

## STUDI PENGGUNAAN KATALIS ABU SABUT KELAPA, ABU TANDAN SAWIT DAN $K_2CO_3$ UNTUK KONVERSI MINYAK JARAK MENJADI BIODIESEL

Husni Husin<sup>\*)</sup>, Mahidin dan Marwan

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala  
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf 7 Darussalam Banda Aceh 23111  
Telepon: 0651-7412973, Fax: 0651-52222

<sup>\*)</sup>Penulis korespondensi: husni\_husin2002@yahoo.com

### Abstract

**A STUDY ON THE UTILIZATION OF OIL PALM FIBRE AND FRUIT BUNCH ASH AND  $K_2CO_3$  FOR CATALYTIC CONVERSION OF JATHROPA OIL TO BIODIESEL.** *Study on the use of coconut fiber ash, palm bunch ash and  $K_2CO_3$  as the catalysts for conversion of jatropha oil into biodiesel using methanol solvent has been done. The biodiesel is produced by converting unpurified jatropha oil over catalyst through transesterification reaction. The catalysts are burned at temperature of 500, 600, 800 and 900°C for 10 hours. Transesterification reaction is conducted in three-neck flask at constant temperature of 60°C for 3 hours. The results showed that the unburned and burned coconut fiber ashes at 800°C catalysts give the highest biodiesel yield (87.05 and 87.97%) with low soap content (0.23-0.26%). The characteristic of biodiesel produced over those catalysts met the Indonesian and international quality standards, therefore those catalysts can be used as substitute for  $K_2CO_3$  commercial catalyst.*

**Keywords:** ash catalysts; biodiesel; jatropha oil; transesterification

### Abstrak

*Studi penggunaan katalis abu sabut kelapa, abu tandan sawit dan  $K_2CO_3$  untuk konversi minyak jarak menjadi biodiesel dengan pelarut metanol telah dilakukan. Biodiesel dibuat melalui konversi minyak jarak yang belum dimurnikan, menggunakan katalis, melalui reaksi transesterifikasi. Katalis-katalis tersebut dipijarkan pada temperatur 500, 600, 800 dan 900°C selama 10 jam. Reaksi dilangsungkan dalam labu leher tiga pada temperatur konstan 60°C selama 3 jam. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan katalis abu sabut kelapa tanpa pemijaran dan dengan pemijaran pada 800°C memberikan perolehan biodiesel tertinggi (87,05 dan 87,97%) dengan kadar sabun rendah (0,23-0,26%). Karakteristik biodiesel yang dihasilkan dari penggunaan katalis-katalis tersebut ini telah sesuai dengan syarat mutu yang ditetapkan oleh Standar Indonesia dan Internasional, sehingga katalis-katalis tersebut layak digunakan sebagai pengganti katalis  $K_2CO_3$  komersial.*

**Kata kunci:** katalis abu; biodiesel; minyak jarak; transesterifikasi

### PENDAHULUAN

Penelitian mengenai produksi biodiesel dari minyak nabati terus mendapat banyak minat para peneliti dewasa ini baik di dunia maupun di Indonesia. Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi dalam produksi biodiesel dari minyak nabati adalah katalis. Katalis merupakan zat yang dapat mempercepat reaksi mencapai kesetimbangan. Tanpa katalis reaksi akan berlangsung lambat lambat dan akan membutuhkan energi dan biaya produksi lebih besar.

Produksi biodiesel yang dilakukan secara konvensional adalah menggunakan katalis alkali

(basa) NaOH dan KOH dan reaksi dalam fasa cair. Reaksi ini disebut sistem homogen (*homogenous catalyst*). Pada proses ini reaksi dilangsungkan dalam reaktor *batch* dimana reaksi berlangsung hanya sekali run selanjutnya dihentikan untuk mengambil produk. Menurut Felizardo dkk. (2006) bahwa transesterifikasi minyak nabati menggunakan katalis alkali menunjukkan laju reaksi transesterifikasi lebih cepat dibanding penggunaan katalis asam. Katalis alkali memberikan konversi trigliserida mencapai 94-98% menjadi esters pada temperatur 60°C dan waktu 1 jam (Furuta dkk., 2006).

Akan tetapi, persoalan yang terpantau pada penggunaan katalis alkali adalah bahwa baik NaOH maupun KOH sangat sensitif terhadap kandungan air dan asam lemak bebas asal. Kehadiran air bisa menyebabkan saponifikasi ester membentuk sabun. Selain itu, asam lemak bebas dapat bereaksi dengan katalis alkali membentuk air dan sabun. Sabun dapat menyebabkan pembentukan emulsi. Keadaan ini merugikan karena konsumsi katalis meningkat dan ditambah lagi berbagai kesulitan dalam proses pemurnian biodiesel. Hal ini tentunya akan berakibat pada peningkatan biaya produksi (Felizardo dkk., 2006).

Penggunaan katalis asam cair pada produksi biodiesel seperti asam sulfat memerlukan temperatur tinggi dan waktu yang lama. Ada beberapa keuntungan menggunakan katalis asam sebagai pengganti katalis basa yaitu: jika minyak nabati mengandung asam lemak bebas >1%, katalis basa akan rusak (tidak stabil), sedangkan katalis asam akan tetap efektif. Penggunaan katalis fasa cair baik basa maupun asam menyebabkan proses pemisahan dari produk lebih sukar. Lebih lanjut, penggunaan katalis ini hanya sekali saja, tidak dapat didaur ulang. Penggunaan katalis asam dan basa cair dilaporkan dapat menyebabkan terganggunya lingkungan (Zullaikha dkk., 2005).

Untuk mengatasi permasalahan di atas, dewasa ini para peneliti telah menaruh minat yang tinggi pada penggunaan katalis padat sistem heterogen yang disebut *heterogenous catalyst*. Katalis ini lebih stabil dan lebih ramah terhadap lingkungan. Zahrina (2000) mendapatkan fakta bahwa abu tandan sawit yang dipijar ternyata mengandung  $K_2CO_3$ . Lebih lanjut dilaporkan bahwa selain abu tandan sawit, abu sabut kelapa, abu batang dan cangkang sawit, serta bahan alam lainnya yang mengandung unsur K (kalium) dapat digunakan sebagai sumber katalis untuk transesterifikasi trigliserida.

Husin dkk. (2006) melakukan kajian awal terhadap penggunaan abu sabut kelapa yang mengandung  $K_2CO_3$  pada proses transesterifikasi minyak jarak menjadi biodiesel. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan katalis padat memang memberikan *yield* biodiesel yang tinggi. Selain itu, pemisahan katalis padat dari campuran produk lebih mudah dibandingkan katalis cair seperti: NaOH dan KOH. Penelitian tersebut telah memberikan masukan dasar untuk penelitian yang dilakukan dalam studi ini.

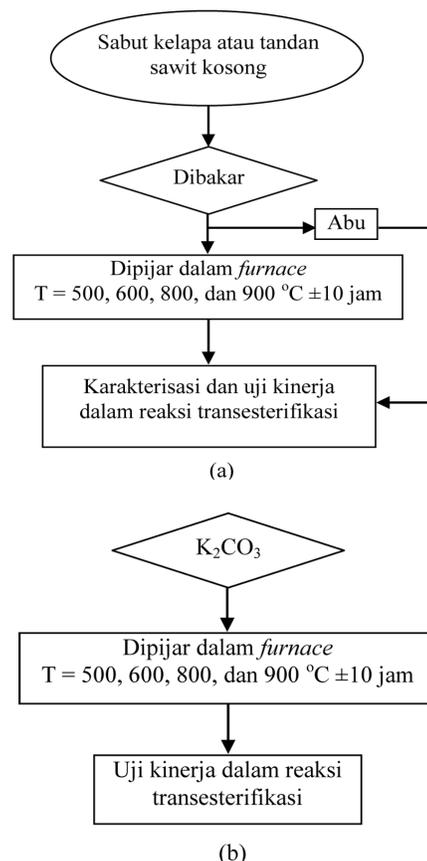
Menurut Toda dkk. (2005), penggunaan katalis padat memiliki kemampuan dalam mengkonversi minyak tumbuhan menjadi biodiesel lebih tinggi dibandingkan katalis asam sulfat cair ataupun katalis asam lain yang telah ada sebelumnya. Berdasarkan fakta yang dikemukakan di atas, maka dalam penelitian ini dikaji penggunaan abu hasil pembakaran sabut kelapa dan tandan sawit sebagai katalis produksi biodiesel dari minyak jarak. Abu sabut kelapa dan tandan sawit diaktifkan melalui metode pemijaran.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengamati pengaruh pemijaran terhadap kinerja katalis abu dalam reaksi transesterifikasi minyak jarak menjadi biodiesel. Tujuan khusus adalah untuk mendapatkan katalis yang aktif dan murah untuk proses transesterifikasi minyak jarak menjadi biodiesel. Diharapkan melalui penelitian ini akan dihasilkan katalis abu yang memiliki kinerja yang cukup baik pada konversi minyak jarak menjadi biodiesel dengan sektifitas produksi biodiesel yang tinggi pula.

## METODE PENELITIAN

### Preparasi Katalis

Katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah abu sabut kelapa, tandan sawit kosong dan sebagai pembanding digunakan  $K_2CO_3$  (Merck, 99,9%). Sabut kelapa yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Lambaro, Aceh Besar. Sedangkan tandan sawit diambil dari Perkebunan Sawit Aceh Jaya. Katalis abu diperoleh dengan cara membakar sabut kelapa dan tandan sawit kosong hingga menjadi abu. Pemijaran dilakukan dalam *furnace* (*Muffle furnace*, AC input 240 V) untuk mengevaluasi pengaruh temperatur pemijaran terhadap aktivitas katalis abu tersebut.



Gambar 1. Skema preparasi katalis: (a) Abu sabut kelapa/tandan sawit kosong dan (b)  $K_2CO_3$

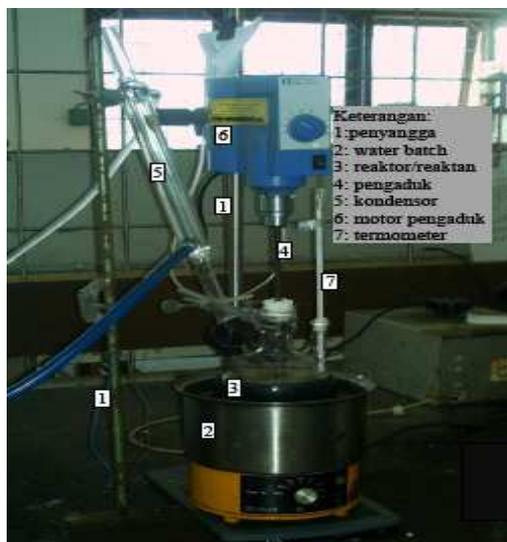
Temperatur pemijaran divariasi pada 500, 600, 800 dan 900°C, selama 10 jam. Analisis komposisi senyawa-senyawa yang dikandung abu dilakukan dengan metode difraktometer sinar-X (*XRD = X-Ray Diffraction*, Shimadzu-XRD 600). Analisis ini dilakukan di Laboratorium XRD, Jurusan Kimia, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. Sebagai pembanding digunakan katalis  $K_2CO_3$  (MERCK, 99,9%) yang juga dipijarkan seperti yang dilakukan terhadap katalis abu. Skema persiapan katalis dapat dilihat pada Gambar 1.

### Pengempaan Biji Jarak

Biji jarak dijemur di bawah sinar matahari selama 1-2 hari, kemudian disimpan sementara, tidak langsung digunakan. Setelah beberapa hari biji jarak dikukus pada temperatur 100°C selama 30 menit, selanjutnya biji digerus untuk melepaskan daging biji dari cangkangnya. Daging biji dilumat dan dikempa dalam mesin press untuk menghasilkan minyak dan residu. Minyak diendapkan dan disaring dari ampas yang disebut *foot*.

### Proses Transesterifikasi dan Pemisahan

Proses transesterifikasi minyak jarak dengan metanol untuk menghasilkan metil ester (*biodiesel*) dilakukan dalam reaktor berpengaduk seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem reaktor

Minyak jarak dan katalis masing-masing sebanyak 100 dan 10 g beserta metanol dimasukkan ke dalam reaktor dengan temperatur operasinya dijaga tetap 60°C. Reaktor ini dilengkapi dengan *condenser* yang bertujuan untuk menghindari penguapan metanol selama proses berlangsung. Setelah pengadukan selama 3 jam, campuran tersebut dimasukkan dalam corong pemisah dan diendapkan selama 24 jam. Perbandingan minyak jarak dan methanol 1:6 (perbandingan mol).

Selama proses pengendapan berlangsung terbentuk dua lapisan, lapisan atas adalah metil ester, lapisan bawah adalah gliserol. Sementara metanol terdistribusi diantara dua lapisan. Selanjut gliserol dan metil ester dipisahkan, katalisnya sudah terendapkan dalam reaktor.

### Tahap Pencucian

Metil ester yang sudah dipisahkan di atas selanjutnya dimasukkan dalam corong pisah untuk dicuci dengan menggunakan air hangat (50°C) yang disemprotkan secara perlahan dari bagian atas kolom sampai diperoleh bagian ester yang berwarna kuning jernih. Selama proses pencucian dilakukan, sejumlah ester akan membentuk emulsi dengan air, sehingga diperlukan waktu 24 jam untuk mendapatkan pemisahan yang baik antara lapisan ester (*biodiesel*) dan lapisan air yang membawa sisa metanol dan ester teremulsi.

### Analisis Produk Biodiesel

Metil ester yang diperoleh dicuci, dihitung *yield*-nya dan dikarakterisasi. Karakterisasi meliputi viskositas, densitas, bilangan asam, bilangan penyabunan, *heating value*, dan *flash point*.

### Yield biodiesel

Untuk menghitung *yield biodiesel* digunakan persamaan:

$$\% \text{ Yield} = \frac{W_{\text{biodiesel}}}{W_{\text{minyak jarak}}} \times 100\% \quad (1)$$

dimana:

$W_{\text{biodiesel}}$  = berat metal ester (*biodiesel*) hasil pencucian dan pemisahan

$W_{\text{minyak jarak}}$  = berat minyak jarak yang digunakan dalam reaktor

### Bilangan asam

Bilangan asam menyatakan jumlah asam lemak bebas, dihitung berdasarkan berat molekul asam lemak atau campuran asam lemak. Bilangan asam dinyatakan sebagai milligram KOH 0,1 N yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak.

$$\text{Bilangan asam} = \frac{(A \times N)}{W} \times 56,1 \quad (2)$$

dimana:

A = ml KOH yang dibutuhkan untuk titrasi sampel

N = Normalitas larutan KOH

W = gram sampel yang digunakan

56,1 = Bobot molekul

$$\text{Kadar asam} = \frac{M \times A \times N}{10G} \% \quad (3)$$

dimana:

M = bobot molekul asam lemak, yaitu 205 untuk minyak kelapa, 263 untuk minyak kelapa sawit, dan 282 untuk asam oleat. Untuk minyak lain dihitung sebagai asam oleat.

**Bilangan penyabunan**

Bilangan penyabunan ialah jumlah alkali yang dibutuhkan untuk menyabunkan sejumlah minyak. Bilangan penyabunan dinyatakan dalam jumlah mg KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan 1 g minyak atau lemak. Pada setiap titrasi dilakukan juga titrasi blanko sebagai referensi.

$$\text{Bilangan penyabunan} = \frac{(A - B) \times 28,05}{G} \quad (4)$$

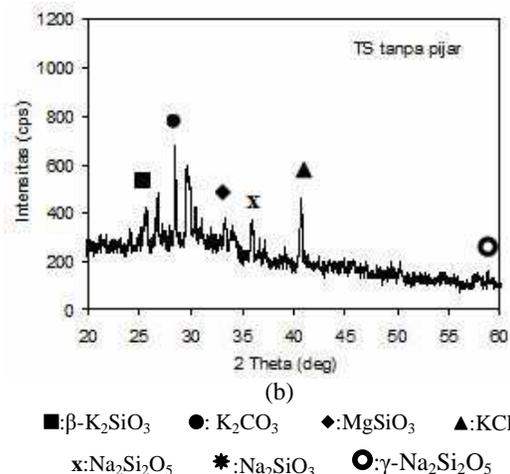
A = jumlah ml HCl 0,5 N untuk titrasi blanko  
 B = jumlah HCl 0,5 N untuk titrasi sampel  
 G = berat sampel minyak (gram)  
 28,05 = setengah dari berat molekul KOH

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Karakterisasi Katalis**

Untuk mengidentifikasi fase kristal yang terkandung dalam katalis dikarakterisasi dengan metode XRD. Grafik XRD yang diperoleh memiliki nilai  $2\theta$  dari  $5^\circ$  sampai  $60^\circ$  dengan ukuran scanning step  $0,02^\circ$ . Grafik XRD sampel dibaca dengan membandingkan nilai  $d$  dari masing-masing *peak* difraktogram sampel dengan nilai  $d$  difraktogram senyawa standar. Dalam artikel ini, hasil karakterisi XRD hanya ditampilkan untuk katalis tanpa pemijaran dan dengan pemijaran pada 500 dan 900 °C saja (Gambar 3, 4 dan 5).

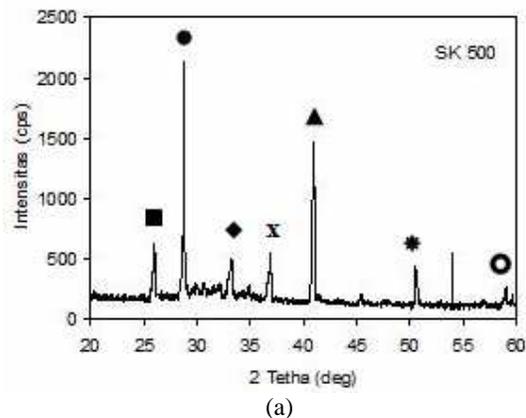
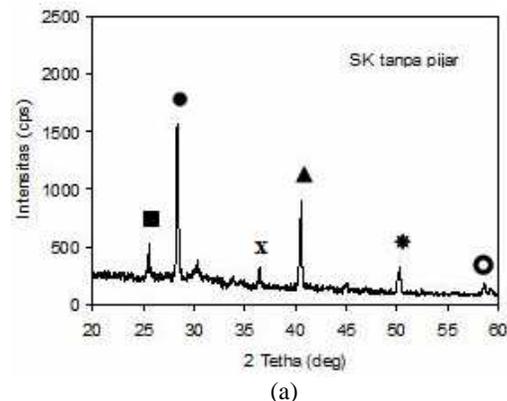
Dari difraktogram katalis dapat dilihat bahwa abu sabut kelapa dan tandan sawit yang tidak dipijar dan yang dipijar mengandung senyawa-senyawa  $K_2CO_3$ ,  $\beta$ - $K_2SiO_3$ ,  $MgSiO_3$ ,  $Na_2Si_2O_5$ ,  $KCl$ ,  $Na_2SiO_3$ ,  $\gamma$ - $Na_2Si_2O_5$  (dibandingkan dengan *standard powder data file*, JCPDS: 71-1466, 31-1077, 11-0273, 01-0786, 01-0836, dan 22-1396 berturut-turut, dengan intensitas tertinggi dimiliki oleh senyawa  $K_2CO_3$ . Hal ini mengindikasikan bahwa senyawa yang paling banyak terkandung dalam sabut kelapa dan tandan sawit adalah senyawa  $K_2CO_3$ . Dari Gambar 3 terlihat bahwa katalis abu tanpa pemijaran banyak mengandung senyawa  $K_2CO_3$ , yang merupakan senyawa aktif pada reaksi metanolisis.

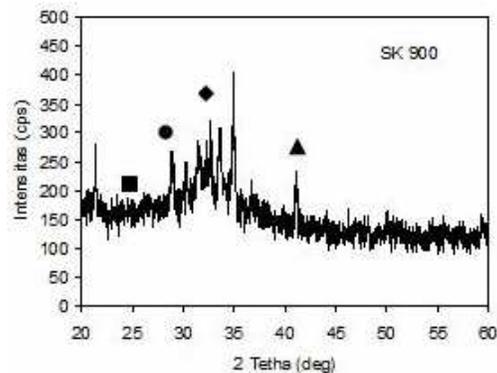
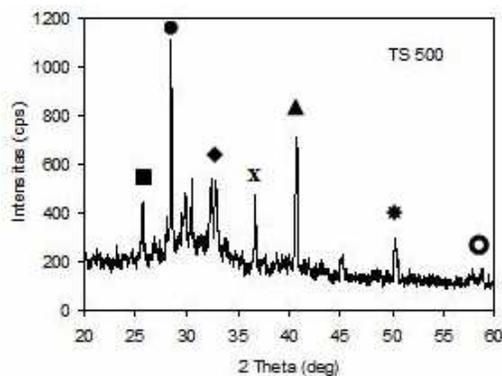


Gambar 3. Spektrum XRD abu sabut kelapa (a) dan tandan sawit (b) tanpa pemijaran

Hal ini ditunjukkan oleh intensitas abu sabut kelapa sebesar 1.396 cps dan abu tandan sawit sebesar 674 cps pada sudut  $2\theta = 28,5^\circ$ . Intensitas senyawa-senyawa lainnya adalah  $KCl = 779$  cps,  $\beta$ - $K_2SiO_3 = 510$  cps,  $MgSiO_3 = 322$  cps,  $Na_2SiO_3 = 262$  cps,  $Na_2Si_2O_5 = 210$  cps, dan  $\gamma$ - $Na_2Si_2O_5 = 135$  cps (untuk abu sabut kelapa) serta  $Na_2SiO_3 = 568$  cps,  $\beta$ - $K_2SiO_3 = 478$  cps,  $\gamma$ - $Na_2Si_2O_5 = 422$  cps,  $Na_2Si_2O_5 = 372$  cps,  $MgSiO_3 = 274$  cps dan  $KCl = 170$  cps (untuk abu tandan sawit).

Senyawa  $K_2CO_3$ ,  $KCl$ ,  $\beta$ - $K_2SiO_3$ ,  $Na_2Si_2O_5$ ,  $MgSiO_3$ ,  $Na_2SiO_3$ ,  $\gamma$ - $Na_2Si_2O_5$  mengalami peningkatan intensitas dibandingkan dengan katalis abu tanpa pemijaran (Gambar 4). Pada katalis abu sabut kelapa yang dipijar pada 500 °C, peningkatan senyawa-senyawa tersebut berturut-turut adalah 2037, 1320, 608, 500, 498, 417 dan 190 cps. Begitu pula halnya dengan senyawa-senyawa pada abu pijar pada 600°C yang juga mengalami peningkatan, yaitu berturut-turut 1413; 830; 532; 300; 410; 400; dan 138 cps. Intensitas  $K_2CO_3$  abu sabut kelapa lebih tinggi pada abu yang dipijar pada 500°C dibandingkan dengan yang dipijar pada 600°C.





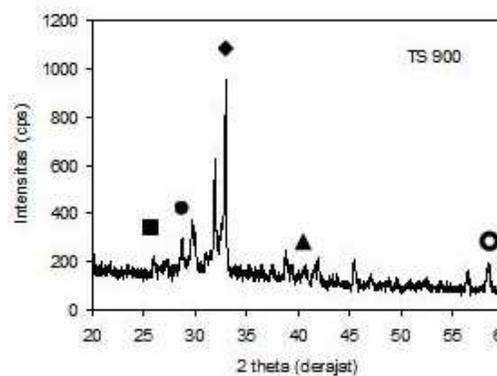
■:  $\beta$ - $K_2SiO_3$    ●:  $K_2CO_3$    ◆:  $MgSiO_3$    ▲:  $KCl$   
 x:  $Na_2Si_2O_5$    \*:  $Na_2SiO_3$    ○:  $\gamma$ - $Na_2Si_2O_5$

Gambar 4. Spektrum XRD abu sabut kelapa (a) dan abu tandan sawit (b) dipijar pada  $500^\circ C$

Katalis tandan sawit yang dipijar pada  $500$  dan  $600^\circ C$  juga menunjukkan kecenderungan yang sama yaitu:  $K_2CO_3$  pada sudut  $2\theta = 28,5$  mengalami peningkatan intensitas dari  $674$  menjadi  $1076$  cps, demikian pula dengan intensitas senyawa  $KCl$  mengalami peningkatan intensitas dari  $170$  menjadi  $272$  cps.

Peningkatan kandungan senyawa  $K_2CO_3$  dan  $KCl$  disebabkan karena adanya pemijaran. Hal ini sesuai dengan teori pertumbuhan kristal yang akan naik dengan peningkatan suhu pemanasan sampai terbentuknya kristal secara sempurna. Dengan demikian, kenaikan intensitas puncak  $K_2CO_3$  dan  $KCl$  menandakan adanya pertumbuhan kristal. Selain itu, pemijaran juga dapat membuka pori katalis, sehingga luas permukaan semakin besar. Diharapkan katalis lebih aktif dan perolehan metil ester asam lemak semakin meningkat. Hal ini telah dilaporkan oleh Zahrina (2000), yakni pemijaran dapat meningkatkan intensitas senyawa  $K_2CO_3$  (pada temperatur  $< 800^\circ C$ ) dan senyawa-senyawa silikat dalam katalis abu, yang nantinya akan berpengaruh terhadap kinerja katalis dalam perolehan biodiesel yang ditunjukkan oleh meningkatnya intensitas dari senyawa ini.

Pada  $800$  dan  $900^\circ C$  senyawa  $K_2CO_3$  mengalami penurunan intensitas menjadi  $1.088$  cps. Namun lain halnya dengan senyawa  $KCl$ ,  $\beta$ - $K_2SiO_3$ ,  $Na_2SiO_3$ ,  $Na_2Si_2O_5$ ,  $MgSiO_3$  dan  $\gamma$ - $Na_2Si_2O_5$  yang mengalami peningkatan intensitas masing-masing  $666$ ,  $508$ ,  $308$ ,  $260$ ,  $282$  dan  $254$ , berturut-turut. Penurunan intensitas senyawa  $K_2CO_3$  pada katalis abu yang dipijar pada suhu  $800$  dan  $900^\circ C$  diduga karena pada suhu tersebut telah mendekati titik leleh  $K_2CO_3$  yaitu  $891^\circ C$ . Selain itu penurunan intensitas  $K_2CO_3$  dan  $KCl$  juga disebabkan karena sifat kalium yang mudah menguap bila dipanaskan pada temperatur tinggi.



■:  $\beta$ - $K_2SiO_3$    ●:  $K_2CO_3$    ◆:  $MgSiO_3$    ▲:  $KCl$   
 x:  $Na_2Si_2O_5$    \*:  $Na_2SiO_3$    ○:  $\gamma$ - $Na_2Si_2O_5$

Gambar 5. Spektrum XRD katalis abu sabut kelapa (a) dan abu tandan sawit (b) dipijar pada  $900^\circ C$

Spektrum XRD katalis abu yang dipijar pada  $900^\circ C$  dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan spektrum XRD abu sabut kelapa pijar  $900^\circ C$  terlihat bahwa puncak karakteristik senyawa  $K_2CO_3$ ,  $KCl$ ,  $\beta$ - $K_2SiO_3$ ,  $MgSiO_3$ ,  $Na_2Si_2O_5$ ,  $\gamma$ - $Na_2Si_2O_5$ ,  $Na_2SiO_3$ , mengalami penurunan intensitas yang begitu tajam, yaitu masing-masing sebesar  $164$ ,  $234$ ,  $158$ ,  $186$ ,  $308$ ,  $132$  dan  $152$  cps. Penurunan intensitas ini diduga karena pada temperatur  $900^\circ C$  fase kristal dari semua senyawa-senyawa ini berubah menjadi amorf (Gambar 5a). Berdasarkan spektrum XRD Gambar 5b terlihat bahwa pada umumnya intensitas puncak karakteristik senyawa-senyawa yang terdapat pada katalis abu tandan sawit yang dipijar pada  $900^\circ C$  sama dengan intensitas yang terdapat pada katalis yang dipijar pada  $600$  dan  $800^\circ C$ . Tetapi, senyawa  $KCl$  dan  $\gamma$ - $Na_2Si_2O_5$  sudah tidak terbentuk. Alasan lain, pemijaran pada temperatur tinggi akan meningkatkan kadar  $MgSiO_3$  yang bersifat tidak aktif dan pemicu terbentuknya sabun. Jika dibandingkan antara spektrum XRD abu sabut kelapa dengan spektrum XRD abu tandan sawit dapat disimpulkan bahwa puncak karakteristik senyawa-senyawa pada abu sabut kelapa memiliki intensitas jauh lebih tinggi dibandingkan abu tandan

sawit, kecuali abu yang dipijar pada 900°C.

**Sifat-sifat Minyak Jarak**

Berdasarkan hasil analisa, minyak jarak memiliki bilangan penyabunan 218,79 mg KOH/gr, bilangan asam 9,313 mg KOH/gr, massa jenis 0,902 gr/cm<sup>3</sup> dan viskositas kinematik 57,99 mm<sup>2</sup>/s.

Hasil analisa GC-MS menunjukkan bahwa minyak jarak yang digunakan mengandung asam oleat yang tinggi (51,22%), diikuti oleh asam linoleat sebesar 28,75%, asam palmitat 12,71%, asam stearat 6,69% dan sisanya asam palmitoleat, asam arachidat serta asam laurat. Data lengkap analisa GC-MS ditabulasikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi minyak jarak

Asam lemak	Jumlah ikatan rangkap (r)	Panjang rantai (n)	(%)
Asam laurat	0	12	0,09
Asam palmitoleat	1	16	0,42
Asam palmitat	0	16	12,71
Asam linoleat	2	18	28,75
Asam oleat	1	18	51,22
Asam stearat	0	18	6,69
Asam arachidat	0	20	0,12

**Perolehan Biodiesel**

Kinerja katalis abu tandan kosong sawit dan katalis abu kulit buah kelapa dinilai berdasarkan perolehan metil ester asam lemak dan sabun. Reaksi metanolisis pada penelitian ini dikatalisis oleh alkali (yang terkandung dalam K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), namun alkali yang difungsikan sebagai katalis juga dapat ikut bereaksi dengan trigliserida membentuk sabun. Pembentukan sabun ini tidak dikehendaki karena akan menyebabkan perolehan metil ester asam lemak menurun. Oleh karena itu, perolehan sabun juga akan mempengaruhi kinerja katalis.

Pada awal penelitian telah dilakukan proses reaksi antara minyak jarak dan metanol tanpa menggunakan katalis abu maupun K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> komersial. Setelah 3 jam proses reaksi berlangsung teramati bahwa kedua reaktan tersebut tidak bereaksi, bahkan terpisah membentuk dua lapisan seperti pada awal proses reaksi, yaitu: minyak jarak pada lapisan bawah dan metanol pada lapisan atas. Hal ini membuktikan bahwa reaksi transesterifikasi antara minyak jarak dan metanol tidak dapat dilakukan tanpa bantuan katalis.

Tabel 2 menampilkan data perolehan (*yield*) metil ester asam lemak dan banyaknya sabun yang terbentuk selama metanolisis menggunakan katalis abu tandan sawit, abu sabut kelapa, dan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. *Yield* tertinggi diperoleh pada penggunaan katalis abu sabut kelapa tanpa pemijaran dan dengan pemijaran pada 800°C yaitu sekitar 87%. Sedangkan *yield* tertinggi penggunaan katalis abu tandan sawit didapat sekitar 85% pada pemijaran 600°C. Penggunaan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> komersial menghasilkan *yield* hanya sekitar 72-75%.

Abu tandan sawit masih aktif pada temperatur 900°C, sedangkan abu sabut kelapa dan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> tidak memberikan produk. Hal ini berkenaan dengan hasil spektrum XRD, dimana katalis abu sabut kelapa yang memperlihatkan puncak-puncak karakteristik K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan senyawa-senyawa lain telah membentuk amorphous pada suhu 900°C. Sedangkan katalis abu tandan sawit masih dalam bentuk kristal yang ditunjukkan oleh intensitas XRD puncak-puncak karakteristik K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan senyawa lainnya masih stabil (Gambar 5).

Tabel 2. Perolehan metil ester dan sabun

Katalis	Perolehan (%)	
	Metil ester asam lemak	Sabun
SK tanpa pijar	87,05	0,23
SK pijar 500°C	62,60	0,40
SK pijar 600°C	75,23	0,24
SK pijar 800°C	87,97	0,26
SK pijar 900°C	0	0
TS tanpa pijar	74,40	0,25
TS pijar 500°C	78,53	0,29
TS pijar 600°C	85,52	0,11
TS pijar 800°C	82,71	0,13
TS pijar 900°C	78,61	0,36
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> tanpa pemijaran	75,68	0,43
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 500°C	74,66	0,44
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 600°C	74,60	0,40
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 800°C	72,87	0,40
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 900°C	0	0

Dari tabel 2 terlihat bahwa perolehan biodiesel terendah terjadi pada katalis sabut kelapa pemijaran 600°C, sedangkan abu tandan sawit perolehan terendah diperoleh pada abu tanpa pemijaran. Selanjutnya, katalis K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang tidak dipijar memberikan perolehan metil ester asam lemak sebesar 75,6% dan sabun yang terbentuk sebesar 0,43%. Penggunaan katalis K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang dipijar pada 500, 600 dan 800°C memberikan perolehan metil ester asam lemak yang lebih rendah dengan sabun yang terbentuk tidak berbeda secara signifikan. Hal ini diduga karena pemijaran katalis K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> menyebabkan terjadinya penyatuan komponen aktif, sehingga luas permukaan aktif berkurang (Husin dkk. 2006). Hal ini akan menyebabkan keaktifan katalis hilang sebagian, sehingga perolehan metil ester asam lemak menggunakan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang dipijar lebih rendah dibandingkan dengan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang tidak dipijar. Pemijaran katalis K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> tidak dapat dilakukan pada temperatur 900°C, sebab K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> akan meleleh pada temperatur 891°C. Lebih lanjut, bahwa senyawa K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> mudah menguap bila dipanaskan pada temperatur tinggi. Pada temperatur pemijaran yang sama, penggunaan katalis abu tandan sawit memiliki kinerja lebih baik dibanding K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Tabel 3. Karakteristik metil ester asam lemak (biodiesel) untuk masing-masing katalis

PARAMETER	Katalis abu tandan sawit				
	tanpa pijar	500°C	600°C	800°C	900°C
Viskositas pada 25°C (mm <sup>2</sup> /s)	6,045	5,657	5,985	6,180	6,428
Densitas pada 20°C (g/cm <sup>3</sup> )	0,871	0,870	0,873	0,872	0,873
Bilangan asam (mg KOH/gr)	0,449	0,561	0,224	0,224	0,561
Bil. penyabunan (mg KOH/gr)	179,52	196,35	179,52	201,96	157,08
Heating value (kal/gr)	-	-	10.792,1	-	-
Flash point (°C)	-	-	184	-	-

PARAMETER	Katalis abu sabut kelapa				
	tanpa pijar	500°C	600°C	800°C	900°C
Viskositas pada 25°C (mm <sup>2</sup> /s)	5,760	6,098	6,135	10,845	-
Densitas pada 20°C (g/cm <sup>3</sup> )	0,905	0,907	0,906	0,916	-
Bilangan asam (mg KOH/gr)	0,449	0,673	0,449	0,449	-
Bil. penyabunan (mg KOH/gr)	196,35	168,30	190,74	173,91	-
Heating value (kal/gr)	10.794,3	-	-	-	-
Flash point (°C)	173	-	-	-	-

PARAMETER	Katalis K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>				
	tanpa pijar	500°C	600°C	800°C	900°C
Viskositas pada 25°C (mm <sup>2</sup> /s)	6,490	6,480	6,218	6,143	-
Densitas pada 20°C (g/cm <sup>3</sup> )	0,872	0,905	0,906	0,907	-
Bilangan asam (mg KOH/gr)	0,673	0,785	0,673	0,673	-
Bil. penyabunan (mg KOH/gr)	157,08	179,52	179,52	185,13	-
Heating value (kal/gr)	10.787,1	-	-	-	-
Flash point (°C)	190	-	-	-	-

Tabel 4. Perbandingan karakteristik hasil penelitian dengan standar ASTM, prEN dan SNI

Karakteristik biodiesel	Jenis katalis			ASTM	prEN	SNI
	Tandan sawit	Sabut kelapa	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>			
Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	0,870-0,873	0,905-0,916	0,872-0,907	0,80-0,88	0,86-0,90	0,85-0,89
Viskositas kinematik (mm <sup>2</sup> /s)	5,657-6,428	5,760-10,845	6,143-6,500	1,90-6,00	3,50-5,00	2,30-6,00
Bilangan asam (mg KOH/gr)	0,224-0,561	0,449-0,673	0,673-0,785	max 0,80	max 0,30	max 0,80
Titik nyala (°C)	184	173	190	min 100	min 130	min 120

**Sifat-sifat Metil Ester Asam Lemak**

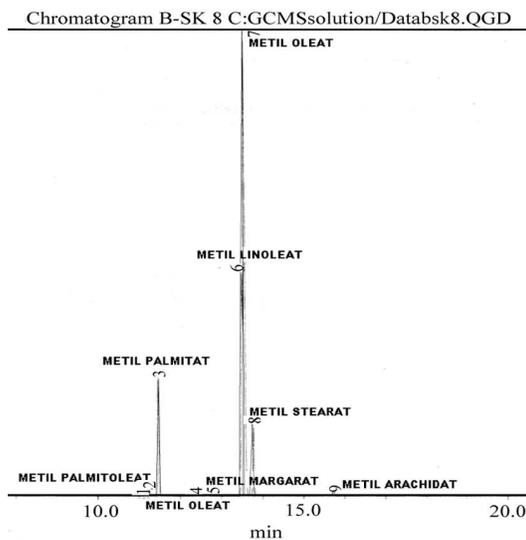
Karakteristik biodiesel yang diperoleh dari hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 3. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa biodiesel yang diperoleh menggunakan katalis abu sabut kelapa dan tandan sawit memiliki karakteristik yang hampir sama dengan biodiesel yang dihasilkan dari penggunaan katalis K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Hal ini berarti bahwa katalis abu sabut kelapa dan tandan sawit layak digunakan sebagai pengganti K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Bahkan viskositas dan bilangan asam pada penggunaan katalis abu lebih rendah dibandingkan pada penggunaan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Sebaliknya, biodiesel yang dihasilkan dengan katalis abu pijar pada 800°C memiliki viskositas yang tinggi, yaitu 10,845 mm<sup>2</sup>/s. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya kandungan gliserol yang tidak terpisahkan dalam produk biodiesel.

Biodiesel memiliki karakteristik yang beragam, namun untuk mempermudah dalam pembuatannya, maka ditetapkanlah suatu standar biodiesel, yang standar biodiesel di setiap negara penghasil berbeda-beda, baik itu dalam nilainya atau dalam metode analisisnya. Pada penelitian ini, biodiesel yang diperoleh dibandingkan dengan standar biodiesel

yang dikeluarkan oleh ASTM, prEN dan SNI. Karakteristik yang akan dibandingkan dengan standar biodiesel tersebut adalah densitas, viskositas, nilai kalor, titik nyala dan bilangan asam.

Perbandingan karakteristik biodiesel hasil penelitian dengan beberapa standar baku mutu dapat dilihat pada Tabel 4. Karakteristik biodiesel pada penggunaan katalis abu sabut kelapa tanpa pemijaran dan yang dipijar lebih memenuhi syarat mutu seperti yang ditetapkan oleh ASTM, prEN dan SNI, dibandingkan karakteristik biodiesel dari penggunaan katalis K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> komersial.

Gambar 6 merupakan kromatogram analisis komposisi biodiesel menggunakan GC-MS. Dari kromatogram menunjukkan bahwa biodiesel pada penelitian ini mengandung metil ester yang sesuai dengan asam-asam lemak yang terkandung dalam minyak jarak. Tetapi pada biodiesel tidak tampak metil laurat, seperti asam laurat pada minyak jarak. Kemungkinan metil laurat juga terbentuk, tetapi tidak terbaca oleh alat karena ada kandungan senyawa yang terlalu tinggi seperti metil oleat, linoleat dan palmitat, sehingga metil laurat tidak teramati karena kandungannya terlalu kecil.



Gambar 6. Kromatogram metil ester asam lemak pada penggunaan katalis abu sabut kelapa pemijaran 800°C

#### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pengolahan data dapat diambil kesimpulan, yaitu: Temperatur pemijaran pada preparasi katalis abu mempengaruhi perolehan metil ester. Penggunaan katalis abu sabut kelapa tanpa pemijaran dan dengan pemijaran pada 800°C memberikan perolehan biodiesel tertinggi (87,05 dan 87,97%) dengan kadar sabun rendah (0,23-0,26%). Karakteristik biodiesel dengan penggunaan katalis abu sabut kelapa lebih sesuai dengan standar syarat mutu biodiesel yang ditetapkan oleh ASTM, prEN dan RSNI, dibandingkan penggunaan  $K_2CO_3$  komersial.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada

DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui Penelitian Fundamental tahun 2007 dan Universitas Syiah Kuala atas fasilitas laboratorium. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada saudari Fitri Soraya dan Selvi Diana atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian serta kepada staf Laboratorium XRD dan GC-MS, Jurusan Kimia Universitas Gajah Mada Yogyakarta atas bantuan karakterisasi katalis dan biodiesel.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Felizardo, P., Joana, M., Correia, N., Raposo, I., Mendes, J. F., Berkemeier, R., and Bordado, J. M., (2006), Production of biodiesel from waste frying oils, *Waste Management*, 26(5), pp. 487-494.
- Furuta, S., Matsuhashi, H., and Arata, K., (2006), Biodiesel fuel production with solid superacid catalysis under atmospheric pressure, *Catalysis Communications*, 5(12), pp. 721-723.
- Husin, H., Syamsuddin, Y., dan Mahidin, (2006), Minyak Jarak Menjadi Biodiesel Menggunakan Katalis Abu Tandan Sawit Kosong, *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian*, Universitas Syiah Kuala.
- Toda, M., Takagaki, A., Okamura, M., Kondo, J. M., Hayashi, S., Domen, K., and Hara, M., (2005), Biodiesel made with sugar catalyst, *Nature*, 438, pp. 178.
- Zahrina, I., (2000), Transersterifikasi CPO menjadi Metil Ester, *Tesis Magister*, ITB, Bandung.
- Zullaikha, S., Chao, C. L., Ramjan, S. V., and Yi-Hsu, J., (2005), A two-step acid-catalyzed process for the production of biodiesel from rice bran oil, *Bioresource Technology*, 96(17), pp. 1889-1896.