

Karakterisasi *Fatty Acid Alkyl Ester* dari Minyak Limbah Ikan Patin dengan Isooktanol

Nirwana

Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293
E-mail: nirwana.hamzah@yahoo.com

Abstract

Transesterification is a reaction between oil (tryglicerida) and alcohol, creating fatty acid alkyl ester. Plasticizer is one of the commercial product of fatty acid alkyl ester. Plasticizers from bio-oil production is still very limited, it is necessary to develop a bio-oil-based plasticizers. In this research, the synthesis of plasticizers by transesterification reaction using an activated natural zeolite catalysts to H-zeolite, with variations of stirring speed (175, 200 and 225 rpm), H-zeolite catalyst composition (10%, 15% and 20%) by weight based waste oil catfish and the molar ratio of reactants (1:6, 1:9, and 1:12), with a fixed variable is 104-106°C reaction temperature, reaction time 6 h and. Transesterification of the test results showed that the molar ratio, H-zeolite catalyst composition and stirring speed affects the speed of the reaction to reach equilibrium. The best operating conditions obtained in this study is the molar ratio of 1: 9, stirring speed 225 rpm, 20% catalyst composition and reaction time 6 hours reaction resulting in a conversion of 29.7%. Characteristics of plasticizers produced in this study meets the standards of commercial plasticizers, with 5,380 mPa s viscosity values, specific gravity (30°C) and 0.860 saponification number is 132.401 mg KOH/gr Sample.

Keywords: *H-Zeolit, Oil, Plasticizer, Transesterification*

1. Pendahuluan

Transesterifikasi merupakan suatu reaksi organik dimana suatu senyawa ester diubah menjadi senyawa ester lain melalui pertukaran gugus alkohol dari ester dengan gugus alkil dari senyawa alkohol lain (Fessenden, 1994). Dalam reaksi transesterifikasi minyak, trigliserida bereaksi dengan alkohol menghasilkan campuran *fatty acid alkyl ester* dan gliserol (Freedman dkk, 1986 dan Wright, 1994). *Alkyl* yang ada di *fatty acid alkyl ester* tergantung dengan alkohol yang direaksikan dalam reaksi transesterifikasi, sehingga produk yang dihasilkan dari reaksi ini bisa beragam sesuai dengan alkohol yang digunakan (Manurung, 2006).

Produk yang diharapkan diperoleh dengan reaksi transesterifikasi minyak menggunakan alkohol adalah berupa ester asam lemak yang menunjukkan sifat fisik dan kimia dari plasticizer. Plasticizer merupakan pelarut organik yang mempunyai titik didih tinggi atau suatu padatan yang mempunyai titik leleh rendah. Apabila plasticizer ditambahkan kedalam resin yang keras seperti karet dan plastik, maka gaya akumulasi intermolekul rantai panjang

akan berkurang sehingga kelenturan, kelunakan dan pemanjangan akan bertambah (Sadi dan Purboyo, 1996).

Penggunaan plasticizer di dunia pada tahun 2010 mencapai 6 juta ton pertahun dan diprediksikan meningkat rata-rata 3% setiap tahunnya. Plasticizer komersil yang digunakan untuk bahan tambahan pembuatan plastik yang di produksi dengan bahan baku minyak bumi ini menimbulkan dampak negative yakni adanya migrasi senyawa aromatic dari PVC dalam jumlah besar dapat mengakibatkan timbulnya sel kanker. Hal ini membuat industri plasticizer mencari bahan baku alternatif (Haryono, 2005). Alternatif lain yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan plasticizer yaitu minyak nabati dan minyak hewani.

Minyak nabati seperti minyak sawit, minyak kedelai, dan *rice oil* bisa dijadikan sebagai bahan baku untuk pembuatan plasticizer pada reaksi transesterifikasi. Produksi minyak nabati secara umum ditujukan untuk industri pangan, sebagian lainnya digunakan untuk keperluan non pangan dan sisanya digunakan sebagai pakan ternak dengan rasio 80:14:6 (AOCS, 2011). Dari hal tersebut

dicari berbagai alternative bahan baku pembuatan plastisizer diantaranya pemanfaatan minyak/lamak dari limbah ikan patin. Dimana minyak limbah ikan patin ini mempunyai potensi untuk reaksi transesterifikasi pembuatan plastisizer. Deliana, dkk (2011) telah melakukan penelitian tentang reaksi transesterifikasi pembuatan plastisizer yang berbahan baku minyak dari limbah ikan patin dengan alkohol isobutanol. Dengan demikian minyak limbah ikan patin dapat menjadi bahan baku alternative pembuatan plastisizer.

Ikan patin merupakan salah satu komoditas utama budidaya perikanan di riau. pada tahun 2010 jumlah produksi ikan patin mengalami peningkatan yaitu sebesar 25.155 ton Kenaikan rata-rata ikan patin di provinsi Riau selama 4 tahun ini sebesar 118, 94 persen (BPS Riau, 2011).

Pemanfaatan ikan patin sejauh ini sebagai bahan pangan yang dimasak seperti biasa sampai diolah lebih canggih lagi yaitu dikalengkan ataupun difillet. Proses pemanfaatan diatas menimbulkan limbah berupa kepala, ekor, sirip, tulang dan jeroan. Jika ditotalkan limbah tersebut mencapai 67% dari banyaknya ikan patin yang di olah (suryaningrum, 2008). Salah satunya yang belum dimanfaatkan adalah Lemak patin yang berasal dari jeroan ikan patin. Dengan demikian lemak dari jeroan ikan patin ini diduga dapat dimanfaatkan sebagai sumber lemak sebagai bahan baku pada reaksi transesterifikasi pembuatan plastisizer.

Pengkonversian minyak/lamak menjadi plastisizer dapat dilakukan secara transesterifikasi menggunakan katalis. Reaksi tersebut dikatalisis oleh asam, baik katalis homogen maupun heterogen. Penggunaan katalis

heterogen pada reaksi transesterifikasi minyak dengan alkohol dapat mempermudah proses pemisahan katalis dari campuran reaksi. Katalis asam padat (heterogen) yang saat ini banyak digunakan adalah zeolit alam teraktivasi. Pemanfaatan zeolit alam sebagai katalis dapat meningkatkan nilai tambah dari zeolit alam tersebut.

Dari uraian diatas, peneliti berkeinginan untuk melakukan proses sintesis plastisizer menggunakan minyak limbah ikan patin dengan katalis H-Zeolit. Selain sebagai teknologi alternatif sintesis plastisizer yang aman, hal ini juga merupakan salah satu cara penanganan limbah yang dihasilkan industri pengolahan ikan patin yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomis tinggi.

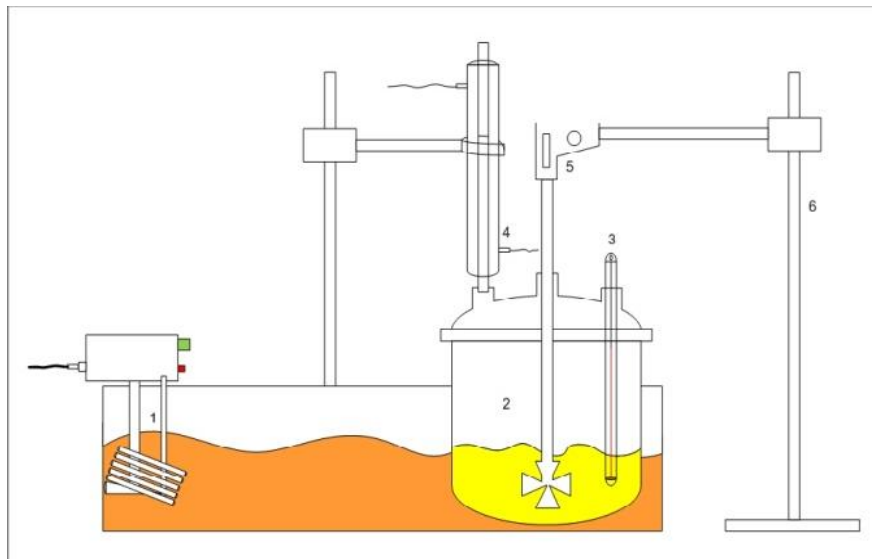
Diharapkan plastisizer ini memiliki keunggulan-keunggulan seperti: tidak beracun, dibuat dari limbah sehingga mengurangi biaya produksi, dapat terdegradasi secara biologi dan lebih efektif dalam penggunaannya dibandingkan plastisizer berbahan baku minyak bumi.

2. Bahan dan Metode

Tahap-tahap penelitian ini terdiri dari Ekstraksi Minyak Limbah Ikan Patin, Preparasi Katalis dan Sintesa *Fatty acid* alkil ester (*Plastisizer*).

2.1. Prosedur ekstraksi minyak limbah ikan patin

Limbah ikan patin yang digunakan pada penelitian ini disortir terlebih dahulu, dipilih limbah ikan patin yang berupa jeroan (isi perut). Limbah ikan tersebut dicuci hingga bersih menggunakan air. Limbah ikan yang telah bersih ditimbang berat totalnya kemudian di oven dengan suhu 105°C selama 5 jam. Lalu limbah ikan yang telah



Gambar 1. Rangkaian reaktor sintesa fatty acid alkyl ester

Keterangan:

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

selesai di oven tersebut di pres untuk mengeluarkan sisa minyak pada limbah tersebut. Minyak hasil pengovenan tersebut di diamkan sampai suhu $\pm 25^{\circ}\text{C}$. minyak hasil pengovenan disaring untuk memisahkan antara minyak kasar dan padatan (Almunady, 2011).

Minyak kasar yang diperoleh dimurnikan dengan penambahan NaCl 2,5% dan dipanaskan pada suhu 70°C selama 15 menit. Lapisan minyak dan air dipisahkan dengan corong pisah dan diperoleh minyak yang bersih. Dilakukan perhitungan densitas, rendemen, analisa angka asam dan angka penyabunan dari minyak hasil ekstraksi tersebut (Lestari dkk, 2008).

2.2. Persiapan katalis H-Zeolit

Zeolit alam sebanyak 250 gram digerus sampai halus sehingga lolos penyaring 100 mesh kemudian dimasukkan kedalam reaktor ukuran 500 ml, lalu ditambahkan dengan larutan NH_4Cl 1 N sampai zeolit tersebut terendam. Diaduk dengan kecepatan 500 rpm selama 50 jam pada suhu 90°C . Zeolit tersebut disaring dan kemudian residu

transesterifikasi dilakukan dengan kecepatan pengadukan (175, 200, 225) rpm dan perbandingan minyak dengan iso-oktanol (1:6, 1:9, 1:12) dengan lama waktu reaksi 6 jam. Kemudian, produk didiamkan selama 24 jam dalam corong pisah dan diambil lapisan atas sebagai plastisizer. Cuci dengan aquades untuk menghilangkan sisa asam, katalis dan hasil samping lainnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil analisa minyak limbah ikan patin

Berikut hasil analisis kandungan minyak ikan patin yang dapat dilihat pada Tabel 1.

3.2. Karakteristik sifat fisik dan kimia *fatty acid alkyl ester* yang dihasilkan (*plastisizer*)

Secara komersial plastisizer ester asam lemak harus memenuhi standar seperti pada Tabel 2. Pada penelitian ini dihasilkan, karakteristik plastisizer seperti pada Tabel 3.

Tabel 1. Hasil Analisa GC-MS Kandungan Minyak Limbah Ikan Patin

No	% Area	Nama Asam Lemak	Rumus Molekul	BM (gr/mol)	BM Sebenarnya (gr/mol)
1	1,59	<i>Nonanediocid Acid</i>	$\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{O}_4$	216	3,43
2	4,65	<i>Octadecanoid Acid (Asam stearat)</i>	$\text{C}_{19}\text{H}_{38}\text{O}_2$	298	13,85
3	1,14	<i>11-octadecanoid acid</i>	$\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$	296	3,37
4	40,67	<i>Hexadecanoid acid (Asam Palmitat)</i>	$\text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{O}_2$	270	109,81
5	3,23	<i>9,12-octadecanoid acid</i>	$\text{C}_{19}\text{H}_{34}\text{O}_2$	294	9,49
6	32,23	<i>9 – Octadecanoid acid (Asam Oleat)</i>	$\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$	296	95,40
7	9,75	<i>Eicosanoic acid</i>	$\text{C}_{21}\text{H}_{42}\text{O}_2$	326	31,79
8	2,79	<i>Hexadecylene acid</i>	$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}$	240	6,69
9	3,96	<i>1-Tridecyn-4</i>	$\text{C}_{13}\text{H}_{24}\text{O}$	196	7,76
Total					281,584

tersebut dicuci dengan aquades (gunanya untuk memisahkan unsur atau senyawa pengotor yang ada didalam zeolit). Setelah disaring dan dicuci, zeolit dikeringkan pada suhu $105-110^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam dan di *furnace* pada suhu 600°C selama 6 jam (Nasikin, 2006).

2.3. Sintesa *fatty acid alkyl ester*

Sintesa dilakukan dengan menggunakan proses transesterifikasi meliputi langkah-langkah sebagai berikut : Dimasukan minyak limbah ikan patin sebanyak yang ditentukan dan Katalis H-zeolit dengan komposisi 20% berbasis berat minyak ikan kedalam reaktor yang dilengkapi pengaduk, selanjutnya dipanaskan didalam oil batch dengan suhu $104-106^{\circ}\text{C}$. ditambahkan kedalam reaktor. Setelah itu, ditambahkan iso-oktanol melalui corong pisah, sejumlah yang ditentukan. Reaksi

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa untuk 9 sampel yang di uji nilai penyabunan, viskositas, dan *specific gravity* memenuhi sebagian dari sifat fisik dan kimia dari plastisizer komersial. Hal ini dapat membuktikan bahwa minyak dari limbah ikan patin (jeroan) dapat dijadikan bahan baku pembuatan plastisizer dengan mereaksikannya dengan isooktanol. Plastisizer yang dihasilkan ini merupakan plastisizer campuran yang mana dari hasil analisa minyak limbah ikan patin dapat dilihat komposisi paling dominan dari minyak limbah ikan patin ini adalah asam oleat dan asam palmitat. Berdasarkan komposisi dari minyak limbah ikan patin tersebut, seharusnya produk dari reaksi transesterifikasi ini yang dominan dihasilkan berupa plastisizer yang berasal dari asam oleat dan asam palmitat dengan isooktanol yaitu berupa isooktil oleat dan isooktil palmitat.

Tabel 2. Karakteristik Plastisizer Ester Asam

Karakteristik Plastisizer	Nilai
Titik beku, °C	7 – (-29)
Titik didih, °C	315,6 – 398,9
Nilai Penyabunan, mg/KOH	133 – 172
Viskositas 30°C, mPa s	0,9 – 26,5
Specific gravity, 30°C	0,81 – 0,96

Sumber : Wypich, 2004

Tabel 3. Karakteristik Plastisizer yang Dihasilkan

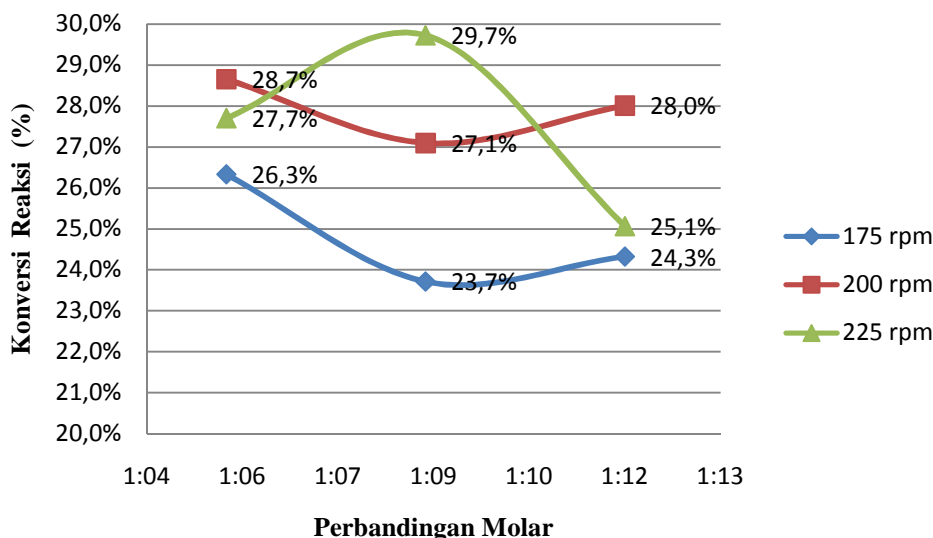
Sampel	Nilai Penyabunan (mgKOH/ grSampel)	Viskositas 30°C (mPa s)	Specific Gravity (30°C)
1	138,18	6,60	0,87
2	143,88	5,36	0,86
3	144,39	6,44	0,87
4	134,95	6,60	0,87
5	137,31	5,38	0,86
6	137,24	6,43	0,87
7	136,73	6,62	0,87
8	132,40	5,38	0,86
9	141,09	6,52	0,87

3.3. Pengaruh perbandingan molar reaktan terhadap reaksi transesterifikasi minyak limbah ikan patin

Perbandingan molar reaktan merupakan salah satu parameter penting yang dapat mempengaruhi Konversi dari reaksi transesterifikasi. Secara teoritis berdasarkan prinsip Le Chatelier dalam reaksi transesterifikasi 1 mol minyak memerlukan 3 mol alkohol. Karena reaksi transesterifikasi adalah reaksi reversibel, maka jika diberikan alkohol berlebih dapat mengarahkan kesetimbangan kearah pembentukan ester/produk. Reaksi transesterifikasi dengan katalis heterogen diketahui juga memiliki laju reaksi yang lambat. Oleh karena itu untuk mencapai kesetimbangan

reaksi yang lebih cepat maka penggunaan alkohol (isooktanol) berlebih merupakan salah satu solusinya (Wulandari dkk, 2010).

Hasil penelitian ini, menunjukkan adanya pengaruh pemberian alkohol berlebih pada proses sintesis plastisizer menggunakan minyak limbah ikan patin. Pengaruh perbandingan molar reaktan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. Reaksi mencapai nilai konversi reaksi tertinggi pada perbandingan molar 1 : 9 dengan kecepatan pengadukan 225 rpm pada waktu reaksi selama 6 jam dan temperatur 105 – 106°C. Pada perbandingan molar 1:6 didapatkan konversi reaksi maksimum sebesar 28,7% pada kecepatan pengadukan 200 rpm. Lalu pada perbandingan



Gambar 2. Pengaruh Perbandingan Molar Reaktan terhadap Reaksi Transesterifikasi Minyak Limbah Ikan Patin dengan Isooktanol

molar 1:12 didapatkan konversi reaksi tertinggi yaitu 28,0% pada kecepatan pengadukan 200 rpm.

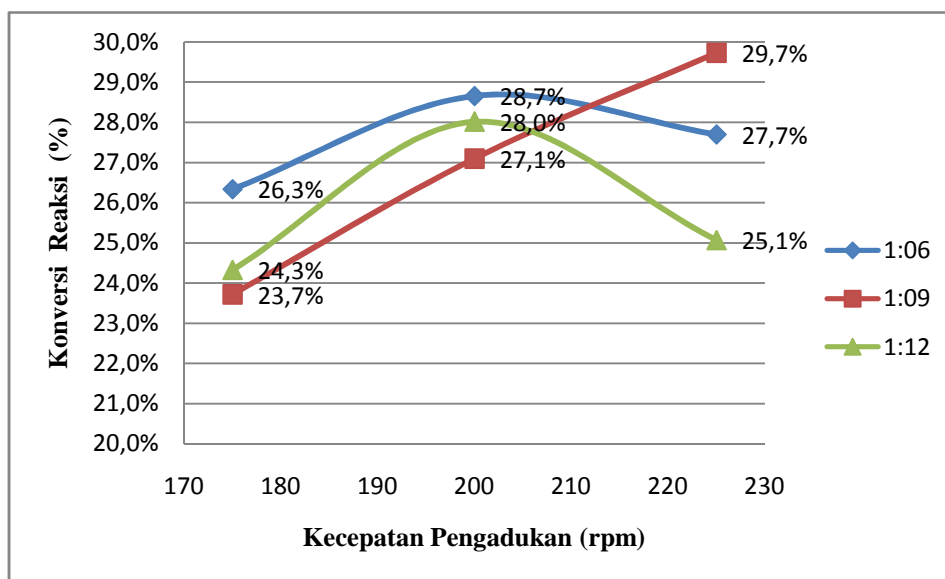
3.4. Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap reaksi transesterifikasi minyak limbah ikan patin

Berdasarkan teori Arrhenius jika kecepatan pengadukan semakin tinggi maka pergerakan molekul akan meningkat sehingga dapat mengakibatkan banyaknya terjadi tumbukan. Semakin besar frekuensi tumbukan, maka semakin besar pula harga konstanta kecepatan reaksi. Semakin besar harga konstanta kecepatan reaksi diharapkan dapat menghasilkan nilai konversi yang semakin besar (Wulandari dkk, 2010). Hasil penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh kecepatan pengadukan pada reaksi transesterifikasi menggunakan minyak limbah ikan patin. Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap konversi reaksi transesterifikasi minyak limbah ikan patin dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.

Konversi reaksi tertinggi didapatkan pada kecepatan pengadukan 225 rpm dengan perbandingan molar 1 : 9 dengan lama waktu reaksi 6 jam dan komposisi katalis

tumbukan yang tepat sehingga konstanta laju reaksi yang dihasilkan untuk pembentukan produk pada reaksi transesterifikasi mencapai pada keadaan kesetimbangan reaksi. Suatu zat dapat bereaksi dengan zat lain jika partikel – partikelnya saling kontak / bertumbukan. Hal utama yang menyebabkan konversi rendah adalah temperatur reaksi yang belum mencapai suhu reaksi transesterifikasi menggunakan Isooktanol sebagai pereaksi.

Pada kecepatan pengadukan 200 rpm dengan perbandingan molar 1 : 6 dan 1 : 12 didapatkan konversi optimum dari reaksi transesterifikasi minyak limbah ikan patin yaitu masing – masing nya 28,7% dan 28%. Hal ini dibuktikan dengan adanya penurunan konversi reaksi dengan kenaikan kecepatan pengadukan (225 rpm) pada perbandingan molar reaktan 1 : 6 dan 1 : 9 yaitu sebesar 27,7 % dan 25,1%. Penurunan konversi reaksi ini terjadi karena pengadukan yang terlalu cepat akan menyebabkan reaksi bergerak dari produk ke arah pembentukan reaktan kembali, hal ini terjadi karena konstanta laju reaksi pembentukan reaktan kembali lebih besar dari konstanta laju reaksi pembentukan produk sehingga konversi reaksi pembentukan produk akan



Gambar 3. Pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap Reaksi Transesterifikasi Minyak Limbah Ikan Patin dengan Isooktanol

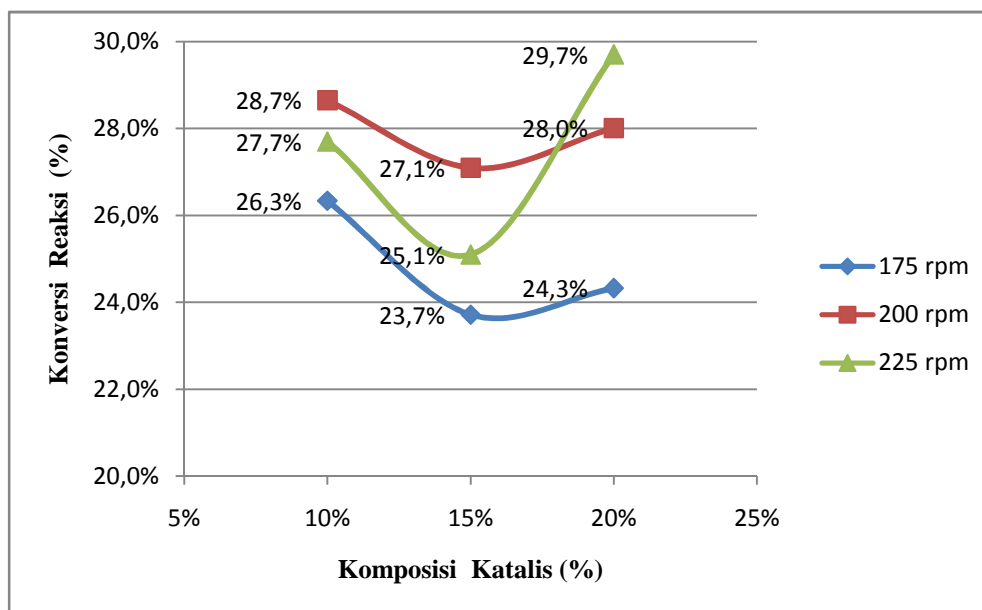
20% berbasis pada berat minyak ikan. Pada kecepatan pengadukan 200 rpm dengan perbandingan molar 1 : 6 konversi yang didapatkan adalah 28,7% dan pada kecepatan pengadukan 175 rpm dengan perbandingan molar 1 : 12 konversi yang didapatkan adalah 24,3%.

Disini dapat dilihat bahwa reaksi mencapai nilai konversi terbesar pada kecepatan pengadukan 225 rpm dengan perbandingan molar 1 : 9, tetapi konversi ini belum merupakan konversi maksimal reaksi transesterifikasi minyak limbah ikan patin pada perbandingan molar reaktan 1 : 9. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan berpengaruh terhadap laju reaksi transesterifikasi minyak limbah ikan patin. Kecepatan pengadukan yang tepat dapat menghasilkan frekuensi

semakin kecil pada waktu reaksi yang sama (dalam penelitian ini selama 6 jam).

3.5. Pengaruh komposisi H-Zeolit terhadap reaksi transesterifikasi minyak limbah ikan patin

Proses transesterifikasi memerlukan katalis untuk mempercepat laju pembentukan ester. Biasanya katalis yang digunakan berupa asam atau katalis basa/alkali. Reaksi transesterifikasi dengan katalis heterogen diketahui juga memiliki laju reaksi yang lambat. Penggunaan katalis asam memberikan konversi atau yield yang tinggi tetapi reaksi berlangsung lambat, menggunakan temperatur di atas 100°C dan waktu lebih dari 3 jam untuk mencapai reaksi sempurna (Fredman, et al, 1984). Oleh karena itu



Gambar 4. Pengaruh Komposisi Katalis terhadap Reaksi Transesterifikasi Minyak Limbah Ikan Patin dengan Isooktanol

untuk mencapai kesetimbangan reaksi yang lebih cepat maka komposisi H-Zeolit yang optimal merupakan salah satu solusinya.

Hasil penelitian ini, menunjukkan adanya pengaruh pemberian H-Zeolit pada proses sintesis plastisizer menggunakan minyak limbah ikan patin. Menurut Setyawardhani (2005) bahwa semakin semakin tinggi konsentrasi katalisator, maka konstanta kecepatan reaksi semakin besar. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.7 ditunjukkan bahwa reaksi mencapai nilai konversi reaksi tertinggi pada komposisi H-Zeolit 20% waktu reaksi selama 6 jam. Konversi reaksi yang dihasilkannya yaitu 29,7% dengan rasio molar 1 : 9.

Berdasarkan hasil penelitian ini menandakan bahwa jumlah katalis yang besar akan mempengaruhi proses adsorpsi pada reaksi katalitis. Semakin besar jumlah katalis, akan semakin banyak pula reaktan yang teradsorpsi oleh katalis. Jika reaktan banyak yang teradsorpsi, maka reaksi akan berjalan lebih cepat, sehingga kesetimbangan reaksi akan cepat tercapai. Terlihat bahwa pada waktu reaksi 6 jam dengan jumlah katalis yang dinaikkan dari 15% menjadi 20% menghasilkan konversi yang tidak berubah terlalu signifikan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada waktu 6 jam telah tercapai kesetimbangan reaksi. Hasil ini sesuai dengan kesimpulan dari penelitian Hardani (2011) yang menyatakan bahwa pada komposisi katalis 15% telah tercapai kesetimbangan reaksi.

4. Kesimpulan

Minyak limbah ikan patin dapat disintesis dengan menggunakan isooktanol menjadi salah satu produk ester komersial yakni plastisizer (isooktil palmitat). Konversi tertinggi sebesar 29,7% diperoleh pada perbandingan minyak limbah ikan patin dengan isooktanol sebesar 1 : 9, kecepatan pengadukan 225 rpm, komposisi katalis 20%,

waktu reaksi 6 jam dan temperatur 105-106°C. Karakteristik plastisizer yang dihasilkan telah memenuhi standar plastisizer komersial, dengan nilai viskositas 5,38 mPa s, *specific gravity* (30°C) 0,86 dan angka penyabunan adalah 132,40 mgKOH/grSampel.

5. Daftar Pustaka

- Fessenden, R.J., & Fessenden, J.S. 1994. *Kimia Organik*. edisi kesatu. Penerbit Erlanga.
- Freedman, B., Pryde, E.H., & Mounts, T.L. *Transesterification of soybean oil*. J. Am. Oil Chem. Soc., 1984.
- Handayani, S.P., 2010. Pembuatan biodiesel dari minyak ikan dengan radiasi gelombang mikro. Skripsi, Surakarta : Universitas sebelas maret.
- Haryono, A, 2005, *Pengembangan Plastisizer Pengganti DOP dari Turunan Minyak Sawit*, Laporan Akhir Kumulatif Program Penelitian dan Pengembangan IPTEK, LIPI, Bandung.
- Hardani, I.Z., 2011. Pengaruh Komposisi Katalis Zeolit Alam Pada Proses Esterifikasi Plastisizer Isobutil Laurat. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Lestari, N., Susanty, A., & Kurniawaty. 2008. Penggunaan Natrium Klorida (NaCl) dan Asam Fosfat Pada Proses Degumming untuk Pemurnian Minyak Kasar Ikan Patin. Journal of Agro-Based Industry, Vol 25.
- Manurung, R. 2006. *Transesterifikasi Minyak Nabati*, Jurnal Teknologi Proses Januari: 47-52. Medan.
- Nasikin, M. 2004. *Perengkahan katalitik Fasa Cair Minyak Sawit Menjadi Biogasolin*. Palembang : Pro-siding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia.

- Sadi, S & Purboyo. 1996. *Konsep Agroindustri Untuk Produksi Plasticizer dari Minyak Sawit Secara Terpadu*. Warta PPKS, Vol 4 (2) : 75-83.
- Satyawardhani, Dwi Ardiana. 2005. Kinetika Reaksi Esterifikasi Asam Formiat Dengan Etanol Pada Variasi Suhu dan Konsentrasi Katalis.
- Suryaningrum, D. 2008. *Ikan Patin: Peluang Ekspor Penanganan Pascapanen dan Diversifikasi Produk Olahannya*. Squalen Vol.3 No.1. Jawa Barat.
- Wulandari, D., & Septiana, O. 2010. Proses pembuatan biodiesel dari dedak dan methanol dengan esterifikasi in situ. Skripsi, Semarang : Universitas Diponegoro.
- Wypich, G. 2004. *Handbook of Plasticizer*. US : Chemtech Publishing, Inc.