



## Aktivitas Katalitik P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Zeolit Alam pada Reaksi Hidrasi Terpentin menjadi $\alpha$ -Terpineol

Nur Hidayah<sup>✉</sup>, Nanik Wijayati, dan Sri Mursiti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang  
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Diterima Agustus 2017

Disetujui September 2017

Dipublikasikan November 2017

#### Keywords:

*minyak terpentin*  
*reaksi hidrasi*  
*H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>*  
*P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-zeolit alam*

### Abstrak

Kandungan  $\alpha$ -pinena tinggi yang diturunkan menjadi  $\alpha$ -terpineol dapat meningkatkan nilai jual terpentin. Pembentukan  $\alpha$ -terpineol melalui reaksi hidrasi terpentin terjadi dengan bantuan katalis. Katalis berasal dari perpaduan katalis homogen dan heterogen yaitu asam fosfat dan zeolit alam teraktivasi (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-zeolit alam). Karakterisasi katalis P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-zeolit alam meliputi uji kristalinitas dengan XRD, analisis gugus fungsi dengan FT-IR serta uji keasaman dengan metode gravimetri. Reaksi hidrasi dilakukan dalam reaktor *batch* dengan variasi waktu (120, 240, 360, 480 menit) dan jenis katalis (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H-zeolit alam, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-zeolit alam). Modifikasi katalis dengan mengembangkan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tidak merubah struktur kristal H-zeolit alam. Hasil reaksi hidrasi dianalisis menggunakan FT-IR, GC dan GC-MS. Kondisi optimum reaksi hidrasi pada penggunaan katalis H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% dan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-zeolit alam 40% dengan waktu reaksi 480 menit menghasilkan kadar selektivitas  $\alpha$ -terpineol sebesar 61,81% dan 5,25%. Katalis H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> lebih efektif digunakan pada reaksi hidrasi terpentin dibandingkan katalis P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-zeolit alam berdasarkan aktivitas katalitiknya.

### Abstract

High  $\alpha$ -pinene content derived into  $\alpha$ -terpineol will increase the selling value of turpentine. The formation of  $\alpha$ -terpineol by turpentine hydration reaction occurs with the aid of catalyst. The catalyst is derived from homogenous and heterogeneous catalyst on combination of phosphoric acid and activated natural zeolite (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-natural zeolite). Characterization of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-natural zeolite catalyst include crystallinity assay with XRD, functional group analysis with FT-IR and acidity assay with gravimetric method. Hydration reaction was carried out in batch reactor with variations of time (120, 240, 360, 480 min) and catalyst type (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H-natural zeolite, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-natural zeolite). Modification of catalyst by developing P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> is not significantly affected the crystalline structure of H-natural zeolite. Results of the hydration reaction were analyzed using FT-IR, GC and GC-MS. Optimum condition of hydration reaction is used on H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-natural zeolite 40% catalyst with reaction time 480 minutes results yield  $\alpha$ -terpineol selectivity of 61.81% and 5.25% respectively. Based on the catalyst activity, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> catalyst is more effectively used in turpentine hydration reaction than the P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-natural zeolite catalyst.

## Pendahuluan

Produk non kayu yang sedang dalam proses peningkatan yaitu olahan dari getah pinus. Pengolahan getah pinus dimaksudkan untuk memisahkan gondorukem dan minyak terpenin. Minyak terpenin di Indonesia mengandung 65-85%  $\alpha$ -pinena, 1-3%  $\beta$ -pinena, kurang 1% kamfena, 10-18% 3-karena, dan 1-3% limonena. Komponen utama minyak terpenin adalah senyawa  $\alpha$ -pinena. Minyak terpenin dapat memiliki nilai jual tinggi dengan mensintesis derivat dari senyawa  $\alpha$ -pinena yaitu  $\alpha$ -terpineol (Wijayati *et al.*, 2014; Utami *et al.*, 2012).

Alfa terpineol banyak dimanfaatkan dalam industri kosmetik, desinfektan, dan pewangi dalam pembersih. Pembentukan  $\alpha$ -terpineol dilakukan untuk meningkatkan nilai jual terpenin melalui reaksi hidrasi dengan bantuan katalis homogen maupun heterogen. Penggunaan katalis homogen lebih cepat dalam pembentukan produk hasil reaksi, namun memiliki kelemahan yaitu kurang ramah lingkungan dan pemisahan produk cenderung rumit karena katalis ini berada dalam satu fasa dengan reaktan. Katalis heterogen dapat menjadi alternatif untuk mengatasi hal tersebut karena lebih ramah lingkungan (Liu *et al.*, 2008).

Pembentukan produk  $\alpha$ -terpineol diawali dengan pembentukan *terpine hydrate* apabila  $\alpha$ -pinena direaksikan dengan asam-asam encer seperti asam klorida, asam nitrat, dan asam fosfat. Pemilihan asam fosfat sebagai katalis dikarenakan senyawa ini tergolong sebagai asam poliprotik yaitu asam yang dapat memberikan dua atau lebih proton pada ionisasi (Daryono, 2015; Dewi *et al.*, 2003). Kelemahan asam fosfat ini cenderung lebih sulit dipisahkan dari reaktan karena merupakan katalis homogen sehingga dibutuhkan katalis heterogen yaitu zeolit (Avila *et al.*, 2010).

Zeolit yang digunakan yaitu zeolit alam karena mudah untuk dimodifikasi namun diperlukan tahapan aktivasi terlebih dahulu. Pengembangan zeolit alam aktif dilakukan pada senyawa aktif asam fosfat yaitu  $P_2O_5$  sehingga terbentuk katalis  $P_2O_5$ -zeolit alam. Aktivitas katalitik  $P_2O_5$ -zeolit alam meliputi karakteristik ukuran kristal, derajat kristalinitas, dan keasaman katalis  $P_2O_5$ -zeolit alam dan pengaruhnya terhadap produk  $\alpha$ -terpineol yang dihasilkan, serta akan digunakan asam fosfat sebagai katalis pembanding dalam reaksi hidrasi terpenin.

## Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi minyak terpenin (Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah), zeolit alam (Malang), HF, HCl,  $NH_4Cl$ ,  $AgNO_3$ , ammonia,  $H_3PO_4$  dengan *grade pro analyst* buatan Merck, surfaktan tergitol np-10, diklorometana,  $Na_2SO_4$  anhidrat, gas  $N_2$  produksi PT Samator, aquades, dan aquademin. Alat yang digunakan meliputi *Sentrifuge Centurion (G.P. Series)*, *XRD Panalytical (Version PW3050/60)*, *FT-IR PerkinElmer (Version 10.03.06)*, *GC Agilent 6820 (Version A. 01. 03)*, dan *GC-MS Shimadzu (QP2010S)*.

Aktivasi zeolit alam dimulai dengan menghancurkan bongkahan zeolit alam dengan mortar kemudian diayak hingga ukuran 100 mesh. Hasil ayakan zeolit alam kemudian direndam dengan aquades selama 24 jam dan dikeringkan pada oven suhu 120°C. Zeolit alam direndam dengan larutan HF selama 30 menit untuk menghilangkan pengotor dan silika yang berada pada luar kerangka zeolit dan perendaman dengan HCl selama 30 menit untuk dealuminasi zeolit. Zeolit alam kemudian dinetralkan dengan aquademin serta ion  $Cl^-$  dihilangkan (uji  $AgNO_3$ ). Zeolit alam direndam dengan  $NH_4Cl$  kemudian dicuci dengan aquademin hingga netral dan ion  $Cl^-$  dihilangkan (uji  $AgNO_3$ ). Zeolit alam dikeringkan pada oven suhu 120°C selama 1 jam dan dikalsinasi suhu 500°C selama 4 jam (Erlynata *et al.*, 2014).

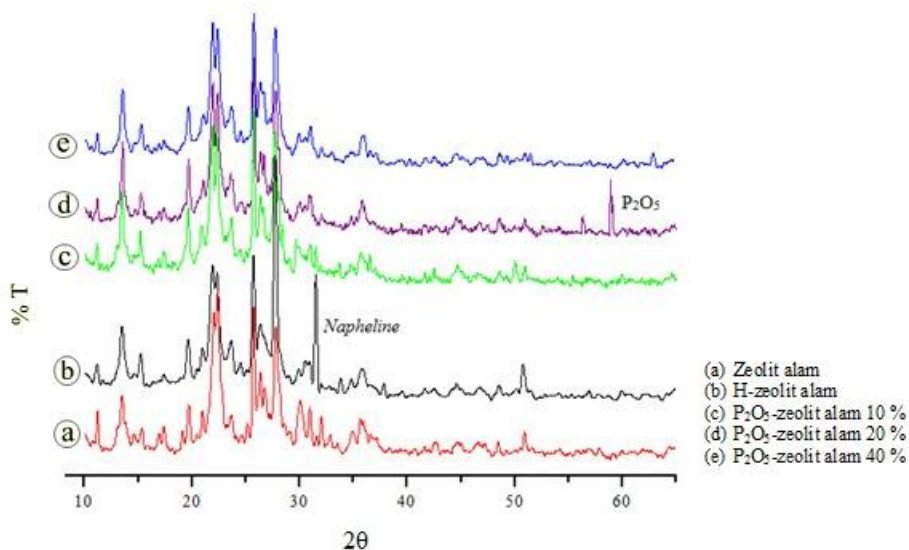
Preparasi katalis  $H_3PO_4$  dilakukan dengan membuat larutan  $H_3PO_4$  10% dalam labu ukur 10 mL, sedangkan preparasi katalis  $P_2O_5$ -zeolit alam dilakukan dengan membuat katalis  $P_2O_5$ -zeolit alam dengan variasi konsentrasi yaitu 10, 20, dan 40 % melalui tahap impregnasi  $P_2O_5$  dengan H-zeolit alam. Masing-masing konsentrasi katalis dibuat dengan mencampurkan asam fosfat yang dilarutkan dalam 10 mL aquademin dengan 10 g H-zeolit alam pada suhu 80°C hingga larutan membubur. Hasil impregnasi dikeringkan pada oven suhu 100°C selama 1 jam.

Minyak terpenin dihilangkan air nya terlebih dahulu menggunakan  $Na_2SO_4$  anhidrat. Minyak terpenin ini dianalisis menggunakan GC dan FT-IR. Minyak terpenin yang telah bebas air digunakan untuk reaksi hidrasi. Reaksi hidrasi terpenin dilakukan dalam labu alas bulat leher tiga dengan mencampurkan 8 mL minyak terpenin, 1,5 g surfaktan tergitol np-10, dan 2,5 mL aquades pada suhu 70°C selama 480 menit. Katalis yang digunakan pada reaksi hidrasi meliputi  $H_3PO_4$ , H-zeolit alam, dan  $P_2O_5$ -zeolit alam. Katalis yang ditambahkan sebanyak 400 mg setelah suhu reaksi tercapai. Hasil reaksi hidrasi (fasa organik) diekstrak menggunakan diklorometana, dinetralkan dengan aquademin, dan ditambahkan  $Na_2SO_4$  anhidrat untuk mengikat sisa air serta dialiri gas  $N_2$  untuk menguapkan sisa pelarut. Sisa katalis homogen dinetralkan hingga pH= 7 dan katalis heterogen dikeringkan pada oven suhu 120°C selama 1 jam.

Sampel hasil reaksi hidrasi dianalisis menggunakan GC dan hasil terbaik dianalisis menggunakan FT-IR dan GC-MS.

### Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi katalis meliputi zeolit alam, zeolit alam aktif (H-zeolit alam), dan  $P_2O_5$ -zeolit alam dengan konsentrasi 10, 20, dan 40 % untuk mengetahui jenis mineral penyusun zeolit dan kristalinitas katalis meliputi ukuran kristal dan derajat kristalinitas. Kristalinitas pada variasi jenis katalis yang digunakan disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Perbandingan difraktogram pada variasi jenis katalis

Difraktogram yang dihasilkan pada masing-masing jenis katalis menunjukkan intensitas yang tajam pada daerah  $2\theta = 22,35^\circ$ ;  $25,68^\circ$ ; dan  $27,74^\circ$  yang merupakan karakteristik zeolit tipe mordenit. Puncak khas tersebut sesuai dengan data *JCPDS* No. 6-239 bahwa zeolit alam dari Malang ini termasuk jenis zeolit tipe mordenit. Perbedaan terjadi pada katalis  $P_2O_5$ -zeolit alam 20% terdapat difosfor pentaoksida ( $P_2O_5$ ) yang muncul pada permukaan zeolit ditandai dengan terdeteksinya  $P_2O_5$  pada  $2\theta = 59,06^\circ$  (*JCPDS* No. 22-1380). Pada katalis H-zeolit alam terdapat puncak runcing pada  $2\theta = 31,92^\circ$  yang diduga merupakan jenis mineral lain dari zeolit yaitu napheline yang terdeteksi pada  $2\theta = 30,98^\circ$  (*JCPDS* No. 19-1176).

Ukuran kristal katalis berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan *Scherrer* menyatakan bahwa katalis  $P_2O_5$ -zeolit alam 40% memiliki ukuran kristal yang lebih besar yaitu sebesar 43,93 nm dan derajat kristalinitas menunjukkan seberapa besar suatu material katalis dikatakan kristalin. Derajat kristalinitas tertinggi dimiliki oleh katalis  $P_2O_5$ -zeolit alam 10% sebesar 98,67%. Kristalinitas yang tinggi diharapkan mempunyai sifat katalitik zeolit yang tinggi, stabil pada temperatur tinggi, porositas luas, dan pengembalian bebas dari pengotor (Handayani, 2015).

Keasaman dapat diuji untuk menentukan jumlah situs asam suatu material sehingga pada penelitian ini jumlah situs asam katalis ditentukan secara kuantitatif dengan metode gravimetri menggunakan basa adsorbat ammonia karena ukuran molekul ammonia lebih kecil sehingga dalam berinteraksi dengan situs asam pada katalis, ammonia teradsorb lebih kuat (Majid *et al.*, 2012). Pengembangan kation/logam pada suatu material seperti zeolit dapat menambah jumlah situs asam total dibandingkan zeolit tanpa pengembangan. Jumlah keasaman total (ammonia) katalis disajikan pada Tabel 1.

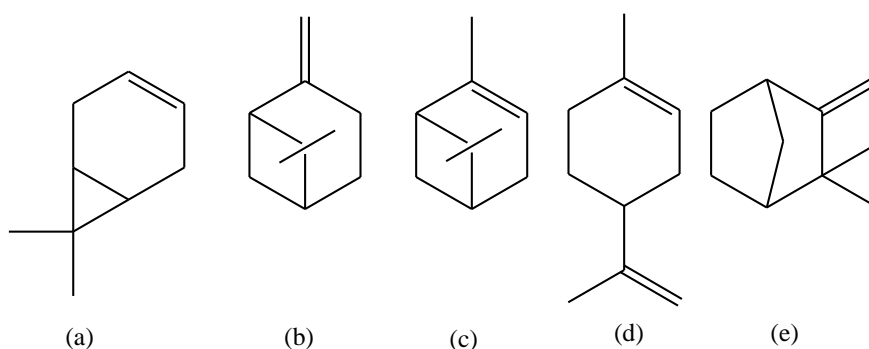
**Tabel 1.** Keasaman total (ammonia) pada variasi jenis katalis

Katalis	Keasaman (mmol/g)
Zeolit alam	0,16
H-zeolit alam	0,48
$P_2O_5$ -zeolit alam 10%	0,54
$P_2O_5$ -zeolit alam 20%	0,75
$P_2O_5$ -zeolit alam 40%	1,08

Jumlah keasaman paling tinggi terdapat pada katalis zeolit alam modifikasi yaitu katalis  $P_2O_5$ -zeolit alam 40%. Hal ini membuktikan bahwa zeolit alam modifikasi mampu meningkatkan keasaman dibandingkan zeolit alam sebelum aktivasi dan konsentrasi katalis yang semakin besar menjadikan keasamannya cenderung semakin tinggi (Tabel 1). Keasaman ini merupakan faktor penting dalam aktivitas katalitik pada reaksi hidrasi terpenin.

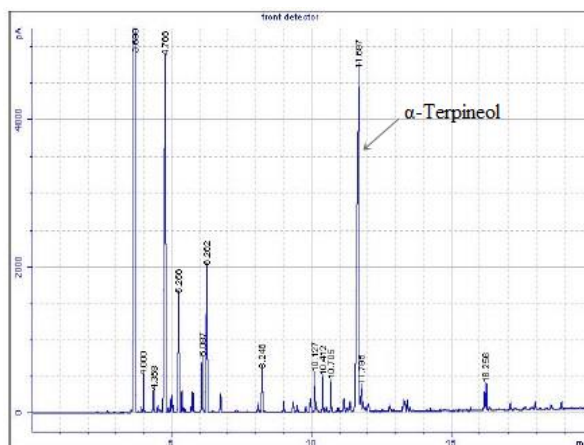
Zeolit alam yang digunakan diaktivasi dengan cara dikalsinasi pada suhu  $500^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Sifat fisik H-zeolit alam dan  $P_2O_5$ -zeolit alam berwujud padatan berwarna putih kecoklatan. Analisis dilakukan pada H-zeolit alam dan  $P_2O_5$ -zeolit alam 40% menggunakan FT-IR. Pada katalis H-zeolit alam dan  $P_2O_5$ -zeolit alam 40% menunjukkan adanya gugus hidroksil (-OH) masing-masing pada puncak serapan  $3435\text{ cm}^{-1}$  dan  $3412\text{ cm}^{-1}$ , sedangkan puncak serapan  $794\text{ cm}^{-1}$  dan  $792\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya serapan gugus Si-O dan untuk puncak serapan  $1092\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi ulur Si-O-Si/Si-O-Al. Perbedaan pergeseran serapan puncak diduga akibat dari modifikasi yang dilakukan pada zeolit. Pergeseran pada spektra vibrasi internal dan eksternal dapat menjelaskan terjadinya dealuminasi pada zeolit (Lestari, 2010).

Komponen dalam minyak terpenin meliputi  $\alpha$ -pinena (65-85%),  $\beta$ -pinena (1-3%), kamfena (<1%), 3-karena (10-18%), dan limonena (1-3%). Senyawa  $\alpha$ -pinena merupakan komponen utama dalam minyak terpenin (Masruri *et al.*, 2014; Sulisty, 2015). Struktur senyawa penyusun minyak terpenin disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Struktur senyawa penyusun minyak terpenin (a) 3-karena, (b)  $\beta$ -pinena, (c)  $\alpha$ -pinena, (d) limonena, (e) kamfena (Wijayati *et al.*, 2014)

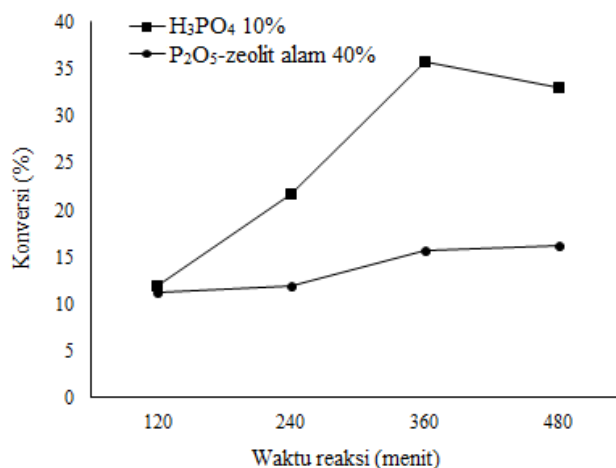
Derivat dari senyawa  $\alpha$ -pinena antara lain  $\alpha$ -terpineol, 4-terpineol, dan terpineol hidrat. Senyawa  $\alpha$ -terpineol merupakan derivat dari senyawa  $\alpha$ -pinena yang dikaji dalam penelitian ini melalui reaksi hidrasi terpenin (Wijayati *et al.*, 2011). Berdasarkan hasil GC, kandungan senyawa  $\alpha$ -pinena dalam minyak terpenin sebesar 80,89% yang muncul pada waktu retensi 3,702 menit. Senyawa ini diperkuat dengan puncak-puncak karakteristik minyak terpenin berdasarkan karakterisasi FT-IR yang terdeteksi pada bilangan gelombang  $2920\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan serapan C-H alkana,  $1651\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan serapan gugus C=C alkena,  $1446\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan serapan  $\text{CH}_2$  dan  $1382\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan serapan gugus  $\text{CH}_3$ .



**Gambar 3.** Kromatogram GC hasil reaksi hidrasi terpenin pada katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% dengan waktu reaksi 480 menit

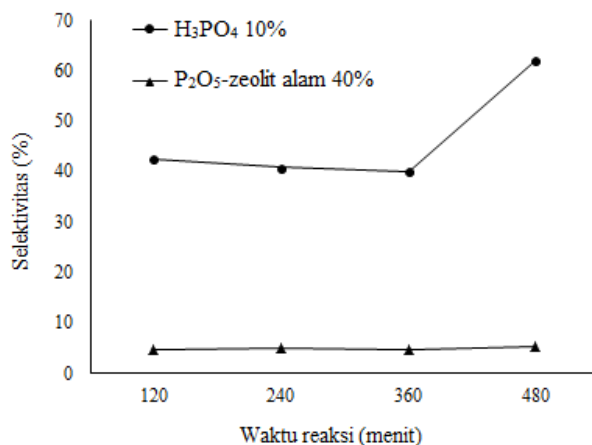
Produk  $\alpha$ -terpineol hasil reaksi hidrasi terpenin dengan variasi waktu reaksi dilakukan analisis cuplikan sampel pada waktu reaksi 120, 240, 360, dan 480 menit untuk masing-masing jenis katalis yang digunakan. Jenis katalis yang digunakan yaitu  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10%, H-zeolit alam, (10, 20, dan 40%)  $\text{P}_2\text{O}_5$ -zeolit alam. Berdasarkan hasil GC, kadar  $\alpha$ -terpineol tertinggi terdapat pada waktu reaksi 480 menit untuk semua jenis katalis dan kadar  $\alpha$ -terpineol optimum terdapat pada penggunaan katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10%. Berikut ini hasil GC dari hasil reaksi hidrasi terpenin dengan menggunakan katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% dengan waktu reaksi 480 menit pada Gambar 3.

Kadar senyawa  $\alpha$ -terpineol diduga muncul pada waktu retensi 11,697 menit dengan kadar sebesar 20,43% dan kadar  $\alpha$ -pinena yang tersisa 53,48%. Pembentukan produk ditandai dengan terjadinya penurunan kadar senyawa  $\alpha$ -pinena. Hasil konversi  $\alpha$ -pinena untuk menghasilkan produk  $\alpha$ -terpineol optimum yaitu pada penggunaan katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% dan  $\text{P}_2\text{O}_5$ -zeolit alam 40% dengan perbandingan yang disajikan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Konversi  $\alpha$ -pinena pada katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% dan  $\text{P}_2\text{O}_5$ -zeolit alam 40% dengan variasi waktu reaksi

Meningkatnya konversi  $\alpha$ -pinena setiap penambahan waktu reaksi membuktikan bahwa kadar  $\alpha$ -pinena yang dihasilkan berkurang dan menunjukkan bahwa  $\alpha$ -pinena sudah bereaksi menjadi senyawa lain (produk hasil reaksi), namun belum sepenuhnya bereaksi, meskipun sedikit ada yang mengalami penurunan konversi. Konversi  $\alpha$ -pinena yang meningkat menjadikan selektivitas produk  $\alpha$ -terpineol juga cenderung meningkat seperti disajikan pada Gambar 5.



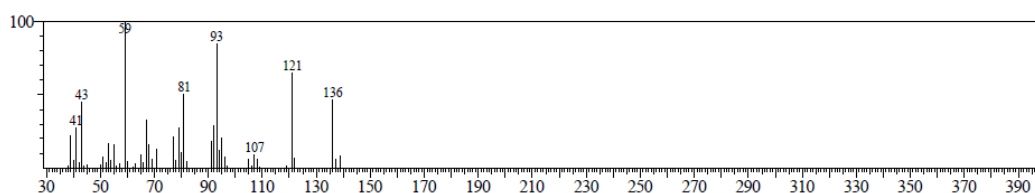
**Gambar 5.** Selektivitas  $\alpha$ -terpineol pada katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% dan  $\text{P}_2\text{O}_5$ -zeolit alam 40% dengan variasi waktu reaksi

Selektivitas produk  $\alpha$ -terpineol optimum dihasilkan pada waktu reaksi 480 menit dengan penggunaan katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% sebesar 61,81%, sedangkan dengan menggunakan katalis  $\text{P}_2\text{O}_5$ -zeolit alam 40% menghasilkan selektivitas  $\alpha$ -terpineol sebesar 5,25%. Hasil selektivitas yang mengalami penurunan

disebabkan oleh terbentuknya senyawa lain yang menjadi produk samping dari isomerisasi  $\alpha$ -pinena meliputi kamfena, limonena, dan terpinolena (Wijayati *et al.*, 2011).

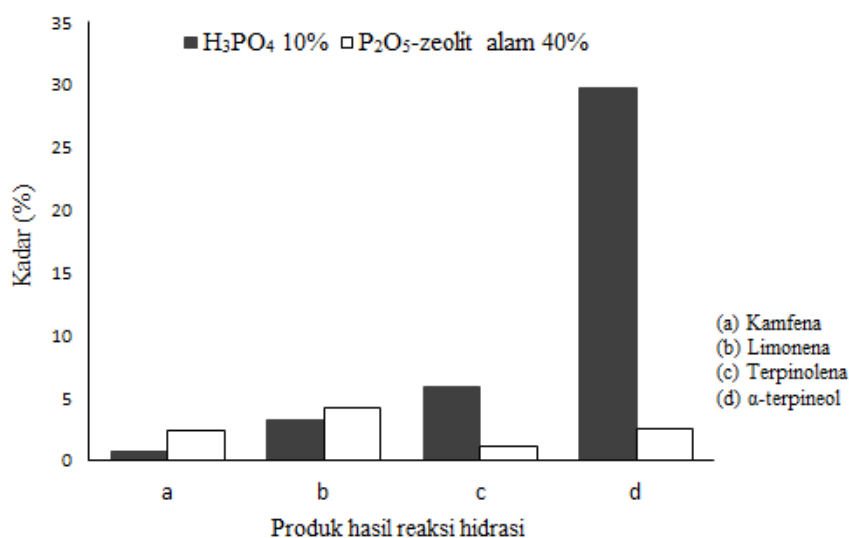
Senyawa  $\alpha$ -terpineol yang dihasilkan diperkuat dengan karakterisasi menggunakan FTIR bahwa gugus O-H alkohol yang merupakan serapan khas produk  $\alpha$ -terpineol muncul pada bilangan gelombang  $3401\text{ cm}^{-1}$ . Puncak-puncak serapan yang muncul dapat diperkirakan bahwa hasil reaksi tersebut merupakan senyawa alkohol. Hal ini diperkuat dengan adanya serapan kuat dari gugus C-O pada bilangan gelombang  $1204\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan gugus dari senyawa alkohol yang diperkuat dengan adanya serapan melebar dari gugus O-H (Fessenden & Fessenden, 2005).

Analisis GC-MS dilakukan pada sampel produk  $\alpha$ -terpineol dengan selektivitas tertinggi berdasarkan hasil analisis GC yaitu pada penggunaan katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% dan  $\text{P}_2\text{O}_5$ -zeolit alam 40% dengan waktu reaksi 480 menit. Analisis GC-MS bertujuan untuk mengetahui jumlah senyawa massa rumus, rumus struktur, dan massa peak senyawa hasil reaksi hidrasi terpinen. Senyawa  $\alpha$ -terpineol mempunyai massa molekul  $m/z$  154, namun spektra massa ion molekuler dengan  $m/z$  154 tidak terdeteksi oleh spektrometer massa karena ion molekul tidak stabil, tetapi diperkirakan ion molekul yang terdeteksi adalah fragmen berikutnya yaitu  $m/z$  136 yang merupakan pecahan khas dari suatu alkohol dengan lepasnya satu molekul air. Berikut ini spektrum massa  $\alpha$ -terpineol optimum dihasilkan pada penggunaan katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% disajikan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Spektrum massa  $\alpha$ -terpineol pada katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% dengan waktu reaksi 480 menit

Dari hasil analisis GC-MS, terdapat perbedaan produk hasil reaksi hidrasi pada katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% dan  $\text{P}_2\text{O}_5$ -zeolit alam 40% dengan waktu reaksi 480 menit yang disajikan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Perbandingan hasil reaksi hidrasi pada katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% dan  $\text{P}_2\text{O}_5$ -zeolit alam 40% dengan waktu reaksi 480 menit

Kadar produk  $\alpha$ -terpineol tertinggi dihasilkan pada penggunaan katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% sebesar 29,77%, sedangkan katalis  $\text{P}_2\text{O}_5$ -zeolit alam 40% menghasilkan kadar  $\alpha$ -terpineol sebesar 2,58%. Hal ini disebabkan pada katalis  $\text{P}_2\text{O}_5$ -zeolit alam 40% lebih cenderung menghasilkan banyak produk lain dibandingkan pada katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10%. Hal ini disebabkan kurang maksimalnya kinerja zeolit alam sebagai katalis heterogen pada reaksi hidrasi terpinen karena preparasi aktivasi zeolit alam yang mungkin kurang maksimal sehingga menurunkan aktivitas katalis dalam berinteraksi dengan reaktan.

## Simpulan

Hasil reaksi terbaik pada reaksi hidrasi terpenin menjadi  $\alpha$ -terpineol yaitu menggunakan katalis  $H_3PO_4$  10% diperoleh pada waktu reaksi 480 menit dengan konversi  $\alpha$ -pinena sebesar 33,05% dengan selektivitas produk  $\alpha$ -terpineol sebesar 61,81%. Aktivitas katalitik  $P_2O_5$ -zeolit alam 40% menghasilkan konversi  $\alpha$ -pinena sebesar 16,20% dengan selektivitas produk  $\alpha$ -terpineol sebesar 5,25% dan lebih selektif menghasilkan produk  $\alpha$ -terpineol dibandingkan variasi jenis katalis heterogen lainnya.

## Daftar Pustaka

- Avila, M.C., N.A. Cornelli, E.R. Castellon., and A.J. Lopez. 2010. Study of Solid Acid Catalysis for the Hydration of  $\alpha$ -Pinena. *J. Mol. Catal. A: Chemical*, 322(1-2): 106-112
- Daryono, E.D. 2015. Sintesis  $\alpha$ -Pinena menjadi  $\alpha$ -Terpineol menggunakan Katalis  $H_2SO_4$  dengan Variasi Suhu Reaksi dan Volume Etanol. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(2): 1-6
- Dewi, D.F. & Masduqi, A. 2003. Penyisihan Fosfat dengan Proses Kristalisasi dalam Reaktor Terfluidisasi menggunakan Media Pasir Silika. *Jurnal Purifikasi*, 4(4): 151-156
- Erlynata, A., Suci Amalia, T.K. Adi, S.N. Khalifah. 2014. Pemanfaatan Zeolit Alam, H-Zeolit Alam dan H-Zeolit Alam Malang sebagai Katalis Reaksi Isomerisasi Glukosa. *Alchemy*, 3(1): 31-38
- Fessenden, R.J. & Fessenden, J.S. 2005. *Kimia Organik*. Edisi Ketiga. Jilid 2. Jakarta. Erlangga
- Handayani, T., N. Wijayati, & Harjono. 2015. Pengaruh Waktu dan Temperatur pada Reaksi Isomerisasi  $\alpha$ -Pinena menggunakan Katalis  $Zr^{4+}$ /Zeolit Alam. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(3): 234-239
- Lestari, D.Y. 2010. Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia: Universitas Negeri Yogyakarta*
- Liu, S.W., S.T. Yu, F.S. Liu, C.X. Xie, Lu Li, K.H. Ji. 2008. Reactions of  $\alpha$ -Pinene using Acidic Ionic Liquids as Catalysts. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 2(7): 177-181
- Majid, A.B., W. Trisunaryanti, Y. Priastomo, E. Febriyanti, S. Hasyati, & A. Nugroho. 2012. Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalitik Zeolit Alam Indonesia pada Hidrorengkah Ban Bekas dengan Preparasi Sederhana. *Prosiding Seminar Nasional Kimia: Surabaya: Unesa*
- Masruri, R.W. Amini, & M.F. Rahman. 2014. Analisis Minyak Terpenin (*Pinus merkusii*) Hasil Produksi Perusahaan Lokal dan Perdagangan menggunakan Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (KG-SM) serta Metode Pemurniannya. *Kimia Student Journal*, 1(1): 147-153
- Sulistyo, B. 2015. Pemanfaatan Terpenin untuk Mengurangi Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor. *Jurnal ISSN*, 6(2): 233-243
- Utami, H., Sutijan, Roto, W.B. Sediawan. 2012. Sintesis  $\alpha$ -Terpineol dari Terpenin dengan Katalisator Asam Kloro Asetat secara Batch. *Industri ISSN*, 11(1): 27-31
- Wijayati, N., H. D. Pranowo, Jumina, and Triyono. 2011. Synthesis of Terpineol from  $\alpha$ -Pinene Catalyzed by TCA/Y-Zeolite. *Indo J.Chem*, 11(3): 234-237
- Wijayati, N., Supartono, & S.B.W Kusuma. 2014. Pengaruh Temperatur dan Waktu Pada Reaksi Hidrasi  $\alpha$ -Pinena dari Minyak Terpenin dengan Katalis Zeolit Alam. *Jurnal MIPA*, 37(2): 146-153