

## PEMBUATAN BIODIESEL DARI DEDAK PADI DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN KATALIS ZEOLIT ALAM BAYAH

R.Hartono <sup>\*1,3</sup>, Meliana R.S<sup>2</sup>, Nurlaila<sup>2</sup>, Rusdi<sup>1</sup>, Anondho Wijanarko<sup>3</sup>,  
Heri Hermansyah<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknk Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

<sup>2</sup>Mahasiswa Teknik Kimia, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl.Jendral sudirman Km.3 Cilegon 42435

<sup>3</sup> Departemen Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia  
Kampus Baru UI, Depok 16424 - Indonesia

\*E-mail : rudi.hartono@untirta.ac.id

### ABSTRAK

Biodiesel, bahan bakar alternatif yang dapat diperoleh dari minyak tumbuhan dan lemak hewan. Biodiesel dapat diperbaharui, *biodegradable*, ramah lingkungan dan tidak beracun. Objek percobaan menggunakan dedak padi sebagai bahan baku, diperoleh dari proses ekstraksi menggunakan N-hexane. Metode yang digunakan untuk memproduksi biodiesel adalah transesterifikasi asam dan transesterifikasi basa menggunakan metanol dan katalis. Katalis yang digunakan dalam percobaan adalah katalis homogen  $H_2SO_4$  dan katalis heterogen zeolit alam yang diperoleh dari Bayah Banten. Preparasi biodiesel dilakukan dengan memvariasikan temperatur pada transesterifikasi basa  $50^\circ C$ ,  $60^\circ C$  dan  $70^\circ C$ . Zeolit di preparasi dengan poses impregnasi padi variasi konsentrasi KOH/zeolit (25 gr KOH dalam 100 ml air destilasi, 37.5 gr KOH dalam 100 ml air destilasi dan 50 gr KOH dalam 100 ml air destilasi). Waktu reaksi 60 menit dengan konsentrasi katalis 2%. Spesifikasi biodiesel yang dihasilkan sesuai dengan Standar nasional Indonesia (SNI) dengan hasil terbaik pada variasi temperature  $60^\circ C$

**Kata kunci** : dedak padi, biodiesel, zeolit

### ABSTRACT

*Biodiesel, an alternative energy that normally produced from plant oil and animal fatty. Biodiesel is an renewable energy, biodegradable, environment friendly and nontoxic fuel. The objectives of this research is to use rice bran as raw material, rice bran done by extraction process using n-hexane to get the rice bran oil. The method use to produced biodiesel is the acid transesterification followed by base transesterification with methanol in the presence of catalyst. The catalyst used in this research is homogenous catalyst such as  $H_2SO_4$  and heterogonous catalyst such as natural zeolite from Bayah Banten. The preparation of biodiesel was done by varying the temperature in base transesterification process  $50^\circ C$ ,  $60^\circ C$  dan  $70^\circ C$ . The zeolite prepared by impregnation process in various concentration KOH/zeolite (25 gr KOH in 100 ml distilled water, 37.5 gr KOH in 100 ml distilled water and 50 gr KOH in 100 ml distilled water). The reaction time was 60 minute with the concentration of catalyst is 2%. The biodiesel properties were comparable to Indonesian National Standard (SNI) with the best result in the temperature variations of  $60^\circ C$*

*Keyword: rice bran, biodiesel, zeolite*

### PENDAHULUAN

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang diperoleh dari minyak tumbuhan, lemak hewan, ataupun minyak bekas. Dalam pembuatannya, dilakukan suatu proses melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dengan

alkohol. Biodiesel bersifat ramah lingkungan, dapat terurai, memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin, dan ketersediaan bahan bakunya yang terjamin jika dibandingkan dengan bahan bakar solar yang berasal dari minyak bumi (Lai G.G et al., 2005) .

Pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel memiliki beberapa kelebihan, Diantaranya yaitu sumber minyak nabati yang dapat dengan mudah diperoleh, proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati mudah dan cepat, serta tingkat konversi minyak nabati menjadi biodiesel yang tinggi (95%). Minyak nabati memiliki komposisi asam lemak berbeda-beda tergantung dari jenis tanamannya. Zat penyusun utama minyak-lemak (nabati maupun hewani) adalah trigliserida, yaitu triester gliserol dengan asam-asam lemak (C8 –C24). Komposisi asam lemak dalam minyak nabati menentukan sifat fisik kimia minyak (Erliza hambali et al. 2007).

### DEDAK PADI

Dedak padi patut dipertimbangkan menjadi bahan baku untuk proses produksi biodiesel yang potensial. Masyarakat Indonesia mengkonsumsi nasi sebagai makanan pokok, nasi berasal dari beras menghasilkan produk samping berupa dedak padi dalam proses penggilingannya. Besarnya jumlah produksi padi yang melimpah, maka

suplai dari dedak padi pun ikut melimpah. Dedak padi yang melimpah dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

Minyak dedak padi merupakan turunan penting dari dedak padi. Bergantung pada varietas beras dan derajat penggilingannya, dedak padi mengandung 16%-32% berat minyak. Kandungan asam lemak bebas 4%-8% berat pada minyak dedak padi tetap diperoleh walaupun dilakukan ekstraksi dedak padi sesegera mungkin. Peningkatan asam lemak bebas secara cepat terjadi karena adanya enzim lipase aktif dalam dedak padi setelah proses penggilingan. Minyak dedak padi sulit dimurnikan karena tingginya kandungan asam lemak bebas dan senyawa-senyawa tak tersaponifikasikan. Lipase dalam dedak padi mengakibatkan kandungan asam lemak bebas minyak dedak padi lebih tinggi dari minyak lain sehingga tidak dapat digunakan sebagai *edible oil* (Dharsono et al., 2010 ).

**Tabel 1.** Komposisi Umum Minyak Mentah Dedak Padi (Rachmaniah et al., 2004)

Komponen	Komposisi (% berat)
Trigliserida	18,90
Digliserida	6,69
Monogliserida	0,19
Asam Lemak	69,54
$\gamma$ -oryzanol	3,77
Vitamin E dan tocopherol	0,91

### ZEOLIT

Zeolit merupakan batuan atau mineral alam yang secara kimiawi termasuk golongan mineral silika dan dinyatakan sebagai alumina silikat terhidrasi, berbentuk halus, dan merupakan hasil produk sekunder yang stabil pada kondisi permukaan berasal dari proses sedimentasi, pelapukan maupun aktivitas hidrotermal ( Sutarti et al., 1994).

Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang luas dan juga memiliki sisi aktif. Adanya rongga intrakristalin, zeolit dapat digunakan sebagai katalis. Reaksi katalitik dipengaruhi oleh ukuran mulut rongga dan sistem alur, karena reaksi ini tergantung pada difusi pereaksi dan hasil reaksi.

Pada penelitian digunakan dua jenis katalis, yaitu katalis homogen pada transesterifikasi asam dan katalis heterogen

untuk transesterifikasi basa. Penggunaan katalis heterogen dimaksudkan untuk meminimalisir terbentuknya reaksi penyabunan dan memudahkan proses separasi. Sebelumnya zeolit di preparasi terlebih dahulu agar siap untuk dijadikan katalis.

### TRANSESTERIFIKASI

Transesterifikasi (biasa disebut dengan alkoholisis) adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkyl ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Di antara alkohol-alkohol monohidrik yang menjadi kandidat sumber/pemasok gugus alkil, metanol adalah yang paling umum digunakan, karena harganya murah dan reaktivitasnya tinggi (sehingga reaksi disebut metanolisis). Biodiesel praktis identik dengan ester metil asam-asam lemak (*Fatty Acids Metil Ester*, FAME).

### BIODIESEL

Biodiesel merupakan monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak

hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dan atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku.

Proses transesterifikasi dengan katalis asam diperlukan jika minyak nabati mengandung FFA di atas 5%. Jika minyak berkadar FFA tinggi (>5%) langsung ditransesterifikasi dengan katalis basa maka FFA akan bereaksi dengan katalis membentuk sabun. Terbentuknya sabun dalam jumlah yang cukup besar dapat menghambat pemisahan gliserol dari metil ester dan berakibat terbentuknya emulsi selama proses pencucian. Jadi esterifikasi digunakan sebagai proses pendahuluan untuk mengkonversikan FFA menjadi metil ester sehingga mengurangi kadar FFA dalam minyak nabati dan selanjutnya ditransesterifikasi dengan katalis basa untuk mengkonversikan trigliserida menjadi metil ester ( Hikmah et al., 2010)

**Tabel 2.** Standar Mutu Biodiesel (BSNI, 2012)

No.	Parameter Uji	Satuan Min/Max	Persyaratan
1	Massa Jenis	kg/m <sup>3</sup>	650-890
2	Viskositas Kinematik pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s (Cst)	2,3-6,0
3	Angka Setana	min	51
4	Titik Nyala (Mangkok Tertutup)	°C, min	100
5	Titik Kabut	°C, maks	18
6	Korosi Lempeng Tembaga (3 jam pada 50°C)		No 1
7	Residu karbon		
	- dalam percontoh asli atau -dalam 10% ampas destilasi	%-massa, maks	0,5 0,3
8	Air dalam Sedimen	%-vol, maks	0,05

9	Temperatur Distilasi 90%	°C, maks	360
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Rekayasa Produk Fakultas Teknik-Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan Laboratorium Bioproses Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia Kampus UI Depok 16424. Dengan menggunakan bahan baku dedak padi yang diperoleh dari unit penggilingan padi desa Cogrek Serang. Zeolit diambil dari Zeolit Alam bayah Banten (ZABB<sub>rit</sub>). Prosedur yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi lima tahap, sebagai berikut:

### Tahap Preparasi Zeolit Alam Bayah Banten

Zeolit dihancurkan menjadi ukuran kecil-kecil, kemudian diayak untuk mendapatkan zeolit ukuran 50 mesh (Hartono R et al., 2016), Zeolit dipanaskan dalam oven suhu 110°C selama 8 jam, kemudian diimpregnasi dengan KOH (25, 37,5 dan 50) pada suhu 60°C selama 2 jam. Setelah selesai panaskan dalam oven suhu 60°C selama 8 jam, kemudian pisahkan dengan menggunakan pompa vakum. Panaskan kembali pada suhu 110°C selama 24 jam dalam oven. Tahap selanjutnya kalsinasi pada suhu 450°C selama 4 jam

### Tahap Screening

Dedak Padi yang digunakan adalah dedak padi yang menghasilkan minyak dedak padi dan biodiesel yang optimum. Dedak padi yang digunakan adalah yang lolos screener berukuran 60 dan 80 mesh dicampur dan dikategorikan sebagai dedak halus serta dimasukkan kedalam wadah kedap udara (Rusdi et al., 2015).

### Tahap Ekstraksi Dedak Padi

1. 50 gram dedak padi dimasukkan ke dalam soklet pada alat ekstraksi.
2. 300 ml Hexan dimasukkan pada bagian kolom pemanas pada alat ekstraksi.
3. Pemanas diatur pada suhu 70°C selama 120 menit.

4. Hasil ekstraksi dipisahkan dengan pelarut methanol dengan proses distilasi lebih dari satu jam (Sampai Hexan tidak menetes lagi)

### Tahap Proses Transesterifikasi Asam

1. Metanol sebanyak (1:7) dan 2 % asam Sulfat dari Bahan Baku minyak dedak padi dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan panaskan sampai suhu 60°C.
2. Setelah suhu tercapai 60°C masukan minyak dedak padi kedalam labu leher tiga
3. Suhu di labu leher tiga akan turun dan panaskan kembali sampai suhu 60°C.
4. Hasil transesterifikasi Asam yang berada di dalam labu leher tiga didiamkan beberapa saat.

### Tahap Proses Transesterifikasi Basa

1. Metanol dicampur dengan Katalis Zeolit 3% dari bahan baku minyak Dedak padi dan dimasukkan kedalam labu leher tiga sampai suhu 60°C.
2. Setelah suhu tercapai 60°C masukan hasil dari transesterifikasi secara asam ke dalam labu leher tiga yang berisi methanol dan katlis zeolit alam bayah banten
3. Suhu di labu akan turun setelah ditambahkan dari hasil transesterifikasi asam dan panaskan kembali sampai suhu 60°C dengan kecepatan 500 rpm.
4. Hasil transesterifikasi basa dikeluarkan dari gelas kimia dan dimasukkan ke dalam corong pemisah.
5. Setelah didiamkan selama 24 jam hingga terbentuk dua lapisan, lapisan bawah gliserol dan lapisan atas biodiesel.
6. Biodiesel kemudian disimpan pada wadah sample

## 7. Sample produk dianalisa

**HASIL DAN PEMBAHASAN****Ekstraksi Dedak Padi**

Dalam penelitian ini, dilakukan ekstraksi dedak padi untuk menghasilkan minyak dedak padi yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Berikut ini Tabel.3 karakteristik minyak dedak padi hasil ekstraksi

Tabel 3. Karakteristik minyak dedak padi

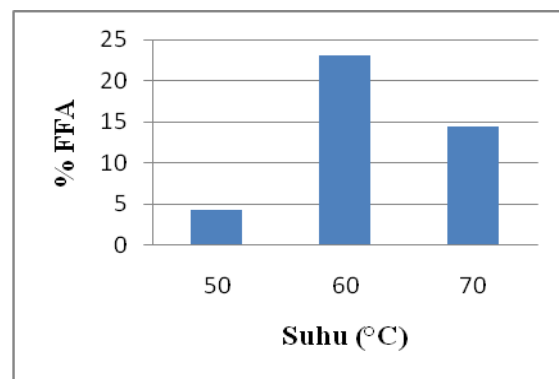
Karakteristik	Minyak dedak padi	Minyak dedak padi (literatur)
Densitas (g/ml)	0.92	0.89
% FFA	31.5	3 – 60

Pada percobaan transesterifikasi asam dan basa digunakan alkohol untuk memecah rantai trigliserida yang terdapat dalam minyak nabati. Metanol merupakan jenis alkohol yang paling disukai karena lebih reaktif, untuk mendapatkan hasil biodiesel yang sama, penggunaan etanol 1,4 kali lebih banyak dibandingkan metanol (Azis Islami et al, 2012). Metanol adalah senyawa polar berantai karbon terpendek sehingga bereaksi lebih cepat dengan trigliserida, dan melarutkan semua jenis katalis baik basa maupun asam. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi reversibel sehingga diperlukan penggunaan alkohol berlebih untuk menggeser kesetimbangan kearah produk ( Zhang et al., 2003) digunakan rasio perbandingan minyak terhadap metanol 1:7.

Kehadiran katalis diperlukan untuk mempercepat terjadinya reaksi. Pada penelitian ini digunakan dua jenis katalis, yaitu katalis homogen ( $H_2SO_4$ ) pada transesterifikasi asam dan katalis heterogen (zeolit) untuk transesterifikasi basa. Penggunaan katalis heterogen digunakan untuk mengurangi terbentuknya reaksi penyabunan dan memudahkan proses pemisahan. Sebelumnya zeolit di preparasi terlebih dahulu agar bersifat basa dengan KOH.

**Pengaruh Suhu Reaksi Terhadap Penurunan Asam Lemak Bebas**

Pengaruh suhu reaksi terhadap penurunan asam lemak bebas dilakukan karena kandungan FFA yang tinggi dapat menyebabkan terbentuknya reaksi penyabunan yang menghasilkan sabun dan mengurangi kualitas dari biodiesel. Berikut adalah Gambar 1. Hubungan antara suhu reaksi terhadap penurunan % FFA.



**Gambar 1.** Hubungan antara suhu reaksi terhadap penurunan %FFA

Pada Gambar 1. di atas terlihat bahwa pada suhu 60°C terjadi penurunan % FFA yang lebih besar dibandingkan pada suhu 50 dan 70°C yaitu sebesar 23.06 %, hal ini terjadi karena dengan naiknya suhu, maka tumbukan antar partikel semakin besar, sehingga reaksi berjalan semakin cepat dan konstanta reaksi semakin tinggi. Peningkatan laju reaksi disebabkan oleh meningkatnya konstanta laju reaksi yang merupakan fungsi dari temperatur. Semakin tinggi temperatur semakin besar konstanta laju reaksinya. Sesuai dengan persamaan *Archenius* :

$$k = A \exp(-E_a/RT)$$

k = konstanta laju reaksi

A = frekuensi tumbukan

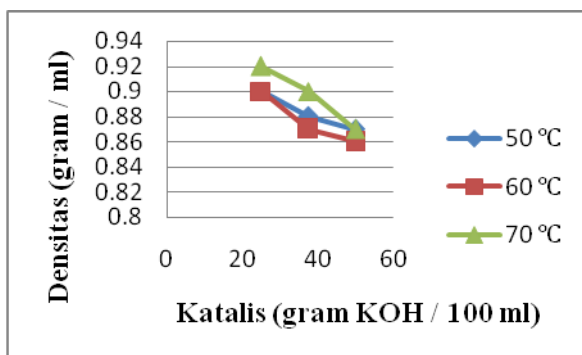
R = konstanta gas

T = temperatur

$E_a$  = energi aktivasi (wahyuni et al 2015)

Pada suhu 70°C terjadi penurunan % FFA sebesar 14.44, hal ini disebabkan tidak sempurnanya proses pembuatan biodiesel karena titik didih methanol adalah 64,7°C maka metanol akan cepat menguap sehingga menurunkan rasio perbandingan antara methanol dengan minyak dedak padi ( Wahyuni et al., 2015). Pada suhu 50°C terjadi penurunan % FFA sebesar 4.3 %, ini disebabkan karena suhu reaksi belum mencapai suhu maksimum sehingga reaksi berjalan lebih lambat.

### Pengaruh Variasi Suhu dan Katalis Terhadap Densitas Biodiesel



**Gambar 2.** Hubungan antara variasi suhu dan katalis terhadap densitas biodiesel

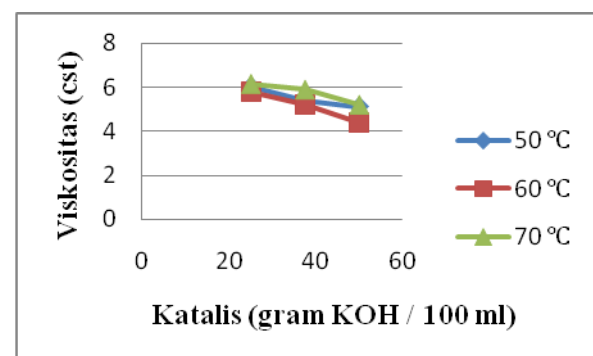
Pada Gambar 2. terlihat bahwa semakin tinggi variasi katalis gram KOH / 100 mL, maka densitas nya juga akan semakin menurun, hal ini dikarenakan dengan penggunaan katalis heterogen (zeolit) dapat mengurangi reaksi penyabunan. Sehingga dengan semakin tinggi variasi katalis, maka densitasnya akan semakin turun.

Pengaruh suhu pada densitas biodiesel yang terlihat pada Gambar 2. bahwa semakin tinggi suhu proses, maka densitas biodiesel juga akan semakin kecil. Pada suhu reaksi 70°C terjadi peningkatan densitas, hal ini disebabkan pada suhu 70°C reaksi pembuatan biodiesel menjadi tidak sempurna karena titik didih metanol adalah 64,7°C maka metanol akan cepat menguap sebelum terjadinya proses biodiesel yang sempurna. Karena biodiesel memiliki perbandingan rasio mol yang sudah ditetapkan agar hasil biodiesel sesuai dengan standar (Dyah et al 2015)<sup>1</sup>. Pada suhu 50°C densitas biodiesel

yang dihasilkan tidak sesuai dengan SNI karena suhu reaksi belum mencapai suhu maksimum sehingga reaksi berjalan lebih lambat.

Densitas biodiesel terbaik terjadi pada suhu 60°C karena reaksi berjalan dengan cepat , tumbukan antar molekul yang terjadi pada suhu mendekati titik didih metanol dengan variasi katalis 50 gr KOH/100mL.

### Pengaruh Variasi Suhu dan Katalis Terhadap Viskositas Biodiesel



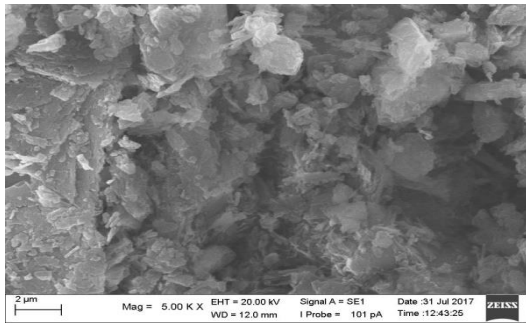
**Gambar 3.** Hubungan antara variasi suhu dan katalis terhadap viskositas biodiesel

Pada Gambar 3. terlihat bahwa Semakin tinggi konsentrasi katalis, viskositas cenderung turun. Semakin banyak persen katalis yang diberikan semakin cepat terpecahnya trigliserida menjadi tiga ester asam lemak yang akan menurunkan viskositas 5-10 persen. Pada suhu 70°C terjadi peningkatan viskositas yang disebabkan karena tidak sempurnanya proses pembuatan biodiesel.

Jika dilihat dari Gambar 3. maka viskositas biodiesel terbaik terjadi pada suhu 60°C karena reaksinya berjalan dengan cepat , tumbukan antar molekul yang terjadi pada suhu mendekati titik didih metanol dengan variasi katalis 50 gram KOH / 100 ml.

### Zeolit

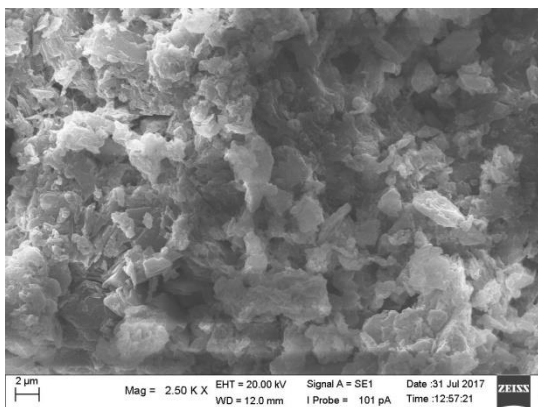
Selanjutnya dilakukan analisa morfologi zeolit dengan uji SEM. Morfologi zeolit alam Bayah Banten (ZABBrht) sebelum dan sesudah aktivas dapat dilihat pada Gambar di bawah ini..



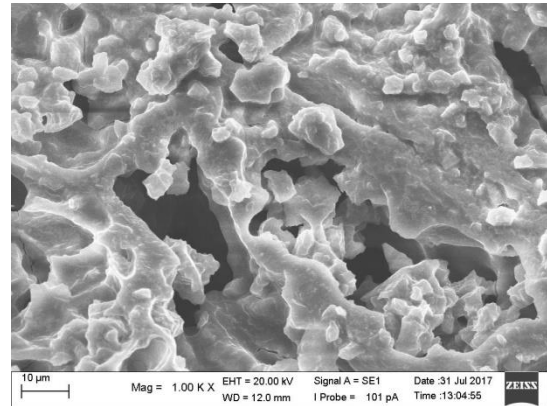
**Gambar 4.** Zeolit sebelum diaktivasi

Gambar 4 merupakan zeolit yang belum diaktivasi, zeolit terlihat lebih kasar dan pori-pori zeolit tertutup serpihan-serpihan kecil yang merupakan pengotor. Dari Gambar 4 terlihat bahwa zeolit sangat heterogen, berwarna gelap dan tidak beraturan.

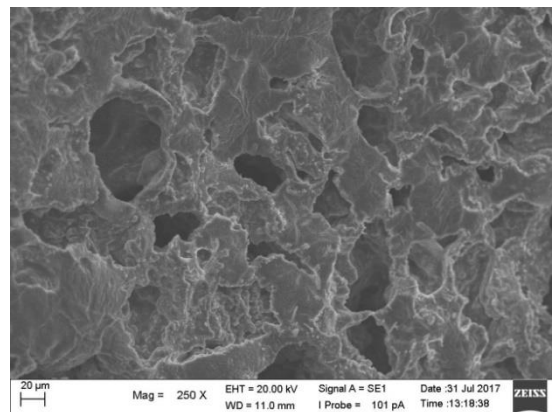
Pada zeolit yang telah dilakukan aktivasi sangat terlihat bahwa zeolit telah mengalami perubahan yang cukup signifikan baik dari segi warna maupun butiran-butiran yang menutupi pori telah berkurang. Morfologi permukaannya lebih rapih, berwarna lebih terang jika dibandingkan pada Gambar 4 sebelum zeolit mengalami aktivasi. Butiran yang terdapat pada zeolit alam Bayah Banten (ZABBrht) pada hasil uji SEM merupakan pengotor berupa logam alkali yang menutupi pori-pori dari zeolit (Nuryoto et al., 2011). Berikut adalah Gambar zeolit yang telah diaktivasi dengan berbagai variasi gram KOH / 100 ml.



**Gambar 5.** Zeolit setelah diaktivasi 25 gram KOH//100 mL

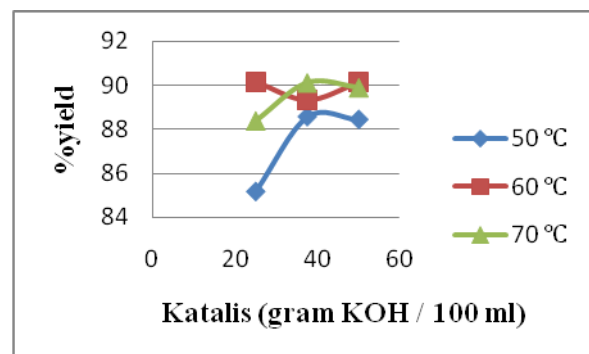


**Gambar 6.** Zeolit setelah diaktivasi 37.5 gram KOH/100 mL



**Gambar 7.** Zeolit setelah diaktivasi 50 gram KOH//100 mL

### Pengaruh Variasi Suhu dan Katalis Terhadap Yield



**Gambar 8.** Hubungan antara variasi suhu dan katalis dengan yield biodiesel

Pada Gambar 8 terlihat bahwa suhu 60°C menghasilkan % yield tertinggi. Hasil yang sama juga pernah dilaporkan oleh Ricky et al., 2013 dengan perolehan % yield sebesar 95.09%

pada suhu 60°C. Naiknya suhu menyebabkan tumbukan antar partikel semakin besar, sehingga reaksi berjalan semakin cepat dan konstanta reaksi semakin besar. Pada suhu yang lebih tinggi yaitu 70°C reaksi berjalan tidak karena titik didih methanol adalah 64,7°C maka metanol akan cepat menguap sehingga menurunkan rasio perbandingan antara methanol dengan minyak dedak padi (Silvira et al., 2015), Pada suhu yang lebih rendah 50°C suhu reaksi belum mencapai suhu maksimum sehingga reaksi berjalan lebih lambat.

Pengaruh jumlah katalis (gram KOH/100 ml) terhadap yield adalah semakin banyak jumlah KOH yang diberikan pada proses impregnasi akan meningkatkan %yield biodiesel. Pada Gambar 8. di atas dapat dilihat terjadi sedikit penurunan % yield pada katalis 50 gram KOH/100 mL, ketidaksesuain karena masih terdapat kandungan air hasil transesterifikasi asam, dimana proses transesterifikasi asam menghasilkan air, sehingga kandungan air dalam minyak nabati harus diperiksa sebelum dilakukan proses transesterifikasi. Kandungan air yang tinggi dapat mendeaktivasi katalis asam dan katalis basa, sehingga dapat menurunkan rendemen biodiesel yang dihasilkan (Gerpen et al 2004).

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa pembuatan biodiesel dengan menggunakan zeolit alam bayah banten sebagai katalis heterogen dapat menghasilkan biodiesel dengan hasil yang memenuhi SNI pada suhu optimum 60°C (50 gram KOH/100 mL).

## DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, Islami, Siti Nurbayti, Ariff rahman Hakim, 2012. *Uji Karakteristik Biodiesel yang dihasilkan Minyak Goreng Bekas Menggunakan Zeolit Alam (H-Zeolit) dan KOH* Jakarta:UIN
- Badan Standardisasi Nasional. 2012 *Standar Nasional. Biodiesel Indonesia*. Jakarta: BSN.
- Dyah, Shintawati. 2015. *Pembuatan Biodiesel dari Mikroalga Chlorella Sp Melalui Dua Tahap Reaksi In-Situ*. Laporan penelitian. Semarang: Universitas Diponegoro
- Dharsono, W. dan Oktari, Y. S. (2010). *Proses Pembuatan Biodiesel dari Dedak dan Methanol dengan Esterifikasi in situ*. Fakultas teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- Erliza Hambali, Siti M, Armansyah H Tambunan, Abdul W P, Roy H, 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta : PT Agromedia Pustaka.
- Gerpen JV, B Shanks, R Pruszko, D Clements dan G Knothe. 2004. *Biodiesel Production Technology*. United State of America: National Renewable Energi Laboratory.
- Hikmah, Maharani N & Zuliyana. 2010. *Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi*. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Hartono R, Heri Hermansyah., 2015 “ *Rekayasa Katalis Penukar ion Untuk Sintesa Biodiesel Menggunakan Katalis Zeolit Alam Bayah Banten (ZABBrht)*”. Seminar Nasional Research Month 2015 Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UPN “Veteran” Jawa Timur.
- 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.
- Kusuma, Ricky Indra, Hadinoto, Johan Prabowo, Ayucitra, Aning, Soetaredjo, Felycia Edi,



- & Ismadji, Suryadi. (2013).” *Natural zeolite from Pacitan Indonesia, as catalyst support for transesterification of palm oil*”. *Applied Clay Science*, 74(0), 121-126
- Lai,G.G and Zulaikah,S. 2005. *Lipase-catalyzed production of biodiesel from rice brain oil*. *J.Chem.Biotechnol.*80,331-337
- Nuryoto, Hary Sulistiyo, Wahyudi Budi Setiawan, Indra Perdana 2011. *Modifikasi Zeolit Alam Modernit Sebagai Katalisator Ketalisasi dan Esterifikasi*. *Reaktor*, Vol.16 No.2, Hal. 72-80
- Rusdi, Irfan Saptajani, R.Hartono., 2015 “*Potensi Minyak Dedap Padi sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel Dengan Proses Transesterifikasi Asam dan Basa*” Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta 2015, ISSN :2407-1848, e-ISSN : 2460-8416.
- Rachmaniah, O., Ju, Y. dan Vali, S. R. (2004) *Potensi Minyak Mentah Dedak Padi sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel*. Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Sutarti, Mursi dan Rahmawati, M. 1994. *Zeolit: Tinjauan Literatur*. Jakarta: Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah
- Zhang Y., Dube, M. A., McLean, D. D., Kates, M., (2003), *Review Paper: Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: 1. Process Design and Technological Assessment*,dalam:*BioresourceTechnol.*V 01.89.1-16.
- Wahyuni S, Ramli, Mahrizal.2015.”*Pengaruh Suhu dan Lama Pengendapan terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah*”. Laporan penelitian. Padang: Universitas Negeri Padang