

## PENGARUH KONSENTRASI LI YANG DI-DOPING KE DALAM KATALIS CaO TERHADAP REAKSI TRANSESTERIFIKASI MINYAK SAWIT

Muhammad Tarmidzi<sup>1</sup>, Andre Y. Putra<sup>1</sup>, Renita Manurung<sup>1</sup>, Tjahjono Herawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater Kampus USU Medan 20155, Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Jl. Brigjen Katamso No. 51, Medan 20158, Indonesia

Email: muhammad.tarmidzi@students.usu.ac.id

### Abstrak

Pengembangan biodiesel dari Crude Palm Oil (CPO) semakin diminati karena ketersediaan bahan bakar berbasis minyak bumi yang semakin sedikit. Kelapa sawit merupakan tanaman perkebunan di Indonesia yang terbesar sehingga memiliki potensi untuk dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel. Reaksi transesterifikasi merupakan tahap reaksi untuk menghasilkan biodiesel (metil ester). Namun, CPO mudah mengalami degradasi akibat hidrolisis, sehingga dapat meningkatkan nilai Asam Lemak Bebas (ALB) yang dapat mengganggu reaksi transesterifikasi. Konsekuensinya, akan ada sabun sebagai produk samping. Untuk memaksimalkan produksi biodiesel dari minyak sawit yang memiliki kadar ALB tinggi (CPO low grade), salah satunya dengan menggunakan katalis hasil pen-doping-an. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan informasi mengenai pengaruh konsentrasi ion  $\text{Li}^+$  (dalam bentuk  $\text{LiNO}_3$ ) yang di-doping ke dalam kalsium oksida (CaO) terhadap reaksi transesterifikasi minyak sawit dengan kadar ALB yang tinggi menjadi metil ester, pada temperatur  $120^\circ\text{C}$ , rasio metanol:CPO = 12:1 (mol/mol), jumlah katalis 2,5 % (w/w) CPO, selama 3,5 jam dan menggunakan reaktor bertekanan. Variabel penelitian adalah konsentrasi Li yang di-doping ke dalam CaO, yaitu 0%, 1% dan 4% (w/w) CaO. Adapun parameter uji yang dilakukan adalah kandungan metil ester yang diperoleh dari hasil reaksi transesterifikasi dengan analisa Kromatografi Gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ion  $\text{Li}^+$  yang di-doping ke dalam katalis CaO dapat meningkatkan reaksi pembentukan metil ester dari minyak sawit mentah (CPO) low grade dengan kadar ALB > 3,5 %, dimana konsentrasi Li yang di-doping pada CaO paling baik adalah 1%, dengan hasil 90,88% metil ester.

**Kata Kunci:** transesterifikasi, CPO, katalis heterogen, litium, kalsium oksida, metil ester

### Abstract

The development of biodiesel which is derived from Crude Palm Oil (CPO) shows a rising trend for petroleum-based energy reserves are running low. Oil palm is the largest plantation commodity in Indonesia, so, it has high potential as raw material of biodiesel. Transesterification is a reaction of producing biodiesel (methyl ester). Nevertheless, CPO is easy to be degraded by hydrolysis, so, it could increase the amount of Free Fatty Acid (FFA) content which hampers transesterification process. As a consequence, there is formation of soaps as side product. To maximize the production of biodiesel which is derived from palm oil that contains of large amount of FFA (low grade CPO) one of the ways is by applying catalyst through doped-process. This research is held to give information about the effect of  $\text{Li}^+$  ion concentration (in  $\text{LiNO}_3$  form) which is doped to calcium oxide (CaO) to palm oil transesterification with the large amount of FFA to produce methyl ester, at temperature of  $120^\circ\text{C}$ , the ratio of methanol:CPO = 12:1 (mol/mol), catalyst amount 2,5% (w/w) CPO, for 3,5 hours and uses pressured reactor. The variable of research is Li concentration that is doped to CaO with concentration: 0%, 1% and 4% (w/w) CaO. The parameter test is methyl ester content that is derived from the result of transesterification with Gas Chromatography (GC) analysis. The research shows that  $\text{Li}^+$  ion that is doped to CaO catalyst could increase the reaction of methyl ester production which is derived from low grade CPO with FFA > 3,5 %, in which the finest of Li concentration that is doped to CaO is 1%, with result of 90,88% methyl ester.

**Keywords:** transesterification, CPO, heterogeneous catalyst, lithium, calcium oxide, methyl ester

### Pendahuluan

CPO merupakan bahan baku yang dapat digunakan untuk menghasilkan metil ester. Selanjutnya dengan pengolahan khusus, yaitu reaksi transesterifikasi metil ester, bahan baku dapat diubah menjadi biodiesel dan biasanya menggunakan katalis dalam prosesnya. Pada dasarnya, proses ini bertujuan untuk mengubah

trigliserida menjadi *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) [9]. Kusnita, et al. (2010) telah melakukan konversi CPO menjadi metil ester dengan rendemen 93,6%, dengan menggunakan katalis basa. Variabel yang digunakan adalah perbandingan metanol:CPO = 1:5, waktu pengadukan selama 2 jam dan suhu  $60^\circ\text{C}$ .

Salah satu logam alkali yang dapat digunakan sebagai katalis oksida logam alkali adalah senyawa CaO. Kelebihannya antara lain aktivitas yang tinggi, kondisi reaksi yang rendah, masa katalis yang lama dan biaya katalis yang rendah. Kouzu, et al. (2008) telah melakukan transesterifikasi terhadap minyak kacang kedelai menggunakan katalis CaO, Ca(OH)<sub>2</sub> dan CaCO<sub>3</sub>. Selama 1 jam reaksi diperoleh biodiesel 93% untuk CaO, 12% untuk Ca(OH)<sub>2</sub> dan 0% CaCO<sub>3</sub> [2]. Kawashima (2008) juga melakukan transesterifikasi terhadap *rapeseed oil* sebanyak 15 gr, 0,1 gr CaO, 3,9 gr metanol, suhu reaksi 60°C, selama 3 jam dan menghasilkan 90% metil ester.

Metode impregnasi merupakan metode termudah dalam proses pembuatan katalis. Pada perkembangannya, dilaporkan bahwa telah dilakukan pengikatan antara logam dengan katalis kalsium oksida untuk meningkatkan kinerja katalis (aktivitas, stabilitas dan selektivitas). Azmi (2009) telah melakukan pengikatan antara K<sub>2</sub>O/CaO dan menggunakannya dalam transesterifikasi selama 2 jam, rasio metanol:CPO = 1:15, suhu reaksi 65°C dan menghasilkan 87,3% metil ester. Herawan (2008) juga telah melakukan penelitian terhadap katalis CaO dengan kondisi reaksi perbandingan rasio (CPO:metanol) 1:12, suhu reaksi 120°C, waktu reaksi 3,5 jam, jumlah katalis 4 % dan konversi CPO yang dihasilkan sebesar 78,9%. Selain itu, juga dilakukan penelitian terhadap katalis LiOH dengan perbandingan rasio (CPO:metanol) 1:12, suhu reaksi 120°C, waktu reaksi 2,5 jam, jumlah katalis 2,5% dan konversi CPO yang dihasilkan sebesar 98,16 %. Amanda, et al. (2007), melakukan penelitian terhadap transesterifikasi minyak kanola dengan kondisi operasi rasio (CPO:metanol) 1:6, jumlah katalis 2 %, suhu 50°C, waktu reaksi 4 jam, dan diperoleh metil ester sebesar 70,7%. Maka, dengan melihat penelitian yang sudah ada, Li/CaO memungkinkan untuk dikembangkan dengan menggunakannya pada bahan yang berbeda. Pada penelitian ini, Li/CaO digunakan sebagai katalis heterogen dalam transesterifikasi CPO kualitas rendah (*low grade*).

**Teori**

Minyak sawit (CPO) adalah salah satu jenis trigliserida yang banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan metil ester. Minyak sawit mentah merupakan salah satu jenis minyak nabati yang mengandung asam lemak dengan rantai karbon C<sub>14</sub>-C<sub>20</sub> [20].

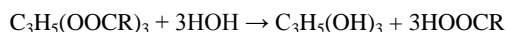
Karakteristik dan kualitas minyak sawit menentukan jenis proses produksi biodiesel yang

dilakukan. Biodiesel umumnya diproduksi dari *refined vegetable oil* dengan menggunakan proses transesterifikasi. *Refined vegetable oil* yaitu minyak lemak mentah yang diproses lanjut (*pre-treatment*), guna menghilangkan kadar fosfor dan ALB, serta beberapa dari non gliserida lainnya sampai level tertentu. Proses ini disebut juga proses satu tahap. Jika bahan baku minyak mentah tidak mengalami *treatment* awal, dimana kandungan ALB masih tinggi, maka perlu dilakukan proses esterifikasi. Ini merupakan proses pendahuluan menggunakan katalis asam untuk menurunkan kadar ALB. Selanjutnya dilakukan proses transesterifikasi terhadap produk esterifikasi di atas menggunakan katalis basa. Proses ini disebut juga proses dua tahap [19]. Komposisi asam lemak CPO dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Komposisi Asam Lemak CPO [19]**

Asam Lemak	CPO (%w)
Laurat, C-12:0	0,1
Miristat, C-14:0	1,0
Palmitat, C-16:0	42,8
Stearat, C-18:0	4,5
Oleat, C-18:1	40,5
Linoleat, C-18:2	10,1
Linolenat, C-18:3	0,2
Lainnya	0,8

Proses transesterifikasi merupakan metode umum dalam pembuatan biodiesel. Reaksi antara minyak atau lemak dengan alkohol merupakan reaksi yang bersifat bolak-balik. Oleh sebab itu alkohol harus ditambahkan berlebih untuk membuat reaksi berjalan ke arah kanan [12]. Alkohol yang paling umum digunakan adalah metanol, karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi. Secara stoikimetris, 1 mol trigliserida yang bereaksi dengan 3 mol metanol akan menghasilkan 3 mol metil ester dan 1 mol gliserol [3]. Secara umum, reaksi transesterifikasi adalah sebagai berikut.



ALB dalam konsentrasi tinggi yang terikut dalam minyak sawit sangat merugikan. Tingginya asam lemak ini mengakibatkan rendemen minyak turun. ALB dibentuk saat gelembung asam lemak pada molekul trigliserida, digliserida dan monogliserida diputus oleh hidrolisis kimia dan enzimatis. Faktor-faktor yang mempercepat reaksi ini adalah panas, air dan keasaman katalis (enzim). Kualitas standar asam lemak yang dibolehkan di dalam minyak sawit adalah sekitar 3% [6].

Selain itu, daya campur antara minyak dan air, pada kondisi tertentu akan menghidrolisis trigliserida minyak menjadi ALB dan gliserol. Sehingga, pada bahan ini harus dilakukan proses pencegahan dengan cepat agar minyak sawit memiliki kandungan ALB yang rendah. Minyak sawit yang memiliki ALB yang rendah mengindikasikan bahwa minyak tersebut dapat diproses dengan baik [6]. Tetapi di bawah kondisi praktik, laju hidrolisis pemecahan molekul trigliserida untuk memproduksi ALB dapat diabaikan pada kandungan air 0,1%. Sehingga ukuran kualitas kontrol, kandungan air minyak sawit harus diturunkan menjadi di bawah 0,1% untuk mencegah peningkatan ALB [5]. Kualitas minyak sawit tersebut harus tetap dipertahankan, karena perubahan pada kualitas tersebut dapat menyebabkan menurunnya kualitas asam lemak dan gliserin yang dihasilkan dari proses *splitting* atau pemasakan asam lemak dan gliserin dari trigliserida minyak sawit [14].

### Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah CPO *low grade*, Metanol *Pure Analysis* (PA), Lithium Nitrat ( $\text{LiNO}_3$ ) PA, Kalsium Oksida ( $\text{CaO}$ ) PA dan Aquadest. Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan menggunakan reaktor bertekanan PARR 4800. Kandungan asam lemak trigliserida dan metil ester dianalisa dengan menggunakan kromatografi gas (Shimadzu GC 148 dengan detektor FID, jenis kolom DB-HT: 15 m x 0,25 mm ID, tebal film 0,1  $\mu\text{meter}$ , gas *carrier*: Helium, gas *flushing*: Nitrogen, suhu oven 50°C, suhu injektor dan detektor 400°C). Analisa CPO berlangsung pada kolom kapiler tinggi dan non polar. Internal standar yang digunakan adalah 1,2,3-

trikaprogliserol (tricaprin) PA untuk penentuan senyawa gliserida. Standar yang digunakan adalah gliserol, 1-monoleoil gliserol (monoolein) PA, 1,3-di-oleoil (diolein) PA dan 1,2,3-trioleoil (triolein) PA.

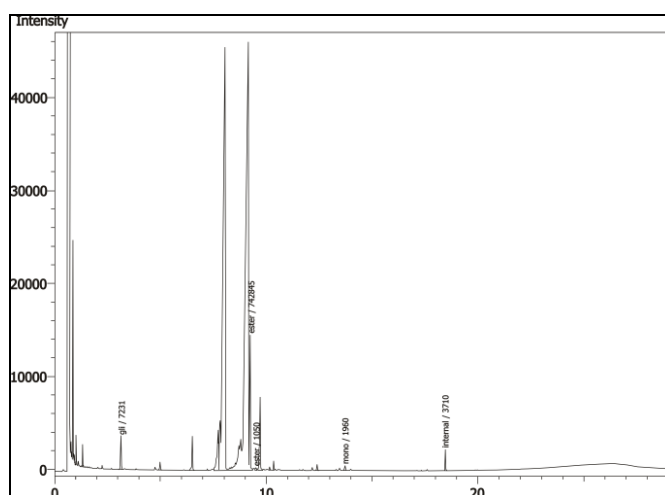
Aktivasi katalis dilakukan dengan perlakuan awal, yaitu ditimbang 10 gr  $\text{CaO}$  dan dipanaskan pada 120°C di dalam oven selama 2 jam, dilarutkan  $\text{LiNO}_3$  (sumber ion  $\text{Li}^+$ ) dalam aquadest 100 ml, diimpregnasi larutan  $\text{LiNO}_3$  dengan  $\text{CaO}$  yang telah dipanaskan dalam *beaker glass* sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 2 jam, disaring larutan, lalu dikeringkan pada oven 120°C selama 12 jam, bahan dikalsinasi pada 500°C selama 4 jam.

Prosedur tersebut dilakukan dengan konsentrasi Li 1% dan 4% (w/w)  $\text{CaO}$ . Selanjutnya, ditimbang CPO *low grade* sebanyak 300 gr, kemudian dimasukkan ke dalam reaktor bertekanan PARR 4800. Ditambahkan metanol dengan rasio metanol:CPO = 12:1 (mol/mol) dan katalis 2,5% (w/w) CPO ke dalam reaktor (jumlah katalis disesuaikan dengan variasi yang ditentukan). Campuran direaksikan selama 2,5 jam pada suhu 120°C. Kecepatan pengaduk diatur 300 rpm. Setelah reaksi selesai, campuran hasil reaksi disentrifugasi selama 20 menit, lalu dipisahkan lapisan atas dari lapisan bawah yang terbentuk. Dianalisa jumlah persen metil ester yang dihasilkan dengan menggunakan GC. Langkah tersebut diulangi untuk variasi lainnya.

### Hasil

#### 1. Hasil Transesterifikasi CPO

Gambar 1 adalah kromatogram GC dari salah satu metil ester yang dihasilkan dari penelitian yang telah dilakukan.



**Tabel 2. Data Peak Area**

Komp	Waktu (menit)	Area	Height	Area %
TG	-	-	-	-
DG	-	-	-	-
MG	13,724	1960	524	0,24
G	3,154	7231	3633	0,88
ME	9,230	742845	14268	90,75
ME	9,505	1050	279	0,13

**Ket:** Komp = Komponen, TG = Trigliserida, DG = Digliserida, MG = Monogliserida, ME = Metil Ester, G = Gliserol

Tabel 2 menunjukkan pembacaan data kromatogram analisis GC katalis Li/CaO dengan *doping* Li 1 %. Kemudian, data ini digunakan sebagai informasi untuk mengetahui pengaruh katalis Li/CaO dalam reaksi transesterifikasi. Sedangkan hasil pembentukan metil ester untuk masing-masing variasi katalis ditunjukkan dalam tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Pembentukan Metil Ester (%w) dan Analisisnya**

Katalis		CaO	Li/CaO	Li/CaO
% Li yang di- <i>doping</i>		0	1	4
Komposisi	TG	67,50	0	0,54
	DG	12,45	0	2,19
	MG	1,19	0,24	2,19
	ME	13,13	90,88	88,31
	G	0,55	0,88	1,29

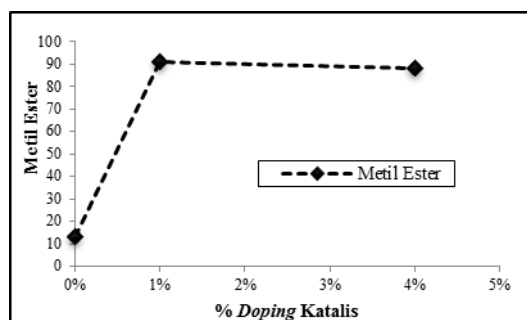
Reaksi untuk pembentukan metil ester pada penelitian ini adalah menggunakan reaksi transesterifikasi. Bahan baku yang digunakan adalah minyak sawit mentah atau CPO *low grade* yang memiliki ALB 4,19%. Katalis yang digunakan adalah katalis padat CaO yang sudah di-*doping* dengan ion Li<sup>+</sup> pada konsentrasi 1% dan 4%. Penggunaan katalis CaO yang di-*doping* dengan ion Li<sup>+</sup> telah dilakukan Amanda, et al. (2007) menggunakan *canola oil*. Hasil pembentukan ester yang diperoleh adalah 70,7% dengan kondisi operasi; suhu 50°C, rasio metanol:minyak = 6:1 dan jumlah katalis 2%, reaksi selama 4 jam.

Menurut Sharma dan Singh (2008), reaksi transesterifikasi berjalan ideal pada kondisi kadar ALB <0,5% dan kadar air ≤0,1%. Reaksi-reaksi bersaing seperti hidrolisis dan penyabunan akan timbul, bila spesifikasi bahan baku yang digunakan lebih tinggi dari yang disebut di atas.

Ion Li<sup>+</sup> yang di-*doping* ke dalam katalis CaO bertujuan untuk meningkatkan reaksi

pembentukan metil ester dari minyak sawit mentah (CPO) *low grade* dengan kadar ALB 4,19 %.

Dalam penelitian ini juga telah dilakukan reaksi transesterifikasi menggunakan katalis CaO yang dikalsinasi pada suhu 500°C. Pembentukan metil ester yang diperoleh adalah 13,13% dengan kadar total gliserida yang belum bereaksi sebesar 81,15%.



**Gambar 2. Grafik Pengaruh % *Doping* Li terhadap Pembentukan Metil Ester**

Gambar 2 menunjukkan kandungan metil ester yang terbentuk hasil analisa gas kromatografi. Peningkatan pembentukan ester naik drastis dari *doping* 0 % sampai pada penggunaan katalis CaO dengan *doping* Li sebesar 1%, yaitu 13,62 % sampai 90,88 %. Hal ini disebabkan adanya reaksi bersaing, yaitu antara CaO dengan ALB yang tinggi pada CPO [12]. Kadar air dan ALB dapat mengganggu reaksi transesterifikasi [8]. Besarnya kandungan ALB dan kandungan air dalam CPO berpengaruh pada laju reaksi dan pada konsentrasi akhir metil ester. Adanya air di dalam metil ester akan membuat konsentrasi turun pada saat awal-awal reaksi yang semestinya laju reaksinya cepat, akibat terjadinya reaksi hidrolisis ester yang membentuk asam lemaknya kembali [20].

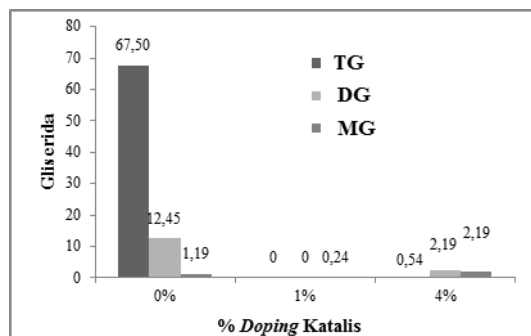
Adanya peningkatan jumlah metil ester saat penggunaan Li/CaO 1% diakibatkan tersedianya luas permukaan katalis yang cukup besar untuk mereaksikan metanol dan CPO. Katalis dapat menyediakan jalan reaksi alternatif dengan energi aktivasi (energi minimum yang dibutuhkan campuran untuk menghasilkan produk) yang lebih kecil melalui pembentukan intermediet reaktif di permukaan katalis, dimana banyak terjadi reaksi atomik atau molekuler. Kemudian intermediet aktif ini akan saling berinteraksi membentuk produk. Sehingga katalis mampu memperbesar kemungkinan terjadinya tumbukan efektif antara molekul reaktan [17]. Hal ini sejalan dengan Watkins, et al. (2004), yang mampu menghasilkan metil ester

dengan reaksi transesterifikasi menggunakan katalis Li/CaO 1,23%.

Pada saat penggunaan katalis dengan *doping* Li sebesar 4%, hasil metil ester yang diperoleh adalah 88,31%, nilainya sedikit berada di bawah katalis dengan *doping* Li sebesar 1%. Adanya peningkatan jumlah metil ester saat penggunaan Li/CaO 4% diakibatkan tersedianya luas permukaan katalis yang cukup besar untuk mereaksikan metanol dan CPO. Katalis dapat menyediakan jalan reaksi alternatif dengan energi aktivasi (energi minimum yang dibutuhkan campuran untuk menghasilkan produk) yang lebih kecil melalui pembentukan intermediet reaktif di permukaan katalis, di mana banyak terjadi reaksi atomik atau molekuler, kemudian intermediet aktif ini akan saling berinteraksi membentuk produk. Sehingga katalis mampu memperbesar kemungkinan terjadinya tumbukan efektif antara molekul reaktan [17]. Namun adanya penurunan pembentukan ester pada penggunaan katalis CaO *doping* Li sebesar 4% dibandingkan 1% didekati dengan pengukuran terhadap reaksi-reaksi bersaing lain [23]. Apabila dibandingkan dengan Amanda, et al. (2007) hasil transesterifikasi dengan katalis Li/CaO 1% dan 4%, hasil ini lebih tinggi sekitar 10%. Secara umum, seharusnya kandungan metil ester yang dihasilkan akan meningkat seiring bertambahnya Li yang *doping*. Menurut teori, aktifitas katalisasi dalam transesterifikasi sebanding dengan kekuatan basa katalis. Semakin tinggi tingkat kebasaaan katalis, maka semakin tinggi konversi reaksi transesterifikasi [9].

## 2. Penentuan Penggunaan *Doping* Katalis yang Paling Baik

Pada penelitian ini juga diperoleh data komposisi gliserida hasil proses transesterifikasi. Kondisi operasi yang digunakan adalah Metanol:CPO = 12:1 (mol/mol), suhu reaksi 120°C, waktu reaksi selama 3,5 jam dan jumlah katalis Li/CaO yang digunakan adalah 2,5% (w/w) CPO, serta tekanan reaksi sebesar 5 bar. Penentuan penggunaan katalis yang paling baik didekati dari hasil analisa komponen gliserida dan produk metil ester. Umumnya, reaksi transesterifikasi CPO dengan metanol menghasilkan ester asam lemak, yaitu metil ester dan gliserol dengan MG dan DG sebagai produk antara. Reaksi transesterifikasi secara ideal berjalan secara konsekutif yaitu TG menjadi DG, selanjutnya DG menjadi MG dan akhirnya MG menjadi ester [7]. Hasil jumlah gliserida yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 3.



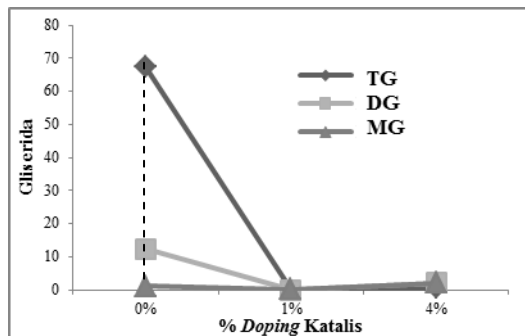
**Gambar 3. Komposisi Gliserida pada Berbagai Konsentrasi *Doping* Li**

Pada gambar 3 dapat diperoleh bahwa penggunaan katalis CaO yang di-*doping* Li 0% menunjukkan komposisi gliserida yang jauh lebih tinggi dibanding dengan penggunaan konsentrasi *doping* Li yang lain. Konsentrasi akhir komponen gliserida pada penggunaan *doping* Li 0% adalah TG (67,50%), DG (12,44%) dan MG (1,19%). Tingginya kandungan gliserida pada transesterifikasi dengan menggunakan Li/CaO 0% diduga diakibatkan tingginya ALB yang dapat menyebabkan timbulnya reaksi penyabunan. Sehingga katalis tidak mampu mengarahkan reaksi ke arah produk metil ester.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Darnoko dan Cheryan (2000) dinyatakan bahwa penggunaan bahan baku dengan kadar ALB di atas 1% menyebabkan meningkatnya hasil reaksi samping, yaitu reaksi penyabunan pada reaksi transesterifikasi oleh karena reaksi katalis basa yang lebih reaktif dengan ALB dibandingkan gliserida.

Noureddini dan Zhu (1997) melakukan studi kinetika transesterifikasi minyak kedelai pada reaktor *batch*. Hasil studi tersebut menunjukkan tahap pembentukan konversi TG menjadi DG merupakan tahap yang paling lambat dan penentu laju reaksi, sedangkan tahap konversi MG menjadi metil ester dari DG merupakan tahap yang paling cepat. MG merupakan senyawa yang paling tidak stabil diantara senyawa intermediet lainnya dan akan segera terkonversi menjadi gliserol dan metil ester karena konstanta laju reaksinya paling cepat. Hasil studi yang sama juga diperoleh oleh Darnoko dan Cheryan (2000) yang melakukan studi kinetika transesterifikasi minyak kelapa sawit. Hasil studi tersebut menunjukkan tahap konversi TG menjadi DG merupakan tahap penentu laju reaksi karena merupakan tahap paling lambat. Dari data jumlah gliserida yang diperoleh dapat dibuat perbandingan antara TG,

DG, dan MG. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4. Perbandingan Komposisi Gliserida pada Berbagai Konsentrasi Doping Li**

Gambar 4 menunjukkan komposisi gliserida yang ada terhadap penggunaan berbagai katalis. Dapat dilihat bahwa pada doping Li/CaO 0%, perubahan TG menjadi DG merupakan yang paling lambat berubah. Sesuai dengan teori bahwa perubahan TG menjadi DG merupakan tahap yang paling lama, sedangkan MG menjadi komposisi yang paling kecil di antara komposisi lain karena tahapnya paling cepat untuk berubah menjadi metil ester. Sehingga dapat dikatakan katalis Li/CaO 0% belum mampu memberikan efek katalisis dalam mempercepat reaksi pada tahap TG menjadi DG. Sedangkan pada 1% dan 4% menunjukkan hasil yang berbeda, jumlah gliserida yang ada mendekati 0%. Pada katalis Li/CaO 1% diperoleh TG sebesar 0%, DG sebesar 0% dan MG sebesar 0,24%. Pada katalis Li/CaO 4% diperoleh TG sebesar 0,54%, DG sebesar 2,19% dan MG sebesar 2,19%. Pada kondisi ini katalis mampu berperan dalam tahap reaksi TG menjadi DG. Berdasarkan studi Diasakou, et al. (1998) yang melakukan transesterifikasi pada kondisi superkritik katalitik, tahap penentu laju reaksi adalah tahap konversi MG menjadi metil ester sedangkan tahap paling lambat adalah tahap konversi TG menjadi DG.

Dari keseluruhan data gliserida yang diperoleh pada doping Li/CaO 0%, 1% dan 4% didapat kesimpulan bahwa hasil gliserida yang paling sedikit ada pada Li/CaO 1% sehingga dapat dikatakan kondisi katalis Li/CaO 1% adalah yang terbaik di antara pen-doping-an Li/CaO yang lainnya.

### Kesimpulan

1. Ion  $\text{Li}^+$  yang di-doping ke dalam katalis CaO dapat meningkatkan reaksi pembentukan metil ester dari minyak sawit mentah (CPO) low grade dengan kadar ALB > 3,5 %.

2. Pembentukan metil ester yang paling tinggi diperoleh pada penggunaan katalis CaO dengan doping Li sebesar 1% yaitu sebesar 90,88%.
3. Reaksi bersaing dapat mempengaruhi reaksi transesterifikasi sehingga kandungan metil ester yang diperoleh tidak maksimal.

### Daftar Pustaka

- [1] Amanda, et al., *Synthesis Biodiesel from Canola Oil using Heterogeneous Base Catalyst*, [www.springer.com](http://www.springer.com), 2007, diakses pada 10 Januari 2011.
- [2] A. A. Refaat, *Biodiesel Production Using Solid Metal Oxide Catalysts*, Int. J. Environ. Sci. Tech., VIII 1 (2011) 203-221.
- [3] Dae Lee Won, et al., *Heterogeneous Base Catalysts for Transesterification in Biodiesel Synthesis*, Catal Surv Asia, 13 (2009) 63-77.
- [4] D. Darnoko dan M. Cheryan, *Kinetics of Palm Oil Transesterifications*, JAOCS, LXXVII 12 (2000) 1263-67.
- [5] E. Goh M., *Palm Oil Composition and Quality*, dalam Rohani binti Mohammad Zin, Tesis, *Process Design in Degumming and Bleaching of Palm Oil*, Johor Baru: CLEAR, UTM, 2006.
- [6] Formo et al., *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, dalam Rohani binti Mohammad Zin, Tesis, *Process Design in Degumming and Bleaching of Palm Oil*, Johor Baru: CLEAR, UTM, 2006.
- [7] Freedman, et al., *Transesterification Kinetics of Soybean Oil*, JAOCS, 63 (1986) 1375-1380.
- [8] G. Knothe, Gerpen Van J. dan J. Krahl, *The Biodiesel Handbook*, AOCS Press, Champaign, IL, USA, 2005.
- [9] Hambali, et al., *Pengembangan Bioenergi di Indonesia*, Penerbit Agromedia Pustaka, Jakarta, 2007, Cetakan Ketiga.
- [10] H. Nouredini dan D. Zhu, *Kinetics of Transesterification of Soybean Oil*, JAOCS, LXXIV 11 (1997) 1457-63.
- [11] Kawashima, et al., *Acceleration of Catalytic Activity of Calcium Oxide for Biodiesel Production*, [www.springer.com](http://www.springer.com), 2008, diakses pada 10 Januari 2011.
- [12] Liu, *Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel using CaO as a Solid Base Catalyst*, Elsevier Fuel, 87 (2008) 216-221.
- [13] Muhammad Azmi Fadli, *Transesterifikasi Heterogen antara minyak sawit mentah dengan metanol menggunakan katalis  $\text{K}_2\text{O-CaO}$* . [usu-library.ac.id](http://usu-library.ac.id), 2009, diakses pada 20 Juni 2011.

- [14] Muhammad Yusuf, *Pengaruh Bilangan Asam terhadap Hidrolisa Minyak Kelapa Sawit*, usu-library.ac.id, 2004, diakses pada 18 Agustus 2010.
- [15] M. Diasakou, A. Louloudi, dan N. Papayannakos, *Kinetics of the Non-catalytic Transesterification of Soybean Oil*, Elsevier Fuel, 77 (1998) 1297–1302.
- [16] M. Kouzu, et al., *Calcium Oxide As A Solid Base Catalyst for Transesterification of Soybean Oil And Its Application to Biodiesel Production*, Elsevier Fuel, 87 LXXXVII 12 (2008) 2798-2806.
- [17] Nurofik, *Reaksi Oksidasi Katalitik*, Digitallib FMIPA-UI, Jakarta, 2008.
- [18] Roberts S. Watkins, et al., *Li/CaO Catalyst Tri-Glyceride Tranesterfication for Biodiesel Application*, [www.rsc.org/greenchem](http://www.rsc.org/greenchem), 2004, diakses pada 19 Maret 2011.
- [19] Rondang Tambun, *Buku Ajar Teknologi Oleokimia*, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2006.
- [20] Tania S. Utami, et al., *Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia, Kinetika Reaksi Transesterifikasi CPO terhadap Produk Metil Palmitat dalam Reaktor Tumpak*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2007, KR2-1.
- [21] Tri Kusnita, et al., *Karakterisasi dan Analisis Komposisi Metil Ester yang dibuat dengan cara tranesterifikasi limbah cair pabrik CPO*. [www.unibeng.co.id](http://www.unibeng.co.id), 2010, diakses pada 20 Juni 2011.
- [22] T. Herawan, *Pengembangan Teknologi Biofuel dari Minyak Sawit*, PPKS. Medan, 2008.
- [23] Y. C. Sharma dan B. Singh, *Development of Biodiesel: Current Scenario*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 582 (2008) 1-6.