

## Transesterifikasi minyak kemiri sunan menjadi biodiesel menggunakan katalis padat K<sub>2</sub>O/C

### *Transesterification of Reutealis trisperma oil into biodiesel over K<sub>2</sub>O/C solid catalyst*

**Muhammad Zaki<sup>\*1</sup>, Teku Muhammad Asnawi<sup>1</sup>, Husni Husin<sup>1,2</sup>, Saifullah Ramli<sup>1</sup>, Sofyana<sup>1</sup>, Fikri Hasfita<sup>3</sup>  
Justaman Arifin Karo Karo<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Laboratorium Teknik Reaksi dan Katalisis, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Darussalam-Banda Aceh, Indonesia 23111

<sup>2</sup> Doktor Ilmu Teknik, Program Pascasarjana, Universitas Syiah Kuala, Darussalam-Banda Aceh, Indonesia 23111

<sup>3</sup> Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia

<sup>4</sup> Baristand Industri Medan, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Kementerian Perindustrian, Medan, Indonesia

\* e-mail: m.zaki@che.unsyiah.ac.id



#### INFO ARTIKEL

##### Sejarah artikel:

Diterima:  
24 April 2020

Direvisi:  
28 November 2020

Diterbitkan:  
28 Desember 2020

##### Kata kunci:

katalis padat K<sub>2</sub>O/C;  
minyak kemiri sunan;  
kalium oksida;  
karbon aktif;  
biodiesel

#### ABSTRAK

Preparasi katalis padat K<sub>2</sub>O/C telah berhasil disiapkan dengan mengimpregnasi K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pada permukaan karbon aktif sekam padi selama 6 jam. Campuran tersebut dikalsinasi pada suhu 300 °C selama 3 jam hingga terbentuk K<sub>2</sub>O/C. Tujuan penelitian ini adalah untuk menginvestigasi kinerja katalis K<sub>2</sub>O/C dalam proses transesterifikasi minyak biji kemiri sunan menjadi biodiesel. Karbon sekam padi (C) dipersiapkan dengan proses pirolisis sekam padi, dilanjutkan dengan proses aktivasi untuk mendapatkan karbon sebagai penyangga berpori. Katalis K<sub>2</sub>O/C dikarakterisasi dengan Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Energy-Dispersive X-ray (EDX). Hasil analisa EDX menunjukkan bahwa komposisi katalis didominasi oleh karbon (C) dan kalium (K). Fasa aktif K<sub>2</sub>O terdistribusi pada permukaan karbon aktif secara merata. Katalis K<sub>2</sub>O/C yang dihasilkan digunakan dalam reaksi transesterifikasi minyak kemiri sunan menggunakan reaktor batch. Yield biodiesel tertinggi dicapai hingga 98,68% ketika menggunakan katalis 4% terhadap minyak, loading K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pada karbon aktif 0,5% berat, waktu reaksi 90 menit, serta rasio molar metanol terhadap minyak 8:1. Katalis K<sub>2</sub>O/C sangat berpotensi untuk dikembangkan selanjutnya sebagai salah satu katalis padat untuk mengkonversi minyak nabati menjadi biodiesel.

#### ABSTRACT

K<sub>2</sub>O/C solid catalysts were successfully prepared by impregnating K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> on the surface of rice husk activated carbon. The mixture was calcined at 300 °C for 3 hours to produce K<sub>2</sub>O/C. The purpose of this study was to investigate the performance of the K<sub>2</sub>O/C catalyst through the transesterification of Reutealis trisperma oil into biodiesel. The activated carbon was prepared by pyrolysis of rice husk, followed by activation process to obtain porous activated carbon. K<sub>2</sub>O/C catalysts were characterized by scanning electron microscopy (SEM) and Energy-dispersive X-ray (EDX). The composition of the catalyst is dominated by carbon (C) and potassium (K). The active phase of K<sub>2</sub>O was evenly distributed over the surface of activated carbon. K<sub>2</sub>O/C catalyst was used in the transesterification reaction of Reutealis trisperma oil in a batch reactor. The highest yield of biodiesel reached up to 98.68%, at a K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> of 0.5, using 4% catalyst to oil, reaction temperature of 65 °C, 90 minutes, and methanol to oil ratio of 8:1. K<sub>2</sub>O/C catalyst has a high potential to be further developed as one of promising solid catalysts in conversion of vegetable oil into biodiesel.

##### Keywords:

solid catalyst;  
Reutealis trisperma  
oil;  
potassium oxide;  
activated carbon;  
biodiesel

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan kekurangan sumber bahan bakar dan meningkatnya emisi polutan yang disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil, banyak penelitian telah diarahkan pada eksplorasi bahan bakar alternatif terbarukan (Boonyuen et al., 2018; Husin et al., 2018b). Di antara berbagai bahan bakar alternatif, biofuel (khususnya biofuel cair misalnya, bioetanol, biobutanol dan biodiesel), telah banyak menarik perhatian para peneliti sebagai bahan bakar yang paling prospektif untuk aplikasi di sektor transportasi (Abedin et al., 2016; Aboelazayem et al., 2018; Husin et al., 2018a; Husin et al., 2013). Hal ini karena sumber energi biofuel mampu menyalakan mesin dengan mudah dan jauh lebih sedikit mengeluarkan emisi berbahaya seperti: SO<sub>x</sub>, HC, dan CO dibandingkan dengan bahan bakar fosil (Abdullah et al., 2017; Aboelazayem et al., 2018; Farooq et al., 2018).

Biodiesel, sebagai sumber energi alternatif yang potensial, telah menarik perhatian besar dalam beberapa tahun terakhir (Akinfalabi et al., 2017; Ong et al., 2019). Namun, tingginya biaya produksi biodiesel dibandingkan dengan bahan bakar diesel yang berbasis minyak bumi masih membatasi pengembangannya. Penggunaan jenis katalis dan proses yang digunakan memberi kontribusi terhadap tingginya biaya produksi reaksi transesterifikasi (Granados et al., 2007; Zuhra et al., 2015). Proses pembuatan biodiesel saat ini umumnya menggunakan katalis basa kuat homogen atau asam kuat karena memiliki aktivitas dan konversi yang tinggi. Kekurangan dari proses homogen antara lain: pemisahan katalis dan pemurnian produk lebih lama dan menghasilkan limbah cair yang lebih banyak. Hal ini tentunya membutuhkan biaya produksi yang lebih tinggi (Borges and Diaz, 2012). Untuk mengurangi produksi limbah cair dan biaya produksi dari proses homogen, penelitian ini menggunakan katalis padat sistem heterogen (Sy et al., 2019). Keuntungan penggunaan proses heterogen, antara lain: katalis dapat dipisahkan lebih mudah dari campuran reaksi dengan cara penyaringan atau sentrifugasi. Disamping itu, katalis padat juga dapat digunakan kembali untuk beberapa kali proses reaksi. Selain itu, katalis ini kurang korosif, lebih aman, dan lebih ramah lingkungan (Islam et al., 2015).

Pada skala laboratorium, beberapa katalis heterogen, seperti CaO dari cangkang kerang, K<sub>2</sub>O/zeolite, dan Na-loaded NbOPO<sub>4</sub> (Hu et al., 2011; Sy et al., 2019; Fitriana et al., 2018) telah dikembangkan untuk aplikasi proses produksi biodiesel. Sayangnya, sintesis katalis heterogen yang sangat aktif bersifat kompleks, berbiaya mahal dan membutuhkan keterampilan khusus untuk tahap operasi produksi. Oleh karena itu, hal ini merupakan tantangan besar untuk mengeksplorasi katalis basa padat ideal yang efektif, murah, dan ramah lingkungan untuk dapat digunakan dalam proses produksi biodiesel sangat prospektif (Endut et al., 2017).

Untuk mengatasi masalah tersebut, pemanfaatan garam kalium karbonat (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) komersial yang dapat disubstitusi dengan karbon aktif dari sekam padi sebagai katalis padat menjadi pilihan baru sebagai alternatif untuk produksi biodiesel dari minyak kemiri sunan. Pada tahun 2019, group ini telah melakukan reaksi

transesterifikasi minyak kemangi menjadi biodiesel dengan menggunakan katalis CaO dari cangkang kerang yang dikalsinasi pada suhu 800 °C. Penelitian menunjukkan bahwa *yield* biodiesel mencapai 96,7% di bawah kondisi reaksi optimal dengan konsentrasi katalis dan waktu reaksi masing-masing 6% berat dan 3 jam (Zaki et al., 2019).

Pada penelitian ini, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dideposisi pada permukaan karbon aktif dari limbah sekam padi merupakan solusi yang tepat untuk memperoleh katalis padat untuk reaksi transesterifikasi minyak nabati proses heterogen. Karbon aktif sangat efisien digunakan sebagai penyanga katalis karena memiliki luas permukaan yang tinggi (Asnawi et al., 2019). Selain itu, bahan baku sekam padi juga tersedia melimpah di daerah Aceh maupun Indonesia. Di Aceh, misalnya, diperkirakan produksi tahunan sekam padi lebih dari 5 juta ton pada tahun 2018.

Dewasa ini, sebagian besar limbah sekam padi hanya dibakar dan dibuang ke ladang tanpa perlakuan awal. Dalam jumlah kecil, sekam padi telah dikonversi menjadi karbon aktif sebagai adsorben berbiaya rendah untuk mengekstraksi ion logam dalam limbah (Maliki et al., 2019). Komposisi organik arang sekam padi terutama terdiri dari karbon sekitar 95%, yang dapat digunakan sebagai pengangga K<sub>2</sub>O. Senyawa K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang dipadu pada permukaan karbon aktif sekam padi dapat diubah menjadi K<sub>2</sub>O/C sebagai fasa aktif setelah proses kalsinasi pada suhu 300 °C. Oleh karena itu, K<sub>2</sub>O/C dimungkinkan untuk digunakan sebagai katalis padat berbiaya rendah untuk proses produksi biodiesel. Belum banyak literatur yang melaporkan tentang katalis padat kalium oksida yang disangga pada karbon dari limbah sekam padi (K<sub>2</sub>O/C).

Bahan baku minyak yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak kemiri sunan (*Reutealis trisperma*), seperti pada Gambar 1. *Reutealis trisperma* telah diakui memiliki potensi besar untuk produksi biodiesel karena minyaknya mengandung racun, sehingga tidak dapat digunakan sebagai minyak makan atau pangan lainnya. Kandungan minyak kemiri sunan mencapai 45-55% dari biji, memiliki bilangan asam 2,4-6,3 mg KOH/g minyak.



Gambar 1. Buah, biji, dan minyak kemiri sunan

Komposisi minyak kemiri sunan terdiri dari: asam miristat, asam palmitat, asam stearat, asam oleat, asam

linoleat, asam linolenat dan jejak asam lainnya. Kandungan asam tertinggi adalah asam palmitat (16,93%), oleat (38,63%) dan linoleat (35,06%) (Ritonga and Giovani, 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi efektivitas penggunaan katalis padat  $K_2O/C$  pada proses katalitik produksi biodiesel dari minyak kemiri sunan. Katalis dianalisis menggunakan SEM dan EDX untuk mengkarakterisasi struktur mikro dan komposisi katalis. Kinerja katalitik dievaluasi melalui reaksi transesterifikasi minyak kemiri sunan dan metanol. Pengaruh variabel *loading*  $K_2CO_3$  dan jumlah perulangan penggunaan katalis terhadap *yield* biodiesel telah diselidiki.

## 2. Metodelogi

### 2.1. Waktu, tempat, bahan dan peralatan

Penelitian ini dilakukan sejak bulan Januari sampai April 2020. Kegiatan utama penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia.

Sekam padi diperoleh dari limbah penggilingan padi kilang padi di Kabupaten Aceh Besar. Bahan-bahan kimia:  $K_2CO_3$ , metanol 99,5%, asam fosfat, HCL 37%, NaOH, *phenolphthalein*, dan air *demineralizer* dibeli dari PT Gemilang Sukses, Medan, Sumatera Utara Indonesia. Semua *reagent* bahan kimia memiliki *grade* dari Merck, Jerman. Sekam padi sebelum digunakan diaktifkan terlebih dahulu menjadi karbon aktif.

Penelitian ini menggunakan beberapa alat antara lain: labu leher-3 dan *acsesories*, *hot plate*, labu pemisah, corong pemisah, oven pemanas, pH meter, termometer, dan seperangkat alat gelas penunjang penelitian. Minyak kemiri sunan diperoleh dari Perusahaan perkebunan kemiri sunan di Bogor, Indonesia. Minyak kemiri sunan memiliki bilangan asam 2,4 mgKOH/g. Sebelum digunakan minyak diesterifikasi terlebih dahulu untuk menurunkan bilangan asam hingga lebih kecil dari 1%.

### 2.2. Preparasi karbon aktif sekam padi

Mekanisme preparasi katalis  $K_2O$  pada karbon aktif sekam padi seperti ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skematik preparasi katalis  $K_2O$  pada karbon aktif sekam padi

Tahap pertama, sekam padi dicuci untuk menghilangkan kotoran yang tersisa. Selanjutnya, sekam padi dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu

80 °C untuk mengurangi kadar air. Sekam padi yang telah kering dipirolysis pada 400 °C selama 30 menit untuk proses karbonisasi. Kemudian karbon dipirolysis lanjut pada 650 °C selama 1,5 jam untuk proses aktivasi. Karbon aktif sekam padi dihancurkan menjadi 20-80 mesh untuk mendapatkan ukuran yang seragam (Maliki et al., 2019). Karbon aktif selanjutnya digunakan sebagai penyangga  $K_2O$  sebagai fasa aktif katalis  $K_2O/C$ .

### 2.3. Preparasi katalis $K_2O/C$

Katalis padat  $K_2O/C$  disiapkan dengan metode impregnasi. Sumber kalium digunakan senyawa  $K_2CO_3$  komersial. Rasio berat  $K_2CO_3$  terhadap karbon sekam padi (C) divariasi, yaitu: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 dan 0,6. Senyawa  $K_2CO_3$  dilarutkan dalam *beaker glass* berisi air *demineralizer* hingga larut. Larutan dicampur dengan karbon sekam padi selama 6 jam pada suhu kamar. Campuran selanjutnya dipanaskan dalam oven selama 12 jam. Powder selanjutnya dikalsinasi pada suhu 300 °C selama 3 jam untuk penyusunan fasa aktif dan stabilitas mekanik (Hasfita and Husin, 2013; Mardian et al., 2018). Setelah didinginkan, katalis disimpan dalam desikator.

### 2.4. Karakterisasi katalis

Untuk mendeteksi morfologi dan komponen kimia katalis, sebagian sampel dilakukan karakterisasi. Identifikasi morfologi  $K_2O/C$  menggunakan metode *Scanning Electron Microscopy*, SEM (Model JSM-6700F, JEOL). Sedangkan untuk mengkonfirmasi komponen kimia katalis dilakukan dengan metode *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDX). Pengukuran SEM dan EDX dilakukan di Laboratorium SEM Polri Jakarta.

### 2.5. Reaksi transesterifikasi minyak kemiri sunan menjadi biodiesel

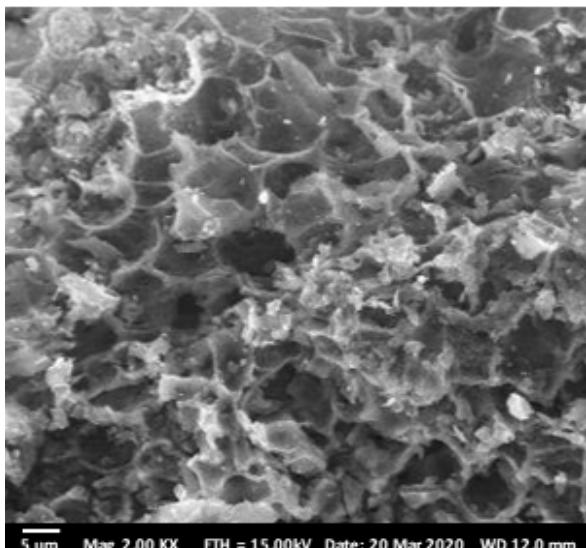
Reaksi transesterifikasi minyak kemiri sunan dan metanol menggunakan katalis berbasis kalium yang disangga pada karbon aktif ( $K_2O/C$ ). Minyak kemiri sunan 50 g dan katalis sebanyak 4% dari berat minyak dimasukkan ke dalam reaktor *batch*. Reaktor dilengkapi dengan kondensor untuk menghindari penguapan metanol selama proses reaksi. Rasio molar metanol-minyak 8:1 dan suhu tetap pada 65 °C. Setelah diaduk selama 1,5 jam, reaksi transesterifikasi dihentikan. Katalis dipisahkan dari campuran dengan sentrifugasi selama 0,5 jam. Campuran reaksi dipindahkan ke corong pisah dan dicuci dengan air panas, yang memungkinkan dekontaminasi dan pemisahan gliserol dan metil ester. Selanjutnya, metil ester dipindahkan ke *rotary vacuum evaporator* untuk menghilangkan metanol yang tersisa. Metil ester dikeringkan pada 110 °C dalam oven untuk menghilangkan kandungan air. Perolehan (*Yield*) biodiesel dihitung menurut Persamaan berikut.

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{berat biodiesel}}{\text{berat minyak yang digunakan}} \times 100\%$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil karakterisasi SEM dan EDX

Untuk mendapatkan gambaran tentang morfologi sampel katalis K<sub>2</sub>O/C hasil preparasi, studi SEM dilakukan seperti yang tampak pada Gambar 3. Dari Gambar 3 tampak bahwa struktur permukaan karbon aktif sekam padi memiliki pori. Demikian juga, fasa aktif K<sub>2</sub>O terdistribusi sempurna pada permukaan pori karbon aktif sekam padi.



Gambar 3. Hasil rekaman SEM katalis padat K<sub>2</sub>O/C

Adanya fasa aktif K<sub>2</sub>O pada permukaan karbon aktif akan berkontribusi mempercepat jalannya proses reaksi katalitik transesterifikasi minyak kemiri sunan menjadi biodiesel, seperti yang dilaporkan pada penelitian sebelumnya (Husin et al., 2018c).

Tabel 1.

Komposisi atom dari senyawa-senyawa yang terkandung pada katalis K<sub>2</sub>O/C dari analisa EDX<sup>\*</sup>

Elemen	Persen senyawa wt.%	Persen atom %
Carbon	27,66	44,99
Oksigen	34,13	41,66
Natrium	0,44	0,37
Silika	2,76	2,06
Kalium	21,86	10,92
Total	86,87	100,00

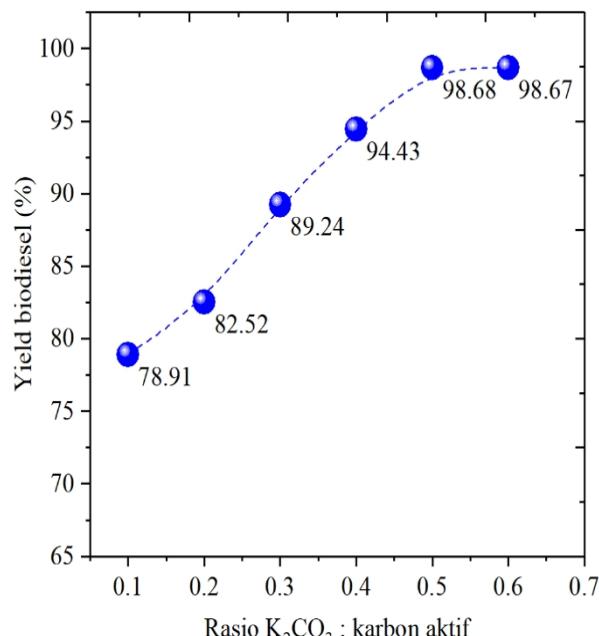
\*Hasil Analisa dengan EDX

Tabel 1 menyajikan informasi tentang komposisi atom katalis K<sub>2</sub>O/C. Dari hasil analisa *Energy Diffraction X-ray* (EDX),. Dari Tabel 1 terkonfirmasi bahwa komposisi katalis terdiri dari C (44,99%), O (41,46%), Na (0,37%), Si (2,06%) dan K (10,92%). Hasil ini membuktikan bahwa komponen K<sub>2</sub>O telah terbentuk pada katalis seperti yang diinginkan. Dengan adanya fasa aktif K<sub>2</sub>O diharapkan dapat berkontribusi dalam mempercepat proses reaksi.

#### 3.2. Hasil uji kinerja katalis

##### 3.2.1 Pengaruh pemuatan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pada karbon aktif

Pengaruh muatan K<sub>2</sub>O pada karbon aktif merupakan tahap krusial dari reaksi transesterifikasi minyak kemiri sunan. Hubungan rasio pemuatan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pada karbon aktif terhadap *yield* metil ester (biodiesel) seperti didemonstrasikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh rasio massa K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> terhadap C terhadap *yield* metil ester. Kondisi reaksi: rasio molar minyak ; metanol 8:1, katalis 4% berat terhadap minyak, suhu reaksi 65 °C, dan waktu reaksi 1,5 jam.

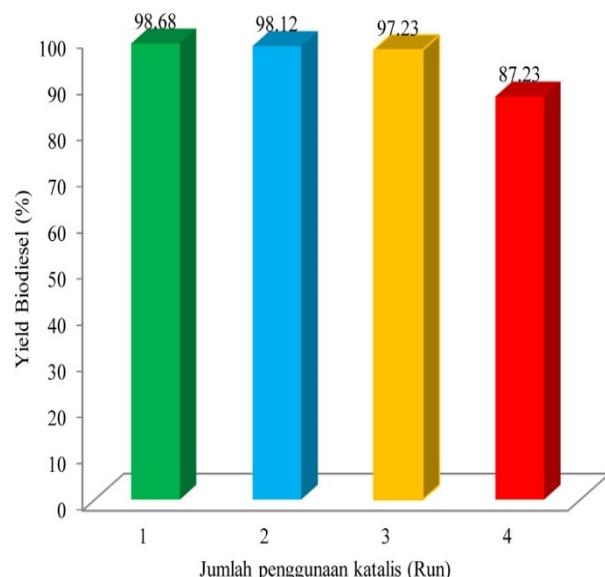
Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa *yield* metil ester meningkat secara proporsional dengan peningkatan pemuatan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pada karbon aktif. Pada perbandingan berat K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> terhadap karbon 0,1 *yield* metil ester mencapai 78,91%. *Yield* metil ester tertinggi diperoleh 96,68% pada *loading* K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sebanyak 0,5. Penambahan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> lebih lanjut tampak kenaikan metil ester hampir sama. Fakta ini mengisyaratkan bahwa jumlah K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang dimuat mempengaruhi jumlah situs aktif K<sub>2</sub>O yang terbentuk pada permukaan karbon aktif. Keberadaan situs aktif K<sub>2</sub>O mempengaruhi laju konversi trigliserida menjadi metil ester. Lebih lanjut komponen K<sub>2</sub>O, selain berfungsi sebagai tempat terjadinya reaksi juga berperan meningkatkan sifat mekanik dan selektivitas katalis (Nurhazanah et al., 2020; Yani et al., 2019).

##### 3.2.2 Uji stabilitas katalis

Penelitian tentang reaksi transesterifikasi minyak kemiri Sunan pada katalis K<sub>2</sub>O/C telah berhasil dilakukan. Reaksi berlangsung pada kondisi reaksi: suhu reaksi 65 °C, rasio molar minyak terhadap metanol 8:1, katalis 4,0% dari berat minyak, dan waktu reaksi 1,5 jam. Campuran reaksi disentrifugasi dan katalis dipisahkan tanpa pencucian. Selanjutnya katalis diaktivasi dalam *furnace* pada suhu 500 °C selama 2 jam

dengan dialirkan N<sub>2</sub> untuk menghilangkan gliserol yang teradsorpsi.

Gambar 5 menampilkan penggunaan kembali katalis dalam reaksi transesterifikasi minyak kemiri sunan dengan metanol. Terungkap bahwa hasil biodiesel menurun sedikit setelah empat kali berjalan dengan hasil biodiesel 87,23%.



Gambar 5. Jumlah penggunaan katalis terhadap Yield biodiesel

Penurunan aktivitas katalitik setelah daur ulang keempat diduga karena beberapa alasan. Alasan pertama, kemungkinan jumlah katalis sedikit berkurang selama proses pemisahan. Penyebab lainnya, setelah penggunaan katalis secara berulang kali, kemungkinan morfologinya juga berubah, misalnya, terjadi agregasi partikel, lepasnya situs aktif K<sub>2</sub>O dari permukaan karbon. Fenomena ini berakibat pada menurunnya kinerja katalis (Abdullah et al., 2017a; Thushari et al., 2019).

### 3.3 Sifat kimia dan fisika Biodiesel

Tabel 2 menyajikan perbandingan karakteristik kimia dan fisika biodiesel yang diperoleh dengan standar ASTM dan SNI.

Table 2.

Sifat-sifat kimia dan fisika biodiesel

Elemen	Hasil penelitian	ASTM	SNI
Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	0.85 - 0,87	0,80-0,88	0.85-0.89
Viscositas Kinematik (cSt)	2.5 - 3.5	2.59 - 3.4	2.30-6,00
Bilangan asam (mg KOH/gr)	0.12- 0.42	max 0.80	max 0.80

<sup>a</sup>Based on SNI 7182:2015

Dari data dalam Tabel 2 dapat dilihat bahwa perbandingan sifat kimia dan fisika biodiesel yang

diperoleh dengan standar ASTM dan SNI. Seperti dapat dilihat, karakteristik biodiesel yang dihasilkan memenuhi batas standar ASTM maupun SNI. Jadi, sifat-sifat biodiesel yang diperoleh dari minyak kemiri sunan dinilai dapat dijadikan sebagai bahan bakar yang prospektif sebagai biodiesel komersial alternatif.

### 4. Kesimpulan

Katalis K<sub>2</sub>O/C untuk reaksi transesterifikasi telah berhasil dibuat dengan sempurna. Komposisi K<sub>2</sub>O terdistribusi secara merata pada permukaan pori karbon aktif. Keberadaan K<sub>2</sub>O pada karbon aktif juga teridentifikasi dari hasil analisa EDX. K<sub>2</sub>O berfungsi sebagai fasa aktif memiliki kemampuan meningkatkan aktivitas katalis pada konversi minyak kemiri sunan menjadi biodiesel. Deposisi kalium oksida pada karbon menghasilkan interaksi yang sangat baik antara fasa aktif dengan penyangga karbon, sehingga katalis memiliki aktivitas yang tinggi. Perolehan biodiesel tertinggi dicapai 98,68%, pada loading K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,5, berat katalis terhadap minyak sebanyak 4% berat. Karakteristik biodiesel hasil penelitian sesuai dengan standar SNI maupun ASTM.

### Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Rektor Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh atas bantuan dana melalui Hibah Penelitian Lektor sehingga penelitian ini dilaksanakan.

### Daftar Pustaka

- Abdullah, Rahmawati Sianipar, R. N., Ariyani, D. & Nata, I. F. 2017a. Conversion of palm oil sludge to biodiesel using alum and KOH as catalysts. *Sustainable Environment Research*, 27, 291-295.
- Abdullah, S. H. Y. S., Hanapi, N. H. M., Azid, A., Umar, R., Juahir, H., Khatoon, H. & Endut, A. 2017b. A review of biomass-derived heterogeneous catalyst for a sustainable biodiesel production. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 70, 1040-1051.
- Abedin, M. J., Kalam, M. A., Masjuki, H. H., Sabri, M. F. M., Rahman, S. M. A., Sanjid, A. & Fattah, I. M. R. 2016. Production of biodiesel from a non-edible source and study of its combustion, and emission characteristics: A Comparative Study With B5. *Renewable Energy*, 88, 20-29.
- Aboelazayem, O., El-Gendy, N. S., Abdel-Rehim, A. A., Ashour, F. & Sadek, M. A. 2018. Biodiesel production from castor oil in egypt: process optimisation, kinetic study, diesel engine performance and exhaust emissions analysis. *Energy*, 157, 843-852.
- Asnawi, T. M., Husin, H., Adisalamun, A., Rinaldi, W., Zaki, M. & Hasfita, F. 2019. Activated carbons from palm kernels shells prepared by physical and chemical activation for copper removal from aqueous solution. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 543, 012096.

- Boonyuen, S., Smith, S. M., Malaithong, M., Prokaew, A., Cherdhirunkorn, B. & Luengnaruemitchai, A. 2018. Biodiesel production by a renewable catalyst from calcined turbo jourdani (*Gastropoda: Turbinidae*) shells. *Journal of Cleaner Production*, 177, 925-929.
- Borges, M. E. & Diaz, L. 2012. Recent developments on heterogeneous catalysts for biodiesel production by oil esterification and transesterification reactions: a review. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 16, 2839-2849.
- Endut, A., Abdullah, S. H. Y. S., Hanapi, N. H. M., Hamid, S. H. A., Lananan, F., Kamarudin, M. K. A., Umar, R., Juahir, H. & Khatoon, H. 2017. Optimization of biodiesel production by solid acid catalyst derived from coconut shell via response surface methodology. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 124, 250-257.
- Farooq, M., Ramli, A., Naeem, A., Mahmood, T., Ahmad, S., Humayun, M. & Islam, M. G. U. 2018. Biodiesel production from date seed oil (*Phoenix Dactylifera L.*) via egg shell derived heterogeneous catalyst. *Chemical Engineering Research and Design*, 132, 644-651.
- Fitriana, N., Husin, H., Yanti, D., Pontas, K., Alam, P. N., Ridho, M. & Iskandar 2018. Synthesis of K<sub>2</sub>O/Zeolite catalysts by koh impregnation for biodiesel production from waste frying oil. *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, 334, 012011.
- Granados, M. L., Poves, M. D. Z., Alonso, D. M., Mariscal, R., Galisteo, F. C., Moreno-Tost, R., Santamaría, J. & Fierro, J. L. G. 2007. Biodiesel from sunflower oil by using activated calcium oxide. *Applied Catalysis B: Environmental*, 73, 317-326.
- Hasfita, F. & Husin, H. 2013. Pengaruh temperatur reaksi terhadap aktivitas katalis besi molibdenum oksida berpromotor kromium oksida. *Malikussaleh Industrial Engineering Journal*, 2, 24-28.
- Hu, S., Wang, Y. & Han, H. 2011. Utilization of waste freshwater mussel shell as an economic catalyst for biodiesel production. *Biomass And Bioenergy*, 35, 3627-3635.
- Husin, H., Abubakar, A., Ramadhani, S., Sijabat, C. F. B. & Hasfita, F. 2018a. Coconut Husk Ash As Heterogenous Catalyst For biodiesel production from cerbera manghas seed oil. *Matec Web of Conference*, 197, 09008.
- Husin, H., Asnawi, T. M., Alam, P. N. & Hasfita, F. 2018b. Enhanced photocatalytic hydrogen production from water-ethanol solution by ruthenium doped La-NaTO<sub>3</sub>. *IOP Conf. Series: Materials Science And Engineering*, 345.
- Husin, H., Asnawi, T. M., Firdaus, A., Husaini, H., Ibrahim, I. & Hasfita, F. 2018c. Solid catalyst nanoparticles derived from oil-palm empty fruit bunches (Op-Efb) as a renewable catalyst for biodiesel production. *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, 358, 012008.
- Husin, H., Hasfita, F. & Rinaldi, W. Waste shells of cockle (*clinocardium nuttalli*) as solid catalysts for transesterification of *Calophyllum Inophyllum L.* oil to biodiesel production. Proceedings of The Annual International Conference, Syiah Kuala University-Life Sciences & Engineering Chapter, 2013. 14-18.
- Islam, A., Taufiq-Yap, Y. H., Ravindra, P., Teo, S. H., Sivasangar, S. & Chan, E.-S. 2015. Biodiesel synthesis over millimetric  $\Gamma\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Ki}$  Catalyst. *Energy*, 89, 965-973.
- Li, X. F., Zuo, Y., Zhang, Y., Fu, Y. & Guo, Q.-X. 2013. In situ preparation of K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> supported kraft lignin activated carbon as solid base catalyst for biodiesel production. *Fuel*, 113, 435-442.
- Liu, H., Su, L., Liu, F., Li, C. & Solomon, U. U. 2011. Cinder supported K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> as catalyst for biodiesel production. *Applied Catalysis B: Environmental*, 106, 550-558.
- Maliki, S., Rosnelly, C. M., Adisalamun, A., Husin, H. & Bilqis, N. 2019. Removal of Fe (II) in groundwater using rice husk-sourced biosorbent in continuous column adsorption. *Journal Of Physics: Conference Series*, 1402, 055007.
- Mardian, R., Husin, H., Pontas, K., Zaki, M., Asnawi, T. M. & Ahmadi 2018. Hydrogen production from water-glucose solution over NiO/La-NaTaO<sub>3</sub> photocatalyst. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 334, 012013.
- Nurhazanah, N., Sy, Y., Husin, H., Rosnelly, C. M. & Maulana, A. 2020. K<sub>2</sub>O/Nbpo4 solid acid catalyst for biodiesel Production. *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, 796, 012048.
- Ong, H. C., Milano, J., Silitonga, A. S., Hassan, M. H., Shamsuddin, A. H., Wang, C.-T., Indra Mahlia, T. M., Siswantoro, J., Kusumo, F. & Sutrisno, J. 2019. Biodiesel production from calophyllum inophyllum-ceiba pentandra oil mixture: optimization and characterization. *Journal of Cleaner Production*, 219, 183-198.
- Ritonga, M. Y. & Giovani, M. R. R. 2016. Pembuatan metil ester dari minyak kemiri sunan dengan keberadaan co-solvent aseton dan katalis heterogen natrium silikat terkalsinasi. *Teknik Kimia Usu*, 5, 17-23.
- Sy, Y., Nurhazanah, N., Maulana, A., Mahidin, M. & Husin, H. 2019. Study of pH influences on the performance of Na-Loaded NbOPO<sub>4</sub> solid acid catalyst for biofuel production. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402, 055006.
- Thushari, I., Babel, S. & Samart, C. 2019. Biodiesel production in an autoclave reactor using waste palm oil and coconut coir husk derived catalyst. *Renewable Energy*, 134, 125-134.
- Yani, F. T., Ulhaqi, R., Pratiwi, W. P., Pontas, K. & Husin, H. 2019. Utilization of water hyacinth-based biomass as a potential heterogeneous catalyst for biodiesel production. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402, 055005.
- Zaki, M., Husin, H., Alam, P. N., Darmadi, Rosnelly, C. M. & Nurhazanah 2019. Transesterifikasi minyak biji buta-butia menjadi biodiesel pada katalis heterogen kalsium oksida (CaO). *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 14, 36-43.