



## KARAKTERISASI TCA-ZA PADA HIDRASI $\alpha$ -PINENA DAN UJI HASIL HIDRASI SEBAGAI ANTIBAKTERI

Fera Gustri Ariani\*<sup>1)</sup> dan Nanik Wijayati

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima Juli 2015  
Disetujui Agustus 2015  
Dipublikasikan November 2015

Kata kunci:  
 $\alpha$ -terpineol  
TCA-ZA  
antibakteri

### Abstrak

Senyawa  $\alpha$ -terpineol merupakan senyawa hasil hidrasi  $\alpha$ -pinena dengan bantuan katalis. Katalis yang digunakan adalah katalis TCA-ZA. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi TCA-ZA yang optimal menghasilkan senyawa  $\alpha$ -terpineol serta mengetahui daya hambat senyawa  $\alpha$ -terpineol terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Dari hasil GC diperoleh penggunaan katalis 35% TCA-ZA menghasilkan senyawa  $\alpha$ -terpineol dengan kadar 12,75% akan tetapi dari hasil IR tidak diperoleh serapan gugus -OH melainkan serapan gugus C-O pada 1149,57  $\text{cm}^{-1}$  yang mengindikasikan senyawa  $\alpha$ -terpineol merupakan alkohol tersier. Selanjutnya hasil daya hambat menunjukkan senyawa  $\alpha$ -terpineol dengan katalis 5, 20, 35, dan 50% TCA-ZA mampu menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* dengan diameter zona hambat 16,3; 14,6; 15,3; dan 16 mm. Sedangkan diameter zona hambat terhadap *Staphylococcus aureus* 12,6; 15; 14,6; dan 15,3 mm.

### Abstract

$\alpha$ -terpineol is a compound result of hydration of  $\alpha$ -pinene reaction with the aid of a catalyst. The catalyst used in the study was the catalyst TCA-ZA. The purpose of this study was to determine the effect of variations in the concentration of TCA-ZA optimal to produce the compound  $\alpha$ -terpineol and knowing inhibitory compound  $\alpha$ -terpineol against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. GC results obtained from the use of 35% TCA-ZA catalysts yields compounds with  $\alpha$ -terpineol maximum of 12.75% but the results are not obtained IR absorption -OH group but C-O group absorption at 1149.57  $\text{cm}^{-1}$  indicating the compound  $\alpha$ -terpineol is a tertiary alcohol. Further results showed inhibition of  $\alpha$ -terpineol compounds with catalyst 5, 20, 35, 50% TCA-ZA can inhibit the growth of *Escherichia coli* with inhibition zone diameter of 16.3, 14.6, 15.3, and 16 mm. While the diameter of zone of inhibition against *Staphylococcus aureus* in a row 12.6, 15, 14.6, and 15.3 mm.

## Pendahuluan

Minyak terpenin Indonesia dihasilkan dari getah pinus jenis *Pinus merkusii*. Getah pinus merupakan salah satu komoditi ekspor non migas andalan Indonesia (Wiyono, *et al.*; 2007). Sebelum dipasarkan getah pinus terlebih dahulu diolah untuk memberikan nilai tambah agar dapat meningkatkan nilai jual ekonominya. Pengolahan getah pinus dimaksudkan untuk memisahkan komponen gondorukem dan terpenin serta membersihkan kotoran (*impurities*) dari getah pinus. Pengolahan getah pinus, secara umum akan menghasilkan dua produk utama yakni gondorukem (rosin) dan minyak terpenin (Abdulgani; 2002). Salah satu upaya agar minyak terpenin mempunyai nilai jual tinggi adalah dengan melakukan transformasi  $\alpha$ -pinena untuk menghasilkan  $\alpha$ -terpineol.

Senyawa  $\alpha$ -terpineol dapat disintesis dari  $\alpha$ -pinena melalui reaksi hidrasi menggunakan berbagai macam katalis. Avila, *et al.* (2010) telah menghidrasi  $\alpha$ -pinena menghasilkan  $\alpha$ -terpineol menggunakan logam-logam seperti Ti dan Zr, yang diemban ke dalam asam trikloroasetat (TCA). Didapatkan hasil yang baik pada penggunaan logam Zr yaitu  $\alpha$ -terpineol dengan kadar 75%. Wijayati, *et al.* (2011) telah menghidrasi  $\alpha$ -pinena menggunakan katalis zeolit-Y yang diemban dengan TCA. TCA-zeolit-Y menghasilkan konversi sebesar 66% dan selektivitas untuk  $\alpha$ -terpineol 55% dalam waktu 10 menit. Dalam reaksi hidrasi  $\alpha$ -pinena menjadi senyawa  $\alpha$ -terpineol, dibutuhkan penambahan katalis yang bertujuan untuk mempercepat reaksi sehingga keadaan setimbang lebih cepat tercapai. Nuritasari (2013) telah mengubah senyawa  $\alpha$ -pinena menjadi senyawa  $\alpha$ -terpineol dengan penambahan variasi jumlah katalis TCA-ZA. Reaksi dengan jumlah penambahan katalis TCA-ZA 200, 400, dan 600 mg menghasilkan senyawa  $\alpha$ -terpineol dengan kadar masing-masing sebesar 18,67; 37,92; dan 58,27%.

Senyawa dalam  $\alpha$ -pinena mempunyai sifat atau dapat digunakan sebagai zat antibakteri. Zat antibakteri adalah suatu zat yang digunakan untuk membunuh kuman atau menghambat pertumbuhan bakteri. Widyaningsih (2008) telah membuktikan dengan melakukan uji antibakteri dengan metode kertas cakram terhadap *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* BACA, dan *Bacillus cereus*. Uji antibakteri dilakukan pada volume  $\alpha$ -pinena 0, 10, 20, 30, 40, 50  $\mu$ L. Dari hasil pengamatan dan pengukuran daerah

hambat pertumbuhan bakteri, daya hambat tertinggi pada volume 30  $\mu$ L dengan diameter zona bening untuk *E. coli* 1,06 cm, *B. Subtilis* BACA 0,96 cm dan *B. cereus* 1,16 cm.

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian mengenai reaksi hidrasi  $\alpha$ -pinena menjadi senyawa  $\alpha$ -terpineol dan uji aktivitas senyawa hasil hidrasi sebagai antibakteri. Langkah awal yang dilakukan yaitu preparasi dan karakterisasi katalis TCA-ZA, kemudian mengisolasi senyawa  $\alpha$ -pinena dari minyak terpenin, selanjutnya dilakukan reaksi hidrasi  $\alpha$ -pinena dan hasil hidrasi diuji sifat antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

## Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat destilasi fraksinasi pengurangan tekanan, pengaduk magnetik, oven, *furnace*, neraca analitik, alat sentrifugasi, inkubator, *x-ray diffraction*, spektrofotometer inframerah *Shimadzu 8201PC*, spektrofotometer inframerah *Perkin Elmer Spectrum Version 10.4.00*, kromatografi gas *Agilent Cerity GC1-SN*, kromatografi gas-spektrometer massa *Perkin Elmer GC Clarus 680 MS Clarus SQ 8T*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak terpenin (Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah), zeolit alam Malang, aquades, aquademin, aquabides, gas  $N_2$ , kertas cakram, amikasin, biakan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*,  $Na_2SO_4$  anhidrat,  $NH_4Cl$ ,  $AgNO_3$ ,  $Na_2CO_3$ , HCl, amoniak, TCA, isopropil alkohol, aseton, NaCl jenuh, diklorometana dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*.

Prosedur penelitian meliputi preparasi dan aktivasi zeolit alam, dilakukan dengan merendam serbuk zeolit alam dengan HCl 6M selama 30 menit pada temperatur 50°C sambil diaduk menggunakan pengaduk magnetik, kemudian dicuci dengan aquademin sampai ion  $Cl^-$  hilang (diuji dengan  $AgNO_3$  1%), selanjutnya zeolit dikeringkan pada temperatur 150°C selama 3 jam. Merendam zeolit bebas ion  $Cl^-$  dengan  $NH_4Cl$  1N selama 30 menit pada temperatur 100°C secara berulang selama 7 hari, kemudian dicuci dengan aquademin sampai ion  $Cl^-$  hilang (diuji dengan  $AgNO_3$  1%). Setelah kandungan  $Cl^-$  hilang, zeolit alam dikalsinasi dalam *furnace* pada temperatur 500°C selama 3 jam untuk membuka pori-pori zeolit dan menguapkan  $NH_3$ . Setelah zeolit diaktivasi, dilakukan pengembanan katalis zeolit alam

(ZA) dengan larutan asam TCA. Untuk mengembankan TCA ke dalam ZA, dilakukan perendaman ZA dalam larutan asam TCA yang berkadar 5, 20, 35, dan 50% pada temperatur 35°C selama 5 jam. Hasil pengembanan ini berupa katalis 5% TCA-ZA, 20% TCA-ZA, 35% TCA-ZA, 50% TCA-ZA dengan kenampakan serbuk abu-abu. Katalis TCA-ZA inilah yang akan dikarakterisasi menggunakan FT-IR, dan XRD serta diuji keasaman katalis menggunakan metode adsorpsi amoniak.

Uji keasaman dilakukan dengan menimbang cawan porselen sampai didapatkan berat konstan. Sebanyak 0,3 g sampel dalam cawan porselen yang telah diketahui beratnya dipanaskan dalam oven pada temperatur 150°C selama 2 jam, kemudian didinginkan dalam desikator, ditimbang hingga didapatkan berat konstan. Sampel dimasukkan dalam desikator yang divakumkan, kemudian dijerap uap amoniak selama 24 jam. Setelah dijerap dengan uap amoniak selama 24 jam, cawan porselen beserta zeolit alam di dalamnya ditimbang berulang-ulang hingga didapatkan berat konstan dan dikarakterisasi menggunakan FT-IR.

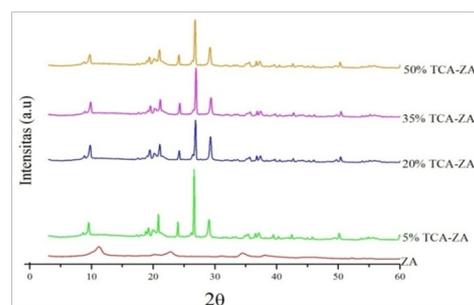
Reaksi hidrasi  $\alpha$ -pinena dilakukan dengan mencampurkan 0,25 mL  $\alpha$ -pinena, 3,4 mL isopropil alkohol, dan 2,5 mL aquabides. Reaksi dilakukan pada temperatur 65-70°C, setelah temperatur tercapai, masukkan 400 mg katalis TCA-ZA. Dilakukan pengambilan sampel setelah katalis ditambahkan pada waktu reaksi 120 menit. Sampel hidrasi dengan katalis 5%, 20%, 35%, dan 50% TCA-ZA disentrifuge dan dipisahkan fase cairnya. Campuran dicuci dengan aquades di dalam corong pisah untuk menghilangkan asam, kemudian dinetralkan dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10%. Ditambahkan diklorometana untuk melarutkan senyawa hasil dan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat untuk mengikat sisa air kemudian disaring untuk memisahkan endapan dan dialiri gas  $\text{N}_2$  untuk menguapkan sisa pelarut. Hasil hidrasi diuji dengan FT-IR, GC, dan GC-MS.

Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode cakram. Setiap cawan petri media NA diisi dengan kode konsentrasi yang berbeda (berisi 5 *paper disk*) dimana 4 *paper disk* untuk perlakuan 4 senyawa hasil sintesis ( $\alpha$ -terpineol) dan 1 *paper disk* sebagai kontrol positif (amikasin). Suspensi kuman yang telah diinkubasi terlebih dahulu, diambil dengan lidi kapas steril dengan cara dicelupkan. Lidi kapas kemudian digoreskan di atas permukaan media NA plat secara merata kurang lebih 2 kali goresan.

Ekstrak senyawa yang telah disiapkan masing-masing dicelupkan *paper disk* menggunakan kertas cakram dan ditanamkan pada NA plat kemudian diinkubasi pada temperatur 30°C selama 24 jam. Diameter zona hambat selanjutnya diukur menggunakan penggaris, dilakukan 3 kali replikasi dalam pengujian antibakteri.

### Hasil dan Pembahasan

Zeolit alam yang telah diaktivasi dan dilakukan pengembanan terhadap TCA, kemudian dianalisis kristalinitas katalis TCA-ZA dengan XRD. Analisis menggunakan difraksi Sinar-X terhadap zeolit memberikan informasi tentang jenis mineral dan tingkat kristalinitas struktur komponen penyusun sampel. Spektra mineral hasil analisis difraksi sinar-X kemudian dicocokkan dengan data JCPDS (*Joint Commite on Power Diffraction Standars*) sehingga akan diketahui jenis mineral dalam sampel. Hasil XRD sampel TCA-ZA dan data pembanding zeolit alam disajikan dalam Gambar 1.



**Gambar 1.** Pola difraksi katalis ZA dan TCA-ZA

Pola difraksi dari TCA-ZA dengan variasi konsentrasi terlihat hampir sama yang menunjukkan tidak terjadinya perubahan struktur padatan secara signifikan akibat pertukaran ion. Penurunan intensitas tidak mempengaruhi kristalinitas dari katalis secara signifikan karena puncak-puncak difraktogram TCA-ZA masih runcing yang mengindikasikan bahwa material tersebut merupakan kristalin. Untuk mengetahui bahwa puncak karakteristik dari ZA dan TCA-ZA adalah mordenit, data yang diperoleh dibandingkan kembali dengan data JCPDS (*Joint Commite of Power Diffraction Standart*). Menurut data JCPDS, puncak pada  $2\theta = 9,7894^\circ; 20,9303^\circ; 22,3293^\circ; 25,7167^\circ$  merupakan puncak untuk mineral *mordenit* (kristal zeolit), sehingga dapat disimpulkan bahwa mineral *mordenit* merupakan jenis mineral penyusun zeolit. Penambahan asam trikloroasetat (TCA) diindikasikan tidak begitu mempengaruhi jenis mineral yang ada dalam zeolit, karena tidak terjadinya perubahan struktur

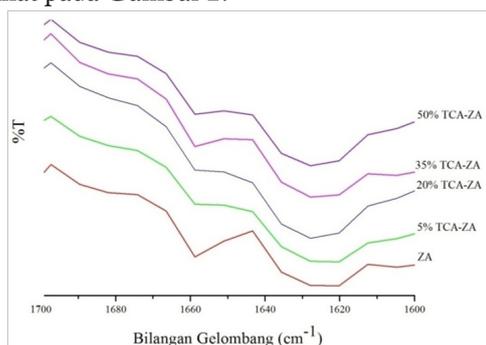
padatan secara signifikan akibat pertukaran ion terlihat dari pola difraksinya.

Keasaman merupakan salah satu faktor penting dalam penggunaan zeolit sebagai katalis. Uji keasaman katalis pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode gravimetri dengan amoniak sebagai basa adsorbat. Hasil pengukuran keasaman permukaan katalis disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Penentuan jumlah situs asam katalis H-ZA dan TCA-ZA

| No. | Sampel     | Keasaman permukaan (mol/g) |
|-----|------------|----------------------------|
| 1.  | H-ZA       | $3,85 \times 10^{-3}$      |
| 2.  | 5% TCA-ZA  | $1,79 \times 10^{-3}$      |
| 3.  | 20% TCA-ZA | $8,04 \times 10^{-3}$      |
| 4.  | 35% TCA-ZA | $1,59 \times 10^{-3}$      |
| 5.  | 50% TCA-ZA | $8,12 \times 10^{-3}$      |

Dilihat dari Tabel 1, sifat keasaman H-zeolit lebih kecil daripada sifat keasaman TCA-ZA. Hal tersebut dapat disebabkan penambahan asam trikloroasetat dapat menambah sifat keasaman zeolit, karena asam trikloroasetat mempunyai pasangan elektron bebas sehingga dapat menerima pasangan elektron dari basa adsorbat amoniak, ditunjukkan dengan terserapnya amoniak pada permukaan katalis semakin bertambah. Pada uji keasaman ini, terlihat bahwa konsentrasi katalis 35% TCA-ZA lebih bersifat asam daripada katalis TCA-ZA dengan konsentrasi lainnya. Selain dihitung adsorpsi amoniak di permukaan kerangka katalis, sampel uji keasaman ini kemudian dianalisis menggunakan FT-IR. Hasil spektrum FT-IR dapat dilihat pada Gambar 2.

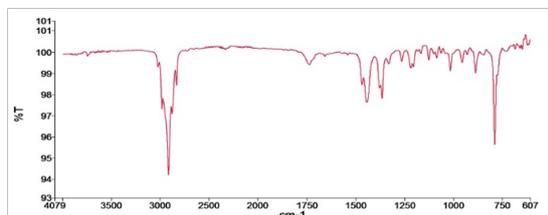


**Gambar 2.** Spektrum FT-IR keasaman katalis

Keasaman untuk tiap adsorben maupun suatu katalis bergantung pada sifat dari permukaan adsorben maupun katalis tersebut, dimana dapat bersifat asam Lewis dan atau asam Bronsted. Untuk dapat membedakan jenis situs asam Bronsted dan situs asam Lewis di dalam zeolit dapat dilihat dari Gambar 2. Adanya sisi asam Lewis dapat muncul pada puncak kisaran

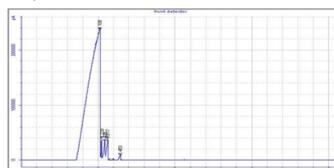
$1450 \text{ cm}^{-1}$ , sedangkan sisi asam Bronsted muncul pada puncak kisaran  $1550\text{-}1640 \text{ cm}^{-1}$ . Berdasarkan Gambar 2, masing-masing katalis menunjukkan serapan pada bilangan gelombang  $1635 \text{ cm}^{-1}$  yang berarti katalis TCA-ZA ini mengandung situs asam Bronsted dengan tingkat keasaman katalis 35% TCA-ZA yang lebih besar daripada H-Zeolit sebesar  $1,59 \times 10^{-3} \text{ mol/g}$ .

Bahan dasar dari identifikasi senyawa  $\alpha$ -pinena dalam penelitian ini adalah minyak terpenin yang berasal dari Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah. Senyawa  $\alpha$ -pinena hasil isolasi, diuji kebenaran struktur dan kadarnya menggunakan gas kromatografi dan spektrofotometer inframerah yang didasarkan pada serapan gugus fungsi pada bilangan gelombang tertentu yang diserap.



**Gambar 3.** Spektrum IR  $\alpha$ -pinena standar

Berdasarkan Gambar 3  $\alpha$ -pinena standar mempunyai ikatan rangkap C=C pada bilangan gelombang  $1738,53 \text{ cm}^{-1}$ , dapat disimpulkan bahwa senyawa yang dianalisis adalah senyawa  $\alpha$ -pinena yang mengandung alkena. Selain mengidentifikasi struktur menggunakan spektrofotometer inframerah, dilakukan pula identifikasi kadar  $\alpha$ -pinena menggunakan kromatografi gas. Hasil kromatogram GC pada Gambar 4, menunjukkan adanya 5 puncak dengan puncak tertinggi pada waktu retensi 5,106 menit sebagai puncak dari senyawa  $\alpha$ -pinena dengan kadar sebesar 94,96973 %.

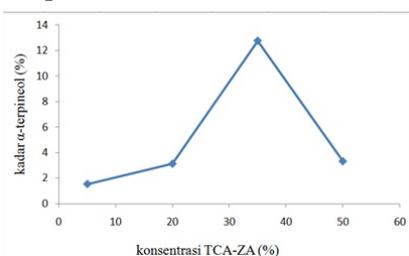


**Gambar 4.** Kromatogram GC  $\alpha$ -pinena standar

Hidrasi  $\alpha$ -pinena dilakukan dengan mencampurkan  $\alpha$ -pinena, isopropil alkohol, dan aquabides pada temperatur  $65\text{-}70^\circ\text{C}$ . Setelah suhu tercapai, dilakukan penambahan katalis 5% TCA-ZA, 20% TCA-ZA, 35% TCA-ZA, dan 50% TCA-ZA sebanyak 400 mg. Waktu reaksi berlangsung selama 120 menit. Hasil reaksi kemudian disentrifuge untuk memisahkan katalis padat dari fase cair. Fase cair diekstraksi

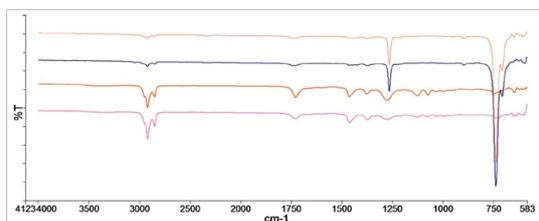
dengan penambahan aquades untuk menghilangkan sisa asam,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  untuk menetralkan, diklorometana untuk melarutkan senyawa hasil, dan  $\text{NaCl}$  jenuh agar kedua lapisan mudah mudah memisah. Hasil dari ekstraksi kemudian ditambahkan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat untuk mengikat sisa air, kemudian dianalisis dengan GC, GC-MS dan FT-IR.

Dari analisis hasil reaksi hidrasi  $\alpha$ -pinena dengan berbagai variasi konsentrasi TCA yang diemban ke dalam zeolit menggunakan GC dan dibandingkan dengan data  $\alpha$ -terpineol standar menunjukkan keberadaan senyawa  $\alpha$ -terpineol pada kisaran waktu retensi yang hampir sama. Dari analisis hasil reaksi hidrasi  $\alpha$ -pinena dengan berbagai variasi konsentrasi TCA yang diemban ke zeolit menggunakan GC juga dapat dilihat perbedaan yang cukup signifikan. Perbedaan  $\alpha$ -terpineol masing-masing variasi disajikan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** GC  $\alpha$ -terpineol dengan variasi katalis TCA-ZA

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa konsentrasi TCA-ZA yang paling optimal yaitu pada konsentrasi TCA 35% yang diemban ke dalam zeolit, hal tersebut disebabkan oleh keberadaan katalis yang dapat menurunkan energi aktivasi, sehingga reaksi dapat berjalan dengan lebih cepat.



**Gambar 6.** Spektrum IR  $\alpha$ -terpineol dengan katalis TCA-ZA

Berdasarkan spektrum IR senyawa  $\alpha$ -terpineol pada Gambar 6, disimpulkan bahwa  $\alpha$ -terpineol termasuk alkohol tersier yang ditunjukkan dengan adanya serapan pada bilangan gelombang  $3379,29 \text{ cm}^{-1}$  (gugus -OH) dan didukung dengan munculnya puncak pada bilangan gelombang  $1149,57 \text{ cm}^{-1}$  (gugus C-O pada alkohol tersier). Sedangkan pada sampel hasil hidrasi  $\alpha$ -pinena tidak menunjukkan

adanya serapan gugus -OH.

Analisis dengan spektrum massa bertujuan untuk mengetahui struktur senyawa akhir dari hasil hidrasi  $\alpha$ -pinena. Hasil hidrasi  $\alpha$ -pinena yang paling maksimal untuk dianalisis menggunakan spektrum massa adalah hasil hidrasi dengan katalis TCA-ZA 35% yang menghasilkan kadar senyawa hasil sebesar 12,75%. Berdasarkan hasil analisis terdapat 2 puncak utama pada kromatogram dan diperkirakan senyawa  $\alpha$ -terpineol muncul pada puncak ke-2 pada waktu retensi 3,309 menit dengan kadar sebesar 33,75%, tetapi pada kenyataannya puncak tersebut bukan puncak  $\alpha$ -terpineol melainkan puncak  $\alpha$ -pinena. Senyawa  $\alpha$ -terpineol merupakan senyawa hasil hidrasi  $\alpha$ -pinena yang mempunyai gugus -OH, walaupun pada spektrum hasil analisa pada waktu retensi 7,956 terdapat senyawa cis-verbenol, tetapi senyawa tersebut juga bukan merupakan senyawa turunan dari  $\alpha$ -terpineol.

Setelah dilakukannya reaksi hidrasi  $\alpha$ -pinena, ekstrak senyawa tersebut ( $\alpha$ -terpineol) diuji antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Uji antibakteri yang dilakukan terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* menggunakan metode cakram dan hasil uji antibakteri disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil pengukuran zona hambat  $\alpha$ -terpineol terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

| Senyawa                            | Diameter zona bening (cm) |     |     |      |                              |     |     |      |
|------------------------------------|---------------------------|-----|-----|------|------------------------------|-----|-----|------|
|                                    | <i>Escherichia coli</i>   |     |     |      | <i>Staphylococcus aureus</i> |     |     |      |
|                                    | D1                        | D2  | D3  | RT   | D1                           | D2  | D3  | RT   |
| Hasil hidrasi $\alpha$ -pinena 5%  | 1,7                       | 1,7 | 1,5 | 1,63 | 1,2                          | 1,3 | 1,3 | 1,26 |
| Hasil hidrasi $\alpha$ -pinena 20% | 1,5                       | 1,5 | 1,4 | 1,46 | 1,5                          | 1,5 | 1,5 | 1,5  |
| Hasil hidrasi $\alpha$ -pinena 35% | 1,4                       | 1,8 | 1,4 | 1,53 | 1,5                          | 1,4 | 1,5 | 1,46 |
| Hasil hidrasi $\alpha$ -pinena 50% | 1,6                       | 1,6 | 1,6 | 1,6  | 1,5                          | 1,6 | 1,5 | 1,53 |
| Amikasin (kontrol +)               | 1,9                       | 1,8 | 1,9 | 1,86 | 2,7                          | 2,7 | 2,6 | 2,67 |

Berdasarkan Tabel 2, diketahui diameter hambat dari senyawa hasil hidrasi terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* lebih kecil daripada kontrol positif (amikasin) dan dapat dinyatakan bahwa senyawa hasil hidrasi ( $\alpha$ -terpineol) dapat digunakan sebagai senyawa antibakteri. Beberapa senyawa kimia utama yang bersifat sebagai antibakteri adalah alkohol, fenol, logam berat dan senyawanya, zat warna, deterjen (Pelezar dan Chan dalam Yuliningsih, 2007). Senyawa hasil hidrasi  $\alpha$ -pinena merupakan senyawa alkohol sehingga mekanisme kerjanya sebagai antibakteri akan mirip dengan sifat persenyawaan alkohol lainnya. Hasil pada Tabel 2. menunjukkan bahwa senyawa hasil hidrasi  $\alpha$ -pinena dan senyawa pembanding menghasilkan diameter zona bening terhadap

*Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Diameter zona bening  $\alpha$ -terpineol terhadap *Escherichia coli* adalah 16,3 mm untuk  $\alpha$ -terpineol dengan katalis 5% TCA-ZA; 14,6 mm untuk  $\alpha$ -terpineol dengan katalis 20% TCA-ZA; 15,3 mm untuk  $\alpha$ -terpineol dengan katalis 35% TCA-ZA; dan 16 mm untuk  $\alpha$ -terpineol dengan katalis 50% TCA-ZA. Sedangkan diameter zona bening hasil hidrasi  $\alpha$ -pinena terhadap *Staphylococcus aureus* rata-rata 12,6 mm untuk  $\alpha$ -terpineol dengan katalis 5% TCA-ZA; 15 mm untuk  $\alpha$ -terpineol dengan katalis 20% TCA-ZA; 14,6 mm untuk  $\alpha$ -terpineol dengan katalis 35% TCA-ZA; dan 15,3 mm untuk  $\alpha$ -terpineol dengan katalis 50% TCA-ZA. Terbentuknya zona bening disekitar *paper disk* pada cawan petri menunjukkan terjadinya penghambatan pertumbuhan koloni bakteri akibat pengaruh dari senyawa antibakteri dalam senyawa hasil hidrasi  $\alpha$ -pinena. Perbedaan daya hambat dari masing-masing senyawa terhadap pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* diduga disebabkan perbedaan kemampuan antibakteri dari senyawa uji.

### Simpulan

Variasi konsentrasi katalis TCA-ZA yang optimal dipakai dalam reaksi hidrasi  $\alpha$ -pinena menjadi  $\alpha$ -terpineol yaitu katalis 35% TCA-ZA dengan kadar  $\alpha$ -terpineol sebesar 12,75%. Senyawa hasil hidrasi  $\alpha$ -pinena mampu menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* dengan diameter zona hambat (mm) berturut-turut sebesar 16,3 (terpineol dengan katalis 5% TCA-ZA); 14,6 (terpineol dengan katalis 20% TCA-ZA); 15,3 (terpineol dengan katalis 35% TCA-ZA); dan 16 (terpineol dengan katalis 50% TCA-ZA). Sedangkan diameter zona hambat terhadap *Staphylococcus aureus* (mm) berturut-

turut sebesar 12,6 (terpineol dengan katalis 5% TCA-ZA); 15 (terpineol dengan katalis 20% TCA-ZA); 14,6 (terpineol dengan katalis 35% TCA-ZA); dan 15,3 (terpineol dengan katalis 50% TCA-ZA).

### Daftar Pustaka

- Abdulgani, M. 2002. *Gondorukem dan Terpentin Indonesia*. Semarang: Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah
- Avila, M.C. Cornelli, N.A. Castelon, E.R, Lopez, A.J. Flores, R.C. Ponzi, E.N. Ponzi, M.I. 2010. Study of solid acid catalysis for the hydration of  $\alpha$ -pinena. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 322(1-2): 106-112
- Nuritasari, A.L. 2013. *Pengaruh Katalis Zeolit Alam Teraktivasi dan TCA-Zeolit Alam Dalam Reaksi Hidrasi  $\alpha$ -Pinena Menjadi  $\alpha$ -Terpineol*. Skripsi. Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang
- Widyaningsih, F.D. 2008. *Uji Aktivitas Antibakteri  $\alpha$ -pinena Hasil Isolasi Minyak Terpentin Terhadap Bakteri *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* BAC4, dan *Bacillus cereus**. Tugas Akhir II. Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang
- Wijayati, N., Harno, D.P., Jumina, dan Triyono. 2011. Synthesis of Terpineol from  $\alpha$ -pinene catalyzed by TCA/Y-Zeolite. *Indo. J. Chem*, 11(3): 234-237
- Wiyono, B., Tachibana, S., Tinambunan, J. 2006. Chemical composition of Indonesian *Pinus merkusii* Turpentine Oils, Gum Oleoresins and Gondorukems from Sumatra and Java. *Pakistan Journal of Biological Science*, 9(1): 7-14
- Yuliningsih, R. 2007. *Aktivitas antibakteri ekstrak Daun Jawer Kotok (*Coleus scutellaroides* [L.] Benth.)*, Repository IPB