

Sintesa Polioli dari Minyak Sawit dengan Reaksi Epoksidasi dan Hidroksilasi

The Polyol Synthesis from Sawit Oil with Epoxidation and Hydroxylation Reaction

Selfina Gala*Jurusan Teknik Kimia Universitas Fajar Makassar
selfigala@yahoo.com***ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan mempelajari proses pembuatan polioli dari minyak sawit dan mempelajari pengaruh perbandingan mol oksidator ($\text{CH}_3\text{COOH} : \text{H}_2\text{O}_2$), serta pengaruh konsentrasi katalis asam pada proses pembuatan polioli. Penelitian diawali dengan tahap epoksidasi, yaitu mereaksikan minyak dengan asam peroksida (campuran H_2O_2 dan CH_3COOH) menggunakan katalis H_2SO_4 pada suhu 60°C selama 4 jam. Selanjutnya, mereaksikan minyak terepoksidasi dengan campuran alkohol dengan katalis asam sulfat pada suhu 50°C selama 2 jam. Kemudian menganalisis bilangan hidroksil produk. Hasil penelitian yang diperoleh bahwa pada rasio mol $\text{CH}_3\text{COOH} : \text{H}_2\text{O}_2$ sama dengan 2 menghasilkan bilangan hidroksil terbesar yaitu 161,18 mg KOH/gram contoh. Variabel penambahan konsentrasi katalis 1% - 2% menunjukkan peningkatan signifikan, sedang konsentrasi 2%-4% tidak menunjukkan perubahan yang berarti. Produk yang diperoleh adalah larutan berwarna kuning berupa cairan agak kental. Bilangan hidroksil yang diperoleh pada polioli minyak sawit antara 68,49 sampai 171,11 mg KOH/gram contoh.

Kata kunci: *Minyak sawit, Polioli, Epoksidasi, Hidroksilasi*

ABSTRACT

This research aims to study the synthesis process of polyols from palm oil and studying the effect of mole ratio of oxidant ($\text{CH}_3\text{COOH} : \text{H}_2\text{O}_2$), and the influence of the concentration of acid catalyst. The first stage is epoxidation, the reaction of oil with an acid peroxide (H_2O_2 mixture and CH_3COOH) using H_2SO_4 catalyst at a temperature of 60°C for 4 hours. Furthermore, the reaction of epoxidized oil with a mixture of alcohol with sulfuric acid catalyst at a temperature 50°C to 2 hours, then analyzed the number of hydroxyl products. The results obtained that the ratio of moles of $\text{CH}_3\text{COOH} : \text{H}_2\text{O}_2$ is the same as the second largest producing hydroxyl number is 161.18 mg KOH/g sample. Addition of variable concentrations of the catalyst 1%-2% showed significant improvement, while the concentration of 2%-4% showed no significant change. The product obtained is a yellow colored solution in the form of slightly viscous liquid. Hydroxyl numbers obtained in the palm oil polyol between 68.49 to 171.11 mg KOH/g sample.

Keywords: *palm oil, polyol, epoxidation, hydroxylation*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara penghasil minyak sawit terbanyak nomor dua di dunia, karena itu selain sebagai bahan pangan perlu juga dicari alternatif

pemanfaatan lainnya dengan usaha mengubah minyak nabati menjadi produk lain yang nilai ekonomisnya lebih tinggi. Komponen utama minyak sawit adalah trigliserida yang tersusun dari gliserol

dan asam lemak, baik jenuh maupun tidak jenuh. Trigliserida dengan asam lemak tidak jenuh dapat dibuat menjadi polioli, dimana 90% polioli bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan poliuretan yang kemudian berbagai produk lanjutan dari poliuratan tersebut bisa diaplikasikan secara luas menjadi berbagai-bagai produk seperti: busa, elastomer, serat, perekat, dan pelapis (*coating*).

Sampai saat ini kebutuhan akan polioli terus meningkat tapi belum diimbangi oleh produksi di dalam negeri, karena hingga kini baru ada satu produsen polioli di dalam negeri yaitu PT. Arco Chemical Indonesia yang berlokasi di Ciwandan Serang Jawa Barat, dengan kapasitas 26.000 ton per tahun (Anonim, 1996).

Selama ini polioli diproduksi dari produk turunan minyak bumi yaitu etilen oksida dan propilen oksida (Faleh, 2001). Mengingat minyak bumi merupakan bahan baku yang tidak terbarukan dan cadangannya semakin berkurang, serta makin meningkatnya permintaan polioli maka sebagai alternatif pengganti minyak bumi, dipilih minyak nabati. Minyak nabati berasal dari sumber yang dapat diperbaharui. Molekul minyak nabati dapat ditransformasi secara kimia untuk menghasilkan gugus hidroksil dengan reaksi epoksidasi dan hidroksilasi.

Penelitian mengenai pembuatan polioli telah dilaporkan oleh berbagai peneliti diantaranya: Neny dan Imron (2004) membuat polioli dari *Crude Palm Oil* (CPO) dengan melihat pengaruh variabel pereaksi pada reaksi epoksidasi dan hidroksilasi, bilangan hidroksil polioli yang dihasilkan masih kecil dan sedikit keruh, ini disebabkan bahan baku CPO masih mengandung zat-zat pengotor. Faleh dan Zainal (2001) melakukan penelitian mengenai proses hidroksilasi minyak sawit menjadi polioli terhadap

pembentukan bilangan hidroksil. Kemudian Petrovic (2003) membuat polioli dari berbagai jenis minyak nabati melalui proses reaksi epoksidasi dan hidroksilasi dengan menggunakan katalis asam fluoroborat. Bilangan hidroksil produk polioli minyak nabati yang dihasilkan lebih besar dari 100 mg KOH/gram sampel. Namun mempunyai kelemahan pada katalis yang digunakan, karena katalis asam fluoborat merupakan pereaksi yang sangat mahal, sangat reaktif, merupakan bahan yang berbahaya dan sulit diperoleh dipasaran serta sangat eksotermis.

Untuk menghasilkan polioli yang baik dipilih bahan baku minyak sawit yang sudah mengalami proses Refined Bleached Deodorized (RBD), walaupun tidak mengandung gugus hidroksil tetapi mempunyai 4-6 ikatan rangkap tiap molekulnya. Bagian ikatan rangkap yang merupakan bagian tidak jenuh tersebut dapat dibuka melalui proses epoksidasi dan proses selanjutnya akan menghasilkan gugus hidroksil melalui proses hidroksilasi, senyawa yang mengandung gugus hidroksil inilah yang disebut polioli.

Pemilihan minyak sawit sebagai bahan baku pembuatan polioli didasarkan pada beberapa keunggulan diantaranya ketersediaan yang cukup berlimpah di Indonesia, merupakan sumber alam terbarukan dan kandungan asam lemak tidak jenuh lebih besar dibanding asam lemak jenuhnya. Hal yang baru dalam penelitian ini adalah bahan baku minyak sawit belum pernah digunakan sebagai bahan baku pembuatan polioli skala industri sehingga masih perlu penelitian lebih mendalam lagi, sedangkan katalisator yang digunakan adalah katalisator yang murah dan mudah didapat yaitu katalisator asam sulfat.

Tahap epoksidasi, minyak sawit RBD direaksikan dengan asam perasetat untuk membentuk senyawa epoksida, karena asam perasetat sulit didapatkan dan berbahaya, maka dibuat secara *in situ* yaitu mereaksikan asam asetat dan hidrogen peroksida dengan perbandingan tertentu dengan bantuan katalis asam sulfat, kemudian dilanjutkan pada proses hidroksilasi dimana minyak terepoksidasi direaksikan dengan campuran alkohol, katalis dan air untuk membentuk gugus hidroksil dari pembukaan cincin epoksidasi. Identifikasi produk dalam hal ini sebagai bilangan hidroksil diuji secara kualitatif dengan FTIR dan kuantitatif dengan metode volumetrik, sedangkan analisis densitas menggunakan piknometer.

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk dapat mengetahui dan mendapatkan produk polioli yang memadai dari minyak sawit sehingga memberikan nilai tambah dalam pemanfaatan minyak sawit ini menjadi bahan baku industri polimer yang bernilai ekonomis tinggi. Sedangkan secara khusus penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses pembuatan polioli dari minyak sawit, menganalisis pengaruh oksidator (perbandingan asam asetat dengan hidrogen peroksida) dan mempelajari pengaruh konsentrasi katalis asam sulfat pada proses pembuatan polioli.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terbagi dalam tiga tahap utama yaitu : 1) Tahap persiapan dan analisis bahan baku, 2) Tahap pembuatan polioli, 3) Tahap analisis produk.

A. Persiapan dan analisa bahan baku

Minyak sawit yang digunakan untuk bahan baku pada penelitian ini adalah

minyak sawit yang sudah mengalami proses RBD (*refined Bleached Deodorized*) dan dipasaran merupakan minyak goreng yang siap dikonsumsi.

Minyak sawit RBD ini kemudian diamati secara kualitatif dengan spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengetahui ada tidaknya gugus hidroksil pada struktur molekul dari minyak sawit. Kemudian analisis kuantitatif dengan volumetri untuk mengetahui bilangan hidroksil. Selanjutnya analisis densitas bahan baku.

B. Pembuatan Polioli

Tahapan ini meliputi dua tahap yaitu tahap reaksi epoksidasi dilanjutkan dengan tahap hidroksilasi. Tahap reaksi epoksidasi dan hidroksilasi merupakan tahap dimana sebaiknya tidak ada jeda diantara kedua bagian reaksi karena akan memicu timbulnya beberapa produk samping yang tidak diinginkan sehingga dapat menurunkan bilangan hidroksil produk yang dihasilkan.

Pada tahap epoksidasi, minyak direaksikan dengan asam perasetat untuk membentuk senyawa epoksida, Asam perasetat merupakan bahan yang sulit didapatkan dan berbahaya, oleh karena itu penggunaan asam perasetat dibuat secara *in situ* dengan mereaksikan H_2O_2 dan CH_3COOH dengan katalis H_2SO_4 dalam minyak sawit sehingga menghasilkan minyak terepoksidasi (senyawa epoksida). Kemudian dilanjutkan pada proses hidroksilasi dimana minyak terepoksidasi direaksikan dengan campuran alkohol (methanol dan isopropanol), katalis dan air untuk membentuk gugus hidroksil dari pembukaan cincin epoksida.

C. Analisis produk

Pada tahap ini, parameter bilangan hidroksil diuji secara kualitatif dengan FTIR dan kuantitatif dengan

analisis volumetrik. Sedang analisis densitas produk dengan piknometer.

D. Kondisi Operasi dan Variabel

Tekanan 1 atm, Suhu Epoksidasi dan Hidroksilasi 60°C dan 50°C, perbandingan mol metanol dan isopropanol (5 : 8) dan perbandingan mol oksidator terhadap minyak sawit: 1,15. Perbandingan mol CH₃COOH dengan H₂O₂ pada tahap epoksidasi, yaitu : 0,5 ; 1 ; 2 ; 4 ; 6. Konsentrasi katalis H₂SO₄ 1% ; 2% ; 3% ; 4% dan besaran yang dihitung pada penelitian ini adalah bilangan hidroksil.

E. Prosedur Penelitian

1. Epoksidasi dengan Asam Perasetat

Pada alat, sejumlah 6,22 mL H₂O₂ 50% ditambahkan CH₃COOH 99,9% 3,09 mL dan H₂SO₄ 98% sebanyak 2% berat minyak sawit ke dalam campuran dan dikocok (Volume H₂O₂ dan CH₃COOH yang dibutuhkan untuk rasio CH₃COOH/H₂O₂ 0,5; 1; 2; 4; 6 dapat dihitung dari perbandingan mol oksidator terhadap minyak sawit). Selanjutnya memasukkan 50 gram minyak sawit ke dalam labu leher tiga 500 mL yang dilengkapi thermometer dan kondensor. Memanaskan, mengaduk dan menjaga suhu campuran pada 40 °C dengan *water bath*.

Menambahkan larutan Asam perasetat (larutan a) ke dalam labu leher tiga. Memanaskan, mengaduk dan menjaga suhu campuran 60°C dengan *water bath* selama 4 jam. (lama tahap epoksidasi ini dihitung pada saat suhu campuran antara asam peroksi dan bahan baku minyak tersebut mulai konstan pada suhu 60°C). Produk didinginkan sampai suhu kamar dan pemisaahan fase minyak sebagai minyak sawit terepoksidasi, untuk selanjutnya digunakan pada tahap hidroksilasi. Mengulangi prosedur pada perbandingan CH₃COOH dengan H₂O₂ yaitu 0,5 ; 1 ; 2 ; 4 ; 6.

2. Hidroksilasi

Berdasarkan bilangan hidroksil yang terbesar dengan kondisi optimum pada perbandingan mol metanol dan isopropanol 5:8 dilakukan tahap hidroksilasi sebagai berikut: Larutan alkohol campuran metanol 19,05 mL dengan isopropanol 57,84 mL, katalis H₂SO₄ 2% berat minyak dan 5 mL air ke dalam labu leher tiga 500 mL, dipanaskan sampai suhu 40°C. Capuran ditambah larutan minyak sawit terepoksidasi dari prosedur 1. ke dalam labu leher tiga 500 mL diaduk pada 50 °C selama 2 jam. Selanjutnya didinginkan sampai suhu kamar. Selanjutnya di pindahkan pada labu pisah dengan ditambah 5 mL kloroform. Fase organik (lapisan bawah), distilasi pada suhu 80°C untuk memperoleh larutan minyak berwarna kuning (polioli) yang telah bebas dari kelebihan campuran alkohol dan kloroform dan dianalisa bilangan hidroksilnya.

3. Analisis Kualitatif

Analisis kualitatif untuk bahan baku dan produk menggunakan FTIR dimana struktur molekul dan ikatan yang terdapat pada contoh dapat diamati dan diidentifikasi. Dari hasil uji FTIR dilakukan pembacaan terhadap spektrum FTIR sehingga akan diketahui keberadaan gugus molekul hidroksil pada contoh tersebut.

2.6.2. Analisis Kuantitatif

Bahan baku dan produk polioli minyak sawit dianalisis secara kuantitatif dengan metode volumetri/titrimetri. Parameter yang dianalisis adalah bilangan hidroksil. Analisis lain adalah densitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap epoksidasi dan hidroksilasi diperoleh hampir semua hidrogen peroksida digunakan untuk oksidasi ikatan rangkap menjadi gugus

epoksida. Pada reaksi ini terjadi pembukaan ikatan rangkap menjadi gugus epoksida (*oxyrane*).

Penelitian penentuan bilangan *oxyrane* sudah banyak dilakukan tetapi hanya sebatas proses epoksidasi saja. Pada penelitian ini mempelajari pembuatan poliol yang dilakukan secara keseluruhan tidak hanya epoksidasi, tetapi dilanjutkan juga ke tahap hidroksilasi dan hanya mengacu pada hasil akhir saja (bilangan hidroksil setelah hidroksilasi), oleh karena itu analisis kuantitatif bilangan *oxyrane* tidak dilakukan, karena dalam pembuatan poliol, reaksinya berjalan berurutan yang sebaiknya tidak boleh dihentikan. Apabila proses selanjutnya tidak langsung dilakukan akan memicu timbulnya beberapa produk samping yang tidak diinginkan.

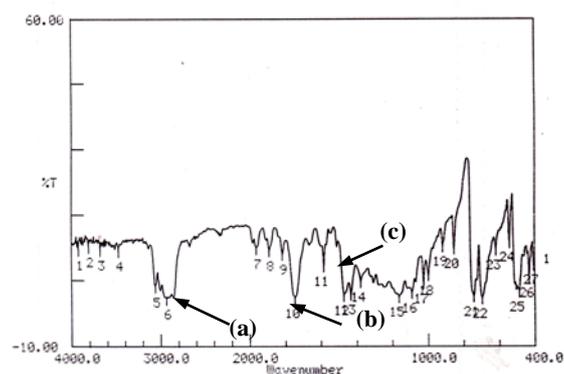
Minyak terepoksidasi menawarkan dua tempat reaktif yaitu gugus karbonil yang menghubungkan gliserida dengan asam lemak dan gugus epoksida itu sendiri. Proses pembentukan poliol akan terjadi jika alkohol bereaksi dengan gugus epoksida. Oleh karena itu digunakan campuran methanol dan isopropanol, dimana methanol dibuat lebih sedikit karena metanol sangat reaktif yang memperbesar kemungkinan terjadinya reaksi pada gugus karbonil. Reaksi methanol dengan gugus karbonil akan menghasilkan metil ester dan gliserol pada produk. Selain itu penggunaan alkohol dalam jumlah berlebih dimaksudkan untuk mengurangi terjadi *cross linkage* pada produk poliol. Setelah proses hidroksilasi, produk poliol yang didapat dipisahkan dari sisa campuran alkohol (metanol dan isopropanol) serta pelarut kloroform yang kemungkinan masih ikut pada produk dengan distilasi pada suhu sekitar 80°C (titik didih metanol 65°C, isopropanol

82°C dan kloroform 62°C). Produk yang didapatkan setelah distilasi dianggap sudah bebas dari pelarutnya.

Produk poliol yang diperoleh diharapkan memenuhi standar karakteristik poliol sebagai bahan baku pembuatan poliuretan dimana analisisnya menitikberatkan pada banyaknya bilangan hidroksil. Parameter bilangan hidroksil ditentukan karena pada produk poliol gugus hidroksilnya yang akan bereaksi dengan isosianat membentuk poliuretan.

A. Uji Kualitatif dengan FTIR

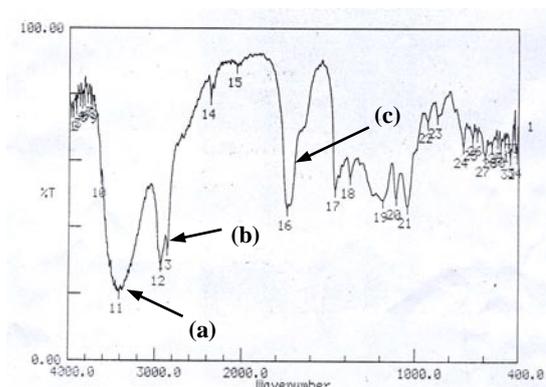
Bahan baku yang digunakan serta produk poliol yang dihasilkan diuji secara kualitatif dengan analisa menggunakan *Fourier Transform Infra Red (FTIR) Spectroscopy* untuk mengetahui atau mengidentifikasi keberadaan gugus molekul, dalam hal ini adalah keberadaan gugus hidroksil yang terdapat pada contoh. Pada gambar 2 dan gambar 3 memperlihatkan gambar spektrum FTIR untuk bahan baku minyak sawit dan produk poliol minyak sawit



Gambar 2. Spektra FTIR Minyak Sawit

Keterangan gambar 2:

- (a) Ikatan C – H angka gelombang 2934 cm^{-1}
- (b) Ikatan C = O angka gelombang 1747,66 cm^{-1}
- (c) Ikatan C = C angka gelombang 1583,70 cm^{-1}



Gambar 3. Spektra FTIR Polioli Minyak Sawit pada $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{H}_2\text{O}_2 = 2$

Keterangan gambar 3:

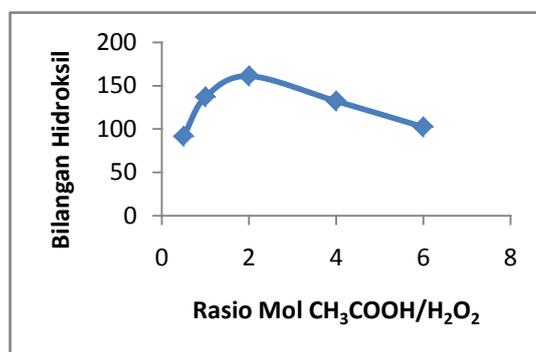
- (a) Ikatan O – H angka gelombang $3412,38 \text{ cm}^{-1}$
 (b) Ikatan C – H angka gelombang $2935,92 \text{ cm}^{-1}$
 (c) Ikatan C = O angka gelombang $1738,02 \text{ cm}^{-1}$

Keberadaan gugus hidroksil diperlihatkan dengan transmisi pada angka gelombang $3300 - 3600 \text{ cm}^{-1}$ (Susan Mc.Murry, 1992), untuk bahan baku minyak sawit tidak tampak spektra gugus hidroksilnya (gambar 2). Gambar spektra FTIR untuk produk polioli yang dianalisa memperlihatkan adanya gugus hidroksil dengan kisaran angka gelombang yang sesuai dengan ketentuan untuk identifikasi gugus hidroksil. Keberadaan gugus C=C (ikatan rangkap dua) diperlihatkan pada transmisi angka gelombang $1550 - 1670 \text{ cm}^{-1}$. Pada bahan baku minyak sawit tergambar angka gelombangnya sebesar $1657,00 \text{ cm}^{-1}$ sedang pada produk polioli minyak sawit dapat terlihat bahwa serapan gugus karbon tidak jenuhnya telah hilang. Hal ini berarti telah terjadi reaksi terhadap ikatan rangkap yang ada pada bahan baku. Spektra gugus C=O (karbonil) pada transmisi $1680-1750 \text{ cm}^{-1}$. Terlihat bahwa pada minyak sawit $1747,66 \text{ cm}^{-1}$ dan pada produk masih tergambar spektra gugus karbonilnya, hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi reaksi oksidasi pada gugus karbonil tetapi pada

gugus alkenanya (ikatan rangkap tidak jenuh).

B. Pengaruh Oksidator (Rasio mol asam asetat terhadap hidrogen peroksida) pada Proses Pembuatan polioli.

Hasil penelitian yang didapatkan dapat digambarkan dalam bentuk grafik di bawah ini :



Gambar 4. Pengaruh Rasio mol $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{H}_2\text{O}_2$ bilangan hidroksil.

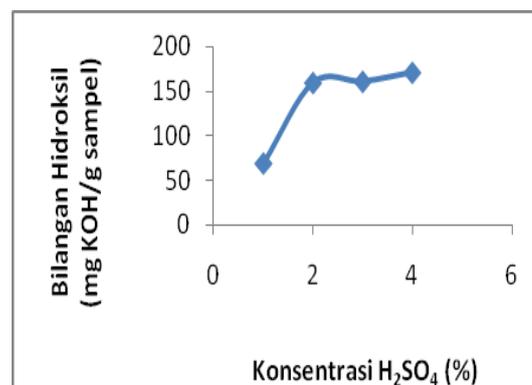
Gambar 4. menunjukkan rasio mol oksidator yang optimum didapatkan pada rasio mol $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{H}_2\text{O}_2$ adalah 2, hal ini dapat terjadi karena pada kondisi tersebut reaksi oksidasi sudah berjalan sempurna, yang berarti pada rasio mol tersebut oksidator H_2O_2 yang digunakan sudah bereaksi seluruhnya. Kemudian pada rasio mol $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{H}_2\text{O}_2 = 4$ dan 6 terlihat mengalami penurunan bilangan hidroksil karena untuk rasio mol $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{H}_2\text{O}_2$ yang semakin besar berarti konsentrasi oksidatornya semakin kecil dimana CH_3COOH yang adalah pelarut dari H_2O_2 (oksidator) semakin banyak ditambahkan sehingga menjadikan konsentrasi oksidator semakin kecil, hal inilah yang membuat bilangan hidroksil yang dihasilkan juga semakin kecil.

Hidrogen peroksida (H_2O_2) merupakan pereaksi oksidasi yang baik dan apabila menggunakan pelarut asam

maka reaksi oksidasi akan lebih cepat terjadi, apalagi bila dipanaskan (Underwood, 1989). Pelarut asam yang digunakan biasanya asam asetat. Asam lemak terhadap pereaksi oksidasi pada umumnya bersifat semakin reaktif dengan bertambahnya jumlah ikatan rangkap pada rantai molekul (Ketaren, 1986). Secara stoikiometri perbandingan mol oksidator terhadap minyak jagung adalah 1,65. Bila dihubungkan dengan hasil bilangan hidroksil terbesar yang didapatkan pada rasio mol asam asetat dengan hidrogen peroksida = 2, maka dapat diketahui bahwa hasil optimumnya menggunakan pelarut asam asetat dua kali lebih banyak dari hidrogen peroksida (oksidatornya) agar hidrogen peroksida semuanya bereaksi. Bilangan hidroksil yang optimum dihasilkan pada produk poliol minyak sawit dengan rasio mol asam asetat terhadap hidrogen peroksida = 2 sebesar 161,18 mg KOH/g sampel.

C. Pengaruh Konsentrasi Katalis pada Proses Pembuatan Poliol

Katalis merupakan salah satu faktor lain yang berpengaruh pada proses epoksidasi-hidroksilasi selain rasio molar. Kisaran konsentrasi katalisator yang diteliti adalah 1%, 2%, 3%, 4%. Suatu reaksi kimia dapat berlangsung karena molekul-molekul reaktan pada suatu waktu tertentu mengalami keadaan aktif yaitu apabila energi molekul tersebut dalam keadaan energi pengaktifan. Dalam keadaan demikian ikatan kimia dalam molekul dapat pecah sehingga terbentuk produk. Fungsi katalisator adalah mempercepat reaksi kimia dengan cara menurunkan energi aktivasinya.



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi katalis terhadap bilangan hidroksil

Gambar 5 memperlihatkan bahwa secara keseluruhan bilangan hidroksil cenderung bertambah besar jika konsentrasi katalis meningkat. Penambahan jumlah katalis akan semakin mengaktifkan zat-zat pereaksi sehingga semakin memperbesar peluang reaktan untuk saling bertumbukan menghasilkan produk. Katalis asam sulfat pada tahap epoksidasi ini membantu mempercepat reaksi oksidasi. Konsentrasi katalis yang semakin besar menyebabkan penurunan energi aktivasi. Hal ini membuktikan bahwa kehadiran katalis berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi dari suatu reaksi kimia. Konsentrasi katalisator dapat mempengaruhi konstanta kecepatan reaksi. Makin besar konsentrasi ion hidrogen makin besar kecepatan reaksinya, sehingga konversi reaksi semakin besar. Pada penelitian ini konversi reaksi tidak diukur tetapi secara langsung konversi reaksi berpengaruh pada hasil yang dicapai, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Jadi jika bilangan hidroksil yang diperoleh semakin besar maka bisa dikatakan konversi reaksinya juga akan semakin besar.

Banyaknya bilangan hidroksil pada kenaikan konsentrasi 1% ke 2% cukup signifikan sedang pada konsentrasi katalis

2% - 4% kenaikannya tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena pada konsentrasi di atas 2% energi aktivasi sudah minimal sehingga penambahan konsentrasi katalisator tidak bisa lebih menurunkan energi aktivasi.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar asam lemak tak jenuh (ikatan rangkap) yang terdapat pada minyak maka semakin besar pula bilangan hidroksil yang akan didapatkan sehingga konversi yang diperoleh juga semakin besar.
2. Perbandingan CH_3COOH terhadap H_2O_2 dengan rasio mol sama dengan 2 merupakan rasio molar terbaik pada proses epoksidasi untuk menghasilkan bilangan hidroksil terbesar. Bilangan hidroksil polioli minyak sawit yang didapatkan pada kondisi ini sebesar 161,18 mg KOH/gram contoh.
3. Variabel penambahan konsentrasi katalis H_2SO_4 1%-2% memberikan peningkatan yang signifikan tetapi pada konsentrasi 2%-4% tidak mengalami perubahan berarti pada bilangan hidroksil produk.

UCAPAN TERIMA

Kepada Kopertis Wilayah IX Sulawesi, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 1996, "Polyoli, Pabrik yang ada perlu segera diperluas", INDOCHEMICAL, PT. CAPRICORN Indonesia Consult Inc, No. 189, Jakarta.

Faleh, S.B. dan Zainal, A., 2001, "The Study of Conversion CPO to Polyoli", Universitas Diponegoro, Semarang.

Ketaren, S., 1986, "Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan", UI Press, Jakarta.

Neny dan Imron, 2004, "Pembuatan Polyoli dari CPO dengan Reaksi Epoksidasi dan Hidroksilasi", Laporan Penelitian Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, Surabaya.

Petrovic, Z., Guo, A. and Javni, I., 2003, "Process for the preparation of vegetable oil-based polyols and electroinsulating casting compounds created from vegetable oil-based polyols", United States Patent: 6,573,354, www.uspto.gov, Pittsburg State University.

Susan McMurry, (1992), "Study Guide and Solutions Manual For Organic Chemistry", 3th ed., Cole Publishing Company Pacific Grove, California, pp.622-624.

Swern, D., 1981, "Bailey's Industrial Oil and Fat Products", 4th ed, Interscience Publisher, John Wiley & Sons, New York, 2, 118-145, 152-154.

Underwood, A.L. and Day, R.A., Alih Bahasa: Aloysius Handyana Pudjaatmaka Ph.D., 1989, "Analisis Kimia Kuantitatif", edisi kelima, Penerbit Erlangga, Jakarta.