

Pemanfaatan Tempurung Kelapa sebagai Katalis pada Sintesa Biodiesel dari Minyak Jelantah

Ratna Sari^a, Ratna Dewi^a dan Lukma Hakim^b

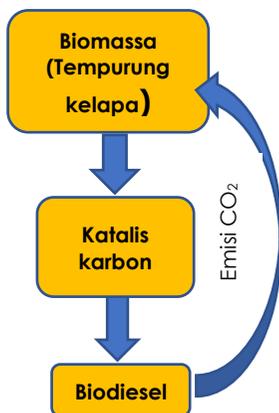
^aProgram Studi Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe

^bProgram Studi Teknik Kimia, Universitas Malikussaleh

*Corresponding author
e-mail :
ratnasari@pnl.ac.id

Abstrak

Abstrak Gambar



Katalis KOH- C non

Abstrak Kata

Pemanfaatan tempurung kelapa sebagai katalis pada reaksi esterifikasi minyak jelantah telah dipelajari. Empat jenis katalis berbasis tempurung kelapa yang dikembangkan pada penelitian ini, yaitu melalui proses karbonisasi atau tidak serta impregnasi dengan larutan asam sulfat pekat atau KOH. Morfologi keempat katalis yang dihasilkan berbeda. Hasil uji kinerja keempat katalis menunjukkan bahwa konversi asam lemak bebas (FFA) tertinggi dicapai pada esterifikasi minyak jelantah menggunakan katalis yang disiapkan tanpa melewati karbonisasi dan diimpregnasi dengan KOH (disimbolkan dengan KOH-C non). Dengan menggunakan katalis KOH-C non, dipelajari efek parameter esterifikasi yaitu rasio metanol/minyak: (1:1,3; 1:1,5 and 1:1,8), rasio katalis padat/minyak (0,4 - 2,4 % b/v), dan waktu reaksi (1, 3, dan 5 jam). Konversi FFA maksimum, 84,26 % dicapai pada kondisi esterifikasi minyak jelantah (kadar FFA awal 2,76 %) pada kondisi rasio volume minyak/metanol 1: 1,5 v/v, jumlah katalis 1,6 % b dari minyak dan lama reaksi 1 jam.

Kata kunci : esterifikasi; katalis; minyak jelantah; konversi FFA.

Abstract

The use of coconut shell as a catalyst in the esterification reaction of used cooking oil (UCO) has been investigated. In this study, four types of coconut shell-based catalysts were developed by different activation method; application of carbonization process, and impregnation by concentrated sulfuric acid or KOH solutions. The morphology of the four catalysts was different. The catalytic performance test results showed that the highest free fatty acid (FFA) conversion was achieved in the esterification of UCO using a catalyst

that was prepared without carbonization and impregnated by KOH (symbolized by KOH-C non). By using a non KOH-C catalyst, the effects of esterification parameters were studied, including the methanol / oil ratio: (1:1.3; 1:1,5 and 1:1,8), the solid catalyst / oil ratio (0.4 - 2.4%) b/v, and reaction times (1, 3, and 5 hours). The maximum 84.26% FFA conversion was obtained from UCO (initial FFA content of 2.76%) in the esterification conditions of oil / methanol volume ratio of 1: 1.5 v/v, catalyst amount of 1.6% b of the oil and 1 hour of reaction time.

Keyword: esterification; catalyst; used cooking oil; FFA conversion

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara penghasil kelapa terbesar di dunia, tumbuh di setiap kepulauan Indonesia; Jawa, Sumatra, Kalimantan, Sulawesi dan Irian Jaya (Agunantri dkk.,2018). Pada tahun 2017, jumlah produksi kelapa di Indonesia mencapai 19,4 juta ton. Kementerian Pertanian pada tahun 2017 menyebutkan bahwa Indonesia saat ini berada di urutan kedua eksportir produk kelapa dalam bentuk minyak kelapa dan kelapa yang dikeringkan (www.indonesia.go.id). Dengan demikian, industri pengolahan buah kelapa masih terfokus kepada pengolahan hasil daging buah sedangkan, tempurung kelapa sering dianggap sebagai limbah padat yang biasanya dimanfaatkan sebagai arang.

Luas permukaan, dan volume porinya besar, serta sifat permukaannya dapat dimodifikasi untuk meningkatkan unjuk kerjanya, karbon telah digunakan secara luas di industri, sebagai katalis, penyangga dan adsorben. Karbon dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon, baik yang organik maupun anorganik. Komposisi kimia utama dari tempurung kelapa adalah selulosa (34%), hemiselulosa (21%) dan lignin (27%) sedangkan komposisi unsur-unsur terdiri dari 74.3 % C, 21.9 % O, 0.2 % Si, 1.4 % K, 0.5 % S and 1.7 % P [Bledzki, dkk., 2010].

Meningkatnya bauran biodiesel dalam bahan bakar kendaraan yang sedianya B20 dan pada tahun 2020 meningkat menjadi B30 mempengaruhi kebutuhan akan biodiesel. Pada umumnya, biodiesel dihasilkan melalui reaksi esterifikasi/transesterifikasi antara minyak tumbuhan atau lemak hewan dengan alkohol dengan bantuan katalis. Minyak jelantah atau minyak goreng bekas merupakan salah satu bahan baku yang memiliki peluang untuk pembuatan biodiesel bahkan sangat menguntungkan dimana biaya produksi biodiesel dapat dikurangi secara efektif menjadi 60-

70% (Bhuiya dkk., 2016). Potensi minyak jelantah di Indonesia cukup banyak; 1,012,148 ton/tahun (Ulfah dkk, 2019).

Esterifikasi/transesterifikasi dapat dilakukan dengan menggunakan katalis homogen maupun katalis heterogen. Katalis homogen memberikan aktivitas yang tinggi, namun kelemahannya antara lain kesulitan dalam penggunaannya kembali, bersifat korosif dan menghasilkan limbah yang banyak. Oleh karena itu, pencarian katalis heterogen untuk sintesis biodiesel mendapat perhatian dari banyak peneliti hingga saat ini, dengan keuntungannya yang meliputi kemudahan dalam pemisahan, sifat korosif yang kecil dan ramah lingkungan. Pemilihan penyangga katalis heterogen, seperti Al_2O_3 , CaO dan MgO memberi permasalahan yang cukup besar pada biaya produksi biodiesel (Vi Tran, dkk., 2016).

Untuk mengatasi permasalahan diatas diperlukan penanganan dengan mencari penyangga katalis yang memiliki biaya yang rendah dan ramah lingkungan yang dapat diperoleh dari biomassa yang dikarbonisasi menjadi karbon aktif. Bahan baku yang dapat digunakan untuk pengolahan karbon, persyaratannya adalah mengandung unsur karbon, baik organik maupun anorganik dan yang memiliki banyak pori-pori. Bahan baku yang dapat digunakan adalah limbah perkebunan seperti tempurung kelapa, tempurung kemiri, limbah sawit, bahan tambang, kayu atau limbah kayu, gambut, hasil pertanian dan limbah peternakan (Arsad dan Hamdi, 2010). Indonesia memiliki ketersediaan buah kelapa yang cukup besar sehingga, mampu menjamin ketersediaan bahan dasar tempurung kelapa sebagai sumber bahan karbon. Penelitian bertujuan untuk mengolah tempurung kelapa menjadi katalis, yang selanjutnya menguji kinerja katalis hasil pengembangan tersebut pada reaksi pembuatan biodiesel dari minyak jelantah.

2. Metodologi

2.1 Bahan

Tempurung kelapa diperoleh dari pasar tradisional kota Padang. Dalam proses pembuatan katalis digunakan bahan bahan berikut: asam sulfat dan KOH grade teknis. Metanol grade teknis digunakan sebagai reaktan pada proses esterifikasi. Untuk analisa FFA digunakan indikator phenol phatalein, etanol dan NaOH grade teknis.

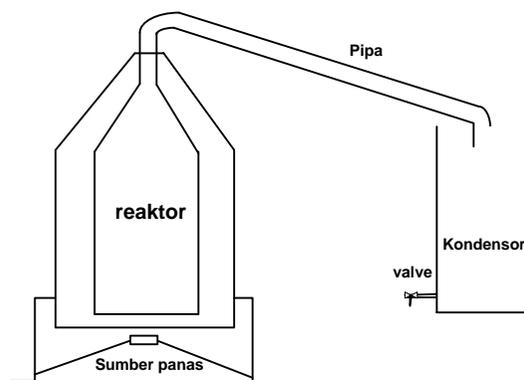
2.2 Sintesa katalis

Katalis karbon tersulfatasi tanpa pengarangan (**H₂SO₄-C non**) dipersiapkan dengan cara berikut: tempurung kelapa direndam selama 3 jam dalam larutan pekat asam sulfat, selanjutnya disaring dan dibiarkan semalam, dikeringkan pada 120 °C selama 3 jam dan dikalsinasi pada 570 °C selama 2 jam dalam furnace.

Katalis karbon tersulfatasi melalui karbonisasi (**H₂SO₄-C**). Tempurung kelapa dikarbonisasi dengan rangkaian alat pada Gambar 2.1. Berikutnya, arang direndam selama 3 jam dalam larutan pekat asam sulfat, selanjutnya disaring dan dibiarkan semalam, dikeringkan dan dikalsinasi. Pengeringan dan kalsinasi seperti kondisi sintesa katalis H₂SO₄- C non.

Katalis **KOH - C non** dipersiapkan seperti katalis **H₂SO₄ - C non** kecuali tempurung diimpregnasi dengan cairan KOH.

Katalis **KOH - C** dipersiapkan seperti katalis **H₂SO₄- C** kecuali arang hasil karbonisasi diimpregnasi dengan cairan KOH.



Gambar 2.1 Rangkaian Alat Karbonisasi

2.3 Prosedure Reaksi Esterifikasi

Volume minyak dalam seluruh penelitian diambil sebanyak 30 ml dan kecepatan putaran diatur 400 rpm. Penelitian dilakukan pada rasio volume metanol/minyak (1,5; 1,8; 2,1 dan 2,3), rasio katalis padat/minyak (0,4 - 2,4 % b/v), dan waktu reaksi (1, 3, dan 5 jam). Minyak goreng bekas dipanaskan terlebih dahulu sambil diaduk

hingga mencapai temperatur reaksi 60 °C. Metanol teknis dan katalis dimasukkan bersamaan ke dalam labu leher tiga yang berisi minyak jelantah tersebut dan reaksi dilangsungkan sesuai waktu reaksi yang diatur. Hasil reaksi didinginkan dan berikutnya disaring untuk memisahkan katalisnya. Campuran metanol sisa, air yang terbentuk hasil reaksi esterifikasi dan crude metil ester dimasukkan ke dalam corong pisah dan dibiarkan selama semalam. Campuran air dan metanol sisa dikeluarkan dari corong pisah dan berikutnya crude metil ester dilakukan analisa kadar FFA dengan metoda titrasi menggunakan larutan NaOH. Perhitungan kadar FFA minyak sebelum dan sesudah reaksi esterifikasi ditentukan menggunakan persamaan (1).

$$\text{Kadar FFA (\%)} = \frac{M \times A \times N}{10 \times G} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan: A = jumlah volume NaOH, N = Normalitas larutan NaOH yang digunakan, G = bobot sampel (g) dan M = bobot molekul asam lemak dominan, yaitu 256 mol/g untuk asam palmitat.

Konvesi FFA dihitung dengan persamaan (2).

$$X_{\text{FFA}} (\%) = \frac{\text{FFA}_o - \text{FFA}_t}{\text{FFA}_o} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan: FFA_o dan FFA_t, berturut-turut menyatakan FFA awal dan akhir reaksi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pembuatan Arang

Pembuatan arang tempurung kelapa dilangsungkan pada reaktor karbonisasi seperti dapat diamati pada Gambar 2.1. Suhu pirolisis diharapkan 350°C dan tekanan 1 atm, akan tetapi saat penelitian dilaksanakan suhu yang tercapai oleh alat adalah 180°C, sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk pengarangan. Untuk 3 kg sampel tempurung kelapa membutuhkan waktu 9 jam untuk pembentukan arang. Hal ini terjadi karena reaktor pirolisis yang dirancang tidak dilengkapi dengan ruang bakar yang memadai. Selain itu reaktor pirolisis tidak dilengkapi dengan sistem pengadukan, sehingga untuk kapasitas yang lebih dari 3 kg saat dipirolisis dengan waktu 9 jam, tempurung

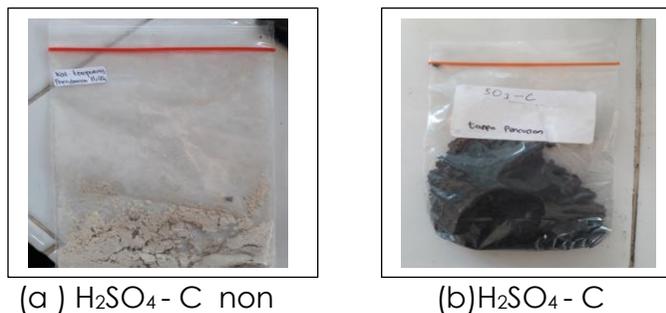
kelapa tidak terarangkan secara merata dan dibutuhkan pembakaran yang berulang untuk mendapatkan arang. Arang yang dihasilkan dapat diamati pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Arang yang terarangkan (a) sempurna, (b) tidak sempurna

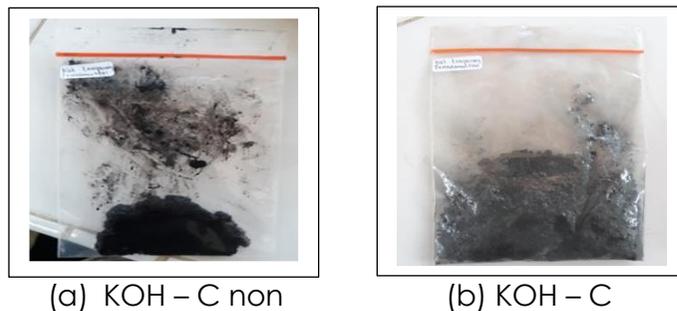
3.2. Persiapan Katalis Berbasis Tempurung Kelapa

Katalis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu katalis dengan variasi diarangkan atau tidak dan diimpregnasi dengan asam sulfat pekat dan cairan kalium hidroksida. Dengan demikian ada 4 jenis katalis yang disintesa berbasis tempurung kelapa tersebut. Impregnasi dilakukan selama 24 jam, berikutnya dikeringkan dan dilakukan kalsinasi di furnace dengan temperatur 120°C selama 1 jam dan 670 °C selama 3 jam. Hasil preparasi katalis karbon yang diimpregnasi dengan H₂SO₄ pekat dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 (a) Katalis karbon tersulfatasi tanpa pengarangan (b) Katalis karbon tersulfatasi dengan pengarangan

Tampilan tempurung kelapa yang diimpregnasi langsung dengan H_2SO_4 pekat berupa serbuk halus berwarna putih (disimbolkan sebagai katalis $H_2SO_4 - C$ non) dan katalis karbon yang dipersiapkan dengan pembakaran dan berikutnya diaktivasi menggunakan H_2SO_4 masih berbentuk serpihan berukuran 1-3 mm dan berwarna hitam (disimbolkan sebagai $H_2SO_4 - C$). Dua jenis katalis lainnya yang diimpregnasi dengan cairan KOH dengan perbandingan berat air dan KOH 3:1 disajikan pada Gambar 3.4. Kedua warna katalis yang dihasilkan berwarna hitam, namun katalis yang tidak dipersiapkan dengan pengarangan berupa serbuk halus (disimbolkan sebagai KOH - C non) dan tempurung kelapa yang disertai dengan proses pengarangan, katalis yang dihasilkan berupa serpihan dengan ukuran berkisar 1-3 mm (disimbolkan KOH - C).



Gambar 3.3 (a) Katalis karbon tanpa pengarangan diimpregnasi KOH
(a) Katalis karbon dengan pengarangan diimpregnasi KOH

3.3 Uji Kinerja Katalis Hasil Pengembangan

Minyak jelantah yang diolah memiliki kandungan FFA 2,76 %. Marchetti dkk. (2007) tidak merekomendasi pemakaian katalis basa homogen pada umpan yang mengandung FFA lebih dari 0,5 % (> 0,5 % FFA) karena akan membentuk sabun yang pada proses selanjutnya menyulitkan pemisahan dan pemurnian biodiesel. Oleh karenanya, proses sintesa biodiesel dari minyak jelantah ini diawali dengan reaksi esterifikasi menggunakan katalis padat hasil pengembangan. Uji kinerja katalis hasil sintesa dilakukan menggunakan volume minyak jelantah sebanyak 30 ml, metanol 45 ml dan jumlah katalis 0,3 gr. Esterifikasi dilangsungkan pada 60 °C selama 1 jam. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa katalis yang

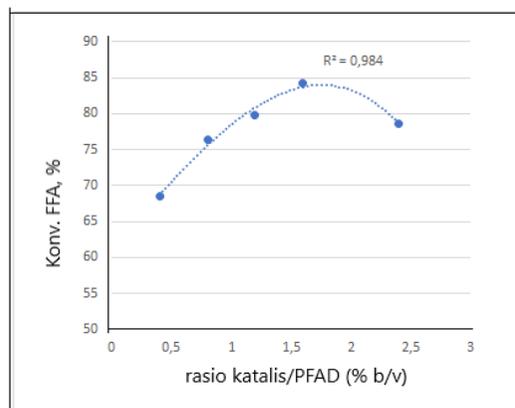
dipersiapkan tanpa pengarangan dan diimpregnasi dengan cairan KOH memberikan kinerja yang maksimum.

Tabel 1. Kinerja 4 jenis katalis hasil sintesa berbasis karbon dari tempurung kelapa

Jenis katalis hasil pengembangan	Konversi FFA %
H ₂ SO ₄ - C non	66,7
H ₂ SO ₄ - C	77,8
KOH - C non	79,8
KOH - C	59,6

3.4 Pengaruh Parameter Esterifikasi

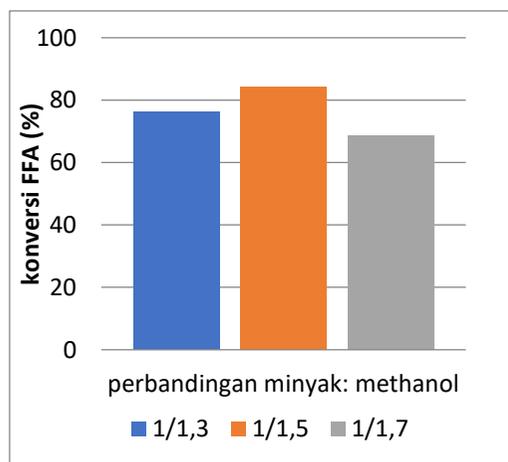
Pada penelitian ini dipelajari efek jumlah katalis, perbandingan volume minyak jelantah terhadap metanol dan waktu reaksi menggunakan katalis yang tidak diarangkan dan selanjutnya diimpregnasi dengan cairan KOH, disimbolkan dengan katalis KOH - C non. Variasi efek berat katalis KOH - C non yang diamati adalah 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 dan 2,4 % b/v terhadap konversi FFA disajikan pada Gambar 3.5. Kondisi reaksi esterifikasi minyak jelantah; temperatur reaksi, rasio volume PFAD/metanol dan waktu reaksi diset tetap selama mempelajari efek jumlah katalis tersebut yaitu berturut-turut 60 °C, 1:1,5 dan 1 jam.



Gambar 3.4 Efek jumlah katalis KOH - C non terhadap konversi FFA

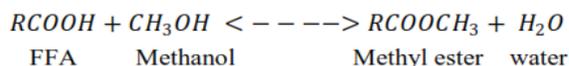
Gambar 3.4 menunjukkan bahwa efek berat katalis dalam rentang 0,4 -1,6 % b/v meningkat konversi FFA, karena semakin banyak katalis yang digunakan jumlah molekul yang bertumbuk akan bertambah sehingga kecepatan reaksi akan meningkat dan konsekuensinya konversi FFA juga meningkat (Romdoni dkk, 2016). Penambahan katalis lebih dari 1,6 % b/v cenderung mengurangi konversi FFA. Konversi FFA optimum yaitu sebesar 84,26 % diperoleh saat pemakaian katalis 1,6 % b/v.

Tren efek perbandingan minyak : methanol terhadap konversi FFA yang dipelajari pada variasi 1:1,3 , 1:1,5, dan 1:1,7 dapat dilihat pada Gambar 3.4.



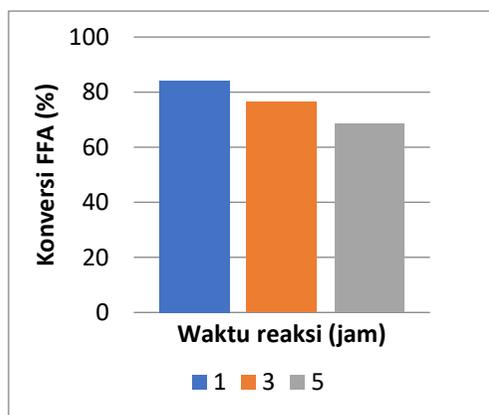
Gambar 3.4 Pengaruh Perbandingan Minyak : Methanol Terhadap Konversi FFA

Berdasarkan Gambar 3.4 dapat dilihat bahwa konversi FFA optimum, 84,26% diperoleh pada perbandingan minyak: methanol 1:1,5. Jumlah metanol yang berlebih (> 1,5 v/v) meningkatkan jumlah air dalam campuran reaksi sehingga reaksi ke arah kiri, membentuk FFA, berdasarkan persamaan stoikiometri berikut (Atabani dkk, 2013).



Parameter lainnya yang mempengaruhi esterifikasi adalah waktu reaksi. Pada penelitian ini waktu reaksi yang diamati adalah

1; 3 dan 5 jam. Efek waktu reaksi terhadap konversi FFA disajikan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Konversi FFA

Dari Gambar 3.5 dapat dilihat bahwa dengan memperpanjang waktu reaksi justru menurunkan konversi FFA. Waktu reaksi seharusnya berbanding lurus dengan konversi FFA, semakin lama waktu reaksi akan memberikan kesempatan terhadap molekul-molekul reaktan untuk bertumbukan satu sama lain, sehingga konversi meningkat. Namun setelah kesetimbangan tercapai tambahan waktu reaksi tidak mempengaruhi reaksi, melainkan dapat menyebabkan konversi berkurang karena adanya reaksi balik, yaitu metil ester yang terbentuk terurai menjadi FFA (Atabani, dkk. 2013).

4. Kesimpulan

Tempurung kelapa yang dipersiapkan sebagai katalis dengan tahapan (pengarangan atau tanpa pengarangan) maupun zat aktivasi (H_2SO_4 pekat teknis dan cairan KOH) yang berbeda menghasilkan karakteristik katalis karbon serta kinerja yang berlainan. Kinerja katalis yang dipersiapkan tanpa karbonisasi dan langsung diimpregnasi dengan cairan KOH (KOH-C non) memberikan konversi FFA yang paling tinggi dibanding 3 jenis katalis yang berbasis tempurung kelapa lainnya. Kondisi esterifikasi minyak jelantah yang dikatalisis oleh KOH-C non yang memberikan konversi FFA maksimum, 84,26 % adalah jumlah katalis 1,6 % b dari volume minyak; rasio minyak/metanol 1: 1,5 v/v dan lama reaksi 1 jam.

Daftar pustaka

Atabani, A.E., Silitonga, A.S., Ong, H.C., Mahlia, T.M.I., Masjuki H.H, Badruddin, I.A., and Fayaz H. (2013), Non-Edible Vegetable Oils: A Critical Evaluation of Oil Extraction, Fatty Acid Compositions, Biodiesel Production, Characteristics, Engine Performance and Emmissions Production, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **18**, 211-245.

Agunantri S, D., Faizah H, dan Vonny S., (2018.) Variasi Waktu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jom Faperta UR*, **5 (1)**, 1-10.

Bledzki, A.K.; Mamuna, A.A.; Volk, J., (2010). Barley Husk and Coconut Shell Reinforced Polypropylene Composites: The Effect of Fibre Physical, Chemical And Surface Properties. *Composites Science and Technology*. **Vol. 70**, 840–846.

Bhuiya, M.M.K., Rasul, M.G., Khan, M.M.K., Ashwath, N., Azad, A.K., 2016. Prospects of second generation biodiesel as a sustainable fuel – Part: 1 selection of feedstocks, oil extraction techniques and conversion technologies. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 55, 1109–1128.

Effendi Arsad, E., Hamdi, S., (2010). Teknologi Pengolahan Dan Pemanfaatan Karbon Aktif Untuk Industri, *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, Vol.2, No.2, 43 – 51.

Vi Tran, T.T., Kaiprommarat, S., Suwadee Kongparakul, S., Reubroycharoen. P., Guan, G., Manh Huan Nguyen, M.H., Samart, C., (2016). Green biodiesel production from waste cooking oil using an environmentally benign acid catalyst, *Waste Management*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.053>.

Ulfah, M., Firdaus, Octavia, S., Suherman, H., Subagjo, (2018). Biodiesel Production Through Waste Cooking Oil (WCO) Esterification Using Sulfated Alumina as Catalyst, *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 543 012007.