zeolit Alam Bayah Banten (ZABB<sub>rh</sub>).

### DAFTAR PUSTAKA

- Al-Jammal, Noor, Al-Hamamre, Zayed, & Alnaief, Mohammad. (2016). Manufacturing of zeolite based catalyst from zeolite tuft for biodiesel production from waste sunflower oil. *Renewable Energy*, 93(Supplement C), 449-459. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.018>
- Chen, Ying-Chen, Lin, Dai-Ying, & Chen, Bing-Hung. (2017). Transesterification of acid soybean oil for biodiesel production using lithium metasilicate catalyst prepared from diatomite. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 79, 31-36.
- Đặng, Tân-Hiệp, Chen, Bing-Hung, & Lee, Duu-Jong. (2017). Optimization of biodiesel production from transesterification of triolein using zeolite LTA catalysts synthesized from kaolin clay. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 79, 14-22. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2017.03.009>
- Fereidooni, Leila, & Mehrpooya, Mehdi. (2017). Experimental assessment of electrolysis method in production of biodiesel from waste cooking oil using zeolite/chitosan catalyst with a focus on waste biorefinery. *Energy Conversion and Management*, 147(Supplement C), 145-154. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.05.051>
- Hartono R, Rusdi, Anondho Wijanarko, Heri Hermansah, 2016, *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Dedak Padi Dengan Proses Katalis Homogen Secara Asam dan Katalis Heterogen Secara Basa*, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta 2015, ISSN :2407-1846, e-ISSN : 2460-8416.
- Hartono, R., Wijanarko, A., & Hermansyah, H. (2018). Synthesis of biodiesel using local natural zeolite as heterogeneous anion exchange catalyst. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 345(1), 012002.
- Ma, Yingqun, Wang, Qunhui, Sun, Xiaohong, Wu, Chuanfu, & Gao, Zhen. (2017). Kinetics studies of biodiesel production from waste cooking oil using FeCl<sub>3</sub>-modified resin as heterogeneous catalyst. *Renewable Energy*, 107(Supplement C), 522-530. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.02.007>
- Manadee, Saowanee, Sophiphun, Onsulang, Osakoo, Nattawut, Supamathanon, Natkanin, Kidkhunthod, Pinit, Chanlek, Narong, . . . Prayoonpokarach, Sanchai. (2017). Identification of potassium phase in catalysts supported on zeolite NaX and performance in transesterification of Jatropha seed oil. *Fuel Processing Technology*, 156, 62-67. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.09.023>

- Volli, Vikranth, & Purkait, M. K. (2015). Selective preparation of zeolite X and A from flyash and its use as catalyst for biodiesel production. *Journal of Hazardous Materials*, 297, 101-111. doi:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.04.066>
- Zhang, Yue, Wong, Wing-Tak, & Yung, Ka-Fu. (2013). One-step production of biodiesel from rice bran oil catalyzed by chlorosulfonic acid modified zirconia< i> via</i> simultaneous esterification and transesterification. *Bioresource technology*, 147, 59-64.