

**STUDI PEMANFAATAN ZEOLIT  
UNTUK PENGOLAHAN BIODIESEL DAN BIOETANOL**

***STUDY OF ZEOLITE UTILIZATION  
FOR BIODIESEL AND BIOETHANOL PROCESSING***

Anna Dwi Rachmawati\*, Khairun Nisa, Novy Pralisa Putri

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Mulawarman, Samarinda  
Jl. Sambaliung No. 9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur

Alamat Korespondensi: annadwr16@gmail.com

**Abstrak**

Dalam kajian ini akan diberikan tinjauan terintegrasi mengenai potensi pemanfaatan keunggulan sifat zeolit yang ditinjau dari bidang energi yaitu dalam pembuatan biodiesel dan bioetanol. Tujuan dalam kajian mengenai topik ini yaitu untuk menyajikan perkembangan terbaru mengenai peran zeolit dalam pengolahan biodiesel dan bioetanol. Zeolit merupakan mineral industri multi guna karena memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang unik yaitu sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan sebagai katalisator. Karena banyaknya keunggulan sifat zeolit maka dilakukan pengembangan pemanfaatan zeolit secara luas yaitu pada bidang energi. Dari kajian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa penggunaan zeolit di bidang energi dapat digunakan sebagai katalis dalam pembuatan bahan bakar minyak (BBM). Dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah digunakan zeolit jenis 13-X, 5A, FM-8, dan AW-300. Pembuatan biodiesel dari minyak jarak pagar dengan katalis zeolit jenis MCM-48. Katalis Zeolit-X dimanfaatkan dalam pembuatan biodiesel dari minyak mustard. Pembuatan biodiesel dari minyak kedelai dengan katalis zeolit jenis Na-X dan Zeolit ETS-10. Katalis zeolit KOH / Zeolit Na - Y dimanfaatkan dalam pembuatan biodiesel dari kelapa sawit. Modifikasi katalis  $\beta$ -zeolit dimanfaatkan dalam pembuatan biodiesel dari minyak Tamanu (*Calophyllum inophyllum*). Zeolit jenis HZSM-5 yang berasal dari negara USA, Rusia, Arabian, Spanyol and Cina dapat dimanfaatkan dalam proses dehidrasi bioetanol, transformasi bioetanol menjadi hidrokarbon, dan produksi petrokimia terbarukan dari biomassa dan plastik.

**Kata Kunci:** zeolit, biodiesel, bioetanol

**Abstract**

In this study will be given an integrated review of the potential utilization of zeolite properties superiority in the field of energy in the manufacture of biodiesel and bioethanol. The purpose of this review to presents recent developments in utilization of zeolite in the energy sector while focuses on manufactured in the processing of biodiesel and bioethanol. Zeolite are multi-use mineral industry, because it has unique physical and chemical properties, such as absorber, ion exchangers, molecular sieves and catalyst. Because of many advantages of zeolite properties, scientist made the development of utilization of zeolite widely as energy sector. From the studies that have been done can be seen that the use of zeolite in the energy sector can be used as a catalyst in the manufacture of fuel oil. In the manufacture of biodiesel used zeolite type-X zeolite types 13, 5A, FM-8, and AW-300. Production biodiesel from jatropha oil with type zeolite catalysts MCM-48. X-zeolite catalyst utilized in production biodiesel from mustard oil. Making biodiesel from soybean oil are used zeolite catalyst type zeolite Na-X and ETS-10. The zeolite catalyst KOH / zeolite Na - Y utilized in biodiesel production from palm oil. Modification of the catalyst - zeolite utilized in biodiesel production from Tamanu oil (*Calophyllum inophyllum*). Zeolite can be used in dehydration of bioethanol, transformation of bioethanol into hydrocarbons, bioethanol conversion Into hydrocarbon, and production of renewable petrochemical by co-feeding of biomass with plastics. That type of zeolite is zeolite HZSM-5 from USA, Rusia, Arabian, Spanyol and Cina.

**Keywords:** zeolite, biodiesel, bioethanol

## PENDAHULUAN

Permasalahan energi yang dihadapi Indonesia sekarang ini adalah kebutuhan energi nasional yang besar dan meningkat setiap tahun sementara cadangan dan produksi bahan bakar minyak (BBM) semakin terbatas, sehingga sejak beberapa tahun terakhir Indonesia telah berubah dari eksportir menjadi importir minyak mentah (Kasim dkk, 2011). Namun produksi dan pemakaian bahan bakar fosil yang terus-menerus berdampak negatif terhadap lingkungan. Produksi dan pemanfaatan bahan bakar fosil secara terus-menerus mengakibatkan kerusakan lingkungan yang serius seperti kerusakan spesies akuatik karena tumpahan minyak, pemanasan global akibat emisi gas rumah kaca seperti CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>, pengurangan konsekuensi dalam lahan pertanian dan berkurangnya air tawar untuk kebutuhan rumah tangga dan aplikasi industri (Galadima dan Muraza, 2015).

Kelangkaan dan kenaikan harga bahan bakar fosil serta polusi dan dampak penggunaan bahan bakar fosil terhadap lingkungan, mengakibatkan diperlukannya pengembangan energi alternatif terbarukan dan bersih sebagai pengganti bahan bakar fosil (Serra dan Chica, 2011). Minyak solar merupakan salah satu fraksi minyak bumi yang banyak digunakan sebagai bahan bakar di industri maupun di transportasi. Saat ini muncul berbagai usaha untuk mencari energi alternatif pengganti minyak solar (Aziz dkk, 2012).

Pengganti energi berbasis fosil yang berpotensi di Indonesia seperti biogas juga telah dikembangkan menyatakan bahwa Indonesia memiliki potensi sumber daya peternakan yang dipergunakan selain untuk pemenuhan kebutuhan pangan, juga berpotensi sebagai sumber energi dengan menggunakan teknologi biogas (Wahono, 2008). Tumbuh keprihatinan lingkungan dan peraturan perundang-undangan yang ketat, dibuat komunitas ilmiah untuk mengembangkan katalis yang dapat memungkinkan penggunaannya dalam aplikasi besar skala industri dan membantu dalam mereda polusi. Zeolit, aluminosilikat anggota keluarga dari bahan mikro dasar yang padat dan dapat bertindak sebagai pendukung untuk logam alkali dan oksida logam (Volli dkk, 2015).

Diantara bahan anorganik yang digunakan dalam bidang ini, zeolit merupakan bahan yang baik untuk membran polimer, karena membantu untuk mempertahankan hidrasi yang cocok dari kondisi operasi membran sel bahan

bakar, dan sifat mekanik yang ditingkatkan. Zeolit adalah kelas aluminosilikat kristal, yang membentuk kerangka tetrahedral SiO<sub>2</sub> dan AlO<sub>4</sub> dan mengandung penukar kation pada kerangka ekstra untuk menjaga netralitas listrik. Zeolit alami dan sintesis diketahui banyak diaplikasikan dalam proses industri termasuk dalam pemisahan kimia dan pemurnian, produksi kimia dan konversi bahan bakar, pengurangan dan remediasi polusi (Devrim dkk, 2015).

Zeolit merupakan sekelompok mineral aluminosilikat terhidrasi dengan saluran dan rongga tertentu. Ruang kosong dalam rongga zeolit yang berisi kation dapat dipertukarkan dengan kation lain. Sifat ini dikenal dengan kapasitas tukar kation. Kemampuan zeolit sebagai penukar ion sebanding dengan konsentrasi ion Al<sup>3+</sup> dalam zeolit (Nikmah dkk, 2009). Berdasarkan uraian di atas zeolit merupakan material yang berhasil diterapkan dalam berbagai bidang yang luas dan mampu memberikan nilai tambah. Dalam kajian ini akan diberikan tinjauan terintegrasi mengenai potensi pemanfaatan keunggulan sifat zeolit yang ditinjau dari bidang energi yaitu dalam pembuatan biodiesel dan bioetanol.

## Penggunaan Zeolit dalam Pembuatan Biodiesel

Heterogen basa transesterifikasi triglesirida telah muncul sebagai alternatif untuk sistem homogen konvensional karena selektivitas yang tinggi, pemisahan yang mudah, dan masalah pembuangan yang tidak banyak. Karena keprihatinan terhadap lingkungan dan peraturan ketat perundang-undangan yang dibuat oleh komunitas ilmiah untuk membuat katalis yang memungkinkan diaplikasikan dalam skala besar industri dan membantu dalam mengurangi polusi.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Volli, dkk (2015) diaplikasikan empat jenis zeolit dengan *flyash* yang dimanfaatkan untuk sintesis katalis heterogen dalam transesterifikasi. Empat jenis zeolit tersebut yaitu UZ-X, CZ-X, AZ-X, dan Zeolit A. Semua jenis zeolit tersebut akan disintesis dari fusi alkali diikuti dengan perlakuan hidrotermal dari *flyash* batubara sebagai kondisi sintesis di atas suhu material. Diketahui fase tunggal dan sangat kristal, zeolit X dan A disintesis dari kondisi *flyash* diperoleh pada *flyash* / rasio NaOH (1 : 1,2), suhu fusi 550 °C, waktu fusi 1 jam, suhu hidrotermal 110 °C, dan waktu hidrotermal 12 jam.

**Tabel 1. Penggunaan Zeolit sebagai Katalis dalam Produksi Biodiesel**

No.	Bahan Baku	Jenis Minyak	Waktu (Jam)	Suhu (°C)	Rasio Katalisator (wt%)	Rasio Molar Minyak (wt%)	Konversi (%)
1.	<i>Flyash</i> Zeolit-X	Mustar	7	65	5	12 : 1	84,6
2.	12-Tungstophosporic acid (TPA), MCM-48	Jarak Pagar	16	65	6	8:1	93
3.	Katalis nano Strontium, ZSM-5	Bunga Matahari	4	60	3	9:1	87,7
4.	KOH / Zeolit Na – Y	Kelapa sawit	7	60	15	Tidak ada	92.1
5.	Asam fosfat, modifikasi $\beta$ - zeolit	<i>Tamanu</i> ( <i>Calophyllum inophyllum</i> )	1	60	1	9:1	93

Sumber:

- 1) Volli, dkk (2015), 2) Signh, dkk (2014), 3) Feyzi, dkk (2014), 4) Intarapong, dkk (2011), 5) SathyaSelvabala, dkk (2011)

**Tabel 2. Penggunaan Zeolit dalam Produksi Bioetanol**

No.	Zeolit	Negara	Proses	Keterangan
1	HZSM-5	USA	Dehidrasi bioetanol	T = 773 K P = 50 MPa Si/Al = 52 Ukuran Kristal = 0,5-1,5 $\mu$ m Selektifitas etilen = 27%
2	HZSM-5	USA	Dehidrasi bioetanol	T = 773 K P = 60 MPa Si/Al = 70 Ukuran Kristal = 700-1400 $\mu$ m Selektifitas propilen = 29%
3	HZSM-5	Saudi Arabia	Konversi bioetanol menjadi bahan bakar	T = 500 K P = 1 atm Kandungan Ar = 9% Selektifitas C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub> = 74% Selektifitas C <sub>5</sub> dan BTX = 15%
4	HZSM-5	Saudi Arabia	Konversi bioetanol menjadi bahan bakar	T = 450 K P = 1 atm Selektifitas C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub> = 40% Selektifitas C <sub>5</sub> dan BTX = 60%
5	HZSM-5	Cina	Proses pembuatan hidrokarbon dari biomasa	Bahan baku = Selulosa T = 550 °C Yield aromatik = 32,9% Yield olefin = 2,68% Yield petrokimia = 35,6% Yield alkana = 2,06% Yield CO = 23 % Yield CO <sub>2</sub> = 5,96%
6	HZSM-5	Rusia	Konversi bioetanol menjadi hidrokarbon	T = 400 °C P = 3 atm Si/Al = 30 Yield hidrokarbon cair = 26,20%

No.	Zeolit	Negara	Proses	Keterangan
7	HZSM-5	Rusia	Konversi bioetanol menjadi hidrokarbon	T = 400 °C P = 3 atm Si/Al = 50 Yield hidrokarbon cair = 29,98%
8	HZSM-5	Rusia	Konversi bioetanol menjadi hidrokarbon	T = 400 °C P = 3 atm Si/Al = 90 Yield hidrokarbon cair = 31,55%
9	HZSM-5	Spanyol	Konversi bioetanol menjadi hidrokarbon	T = 375 – 425 °C SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 30 Volume mesopori = 0,12 cm <sup>3</sup> /g Ukuran pori = 5,3 Å Yield olefin = 55%
10	HZSM-5	Brazil	Konversi bioetanol menjadi hidrokarbon	T = 500 °C P = 0,12 atm SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 28 Volume mikropori = 0,165 cm <sup>3</sup> /g Volume mesopori = 0,021 cm <sup>3</sup> /g Total keasaman = 1629 μmol NH <sub>3</sub> /g Selektifitas etilen >29%

Sumber:

- 1-2. X. Li, dkk (2016), 3-4. Galadima, dkk (2015), 5-6 X. Li, dkk (2014), 7-9 Sousa, dkk (2014), 10 - 14 Gayubo, dkk (2010)

Untuk nilai kapasitas tukar kation (KTK) pada sintesis zeolit jenis UZ-X dan AZ-X yaitu sebesar 168,2 meq/100g dan 325,7 meq/100g, ketika masing-masing dilakukan penukaran ion dengan kalium KTK meningkat menjadi UZ-KX dan AZ-KX sebesar 276,5 meq/100g dan 380,6 meq/100g. Dari penelitian tersebut diketahui zeolit A memiliki nilai kapasitas tukar kation yang tertinggi yaitu sebesar 536,3 meq/100g. Aktivitas katalitik sintesis zeolit (AZ-KX) untuk transesterifikasi minyak mustard diketahui konversi maksimum dari 84,6% diperoleh pada 5% berat katalis pemuatan dengan rasio molar minyak 12:1 metanol, waktu reaksi 7 jam pada suhu 65 °C. Biodiesel yang diperoleh diketahui memiliki nilai kalori 37,5 MJ/Kg. Berdasarkan Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *flyash* dapat menjadi alternatif yang menjanjikan dalam pengembangan sintesis katalis heterogen untuk transesterifikasi.

Dalam penelitian lainnya yang menggunakan zeolit untuk produksi biodiesel juga telah dilakukan oleh Signh, dkk (2014) yang mensintesis 12-*Tungstophosphoric Acid* (TPA) dan bahan molekul mesopori (Mobile Komposisi Materi/MCM-48), karakterisasi dan penggunaannya sebagai katalis heterogen dieksplorasi untuk produksi biodiesel melalui esterifikasi asam oleat dengan metanol. Dilakukan pengujian terhadap pengaruh berbagai parameter reaksi seperti rasio molar, massa katalis, waktu reaksi dan suhu reaksi dievaluasi.

Diketahui katalis MCM-48 menunjukkan aktivitas yang sangat baik terhadap produksi biodiesel, yaitu 95% konversi diperoleh dengan rasio molar minyak jarak pagar (*Jatropha*) 8 : 1, pada suhu 65 °C, waktu 16 jam, dan rasio katalis 6 wt%. Studi kinetik mengungkapkan bahwa esterifikasi asam oleat mengikuti hukum tingkat urutan pertama dengan energi aktivasi 40,3 kJ mol A1.

Katalis didaur ulang setelah regenerasi sederhana tanpa kerugian yang signifikan dalam konversi. Aktivitas katalitik yang sangat baik atas katalis ini diperpanjang untuk reaksi transesterifikasi untuk produksi biodiesel dari minyak jelantah dan minyak jarak pagar (*jatropha*), sebagai bahan baku dengan harga yang murah. Sifat fisika kimia dari biodiesel yang dihasilkan menunjukkan bahwa diperoleh sifat terkandung sebanding dengan spesifikasi ASTM. Dari paparan diatas menunjukkan bahwa MCM-48 sangat disarankan dalam produksi biodiesel dari minyak jarak pagar (*jatropha*).

SathyaSelvabala, dkk (2011) juga telah melakukan penelitian dalam pembuatan biodiesel. Penelitian tersebut diaplikasikan proses dua langkah yang dikembangkan untuk memproduksi biodiesel dari minyak nyamplung / *Tamanu* (*Calophyllum inophyllum*). Dilakukan dengan perlakuan awal asam b-zeolit yang dimodifikasi dengan asam fosfat dalam proses esterifikasi katalisator katalis yang sebelumnya telah didahului dengan transesterifikasi yang

dilakukan dengan menggunakan katalis alkali biasa kalium hidroksida (KOH). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara suhu reaksi, waktu reaksi dan metanol untuk rasio molar minyak dalam tahap pra-perawatan. Metode *Central Composite Design* (CCD) dan Respon Metodologi Permukaan (RSM) digunakan untuk menentukan kondisi operasi terbaik untuk pra- perlakuan biodiesel yang dihasilkan oleh proses ini dengan melakukan pengujian pada sifat bahan bakarnya. Dari penelitian ini dihasilkan biodiesel dari minyak nyamplung dengan konversi 93% pada suhu 60 °C, rasio molar minyak 9:1, rasio katalisator 1 wt% dan waktu selama 1 jam.

Intarapong, dkk (2011) juga telah melakukan penelitian pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit menggunakan katalis zeolit. Dalam penelitian tersebut menggunakan katalis KOH / NaY menggunakan reaktor *packed bed*. Diketahui 15% berat katalis K / NaY zeolit menunjukkan aktivitas katalitik yang sangat baik dan hasil konversi mencapai 92,18% pada suhu 60 °C dan waktu reaksi selama 7 jam. Hasil konversi yang tinggi membuat katalis K / NaY zeolit cukup menjanjikan untuk memproduksi biodiesel dari minyak kelapa sawit dalam skala besar.

Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Feyzi, dkk (2014) dengan menginvestigasi aktivitas nanocatalyst strontium yang didukung dengan Zeolit ZSM-5 pada transesterifikasi minyak bunga matahari untuk produksi biodiesel FAME (*fatty acids methyl ester*). Katalis tersebut disiapkan melalui metode impregnasi basah. Efek dari berbagai Sr / ZSM- 5, rasio massa Ba-Sr / ZSM-5 dan kondisi kalsinasi pada aktivitas katalitik telah diselidiki. Aktivitas yBa - xSr / ZSM-5 (dimana x = 6% berat strontium berdasarkan berat ZSM-5 dan y = 4 wt.% Ba berdasarkan pada berat Sr) dipelajari pada kondisi operasional yang berbeda seperti rasio molar metanol / minyak, massa rasio katalis terhadap minyak, waktu reaksi dan suhu reaksi. Diketahui bahwa katalis yang mengandung YBa - xSr / ZSM-5 (dimana x = 6 wt.% Strontium berdasarkan berat ZSM-5 dan y = 4 wt.% Barium berdasarkan Berat strontium) merupakan katalis optimal untuk produksi biodiesel. Hasilnya menunjukkan bahwa kondisi operasional terbaik yaitu pada metanol / minyak = 9/1 dengan suhu 60 °C dan pengadukan mekanik 500 rpm selama 180 menit. Hal tersebut merupakan hasil biodiesel FAME maksimum sebesar 87,7% yang dicapai dengan menggunakan katalis optimal. Karakterisasi sampel katalis dilakukan dengan

spektroskopi infra merah transformasi *Fourier* (FTIR), pemindaian elektron mikroskop (SEM), difraksi sinar-X (XRD), dan metode pengukuran adsorpsi-desorpsi N<sub>2</sub>. Berbagai jenis zeolit yang digunakan dalam produksi biodiesel yang berasal dari berbagai jenis minyak dapat dilihat pada Tabel 1.

### Penggunaan Zeolit dalam Pembuatan Bioetanol

Dalam rangka memenuhi tuntutan energi dunia saat ini, sumber energi yang kurang dimaanfaatkan seperti bahan bakar minyak pirolisis (PFO), *light cycle oil* (LCO), dan minyak konvensional (aspal, residu vakum) perlu dipertimbangkan sebagai sumber potensial karbon untuk nilai tambah produksi bahan kimia dan bahan bakar transportasi (Upare dkk, 2016). PFO adalah cairan organik coklat gelap yang terdiri dari hidrokarbon poli-aromatik (PHA<sub>s</sub>) seperti *naphthalene derivative*. Senyawa tersebut dapat dirubah menjadi mononuklear aromatik dan hidrokarbon non-aromatik dalam proses pengilangan. Meskipun demikian, karena bahan pengotor yang sedikit, kandungan aromatik yang lebih tinggi dan rendahnya biaya, menjadikan PFO sebagai sumber potensial untuk bahan bakar transportasi seperti BTX (benzena, toluen dan xilena) (Upare dkk, 2016).

Selain dengan pemanfaatan PFO, sumber energi alternatif lain yang dapat digunakan yaitu etanol yang dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam bahan bakar transportasi. Galadima dan Muraza (2015) menyatakan bahwa etanol merupakan hidrokarbon yang memiliki sifat mirip dengan bahan bakar fosil dan dapat digunakan secara langsung atau dicampur dengan bahan bakar tanpa kesulitan dan membutuhkan konfigurasi ulang mesin.

Dibandingkan dengan bahan bakar lainnya, bioetanol memiliki serangkaian keuntungan, karena lebih mudah dalam proses penyimpanan, penanganan dan transportasi dengan cara yang aman karena toksisitas dan volatilitas yang lebih rendah. Selain itu, dari sudut pandang lingkungan, bioetanol menghasilkan keuntungan penting karena merupakan logam-bebas dan tidak melepaskan gas kontaminan (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> dan lain-lain) (Serra dan Chica, 2011).

Bioetanol diperkirakan akan menjadi bahan bakar yang berharga atau memiliki nilai jual yang baik. Pada tahun 1980-an di Brazil, mobil-mobil telah dirancang untuk dapat berjalan dengan menggunakan etanol sebagai bahan bakar. Produksi etanol Brazil pada tahun 1975

berkisar 320 juta liter dan meningkat menjadi 12 miliar liter di tahun 1986. Pada tahun 1994 peraturan perundang-undangan mewajibkan penggunaan 22% alkohol *anhydrous* untuk ditambahkan ke dalam *gasoline* sehingga menyebabkan produksinya menjadi 14 miliar liter dimana sepertiga bagiannya adalah *alcohol anhydrous*. Mereka juga menambahkan bahwa di Amerika Serikat, etanol digunakan sebagai penambah bilangan oktan di dalam *gasoline* seperti halnya *methyl tert-butyl ether* (MTBE) yang dipilih sebagai pengganti *tetraethyl lead* (TEL) yang telah dilarang penggunaannya di dalam *gasoline*. Pelarangan penggunaan timbal diikuti dengan kegiatan udara bersih (*Clean Air Act*) yang menetapkan penggunaan oksigenat sehingga menyebabkan *gasoline* (terutama sekali fraksi aromatiknya) dapat terbakar lebih bersih (Khaidir dkk, 2009).

Saat ini etanol dicampur dengan bensin hingga rasio 10% dengan tujuan untuk meningkatkan bilangan oktan dan mengurangi emisi polutan seperti CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> dan hidrokarbon poliaromatik. Di Amerika Serikat, lebih dari 95% mobil yang menggunakan bensin yang dicampur dengan 10% bahan bakar *grade* etanol. Demikian pula Badan Perlindungan Lingkungan (EPA) mengizinkan pencampuran 15% etanol dengan 85% bensin untuk digunakan dalam kendaraan baru (yaitu model 2001 dan model setelahnya) (Galadima dan Muraza, 2015).

Selain digunakan sebagai bahan campuran bensin, etanol juga dapat digunakan sebagai sumber energi lainnya. Bioetanol adalah salah satu produk turunan biomassa yang dapat dikonversi menjadi hidrokarbon seperti olefin ringan, LPG, *biofuel*, dan beberapa petrokimia penting lainnya seperti aromatik C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub>. Selain hidrokarbon, bio-ethanol juga dapat menghasilkan beberapa *oxygenates* seperti 2-*pentanone* dan metil ester dengan bantuan katalis (Choopun dan Jitnarka, 2016).

Dehidrasi etanol menjadi hidrokarbon dapat berlangsung dalam dua jalur umum yaitu bio-etanol dapat dikonversi menjadi etilen oleh dehidrasi antar molekul pada suhu tinggi, dan dehidrasi dehidrasi intramolekul pada suhu rendah lebih dominan untuk mengkonversi etanol menjadi dietil eter yang dapat dikonversi menjadi etilen dan olefin C<sub>4</sub> pada suhu tinggi. Selektifitas produk yang diperoleh dari dehidrasi etanol dapat diatur oleh promotor dan kuantitas yang digunakan, struktur fisik dan sifat kimia bahan pendukung, serta interaksi natara bahn pendukung dan promotor. Etanol dapat dikonversi menjadi etilena, hidrokarbon C<sup>3+</sup>,

dietil eter dan air. Hidrokarbon C<sup>3+</sup> diklasifikasikan menjadi tiga fraksi yaitu C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>-C<sub>11</sub> (produk dominan), dan C<sup>12+</sup> (Choopun dan Jitnarka, 2016).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Chica dan Sayas (2009) tentang *steam reforming bioethanol* dengan menggunakan zeolit ITQ-2 dan promotor Ni dan CO, didapatkan hasil bahwa dengan menggunakan promotor Co dan zeolit ITQ-2 dapat mengkonversi etanol hingga 70%. Sedangkan dengan menggunakan promotor Ni dan katalis ITQ-2 dapat mengkonversi etanol lebih banyak yaitu 76.8% pada suhu 900 K dan dengan kandungan karbon paling sedikit yaitu sekitar 3.1%.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Serra dan Chica (2011) tentang pengaruh struktur kristal zeolit ITQ-18 pada proses *steam reforming bioethanol*, diketahui bahwa dengan menggunakan promotor Co dan katalis zeolit ITQ-18, mampu mengkonversi bioetanol hingga 98.3% dengan selektifitas terhadap CH<sub>4</sub> sebesar 5.7%, CO sebesar 3.1%, CO<sub>2</sub> sebesar 19.5%, H<sub>2</sub> sebesar 71.2%, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 0.1% dan CH<sub>3</sub>CHO sebesar 0.4%.

Selain menggunakan zeolit ITQ, pada proses konversi etanol menjadi bahan kimia lain seperti hidrokarbon seperti olefin, aromatik, alkana dan bahan kimia lain juga dapat menggunakan zeolit HZSM-5. Berdasarkan penelitian Gayubo, dkk (2010) tentang stabilitas hidrotermal katalis HZSM-5 yang dimodifikasi dengan Ni untuk merubah bioetanol menjadi hidrokarbon, diketahui bahwa penggunaan zeolit HZSM-5 dengan rasio SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 30 dengan perbandingan pada suhu 270 K dan 280 K terjadi reaksi dehidrasi etanol menjadi etena. Pada suhu reaksi yang lebih tinggi terjadi pembentukan olefin sekitar 55% pada kisaran suhu 375-425 °C.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Li, dkk (2016) tentang olefin ringan dari sumber terbaharukan, diketahui bahwa dengan menggunakan katalis HZSM-5 pada rasio perbandingan Si dan Al<sub>2</sub> yang berbeda-beda yaitu 52, 74,76, dan 184 pada suhu 773 K tekanan 50 MPa dan waktu kontak 0.0025, 0.0125, 0.02 dan 0.04 g/(mL/menit), diperoleh bahwa selektifitas katalis terhadap propilen mengalami penurunan seiring dengan semakin lama waktu kontak katalis dengan etanol pada perbandingan Si dan Al<sub>2</sub> 52, 74 dan 76. Berbeda dengan selektifitas propilen pada rasio Si dan Al<sub>2</sub> sebesar 184 yang mengalami kenaikan seiring dengan lamanya waktu kontak katalis. Pada percobaan tersebut diperoleh bahwa selektifitas optimum terhadap

propilen terjadi pada rasio Si dan Al<sub>2</sub> sebesar 52 pada waktu kontak 0.0025 g/(mL/menit) yaitu sekitar 27%. Pada rasio perbandingan antara Si dan Al<sub>2</sub> sebesar 80 pada tekanan 50 MPa dan dengan variasi waktu kontak katalis, suhu operasi, dan perbandingan promotor P yang ditambahkan, diketahui bahwa semakin tinggi suhu operasi, maka semakin besar selektifitas propilen, berbeda dengan apabila rasio promotor P yang ditambahkan maka semakin kecil selektifitas propilen yang dihasilkan. Pada variasi waktu kontak katalis terjadi kenaikan selektifitas ketika waktu kontak antara 0.0025-0.01 g/(mL/menit) yang kemudian mengalami penurunan pada waktu kontak 0.01875 g/(mL/menit). Sehingga pada penelitian tersebut diketahui bahwa pada rasio perbandingan Si dan Al<sub>2</sub> sebesar 80 diperoleh selektifitas terbesar terhadap propilen yaitu 32% pada rasio promotor P/Al sebesar 0.5, suhu 823 K dan waktu kontak katalis sebesar 0.01 g/(mL/menit).

Selain dengan menggunakan bahan baku etanol, hidrokarbon juga dapat diperoleh dengan menggunakan biomasa dan plastik dengan bantuan zeolit HZSM-5. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Li, dkk (2014), diketahui bahwa pada suhu operasi 550 °C dan dengan perbandingan katalis dan reaktan sebesar 15 diperoleh bahwa yield aromatik sebesar 32.9%, olefin sebesar 2.68%, alkane sebesar 2.06%, karbon monoksida sebesar 23%, karbon dioksida sebesar 5.96%, petrokimia sebesar 35.6% dan padatan (*coke* dan *char*) sebesar 34% dengan bahan baku selulosa. Pada penggunaan lignin sebagai bahan baku diperoleh yield aromatik sebesar 7.84%, olefin sebesar 1.71%, alkane sebesar 2.06%, karbon monoksida sebesar 2.05%, karbon dioksida sebesar 2.05%, petrokimia sebesar 9.55% dan padatan (*coke* dan *char*) sebesar 64.7%. Pada bahan baku kayu pinus diperoleh yield aromatik sebesar 28.5%, olefin sebesar 3.09%, alkane sebesar 2.49%, karbon monoksida sebesar 15.1%, karbon dioksida sebesar 3.16%, petrokimia sebesar 31.6% dan padatan (*coke* dan *char*) sebesar 46.5%. Pada penggunaan LDPE sebagai bahan baku diperoleh yield aromatik sebesar 23.8%, olefin sebesar 12.7%, alkane sebesar 55.1%, petrokimia sebesar 41% dan padatan (*coke* dan *char*) sebesar 6.74%. Pada penggunaan *poli phinil* sebagai bahan baku pembuatan hidrokarbon, diperoleh yield aromatik sebesar 35.4%, olefin sebesar 13.9%, alkane sebesar 48.9%, petrokimia sebesar 49.3% dan padatan (*coke* dan *char*) sebesar 6.38%. Sedangkan pada penggunaan poli stiren sebagai bahan baku diperoleh yield aromatik sebesar

80.2%, olefin sebesar 1.94%, alkane sebesar 2.68%, petrokimia sebesar 82.1% dan padatan (*coke* dan *char*) sebesar 10.2%. Berbagai jenis zeolit yang dapat digunakan dalam pembuatan bioetanol dapat dilihat pada Tabel 2.

## KESIMPULAN

Berdasarkan kajian literatur ini diketahui bahwa dalam pengolahan biodiesel dapat dimanfaatkan beberapa jenis zeolit yang berasal dari berbagai macam minyak yaitu, jenis MCM-48 dari minyak jarak pagar, zeolit-X dari minyak mustar, Na-X, ETS – 10, ZSM-5 dari minyak bunga matahari, zeolit KOH / zeolit Na – Y dari minyak kelapa sawit, modifikasi  $\beta$ - zeolit dari minyak *Tamanu* (*Calophyllum inophyllum*). Sedangkan dalam pengolahan bioetanol dapat dimanfaatkan zeolit jenis HZSM-5.

## DAFTAR RUJUKAN

- Aziz, I., Nurbayati, S., & Rahman, A. (2012). Penggunaan Zeolit Alam sebagai Katalis dalam Pembuatan Biodiesel. *Valensi*, 4(2), 511-514.
- Chica, A., & Sayas, S. (2009). *Effective and Stable Bioethanol Steam Reforming Catalyst Based on Ni and Co Supported on All-Silica Delaminated ITQ-2 Zeolite*. *Scient Direct*. 41-42.
- Choojun, W., & Jitnarka, S. (2016). Catalytic Activity and Stability of HZSM-5 Zeolite and Hierarchical Uniform Mesoporous MSU-S<sub>ZSM-5</sub> Material During Bio-Ethanol Dehydration, *Journal of Cleaner Production*.
- Feyzi, M., & Khajavi, G. (2014). *Investigation of biodiesel production using modified strontium nanocatalysts supported on the ZSM-5 zeolite*. *Industrial Crops and Products*. 298–304.
- Galadima, A., & O. Muraza. (2015). *Zeolite Catalysts in Upgrading of Bioethanol to Fuels Range Hydrocarbons: A Review*. *Science Direct*. 1-2.
- Gayubo, A. G., Alonso, A., Valle, B., Aguayo, A. T., Olazar, M., & Bilbao, J. (2010). *Hydrothermal Stability of HZSM-5 Catalysts Modified with Ni for the Transformation of Bioethanol Into Hydrocarbons*. *Scient Direct*. 3368-3370.
- Intarapong, P., Luengnaruemitchai, A., & Jai-in, S. (2011). *Transesterification of palm oil over KOH / NaY zeolite in a packed-bed reactor*. *International Journal Of*

- Renewable Energy Research, IJRER* : Thailand. 273–278.
- Kasim, R., Setyaningsih, D., & Haerudin, H. (2011). Esterifikasi *Crude Palm Oil* (CPO) Menggunakan Katalis Zeolit Alam Teraktifasi Asam pada Proses Pembuatan Biodiesel Melalui Metode Dua Tahap (Esterifikasi-Transesterifikasi). *Agrointek*. 1(5), 59-65.
- Khaidir, Setyaningsih, D., & Haerudin, H. (2009). Modifikasi Zeolit Alam Sebagai Material Molekular *Sieve* pada Proses Dehidrasi Bioetanol. *Prosiding Seminar Nasional Zeolit VI*. 488-503.
- Nikmah, S. R. A., Widiastuti, N., & Fansuri, H. (2009). Pengaruh Waktu dan Perbandingan Si/Al Terhadap Pembentukan Zeolit A dari Abu Dasar Bebas Karbon dari PT. IPMOMI dengan Metode Hidrotermal. *Prosiding Seminar Nasional Zeolit VI* : Bandung. 300-308.
- SathyaSelvabala, V., Selvaraj, D.K., Kalimuthu, J., Periyaraman, P.M., & Subramanian, S. (2011). *Two-step biodiesel production from Calophyllum-nophyllum oil: optimization of modified  $\beta$ -zeolite catalyzed pre-treatment*. *Bioresource Technology* 102. 1066–1072.
- Serra, J. F. D. C., & Chica, A. (2011). *Bioethanol steam reforming on Co/ITQ-18 catalyst: Effect of the Crystalline Structure of the Delaminated Zeolite ITQ-18*. *Scient Direct*. 3362.
- Singh, S., & Patel, A. (2014). *12-Tungstophosphoric acid supported on mesoporous molecular material: synthesis, characterization and performance in biodiesel production*, *Journal of Cleaner Production*: India. 3–10.
- Sousa, Z. S. B., Cesar, D. V., Henriques, C. A., & Silva, V. T. D. (2014). *Bioethanol Conversion Into Hydrocarbons on HZSM-5 and HMCM-22 zeolites: Use of In Situ DRIFTS to Elucidate the Role of the Acidity and of the Pore Structure Over the Coke Formation and Product Distribution*. *Scient Direct*. 4-5.
- Upare, D. P., S. Park, M.S. Kim, Y. P. jeon, J. Kim, D. Lee, J. Lee, H. Chang, S. Choi, W. Choi, Y. K. Park, & C. W. Lee. (2016). *Selective Hydrocracking of Pyrolysis Fuel Oil Into Benzene, Toluene and Xylene Over Como/Beta Zeolite Catalyst*. *Science Direct*. 356-360.
- Volli, V., & 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* : India. 8-17.
- X. Li, Kant, A., Y. He, Thakkar, H.V., Atanga, M.A., Razaee, F., Ludlow, D.K., & Rownaghi, A.A. (2016). *Light Olefins From Renewable Resources: Selective Catalytic dehydration of Bioethanol to Propylene Over Zeolite and Transitionmetal Oxide Catalysts*. *Scient Direct*. 6-8.
- X. Li, J. Li, G. Zhou, Y. Feng, Y. Wang, G. Yu, S. Deng, J. Huang, & B. Wang. (2014). *Enhancing the Production of Renewable Petrochemicals by Co-Feeding of Biomass with Plastics in Catalytic Fast Pyrolysis with ZSM-5 Zeolites*. *Scient Direct*. 176.