



Perbandingan Penggunaan Katalis Alam (Zeolit dan Bentonit) dalam Sintesis Biodiesel dari Minyak Goreng Komersial

(Comparison of Using Natural Catalysts (Zeolite and Bentonite) in Biodiesel Synthesis from Commercial Cooking Oil)

Nila Tanyela Berghuis*, Mutaqqin Mutaqqin, Farid Imam Hidayat, Sugianto Sugianto, Harbi Pratama, Anggun Kirana, David Aji Rifaldi, Abelia Jesica, Paradigma Maulana, Afif Thufail

Program Studi Kimia, Universitas Pertamina
Jalan Teuku Nyak Arief, Kebayoran Lama-Jakarta Selatan, 12220, Indonesia

*Corresponding author: nila.tanyela@universitaspertamina.ac.id

DOI: 10.20961/alchemy.18.2.57616.174-182

Received 20 December 2021, Accepted 04 August 2022, Published 30 September 2022

Kata kunci:

bentonit;
biodiesel;
minyak goreng komersial;
reaksi transesterifikasi;
zeolit.

ABSTRAK. Biodiesel merupakan suatu senyawa metil ester berantai panjang yang mengandung asam lemak yang diperoleh melalui reaksi transesterifikasi. Bahan bakar alternatif ini dapat disintesis dari minyak goreng komersial dengan bantuan katalis. Katalis basa sering digunakan dalam reaksi transesterifikasi pada sintesis biodiesel. Penggunaan katalis akan meningkatkan persentase dari produk biodiesel yang dihasilkan. Katalis berfasa solid atau padat menjadi pilihan yang tepat untuk memudahkan proses pemisahan produk akhir reaksi dengan katalis. Katalis fasa padat yang dapat digunakan adalah zeolit dan bentonit alam. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh kinerja katalis zeolit dan bentonit yang telah diaktivasi terhadap produksi biodiesel dengan bahan dasar minyak goreng komersial serta menentukan rendemen hasil sintesis biodiesel melalui penggunaan katalis alam. Aktivasi dengan KOH dapat meningkatkan aktivitas katalisis dengan memperbesar luas permukaan dari katalis alam (bentonit dan zeolit). Analisis FTIR dan XRD terhadap katalis alam, pemurnian, aktivasi dan *recycle* menunjukkan adanya perubahan struktur kristalin dari katalis yang digunakan. Rendemen hasil sintesis biodiesel melalui penggunaan katalis bentonit dan zeolit berturut-turut adalah 91,75% dan 86,05%. Berdasarkan data persen rendemen hasil sintesis biodiesel, maka penggunaan katalis bentonit lebih baik di bandingkan dengan katalis zeolit. Analisis spektrum FTIR dari sintesis biodiesel yang berasal dari minyak jelantah menunjukkan hilangnya gugus OH yang memastikan bahwa reaksi transesterifikasi terjadi. Kualitas biodiesel yang dihasilkan memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) 04-7182-2006. Massa jenis biodiesel yang diproduksi menggunakan zeolit dan bentonit sebesar 868,54 kg/m³ dan 863,50 kg/m³. Sementara itu, viskositas biodiesel yang dihasilkan menggunakan zeolit dan bentonit berturut-turut sebesar 2,92 mm²/s dan 2,58 mm²/s.

Keywords:

bentonite;
biodiesel;
commercial cooking oil;
transesterification reaction;
zeolite.

ABSTRACT. Biodiesel is a long-chain methyl ester compound that contains fatty acids obtained through a transesterification reaction. This alternative fuel can be synthesized from commercial cooking oil with the help of a catalyst. Base catalysts are often used in transesterification reactions in biodiesel synthesis. Using a catalyst will increase the percentage of the biodiesel product produced. Solid or solid-phase catalysts are the right choice to facilitate separating the final reaction product from a catalyst. Solid-phase catalysts that can be used are zeolite and natural bentonite. This study aims to determine the effect of activated zeolite and bentonite catalysts on biodiesel production using commercial cooking oil as a base material and determine biodiesel synthesis yield using natural catalysts. The catalyst activation with KOH can increase catalytic activity by increasing the surface area of natural catalysts. FTIR and XRD analysis of natural catalysts, purification, activation, and recycling showed a change in the crystalline structure of the catalyst used. The yield of biodiesel synthesis by using bentonite catalyst was 91.75%. Meanwhile, the use of zeolite catalysts produced 86.05% biodiesel. Based on the percent yield data from biodiesel synthesis, the use of bentonite catalyst is better than zeolite catalyst. FTIR spectrum analysis of biodiesel synthesis from used cooking oil showed the loss of the OH group, which confirmed that the transesterification reaction occurred. The quality of the biodiesel produced meets the requirements of the Indonesian National Standard (SNI) 04-7182-2006. The biodiesel densities produced using zeolite and bentonite are 868.54 kg/m³ and 863.50 kg/m³. Meanwhile, the biodiesel viscosities produced using zeolite and bentonite are 2.92 mm²/s and 2.58 mm²/s, respectively.

Cite this as: Berghuis, N. T., Mutaqqin, Hidayat, F. I., Sugianto, Pratama, H., Kirana, A., Rifaldi, D. A., Jesica, A., Maulana, P., & Thufail, A., 2022. Perbandingan Penggunaan Katalis Alam (Zeolit dan Bentonit) dalam Sintesis Biodiesel dari Minyak Goreng Komersial. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 18(2): 174-182. <https://dx.doi.org/10.20961/alchemy.18.2.57616.174-182>.

PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan salah satu energi baru dan terbarukan berupa senyawa metil ester berantai panjang yang mengandung asam lemak yang diperoleh melalui reaksi transesterifikasi. Asam lemak ini berasal dari minyak nabati. Reaksi transesterifikasi terjadi antara minyak nabati dengan alkohol menghasilkan biodiesel. Bahan bakar alternatif ini bersifat ramah lingkungan, menghasilkan pencemaran udara yang lebih rendah, dan dapat terurai secara alami (*biodegradable*) (Kusuma *et al.*, 2013). Biodiesel dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan kendaraan berbahan bakar diesel yang semakin meningkat. Penggunaan biodiesel sebagai pengganti bahan bakar solar dapat mengurangi ketergantungan akan bahan bakar fosil dan memanfaatkan minyak kelapa sawit yang cukup melimpah di Indonesia. Pada tahun 2020, Indonesia memiliki target penggunaan bahan bakar B30, yaitu bahan bakar campuran dari 30% biodiesel dan 70% solar. Pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan dasar B30 yang akan dicampur dengan solar (Murtiningrum and Firdaus, 2016). Produksi biodiesel dapat dilakukan dengan bantuan katalis. Katalis yang digunakan berupa katalis homogen asam atau basa. Katalis ini dapat menurunkan suhu reaksi transesterifikasi, mengatur selektivitas hasil reaksi transesterifikasi, mempercepat waktu reaksi, dan menghasilkan rendemen biodiesel yang lebih besar. Katalis berfasa padat atau padat menjadi pilihan yang tepat untuk memudahkan proses pemisahan produk akhir reaksi dengan katalis. Katalis fasa padat yang dapat digunakan adalah zeolit dan bentonit alam. Aktivasi kedua katalis basa ini diperlukan untuk meningkatkan kinerja katalis terhadap reaksi transesterifikasi pembentukan bahan bakar alternatif ini (Kusuma *et al.*, 2013; Boz *et al.*, 2013; Marwaha *et al.*, 2018). Di dalam perkembangan sintesis biodiesel, penggunaan katalis padat/anorganik pernah dilakukan oleh Islam *et al.* (2015) dengan menggunakan katalis KOH/Al₂O₃ serta KOH/NaY, dimana rendemen dari biodiesel yang dihasilkan sangat baik yaitu >80% (Islam *et al.*, 2015). Selain itu, Narowska *et al.* (2019) menggunakan aktivasi karbon terhadap minyak jagung menghasilkan biodiesel dengan rendemen sebesar 92% pada suhu 62,5 °C selama 1 jam (Narowska *et al.*, 2019).

Bentonit merupakan salah satu jenis lempung (*clay*) yang mengandung mineral *montmorillonite*. Mineral ini merupakan golongan alumino silikat memiliki lapisan hidro dengan ukuran partikel yang lebih dari 2 mm dan kurang dari 4 mm. Ukuran dan perbandingan luar permukaan terhadap volume yang besar dapat menyebabkan bentonit memiliki sifat yang khas, diantaranya adalah kapasitas yang dimiliki untuk pertukaran kation lebih besar, sifat katalitik yang dimiliki dengan adanya logam Al dan Si, interaksi dengan air, dan sifat termoplastiknya (Krupskaya *et al.*, 2017; Drahansky *et al.*, 2016). Zeolit merupakan kristal alumina silika yang memiliki struktur tiga dimensi dan memiliki bentuk tetrahedral dengan rongga-rongga berisi ion-ion logam (Hugget, 2015). Secara empiris, zeolit memiliki rumus M_{2/n}O.Al₂O₃.ySiO₂.wH₂O dengan n adalah valensi kation, y bernilai 2 atau lebih besar, dan w menyatakan kandungan air yang terdapat pada pori-porinya (Gili and Conato, 2018; Lin *et al.*, 2012). Zeolit dan bentonit dapat dimurnikan menggunakan hidrogen peroksida (H₂O₂) kemudian diaktivasi dengan KOH melalui proses impregnasi untuk menghasilkan katalis basa heterogen (Ngapa, 2017). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan penggunaan katalis alam (bentonit dan zeolit) teraktivasi dalam sintesis biodiesel dari minyak goreng komersial.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak kelapa sawit komersial, metanol *p.a.*, bentonit alam yang berasal dari Subang, Jawa Barat, zeolit alam yang dibeli dari Brataco, aqua dm (demineralisasi), KOH 25% (KOH pelet 25 g dilarutkan dalam 100 mL air), H₂O₂ 30% *p.a.* dan heksana teknis. Adapun peralatan yang digunakan meliputi FTIR tipe *ThermoFisher Scientific Nicolet™ iS™ 5* dan XRD tipe *Olympus BTX II*.

Pemurnian Zeolit dan Bentonit dengan H₂O₂ 30%.

Zeolit dan bentonit yang digunakan pada penelitian ini berasal dari alam sehingga masih mengandung banyak pengotor anorganik di dalamnya. Proses pemurnian zeolit dan bentonit dilakukan dengan menggunakan H₂O_{2(aq)} 30%. Sebanyak 5 g zeolit dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL di atas *hotplate*. H₂O_{2(aq)} 30% ditambahkan sebanyak 100 mL dan dipanaskan dengan suhu 30 °C selama 3 jam dengan pengadukan 500 rpm menggunakan *magnetic stirrer*. Zeolit yang telah dimurnikan disaring dengan corong *Buchner* dan dibilas dengan aqua dm (demineralisasi) untuk melarutkan pengotor yang larut dalam air. Hasil pemurnian tersebut dimasukkan ke dalam *oven* dengan suhu 110 °C selama 24 jam untuk menghilangkan kandungan air. Prosedur yang sama diulangi untuk bentonit.

Aktivasi Zeolit dan Bentonit dengan KOH 25%

Zeolit dan bentonit yang telah dimurnikan selanjutnya diaktivasi menggunakan KOH_(aq) 25%. Sebanyak 3 gram zeolit direndam dalam 50 mL KOH_(aq) 25% selama 2 jam dengan suhu 60 °C dan diaduk dengan kecepatan 250 rpm. Reaksi dilakukan dengan metode refluks. Prosedur yang sama diulangi untuk bentonit.

Sintesis Biodiesel dengan Katalis Zeolit dan Bentonit yang Telah Teraktivasi

Sintesis biodiesel pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan katalis zeolit dan bentonit yang telah teraktivasi untuk membandingkan kinerja kedua katalis ini. Sebanyak 3 gram katalis teraktivasi dimasukkan ke serangkaian alat refluks, dilanjutkan dengan penambahan 200 mL metanol. Pemanasan dilakukan dengan suhu 60 °C dengan kecepatan pengadukan sebesar 500 rpm. Minyak goreng komersial sebanyak 100 mL ditambahkan ke dalam labu reaksi sebagai bagian dari reaksi transesterifikasi selama 3 jam. Larutan hasil transesterifikasi dan katalis dipisahkan dengan proses penyaringan. Katalis hasil penyaringan kemudian dibilas dengan 100 mL heksana sebanyak 2 kali. Setelah di bilas katalis dikeringkan dalam oven suhu 110 °C selama 24 jam. Larutan hasil transesterifikasi dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam sampai terbentuk lapisan atas dan lapisan bawah. Lapisan atas terdiri dari metanol sisa reaksi dan metil ester, sedangkan lapisan bawah merupakan gliserol. Lapisan atas (metil ester) yang merupakan fasa organik dicuci dengan aquades panas dan dibiarkan dalam corong pisah selama 1 jam untuk mengoptimalkan proses pemisahan. Selanjutnya, lapisan atas dipisahkan dari lapisan bawah, kemudian ditambahkan Na₂SO₄ anhidrat untuk menghilangkan sisa air (Fitriana *et al.*, 2018).

Karakterisasi Hasil Aktivasi Katalis dan Hasil Sintesis Biodiesel

Karakterisasi Katalis

Karakterisasi katalis alam (bentonit dan zeolit) hasil aktivasi dan sebelum dilakukan dengan menggunakan spektroskopi FTIR dan XRD. Karakterisasi menggunakan XRD dilakukan untuk menyelidiki struktur dan kristalinitas sampel. Sampel tersebut dihaluskan hingga menjadi serbuk halus kemudian ditempatkan pada preparat dan dipres dengan cetakan. Sampel ditempatkan pada sampel *holder* dan disinari sinar-X dengan radiasi Monokromator Cu K α ($\lambda = 1,5405 \text{ \AA}$ dengan sudut difraksi $2\theta = 5^\circ - 60^\circ$ pada 40 kV dan 40 mA dan kecepatan *scan* 0,02°/0,5 detik (Intarapong *et al.*, 2013).

Karakterisasi Biodiesel

Karakterisasi hasil sintesis biodiesel dapat dilakukan dengan menggunakan spektroskopi FTIR untuk melihat produk biodiesel yang dihasilkan. Karakteristik fisik dari biodiesel merujuk kepada SNI 04-7182-2006 yaitu pengukuran massa jenis (kg/m³) dan viskositas (mm²/s) dengan menggunakan piknometer dan viscometer kapiler. Penentuan rendemen (% *yield*) biodiesel merujuk kepada Persamaan (1).

$$\% \text{ Rendemen Biodiesel} = \frac{\text{massa biodiesel sintesis}}{\text{massa biodiesel teoritis}} \times 100\% \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemurnian Katalis Zeolit dan Bentonit

Zeolit dan bentonit merupakan bahan pengadsorpsi alami yang tersebar banyak di beberapa wilayah Indonesia. Zeolit dan bentonit merupakan bahan alami, keduanya tidak dapat digunakan secara langsung pada proses pembuatan biodiesel. Hal tersebut disebabkan adanya pengotor anorganik seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe yang terdapat pada kedua bahan sehingga perlu dilakukan proses pemurnian terlebih dahulu. Katalis alam dicuci dengan menggunakan larutan H₂O_{2(aq)} untuk melarutkan pengotor anorganik seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe.

Aktivasi Zeolit dan Bentonit

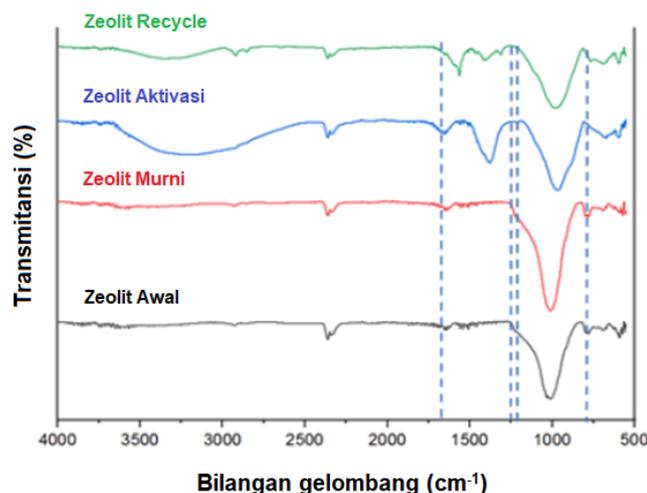
Zeolit dan bentonit yang telah dimurnikan menggunakan hidrogen peroksida (H₂O₂) kemudian diaktivasi dengan KOH melalui proses impregnasi untuk menghasilkan katalis basa heterogen. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa molekul KOH telah menempel pada permukaan pori zeolit dan bentonit yang telah dimurnikan. Selanjutnya, katalis dan larutan KOH dipisahkan melalui proses filtrasi yang akan dilanjutkan dengan penghilangan kandungan air yang diserap oleh zeolit dan bentonit menggunakan *oven*. Proses selanjutnya adalah kalsinasi sebagai proses pembentukan K₂O dari KOH di permukaan pori katalis yang telah dimurnikan. Reaksi

antara katalis alam dengan KOH akan menghasilkan terjadinya interaksi antara keduanya, kemungkinan akan membentuk ikatan Si–O–K/Al–O–K dan air (Ngapa, 2017).

Hasil Karakterisasi Katalis Zeolit dan Bentonit dengan FTIR

Katalis Zeolit Alam

Karakterisasi dilakukan terhadap katalis zeolit alam, zeolit yang telah dimurnikan, zeolit yang telah teraktivasi, dan zeolit *recycle*. Perbandingan spektrum FTIR terangkum di dalam Gambar 1 dan Tabel 1.

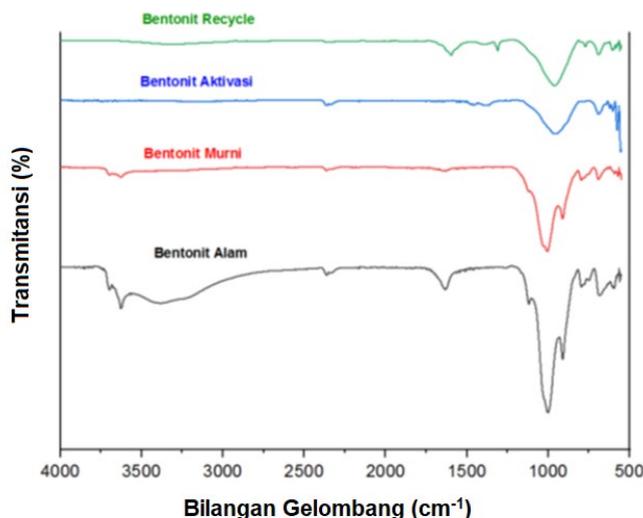


Gambar 1. Perbandingan spektrum FTIR zeolit alam sebelum diaktivasi, zeolit murni, zeolit teraktivasi dan zeolit *recycle*.

Spektrum FTIR zeolit alam terdapat gugus Si-O-Si yang ditandai dengan adanya serapan pada bilangan gelombang 1100 – 1050 cm^{-1} . Serapan pada daerah bilangan gelombang 465 cm^{-1} dan 768 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ikatan Al–O dan Si–O (Akimkhan, 2012). Hal ini menunjukkan bahwa zeolit memiliki struktur silika (SiO_2). Spektrum FTIR zeolit murni tidak berbeda jauh dengan spektrum FTIR zeolit alam. Hal ini menunjukkan bahwa pemurnian zeolit alam menggunakan hidrogen peroksida (H_2O_2) tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap struktur zeolit. Zeolit alam yang digunakan tidak memiliki pengotor termasuk air. Aktivasi zeolit menggunakan KOH melalui metode impregnasi terlihat adanya perubahan intensitas pada bilangan gelombang 3275 cm^{-1} yang menunjukkan adanya vibrasi ikatan O–H yang terikat kepada ion K^+ (Bendahou *et al.*, 2015). Serapan ini tidak muncul pada spektrum FTIR zeolit yang telah dimurnikan. Selain itu, munculnya puncak pada bilangan gelombang 1456 cm^{-1} menunjukkan adanya perubahan struktur karena adanya K_2O yang terbentuk dan mampu berikatan dengan Al membentuk Al–O–K (Purwaningsih *et al.*, 2012). Spektrum FTIR pada zeolit *recycle* menunjukkan adanya puncak pada bilangan gelombang 3298 cm^{-1} . Hal ini menunjukkan bahwa K_2O tetap berada pada pori-pori zeolit setelah digunakan sebagai katalis dalam proses sintesis biodiesel. Selain itu, munculnya puncak pada bilangan gelombang 1456 cm^{-1} mengindikasikan perubahan struktur akibat K_2O yang terbentuk dan berikatan dengan Al (Al–O–K). Kesalahan prosedur dalam pemanasan zeolit yang berlebihan mengakibatkan warna zeolit *recycle* berubah menjadi coklat kehitaman dari warna biru tua, namun hal tersebut tidak mempengaruhi K_2O yang terbentuk pada pori-pori zeolit. Hal ini menunjukkan K_2O teradsorpsi pada pori-pori zeolit dengan baik melalui proses impregnasi menggunakan KOH.

Katalis Bentonit

Karakterisasi dilakukan terhadap katalis bentonit alam, bentonit yang telah dimurnikan, bentonit yang telah teraktivasi, dan bentonit *recycle*. Analisis FTIR digunakan untuk menunjukkan keberadaan gugus fungsi Al(Mg)–O–H, H–O–H, Si–O–Al, Si–O–Si, Al^{3+} , (Si, Al) O_4 . Serapan yang tajam pada gugus Al(Mg)–O–H menunjukkan semakin banyak situs Al–O–K yang terbentuk (Bendahou *et al.*, 2015; Akimkhan, 2012). Perbandingan spektrum FTIR terangkum di dalam Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan spektrum FTIR bentonit alam sebelum diaktivasi, bentonit murni, bentonit teraktivasi dan bentonit *recycle*.

Pada spektrum FTIR untuk bentonit alam terdapat serapan bilangan gelombang 3614 cm^{-1} yang menunjukkan karakteristik bentonit alam yang digunakan yaitu mineral jenis monmorilonit yang memiliki gugus Al lebih banyak pada struktur oktahedral serta munculnya serapan bilangan gelombang 920 cm^{-1} menunjukkan vibrasi tekuk dari gugus OH yang menunjukkan karakteristik dari mineral monmorilonit (Krupskaya *et al.*, 2017; Drahansky *et al.*, 2016). Monmorilonit merupakan salah satu jenis mineral lempung yang memiliki kisi lapis silikat. Mineral lempung ini tersusun atas 2 lapis silika tetrahedral yang mengapit satu lapis alumina oktahedral. Oleh sebab itu, mineral ini disebut sebagai tipe *layer 2:1* (Hugget, 2015). Monmorilonit memiliki sistem kristalin monoklinik. Rumus kimia dari struktur monmorilonit adalah $(\text{Ca}_{0,14}\text{Na}_{0,02})\Sigma=0,16, (\text{Al}_{1,66}\text{Mg}_{0,36}\text{Fe}_{0,04})\Sigma=2,08, (\text{Si}_{3,90}\text{Al}_{0,10})\Sigma=4,00, \text{O}_{10}, (\text{OH})_{2,1}, 0,02\text{H}_2\text{O}$. Kandungan oksida di dalam monmorilonit sebagian besar terdiri dari SiO dan Al_2O_3 (Krupskaya *et al.*, 2017).

Menurut Purwaningsih *et al.* (2012), pada serapan bilangan gelombang 3614 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur dari gugus OH (gugus hidroksil yang terikat pada Al di lapisan oktahedral Al–Al–OH atau Mg–OH–Al), pada serapan bilangan gelombang 3400 cm^{-1} yang menunjukkan adanya vibrasi ikatan O–H yang berasal dari H_2O yang terperangkap di dalam bentonit alam. Oleh karena itu, proses pemurnian dilakukan dengan menambahkan $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ 30%. Pada spektrum bentonit hasil pemurnian dengan $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ 30% menunjukkan hilangnya serapan pada bilangan gelombang 3400 cm^{-1} (vibrasi ikatan O–H). Hal ini menunjukkan bahwa pemurnian bentonit alam menggunakan $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ 30% berhasil menghilangkan kandungan air yang terdapat pada pori-pori bentonit alam sesuai penelitian Purwaningsih *et al.* (2012). Penambahan KOH mempengaruhi struktur jaringan bentonit. Hal ini terlihat dari perubahan intensitas vibrasi ikatan Al(Mg)–O–H meningkat dengan peningkatan jumlah KOH. Selain itu, pergeseran pita serapan pada bilangan gelombang 3614 cm^{-1} ke bilangan gelombang yang lebih tinggi menunjukkan adanya gugus fungsi baru dalam katalis yang sedang diselidiki (gugus Al–O–K). Pita serapan pada sekitar 3430 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi regangan gugus Al–O–K. (Purwaningsih *et al.*, 2012; Soetaredjo *et al.*, 2011).

Spektrum FTIR pada bentonit yang teraktivasi menunjukkan serapan pada bilangan gelombang 923 cm^{-1} . Serapan ini tidak muncul pada bentonit alam dan bentonit murni, disebabkan oleh Al^{3+} telah berikatan dengan K_2O hasil impregnasi sehingga Al^{3+} tidak muncul pada spektrum FTIR bentonit yang telah teraktivasi (Soetaredjo *et al.*, 2011). Ikatan ini dapat didukung dengan adanya serapan pada bilangan gelombang 3276 cm^{-1} sebagai ikatan Al–O–K yang telah terbentuk melalui proses impregnasi menggunakan KOH. Adapun spektrum FTIR pada bentonit teraktivasi yang sudah digunakan dalam reaksi biodiesel (bentonit *recycle*) menunjukkan adanya situs K_2O hasil aktivasi bentonit masih berada pada pori-pori bentonit selama proses sintesis biodiesel. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi pada pori-pori bentonit berjalan dengan baik. Perubahan warna katalis bentonit menjadi lebih gelap disebabkan oleh pemanasan yang berlebih. Akan tetapi, hal ini tidak mempengaruhi keberadaan K_2O yang telah terimpregnasi pada pori-pori bentonit. Berikut hasil analisis FTIR untuk katalis zeolit dan bentonit untuk semua perlakuan tercantum pada Tabel 1.

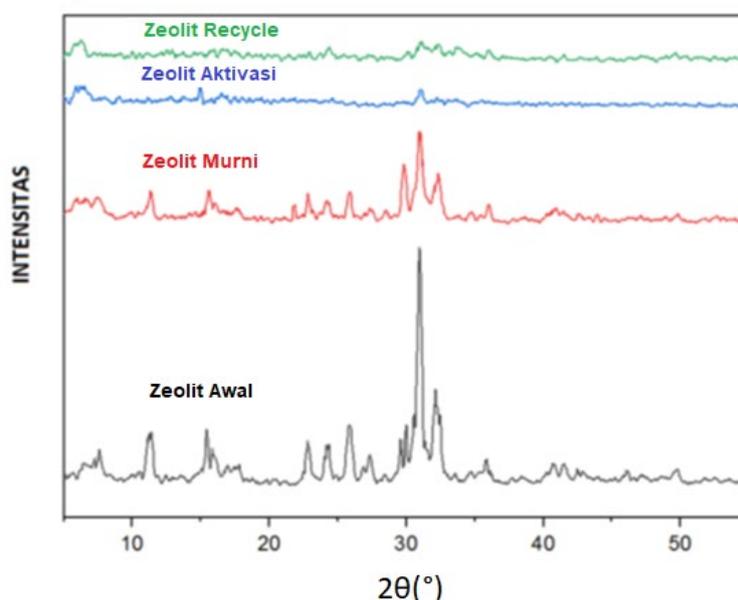
Tabel 1. Hasil analisis katalis zeolit dan bentonit.

Katalis	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang Referensi (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)				Referensi
			Alam	Murni	Teraktivasi	Recycle	
Zeolit	Si-OH, OH	3700 – 3000	-	-	3275	3298	(Bendahou <i>et al.</i> , 2015; Akimkhan, 2012)
	H-O-H tekuk	1650	1670	1670	1670	1678	
	Si-O-Si	1100 – 1050	1000	1000	1000	1000	(Akimkhan, 2012)
	Si-O, Al-O	465; 768	768	768	780	789	
	Al-O-K	1400 – 1500	-	-	1456	1450	(Purwaningsih <i>et al.</i> , 2012)
Bentonit	Al (Mg) -O-H	3700 – 3300	3614	3610	3627	-	(Purwaningsih <i>et al.</i> , 2012)
	H-O-H ulur	3300 – 3500	3400	-	-	3280	
	H-O-H tekuk	1650	-	1590	1670	1678	
	Si-O-Si	1100-990	1000	1000	998	1100	(Soetaredjo <i>et al.</i> , 2011)
	O-H (tekuk)	921	920	923	-	-	
	-Al ³⁺ Si-O ulur	789	789	780	780	790	(Akimkhan, 2012)

Hasil Karakterisasi Katalis Zeolit dan Bentonit dengan XRD

Katalis Zeolit

Analisis XRD zeolit alam, zeolit murni, zeolit teraktivasi, dan zeolit *recycle* dapat digambarkan berdasarkan difraktogram [Gambar 3](#).



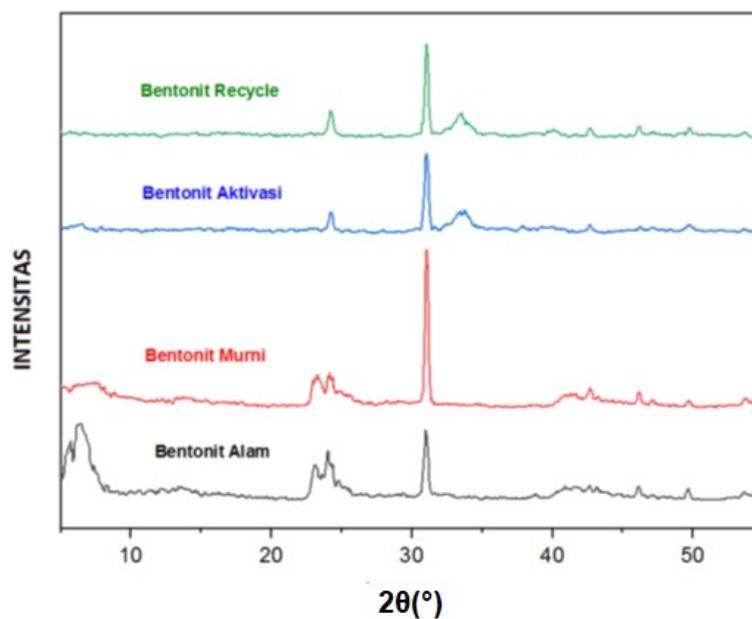
Gambar 3. Perbandingan difraktogram XRD zeolit alam sebelum diaktivasi, zeolit murni, zeolit teraktivasi dan zeolit *recycle*.

Puncak $2\theta = 22,5^\circ$ zeolit yang telah dimurnikan menunjukkan pengotor yang ada pada zeolit dapat dihilangkan menggunakan H_2O_2 . Perubahan spektrum pada zeolit yang telah teraktivasi dan zeolit *recycle* menunjukkan adanya perubahan struktur pada zeolit yang diakibatkan oleh impregnasi atau aktivasi menggunakan KOH 25%. Penurunan intensitas puncak katalis menunjukkan kristalinitas berkurang akibat bertambahnya jumlah

K. K_2O yang terbentuk pada zeolit teraktivasi dan zeolit *recycle* dapat diketahui melalui munculnya puncak pada $2\theta = 31^\circ$. Zeolit *recycle* dapat digunakan kembali sebagai katalis dalam proses sintesis biodiesel karena K_2O masih terdapat didalam struktur zeolit *recycle*. Hal tersebut ditunjukkan adanya $2\theta = 31^\circ$ pada spektrum zeolit *recycle*. Hal ini sesuai dengan yang disampaikan oleh Fitriana *et al.* (2018).

Katalis Bentonit

Hasil analisis bentonit alam, bentonit murni, bentonit teraktivasi, dan bentonit *recycle* dapat digambarkan berdasarkan difraktogram Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan difraktogram XRD bentonit alam sebelum diaktivasi, bentonit murni, bentonit teraktivasi dan bentonit *recycle*.

Difraktogram tersebut menunjukkan bahwa bentonit alam yang digunakan adalah mineral *clay* jenis monmorilonit berdasarkan kemunculan puncak 2θ . Puncak yang muncul pada $2\theta = 5^\circ$ bentonit alam menunjukkan adanya kandungan pengotor. Puncak ini tidak muncul pada bentonit yang telah dimurnikan, hal ini dapat mengklarifikasi bahwa proses pemurnian dapat dilakukan dengan baik. Puncak $2\theta = 23^\circ$ tidak muncul pada bentonit yang telah teraktivasi dan bentonit *recycle*. Hal ini menunjukkan bahwa melalui impregnasi bentonit dengan KOH akan mengubah struktur karena pengaruh situs K_2O yang terbentuk pada pori-pori bentonit. Puncak pada nilai $2\theta = 31^\circ$ pada bentonit teraktivasi dan bentonit *recycle* menunjukkan adanya situs K_2O yang telah terbentuk dari proses impregnasi atau aktivasi katalis bentonit. Bentonit *recycle* menghasilkan puncak pada $2\theta = 31^\circ$ dan 39° (Fitriana *et al.*, 2018; Soetaredjo *et al.*, 2011).

Karakterisasi Biodiesel Hasil Sintesis

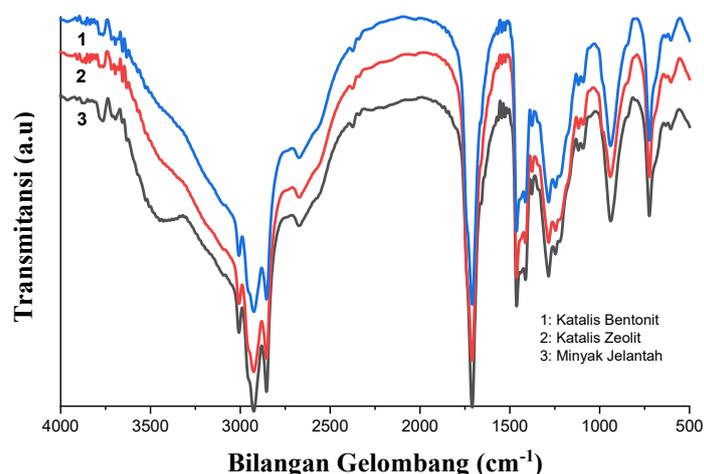
Sintesis biodiesel pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan katalis bentonit dan zeolit yang telah teraktivasi untuk membandingkan kinerja kedua katalis tersebut. Rendemen biodiesel yang dihasilkan adalah 91,75% menggunakan katalis bentonit dan 86,05% menggunakan katalis zeolit. Biodiesel hasil sintesis kemudian dikarakterisasi untuk menentukan kesesuaian densitas dan viskositas dengan SNI 04-7182-2006. Hasil karakterisasi densitas dan viskositas biodiesel hasil sintesis dengan katalis zeolit dan bentonit ditunjukkan dalam Tabel 2.

Data diatas menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan masuk ke dalam standar SNI yang digunakan. Selain pengukuran data fisik biodiesel berupa viskositas dan densitas, maka dilakukan analisis FTIR untuk menunjukkan apakah katalis alam yang digunakan dapat berperan di dalam reaksi pembentukan biodiesel. Perbandingan spektrum FTIR produk dari biodiesel dengan menggunakan katalis zeolit dan bentonit ditunjukkan dalam Gambar 5.

Tabel 2. Data pengamatan penentuan densitas dan viskositas biodiesel hasil sintesis.

Parameter	Katalis Zeolit	Katalis Bentonit	Standar SNI
Massa biodiesel (gram)*	21,7657	21,6391	-
Densitas biodiesel (kg/m ³)	868,54	863,50	850 – 890
Waktu viskometer (s)	11,37	10,03	-
Viskositas kinematik (mm ² /s)	2,92	2,58	2,3 – 2,6

*Perhitungan massa biodiesel dilakukan menggunakan persamaan yang terdapat di dalam metodologi penelitian.

**Gambar 5.** Perbandingan spektrum FTIR zeolit.

Analisis spektrum FTIR pada minyak jelantah yang mengandung asam lemak bebas ditandai dengan adanya gugus OH pada bilangan gelombang pada 3200 – 3400 cm⁻¹. Keberadaan gugus OH ini berasal dari gugus asam karboksilat (COOH) yang terdapat pada senyawa asam lemak di dalam minyak jelantah. Adapun spektrum produk reaksi yang menggunakan katalis zeolit dan bentonit menunjukkan hilangnya gugus OH. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi pembentukan biodiesel berhasil dilakukan.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini adalah bahwa katalis zeolit dan bentonit yang telah diaktivasi memiliki peranan yang baik terhadap produksi biodiesel berdasarkan nilai rendemen yang dihasilkan serta karakterisasi biodiesel yang merujuk pada SNI. Berdasarkan nilai rendemen biodieselnnya maka katalis bentonit (91,75%) lebih baik daripada zeolit (86,05%). Biodiesel yang dihasilkan memenuhi persyaratan SNI 04-7182 – 2006 dengan massa jenis biodiesel menggunakan zeolit dan bentonit berturut-turut 868,54 kg/m³ dan 863,50 kg/m³. Viskositas biodiesel menggunakan zeolit dan bentonit berturut-turut 2,92 mm²/s, dan 2,58 mm²/s.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada berbagai pihak di Universitas Pertamina, yaitu Direktorat Pendidikan dan Penelitian yang telah mendukung pelaksanaan kegiatan penelitian ini dengan memberikan Hibah pendanaan internal Dosen.

DAFTAR PUSTAKA

- Akimkhan, A. M., 2012. Structural and Ion-Exchange Properties of Natural Zeolite. *Ion Exchange Technologies*, 10. doi: 10.5772/51682.
- Bendahou, D., Bendahou, A., Grohens, Y., and Kaddami, H., 2015. New Nanocomposite Design from Zeolite and Poly (Lactic Acid). *Industrial Crops and Products* 72, 107–118. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.12.055.
- Boz, N., Degirmenbasi, N., and Kalyon, D. M., 2013. Transesterification of Canola Oil to Biodiesel Using Calcium Bentonite Functionalized with K Compounds. *Applied Catalysis B: Environmental* 138, 236–242. doi: 10.1016/j.apcatb.2013.02.043.
- Drahansky, M., Paridah, M., Moradbak, A., Mohamed, A., Owolabi, F. A. T., Asniza, M., and Abdul, K. S. H.,

2016. Montmorillonite: An Introduction to Properties and Utilization. *Intech I (tourism)*, 13.
- Fitriana, N., Husin, H., Yanti, D., Pontas, K., Alam, P. N., Ridlo, M., and Iskandar., 2018. Synthesis of K₂O/Zeolite Catalysts by KOH Impregnation for Biodiesel Production from Waste Frying Oil. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 344. doi: 10.1088/1757-899X/334?1/012011.
- Gili, M. B. Z., and Conato, M. T., 2018. Synthesis And Characterization of Mordenite-Type Zeolites with Varying Si/Al Ratio. *Materials Research Express*, 6. doi: 10.1088/2053-1591/aae8db.
- Huggett, J. M., 2015. Clay Minerals. In *Earth Systems and Environmental Sciences* (Vol. 2).
- Intarapong, P., Iangthanarat, S., Phanthong, P., Leungnaruemitchai. A., and Jai-In, S., 2013. Activity and Basic Properties of KOH/Mordenite for Transesterification of Palm Oil. *Journal of Energy Chemistry* 22, 690–700. doi: 10.1016/S2095-4956(13)60092-3.
- Islam, A., Taufiq-Yap, Y. H., Ravindra, P., Teo, S. H., Sivasangar, S., and Chan, E. S., 2015. Biodiesel Synthesis Over Millimetric Γ -Al₂O₃/KI Catalyst. *Energy* 89, 965–973. doi: 10.1016/j.energy.2015.06.036.
- Krupskaya, V. V., Zakusin, S. V., Tyupina, E. A., Dorzhieva, O. V., Zhukhlistov, A. P., Belousov, P. E., and Timofeeva, M. N., 2017. Experimental Study of Montmorillonite Structure and Transformation of Its Properties Under Treatment with Inorganic Acid Solutions. *Minerals* 7(4), 1–15. doi: 10.3390/min7040049.
- Kusuma, R. I., Hadinoto, J. P., Ayucitra, A., Soetaredjo, F. E., and Ismadji, S., 2013. Natural Zeolite from Pacitan Indonesia, as Catalyst Support for Transesterification of Palm Oil. *Applied Clay Science* 74, 121–126. doi: 10.1016/j.clay.2012.04.021.
- Lin, C. C., Dambrowitz, K. A., and Kuznicki, S. M., 2012. Evolving Applications of Zeolite Molecular Sieves. *The Canadian Journal of Chemical Engineering* 90(2), 207–216. doi: 10.1002/cjce.20667.
- Marwaha, A., Dhir, A., Mahla, S. K., and Mohapatra, S. K., 2018. An Overview of Solid Base Heterogeneous Catalysts for Biodiesel Production. *Catalysis Reviews* 60(4), 594–628. doi:10.1080/01614840.2018.1494782.
- Murtiningrum, M., and Firdaus, A., 2016. Perkembangan Biodiesel Di Indonesia Tinjauan Atas Kondisi Saat Ini, Teknologi Produksi dan Analisis Prospektif. *Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri* 9(1), 35–45.
- Narowska, B., Kułażyński, M., Łukaszewicz, M., and Burchacka, E., 2019. Use Of Activated Carbons as Catalyst Supports for Biodiesel Production. *Renewable energy* 135, 176–185. doi: 10.1016/j.renene.2018.11.006.
- Ngapa, Y. D., 2017. Kajian Pengaruh Asam-Basa pada Aktivasi Zeolit dan Karakterisasinya sebagai Adsorben Pewarna Biru Metilena. *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)* 2(2), 90–96. doi: 10.20961/jkpk.v2i2.11904.
- Purwaningsih, E., Supartono, S. and Harjono, H., 2012. Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa dengan Metanol Menggunakan Katalis Bentonit. *Indonesian Journal of Chemical Science* 1(2), 133–139.
- Soetaredjo, F. E., Ayucitra, A., Ismadji, S., and Maukar, A. L., 2011. KOH/Bentonite Catalysts for Transesterification of Palm Oil to Biodiesel. *Applied Clay Science* 53(2), 341–346. doi: 10.1016/j.clay.2010.12.018.