



## **Pengaruh Suhu Kalsinasi Terhadap Komposisi Kimia Abu Kulit Durian Dan Prospek Pemanfaatannya Sebagai Katalis Dalam Reaksi Metanolisis Minyak Kelapa Sawit**

### **Calcination Temperature Effect To The Ash Chemical Composition Of Durian Carp And Its Prospect As A Catalyst In The Reaction Of Methanolysis Palm Oil**

Nurhaeni<sup>1)</sup>, Nurakhirawati<sup>2)</sup>, Tri Rahayu Tiaradewi<sup>3\*)</sup>

<sup>1)</sup>Lab. Kimia Organik, Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

<sup>2)</sup>Lab. Kimia Fisik dan Anorganik, Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

<sup>3)</sup>Lab. Penelitian, Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

#### **ABSTRACT**

A research about the effect of calcination temperature against the ash chemical composition of durian carp and its prospect as a catalyst in the reaction of methanolysis palm oil has been done. This research was conducted using a complete randomized design (RAL), with the variation of calcination temperatures were 600°C, 700°C, 800°C, 900°C and 1000°C. The ash of durian carp resulted from calcination, then were used in the methanolysis reaction at a temperature of 50-70°C for 3 hours, with a molar ratio of oil and methanol was 1:6. The results showed that the calcination temperature had affect to the chemical composition of the ash of durian carp. Increased of compounds crystal phase was occurred by increasing calcination temperature up to 800°C. Surprisingly, the compounds crystal phase decreased at above 800°C. The ash of durian carp would be used as a catalyst in the methanolysis reaction of palm oil since it produces fatty acid methyl ester.

**Keywords :** *Calcination, Ash of durian carp, Methanolysis, Palm oil, Fatty acid methyl ester.*

#### **ABSTRAK**

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu kalsinasi terhadap komposisi kimia abu kulit durian dan prospek pemanfaatan abu kulit durian sebagai katalis dalam reaksi metanolisis minyak kelapa sawit. Penelitian ini dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL), dengan variasi suhu kalsinasi yaitu 600°C, 700°C, 800°C, 900°C dan 1000°C. Abu kulit durian hasil kalsinasi kemudian digunakan pada reaksi metanolisis pada suhu 50-70°C selama 3 jam, dengan perbandingan molar minyak dan metanol yaitu 1:6. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu kalsinasi sangat mempengaruhi komposisi kimia dari abu kulit durian. Peningkatan senyawa-senyawa fase kristal terjadi seiring meningkatnya suhu kalsinasi sampai 800°C. Namun, ketika suhu kalsinasi lebih dari 800°C senyawa-senyawa fase kristal menurun. Abu kulit durian dapat dimanfaatkan sebagai katalis dalam reaksi metanolisis minyak kelapa sawit karena dapat menghasilkan metil ester asam lemak.

**Kata Kunci :** *Kalsinasi, Abu kulit durian, Metanolisis, Minyak kelapa sawit, Metil ester asam lemak.*

\*)Corresponding Author : [trirahayutiaradewi@yahoo.com](mailto:trirahayutiaradewi@yahoo.com)

## LATAR BELAKANG

Durian merupakan buah berpotensi tinggi karena seluruh bagiannya bisa dimanfaatkan. Potensi durian di Indonesia amat besar karena telah ditanam hampir di seluruh Indonesia (Widiya dkk, 2013). Produksi durian di Indonesia menurut Badan Statistik (BPS) dijelaskan dalam Lumbantoruan dkk (2014), tahun 2013 mencapai sekitar 1.818.949 ton. Bobot total buah terdiri dari tiga bagian diantaranya daging buah sekitar 20-30%, biji 5-15% dan sisanya adalah bagian kulit mencapai 60-70%. Masyarakat hanya mengkonsumsi bagian buahnya saja, sementara bagian kulit dan biji dibuang (Lumbantoruan dkk, 2014). Pemanfaatan dan pengolahan kembali limbah kulit durian sangat penting untuk meminimalkan produksi limbah di industri pangan dan memberikan nilai tambah dari kulit durian.

Menurut Daosukho dkk (2012), abu dari kulit durian mengandung  $P_2O_5$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SO_3$ ,  $Na_2O$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MnO$  dan  $K_2O$  sebagai komponen terbesar. Senyawa ini dapat terbentuk melalui pemanasan pada suhu  $500^\circ C$  (Daosukho dkk, 2012). Pemberian panas (*treatment*) terhadap suatu material untuk terjadinya dekomposisi termal, transisi fasa atau penghilangan fraksi-fraksi yang volatile,

biasa disebut dengan kalsinasi (Rilian, 2009).

Abu yang mengandung komponen kalium baik sebagai katalis basa heterogen (Baroi dkk, 2009 dalam Ritonga dkk, 2013). Katalis basa heterogen merupakan suatu zat yang dapat mempercepat reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi sehingga dapat mempercepat reaksi metanolisis pembuatan biodiesel (Murugesan dkk, 2008 dalam Samik dkk, 2011). Reaksi metanolisis adalah reaksi antara minyak atau lemak dengan alkohol untuk membentuk biodiesel dan gliserol (Helwani dkk, 2009 dalam Enggawati dkk, 2013).

Biodiesel adalah sejenis bahan bakar yang termasuk kedalam kelompok bahan bakar nabati (BBN). Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang telah dikembangkan selama bertahun-tahun sebagai pengganti minyak bumi yang persediannya semakin menipis (Zabeti dkk, 2009 dalam Qoniah dan Prasetyoko, 2011). Pemilihan minyak kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif sangat tepat dilakukan karena Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia setelah negeri jiran Malaysia (Indah dkk, 2011). Tahun 2014 luas areal kelapa sawit mencapai 10,9 juta Ha dengan produksi

29,3 juta ton CPO (Sekretariat Direktorat Jendral Perkebunan, 2014).

Berdasarkan hasil penelitian Husin dkk (2011), semakin tinggi suhu kalsinasi yang digunakan maka dapat meningkatkan kristalinitas senyawa, akan tetapi setelah mencapai suhu tertentu beberapa senyawa mengalami penurunan intensitas. Fenomena kristalisasi dipengaruhi oleh kenaikan suhu/ pemanasan yang menyebabkan semakin kuat ikatan yang terjadi sehingga struktur amorf berubah menjadi kristal (Setiawan dkk, 2013). Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan variasi suhu kalsinasi abu kulit durian dan melihat pengaruhnya terhadap komposisi kimianya dan memanfaatkan abu kulit durian sebagai katalis dalam reaksi metanolisis minyak kelapa sawit.

## **BAHAN DAN METODE**

### ***Bahan dan Peralatan***

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit durian, minyak goreng bimoli spesial, akuadest, metanol p.a., kertas saring, aluminium foil, kertas Indikator pH Universal, iodium kristal, dietil eter, heksan p.a, plat kromatografi lapis tipis dan asam formiat.

Alat yang digunakan terdiri dari Furnace Nabertherm GmbH (Bremen, Jerman), Gas Chromatography Mass Spectroscopy (GC-MS) Shimadzu Qap2010S (Jepang), X-Ray difraktometer

(X-RD) GBC-Emma (Australia), chamber pyrex (Jerman), magnetik stirrer spinbar (Jerman), labu leher tiga pyrex (Bandung, Indonesia), oven NDO-400 (Tokyo, Jepang), hotplate stirrer MSH-20D (Korea), neraca analitik AR3130 (New Jersey, USA) dan alat-alat gelas yang umum digunakan dalam laboratorium.

### ***Metode***

Kulit durian terlebih dahulu dicuci dengan air kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama 7 hari (Ameen dkk, 2013). Kulit durian kering dibakar hingga menjadi abu. Selanjutnya dilakukan kalsinasi dalam *furnace* suhu 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, 1000°C selama 3 jam. Sampel abu ditumbuk dan dihaluskan. Abu kulit durian yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan XRD (Husin dkk, 2011). Karakterisasi terhadap abu kulit durian dimaksudkan untuk mengetahui keberadaan senyawa-senyawa didalamnya (Zahrina, 2004).

Abu kulit durian diambil sebanyak 4% dari berat minyak, dicampurkan dalam metanol dengan rasio mol minyak dan metanol yaitu 1:6, diaduk selama  $\pm$  5 menit. Campuran abu kulit durian dan metanol akan digunakan untuk melakukan reaksi metanolisis terhadap 50 g minyak didalam 500 ml labu leher tiga yang dilengkapi dengan termometer, kondensor dan pengaduk magnetik. Reaksi

metanolisis dijaga pada suhu sekitar 50-70°C selama 3 jam. Setelah reaksi berjalan 3 jam, pengadukan dihentikan. Campuran reaksi disaring menggunakan kertas saring dan dibiarkan di dalam corong pemisah. Campuran dalam corong pisah akan terbentuk dua lapisan yaitu lapisan atas biodiesel mentah sedangkan lapisan bawah gliserol. Biodiesel mentah dicuci dengan akuadest hangat (50-60°C) dengan perbandingan biodiesel dan akuadest pencucian adalah 1:1, dikocok  $\pm$  5 menit. Campuran didiamkan hingga terbentuk dua lapisan, lapisan atas biodiesel sedangkan lapisan bawah emulsi (Padil dkk, 2010). Pencucian dilakukan beberapa kali sampai pH akuadest cucian netral (Awaludin dkk, 2009). Biodiesel hasil pencucian dipanaskan pada suhu 105°C selama 3 jam untuk menghilangkan akuadest yang masih terperangkap dalam biodiesel (Damayanti dan Bariroh, 2012).

Produk biodiesel kemudian dianalisis menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) untuk mengetahui bahwa produk biodiesel tersebut dapat menghasilkan metil ester asam lemak (analisis kualitatif). Pertama kali lapisan tipis adsorban dibuat pada permukaan plat aluminium berukuran 4 x 8 cm dengan ketebalan 250  $\mu$ m. Larutan campuran senyawa yang dipisahkan diteteskan pada kira-kira 1,5 cm dari bagian bawah plat

tersebut menggunakan pipet mikro. Sampel yang diteteskan tersebut kemudian dielusi terlebih dahulu dengan eluen campuran heksan / dietil eter / asam formiat (80 : 20 : 2). Penampak noda digunakan iodium kristal (Mappiratu dan Hardi, 2014). Minyak Kelapa sawit dan Metil Ester digunakan sebagai blanko. Salah satu sampel biodiesel di analisis menggunakan GC-MS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis difraksi Sinar-X terhadap hasil kalsinasi abu kulit durian untuk senyawa  $K_2CO_3$  diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Data Difraksi Sinar-X Senyawa  $K_2CO_3$  Abu Kulit Durian

Suhu Kalsinasi (°C)	Puncak	$K_2CO_3$	
		2 $\theta$	Int. (cps)
Tanpa kalsinasi	1	26,884	8,2
	2	29,955	23,5
	3	31,567	6,7
600	1	26,291	25,7
	2	29,859	42,6
	3	31,215	22,5
700	4	43,070	23,0
	1	26,263	39,9
	2	29,941	56,7
	3	31,347	18,3

	4	32,575	55,8
	5	38,797	16,9
800	1	26,297	45,8
	2	29,849	55,4
	3	31,229	38,6
	4	31,798	37,8
	5	32,304	81,9
	6	38,768	25,6
900	1	26,408	26,6
	2	29,858	22,4
	3	31,347	21,7
	4	32,297	39,4
	5	38,635	10,4
	6	43,011	27,3
1000	1	26,282	14,6
	2	29,809	21,3
	3	31,284	15,3

Sumber : Hasil Uji XRD di Laboratorium Analisis Bahan Departemen Fisika FMIPA IPB, Bogor (2015).

Berdasarkan Tabel 1. diperlihatkan bahwa suhu kalsinasi meningkatkan intensitas senyawa  $K_2CO_3$ . Intensitas senyawa  $K_2CO_3$  sedikit menurun pada suhu kalsinasi  $900^\circ C$ . Pada kalsinasi suhu  $1000^\circ C$  intensitas senyawa  $K_2CO_3$  semakin menurun. Difraktogram X-RD yang diperoleh ini dibandingkan dengan data dari JCPDS (*Joint Committee Powder Diffraction Standar*). Minimal tiga puncak utama diambil untuk menentukan struktur kristal sedangkan tinggi intensitas puncak menentukan kristalinitas senyawa (Pratapa, 2004 dalam Arifianto dan Rosydhah, 2012).

Selain senyawa  $K_2CO_3$  dalam abu kulit durian terdapat senyawa-senyawa fase kristal yang lain yang diperlihatkan pada tabel 2.

**Tabel 2.** Data Difraksi Sinar-X Abu Kulit Durian

Suhu Kalsinasi ( $^\circ C$ )	Senyawa-Senyawa Fase Kristal							
	$\beta$ - $K_2SiO_3$		$MgSiO_3$		$\beta$ - $Na_2Si_2O_5$		KCl	
	2 $\theta$	Int. (cps)	2 $\theta$	Int. (cps)	2 $\theta$	Int. (cps)	2 $\theta$	Int. (cps)
Tanpa Kalsinasi	29,955	23,5	29,955	23,5	14,356	6,0	-	-
	31,567	6,7	40,696	7,7	21,572	5,8	-	-
	32,914	13,9	44,170	8,2	30,618	8,8	-	-
600	29,859	42,6	22,226	16,4	20,463	12,6	13,176	7,0
	31,215	22,5	29,859	42,6	22,226	16,4	18,684	7,5
	33,340	31,1	40,638	10,7	24,106	25,8	22,226	16,4
700	29,941	56,7	22,345	28,2	20,457	28,5	13,034	16,2
	31,347	13,7	29,941	56,7	22,345	28,2	18,558	9,9
	32,930	57,7	40,023	18,4	24,101	54,9	22,345	28,2

**Pengaruh Suhu Kalsinasi Terhadap Komposisi Kimia Abu Kulit Durian Dan Prospek Pemanfaatannya Sebagai Katalis Dalam Reaksi Metanolisis Minyak Kelapa Sawit**  
(Nurhaeni dkk)

800	29,849	55,4	22,693	30,2	20,492	46,4	12,920	25,5
	31,798	37,8	29,849	55,4	22,693	30,2	18,583	17,2
	32,785	81,8	40,018	25,0	24,100	73,9	22,693	30,2
900	29,858	22,4	22,800	22,4	20,501	77,4	18,684	14,9
	31,347	21,7	29,858	22,4	22,343	56,4	22,800	22,4
	32,721	47,1	39,916	10,4	24,104	72,2	29,858	22,4
1000	29,809	21,3	-	-	20,510	55,7	12,952	10,2
	31,284	15,3	-	-	22,325	50,3	18,621	21,5
	32,771	35,6	-	-	24,111	34,4	22,863	15,8

Sumber : Hasil Uji XRD di Laboratorium Analisis Bahan Departemen Fisika FMIPA IPB, Bogor (2015).

Data yang ditampilkan pada Tabel 2. memperlihatkan bahwa abu kulit durian tanpa kalsinasi terdapat senyawa  $\beta$ - $K_2SiO_3$ ,  $MgSiO_3$ ,  $\beta$ - $Na_2Si_2O$  dengan intensitas yang rendah. Terjadi peningkatan senyawa  $\beta$ - $K_2SiO_3$ ,  $MgSiO_3$ ,  $\beta$ - $Na_2Si_2O$  dan terbentuk senyawa KCl pada suhu kalsinasi  $600^\circ C$ . Senyawa  $\beta$ - $K_2SiO_3$ ,  $MgSiO_3$ ,  $\beta$ - $Na_2Si_2O_5$  dan KCl juga terdapat dalam abu kulit durian pada kalsinasi suhu  $700^\circ C$  dan  $800^\circ C$ . Intensitas senyawa terjadi peningkatan pada suhu kalsinasi  $700^\circ C$  dan semakin meningkat pada suhu kalsinasi  $800^\circ C$ . Penurunan intensitas senyawa  $\beta$ - $K_2SiO_3$ ,  $MgSiO_3$  dan KCl terjadi pada kalsinasi abu kulit durian suhu  $900^\circ C$  sedangkan untuk senyawa  $\beta$ - $Na_2Si_2O_5$  mengalami peningkatan. Intensitas senyawa  $\beta$ - $K_2SiO_3$ , KCl,  $\beta$ - $Na_2Si_2O_5$  semakin menurun pada kalsinasi abu kulit durian suhu  $1000^\circ C$  sedangkan senyawa  $MgSiO_3$  sudah tidak terbentuk.

Intensitas senyawa  $K_2CO_3$ ,  $\beta$ - $K_2SiO_3$ , KCl dan  $MgSiO_3$  paling tinggi terjadi pada suhu  $800^\circ C$  sedangkan senyawa  $\beta$ - $Na_2Si_2O_5$  pada suhu  $900^\circ C$ .

Menurut Husin dkk (2011), kristalinitas akan naik dengan peningkatan suhu pemanasan sampai terbentuknya kristal secara sempurna. Menurut Hartman (1956) dalam Zahrina (2004), kalsinasi dapat meningkatkan intensitas senyawa  $K_2CO_3$ . Hal ini dikarenakan fraksi volatil dan kandungan *fixed carbon* dalam kulit durian hilang karena kalsinasi. Tujuan kalsinasi adalah untuk dekomposisi termal dan menghilangkan fraksi-fraksi yang volatil (Rilian, 2009). Semakin tinggi suhu kalsinasi maka fraksi volatil dan kandungan *fixed carbon* semakin sedikit dalam abu, sehingga senyawa  $K_2CO_3$  semakin banyak diperoleh dalam abu kulit durian.

Penurunan intensitas senyawa  $K_2CO_3$ ,  $K_2SiO_3$ , KCl dan  $MgSiO_3$  terjadi pada kalsinasi suhu  $900^\circ C$  dan semakin menurun pada kalsinasi suhu  $1000^\circ C$  sedangkan senyawa  $\beta$ - $Na_2Si_2O_5$  terjadi penurunan pada suhu  $1000^\circ C$ . Makin tinggi temperatur kalsinasi abu kulit durian maka makin berkurang kadar kalium dan karbonat. Kalium memang bersifat mudah

menguap bila dipanaskan pada temperatur tinggi (Othmer, 1991 dalam Zahrina, 2004).

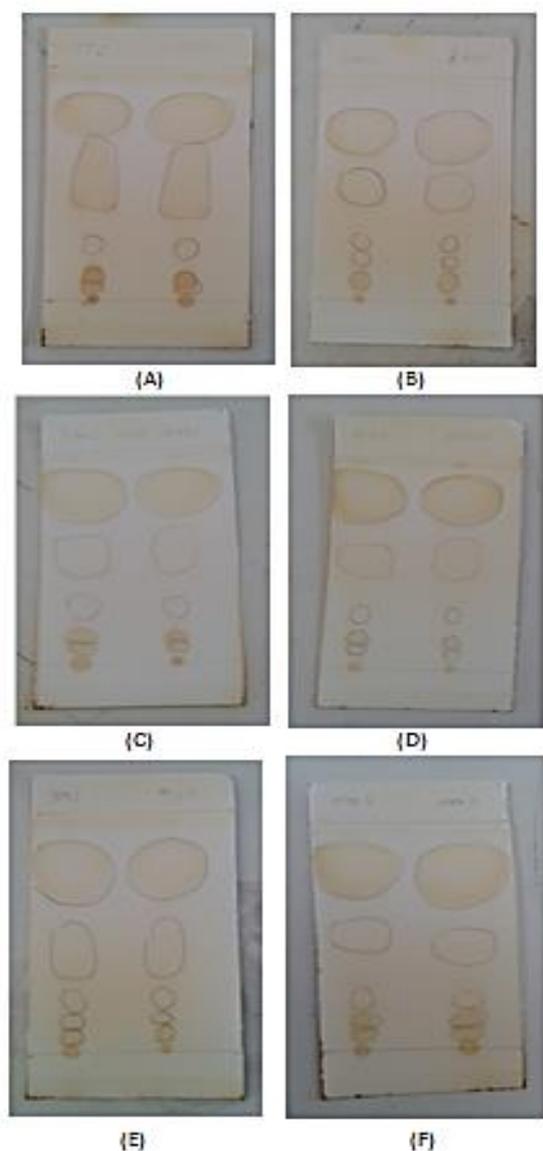
Salah satu sampel biodiesel hasil sintesis dianalisis menggunakan Kromatografi Lapis Tipis dengan menggunakan blanko minyak kelapa sawit dan metil ester asam lemak, dapat dilihat pada gambar 1.

Berdasarkan hasil analisis KLT membuktikan sampel biodiesel menghasilkan metil ester asam lemak karena ketika analisis digunakan blanko yaitu minyak kelapa sawit yang merupakan bahan baku pembuatan biodiesel dan metil ester asam lemak yang merupakan hasil dari reaksi metanolisis minyak kelapa sawit. Posisi dari penampakan noda metil ester asam lemak terdapat pada bagian paling atas di plat kromatografi lapis tipis (KLT) daripada posisi penampakan noda minyak kelapa sawit. Biodiesel yang diperoleh dari hasil penelitian memiliki 5 penampakan noda dan penampakan noda ini sejajar dengan penampakan noda dari blanko yaitu minyak kelapa sawit dan metil ester asam lemak.



**Gambar 1.** Hasil penampakan noda Kromatografi Lapis Tipis (a) noda sampel biodiesel, (b) noda minyak kelapa sawit, dan (c) noda metil ester asam lemak.

Analisis menggunakan Kromatografi Lapis Tipis juga dilakukan pada seluruh sampel biodiesel yang dibuat melalui reaksi metanolisis minyak kelapa sawit dengan menggunakan abu kulit durian sebagai katalis yang dikalsinasi pada berbagai temperatur. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Hasil penampakan noda Kromatografi Lapis Tipis sampel biodiesel menggunakan abu kulit durian sebagai katalis yang dikalsinasi pada berbagai temperatur: (a) abu kulit durian tanpa kalsinasi, (b) 600°C, (c) 700°C, (d) 800°C, (e) 900°C, (f) 1000°C.

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa biodiesel yang diperoleh menghasilkan metil ester asam lemak karena terdapat penampakan noda yang posisinya sama dengan penampakan noda metil ester asam lemak yang digunakan sebagai blanko.

Hasil analisis menyatakan bahwa abu kulit durian dapat digunakan sebagai katalis dalam reaksi metanolisis minyak kelapa sawit karena menghasilkan metil ester asam lemak.

Salah satu produk biodiesel yang menggunakan abu kulit durian yang dikalsinasi pada suhu 1000°C sebagai katalis dianalisis menggunakan GC-MS. Berdasarkan hasil analisis menggunakan GC-MS, komposisi metil ester asam lemak yaitu metil miristat, metil palmitat, metil oleat, metil arakidat, dan metil stearat. Menurut Sibarani dkk (2007) komposisi produk biodiesel yang dibuat dari bahan dasar minyak kelapa sawit yang dianalisis menggunakan GC-MS yaitu metil kaprilat, metil kaprat, metil laurat, metil miristat, metil palmitat, metil stearat dan metil oleat.

Produk biodiesel yang diperoleh masih terdapat hasil samping yang diperkirakan adalah gliserol, mono-, di-, dan trigliserida. Menurut Qoniah dan Prasetyoko (2011), reaksi transesterifikasi

dari trigliserida minyak sawit akan menghasilkan produk berupa metil ester, gliserol bebas, mono-, di- dan trigliserida. Komposisi gliserol bebas, mono-, di-, dan trigliserida pada sampel dapat terjadi karena pemisahan kurang sempurna pada saat pemisahan maupun ekstraksi (Qoniah dan Prasetyoko, 2011).

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa:

1. Suhu kalsinasi sangat mempengaruhi komposisi kimia dari abu kulit durian. Peningkatan intensitas senyawa terjadi seiring meningkatnya suhu kalsinasi sampai 800°C. Namun, ketika suhu kalsinasi lebih dari 800°C intensitas senyawa menurun.
2. Abu kulit durian dapat dimanfaatkan sebagai katalis dalam reaksi metanolisis minyak kelapa sawit karena dapat menghasilkan metil ester asam lemak (biodiesel).

#### DAFTAR PUSTAKA

Ameen, O. M., Adekola, F. A., Adeboya, G. B., Adekola, O. F., Belewu, M. A., dan Rahman, S. G., 2013, *Conversion Of Jatropha Curcas Oil to Biodiesel Using Potash From Cocoa Pod Husk (CPH) And Palm Kernel Frond (PKF) As Catalyst*, Nig. J. Pure & Appl. Sci, Vol. 26 : 2419-2426.

Arifianto, M., F. T., dan Rosyidah, A., 2012, *Sintesis dan Karakterisasi*

*Aurivillius Lapis Dua  $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$  dan Aurivillius Lapis Dua  $\text{BaBi}_2\text{NbTaO}_9$  dengan Metode Solid State*, Jurnal Sains dan Seni ITS, Vol. 1 : C-20-25.

Awaluddin, A., Saryono, Nelvia, S., dan Wahyuni, 2009, *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Biodiesel dari Minyak Sawit Mentah Menggunakan Katalis Padat Kalsium karbonat yang Dipijarkankan*, Jurnal Natur Indonesia, 11 : 129-134.

Damayanti, A., dan Bariroh, S., 2012, *Pengolahan Biji Mahoni (Swietenia Macrophylla King) Sebagai Bahan Baku Alternatif Biodiesel*, Jurnal Bahan Alam Terbarukan, Vol. 1 : 8-15.

Daosukho, S., Kongkeaw, A., dan Oengeaw, U., 2012, *The Development of Durian Shell Biochar as a Nutrition Enrichment Medium for Agriculture Purpose : Part Chemical and Physical Characterization*, Bulletin of Applied Sciences, Vol. 1 : 133-141.

Enggawati, E. R., dan Ediati, R., 2013, *Pemanfaatan Kulit Telur Ayam dan Abu Layang Batubara sebagai Katalis Heterogen untuk Reaksi Metanolisis minyak Nyamplung (Calophyllum Inophyllum Linn)*, Jurnal Sains dan Seni Pomits, Vol. 2 : 2337-3520.

Husin, H., Mahidin, dan Marwan., 2011, *Studi Penggunaan Katalis Abu Sabut Kelapa, Abu Tandan Sawit dan  $\text{K}_2\text{CO}_3$  Untuk Konversi Minyak Jarak Menjadi Biodiesel*, Jurnal Reaktor, Vol. 13 : 254-261.

Indah, S. T., Said, M., Summa, W. A., dan Sari, A. K., 2011, *Katalis basa*

**Pengaruh Suhu Kalsinasi Terhadap Komposisi Kimia Abu Kulit Durian Dan Prospek Pemanfaatannya Sebagai Katalis Dalam Reaksi Metanolisis Minyak Kelapa Sawit (Nurhaeni dkk)**

- Heterogen Campuran CaO dan SrO Pada reaksi metanolisis Minyak Kelapa Sawit*, Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3, Hal : 482-493.
- Lumbantoruan, D. I. P., Ginting, S., dan Suhaidi, I., 2014, *Pengaruh Konsentrasi Bahan Pengendap dan Lama Pengendapan Terhadap Mutu Pektin Hasil Ekstraksi dari Kulit Durian*, Jurnal Rekayasa Pangan dan Pert, Vol. 2 : 58-64.
- Mappiratu dan Hardi, J., 2014, *Penuntun Praktikum Modifikasi Minyak dan Lemak*, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Tadulako, Palu.
- Padil, Wahyuningsih, S., dan Awaluddin, A., 2010, *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Melalui Reaksi Mtenolisis Menggunakan Katalis CaCO<sub>3</sub> yang Dipijarkankan*, Jurnal Natur Indonesia, 13 : 27-32.
- Qoniah, I. dan Prasetyoko, D., 2011, *Penggunaan Cangkang Bekicot Sebagai Katalis Untuk Reaksi Metanolisis Refined Palm Oil*, Prosiding Skripsi Semester Genap 2010/2011, Hal : 1-9.
- Rilian, M., 2009, *Transformasi Minyak Jarak Menjadi Senyawa Metil Ester Menggunakan Katalis Padatan Asam dan Basa Dengan Reaktor Fixed Bed Distilasi Reaktif*, Skripsi, Departemen Kimia FMIPA UI, Depok.
- Ritonga, M. Y., Sihombing, D. H., dan Sihotang, A. R., 2013, *Pemanfaatan Abu Kulit Buah Kelapa Sebagai Katalis Pada Reaksi Metanolisis Minyak Kelapa Sawit Menjadi Metil Ester*, Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 2 : 17-24.
- Samik, Ediati, R., dan Prasetyoko, D., 2011, *Review: Pengaruh Kebasaan dan Luas Permukaan Katalis Terhadap Aktivitas Katalis Basa Heterogen Untuk Produksi Biodiesel*, Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa 2011, Hal B-462.
- Sekretariat Direktorat Jendral Perkebunan. 2014. *Pertumbuhan Areal Kelapa Sawit Meningkat*. Sekretariat Direktorat Jendral Perkebunan Kementerian Pertanian RI. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/setditjenbun/berita-238-pertumbuhan-areal-kelapa-sawit-meningkat.html> (diunduh pada tanggal 20 April 2015)
- Setiawan, D., Basit, M., dan Hastiawan, I., 2013, *Karakteristik Gel Titanium Tungstat dan Pengaruhnya Terhadap Pelepasan Renium-188*, Iptek Nuklir Ganendra, Vol. 16 : 1-8.
- Sibarani, J., Khairi, S., Yoeswono, Wijaya, K., dan Tahir, I., 2007, *Pengaruh Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Metanolisis Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel*, Indo. J. Chem, 7 : 314-319.
- Widiya, Idral, dan Zultiniar, 2013, *Pengaruh Suhu dan Waktu Destilasi Terhadap Komposisi Kimia Asap Cair Dari Kulit Durian*, Teknik Kimia Universitas Riau, Riau.
- Zahrina, I., 2004, *Konversi Stearin Menjadi Metil Ester Asam Lemak (Biodiesel) Menggunakan Katalis Abu Tandan Sawit*, J. Sains dan Teknologi, Vol. 3 .