

# Pengaruh Waktu Reaksi dan Rasio Mol Asam Oleat dengan Isopropanol pada Sintesa Plastisizer Isopropil Oleat

**Joni Miharyono<sup>1)</sup>, Irdoni, HS<sup>2)</sup>, Nirwana<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. Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru Kode Pos 28293

*jmharyono@yahoo.com/085214004626*

## ***ABSTRACT***

*Diversity of palm oil product in Indonesia is still limited, therefore it is needed to take an advantage of the development of downstream product of crude palm oil by esterification reaction. Esterification reaction is a reaction between carboxylic acid and alcohol to form ester. One of the emerging downstream product fatty acid alkyl ester is plasticizer. Plasticizer is an additive compound added to polymer to improve flexibility and workability. In this study, plasticizer was synthesized by esterification of oleic acid and isopropanol, using activated natural zeolite catalyst. The process was done with a variation of reaction time (4 hours, 6 hours, and 8 hours) and mole ratio (1: 6, 1: 9, and 1:12), with reaction temperature at 80 oC, stirring speed at 200 rpm and 15% of composition of oleic acid based catalyst as fixed variables. From the analysis of the results showed that the esterification reaction time and mole ratio affect the product conversion. The best operating condition obtained in this research was 4 hours of reaction time and 1:12 of mole ratio which resulted the conversion of reaction was 67.09%. Characteristics of plasticizer produced from this research were viscosity (at 20 °C) 2.405 to 2.803 mPa.s and Specific Gravity (at 20 °C) from 0.863 to 0.872.*

**Keyword:** Plasticizer, Esterification, Oleic Acid, Isopropanol, H-Zeolit

## **1. Pendahuluan**

Perkembangan industri kelapa sawit di Indonesia khususnya provinsi Riau mengalami peningkatan cukup pesat. Hal ini dikarenakan Indonesia merupakan salah satu negara produsen kelapa sawit terbesar (No.2 di dunia setelah Malaysia) dengan jumlah produksi mencapai 23,9 juta ton [Rosalina, 2012]. Penggunaan minyak sawit mentah sebagai bahan baku minyak goreng dan margarine lebih kurang 45%, sedangkan 55% lainnya merupakan bahan baku produk hilir seperti asam stearat, asam palmitat, asam miristat, plastisizer, surfaktan, biodiesel dan sebagainya [Departemen Perindustrian Indonesia, 2010].

Pada umumnya pemanfaatan minyak sawit (CPO dan PKO) dapat di ubah menjadi produk hilir selanjutnya melalui fraksinasi dan reaksi esterifikasi. Reaksi esterifikasi minyak sawit menggunakan katalis asam telah banyak dilakukan untuk memperoleh *fatty acid alkyl ester* [Handayani, dkk., 2006]. Produk hilir yang termasuk jenis *fatty acid alkyl ester* terdiri dari dua kategori yaitu produk pangan dan non-pangan. Produk pangan dapat berupa bahan pengelmuji dan margarin, sedangkan produk non-pangan (turunan) dapat berupa surfaktan, biodiesel dan plastisizer [Departemen Perindustrian Indonesia, 2010].

Plastisizer secara konsep sederhana dapat diartikan sebagai pelarut organik, dapat

berupa cairan dengan titik didih tinggi atau suatu padatan dengan titik leleh rendah [Sadi & guritno, dkk., 1966]. Plastisizer (pelentur plastik) adalah senyawa aditif yang ditambahkan kedalam polimer untuk meningkatkan fleksibilitas dan workabilitas [Haryono, 2006]. 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 Phthalate) [Vieira, dkk., 2011].

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 menjadi produk hilir lebih bernilai.

Asam oleat hasil fraksinasi minyak sawit dapat dirubah menjadi *fatty acid alkyl ester* karena mempunyai struktur rantai karbon yang menyerupai minyak bumi. Asam oleat juga merupakan bahan yang *renewable* dan ramah lingkungan [Handayani, dkk., 2006].

Reaksi esterifikasi untuk menghasilkan plastisizer membutuhkan katalis untuk mempercepat proses pembentukan produk. Katalis yang digunakan adalah katalis asam yang terdiri dari dua jenis yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Selama ini untuk menghasilkan plastisizer komersil digunakan katalis homogen seperti asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), asam nitrat ( $HNO_3$ ) dan asam klorida (HCl). Salah satu alternatif katalis yang dapat digunakan secara esterifikasi adalah katalis heterogen. Penggunaan katalis heterogen memiliki beberapa keuntungan yaitu mempermudah proses pemisahan antara hasil dan katalis

[Leach, 1983], dan memiliki keaktifan yang tinggi pada suhu rendah ( $<100^{\circ}C$ ) [Hidesi, 1995].

Salah satu katalis heterogen yang umum digunakan adalah zeolit alam. Menurut Nasikin, dkk., [2006] zeolit alam yang diaktifasi menjadi H-Zeolit merupakan katalis asam yang mampu mengkatalisisi asam lemak dengan alkohol.

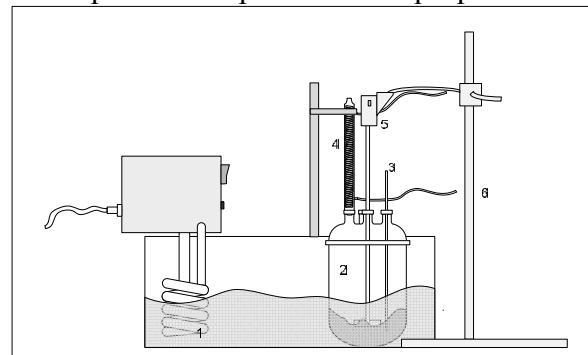
Dari uraian diatas, dipandang perlu untuk melakukan reaksi esterifikasi asam oleat dan isopropil alkohol dengan menggunakan H-Zeolit

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1. Bahan dan Alat

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini yaitu asam oleat teknis, zeolit alam, isopropanol, asam oksalat, aquades, indikator pp,  $NH_4Cl$  1N, HCl 6N, dan HF 3%. Sedangkan alat yang digunakan terdiri dari: labu didih leher empat, stirrer dan rotor, *water bath*, kondensor *liebig*, termometer, labu ukur, erlenmeyer, gelas ukur, gelas piala, corong pisah, pompa vakum, corong buchner, pH meter, oven, *furnace*, piknometer, buret, *viscometer oswald*, pipet tetes, batang pengaduk, neraca dan kertas saring.

Berikut ini gambar rangkaian alat reaktor untuk pembuatan plastisizer isopropil oleat.



**Gambar 1.** Rangkaian Reaktor untuk pembuatan isopropil oleat  
Keterangan :

1. Pemanas dan *Water Bath*
2. Reaktor

3. Termometer
4. Kondenser
5. Pengaduk
6. Statif

#### Variabel Penelitian

- Variabel tetap :
  1. Suhu reaksi 80°C
  2. Komposisi katalis 15% berbasis berat asam oleat.
  3. Kecepatan pengadukan pada 200 rpm.
- Variabel tidak tetap :
  1. Lama waktu reaksi (4 jam, 6 jam, 8 jam)
  2. Perbandingan molar (1:6, 1:9, 1:12)

## 2.2. Persiapan Katalis H-Zeolit

Zeolit alam 250 gram di gerus hingga mencapai ukuran  $< 100 - > 150$  mesh. Zeolit alam yang sudah mengalami perlakuan awal di rendam dengan larutan HF 3% selama 30 menit. Kemudian dicuci dengan akuades dan di keringkan dalam oven pada temperatur 105 - 110 °C selama 3 jam. Sampel di rendam dan di aduk kedalam larutan HCl 6N selama 30 menit pada temperatur 50 °C. Kemudian disaring dan di cuci dengan akuades berulang kali sampai pH 7, dikeringkan pada temperatur 105 – 110 °C selama 3 jam dalam oven. Zeolit alam di rendam dalam larutan NH<sub>4</sub>Cl 1N pada temperatur 90 °C selama 5 jam sambil diaduk didalam *water bath*. Lakukan penyaringan dengan kertas saring dan pompa vakum, cuci zat tersebut dengan akuades sampai filtratnya mencapai pH 7. Setelah disaring, zeolit alam di keringkan pada suhu 105 – 110 °C dengan oven selama 3 jam dan di kalsinasi dengan *furnace* pada suhu 500 °C selama 5 jam (gunanya untuk mengaktifasikan zeolit alam menjadi H-Zeolit) (Trisunaryanti, dkk, 2005).

## 2.3. Sintesa Isopropil Oleat

Asam oleat dimasukkan sebanyak 30 gr kedalam labu leher tiga yang dilengkapi pengaduk, selanjutnya dipanaskan dengan sampai suhu 80°C selama 15 menit di dalam labu leher empat. Kemudian tambahkan katalis H-Zeolit yang dikomposisikan 15% dari berat asam oleat, selanjutnya tambahkan butanol yang divariasikan dengan perbandingan molar 1:6, 1:9, dan 1:12. Lakukan reaksi esterifikasi pada temperatur 80 °C dengan kecepatan pengadukan 200 rpm dan waktu reaksi yang telah di variasikan selama 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Hasil reaksi dimasukkan kedalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam, ambil lapisan ester dan dicuci dengan aquades (Gunawan, 2012).

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Karakteristik Zeolit Alam yang Diaktivasi

Pada penelitian ini digunakan katalis H-Zeolit yang berasal dari zeolit alam yang diaktivasi. Analisa *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk mengetahui jenis mineral yang terdapat pada katalis serta untuk mengetahui tingkat kristalinitas struktur komponen katalis, hal tersebut ditunjukkan oleh tinggi rendahnya intensitas puncak (20) pada difraktogram difraksi sinar X. Pola difraksi zeolit alam maupun H-Zeolit dibandingkan nilai 20 nya dengan data JCPDS (*Joint Committee for Powder Diffraction Standards*).

Zeolit alam yang berasal dari Bandung, Jawa Barat memiliki kandungan mineral utama berupa klinoptilolit dan mordenit. Mineral-mineral ini teridentifikasi melalui pola difraktogram XRD. Data nilai 20 dan intensitas dari puncak-puncak mineral klinoptilolit dan mordenit serta pola difraksi sinar X dari zeolit alam dan H-zeolit.

Pada tabel 1 terlihat data nilai 20 dan intensitas dari puncak-puncak mineral klinoptilolit dan mordenit dari zeolit alam dan H-Zeolit. Nilai intensitas baik itu

mordenit maupun klinoptilolit pada H-Zeolit dengan diaktivasi mengalami kenaikan dibandingkan zeolit alam tanpa diaktivasi. Pengujian mengenai karakteristik pori zeolit dengan menggunakan analisa *XRD* dan *Spectrofotometer Electron Machine (SEM)* telah dilakukan oleh Mahardiani [2010],

**Tabel 1.** Identifikasi jenis mineral pada difraktogram Sinar X

Komponen	2 $\theta$ Standar (JCPDS 6-239)	2 $\theta$ Zeolit Alam	Intensitas Zeolit Alam	2 $\theta$ H-Zeolit	Intensitas H-Zeolit
<i>Mordenit</i>	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	2 $\theta$ Standar (Marita 2010)	2 $\theta$ Zeolit Alam	Intensitas Zeolit Alam	2 $\theta$ H-Zeolit	Intensitas H-Zeolit
<i>Klinoptilolit</i>	22,31	22,3400	748	21,8800	823
	26,60	26,6000	475	26,6800	513
	29,96	29,9600	373	30,8600	324

### 3.2 Karakterisasi Plastisizer

Pengujian *fatty acid* alkil ester (plastisizer) yang dihasilkan terdiri dari sifat fisika dan kimia. Pengujian sifat fisika terdiri dari pengukuran *specific gravity* dan viskositas. Sedangkan untuk sifat kimia dilakukan pengujian bilangan asam dan bilangan penyabunan.

#### Sifat Fisika dan Kimia

Sifat fisika yang dilakukan diantaranya densitas, viskositas, bilangan asam dan bilangan penyabunan. Bilangan asam dan bilangan penyabunan dilakukan dengan metode titrasi. Sedangkan untuk bilangan ester dapat diketahui dari selisih antara

modifikasi zeolit alam diaktivasi mempunyai kemampuan zeolit sebagai katalis semakin meningkat dikarenakan zeolit yang sudah mengalami modifikasi mempunyai struktur kristal zeolitnya tersusun lebih rapi dan mempunyai banyak pori yang berukuran mikropori dan mesopori.

**Tabel 2.** Karakteristik Plastisizer Ester

Karakteristik Plastisizer	Nilai
Berat Molekul (gr/mol)	338,6 - 382,6
Titik beku, °C	7 - -29
Titik didih, °C	315,6-398,9
Viskositas 20°C, mPa s	8,2 - 9,4
Specific gravity, 20°C	0,862-0,928

Sumber : Wypych (2004)

**Tabel 3.** Karakteristik produk dengan plastisizer komersil

	Waktu (jam)	Specific Gravity (20°C)	Viskositas (20°C) (mPa.s)	Konversi
<b>Plastisizer Komersil</b>	-	0.862 - 0.928	8.2 - 9.4	-
<b>Produk (1:6)</b>	4	0.863	2.524	46.59
	6	0.865	2.453	47.72
	8	0.872	2.455	50.51
<b>Produk (1:9)</b>	4	0.865	2.823	50.1
	6	0.866	2.439	51.33
	8	0.868	2.424	53.76
<b>Produk (1:12)</b>	4	0.866	2.454	67.09
	6	0.867	2.662	67.46
	8	0.869	2.405	70.72

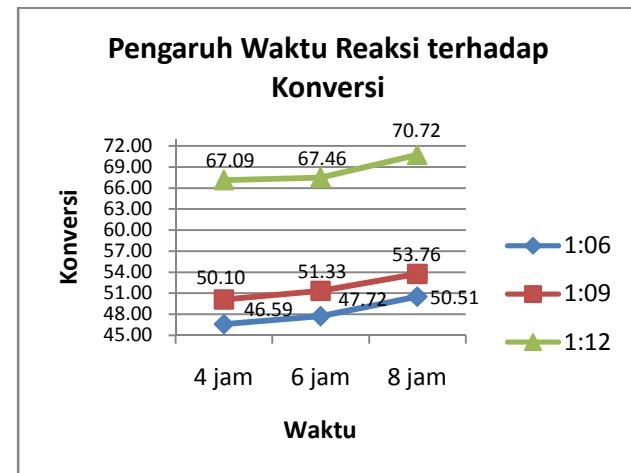
Sumber :Hasil Uji Lab.Kimia organik FT-UR, 2014

### 3.3 Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Reaksi Esterifikasi Isopropil Oleat

Pada proses sintesa isopropil oleat, waktu reaksi memiliki peran penting untuk pembentukan produk selama proses berlangsung. Suatu reaksi akan berjalan sesuai dengan waktu, semakin lama waktu reaksi maka konversi akan bertambah sampai tercapainya kesetimbangan reaksi. Apabila kesetimbangan reaksi telah tercapai produk tidak akan bertambah lagi. Sesuai dengan 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.

Peneliti sebelumnya Nasikin dan Susanto (2008) menyatakan bahwa setelah waktu reaksi mencapai kesetimbangan, konversi tidak akan bertambah lagi. Hal yang sama juga dialami oleh Gunawan (2012) yang melakukan esterifikasi asam oleat dengan isobutanol menggunakan katalis H-Zeolit. Hal yang sama juga terjadi

pada penelitian ini, yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



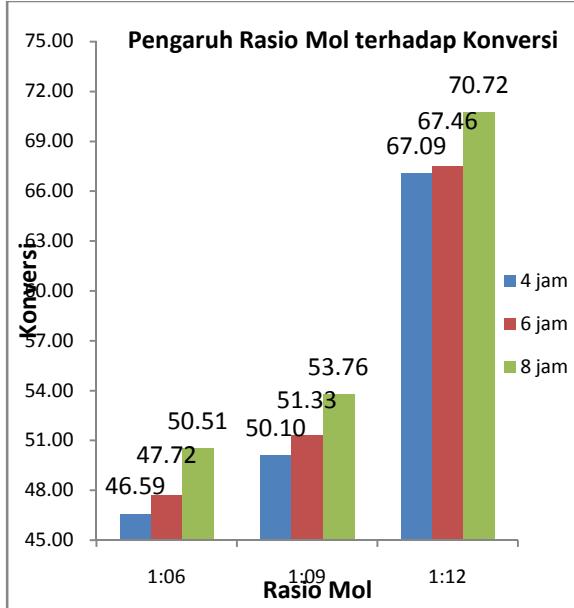
**Gambar 2.** Pengaruh Waktu Reaksi Pembuatan Isopropil Oleat

Dari grafik diatas, didapatkan hasil bahwa dengan perbandingan molar 1:6 kesetimbangan reaksi tercapai pada waktu 4 jam dengan konversi 46.59%, pada waktu 8 jam konversi reaksi tidak naik signifikan yaitu sebesar 50.51% karena telah terjadinya kesetimbangan reaksi pada waktu reaksi 4 jam. Sedangkan pada perbandingan molar 1:9 dan 1:12, kesetimbangan reaksi juga tercapai pada waktu reaksi yang sama

dengan konversi 50.10% dan 67.09%. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan waktu yang optimum untuk untuk mencapai kesetimbangan reaksi pada waktu reaksi 4 jam.

### 3.4 Pengaruh Perbandingan Mol terhadap Reaksi Esterifikasi Isopropil Oleat

Pada proses sintesa isopropil oleat, perbandingan mol memiliki peran penting untuk pembentukan produk selama proses berlangsung. Perbandingan mol suatu reaktan akan menentukan konversi suatu produk yang dihasilkan. Hasil penelitian pengaruh waktu reaksi dan rasio mol pada sintesa plastisizer isopropil oleat menunjukkan adanya pengaruh perbandingan mol terhadap konversi reaksi yang dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



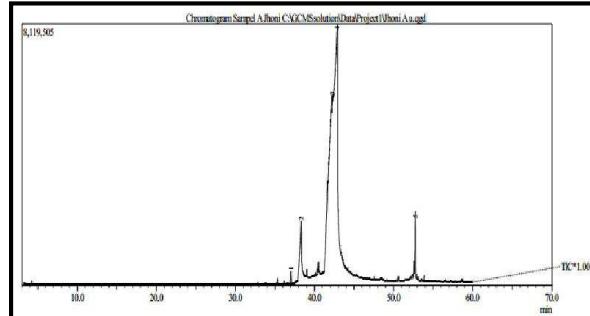
Gambar 3. Grafik Pengaruh Perbandingan Molar

Suatu reaksi akan berjalan sesuai dengan konsentrasi reaktan yang masih tersisa, semakin lama reaksi maka konsentrasi dari reaktan akan berkurang seiring dengan bertambahnya produk. Sesuai dengan prinsip Le Chatelier bahwa laju reaksi sebanding dengan konsentrasi reaktan. Perbandingan

asam oleat dan isopropanol 1:12 dapat menghasilkan konversi lebih tinggi dibandingkan dengan perbandingan rasio mol 1:6 dan 1:9. Tetapi untuk waktu reaksi 6 dan 8 jam, kenaikan konversi tidak signifikan. Pada waktu reaksi 4 Jam, perbandingan rasio mol 1:12 menghasilkan konversi sebesar 67.09 %, perbandingan rasio 1:9 menghasilkan konversi sebesar 50.10%, sedangkan perbandingan rasio 1:6 menghasilkan konversi sebesar 46.59%. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa perbandingan sam oleat dengan isopropanol 1:12 menghasilkan produk dengan konversi yang paling tinggi tetapi tidak terdapat perbedaan yang signifikan dengan perbandingan 1:6 dan 1:9. Hal ini dikarenakan reaksi sudah tercapai kesetimbangan, sehingga produk tidak akan terbentuk lagi. Menurut Nasikin (2008), apabila reaksi telah tercapai kesetimbangan, penambahan konsentrasi reaktan tidak akan berdampak pada hasil konversi reaksi.

### 3.5 Analisa GC-MS Produk

Analisa dengan GC-MS dilakukan untuk mengetahui komponen yang terkandung didalam produk. Produk yang di analisa adalah hasil sintesa dengan rasio mol 1:12 waktu reaksi 4 jam dan kecepatan pengadukan 200 rpm dapat dilihat pada gambar 4 berikut :



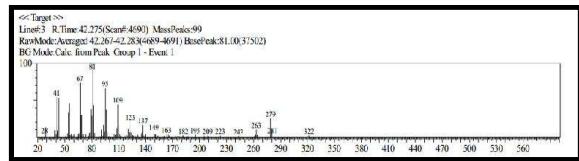
Gambar 4. Chromatogram produksi sintesa isopropil oleat dengan waktu reaksi 4 jam dan rasio mol 1:12 [Hasil Uji Lab.Kimia organik FMIPA-UGM, 2014]

Peak report dari chromatogram diatas dapat dilihat pada gambar 4.4:

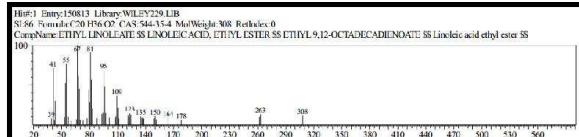
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Peak Report TIC		
				Area	Area%	Height Name
1	37.018	36.892	37.142	1419045	0.29	364202
2	38.318	37.842	38.675	25684972	5.19	1694857
3	42.275	41.158	42.342	206799071	41.78	5440049
4	42.862	42.342	44.142	249643274	50.44	7517335
5	52.765	52.408	53.008	11424744	2.31	1832417
				494971106	100.00	16848860

**Gambar 5.** Peak report GC-MS senyawa ester dari asam oleat dengan isopropanol waktu reaksi 4 jam dan rasio mol 1:12 [Hasil Uji Lab.Kimia organik FMIPA-UGM, 2014]

Dari gambar 4.4 pada *peak report* diberitahukan bahwa persen senyawa ester berada pada puncak ke-3 dengan besar area 41.78 %. Hasil *chromatogram* dari puncak tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 6.** Chromatogram senyawa hasil sintesis puncak ke-3 [Hasil Uji Lab.Kimia organik FMIPA-UGM, 2014]



**Gambar 7.** Chromatogram senyawa *Linoleic Acid Ethyl Ester* [Hasil Uji Lab.Kimia organik FMIPA-UGM, 2014]

Berdasarkan gambar 4.5 dengan gambar 4.7 sebagai pembanding senyawa *Linoleic Acid Ethyl Ester* yang memiliki berat molekul 308 dapat disimpulkan bahwa gambar 4.5 merupakan senyawa *linoleic acid isopropyl ester* dengan persen area 41.78% yang memiliki berat molekul 322.

Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa persentase produk plastisizer yang

dihasilkan adalah 41,78 %, disimpulkan bahwa plastisizer yang dihasilkan adalah *linoleic acid isopropyl ester* berbahan baku asam oleat teknis. Digunakan asam oleat teknis sebagai bahan baku dan diharapkan menghasilkan plastisizer *oleic acid isopropyl ester*. Ternyata sampel yang digunakan dan dibeli langsung dari PT.Bratachem *supplier* resmi bahan kimia dominan mengandung asam linoleat dibanding asam oleat. Secara teoritis antara asam oleat dan linoleat mempunyai perbedaan ikatan rangkap saja, dimana asam oleat mempunyai satu ikatan rangkap pada posisi ke-9 sedangkan asam linoleat mempunyai dua ikatan rangkap pada posisi ke-6 dan ke-9. Hal ini diperkuat dengan terdeteksinya adanya asam linoleat sebagai komponen penyusun utama yang lebih banyak 50.44% bercampur didalam produk yang dihasilkan dan belum diesterkan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh waktu reaksi dan rasio mol pada sintesa plastisizer isopropil oleat didapatkan simpulan yaitu :

1. Pada penelitian pengaruh waktu reaksi dan rasio mol pada sintesa plastisizer isopropil oleat, didapat konversi tertinggi pada kondisi operasi optimum dengan waktu reaksi 4 jam, rasio mol 1:12, komposisi katalis 15%, kecepatan pengadukan 200 rpm, dan suhu reaksi 80°C yaitu sebesar 67.09 %.
2. Karakteristik plastisizer isopropil oleat yang dihasilkan yakni nilai Viskositas (20°C) adalah 2,405 – 2,823 mPa.s dan *Specific Gravity* (20°C) adalah 0,848 – 0,869

#### 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.
- Haryono, A, 2006. *Pengembangan Plastisizer Pengganti DOP Dari Turunan Minyak Sawit.* Bandung: Pusat Informasi dan Dokumentasi IPTEK LIPI.
- Handayani, A.S., Marsudi, S., Nasikin, M., Sudibandriyo, M., 2006. *Reaksi Esteridikasi Asam Oleat dan Gliserol Menggunakan Katalis Asam.* Jurnal Sains Materi Indonesia. Edisi Oktober, pp 102-105.
- Hidesi, H., 1995. *Heterogeneous Basic Catalysis.* Chemical Reviews. Vol 95, No.3, 537 – 558.
- Leach, B.E. 1983. *Applied Industrial Catalysis.* Volume 2. New York : Academic Press. Inc.
- Mahardiani, L., 2010, *Preparation and Characterization of Ni/Zeolite From Natural Zeolite For Hydrocracking Process,* The 2th International Conference on Chemical Sciences(ICCS-2010)
- Nasikin, dkk., 2006. *Perengkahan katalitik Fasa Cair Minyak Sawit Menjadi Biogasolin.* Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia. Palembang 19-20 Juli. KKR 08-1.
- Rosalina. 2012. *Perusahaan Sawit Terus Ekspansi Lahan.* <http://www.tempo.co/read/news/2012/03/13/090390054/Perusahaan-Sawit-Terus-Ekspansi-Lahan> , diakses tanggal 29 Desember 2013. Pkl 20.00 WIB.
- Sadi, S dan Purboyo, G 1996. *Konsep Agroindustri Untuk Produksi Plasticizer dari Minyak Sawit Secara Terpadu.* Warta PPKS. Vol 4 (2) : 75-83.
- 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.
- 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.
- Wypych, G, 2004. *Handbook of Plasticizer.* US : Chemtech Publishing, Inc.