



## **SINTESA KATALIS SUPER ASAM $SO_4^{2-}/ZnO$ UNTUK PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA SAWIT**

**Inshani Utami, Roikhatus Solikhah, I. Istadi<sup>\*</sup>**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jln. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

### **Abstrak**

*Permasalahan energi merupakan permasalahan global yang harus dihadapi semua negara di dunia. Kenaikan harga minyak dan persediaannya yang terus menipis mendorong setiap negara untuk mengembangkan energi alternatif baru yang terbarukan. Salah satu energi alternatif terbarukan yang marak dikembangkan saat ini adalah biodiesel. Pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan menggunakan minyak tanaman atau tumbuhan sebagai bahan baku dengan didukung katalis homogen, heterogen atau katalis enzim. Pada penelitian ini digunakan minyak kelapa sawit sebagai bahan utama yang akan direaksikan dengan methanol dan sebagai katalis digunakan katalis heterogen  $SO_4^{2-}/ZnO$  dengan variabel berubah yang digunakan adalah lama waktu reaksi (1, 2.5 dan 4 jam) dan rasio berat katalis/minyak (4, 6, dan 8%). Penelitian ini dimulai dengan pembuatan katalis  $SO_4^{2-}/ZnO$  kemudian dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi antara minyak kelapa sawit dengan methanol. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini antara lain katalis heterogen super asam  $SO_4^{2-}/ZnO$  dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel, kondisi optimum pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit dengan katalis  $SO_4^{2-}/ZnO$  adalah pada rasio katalis/minyak 3,8 selama 2,5 jam dan dengan yield 78% dan semakin lama waktu reaksi transesterifikasi, semakin tinggi pula % yield metal ester yang dihasilkan, sedangkan semakin banyak katalis yang tambahkan semakin rendah yield yang dihasilkan.*

**Kata kunci :** *biodiesel; katalis asam; minyak kelapa sawit;  $SO_4^{2-}/ZnO$*

### **Abstrac**

*The issue of energy is a global issue that must be discussed by all countries in the world. Rising oil prices and a dwindling supply push every country to develop new renewable energy alternatives. One of this alternative energy is biodiesel. The biodiesel production can be done by using vegetable oil as the raw material over supported homogeneous catalyst, heterogeneous catalyst and enzymatic catalyst. In this study the use of palm oil as the main material to be reacted with methanol and the catalyst used as heterogeneous catalysts  $SO_4^{2-}/ZnO$  by changing variables used are long reaction times (1, 2.5 and 4 hours) and the weight ratio of catalyst / oil (4, 6, and 8). The study began with the preparation of catalyst  $SO_4^{2-}/ZnO$  followed by a transesterification reaction between palm oil with methanol. The results of this study showed that the super acid catalyst  $SO_4^{2-}/ZnO$  can be used in making biodiesel. Optimum operating condition for this catalytic reaction is the weight ratio of catalyst/oil 3,8 during 2,5 hours with 78% yield of the resulting ester metal. Longer time of the transesterification reaction, the higher the % yield of the resulting ester metal, while adding more catalyst produced the lower theyield.*

**Keywords :** *biodiesel; acid catalyst; palm oil;  $SO_4^{2-}/ZnO$*

### **1. Pendahuluan**

Sumber bahan minyak yang selama ini digunakan berasal dari sumber bahan bakar fosil yang tergolong sumber daya tidak terbarukan (unrenewable). Sementara penggunaan BBM yang cenderung meningkat sangat berpotensi menimbulkan krisis energi pada masa yang akan datang. Oleh karena itu, untuk mengurangi ketergantungan pada BBM perlu diadakan diversifikasi energi dengan cara mencari energi alternatif yang terbarukan (renewable). Salah satunya adalah energi alternatif yang berasal dari minyak tanaman / tumbuhan atau yang sering disebut sebagai bahan bakar nabati (Sibuea, 2003). Biodiesel merupakan BBN yang dikembangkan saat ini.

<sup>\*</sup>)Penulis Penanggung Jawab (Email: [istadi@undip.ac.id](mailto:istadi@undip.ac.id))

Pada proses pembuatan biodiesel dari minyak tumbuhan dengan alkohol dapat menggunakan beberapa jenis katalis diantaranya, katalis homogen (Freedman dkk., 1984; Schuchardt dkk., 1995; Ma dkk., 1999; Antolin dkk., 2002; Leung dkk., 2006), katalis heterogen (Suppes dkk., 2001; Furuta dkk., 2004; Lopez dkk., 2005; Jitputti dkk., 2006; Saito dkk., 2009) serta katalis enzim (Uosukainen dkk., 1999; Kaieda dkk., 1999, 2001; Shimada dkk., 2002). Namun, pada proses pembuatan biodiesel dengan katalis homogen memiliki beberapa kelemahan, diantaranya pemisahan katalis dari produk dan sisa reaktan susah dilakukan. Selain itu, terbentuk produk samping berupa sabun yang juga sulit untuk dipisahkan dari produk utama. Hal tersebut dikarenakan senyawa-senyawa yang akan dipisahkan memiliki fase yang sama. Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut, dikembangkan proses pembuatan biodiesel menggunakan katalis heterogen (padat).

Selain itu, ada tiga kategori untuk membuat biodiesel yaitu katalis basa, asam dan enzim. Pada proses pembuatan biodiesel berkatalis basa, asam lemak akan bereaksi dengan katalis membentuk sabun melalui reaksi penyabunan, sehingga efektifitas katalis akan menurun dan kondisi tersebut juga akan menurunkan *yield* ester dan mempersulit proses pemisahan (Canacki,1999). Sementara itu, pada proses pembuatan biodiesel dengan katalis asam tidak ditemukan persoalan tersebut. Oleh karena itu, dalam penelitian pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit ini akan digunakan katalis super acid dengan sistem impregnasi yang akan menjadi alternatif lain katalis padat yaitu  $\text{SO}_4^{2-}/\text{ZnO}$  sehingga dapat meningkatkan *yield* produk biodiesel.

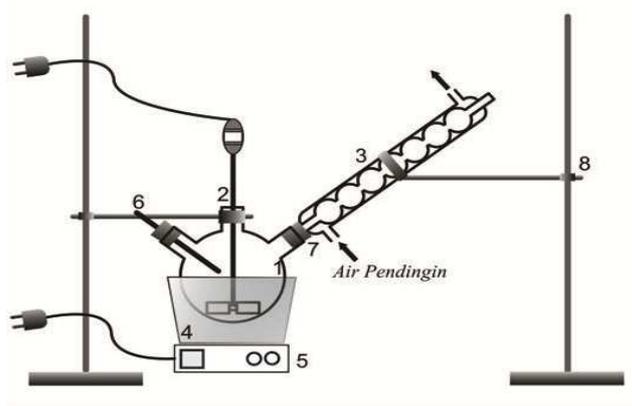
Penelitian ini bertujuan untuk dapat membuat katalis  $\text{SO}_4^{2-}/\text{ZnO}$  dan menguji kelayakan katalis tersebut untuk pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit serta dapat mengetahui kondisi operasi optimum pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit dengan katalis  $\text{SO}_4^{2-}/\text{ZnO}$  dan mengetahui pengaruh kondisi operasi pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit terhadap *yield* biodiesel. Penelitian diawali dengan pembuatan katalis  $\text{SO}_4^{2-}/\text{ZnO}$  dengan metode penumpangan yang dilanjutkan proses transesterifikasi heterogen antara minyak kelapa sawit dan methanol dengan katalis  $\text{SO}_4^{2-}/\text{ZnO}$ .

## 2. Bahan dan Metode Penelitian (atau Pengembangan Model bagi yang Simulasi/Permodelan)

Penelitian ini menggunakan minyak kelapa sawit (Bimoli) dan methanol (Merck, 99.9%) sebagai bahan utama pembuatan biodiesel, sedangkan katalis yang digunakan adalah katalis  $\text{SO}_4^{2-}/\text{ZnO}$  yang dibuat dari  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  powder (Merck, 99.5%) dan asam sulfat (Merck, 95-97%).

Dalam penelitian ini digunakan labu leher tiga yang bertindak sebagai reaktor dimana reaksi transesterifikasi terjadi. Pada labu leher tiga tersebut dilengkapi dengan pengaduk, kondensor reflux dan thermometer. Rangkaian tersebut diletakkan di dalam water bath yang berada di atas pemanas. Setelah itu, rangkaian tersebut dilengkapi dengan klem dan statif. Pada ujung atas dan bawah kondensor refluxs dihubungkan dengan selang dimana selang pada bagian bawah dipompakan air sebagai pendingin yang akan keluar melalui selang pada ujung atas kondensor refluxs.

Sementara untuk mengidentifikasi keberadaan dan komposisi FAME produk biodiesel, digunakan alat GCMS-QP2010S Shimadzu (Laboratorium Kimia Organik FMIPA Universitas Gadjah Mada) dengan kolom : Rastek RXi-5MS, panjang : 30 meter dan gas pembawa : Helium.



**Gambar 1** Rangkaian Alat Transesterifikasi ((1) Labu leher tiga; (2) Pengaduk; (3) Kondensor refluxs; (4) Water bath; (5) Magnetic stirrer; (6) Thermometer; (7) Karet Sumbat; (8) Statif dan klem)

## 3. Hasil dan Pembahasan

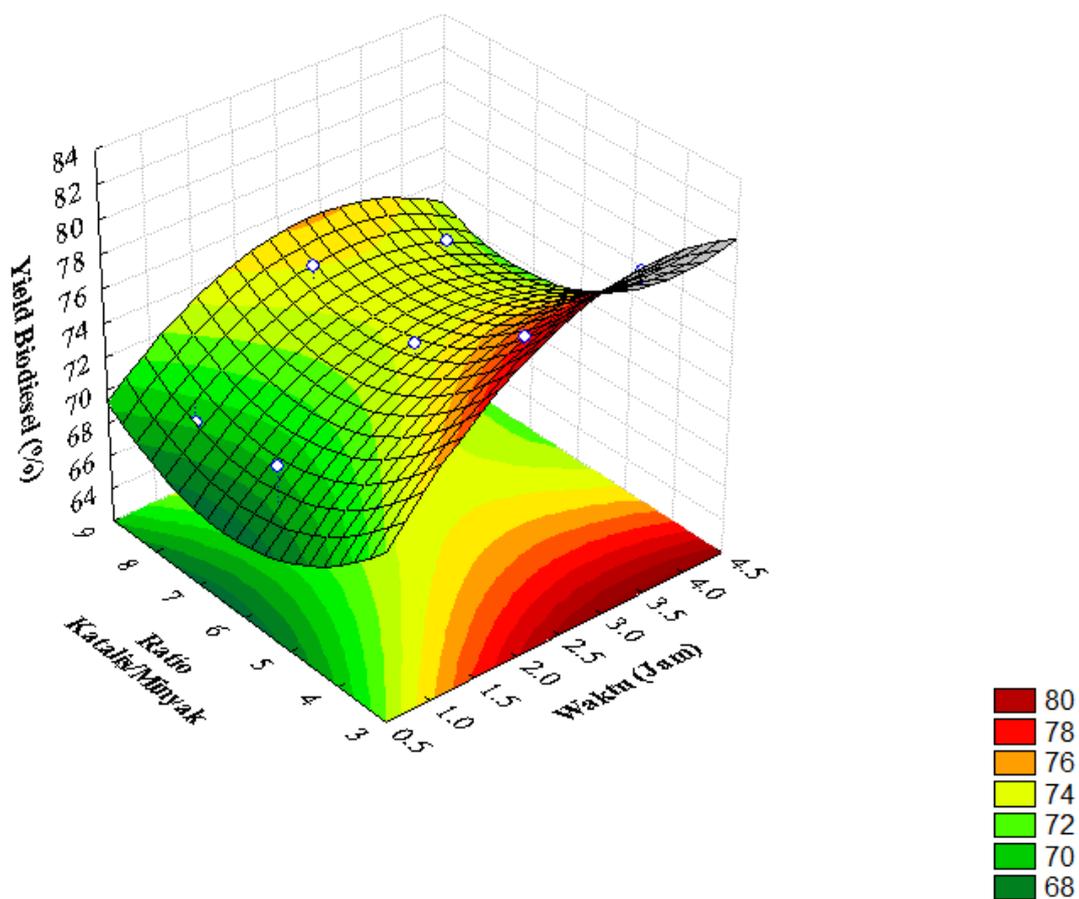
**Optimasi Parameter Proses**

Pada penelitian ini, variabel tetap yang digunakan yaitu rasio mol minyak kelapa sawit dan methanol, jenis katalis dan suhu reksi. Rasio mol minyak kelapa sawit dan methanol yaitu 1:6, sedangkan katalisnya  $SO_4^{2-}/ZnO$  yang dilakukan pada suhu 65-70<sup>0</sup> C. Hasil penelitian yang meliputi run percobaan, variabel bebas, dan variabel bergantung disusun berdasarkan *Central Composite Design* ditunjukkan pada Tabel1.

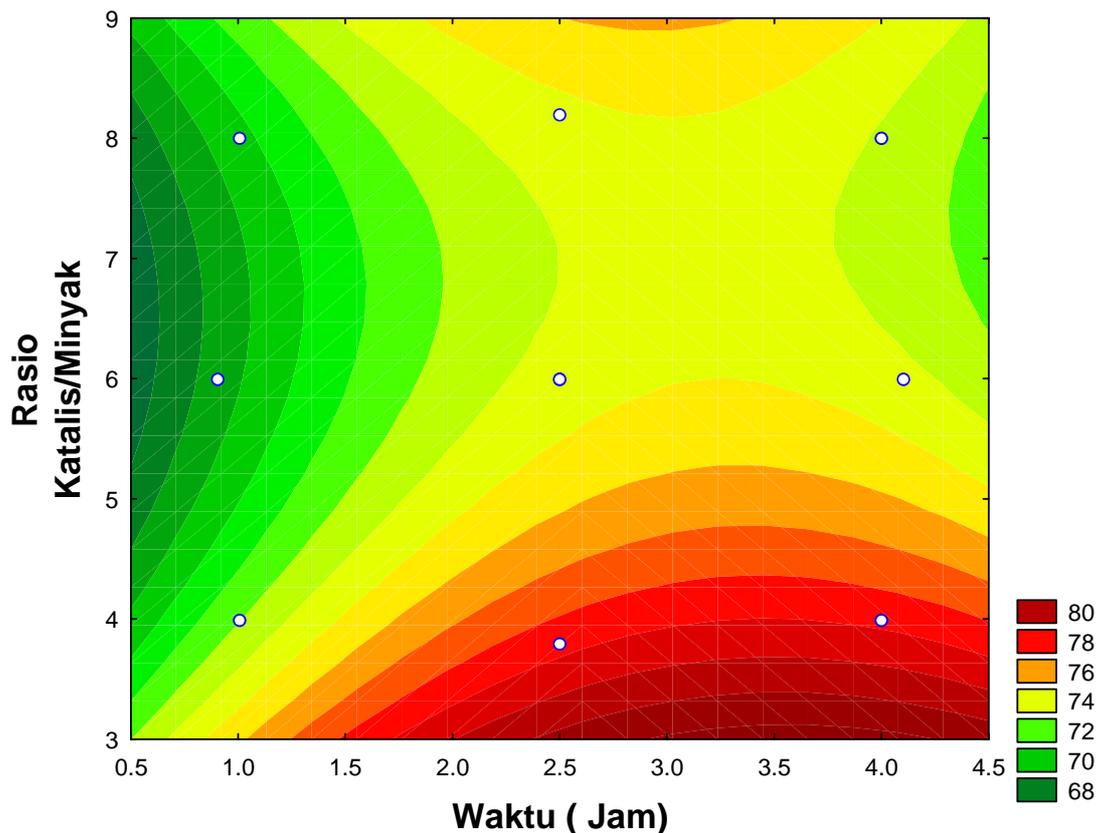
**Tabel 1** Hasil Penelitian Pengaruh Waktu dan Rasio Katalis/Minyak terhadap Yield Biodiesel

RUN	Variabel Bebas		Variabel Bergantung
	Waktu , X <sub>1</sub> ( jam )	Rasio Katalis/Minyak, X <sub>2</sub>	Yield Biodiesel, Y <sub>1</sub> (%)
1	1	4	71,1
2	1	8	68,7
3	4	4	78,1
4	4	8	73,1
5	0,9	6	70,1
6	4,1	6	72,7
7	2,5	3.8	78.0
8	2,5	8.2	74,4
9	2,5	6	72,3
10	2,5	6	73,7

Hubungan antara waktu dan rasio katalis/minyak terhadap yield produk FAME ditunjukkan pada Gambar 2 Kondisi operasi optimum dicari dengan melihat grafik optimasi 3 dimensi dan grafik kontur permukaan. Grafik optimasi 3 dimensi terdiri dari sumbu x, y, dan z, di mana sumbu x dan y merupakan variabel yang diujikan sedangkan sumbu z menunjukkan nilai yield yang dapat diraih dari interaksi dua variabel yang diujikan sehingga dari grafik optimasi 3 dimensi ini dapat dilihat nilai yield yang dapat dicapai dari interaksi 2 variabel yang diujikan dan serta kondisi optimalnya. Grafik kontur permukaan terdiri dari sumbu x dan y, di mana sumbu x dan y tersebut merupakan variabel yang diujikan. Pada grafik kontur permukaan tergambar daerah – daerah warna, sehingga dari grafik ini dapat dilihat titik – titik hasil interaksi dua variabel secara jelas, dimana interaksi yang paling optimal adalah yang berada di daerah yang berwarna merah paling tua.



**Gambar 2** Pengaruh Waktu Reaksi dan Rasio Katalis/Minyak terhadap Yield Biodiesel ( $R^2 = 0,92014$ )



**Gambar 3** Kontur Pengaruh Waktu Reaksi dan Rasio Katalis/Minyak terhadap Yield Biodiesel ( $R^2 = 0,92014$ )

**Pengaruh Waktu Reaksi**

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh bahwa semakin lama waktu reaksi maka yield biodiesel yang diperoleh semakin tinggi dengan perbandingan rasio katalis/minyak yang sama. Yield tertinggi yaitu 78,1% pada waktu 4 jam. Semakin lama waktu reaksi maka semakin besar terbentuknya yield metil ester. Semakin lama waktu reaksi maka kontak antara bahan baku dalam proses transesterifikasi biodiesel dari asam lemak bebas dan metanol akan semakin lama dan memberikan peluang bahan baku terkonversi menjadi produk sehingga diperoleh harga yield yang semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan persamaan : (Levenspiel, 1972)  $dC_A/dt = k [C_A]^a [C_B]^b$  .....(1)

Gambar 3 dapat digunakan untuk memperkirakan waktu reaksi optimum. Berdasarkan grafik optimasi 3 dimensi pada gambar 4.1 dan kontur permukaan pada gambar 4.2 tersebut diperoleh bahwa harga optimum variabel waktu reaksi yaitu 2,5 jam dengan yield 78%.

**Rasio Katalis/Minyak**

Berdasarkan hasil penelitian bahwa semakin sedikit jumlah katalis, yield yang diperoleh cenderung semakin tinggi. Hal ini ditunjukkan pada rasio katalis/minyak 3,8 diperoleh yield sebesar 78% lebih tinggi yieldnya dari pada rasio katalis/minyak sebesar 8. Padahal penambahan jumlah katalis akan meningkatkan kecepatan reaksi sehingga kemurnian biodiesel yang dihasilkan meningkat. Hal tersebut dikarenakan ketika jumlah katalis yang digunakan terlalu tinggi menyebabkan campuran katalis dan reaktan menjadi kental (viskositas besar) sehingga berdampak pada penurunan yield yang dihasilkan. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Ilgen, 2007 yang mengatakan bahwa Ketika katalis yang ditambahkan banyak, slurry (campuran antara katalis dan reaktan) terlalu kental, sehingga mengakibatkan masalah pada pencampuran dan akhirnya mempengaruhi terhadap harga yield.

Berdasarkan penelitian Zhu, 2006 bahwa pengaruh penambahan jumlah katalis menyebabkan turunnya % yield biodiesel, dengan bertambahnya jumlah katalis akan semakin banyak pula jumlah produk biodiesel yang teradsorb ke dalam katalis. Reaksi transesterifikasi minyak curcas jatropa menggunakan CaO sebagai katalis. Katalis tersebut harus diperlakukan dalam larutan ammonium

karbonat dan terkalsinasi pada temperature tinggi menghasilkan yield metal ester 93%. Penggunaan CaO sebagai katalis basa padat mempunyai banyak keuntungan, seperti tingginya aktivitas, kondisi reaksi yang ringan, masa hidup katalis yang panjang dan biaya yang rendah. Hal ini dikarenakan tidak dilakukan pencucian pada katalis untuk mendapatkan kembali biodiesel yang teradsorb.

**Analisa Varian**

Pengolahan data hasil penelitian menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM), yaitu penggabungan teknik matematika dan statistika yang berguna untuk pemodelan dan analisis problem yang mana respon yang diamati dipengaruhi oleh beberapa variabel dan bertujuan untuk mengoptimalkan respon ini. Penggunaan metode ini dapat menentukan rancangan percobaan dan menentukan optimalisasi terhadap hasil dari sebuah percobaan.

Berdasarkan hasil percobaan yang ditampilkan di Tabel 1 dapat diolah dengan Response Surface Methodology (RSM) dengan dibuat model matematika empirik dengan menggunakan teknik analisa regresi multi arah yang ditunjukkan oleh Persamaan (1).

$$Y_1 = 73,4280 + 2,2585 X_1 - 2,2511 X_2 - 1,7695 X_1 X_2 + 1,8765 X_1^2 - 0,650 X_2^2 \dots\dots\dots(2)$$

Simulasi dari model tersebut diuji dengan menggunakan ANOVA seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Analisa Varian

Sumber variasi	SS	df	MS	F-Value
SS regresi	77,11463	5	77,11463	45,939
SS error	6,71453	4	1,67863	
SS total	83,82916	9		
R <sup>2</sup>	0,92			

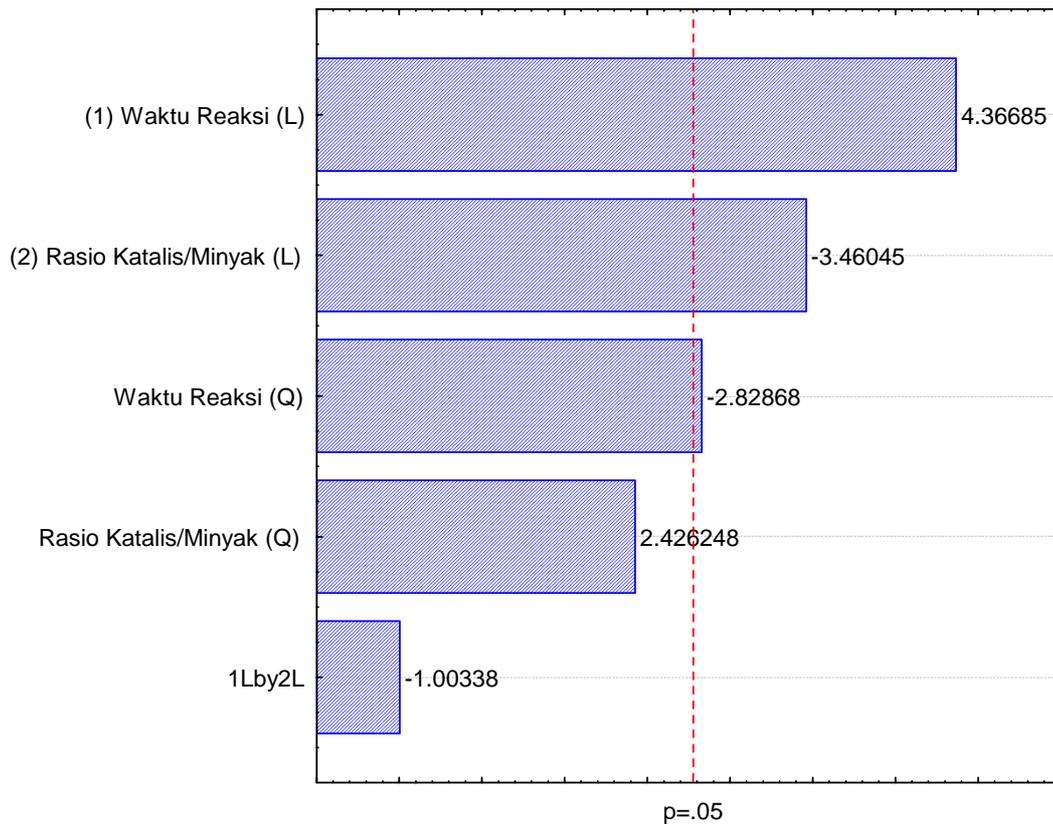
Hasil dari pencocokan model menunjukkan bahwa perhitungan F-value sebesar 45,93 lebih besar dibandingkan F-tabel ( $F_{0,05;5,4} = 6,26$ ), sehingga persamaan tersebut dapat digunakan untuk mensimulasi proses ini pada tingkat signifikansi 5%. Hasil dari pencocokan model dengan menggunakan model ANOVA diperoleh harga  $R^2 = 0,92$ . Dari harga  $R^2$  yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa  $R^2$  mendekati satu, sehingga model matematik yang diperoleh dapat mensimulasikan data hasil percobaan.

**Tabel 3** Efek Variabel Yield Produk Biodiesel

Faktor	t	p
Mean/Inter	89,76787	0,000000
(1) Waktu Reaksi (Jam) (L) ( $X_1$ )	4,36685	0,011998
Waktu Reaksi (Jam) (Q) ( $X_1^2$ )	-2,82868	0,047409
(2) Ratio Katalis/Minyak (% Berat) (L) ( $X_2$ )	-3,46045	0,025807
Ratio Katalis/Minyak (% Berat) (Q) ( $X_2^2$ )	2,42625	0,072273
1L by 2L ( $X_1 X_2$ )	-1,00338	0,372452

Signifikansi data hasil percobaan dapat dilihat dari efek masing-masing variabel yang ditentukan. Variabel yang berpengaruh ditentukan oleh harga efek **p** paling kecil dan harga **t** paling besar. Pada Tabel 3 diperoleh nilai p terkecil = 0,011998 dan t terbesar = 4,36685, jadi variabel yang paling berpengaruh adalah waktu reaksi yang kemudian diikuti oleh rasio katalis/minyak.

Selain melihat Tabel 3, efek dari variabel juga dapat dilihat dari Diagram Pareto. Diagram Pareto adalah sebuah distribusi frekuensi sederhana (histogram) dari data yang diurutkan berdasarkan kategori dari yang paling besar sampai yang paling kecil. Diagram ini didasarkan atas prinsip yang menyatakan bahwa ada banyak faktor yang mempengaruhi sesuatu tetapi hanya beberapa faktor penting saja yang diperhitungkan yakni faktor-faktor yang menimbulkan dampak yang paling berarti. Dengan menempatkan faktor-faktor yang sedang dikaji menurut urutannya, segera dapat dikenal faktor yang paling penting. Dengan demikian, Diagram Pareto dapat membantu dalam memusatkan upaya pada sesuatu yang paling penting saja (Purdiyanto, 2010). Berikut adalah Diagram Pareto hasil pengolahan data pada penelitian ini.

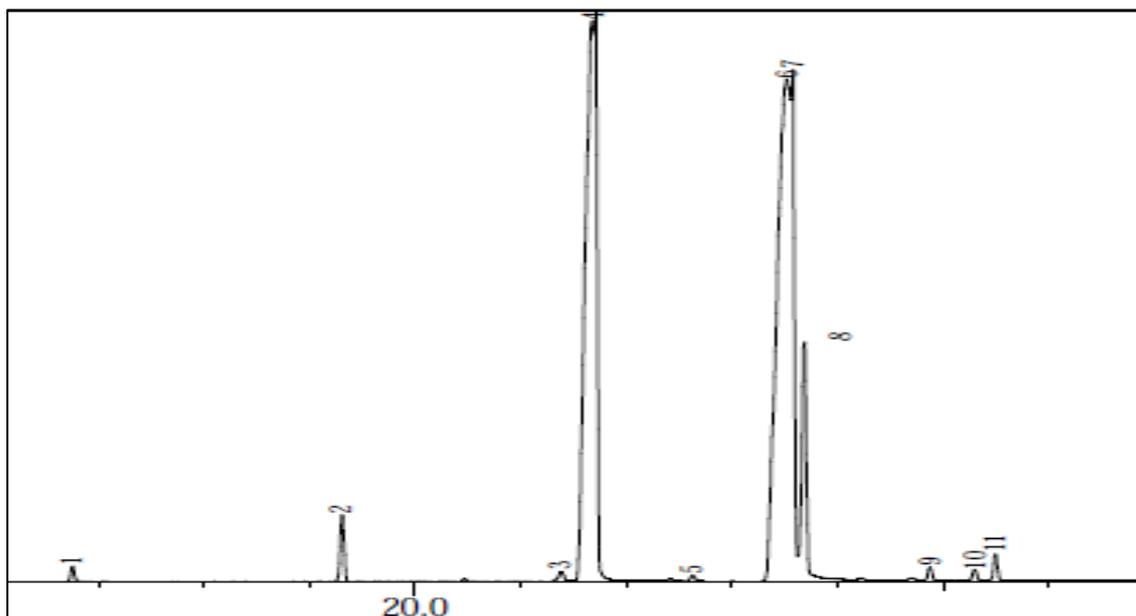


**Gambar 4** Diagram Pareto

Dari grafik Pareto, dapat dilihat bahwa harga efek variabel yang melewati garis  $p=0.05$  merupakan variabel yang berpengaruh terhadap yield biodiesel yaitu waktu reaksi (L) dan ratio katalis/minyak (Q). Harga efek dari variabel yg tidak melewati garis  $p=0.05$  merupakan variabel berpengaruh yang dapat diabaikan yaitu waktu reaksi (Q), ratio katalis/minyak (Q), dan interaksi dua variabel yaitu Waktu Reaksi (L) – Ratio Katalis/Minyak (L), karena pengaruhnya tidak mengakibatkan peningkatan yield yang signifikan, sehingga masing-masing variabel bisa dianalisis dan dioptimasi sendiri-sendiri.

#### **Karakterisasi Produk Biodiesel**

Berikut hasil analisa Metil Ester dengan menggunakan *Gas Chromatography - Mass Spectrometry* (GC-MS). Analisa ini dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya kandungan FAME (*Fatty Acid Metil Ester*) yield biodiesel.



**Gambar 5** Kromatogram Identifikasi Komponen Fatty Acid Methyl Ester dengan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)

Berdasarkan Gambar 5, area tertinggi tercapai pada peak 4. Peak empat terdiri dari hexadecanoic acid, methyl ester, methyl palmitate, methyl hexadecanoate, methyl n-hexadecanoate, uniphat A60, dan metholene, sedangkan waktu retensi pada peak tersebut yaitu 21, 681 min. Data lengkap hasil analisa GC-MS ditampilkan pada lampiran.

**Tabel 4** Identifikasi dan Komposisi Produk Biodiesel (FAME) Cair dengan GC-MS

Peak	Retention time (menit)	Komponen	Senyawa	Komposisi (%)
1	16,756	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	Dodecanoic Acid Methyl ester	0,34
2	19,311	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	Tetradecanoic Acid Methyl ester	1,59
3	21,385	C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	9- Hexadecenoic Acid Methyl ester	0,29
4	21,681	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	Hexadecanoic Acid Methyl ester	39,44
5	22,632	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	Heptadecanoic Acid Methyl ester	0,15
6	23,520	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	Octadecadienoic Acid Methyl ester	42,82
7	23,580	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	9- Octadecenoic Acid Methyl ester	7,46
8	23,689	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	Octadecanoic Acid Methyl ester	6,63
9	24,880	C <sub>15</sub> H <sub>28</sub> O	2,4,6 - trimethyl 11-Dodecen	0,35
10	25,302	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	Octadecenoic Acid Methyl ester	0,3
11	25,500	C <sub>21</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	Eicosanoic Acid Methyl ester	0,64

Berdasarkan tabel di atas, senyawa yang teridentifikasi pada peak ke-9 bukan merupakan senyawa *Fatty Acid Methyl Ester*, melainkan senyawa 2,4,6- trimetil 11- Dodecen sebesar 0,35 %. Keberadaan senyawa tersebut merupakan kontaminan yang masih diperbolehkan karena jumlahnya yang sedikit. Selain itu, kualitas biodiesel tidak ditentukan dari jenis senyawa yang terkandung di dalamnya, melainkan dari nilai densitas, viskositas, angka asam, angka setana dan sifat fisik bahan bakar diesel lainnya.

Berikut karakterisasi sifat fisik minyak kelapa sawit hasil percobaan dan literatur yang tertera pada Tabel 5.

**Tabel 5** Perbandingan Karakterisasi Minyak Kelapa Sawit

Karakteristik	Hasil Percobaan	Literatur
Densitas (mg/cm <sup>3</sup> )	0,888	0,91 (Wahyudi, 2010)
Viskositas (cst)	26,74	25-36 (Wahyudi, 2010)
Angka Asam	1,614	9,13 (Sakidja dkk, 2009)

Pada penelitian ini diambil pengukuran awal terhadap karakteristik minyak kelapa sawit yang merupakan bahan baku dalam pembuatan biodiesel berupa pengukuran densitas, viskositas, dan angka asam. Penurunan awal dilakukan untuk mengetahui adanya penurunan nilai densitas, viskositas dan angka asam setelah menjadi biodiesel. Dari hasil analisis minyak kelapa sawit awal didapatkan karakteristik yang tidak jauh berbeda dengan

literatur. Densitas 0,888 mg/cm<sup>3</sup>, literature 0,91; viskositas 26,74 cst, literatur 25-36 cst; dan angka asam 1,614, literature 9,13.

Berikut karakterisasi sifat fisik Biodiesel hasil percobaan dan SNI ( SNI 04-7182, 2006) yang tertera pada Tabel 6.

**Tabel 6** Perbandingan Karakterisasi Biodiesel

Karakteristik	Hasil Percobaan	SNI
Densitas (g/ml)	0,887	0,85 – 0,89
Viskositas Kinematis (Cst)	2,62	2,3 – 6,0
Angka Asam	0,051	Maks 0,8
Angka Setana	58,034	Min 51
Bilangan Iod	62,45	Maks 115
Angka Penyabunan	211,67	261,26

Tabel 6 menunjukkan bahwa karakteristik biodiesel hasil percobaan telah memenuhi karakteristik yang ditetapkan oleh SNI. Viskositas *biodiesel* sedikit tinggi tetapi masih memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI. Viskositas minyak dinyatakan oleh jumlah detik yang digunakan oleh volume tertentu dari minyak untuk mengalir melalui lubang dengan diameter kecil tertentu, semakin rendah jumlah detiknya berarti semakin rendah viskositasnya (Soerawidjaja,2003). Viskositas yang terlalu tinggi dapat memberatkan beban pompa dan menyebabkan pengkabutan yang kurang baik (Soerawidjaja,2003).

Angka setana pada minyak diesel dari minyak kelapa lebih tinggi dibandingkan dengan minyak diesel yang diolah dari penyulingan minyak mentah. Angka setana merupakan persen volume dari cetana dalam campuran cetana dan alpha-metyl naphthalene yang mempunyai mutu penyalaaan yang sama dengan bahan bakar yang diuji. Cetana mempunyai mutu penyalaaan yang sangat baik sedangkan alpha-metyl naphthalene mempunyai mutu penyalaaan yang buruk. Bilangan cetana 58,034 berarti bahan bakar cetana dengan campuran yang terdiri atas 58,034 % cetana dan 41,966 % alpha-metyl naphthalene ( Soerawidjaja, 2003). Semakin rendah bilangan cetane maka semakin rendah pula kualitas penyalaaan karena memerlukan suhu penyalaaan yang lebih tinggi (Hendartono, T., 2005).

#### 4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa katalis heterogen super asam  $SO_4^{2-}/ZnO$  dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel. Sedangkan kondisi optimum pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit dengan katalis  $SO_4^{2-}/ZnO$  adalah pada rasio katalis/minyak 3,8 selama 2,5 jam dan dengan yield 78%. Semakin lama waktu reaksi transesterifikasi, semakin tinggi pula % yield metal ester yang dihasilkan, sedangkan semakin banyak katalis yang tambahkan semakin rendah yield yang dihasilkan.

#### 5. Saran

Karena penelitian ini jauh dari sempurna, maka perlu dilakukan karakterisasi katalis lebih lanjut untuk mengetahui efek keasaman katalis terhadap yield biodiesel. Meskipun terbentuk FAME (*Fatty Acid Metil Ester*) padabiodiesel yang dihasilkan, akan tetapi masih perlu cara untuk meningkatkan nilai yield. Selain itu, juga perlu variabel lebih lanjut untuk pembuatan katalis dengan sistem impregnasi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Dr. Istadi, ST., MT selaku dosen pembimbing kami, Bapak Domo selaku Ketua Laboratorium Kimia Organik FMIPA UGM, serta pihak-pihak yang membantu terselesainya penelitian ini. Selain itu, ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Program Kreativitas Mahasiswa (PKM-P) Dikti 2012 yang telah mendanai penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Antolin, G., Tinaut, F.V., Briceno, Y. 2002. Optimization of Biodiesel Production by Sunflower Oil Transesterification. *Bioresource Technology* (83) 7-111.
- Canacki, M., Gerpen, J. Van. 1999. Biodiesel Production via Acid Catalysis. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* (42) 1203-1210.
- Freedman, B., Pryde, E.H., Mounts, T.L. 1984. Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils. *Journal of the American Oil Chemists Society* (61) 1638-1643.
- Furuta, S., Matsushashi, H., Arata, K. 2004. Biodiesel Fuel Production with Solid Superacid Catalyst in Fixed Bed Reactor under Atmospheric Pressure. *Catalysis Communications* (5) 721- 723.
- Hendartono, T. 2005. Pemanfaatan Minyak dari Tumbuhan untuk Pembuatan Biodiesel. Diakses pada tanggal 1 mei 2012.
- 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.

- Jitputti, J., Kitiyanan, B., Rangsunvigit, P., Bunyakiat, K., Attanatho, L., Jenvanitpanjakul, P. 2006. Transesterification of Crude Palm Kernel Oil and Crude Coconut Oil by Different Solid Catalysts. *Chemical Engineering Journal* (116) 61–66.
- Kaieda, M., Samukawa, T., Kondo, A., Fukuda, H. 2001. Effect of Methanol and Water Contents on Production of Biodiesel Fuel from Plant Oil Catalyzed by Various Lipases in a Solvent-free System. *Journal of Bioscience and Bioengineering* (91) 12-15.
- Kaieda, M., Samukawa, T., Matsumoto, T., Ban, K., Kondo, A., Shimada, Y., Noda, H., Nomota, F., Ohtsuka, K., Izumoto, E., Fukuda, H. 1999. Biodiesel Fuel Production from Plant Oil Catalyzed by Rhizopus Oryzae Lipase in a Water-Containing System without an Organic Solvent. *Journal of Bioscience and Bioengineering* (88) 627-631.
- Leung, D.Y.C., Guo, Y. 2006. Transesterification of Neat and used Frying Oil: Optimization for Biodiesel Production. *Fuel Processing Technology* (87) 883-890.
- Levenspiel, Octave. 1972. *Chemical Reaction Engineering*. 2<sup>nd</sup> edition. Departement of Chemical Engineering, Oregon State University, John Wiley and Sons. New York.
- Lopez, D.E., Goodwin Jr., J.G., Bruce, D.A., Lotero, E. 2005. Transesterification of Triacetin with Methanol on Solid Acid and Base Catalysts. *Applied Catalysis A: General* (295) 97-105.
- Ma, F., Hanna, M.A. 1999. Biodiesel Production: a review. *Bioresource Technology* (70) 1-15.
- Purdiyanto. 2010. *Menetapkan Penyebab Masalah Mutu Pelayanan kesehatan*. Ilustrasi Bahasan Operasi Sering Tertunda.
- Saito, T. 2009. Reaksi Katalis. <http://www.Katalis-padat/Reaksi-Katalis-Chem-Is-Try.Org-Situs-Kimia-Indonesia.html> diakses pada 15 maret 2011.
- Sakidja, Deddy, M., Tien, R.M. 2009. *Sintesis Poliester Asam Lemak Gula dari Minyak Nabati sebagai Ingredien dalam Rangka Memproduksi Makanan Rendah Kalori*. Jurusan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor.
- Schuchardt, U., Vargas, R.M., Gelbard, G. 1995. Alkylguanidines as Catalyst for the Transesterification of Rapeseed Oil. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* (99) 65-70.
- Shimada, Y., Watanabe, Y., Sugihara, A., Tominaga, Y. 2002. Enzymatic Alcoholysis for Biodiesel Fuel Production and Application of the Reaction to Oil Processing. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* (17) 133-142.
- Sibuea, P. 2003. Pengembangan Industri Biodiesel Sawit. <http://www.kcm.com> diakses tanggal 15 Maret 2011.
- Soerawidjaja, T. H. 2003. *Standar Tentatif Biodiesel Indonesia dan Metode-metode Pengujiannya*. Disampaikan dalam Diskusi Forum Biodiesel Indonesia. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2006. *Standar Biodiesel Nasional*. SNI Nomor : (SNI 04-7182-2006).
- Suppes, G.J., Bockwinkel, K., Lucas, S., Botts, J.B., Mason, M. H., Heppert, J.A. 2001. Calcium Carbonate Catalyzed Alcoholysis of Fats and Oils. *Journal of the American Oil Chemist's Society* (78) 139-146.
- Uosukainen, E., Lamsa, M., Linko, Y.Y., Linko, P., Leisola, M. 1999. Optimization of Enzymatic Transesterification of Rapeseed Oil Ester using Response Surface and Principal Component Methodology. *Enzyme and Microbial Technology* (25) 236-243.
- Wahyudi. 2010. Teknik Budidaya Tanaman Kelapa Sawit. <http://wordpress.com/all-about-kelapa-sawit> diakses pada April 2012.
- Zhu, H., Zongbin, W.U. 2006. Preparation of Biodiesel Catalyzed by Solid Super Base of Calcium Oxide and Its Refining Process. *Chinese Journal of Catalysis* (27) 391- 396.