

## ***CORDIERITE* SEBAGAI KATALIS HETEROGEN PADA METANOLISIS MINYAK KELAPA (*COCONUT OIL*)**

**Taharuddin, Marhauser Tua, Novalin Silalahi**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Jl. Soemantri Brojonegoro No.1, Bandar Lampung 35143

### **Abstrak**

*Biodiesel adalah bahan bakar alternatif pengganti petrodiesel yang dibuat melalui reaksi transesterifikasi minyak nabati seperti CPO dan minyak kelapa. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi pengkonversian trigliserida dan alkohol menjadi FAME (Fatty Acid Metil Ester) dengan menggunakan katalis asam ataupun basa yang berfasa heterogen ataupun homogen.*

*Pada penelitian ini, direaksikan metanol dan minyak kelapa dengan menggunakan katalis heterogen yang bersifat asam yaitu Cordierite.*

*Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kinerja Cordierite sebagai katalis dalam metanolisis minyak kelapa menjadi biodiesel. Variabel yang diteliti adalah jumlah katalis yang divariasikan 5 %, 10 %, dan 15 % berat minyak kelapa yang diumpangkan, ukuran katalis yang divariasikan yaitu +600-300  $\mu\text{m}$ , +300 -150  $\mu\text{m}$  dan +150-75  $\mu\text{m}$ , serta suhu sintering pembuatan cordierite yaitu 600 °C, 750 °C, dan 900 °C.*

*Dari hasil penelitian ini diperoleh untuk jumlah katalis 10 % dari berat minyak dan ukuran katalis +600-300  $\mu\text{m}$  diperoleh nilai konversi tertinggi sebesar 88,52 %. Kemudian untuk jumlah katalis 10 % dari berat minyak dan suhu sintering pembuatan cordierite 600 °C diperoleh nilai konversi tertinggi sebesar 74,28 %.*

**Kata kunci :** *biodiesel; cordierite; katalis heterogen; metanolisis; transesterifikasi.*

### **1. Pendahuluan**

Minyak bumi merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, sehingga semakin lama persediaannya akan semakin berkurang. Oleh karena itu, usaha untuk mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui (renewable) sangat diperlukan untuk mendukung aktivitas manusia dan dunia industri. Salah satu sumber energi alternatif yang saat ini banyak dikembangkan adalah *fatty acid methyl ester (FAME)* yang lazim dikenal dengan nama biodiesel.

Menurut Hambali, et al.(2006), bila dibandingkan dengan bahan bakar solar, biodiesel bersifat lebih ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik yaitu bebas sulfur dan angka setana (cetane number) lebih tinggi dari 60 sehingga efisiensi pembakaran lebih baik, dapat diperbaharui (renewable), dapat terurai (biodegradable), mampu mengeliminasi efek rumah kaca dan kontinuitas ketersediaan bahan baku terjamin.

Biodiesel dapat dibuat baik secara *batch* ataupun kontinyu, melalui reaksi transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani yang mengandung trigliserida yang kemudian direaksikan dengan alkohol. Dalam penelitian ini, alkohol yang digunakan adalah metanol sehingga reaksinya disebut juga metanolisis. Reaksi metanolisis adalah pengkonversian trigliserida yang terkandung dalam minyak menjadi *Fatty Acid Methyl Ester (FAME)* dan produk samping berupa gliserol.

Reaksi transesterifikasi berlangsung lambat sehingga diperlukan katalis untuk mempercepat reaksi. Menurut Bode Haryanto, 2002, katalis yang tepat digunakan untuk mengkonversi minyak nabati menjadi biodiesel adalah katalis heterogen yaitu katalis yang berbeda fasa dengan reaktan dan produknya untuk memudahkan proses pemisahannya. Katalis yang sering digunakan adalah ZSM-5. Penyusun utama senyawa ini adalah Si dan Al. Namun harga katalis ini sangat mahal sehingga peneliti mencoba mencari alternatif katalis lain yang mengandung unsur tersebut. Selain itu umur katalis tersebut tidak bertahan

lama, sehingga diperlukan unsur lain yang dapat menunjang katalis ini sehingga umur pemakaiannya dapat lebih lama. Banyak peneliti menggunakan unsur-unsur alkali sebagai penunjang katalis ini seperti Na dan K, namun hasilnya tidak sesuai dengan yang diharapkan karena ternyata unsur-unsur alkali larut dalam alkohol. Berbeda dengan unsur alkali tanah, unsur-unsur alkali tanah tidak mudah larut dalam alkohol dan tidak lebih reaktif dengan unsur-unsur alkali. Oleh sebab itu peneliti memilih Mg yang merupakan unsur alkali tanah sebagai penunjang dari katalis ini.

Salah satu senyawa yang mengandung ketiganya adalah senyawa cordierite ( $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ ) dengan perbandingan Si : Al : Mg adalah 5 : 2 : 2. Unsur silika yang merupakan penyusun utama senyawa ini diperoleh dari sekam padi. Ketersediannya sangat banyak di Indonesia dengan tingkat pemanfaatan yang masih rendah. Sekam padi diketahui mengandung silika dengan jumlah yang cukup besar yaitu 60 %. Selain itu proses pengambilan silika dari sekam padi juga mudah.

## 2. Bahan Dan Metodologi Penelitian

Bahan yang dipakai pada penelitian ini yaitu sekam padi, larutan KOH, magnesium nitrat, aluminium nitrat, aquades, amonia, minyak kelapa, dan metanol.

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yang terbagi pada 2 tahap, yaitu (1) tahap persiapan katalis dan (2) tahap proses transesterifikasi. Kegiatan eksperimen ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

### 2.1. Tahap persiapan katalis

Tahap persiapan katalis ini terbagi menjadi 4 bagian, yaitu :

#### a. Tahap preparasi

Sekam padi dicuci terlebih dahulu dengan air panas, agar kotoran-kotoran (zat organik) yang larut dalam air seperti batang padi, tanah, pasir, dan debu dapat terlepas dari sekam padi. Setelah pencucian, sekam padi dikeringkan selama  $\pm 2$  hari dengan suhu  $35^\circ\text{C}$

#### b. Ekstraksi silika

Sekam padi yang telah dicuci dan dikeringkan di ekstraksi dalam larutan KOH 5 %. Sekam sebanyak 1050 gr dimasukkan kedalam *beaker glass*, kemudian diberi larutan KOH 5 % sebanyak 10500 ml, hingga sekam padi terendam. Sekam yang telah terendam larutan KOH dididihkan selama 30 menit sambil terus diaduk menggunakan batang pengaduk. Setelah uap panasnya hilang rebusan sekam ditutup dengan aluminium foil dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian dilakukan pemisahan ampas sekam dari ekstrak sekam dengan menggunakan corong *bucher*. Proses ekstraksi silika akan menghasilkan silika yang berbentuk larutan (sol).

#### c. Sintesis Cordierite

Sintesis *cordierite* dilakukan dengan bahan dasar  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , dan silika sol hasil ekstraksi sekam padi dengan perbandingan 2 : 2 : 5 menggunakan pelarut air bebas ion (*aquades*) dan *ammonia* ( $\text{NH}_3$ ). Larutan *magnesium nitrat* dan *aluminium nitrat* dihidrolisis dengan menggunakan *aquades*, kemudian kedua larutan di aduk dan ditambahkan dengan *ammonia* ( $\text{NH}_3$ ) sambil terus diaduk pada temperatur ruang agar larutan homogen. Selanjutnya, larutan dipanaskan pada suhu  $\pm 253$  K hingga mencapai pH 3,2 dan larutan terlihat jernih serta transparan. Hasil campuran ini menghasilkan komponen *magnesia-alumina*. Larutan yang diperoleh kemudian dicampurkan dengan larutan (sol) silika, sehingga akan terbentuk endapan berupa *gel*, *gel* ini diidentifikasi sebagai *cordierite gel*. *Cordierite gel* yang diperoleh kemudian dipanaskan pada suhu  $90^\circ\text{C}$  sambil diaduk terus menerus sampai terbentuk *dry gel* dan akhirnya membentuk bubuk *cordierite*. Setelah itu dihaluskan dengan menggunakan *mortal* dan *paste* sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

#### d. Sintering

Proses sintering dilakukan dengan menggunakan tungku pembakaran (*furnace*) listrik yang dapat diatur suhunya sesuai dengan yang diinginkan. Sintering dilakukan selama 1 jam, *Cordierite* siap digunakan sebagai katalis dalam metanolisis minyak kelapa.

### 2.2. Tahap Proses Transesterifikasi

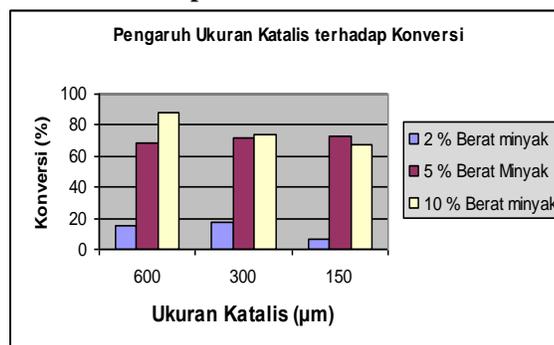
Reaksi transesterifikasi dilakukan pada sebuah reaktor yang dilengkapi dengan pemanas, pendingin, dan sistem pengadukan, dalam hal ini adalah labu leher tiga. Mula-mula reaktor diisi dengan campuran minyak kelapa dan metanol dengan rasio 1 : 24 serta katalis sesuai

dengan jumlah yang divariasikan. Kemudian dilakukan pemanasan sampai tercapainya temperatur operasi yang diinginkan sambil diaduk dengan kecepatan maksimum. Reaksi dilakukan selama  $\pm$  120 menit. Kemudian produk yang diperoleh didinginkan didalam labu Erlenmeyer sambil mengendapkan katalis. Selanjutnya produk keluaran reaktor yang sudah terbebas dari katalis dipindahkan kedalam corong pemisah.

Pada corong pemisah, produk keluaran reaktor didiamkan selama 12 jam untuk mencapai pemisahan yang sempurna antara dua fasa cair (Marwan, 2006). Cairan bagian atas (lapisan Ester) dipisahkan dari cairan bagian bawah (lapisan Gliserol). Cairan bagian bawah dialirkan keluar sehingga diperoleh cairan ester yang tertinggal dalam corong pemisah. Pada cairan ini masih terdapat metanol yang tidak bereaksi, sehingga untuk menghilangkan kandungan metanol yang masih terdistribusi dalam lapisan ester ini perlu dilakukan pemanasan ( $80^{\circ}\text{C}$ ) selama 30 menit sehingga diperoleh lapisan ester yang terbebas dari metanol yang tidak bereaksi.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Pengaruh Ukuran Katalis Terhadap Konversi



Gambar 3.1. Diagram Pengaruh Ukuran Katalis Terhadap Konversi

Pada jumlah katalis 2 % berat minyak, ukuran katalis tidak terlalu berpengaruh pada perolehan nilai konversi, hal itu bisa dilihat dari nilai konversi yang tidak terlalu besar, dimana konversi terbesar yang dihasilkan adalah 17,08 % pada ukuran katalis +300-150  $\mu\text{m}$ . Hal ini disebabkan karena jumlahnya terlalu sedikit dalam proses pengkonversian minyak kelapa menjadi biodiesel sehingga hasil yang diperoleh pun tidak terlalu besar.

Untuk katalis dengan 5 % berat minyak, ukuran katalis memberikan kecenderungan peningkatan nilai konversi dimana konversi naik dari 68,39 % pada ukuran katalis +600-300 menjadi 71,95 % pada ukuran katalis +300-150  $\mu\text{m}$  dan naik lagi menjadi 72,57 % pada ukuran katalis +150-75  $\mu\text{m}$ . Hal ini menandakan bahwa semakin kecil ukuran katalis memberikan luas permukaan yang semakin besar dan mengakibatkan besarnya nilai konversi.

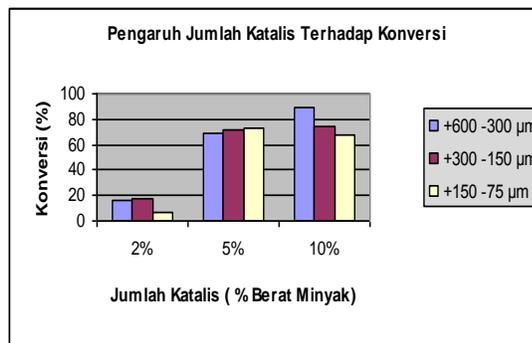
Tetapi berbeda untuk berat katalis 10 % berat minyak, ukuran katalis memberikan penurunan nilai konversi, dimana untuk ukuran katalis +600-300  $\mu\text{m}$  konversi turun dari 88,52 % menjadi 74,02 % pada ukuran katalis +300-150  $\mu\text{m}$  dan turun lagi menjadi 67,62 % pada ukuran katalis +150-75  $\mu\text{m}$ . Hal ini mungkin dikarenakan fasa aktif katalis yang semakin berkurang sehingga kesempatan terjadinya reaksi antara trigliserida dengan metanol semakin berkurang pula, yang selanjutnya mendorong pada penurunan nilai konversi.

Fasa aktif katalis yang berkurang ini mungkin disebabkan karena pada saat sintering dengan suhu tinggi terjadi penyusutan volume katalis yang menyebabkan mengecilnya ukuran dari pori katalis sehingga reaktan yang dalam hal ini adalah trigliserida yang tersusun atas asam lemak yang memiliki ukuran molekul yang berbeda-beda atau lebih besar dari pori katalis tidak dapat masuk kedalam pori katalis tetapi yang lebih kecil dari pori katalis dapat masuk dan bereaksi membentuk produk (Fogler, 1999).

Kemungkinan lain disebabkan pada suhu sintering tinggi, *site* aktif katalis ada yang rusak atau tidak aktif lagi sehingga dapat mempengaruhi hasil reaksi karena *site* aktif katalis merupakan suatu titik dalam katalis tempat reaksi berlangsung, dan bila itu rusak maka kemampuan katalis itu sebagai media reaksi akan berkurang pula sehingga reaktan tidak banyak terkonversi

menjadi produk yang pada akhirnya membuat konversi yang dihasilkan menjadi kecil (Fogler, 1999).

### 3.2. Pengaruh Jumlah Katalis terhadap Konversi



Gambar 3.2. Diagram Pengaruh Jumlah Katalis terhadap Konversi

Dari diagram 3.2 diatas terlihat bahwa jumlah katalis 2 % berat minyak nilai konversinya lebih kecil dibandingkan dengan jumlah katalis 5 % dan 10 % berat minyak, hal ini menandakan bahwa jumlah katalis 2 % berat minyak jumlahnya belum mencukupi untuk mendapatkan nilai konversi yang besar. Secara umum kenaikan konversi terjadi seiring dengan kenaikan jumlah katalis. Misalnya untuk ukuran katalis +600-300  $\mu\text{m}$  terjadi kenaikan konversi reaksi pada jumlah katalis 2 % berat minyak sebesar 15,70 % menjadi 68,39 % pada jumlah katalis 5 % berat minyak, dan meningkat lagi menjadi 88,52 % untuk jumlah katalis 10 % berat minyak. Hal yang sama terjadi pula pada ukuran katalis +300-150  $\mu\text{m}$  memberikan kecenderungan bentuk yang sama dengan ukuran katalis +600-300  $\mu\text{m}$ .

Meningkatnya konversi ini dimungkinkan terjadi karena pada kondisi ini keaktifan katalis untuk melakukan reaksi hidrolisis cenderung meningkat sehingga berpengaruh pada pembentukan FFA, dengan semakin banyaknya FFA yang diperoleh dan aktifnya katalis dapat menyebabkan banyaknya FFA yang bereaksi untuk membentuk metil ester, sehingga pada kondisi operasi ini diperoleh kadar metil ester yang semakin meningkat dan akhirnya berpengaruh pada peningkatan konversi (Taharuddin, et al., 2007).

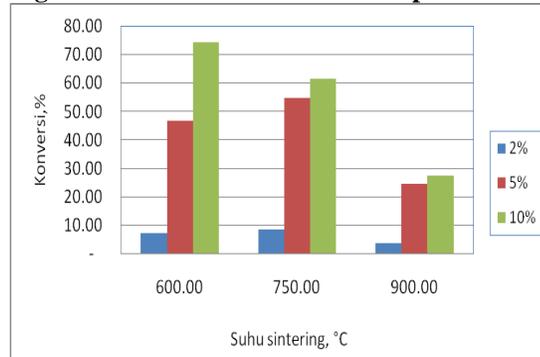
Tetapi berbeda untuk ukuran katalis +150-75  $\mu\text{m}$  karena adanya penurunan nilai konversi yaitu pada jumlah katalis 5 % berat minyak sebesar 72,57 % menurun menjadi 67,62 % untuk jumlah katalis 10 % berat minyak. Hal ini mungkin disebabkan karena pada kondisi operasi ini keaktifan katalis cenderung menurun sehingga menyebabkan rendahnya FFA dan akan menyebabkan rendahnya pula kadar metil ester dan konversi yang didapat karena dalam reaktor hanya tersedia sedikit FFA yang dapat bereaksi membentuk metil ester, sehingga konversi yang dihasilkanpun akan mengalami penurunan (Taharuddin, et al., 2007).

Candra (2000) mempelajari konsentrasi katalis zeolit pada reaksi transesterifikasi untuk pembuatan biodiesel dari minyak jarak. Ia menyimpulkan bahwa konversi minyak jarak menjadi ester akan optimal dengan konsentrasi katalis pada batas konsentrasi katalis tertentu, konversi tidak lagi bertambah walaupun faktor tadi ditingkatkan.

Sedangkan Ilgen O., Akin A.N., dan Boz N. (2007), mengatakan bahwa peningkatan jumlah katalis akan memberikan penurunan jumlah konversi. Hal itu terlihat dari hasil penelitiannya dimana pada jumlah katalis 3 % berat dengan konversi 66,67 % turun menjadi 63 % pada jumlah katalis 4,5 % berat. Hal ini sesuai dengan penelitian yang kami lakukan, dimana pada ukuran katalis +150-75  $\mu\text{m}$  terjadi penurunan nilai konversi seiring dengan peningkatan jumlah katalis.

Konversi tertinggi yang dicapai untuk variasi jumlah katalis pada penelitian ini dicapai pada jumlah katalis 10 % berat minyak dan ukuran katalis +600-300  $\mu\text{m}$  yaitu sebesar 88,52 %.

### 3.3. Pengaruh Suhu Sintering Pembuatan Cordierite Terhadap Konversi



3.3. Diagram Pengaruh Suhu Sintering Pembuatan Cordierite Terhadap Konversi

Terlihat bahwa, untuk setiap variasi suhu sintering pembuatan *cordierite*, konversi yang dihasilkan dengan jumlah katalis 2% dari berat minyak yang diumpangkan tidak lebih dari 10%. Dapat dikatakan bahwa jumlah katalis ini terlalu sedikit, sehingga kurang mampu mempercepat reaksi metanolisis minyak kelapa seperti yang diharapkan. Berbeda dengan dua variasi jumlah katalis lainnya yang memberikan nilai konversi yang hampir sama untuk setiap variasi suhu sintering pembuatan *cordierite*.

Dalam penelitian ini, dilakukan variasi suhu sintering sebanyak tiga kali yakni pada suhu 600°C, 750°C dan 900°C. Terlihat dari grafik bahwa secara umum, konversi justru menurun dengan peningkatan suhu sintering. Dengan kata lain, peningkatan suhu sintering cenderung memberikan respon yang negatif terhadap konversi.

Untuk jumlah katalis 10% dari berat minyak yang diumpangkan, konversi menurun sebesar 6,9% pada saat suhu sintering pembuatan *cordierite* dinaikkan dari 600°C menjadi 750°C. Penurunan nilai konversi terus berlangsung pada saat suhu sintering pembuatan *cordierite* dinaikkan menjadi 900°C yaitu sebesar 33,74%.

Penurunan nilai konversi ini diduga disebabkan karena apabila suhu sintering dinaikkan akan menyebabkan penyusutan volume sehingga densitasnya akan meningkat. Peningkatan densitas ini akan menyebabkan perubahan dari struktur fasa *amorph* menjadi struktur fasa kristal. Selain itu, peningkatan densitas akan menyebabkan semakin mengecilnya ukuran pori *cordierite*, hal inilah yang diduga menjadi penyebab utama menurunnya nilai konversi. Dimana semakin kecil ukuran pori ada kemungkinan reaktan tidak bisa masuk kedalam pori sehingga reaksi tidak dapat berjalan dengan baik yang berakibat menurunnya nilai konversi.

Konversi tertinggi yang dicapai untuk variasi jumlah katalis pada penelitian ini dicapai pada jumlah katalis 10 % berat minyak dan suhu sintering pembuatan katalis 600°C yaitu sebesar 74,28 %.

#### 4. Kesimpulan

1. *Cordierite* dapat digunakan sebagai katalis dalam proses metanolisis minyak kelapa (*Coconut Oil*) menjadi biodiesel.
2. Konversi tertinggi pada penelitian ini dicapai pada jumlah katalis 10 % berat minyak dan ukuran katalis +600-300  $\mu\text{m}$  yaitu sebesar 88,52 % serta pada jumlah katalis pada 10 % berat minyak dan suhu sintering pembuatan katalis 600°C yaitu sebesar 74,28 %.
3. Peningkatan suhu sintering pembuatan *cordierite* memberikan respon yang negatif terhadap konversi reaksi metanolisis minyak kelapa

#### Daftar Pustaka



- Fessenden Ralp. J., Fessenden Joan. S., (1995), "Kimia Organik Jilid 2", Erlangga, Jakarta.
- Freedman, B. et al., (1984), "Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils", Jurnal American Oil Chemist Society.
- Fogler, H. Scot., (1999), "Elements Of Chemical Reaction Engineering", Prentice Hall PTR, New Jersey.
- Gerpen J. Van, et al., (2004), "Biodiesel Production Technology", NREL, Colorado.
- Haryanto, Bode., (2002), "Bahan Bakar Alternatif Biodiesel", Jurusan Teknik Kimia Universitas Sumatra Utara, Sumatera Utara.
- Ilgen O., Akin A.N., Boz N., (2007), "Investigation on the Esterification of Fatty Acid Catalyzed by the  $H_3PW_{12}O_{40}$  Heteropolyacid", Universidade Federal de Vicosa, Brazil.
- Kanani, Nufus., (2006), "Pembuatan Biodiesel dari Crude Palm Oil dengan Menggunakan Continous Stirer Tank Reactor", Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Kirk R.E. and Othmer., (1980), "Encyclopedia of Chemical Technology, 2<sup>nd</sup> edition", A Wiley Interscience Publication, John Wiley and Sons Co, New York.
- Ma Fangrui Hanna, et al., (1999), "Biodiesel production " *A Review*. Elsevier Science B.V.
- Marwan,dkk., (2006), "Etanolisis Minyak Sawit Dengan Katalis  $CaCO_3$  Untuk Produksi Biodiesel", Jurusan Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Sabatier, Paul.,(1922), "Catalysis In Organic Chemistry", University Of California, USA.
- Safa, Mona., (2007), "Metanolisis CPO Secara Kontinyu Menggunakan Novel Stirred Fix Bed Reactor", Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Siswoyo, Heri., (2006), "Pembuatan Biodiesel dari Crude Palm Oil dengan Menggunakan Fix Bed Reaktor secara Kontinyu", Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Soerawidjaja, T. H., (2005), "Menggagas Kebijakan Pengembangan Biodiesel di Indonesia", Prosiding Seminar Pelaksana Bisnis Industri Hilir Kelapa sawit, Serpong.
- Taharuddin, Rustamaji H, Kanani N., (2007), "Metanolisis CPO Dengan Menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB/CSTR) Pada Pembuatan Biodiesel Secara Kontinyu",. International Seminar on Green Technology and Engineering, Universitas Malahayati.
- US Department of Energy., (2001), "Clean Cities-Alternative fuel Information Series", USA.
- Zajdlwicz, J. David., (2001), "Development of A Continuous Biodiesel Process –by Investigation Into Possible Heterogenous Catalyst".
- <http://chem-is-try.org>.



SEMINAR REKAYASA KIMIA DAN PROSES, 4-5 Agustus 2010  
ISSN : 1411-4216