

# Pengaruh Waktu Reaksi dan Rasio Molar terhadap Asam Oleat dengan Butanol pada Sintesa Plastisizer Butil Oleat

Mers Selly<sup>1)</sup>, Nirwana<sup>2)</sup>, Irdoni, HS<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, <sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

*mers\_selly@yahoo.com/085265824659*

## ABSTRACT

*The amount of palm oil feedstock in Indonesia, encourages the development of palm oil industry product diversification. One alternative for providing value-added palm oil by esterification of oleic acid is contained in palm oil became known as butyl oleate plasticizers. Plasticizer is an additive compound added to polymer to improve flexibility and workabilitas. Step of this research is the preparation of H-zeolite catalysts and synthesis of the plasticizer butyl oleate esterification using natural zeolite catalysts are activated to H-zeolites with varying reaction time (6, 9 and 12 hours) and the molar ratio of oleic acid and butanol (1: 6 , 1: 9 and 1:12) with the permanent variable stirring speed of 200 rpm, temperature of 108-112 ° C and catalyst-based as much as 15% oleic acid. From the test results showed that the reaction time and the molar ratio of the plasticizer effect on the synthesis of butyl oleate. Obtained value of 0.862 specific gravity and viscosity of 8.39 mPa by showing that the specific gravity and viscosity plasticizer produced meets the standards of commercial plasitiser namely 0.862 to 0.928 and from 8.2 to 9.4. The highest achievement in this research was 76.73% with a molar ratio of 1:12 for 12 hours process.*

**Keywords:** Esterification, H-zeolites, Oils, Plasticizers

## 1. Pendahuluan

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas yang penting di daerah Indonesia karena peranannya yang cukup besar dalam mendorong perekonomian rakyat, terutama bagi petani perkebunan. Hasil olahan kelapa sawit yang dominan adalah CPO yang akan di olah lagi menjadi produk – produk turunan oleokimia. Sementara CPO yang diolah menjadi oleokimia atau produk hilir baru mencapai 9%. Padahal, kalau CPO diolah menjadi oleokimia atau produk hilir, nilai tambahnya bisa mencapai 300% (Syahza, 2000). Salah satu contoh oleokimia adalah

asam oleat, stearat, palmitat, gliserol, margarin, plastisizer, dan yang lainnya.

Plastisizer (pelentur plastik) adalah senyawa aditif yang ditambahkan kedalam polimer untuk meningkatkan fleksibilitas dan *workabilitas* (Haryono, 2006). Apabila ditambahkan ke dalam resin yang keras seperti plastik PVC dan karet, maka gaya akumulasi intermolekular rantai panjang akan berkurang sehingga kelunakan, kelenturan dan pemanjangan akan bertambah (Sadi dan Purboyo, 1996). Plastisizer komersil yang umum digunakan adalah plastisizer turunan minyak bumi yang *non-biodegradable* dan bersifat *toxic*, seperti Dioctyl Phthalate (DOP) atau Dietilheksil Phthalate (DEHP)

dan DINP (Diiso Nonyl Pthalate) (Vieira, dkk., 2011).

Penggunaan plastisizer di dunia pada tahun 2010 mencapai 6 juta ton pertahun dan diprediksikan meningkat rata-rata 3% setiap tahunnya. Plastisizer komersil yang digunakan untuk bahan tambahan pembuatan plastik, yang di produksi dengan bahan baku minyak bumi ini menimbulkan dampak negatif yaitu adanya migrasi senyawa aromatik dari PVC dalam jumlah besar dapat mengakibatkan timbulnya sel kanker. Hal ini membuat industri plastisizer mencari bahan baku alternatif (Haryono, 2006). Alternatif lain yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan plastisizer yaitu minyak nabati (minyak sawit, minyak kedelai, dan *rice oil*) dan minyak hewani.

Komponen minyak kelapa sawit terdiri dari asam lemak yang berbeda-beda yaitu asam palmitat 44,3%, asam oleat 38,7%, asam linoleat 10,5%, asam stearat 4,6%, asam miristat 1%, dan lainnya 0,9% (Departemen Perindustrian Indonesia, 2007). Berdasarkan komposisi asam lemak pada minyak sawit tersebut, dapat dikatakan bahwa asam palmitat dan asam oleat merupakan asam lemak yang terbesar dalam minyak sawit sehingga dapat dimanfaatkan.

Pemanfaatan turunan minyak sawit untuk produk lain dapat diolah dari minyak sawit kasar dan minyak inti sawit dengan menggunakan beberapa proses kimia. Salah satu proses kimia yang dapat digunakan adalah esterifikasi. Reaksi esterifikasi adalah reaksi asam lemak atau asam karboksilat dengan alkohol. Esterifikasi minyak sawit menggunakan katalis asam telah banyak dilakukan untuk memperoleh *fatty acid alkyl ester* (Handayani, dkk., 2006). *Alkyl* yang ada di *fatty acid alkyl ester* tergantung dengan alkohol yang direaksikan dalam reaksi esterifikasi, sehingga produk yang dihasilkan dari reaksi ini bisa beragam sesuai dengan alkohol yang digunakan (Manurung, 2006).

Asam lemak direaksikan dengan alkohol menghasilkan ester. Butil oleat adalah ester dari asam oleat yang direaksikan dengan butanol. Reaksi pembentukan butil oleat adalah reaksi esterifikasi dan katalis yang digunakan adalah katalis asam.

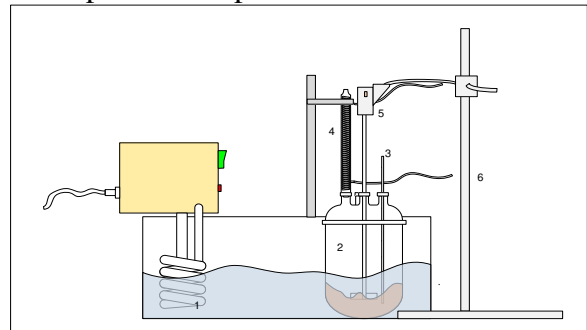
Dari uraian diatas, maka penulis memandang perlu melakukan penelitian mengenai pembuatan plastisizer secara esterifikasi dengan mereaksikan asam oleat dan butanol menggunakan katalis H-Zeolit.

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1. Bahan dan Alat

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini yaitu  $C_{18}H_{34}O_2$ , zeolit alam,  $C_4H_{10}O$ ,  $C_2H_2O_4$ , aquades, indikator pp, KOH,  $NH_4Cl$  1N, HF 3% dan HCl 6N. Sedangkan alat yang digunakan terdiri dari: reaktor, *stirrer* dan *rotor*, *oil batch*, kondensor liebig, termometer, erlenmeyer, corong pisah, gelas ukur, pH meter, oven, *furnace*, piknometer, buret, *viscometer oswald*, pipet tetes, batang pengaduk dan kertas saring.

Berikut ini gambar rangkain alat reaktor untuk pembuatan plastisizer butil oleat.



**Gambar 1.** Rangkaian Reaktor untuk Pembuatan Butil Oleat

Keterangan :

1. Pemanas dan *Oil Batch*
2. Reaktor
3. Termometer
4. Kondenser
5. Pengaduk
6. Statif

## Variabel Penelitian

- a. Variabel tetap :
  1. Suhu reaksi 108-112°C untuk reaksi pembuatan butil oleat
  2. Komposisi katalis 15% berbasis berat asam oleat
  3. Kecepatan pengadukan pada 200 rpm
- b. Variabel tidak tetap :
  1. Lama waktu reaksi (6 jam, 9 jam, 12 jam)
  2. Perbandingan molar asam oleat dengan butanol (1:6, 1:9, 1:12)

### 2.1 Persiapan Katalis H-Zeolit

Zeolit alam 500 gram di haluskan hingga mencapai ukuran 100 mesh. Zeolit alam yang sudah mengalami perlakuan awal di rendam dengan larutan HF 3% selama 30 menit. Kemudian dicuci dengan aquades sampai pH 7 (netral) dan di keringkan dalam oven pada temperatur 120 °C selama 24 jam. Selanjutnya zeolit di rendam dan di aduk kedalam larutan HCl 6N selama 30 menit pada temperatur 50 °C. Kemudian disaring dan di cuci dengan aquades berulang kali sampai pH 7, dikeringkan pada temperatur 130 °C selama 3 jam dalam oven. Zeolit alam di rendam dalam larutan NH<sub>4</sub>Cl 1N pada temperatur 90 °C selama 1 minggu sambil diaduk didalam *water bath*. Lakukan penyaringan dengan kertas saring dan pompa vakum, cuci zat tersebut dengan aquades sampai air aquades mencapai pH 7. Setelah disaring, zeolit alam di keringkan pada suhu 105 – 110 °C dengan oven selama 30 menit dan di kalsinasi dengan *furnace* pada suhu 500 °C selama 5 jam (gunanya untuk mengaktifasikan zeolit alam menjadi H-Zeolit) (Trisunaryanti, dkk, 2005).

### 2.2 Sintesa Butil Oleat

Asam oleat dimasukkan sebanyak 30 gr kedalam reaktor yang dilengkapi pengaduk, selanjutnya dipanaskan sampai suhu 108-112°C selama 15 menit dengan menggunakan

*oil bath*. Kemudian masukkan katalis H-Zeolit kedalam reaktor yang dikomposisikan 15% berbasis berat asam oleat, selanjutnya tambahkan butanol yang divariasikan dengan perbandingan molar (asam oleat dan butanol) 1:6, 1:9, dan 1:12. Lakukan reaksi esterifikasi pada temperatur 108-112 °C dengan kecepatan pengadukan 200 rpm dan waktu reaksi yang telah di variasikan selama 6 jam, 9 jam, dan 12 jam. Hasil reaksi dimasukkan kedalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam, maka akan terbentuk dua lapisan (filtrat dan endapan). Dimana filtrat ini berupa butil oleat yang kemudian dicuci dengan aquades (Gunawan, 2012).

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Karakteristik Zeolit Alam yang Diaktivasi

Penelitian ini menggunakan katalis H-Zeolit yang berasal dari zeolit alam yang diaktivasi. Zeolit alam dihaluskan sampai berukuran <100 mesh - >150 mesh, direndaman dengan HF 3%, HCl 6N, dan NH<sub>4</sub>Cl 1N, dicuci dan disaring, kemudian dikalsinasi pada suhu 500 °C selama 5 jam. Katalis sebelum dan sesudah dikalsinasi dianalisis dengan *X-Ray Diffraction* (XRD).

Analisa *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk mengetahui jenis mineral yang terdapat pada katalis serta untuk mengetahui tingkat kristalinitas struktur komponen, hal tersebut ditunjukkan oleh tinggi rendahnya intensitas puncak (2 $\theta$ ) pada difraktogram difraksi sinar X. Pola difraksi zeolit alam maupun H-Zeolit dibandingkan nilai 2 $\theta$  nya dengan data JCPDS (*Joint Committee for Powder Diffraction Standards*).

Zeolit alam memiliki kandungan mineral utama berupa klinoptilolit dan mordenit. Mineral-mineral ini teridentifikasi melalui pola difraktogram XRD. Jenis mineral dari XRD katalis dapat terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Identifikasi Jenis Mineral pada Difraktogram Sinar X

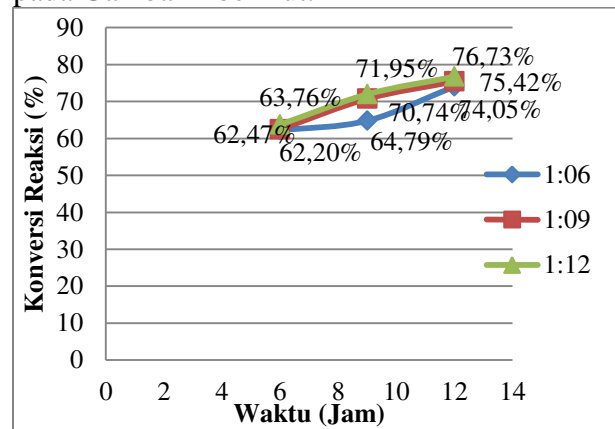
Komponen	2θ Standar (JCPDS 6-239)	2θ Zeolit Alam	Intensitas Zeolit Alam	2θ H-Zeolit	Intensitas H-Zeolit
Mordenit	9,84	9,8400	466	9,2200	466
	13,43	13,4400	455	13,0800	457
	19,60	19,5800	412	19,3000	415
	25,61	25,6000	446	25,4200	455
	27,65	27,6400	475	28,1000	473
Komponen	2θ Standar (Marita 2010)	2θ Zeolit Alam	Intensitas Zeolit Alam	2θ H-Zeolit	Intensitas H-Zeolit
Klinoptilolit	22,31	22,3400	748	21,8800	823
	26,60	26,6000	475	26,6800	513
	29,96	29,9600	373	30,8600	324

Nilai intensitas puncak baik itu mordenit maupun klinoptilolit pada H-Zeolit mengalami kenaikan dibandingkan zeolit alam, atau Zeolit sebelum aktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa dengan melakukan aktivasi pada zeolit alam dapat menyebabkan penurunan kandungan Ca, Fe, dan Mg dari zeolit alam dan meningkatkan keasamannya, sehingga kemampuan zeolit sebagai katalis semakin meningkat, sehingga dapat mempercepat proses pembentukan produk pada reaksi sintesa butil oleat.

### 3.1 Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Reaksi Esterifikasi Butil Oleat

Menurut prinsip Le Chatelier, pergeseran kesetimbangan reaksi dipengaruhi oleh suhu, perbedaan konsentrasi reaktan, volume reaktan, dan tekanan, sedangkan penambahan katalis hanya mengakibatkan kesetimbangan reaksi cepat tercapai. Lama waktu reaksi tidak akan mempengaruhi pergeseran kesetimbangan reaksi, akan tetapi kita dapat mengetahui waktu tercapainya kesetimbangan reaksi. Sedangkan menurut Wulandari, dkk (2010) Semakin lama waktu reaksi, maka kontak

antar zat semakin lama, sehingga akan menghasilkan konversi yang relatif besar. Pengaruh waktu reaksi terhadap konversi reaksi esterifikasi asam oleat dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



**Gambar 2.** Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Reaksi Esterifikasi Asam Oleat dengan Butanol.

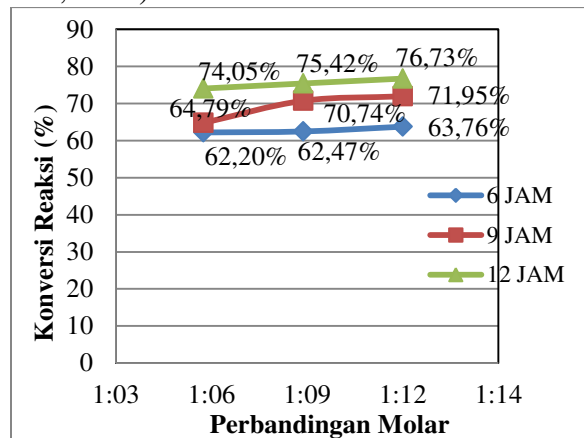
Gambar 2 menunjukkan bahwa waktu reaksi 12 jam merupakan waktu optimal untuk semua perbandingan molar reaktan. Pada perbandingan molar 1:6 kesetimbangan reaksi tercapai dengan konversi reaksi sebesar 74,05%. Untuk perbandingan 1:9 yaitu 75,42%. Sedangkan perbandingan molar 1:12 didapatkan sebesar 76,73%. Perubahan konversi reaksi tidak naik terlalu

signifikan, hal ini terjadi karena kesetimbangan reaksi telah terjadi pada waktu reaksi 12 jam.

Peneliti sebelumnya Triwulandari dan Haryono (2008) menyatakan bahwa setelah waktu reaksi mencapai kesetimbangan, konversi tidak akan bertambah lagi. Hal yang sama juga dialami oleh Susanto dan Nasikin (2008) yang melakukan esterifikasi asam oleat dengan oktanol menggunakan katalis H-Zeolit.

### 3.2 Pengaruh Perbandingan Molar Reaktan Terhadap Reaksi Esterifikasi Butil Oleat

Perbandingan molar reaktan merupakan salah satu parameter penting yang dapat mempengaruhi Konversi dari reaksi esterifikasi. Sesuai dengan prinsip Le Chatelier bahwa laju reaksi sebanding dengan konsentrasi reaktan. Karena reaksi esterifikasi adalah reaksi reversibel, maka jika diberikan alkohol berlebih dapat mengarahkan kesetimbangan kearah pembentukan ester/produk. Untuk mencapai kesetimbangan reaksi yang lebih cepat, maka penggunaan alkohol (butanol) berlebih merupakan salah satu solusinya (Wulandari dkk, 2010).



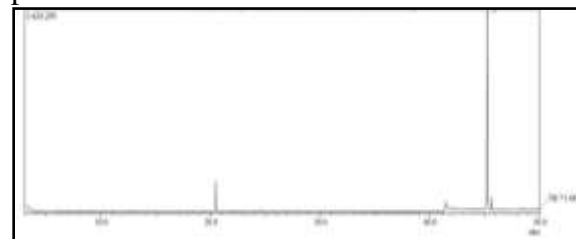
**Gambar 3.** Pengaruh Perbandingan Molar Reaktan terhadap Reaksi Esterifikasi Butil Oleat

Hasil dari penelitian ini, menunjukkan adanya pengaruh pemberian alkohol

berlebih pada proses sintesis plastisizer menggunakan asam oleat. Dapat dilihat Gambar 3 pada perbandingan molar 1:6 memberikan hasil yang tertinggi dengan waktu reaksi 12 jam yaitu 74,05%. Untuk perbandingan molar 1:9 didapatkan hasil yang tertinggi sebesar 75,42% dengan waktu reaksi 12 jam. Sedangkan untuk perbandingan molar 1:12 dengan hasil konversi reaksi tertinggi yaitu 76,73% dengan waktu reaksi 12 jam. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa perbandingan asam oleat dan butanol 1:12 dengan waktu reaksi 12 jam menghasilkan produk dengan konversi reaksi paling tinggi. Menurut Susanto (2008), apabila reaksi telah tercapai kesetimbangan penambahan konsentrasi reaktan tidak akan berdampak pada hasil konversi reaksi.

### 3.3 Analisa GC-MS Produk

Karakterisasi produk dengan menggunakan GC-MS dilakukan untuk mengetahui jenis-jenis senyawa yang terdapat didalam produk esterifikasi yang telah dilakukan. Hasil analisa menggunakan GC-MS untuk produk dengan waktu reaksi 12 jam pada rasio mol 1:12 dengan kecepatan pengadukan 200 rpm dapat dilihat pada Gambar 4. berikut :



**Gambar 4.** Chromatogram Produk Sintesa Butil Oleat (Hasil Uji Lab.Kimia Organik FMIPA-UGM, 2014)

Secara kualitatif dan kuantitatif, GC-MS memberikan informasi kandungan hidrokarbon sesuai dengan berat molekulnya, lalu dari berbagai jenis senyawa hidrokarbon yang terdapat didalam

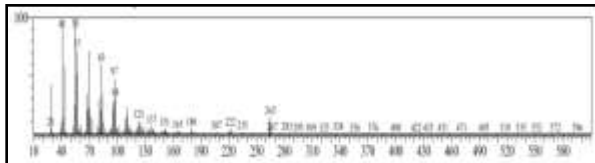


sampel tersebut dapat diklasifikasikan menurut panjang rantai hidrokarbon. Dari hasil analisis dengan GC-MS didapatkan komponen-komponen yang terdapat didalam produk tersebut, seperti terlihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** *Peak Report* GC-MS Senyawa produk, Waktu Reaksi 12 Jam dan Rasio Molar 1:12 (Hasil Uji Lab. Kimia Organik FMIPA-UGM, 2014)

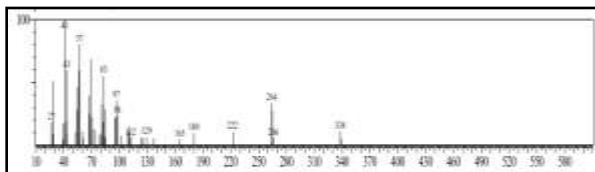
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height Name
1	20.456	20.392	20.550	1509353	9.56	438411	
2	45.247	45.125	45.308	13910126	88.09	3308894	
3	45.630	45.583	45.683	371895	2.36	124151	
				15791374	100.00	3872456	

Tabel 2 pada *peak report* diinformasikan bahwa persen senyawa ester berada pada puncak ke-2 dengan besar area 88,09 % yang berupa senyawa butil oleat, senyawa tersebut merupakan senyawa yang diinginkan dari hasil sintesa asam oleat dengan butanol. Hasil *chromatogram* dari puncak tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** *Chromatogram* Senyawa Hasil Sintesis Puncak Ke-2 (Hasil Uji Lab. Kimia Organik FMIPA-UGM, 2014)

Sebagai pembanding pada GC-MS digunakan senyawa butil oleat dengan berat molekul 338, seperti *chromatogram* Gambar 6.



**Gambar 6.** *Chromatogram* Senyawa Butil Ester (Hasil Uji Lab. Kimia Organik FMIPA-UGM, 2014)

Gambar 5 adalah *chromatogram* hasil penelitian dengan waktu reaksi 12 jam dan perbandingan molar 1:12 merupakan suatu senyawa dengan berat molekul 596, tetapi memperlihatkan juga fraksi dengan berat molekul 338, setelah dibandingkan dengan *chromatogram* senyawa butil oleat (Gambar 6). Berarti produk yang diperoleh masih belum murni, tetapi mengandung produk yang direncanakan, yakni butil oleat. Hal ini dikarenakan hasil yang diperoleh belum dimurnikan lebih lanjut.

Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa persentase produk plastisizer yang dihasilkan adalah 88,09%, disimpulkan bahwa plastisizer yang dihasilkan adalah *oleic acid, butyl ester* berbahan baku asam oleat PA.

### 3.4 Karakteristik Plastisizer

Karakteristik produk yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan karakteristik plastisizer komersil dengan jenis asam oleat. Karakteristik plastisizer secara komersial dapat dilihat pada Tabel 3. Sedangkan karakteristik butil oleat yang dihasilkan dari penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 3.** Karakteristik Plastisizer Ester yang dapat di Komersilkan

Karakteristik Plastisizer	Nilai
Berat Molekul (gr/mol)	338,6 – 382,6
Titik beku, °C	-35 - -27
Titik didih, °C	395
Titik nyala, °C	185 – 198
Viskositas 20 °C, mPa s	8,2 – 9,4
Specific gravity, 20 °C	0,862-0,928

Sumber : Wypich, 2004

**Tabel 4.** Karakteristik Produk dengan Plastisizer Komersil

<b>Rasio Molar</b>	<b>Waktu Reaksi (Jam)</b>	<b>Viskositas (20°C) (mPa.s)</b> 8,2 – 9,4	<b>Specific Gravity (20°C)</b> 0,862-0,928	<b>Konversi</b>
1 : 6	6	9,00	0,872	62,2
	9	9,29	0,868	62,47
	12	9,33	0,868	63,76
1 : 9	6	8,73	0,865	64,79
	9	8,69	0,865	70,74
	12	8,85	0,864	71,95
1 : 12	6	8,21	0,864	74,05
	9	8,26	0,862	75,42
	12	8,39	0,862	76,73

Sumber: Hasil Uji Lab. Kimia Organik FT-UR, 2014

Dari Tabel 4.dapat dilihat bahwa untuk 9 sampel yang di uji viskositas dan uji *specific gravity* memiliki nilai yang sama dengan plastisizer komersil jenis asam oleat. Pada penelitian ini dapat membuktikan bahwa asam oleat dapat dijadikan bahan baku pembuatan plastisizer dengan mereaksikannya dengan butanol. Hal ini disebabkan bahwa penggunaan alkohol dalam pembuatan plastisizer jenis oleat sama, untuk yang sudah komersil menggunakan alkohol jenis *butyl, butoxyethyl dan furfuryl* (Wypych, 2004).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapatkan disimpulkan bahwa :

1. Variasi waktu reaksi dan rasio molar memberikan pengaruh terhadap pembuatan butil oleat. Pada penelitian didapatkan konversi tertinggi sebesar 76,73% diperoleh pada perbandingan asam oleat dengan butanol sebesar 1:12, waktu reaksi 12 jam, kecepatan pengadukan 200 rpm, komposisi katalis 15% dan suhu reaksi 108-112 °C.
2. Karakteristik plastisizer butil oleat yang dihasilkan yaitu dengan nilai *specific gravity* (20C) 0,862; viskositas 8,39

mPa s; bilangan penyabunan 73,757; bilangan asam 44,076 dan dari hasil GC-MS menyatakan produk mengandung senyawa butil oleat.

#### Daftar Pustaka

- Departemen Perindustrian Indonesia, 2007. *Gambaran Sekilas Industri Minyak Kelapa Sawit*. Jakarta.
- Gunawan. 2012. *Pengaruh Waktu Reaksi dan Perbandingan Molar Pada Proses Pembuatan Isobutil Oleat Dengan Katalis Zeolit Alam*. Skripsi. Pekanbaru : Universitas Riau.
- Handayani, A.S., Marsudi, S., Nasikin, M & Sudibandriyo, M. 2006. *Reaksi Esterifikasi Asam Oleat dan Gliserol Menggunakan Katalis Asam*. Jurnal Sains Materi Indonesia. Edisi Oktober, pp 102-105.
- Haryono, A, 2006. *Pengembangan Plastisizer Pengganti DOP Dari Turunan Minyak Sawit*. Bandung: Pusat Informasi dan Dokumentasi IPTEK LIPI.
- Manurung, R. 2006. *Transesterifikasi Minyak Nabati*, Jurnal Teknologi Proses. Januari: 47-52. Medan.

- Sadi, S dan Purboyo, G 1996. *Konsep Agroindustri Untuk Produksi Plasticizer dari Minyak Sawit Secara Terpadu*. Warta PPKS. Vol 4 (2) : 75-83.
- Susanto, B, H dan M, Nasikin. 2008. *Reaksi Esterifikasi Asam Oleat dengan Alkohol Rantai Panjang Berkatalis Zeolit Untuk Memproduksi Plumas Dasar Bio*. Pekanbaru : Prosiding Seminar Nasional Teknologi Oleo dan Petrokimia Indonesia 2008.
- Syahza, Almasdi. 2000. *Potensi Pembangunan Industri Hilir Kelapa Sawit di Daerah Riau*. Pekanbaru : P2TP2 Universitas Riau.
- Trisunaryanti, W., Triwahyuni,E., dkk., 2005. *Preparasi Modifikasi Dan Karakteristik Katalis Ni-MO/Zeolit Dan MO-Ni/Zeolit Alam*. TEKNOIN, Vol 10, No.4, pp 269-282.
- Triwulandari, Evi dan Haryono. 2008. *Sintesis Plastisizer Isobutil Oleat Sebagai Bahan Substitusi PVC*. Serpong: Jurnal Polimer LIPI, edisi 2: 10 – 19.
- Vieira, M.G.A, Mariana A.D.S, Licielen O.D.S dkk., 2011. *Natura;-Based Plasticizer And Biopolymer Films: A Review*. European Polymer Journal 47, 254-263.
- Wulandari, D., & Septiana, O. 2010. *Proses Pembuatan Biodiesel dari Dedak dan Methanol dengan Esterifikasi In Situ*. Skripsi, Semarang : Universitas Diponegoro.
- Wypych, G, 2004. *Handbook of Plasticizer*. US : Chemtech Publishing, Inc.