



**EFEK RASIO MASSA REAKTAN PADA  
HIDRASI  $\alpha$ -PINENA MENGGUNAKAN  
KATALIS ZEOLIT ALAM**

**Tugas akhir II**

**Disusun dalam rangka penyelesaian studi strata 1  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program studi Kimia**

**oleh**

**Yos Ardhie Nugroho**

**4350406542**

**Kimia, S1**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN  
ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2013**

## **PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Tugas Akhir II ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Tugas Akhir II Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 23 Agustus 2013

Pembimbing I

Pembimbing II

Dra. Nanik Wijayati, M.Si.

Prof. Drs. A. Binadja, Apt., MS. Ph.D.

NIP. 196910231996032002

NIP. 194812261979031001

## **PERNYATAAN**

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam Tugas Akhir II ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam Tugas Akhir ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 23 Agustus 2013

Penyusun

Yos Ardhie Nugroho  
4350406542

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir II yang berjudul:

EFEK RASIO MASSA REAKTAN PADA HIDRASI  $\alpha$ -PINENA  
MENGUNAKAN KATALIS ZEOLIT ALAM

disusun oleh  
Yos Ardhie Nugroho  
4350406542

Telah dipertahankan di hadapan Sidang Panitia Ujian Tugas Akhir FMIPA  
Universitas Negeri Semarang pada tanggal 23 Agustus 2013.

### Panitia Ujian

Ketua

Sekretaris

Prof. Dr. Wiyanto, M. Si  
NIP. 196310121988031001

Dra. Woro Sumarni, M. Si  
NIP. 196507231993032001

Penguji

Drs. Ersanghono Kusuma, MS  
NIP.19540510 198012 1 002

Penguji/Pembimbing I

Penguji/Pembimbing II

Dra. Nanik Wijayati, M.Si  
Ph.D  
NIP. 196910231996032002

Prof. Drs. A. Binadja, Apt., MS.  
NIP. 194812261979031001

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

- ❖ Tidak peduli seperti apa pun kita, dan siapa pun kita, kita pasti punya alasan kenapa kita ada di dunia ini. (*Penulis*)
- ❖ Berguna bagi sesama. (*Pepatah Jawa*)

## PERSEMBAHAN

Karya ini adalah Dedikasi ku untuk :

1. Seluruh keluarga besar ku, ayah dan ibu, adik-adik ku, sahabat kimia di berbagai angkatan
2. Sahabat di Taekwondo, silat, EDS, Sie Rohis, KIK, HIMA Kimia, Clumby Clothing, dan semua yang tidak bisa saya sebutkan.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir II dengan Judul Efek Rasio Massa Reaktan Pada Hidrasi  $\alpha$ -Pinena Menggunakan Katalis Zeolit Alam.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, baik dalam penelitian maupun penyusunan Tugas Akhir II. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Dekan FMIPA UNNES
2. Ketua Jurusan Kimia UNNES.
3. Dra. Nanik Wijayati, M.Si., selaku Pembimbing I yang telah memberikan ilmu, motivasi, petunjuk dan bimbingan dengan penuh kesabaran sehingga Tugas Akhir II ini dapat terselesaikan.
4. Prof. Drs, Achmad binadja, Apt. MS. Ph.D. selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan Tugas Akhir II ini.
5. Drs. Ersanghono Kusuma, MS., selaku Penguji utama yang telah memberikan pengarahan, saran dan masukan sehingga Tugas Akhir II ini menjadi lebih baik.
6. Kepala laboratorium kimia beserta seluruh teknisi dan laboran yang telah memberikan dukungan serta membantu kelancaran penelitian.
7. Seluruh Karyawan dan Staf Jurusan Kimia yang telah membantu.
8. Bapak ibu dosen jurusan kimia FMIPA UNNES yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir II ini.

Demikian ucapan terima kasih dari penulis, mudah-mudahan Tugas Akhir II ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada khususnya dan pengembangan ilmu pengetahuan pada umumnya.

Semarang, 23 Agustus 2013

Penulis

## ABSTRAK

Ardhie N, Yos. 2013. "Efek Rasio Massa Reaktan Pada Hidrasi  $\alpha$ -Pinena Menggunakan Katalis Zeolit Alam". Tugas Akhir II. Jurusan Kimia FMIPA UNNES. Pembimbing I: Dra. Nanik Wijayati, M.Si., Pembimbing II: Prof. Drs. Achmad Binadja, Apt., MS. Ph.D.

Kata Kunci : air,  $\alpha$ -pinena,  $\alpha$ -terpineol

Alfa pinena sebagai komponen utama minyak terpenin dapat ditransformasikan menjadi senyawa derivatnya.  $\alpha$ -terpineol banyak dimanfaatkan sebagai *fragrance* dalam kosmetika dekoratif, sampo, sabun dan deterjen. Dalam penelitian ini telah dilakukan transformasi  $\alpha$ -pinena melalui reaksi hidrasi menggunakan katalis zeolit alam dengan rasio massa 1 ( $\alpha$ -pinena):5 ( $H_2O$ ), 1 ( $\alpha$ -pinena):10 ( $H_2O$ ), 1 ( $\alpha$ -pinena):20 ( $H_2O$ ). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar efek rasio massa reaktan pada reaksi pembentukan terpineol. Analisis penelitian dilakukan dengan menggunakan GC (*gas chromatography*), IR (*infra red*) dan GC-MS (*gas chromatography mass spektrometry*). Air berpengaruh sebagai reaktan penghidrasi dalam transformasi  $\alpha$ -pinena di mana rasio 1:10 menghasilkan  $\alpha$ -terpineol paling banyak dalam reaksi ini. Berdasarkan kromatogram GC, diketahui bahwa produk terpineol terbaik yang dihasilkan kadarnya mencapai 21.41%, yang diperoleh dari reaksi  $\alpha$ -pinena 0.25 g ditambah air 2.5 g dan katalis zeolit alam dengan waktu reaksi 60 menit. Di samping  $\alpha$ -terpineol juga terbentuk produk-produk lain yaitu senyawa-senyawa isomer dari  $\alpha$ -terpineol, masing-masing dengan kadar yang berbeda-beda. Karakterisasi IR menunjukkan keberadaan gugus  $-C-O$  dan  $-OH$  yang menunjukkan bahwa senyawa tersebut adalah senyawa alkohol. Hasil analisis dari spektra massa menunjukkan produk  $\alpha$ -terpineol sebagai produk utama dari transformasi  $\alpha$ -pinena melalui reaksi hidrasi dengan  $H_2O$ .



## ABSTRACT

Ardhie N, Yos. 2013. **"The effect of the mass ratio of reactants on the hydration of  $\alpha$ -pinene using natural Zeolite catalysts"**. Final Project II. Department of Chemistry. Faculty of Mathematics and Science. Semarang State University. First Advisor: Dra. Nanik Wijayati, M.Si. Second Advisor: Prof. Drs. Achmad Binadja, Apt., MS. Ph.D.

Key words: water,  $\alpha$ -pinene,  $\alpha$ -terpineol

Alpha pinene as the main component of turpentine oil derivatives can be transformed into a derived compound.  $\alpha$ -terpineol which is widely used as fragrance, in decorative cosmetics, shampoos, soaps and detergents. This study has been conducted to transform  $\alpha$ -pinene thorough hydration reaction by using natural zeolite catalyst with the mass ratio of 1 ( $\alpha$ -pinene):5 ( $H_2O$ ), 1 ( $\alpha$ -pinene):10 ( $H_2O$ ), 1 ( $\alpha$ -pinene):20 ( $H_2O$ ). This study aims to determine how big the effect of the mass ratio of the reactants in the terpeneol formation reaction. Analysis of the results carried out by GC (*gas chromatography*), IR (*infra red*) and GC-MS (*gas chromatography mass spectrometry*). Water influent reactants in the  $\alpha$ -pinene transformation where ratio 1:10 produce  $\alpha$ -terpineol most in this reaction. Based on the GC chromatogram, it noted that terpeneol can be generated levels reach 21.41%, which is obtained from the reaction with natural zeolite catalyst with a reaction time of 60 minutes and 2.5 g of water. In addition to  $\alpha$ -terpineol there were also other products, namely the compounds  $\alpha$ -pinene isomers, each with different levels. IR characterization showed the presence of in example compound-CO-and-OH which indicates that the compound is an alcohol. The results of analysis of mass spectra shows that the product  $\alpha$ -terpineol as the main product of the transformation of  $\alpha$ -pinene hydration by reaction with  $H_2O$ .

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 $\alpha$ -pinena.....	3
2.2 Reaksi Hidrasi Alkena .....	5
2.3 $\alpha$ -terpineol.....	7
2.4 Zeolit.....	9
BAB 3 METODE PENELITIAN .....	12
3.1 Variabel Penelitian.....	12
3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.3 Cara Kerja .....	13
3.4 Analisis Data.....	14

BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	15
4.1 Hasil Penelitian .....	15
4.2 Transformasi $\alpha$ -pinena Melalui Reaksi Hidrasi .....	19
4.2 Analisis Spektra Massa Hasil Transformasi dengan Kromatografi Gas-Spektra Massa (KG-MS).....	32
BAB 5 PENUTUP .....	35
5.1 Kesimpulan .....	35
5.2 Saran .....	35
DAFTAR PUSTAKA .....	36
LAMPIRAN.....	38

## DAFTAR TABEL

Tabel		
Halaman		
2.1	Hasil $\alpha$ -pinena yang diperoleh .....	4
2.2	Sifat $\alpha$ -terpineol .....	8
2.3	Sifat fisik Zeolit .....	10
4.1	Sifat fisik $\alpha$ -pinena.....	15
4.2	Interpretasi spektrum IR senyawa $\alpha$ -pinena.....	16
4.3	Interpretasi kromatogram GC $\alpha$ -pinena .....	17
4.4	Harga d dan $2\theta$ zeolit alam .....	19
4.5	Luas permukaan katalis zeolit alam .....	19
4.6	Sifat fisik senyawa $\alpha$ -terpineol standar .....	20
4.7	Interpretasi kromatogram GC $\alpha$ -terpineol standar .....	20
4.8	Interpretasi Spektrum IR senyawa $\alpha$ -terpineol standar .....	22
4.9	Tabel GC $\alpha$ -terpineol dengan perbandingan 1:5.....	24
4.10	Interpretasi Spektrum IR senyawa $\alpha$ -terpineol rasio 1:5.....	25
4.11	GC $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:10 .....	27
4.12	Interpretasi Spektrum IR senyawa $\alpha$ -terpineol rasio 1:10.....	28
4.13	GC $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:20 .....	29
4.14	Interpretasi Spektrum IR senyawa $\alpha$ -terpineol rasio 1:20.....	31

## DAFTAR GAMBAR

Gambar		
Halaman		
2.1	Struktur $\alpha$ -pinena .....	3
2.2	Reaksi adisi elektrofilik pada 2-butena .....	6
2.3	Evolusi spesimen kimia pada katalis asam hidrasi $\alpha$ -pinena .....	7
2.4	Struktur $\alpha$ -terpineol .....	8
2.5	Pengikat unit bangun (SBU dan SPU) dalam tiga dimensi struktur clinoptilote zeolite.....	11
4.1	Spektrum IR $\alpha$ -pinena .....	16
4.2	Kromatogram GC $\alpha$ -pinena.....	17
4.3	Pola difraksi katalis zeolit alam .....	20
4.4	Kromatogram GC $\alpha$ -terpineol standar .....	21
4.5	Spektrum IR senyawa $\alpha$ -terpineol standar .....	22
4.6	Spektrum GC senyawa $\alpha$ -terpineol dengan perbandingan 1:5.....	23
4.7	Spektrum IR senyawa $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:5 .....	25
4.8	GC $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:10 .....	26
4.9	Interpretasi Spektrum IR senyawa $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:10 ....	27
4.10	GC $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:20 .....	29
4.11	Interpretasi Spektrum IR senyawa $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:20 ...	30
4.12	Spektrum Massa $\alpha$ -terpineol .....	33
4.13	Fragmentasi senyawa $\alpha$ -terpineol .....	33
Foto 1.	Menimbang Katalis Zeolit Alam .....	42
Foto 2.	Reaktor Sintesis Terpineol .....	42
Foto 3.	Menimbang Senyawa $\alpha$ -pinena .....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	
Halaman	
1. Skema kerja.....	38
2. Dokumentasi penelitian.....	42
3. Kromatogram GC $\alpha$ -pinena .....	43
4. Spektrum IR $\alpha$ -pinena.....	44
5. Kromatogram GC $\alpha$ -terpineol standar .....	45
6. Spektrum IR $\alpha$ -terpineol standar.....	46
7. Kromatogram GC hasil hasil transformasi $\alpha$ -pinena dengan katalis zeolit alam dengan rasio massa air dan $\alpha$ -pinena .....	47
8. Spektrum IR $\alpha$ -terpineol hasil hasil transformasi $\alpha$ -pinena .....	50
9. Spektra massa senyawa $\alpha$ -terpineol .....	53
10. Cara Perhitungan Kadar Kromatogram GC.....	54

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Transformasi  $\alpha$ -pinena menjadi senyawa turunan dari minyak terpenin merupakan temuan baru yang melibatkan perubahan struktur sangat kompleks tetapi dapat terjadi dalam kondisi reaksi yang cukup mudah. Hidrasi  $\alpha$ -pinena dengan katalis asam dapat menghasilkan senyawa terpineol. Terpineol merupakan senyawa *fragrance* yang digunakan dalam kosmetika dekoratif, sampo, sabun, pembersih rumah tangga dan deterjen (Santos dan Morgado, 2005; Bathia *et al.*, 2008).

Terpineol disintesis dari bahan dasar  $\alpha$ -pinena atau minyak terpenin mentah dengan hidrasi  $\alpha$ -pinena. Pakdel (2001) dan (Santos dan Morgado, 2005) telah menghidrasi  $\alpha$ -pinena hasil utama hidrasi adalah  $\alpha$ -terpineol dari mereaksikan  $\alpha$ -pinena dengan 15% asam sulfat dan aseton berlebih dalam penangas minyak yang dipanaskan pada 80-85<sup>0</sup>C selama 4 jam.

Senyawa  $\alpha$ -pinena juga dapat mengalami hidrasi dengan katalis asam padat. Yadav *et al.* (2009) telah melakukan hidrasi  $\alpha$ -pinena menjadi terpineol menggunakan logam transisi dan zeolit-beta penukar ion. Avila *et al.* (2010) juga telah menghidrasi  $\alpha$ -pinena menghasilkan terpineol dengan katalis asam padat yaitu menggunakan logam-logam seperti Ti dan Zr, dan diimpregnasi dengan asam trikloroasetat. Pada penggunaan logam Zr, hasilnya paling tinggi yaitu

75 % selektivitas alkohol yang dihasilkan.

Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui seberapa besar efek rasio massa reaktan dalam mengubah komponen utama minyak terpenin,  $\alpha$ -pinena, menjadi senyawa terpineol yang merupakan bahan baku industri parfum dengan katalis zeolit alam teraktivasi.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang dipecahkan dirumuskan lebih rinci sebagai berikut:

Berapa besar efek rasio massa reaktan memberikan hasil selektivitas terpilih dalam reaksi hidrasi  $\alpha$ -pinena?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

Mengetahui seberapa besar efek rasio massa reaktan pada reaksi pembentukan terpineol.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

Memberikan informasi mengenai rasio massa reaktan yang memberikan selektivitas terpilih dalam reaksi hidrasi  $\alpha$ -pinena.



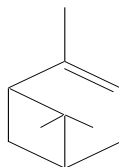
## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 $\alpha$ -Pinena

Salah satu golongan senyawa monoterpena yang terdapat dalam minyak terpentin adalah  $\alpha$ -pinena, yaitu senyawa hidrokarbon tak jenuh yang mempunyai 10 atom karbon dimana satuan terkecil dalam molekulnya disebut isoprena. Senyawa monoterpena digunakan secara luas dalam industri parfum karena baunya menarik, berat molekulnya rendah dan volalitasnya tinggi. (Sastroamidjojo, 2002)

Alfapinena merupakan komponen utama dari minyak terpentin. Alfapinena atau 2,6,6-trimetil bisiklo [3.1.1]-2-heptena dengan rumus molekul  $C_{10}H_{16}$  adalah cairan yang tidak berwarna dengan bau karakteristik seperti terpentin. Rumus strukturnya terdiri atas dua cincin yaitu siklobutana dan sikloheksena, maka dari itu  $\alpha$ -pinena termasuk bisiklis.



Gambar 2.1 Struktur  $\alpha$ -pinena

Sastroamidjojo (2002) menjelaskan bahwa isolasi  $\alpha$ -pinena dari minyak terpentin yang dilakukan dengan distilasi dengan pengurangan tekanan menggunakan kolom *Widmer* panjang 25 cm diperoleh pemisahan yang kurang baik, sedangkan dengan

menggunakan kolom *spinning band* panjang 1 meter diperoleh pemisahan yang baik. Susiana dkk. (1992) mengisolasi  $\alpha$ -pinena dari minyak terpentin dengan pengurangan tekanan menggunakan variasi kolom. Kolom-kolom yang dipergunakan adalah kolom *Vigreux* panjang 40 cm, kolom *Widmer* panjang 25 cm, kolom *Raschig* panjang 40 cm.

Distilat yang diperoleh masing-masing dianalisis menggunakan kromatografi gas. Hasil yang diperoleh disajikan pada Tabel 2.1.

Kolom	Tekanan (mmHg)	Suhu( $^{\circ}$ C)	Kadar(%)
Vigreux 40 cm	25	55-60	64,2
Widmer 25 cm	24	55-60	63,5
Raschig 40 cm	30	61-63	96,5

Tabel 2.1 Hasil isolasi  $\alpha$ -pinena dari variasi kolom

Alfapinena mempunyai kegunaan yang penting sebagai campuran dalam pembuatan lilin, sintesis kamfer, pembuatan geraniol dan sebagainya.  $\alpha$ -Pinena bila terkena cahaya dapat mengalami autooksidasi. Untuk menstabilkannya dapat dilakukan dengan menambah hidrokuinon. Dari rumus struktur pada Gambar 2.1 dapat dilihat bahwa  $\alpha$ -pinena mempunyai ikatan rangkap dua sehingga dapat dijadikan senyawa dasar untuk dikonversi menjadi senyawa lain.

Alfapinena memiliki sifat-sifat fisik (Puji. 2009) sebagai berikut:

Massa molekul	: 136,2
Titik didih	: 155-156 $^{\circ}$ C
Berat jenis (20 $^{\circ}$ C)	: 0,864 g/ml
Indeks bias (20 $^{\circ}$ C)	: 1,4656

## 2.2 Reaksi Hidrasi Alkena

Alkena merupakan hidrokarbon yang mempunyai satu ikatan rangkap dua karbon. Senyawa alkena mengandung hidrogen lebih sedikit daripada senyawa alkana sehingga dapat menjalani reaksi adisi, oleh sebab itu alkena juga sering disebut senyawa tak jenuh.

Tiga reaksi yang lazim terjadi pada alkena adalah reaksi dengan hidrogen, dengan klorin dan dengan suatu hidrogen halida. Reaksi-reaksi tersebut adalah reaksi adisi. Pada reaksi tersebut, suatu pereaksi diadisi kepada alkena, tanpa terlepasnya atom-atom lain. Karakteristik utama senyawa tak jenuh adalah adisi pereaksi kepada ikatan-ikatan  $\pi$ .

Pada reaksi adisi suatu alkena, ikatan  $\pi$  terputus dan pasangan elektronnya digunakan untuk membentuk dua ikatan sigma baru. Dalam hal ini, atom karbon  $sp^2$  direhibridisasi menjadi  $sp^3$ . Senyawa yang mengandung ikatan  $\pi$  biasanya memiliki energi yang lebih tinggi daripada senyawa sepadan yang hanya memiliki ikatan sigma, oleh karena itu suatu reaksi adisi biasanya eksoterm.

Pada umumnya ikatan rangkap karbon-karbon tidak diserang oleh nukleofil karena tak memiliki atom karbon yang positif parsial untuk dapat menarik nukleofil. Namun elektron  $\pi$  yang tak terlindungi dalam ikatan rangkap karbon-karbon akan menarik elektrofil ( $E^+$ ) seperti  $H^+$ . Oleh karena itu, banyak reaksi alkena diawali dengan serangan elektrofilik, suatu tahap reaksi yang menghasilkan karbokation. Kemudian karbokation itu diserang oleh sebuah nukleofil dan menghasilkan produk.

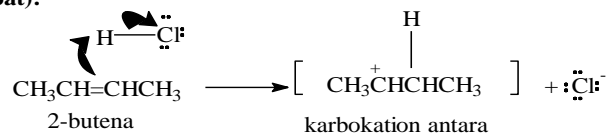
Hidrogen halida mengadisi ikatan  $\pi$  alkena dan menghasilkan

alkil halida. Adisi hidrogen halida pada alkena untuk membuat alkil halida, sering digunakan sebagai reaksi sintesis. Biasanya gas HX dialirkan ke dalam larutan alkena itu (larutan pekat hidrogen halida dalam air akan menghasilkan campuran produk karena air dapat pula mengadisi ikatan rangkap).

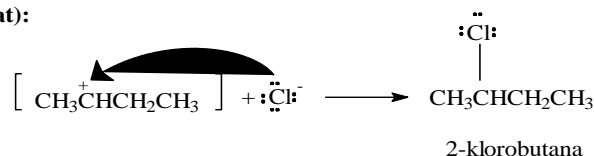
Suatu ikatan hidrogen halida mengandung ikatan H-X yang sangat polar dan dapat dengan mudah melepaskan  $H^+$  kepada ikatan pi suatu alkena. Hasil serangan  $H^+$  adalah suatu karbokation antara, yang dengan cepat bereaksi dengan ion negatif halida dan menghasilkan suatu alkil halida. Karena serangan awal dilakukan oleh sebuah elektrofil, maka adisi HX kepada sebuah alkena disebut reaksi adisi elektrofilik.

Reaksi adisi elektrofilik pada 2-butena disajikan pada Gambar 2.2.

**Tahap 1 (lambat):**

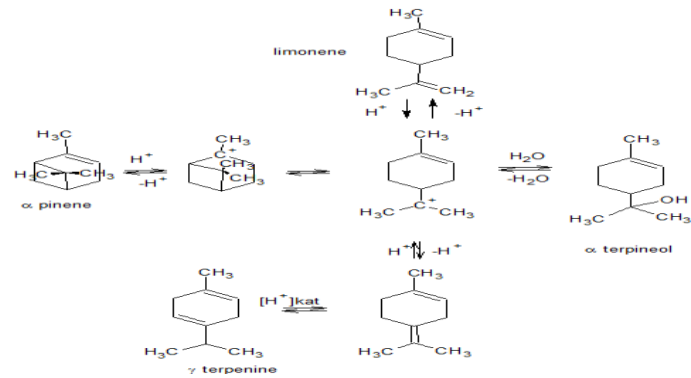


**Tahap 2 (cepat):**



Gambar 2.2 Reaksi adisi elektrofilik pada 2-butena

Transformasi reaksi  $\alpha$ -pinena menjadi formasi eksosiklik karbokation, dimana dapat ditransformasi dengan air membentuk alkohol, seperti disajikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Evolusi spesimen kimia pada katalis asam hidrasi  $\alpha$ -pinena (M. Roman-Aguirre *et al.* 2005)

### 2.3 $\alpha$ -Terpineol

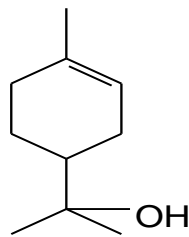
Terpineol merupakan senyawa alkohol yang volatil dari golongan terpenoid dengan toksisitas rendah. Terpineol digunakan secara luas dalam industri parfum. Terpineol adalah konstituen kimia penting minyak atsiri dari beberapa tanaman yang digunakan secara luas dalam pengobatan tradisional dan aromaterapi (Moreira *et al.*, 2001 ; Santos dan Morgado, 2005).

Manfaat terpineol ternyata tidak terbatas sebagai *fragrance* dan parfum itu sendiri. Bahan ini juga dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan senyawa-senyawa lain yang tidak kalah manfaatnya. Terpineol dapat digunakan untuk mensintesis terpinil asetat (Liau & Liu, 2010), 1,8-sineol dan 1,4-sineol seperti yang dilakukan Lana *et al.* (2006).

Menurut Bathia *et al.* (2008) sifat terpineol dapat disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat terpineol.

Sifat fisik terpineol	Keterangan
Titik nyala	>200 <sup>0</sup> F
Titik didih pada 1 atm	217 <sup>0</sup> C
Titik didih pada 25 mmHg	115 – 116 <sup>0</sup> C
Berat jenis 20 <sup>0</sup> C	0,931
Kelarutan	Larut dalam alkohol dan air
Warna	Jernih



$\alpha$ -terpineol;  
p-menth-1-en-8-ol

Gambar 2.4 Struktur  $\alpha$ -terpineol  
(Sumber: bathia *et al.*, 2008)

Terpineol adalah parfum sintesis pertama yang dibuat secara komersil. Baunya yang menyenangkan dan kestabilannya membuat terpineol banyak dipergunakan. Terpineol dapat dipergunakan dalam sabun, deterjen, dan berbagai formula parfum. Terpineol disintesis dari bahan dasar  $\alpha$ -pinena atau minyak terpenin mentah dengan hidrasi  $\alpha$ -pinena. Pakdel (2001) dan Santos & Morgado, (2005) telah menghidrasi  $\alpha$ -pinena dengan katalis asam sulfat.

Hidrasi  $\alpha$ -pinena dengan katalis asam padat juga telah dilakukan. Valente dan vital (1997) mempelajari reaksi hidrasi  $\alpha$ -pinena dengan menggunakan katalis asam yaitu USY-zeolit. Produk utama yang dihasilkan adalah terpineol. USY zeolit menunjukkan aktivitas

yang baik untuk reaksi hidrasi dan sangat selektif untuk penemuan terpen alkohol. Yadav *et al.* (2009) telah melakukan hidrasi  $\alpha$ -pinena menjadi terpineol menggunakan logam transisi dan zeolit-beta penukar ion. Avila *et al.* (2010) juga telah menghidrasi  $\alpha$ -pinena menghasilkan terpineol dengan katalis asam padat. Hanya saja menggunakan logam-logam transisi seperti Ti, Si dan Zr, dan diimpregnasi dengan asam trikloroasetat. Pada penggunaan logam Zr, hasilnya paling baik yaitu 75 % selektivitas alkohol yang dihasilkan.

Alfapinena yang dihidrasi dengan suatu katalis asam mengalami protonasi dan menghasilkan suatu karbokation. Karbokation yang terbentuk menyerang  $H^+$ , mengalami substitusi. Pembentukan alkohol selanjutnya terjadi dengan adanya proses deprotonasi.

## 2.4 Zeolit

Zeolit merupakan salah satu kekayaan alam bagi industri kimia di Indonesia. Zeolit adalah kristal alumino silikat dari golongan IA dan golongan IIA seperti natrium, kalium, magnesium, dan kalsium.

Beberapa spesimen zeolit berwarna putih, kebiruan, kemerahan, coklat, dan lain-lain, karena adanya oksida besi atau logam lainnya. Densitas zeolit antara  $2,0 - 2,3 \text{ g/cm}^3$ , dengan bentuk halus dan lunak. Struktur zeolit dibedakan dalam tipe komponen yaitu rangka aluminosilikat, ruang kosong saling berhubungan yang berisi kation logam, dan molekul air fase tertutup.

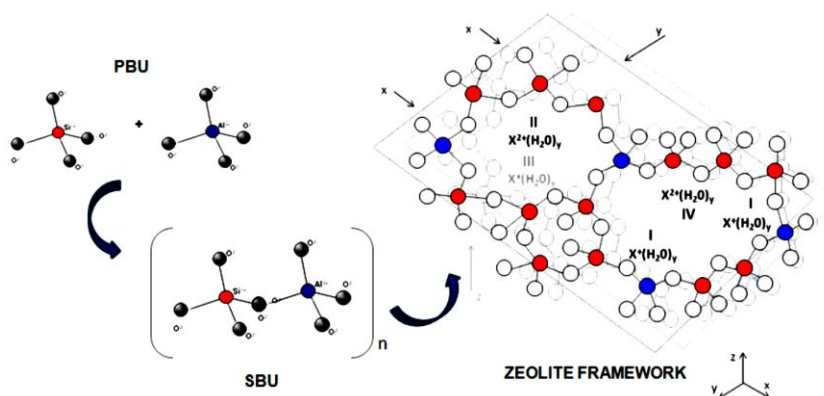
Zeolit berbentuk aluminosilikat terhidrasi yang mengandung muatan positif dari ion-ion logam alkali dan alkali tanah dalam kerangka kristal tiga dimensi dengan setiap oksigen membatasi antara dua tetrahedral (Saputra, 2006).

Tabel 2.3 Sifat fisik Zeolit

No	Sifat fisik	Keterangan
1	Wujud	Serbuk/padat
2	Warna	Putih

Berdasarkan Tabel 2.3 terlihat sifat fisik Zeolit alam adalah: berwujud serbuk/padat dan warna putih. Struktur senyawa Zeolit dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer inframerah. Analisis ini didasarkan pada serapan gugus fungsi pada bilangan gelombang tertentu.

Struktur zeolit alam sangat kompleks. Unit bangunan utama (PBU) dari zeolit adalah  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  tetrahedral. Mereka terhubung melalui oksigen ion menjadi unit bangunan kedua (SBU). Seperti disajikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pengikat unit bangun (SBU dan SPU) dalam tiga dimensi struktur clinoptilote zeolite. (Sumber: Margeta *et al.* 2013)

Zeolit teraktivasi merupakan salah satu contoh katalis heterogen yang banyak digunakan dalam reaksi-reaksi kimia. Katalis heterogen memberikan sebuah proses yang bersih di mana katalis padat sangat mudah dipisahkan dari campuran reaksi. Hal ini menjadi



keuntungan terpenting dari penggunaan katalis heterogen.

Penggunaan perbandingan massa digunakan karena pada perbandingan massa yang tepat, senyawa – senyawa reaktan akan bereaksi habis sempurna. Jika salah satu reaktan memiliki kelebihan massa, maka senyawa tersebut akan tidak habis reaksi atau memiliki sisa.

Zeolit sintetis memiliki sifat yang lebih baik dibanding dengan zeolit alam. Perbedaan terbesar antara zeolit sintetis dengan zeolit alam (Saputra, 2006) adalah:

- 1) Zeolit sintetis dibuat dari bahan kimia dan bahan-bahan alam yang kemudian diproses dari tubuh bijih alam.
- 2) Zeolit sintetis memiliki perbandingan silika dan alumina yaitu 1:1 dan sedangkan pada zeolit alam hingga 5:1.
- 3) Zeolit alam tidak terpisah dalam lingkungan asam seperti halnya zeolit sintetis.

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Variabel Penelitian**

##### **3.1.1 Variabel Bebas**

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah rasio massa reaktan antara  $\alpha$ -pinena dan H<sub>2</sub>O adalah 1 (0.25 g) : 5 (1.25 g) ; 1 (0.25 g) : 10 (0.25 g) ; dan 1 (0.25 g) : 20 (5 g).

##### **3.1.2 Variabel Terikat**

Variabel terikat pada penelitian ini adalah produk terpineol yang dihasilkan dari  $\alpha$ -pinena.

##### **3.1.3 Variabel Terkendali**

Variabel yang dikendalikan adalah pH, katalis zeolit alam sebanyak 0.4 g, reaktor, kecepatan pengadukan dengan kecepatan 350 rpm, suhu 60-65<sup>0</sup> C.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas laboratorium, cawan petri, corong pisah, sentrifugasi, neraca analitik, *furnace*, oven, gelas ukur satu set alat refluks, spektrofotometer absorpsi atom, spektrofotometer Infra merah, kromatografi gas, kromatografi gas-spektrometer massa

### 3.3 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah NaCl jenuh, Aquabidest,  $\alpha$ -pinena, Zeolit alam dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10 %. isopropil alkohol, diklorometana, gas  $\text{N}_2$ , natrium sulfat.

### 3.4 Cara Kerja

#### 3.3.1 Identifikasi $\alpha$ -Pinena

Alfapinena hasil isolasi dari minyak terpenin diidentifikasi secara fisik dengan uji organoleptik meliputi wujud, warna dan bau serta dianalisis komposisinya dengan kromatografi gas (GC), sedang untuk gugus fungsi strukturnya dengan spektrofotometer inframerah (IR).

#### 3.3.2 Aktivasi Zeolit Alam

Lima puluh gram serbuk amonium zeolit alam dikalsinasi pada suhu  $600^\circ\text{C}$  selama 5 jam. Zeolit yang dihasilkan dianalisis struktur dengan spektrofotometer inframerah, lalu ditentukan kristalinitasnya dengan XRD.

#### 3.3.3 Transformasi $\alpha$ -pinena Melalui Reaksi Hidrasi dengan Katalis Zeolit Alam

Dalam labu alas bulat leher 3 dimasukkan 0.25 g  $\alpha$ -pinena dan 1.25 g  $\text{H}_2\text{O}$ , untuk *running* kedua menggunakan 0.25 g  $\alpha$ -pinena dan 2.5 g  $\text{H}_2\text{O}$  sedangkan untuk *running* ketiga menggunakan 0.25 g  $\alpha$ -pinena dan 5 g  $\text{H}_2\text{O}$ . Labu dilengkapi pendingin bola, termometer dan pengaduk magnet. Campuran diaduk sambil dipanaskan sampai temperatur  $60\text{-}65^\circ\text{C}$ . Setelah suhu tercapai, dimasukkan 0.4 g zeolit alam. Dilakukan pengambilan sampel setelah katalis ditambahkan pada waktu reaksi 60 menit.

- a. Campuran hasil reaksi yang terbentuk dipisahkan dengan cara didinginkan pada suhu kamar  $25^{\circ}\text{C}$  lalu fase organik dipisahkan dari katalisnya dengan menggunakan sentrifuge kecepatan 350 rpm selama 15 menit
- b. Campuran diekstrak dengan diklorometana dan dipisahkan dengan corong pisah untuk memisahkan lapisan organik dan lapisan air.
- c. Campuran dicuci dengan aquades di dalam corong pisah untuk menghilangkan sisa asam, dinetralkan dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10 %.
- d. Untuk menjenuhkan air agar kedua lapisan mudah memisah, ditambahkan  $\text{NaCl}$  jenuh. Pisahkan fase organik dengan air hasil pencucian.
- e. Ditambahkan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat untuk mengikat sisa air.
- f. Dialiri gas  $\text{N}_2$  untuk menguapkan sisa pelarut.
- g. Hasil diuji dengan kromatografi gas, spektrofotometer Infra merah, kromatografi gas-spektrometer massa.

### 3.5 Analisis Data

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis dengan kromatografi gas, spektrofotometer inframerah dan kromatografi gas-spektrometer massa. Kromatografi gas digunakan untuk mengetahui senyawa yang terkandung dalam sampel. Spektra inframerah digunakan untuk mengamati gugus fungsi yang terdapat pada produk yang dianalisis. Sedangkan dari spektra hasil analisis dengan kromatografi gas-spektrometer massa, diketahui senyawa yang terdapat dalam sampel.

## BAB 4

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Analisis $\alpha$ -pinena

Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah  $\alpha$ -pinena yang memiliki kadar 98,57% (produk Sigma Aldrich, Jerman).  $\alpha$ -pinena merupakan komponen utama penyusun minyak terpenin yang biasanya diperoleh dengan cara distilasi dengan pengurangan tekanan.

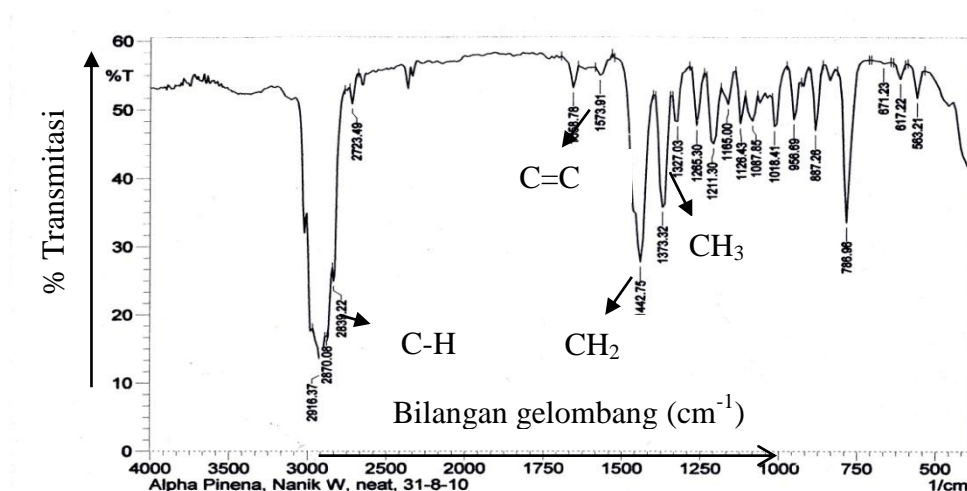
Identifikasi senyawa  $\alpha$ -pinena meliputi analisis fisik, analisis struktur dan analisis kadar. Identifikasi senyawa  $\alpha$ -pinena secara fisik yang meliputi wujud, warna dan bau dilakukan secara *organoleptik*. Analisis struktur senyawa  $\alpha$ -pinena dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer inframerah. Identifikasi kadar  $\alpha$ -pinena dilakukan dengan GC. Hasil yang diperoleh dari identifikasi fisik  $\alpha$ -pinena disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Sifat fisik  $\alpha$ -pinena

No	Sifat fisik	Keterangan
1	Wujud	Cair
2	Warna	Jernih
3	Bau	Karakteristik Terpenin

Berdasarkan Tabel 4.1 terlihat sifat fisik  $\alpha$ -pinena sebagai berikut: berwujud cair, warna jernih, dan bau karakteristik seperti terpenin. Hal ini menunjukkan bahwa sifat fisik  $\alpha$ -pinena yang dihasilkan sesuai dengan literatur.

Analisis struktur senyawa  $\alpha$ -pinena dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer inframerah. Analisis ini didasarkan pada serapan gugus fungsi pada bilangan gelombang tertentu. Hasil analisis IR senyawa  $\alpha$ -pinena dapat disajikan pada Gambar 4.1 dan interpretasinya pada Tabel 4.2.



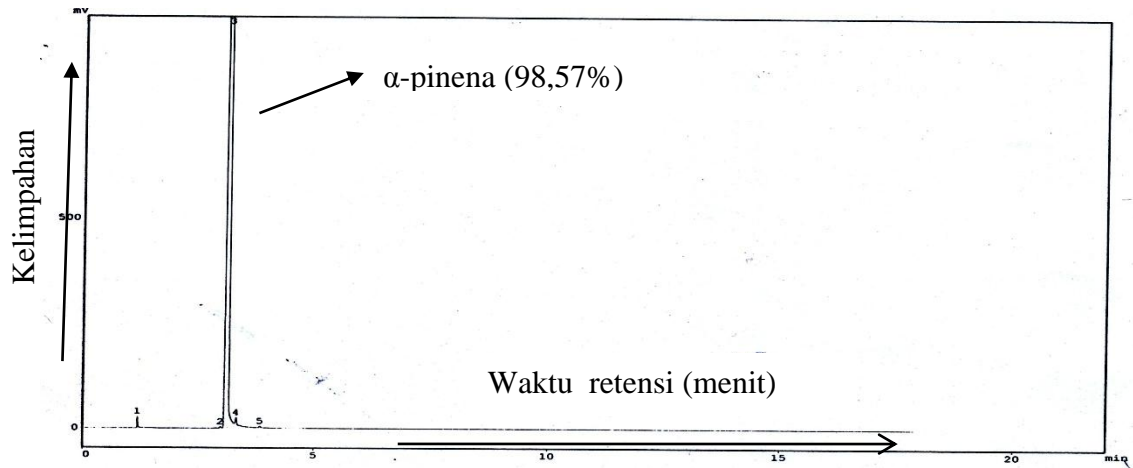
Gambar 4.1 Spektrum IR  $\alpha$ -pinena

Tabel 4.2 Interpretasi spektrum IR senyawa  $\alpha$ -pinena

No	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Interpretasi
1	2916,37	C-H alkana
2	1442,75	$\text{CH}_2$
3	1373,32	$\text{CH}_3$
4	1658,78	Rentangan C=C

Berdasarkan interpretasi pada Tabel 4.2 diketahui terdapat beberapa serapan karakteristik. Puncak  $2916,37 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-H alkana, puncak  $1658,78 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya rentangan C=C dari alkana, puncak  $1442,75 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus  $\text{CH}_2$  dan puncak  $1373,32 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan gugus  $\text{CH}_3$ .

Identifikasi kadar  $\alpha$ -pinena dengan menggunakan alat kromatografi gas serta interpretasinya dapat disajikan pada Gambar 4.2 dan Tabel 4.3.



Gambar 4.2 Kromatogram GC  $\alpha$ -pinena

Tabel 4.3. Interpretasi kromatogram GC  $\alpha$ -pinena

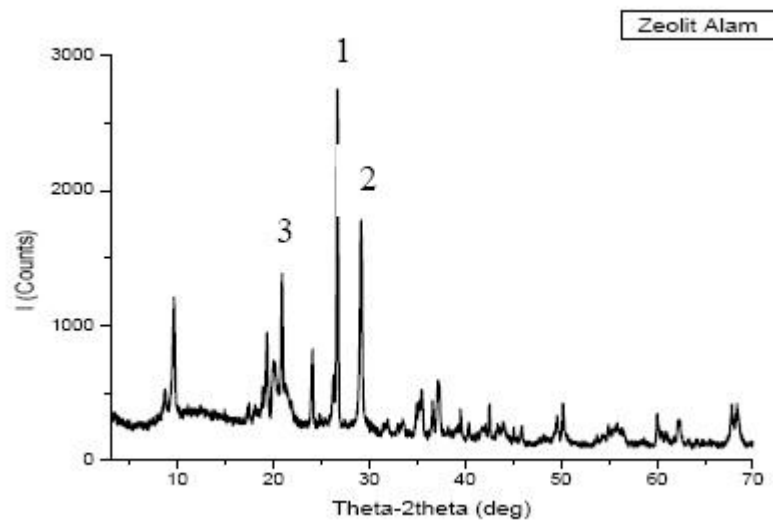
Puncak	Waktu retensi (menit)	Kadar (%)
2	3,001	0,11
3	3,160	98,57
4	3,339	0,81
5	3,853	0,12

Senyawa  $\alpha$ -pinena yang digunakan dalam penelitian memiliki persentase kadar 98,57%. Hal ini dibuktikan dengan hasil analisis senyawa  $\alpha$ -pinena dengan menggunakan kromatografi gas (KG) seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 4.2. Berdasarkan hasil KG terdapat 5 puncak. Tabel 4.3 menyajikan puncak-puncak dari kromatogram. Puncak no.3 merupakan puncak tertinggi dengan waktu retensi 3,160 menit dan merupakan puncak yang paling dominan dengan presentase sebesar

98,57%. Puncak ini merupakan puncak dari senyawa  $\alpha$ -pinena (Estuti, 2011).

#### 4.1.2 Analisis jenis mineral dan luas permukaan zeolit alam

Zeolit alam yang telah diaktivasi, sebelum digunakan dianalisis kristalinitasnya dengan XRD. Hasil XRD zeolit alam disajikan dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pola difraksi katalis zeolit alam

Dari hasil XRD diketahui pula harga  $d$  dan  $2\theta$  zeolit alam yang disajikan pada Tabel 4.4.



Tabel 4.4 Harga d dan  $2\theta$  zeolit alam hasil XRD

Puncak	1	2	3
d (Å)	3,33876	3,06319	4,24666
$2\theta$ (deg)	26,6783	29,1290	20,9014

Berdasarkan Tabel 4.4 diketahui bahwa jenis Zeolit alam ini sebagian besar tersusun dari mineral modernit.

Katalis zeolit alam juga dianalisis luas permukaannya dengan menggunakan BET untuk mengetahui peningkatan luas permukaan katalis sebelum dan sesudah diaktivasi. Hasilnya disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Luas permukaan katalis zeolit alam hasil BET

Katalis	Luas permukaan ( $\text{m}^2/\text{g}$ )
Zeolit sebelum aktivasi	2,813
Zeolit sesudah aktivasi	6,187

Dari data Tabel 4.5 dapat diketahui luas permukaan katalis zeolit alam setelah diaktivasi mengalami peningkatan dari  $2,813 \text{ m}^2/\text{g}$  menjadi  $6,187 \text{ m}^2/\text{g}$  (Agustina, 2012).

#### 4.2 Transformasi $\alpha$ -Pinena Melalui Reaksi Hidrasi

Reaksi pembentukan  $\alpha$ -terpineol tidak lain adalah reaksi hidrasi terhadap suatu alkena. Hidrasi alkena dilakukan dengan katalis asam (Solomon dan Fryhle, 2003). Variasi perbandingan  $\alpha$ -pinena dengan  $\text{H}_2\text{O}$  yang digunakan di sini ada tiga, yaitu 1 : 5; 1 : 10; dan 1 : 20.

Identifikasi senyawa  $\alpha$ -terpineol standar secara fisik meliputi wujud, warna dan bau. Sifat-sifat senyawa  $\alpha$ -terpineol standar disajikan pada Tabel 4.6.

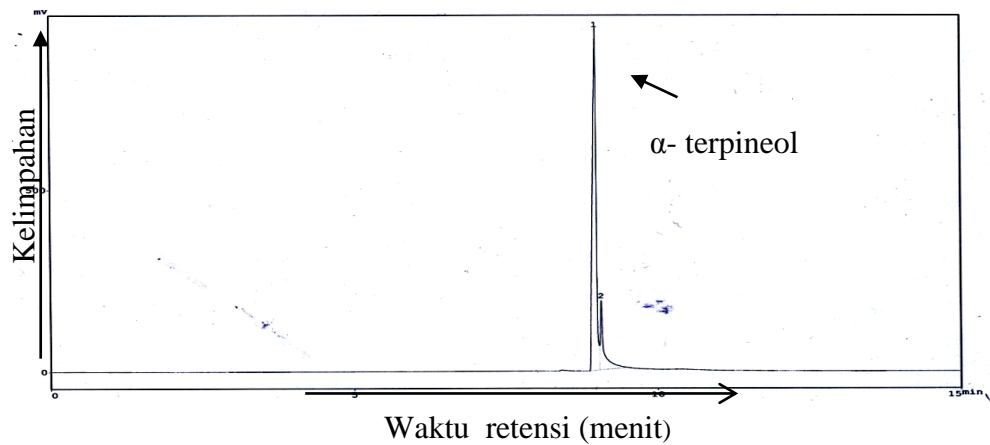
Tabel 4.6 Sifat fisik senyawa  $\alpha$ -terpineol standar

No.	Sifat fisik	Keterangan
1.	Wujud	Cair
2.	Warna	Jernih
3.	Bau	Wangi khas

Identifikasi senyawa  $\alpha$ -terpineol standar dengan menggunakan alat kromatografi gas dan interpretasinya disajikan pada Gambar 4.4 dan Tabel 4.7.

Tabel 4.7 interpretasi kromatogram GC  $\alpha$ -pinena

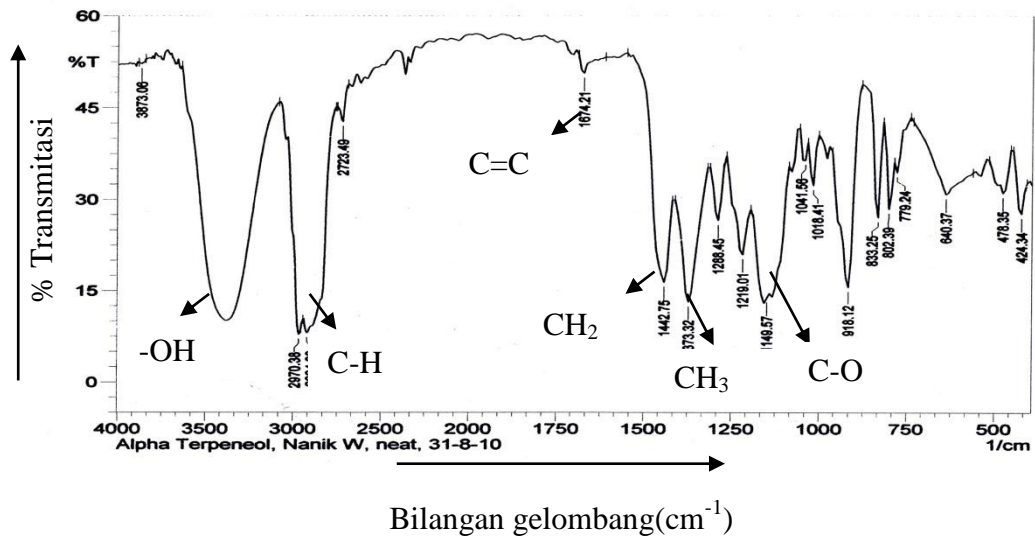
Puncak	Waktu retensi (menit)	Kadar (%)
1	8,993	83,40
2	9,071	16,60



Gambar 4.4 Kromatogram GC  $\alpha$ -terpineol standar

Senyawa  $\alpha$ -terpineol standar memiliki kemurnian 83,40%, ditunjukkan oleh puncak 1 dengan waktu retensi 8,993.  $\alpha$ -terpineol selalu berada bersama isomernya  $\alpha$ -terpineol yaitu ditunjukkan oleh puncak 2 dengan waktu retensi 9,071 dengan kadar 16,60%.

Gugus fungsi senyawa  $\alpha$ -terpineol standar dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer inframerah yang didasarkan pada serapan gugus fungsi pada bilangan gelombang tertentu. Hasil analisis senyawa  $\alpha$ -terpineol standar dengan spektrofotometer inframerah disajikan pada Gambar 4.5 dan interpretasinya pada Tabel 4.8.



Gambar 4.5 Spektrum IR senyawa  $\alpha$ -terpineol standar

Tabel 4.8 interpretasi Spektrum IR senyawa  $\alpha$ -terpineol standar

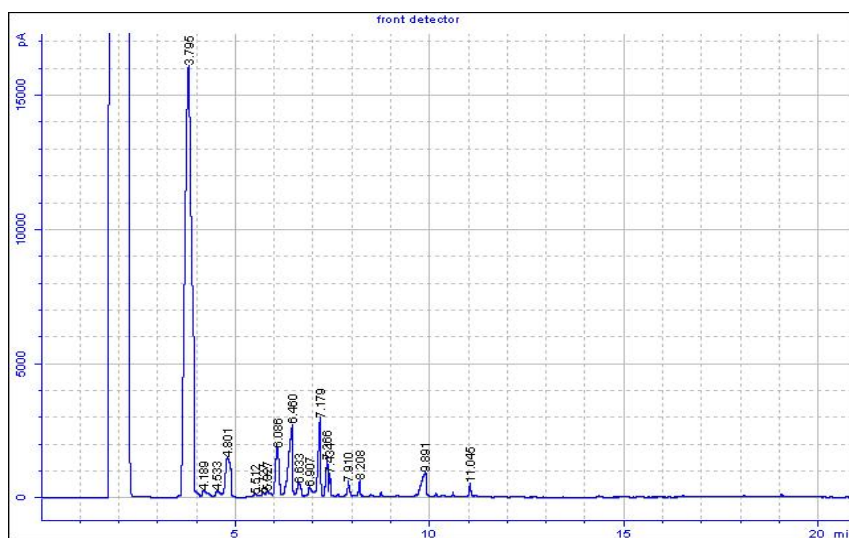
No	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Interpretasi
1	3379,29	Gugus -OH
2	2970,38	C-H alkana
3	1674,21	Rentangan C=C
4	1442,75	CH <sub>2</sub>
5	1373,32	CH <sub>3</sub>
6	1149,57	C-O

Berdasarkan interpretasi pada Tabel 4.8 diketahui terdapat beberapa serapan karakteristik. Puncak 3379,29 menunjukkan adanya serapan gugus OH. Puncak 2970,38  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-H alkana, puncak 1674,21  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya rentangan gugus C=C dari alkana, puncak 1442,75  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus CH<sub>2</sub>, puncak 1373,32  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan gugus CH<sub>3</sub> dan 1149,57 menunjukkan adanya gugus C-O.

Berdasarkan interpretasi spektrum IR senyawa  $\alpha$ -terpineol pada Tabel 4.8, disimpulkan bahwa  $\alpha$ -terpineol termasuk alkohol tersier yang ditunjukkan dengan adanya serapan pada bilangan gelombang  $3379,29\text{ cm}^{-1}$  (gugus O-H) dan didukung dengan munculnya puncak pada bilangan gelombang  $1149,57\text{ cm}^{-1}$  (gugus C-O pada alkohol tersier).

#### 4.2.1 Transformasi $\alpha$ -pinena Melalui Reaksi Hidrasi Dengan Perbandingan Rasio Massa $\alpha$ -pinena dan $\text{H}_2\text{O}$ 1 : 5

Perbandingan rasio molekul untuk membentuk  $\alpha$ -terpineol dari  $\alpha$ -pinena dan air adalah 1:1, dimana itu berarti dalam  $0,11069853 \cdot 10^{22}$  molekul  $\alpha$ -pinena membutuhkan molekul air sebanyak  $0,11069853 \cdot 10^{22}$  molekul air. Dalam gambar dan tabel GC di bawah ini akan ditampilkan hasil reaksi antara  $\alpha$ -pinena 0.25 gram dan  $\text{H}_2\text{O}$  1.25 gram atau 1:5, zeolit 400 mg dalam kondisi suhu  $65^\circ\text{C}$  selama 60 menit.



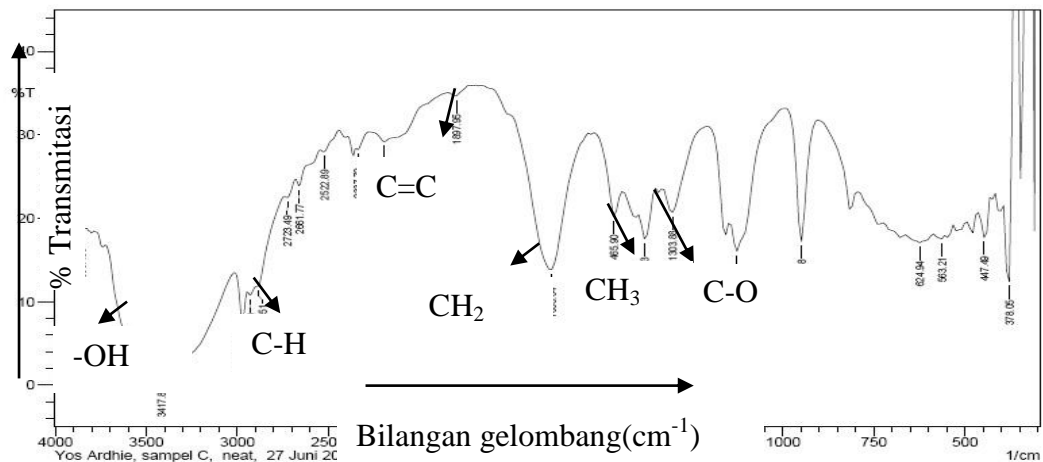
Gambar 4.6 Kromatogram GC senyawa  $\alpha$ -terpineol dengan perbandingan 1:5

Tabel 4.9 GC  $\alpha$ -terpineol dengan perbandingan 1:5

Puncak	Waktu retensi (menit)	Kadar (%)
a	3.795	66.81351
b	4.801	4.82664
c	6.460	6.63653
d	7.179	4.71958
e	9.891	2.78864

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa jumlah  $\alpha$ -pinena yang belum ikut bereaksi sebesar 66,81351 % yang dimungkinkan muncul pada retensi waktu 3,795 dan yang sudah menjadi  $\alpha$ -terpineol adalah sebesar 2,78864 % yang dimungkinkan muncul pada retensi waktu 9,891.

Gugus fungsi senyawa  $\alpha$ -terpineol pada perbandingan 1:5 dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer inframerah yang didasarkan pada serapan gugus fungsi pada bilangan gelombang tertentu. Hasil analisis senyawa  $\alpha$ -terpineol pada perbandingan 1:5 dengan spektrofotometer inframerah disajikan pada Gambar 4.7 dan interpretasinya pada Tabel 4.10.



Gambar 4.7 Spektrum IR senyawa  $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:5

Tabel 4.10 Interpretasi Spektrum IR senyawa  $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:5

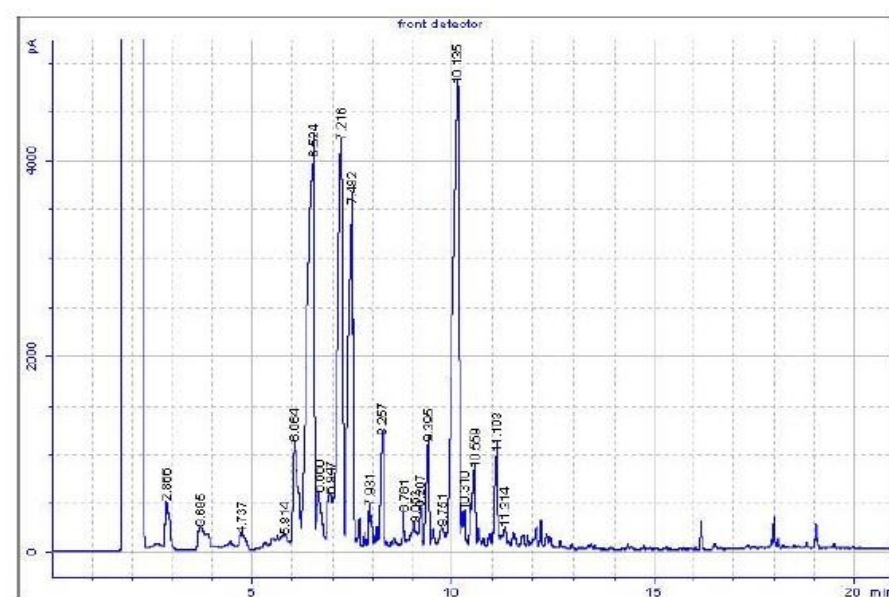
No	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Interpretasi
1	3417,86	Gugus -OH
2	2970,38	C-H alkana
3	1635,64	Rentangan C=C
4	1465,9	CH <sub>2</sub>
5	1381,03	CH <sub>3</sub>
6	1126,43	C-O

Berdasarkan interpretasi pada Tabel 4.10 diketahui terdapat beberapa serapan karakteristik. Puncak 3417,86 menunjukkan adanya serapan gugus OH. Puncak  $2970,38 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-H alkana, puncak  $1635,64 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya rentangan gugus C=C dari alkena, puncak  $1465,9 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus CH<sub>2</sub>, puncak  $1381,03 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan gugus CH<sub>3</sub> dan  $1126,43$  menunjukkan adanya gugus C-O.

Berdasarkan interpretasi spektrum IR senyawa  $\alpha$ -terpineol pada Tabel 4.10, disimpulkan bahwa  $\alpha$ -terpineol termasuk alkohol tersier yang ditunjukkan dengan adanya serapan pada bilangan gelombang  $3417,86\text{ cm}^{-1}$  (gugus O-H) dan didukung dengan munculnya puncak pada bilangan gelombang  $1126,43\text{ cm}^{-1}$  (gugus C-O pada alkohol tersier).

#### 4.2.2 Transformasi $\alpha$ -pinena Melalui Reaksi Hidrasi Dengan Perbandingan Rasio Massa $\alpha$ -pinena dan $\text{H}_2\text{O}$ 1 : 10

Dalam gambar dan tabel GC di bawah ini akan ditampilkan hasil reaksi antara  $\alpha$ -pinena 0.25 gram dan  $\text{H}_2\text{O}$  2.5 gram atau 1:10, zeolit 400 mg dalam kondisi suhu  $65^\circ\text{C}$  selama 60 menit.



Gambar 4.8 GC  $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:10

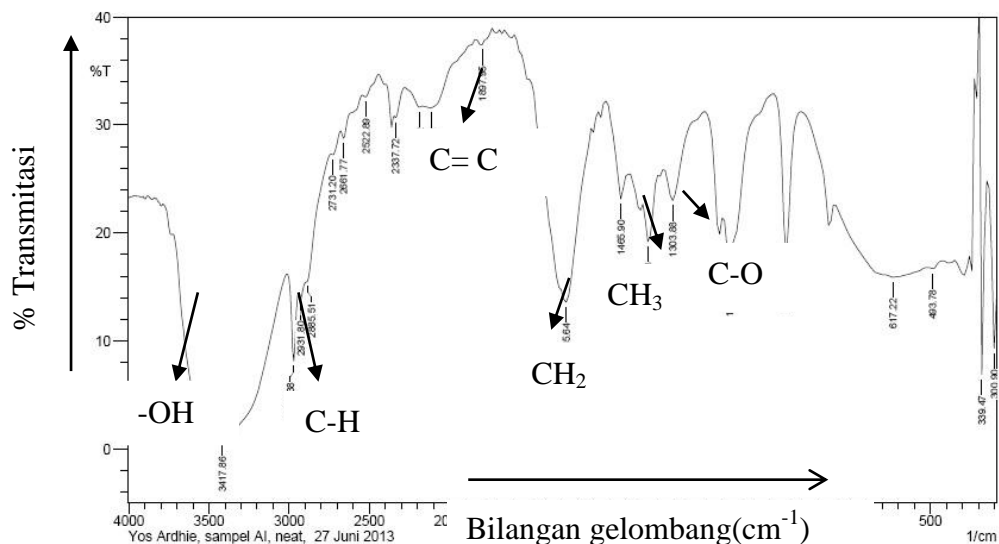


Tabel 4.11 GC  $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:10

Puncak	Waktu retensi (menit)	Kadar (%)
a	4.737	0.84512
b	6.524	20.28452
c	7.216	15.41766
d	10.135	21.40696

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa jumlah  $\alpha$ -pinena yang belum ikut bereaksi sebesar 0,84512 % yang dimungkinkan muncul pada retensi waktu 4,737 dan yang sudah menjadi  $\alpha$ -terpineol adalah sebesar 21,40696 % yang dimungkinkan muncul pada retensi waktu 10,135.

Gugus fungsi senyawa  $\alpha$ -terpineol pada perbandingan 1:10 dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer inframerah yang didasarkan pada serapan gugus fungsi pada bilangan gelombang tertentu. Hasil analisis senyawa  $\alpha$ -terpineol pada perbandingan 1:10 dengan spektrofotometer inframerah disajikan pada Gambar 4.9 dan interpretasinya pada Tabel 4.12.

Gambar 4.9 interpretasi Spektrum IR senyawa  $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:10

Tabel 4.12 Interpretasi Spektrum IR senyawa  $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:10

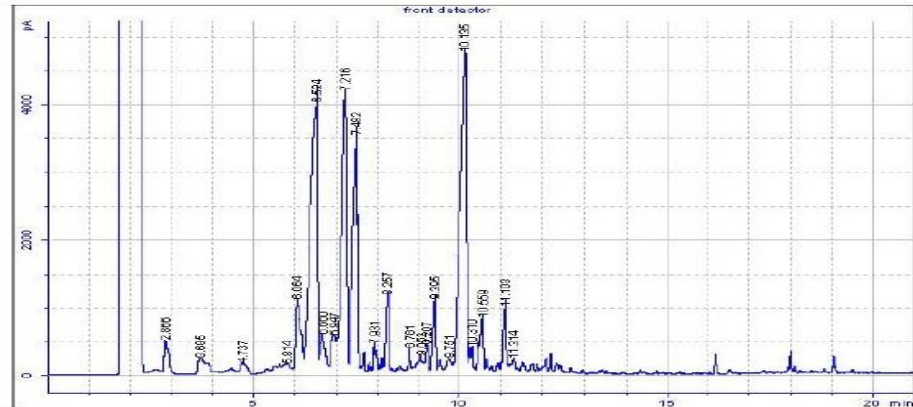
No.	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Interpretasi
1	3417,86	Gugus -OH
2	2970,38	C-H alkana
3	1635,64	Rentangan C=C
4	1465,9	CH <sub>2</sub>
5	1381,03	CH <sub>3</sub>
6	1126,43	C-O

Berdasarkan interpretasi pada Tabel 4.12 diketahui terdapat beberapa serapan karakteristik. Puncak 3417,86 menunjukkan adanya serapan gugus OH. Puncak 2931,8  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-H alkana, puncak 1635,64  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya rentangan gugus C=C dari alkana, puncak 1465,9  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus CH<sub>2</sub>, puncak 1381,03  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan gugus CH<sub>3</sub> dan 1126,43 menunjukkan adanya gugus C-O .

Berdasarkan interpretasi spektrum IR senyawa  $\alpha$ -terpineol pada Tabel 4.12 disimpulkan bahwa  $\alpha$ -terpineol termasuk alkohol tersier yang ditunjukkan dengan adanya serapan pada bilangan gelombang 3417,86  $\text{cm}^{-1}$  (gugus O-H) dan didukung dengan munculnya puncak pada bilangan gelombang 1126,43  $\text{cm}^{-1}$  (gugus C-O pada alkohol tersier).

#### 4.2.3 Transformasi $\alpha$ -pinena Melalui Reaksi Hidrasi Dengan Perbandingan Rasio Massa $\alpha$ -pinena dan H<sub>2</sub>O 1 : 20

Dalam gambar dan tabel GC di bawah ini akan ditampilkan hasil reaksi antara  $\alpha$ -pinena 0.25 gram dan H<sub>2</sub>O 5 gram atau 1:20, zeolit 400 mg dalam kondisi suhu 65<sup>0</sup>C selama 60 menit.



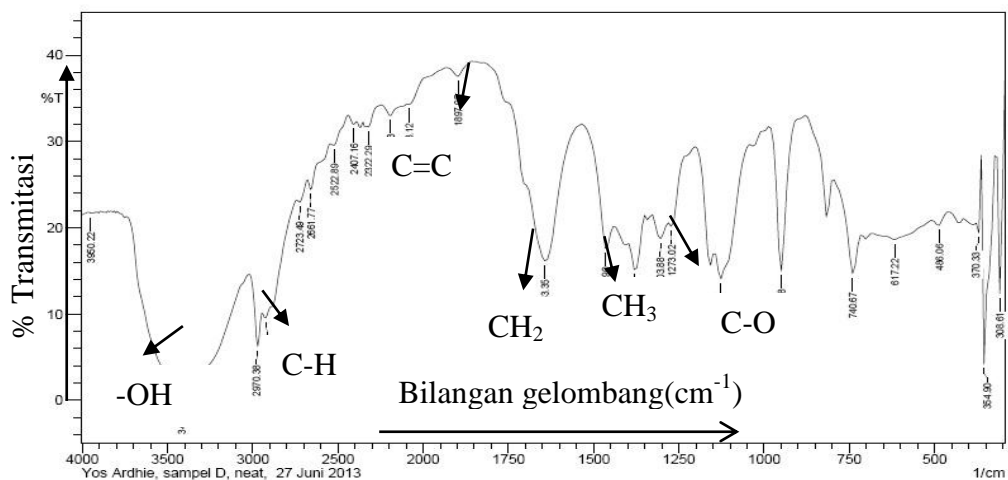
Gambar 4.10 GC  $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:20

Tabel 4.13 GC  $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:20

Puncak	Waktu retensi (menit)	Kadar (%)
A	3.729	9.01868
b	4.786	1.08200
c	7.000	36.72828
d	9.828	0.55877
e	10.049	1.81320

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa jumlah  $\alpha$ -pinena yang belum ikut bereaksi sebesar 9,01868 % yang dimungkinkan muncul pada retensi waktu 3,729 dan yang sudah menjadi  $\alpha$ -terpineol adalah sebesar 5,46149 % yang dimungkinkan muncul pada retensi waktu 10,377.

Gugus fungsi senyawa  $\alpha$ -terpineol pada perbandingan 1:20 dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer inframerah yang didasarkan pada serapan gugus fungsi pada bilangan gelombang tertentu. Hasil analisis senyawa  $\alpha$ -terpineol pada perbandingan 1:20 dengan spektrofotometer inframerah disajikan pada Gambar 4.11 dan interpretasinya pada Tabel 4.14.



Gambar 4.11 interpretasi Spektrum IR senyawa  $\alpha$ -terpineol dengan rasio 1:20

Berdasarkan interpretasi pada Tabel 4.14 diketahui terdapat beberapa serapan karakteristik. Puncak 3417,86 menunjukkan adanya serapan gugus OH. Puncak 2924,09 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus C-H alkana, puncak 1643,35 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya rentangan gugus C=C dari alkena, puncak 1465,9 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus CH<sub>2</sub>, puncak 1381,03 cm<sup>-1</sup> menunjukkan gugus CH<sub>3</sub> dan 1126,43 menunjukkan adanya gugus C-O .

Tabel 4.14 Interpretasi Spektrum IR senyawa  $\alpha$ -terpineol rasio 1:20

No.	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Interpretasi
1	3417.86	Gugus OH
2	2970.38;2924.09	Rentangan C-H
3	1643.35	Rentangan C=C
4	1465.9	CH <sub>2</sub>
5	1381.03	CH <sub>3</sub>
6	1126.43	C-O

Berdasarkan interpretasi pada Tabel 4.14 diketahui terdapat beberapa serapan karakteristik. Puncak  $3417,86 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya serapan gugus OH. Puncak  $2970,38$  dan  $2924,09 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-H alkana, puncak  $1643,35 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya rentangan gugus C=C dari alkena, puncak  $1465,9 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus CH<sub>2</sub>, dan puncak  $1381,03 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan CH<sub>3</sub>. Serapan pada  $1126.43 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-O.

Dengan adanya serapan pada bilangan gelombang  $3417,86 \text{ cm}^{-1}$  (gugus O-H) dan didukung dengan munculnya puncak pada bilangan gelombang  $1126,43 \text{ cm}^{-1}$ , dapat disimpulkan bahwa  $\alpha$ -terpineol termasuk alkohol tersier.

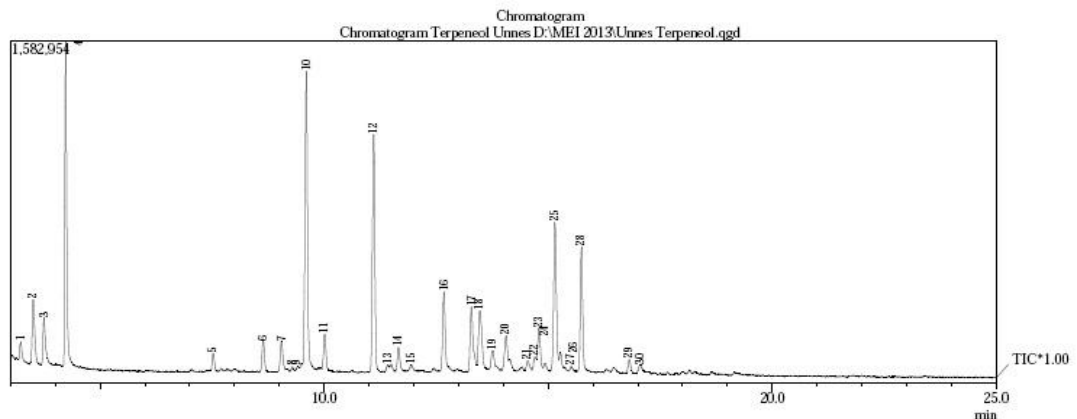
Dari data yang didapat dari GC dan IR, dapat diketahui bahwa banyak senyawa  $\alpha$ -pinena yang sudah bereaksi namun hasil terpineolnya lebih kecil sedikit dibandingkan reaksi yang berlangsung pada perbandingan reaktan 1:10, hal ini kemungkinan disebabkan oleh pengembangan zeolit yang kurang baik serta suhu alat yang kurang stabil menyebabkan terjadinya reaksi isomerisasi senyawa terpineol, tetapi masih perlu adanya pengujian tersendiri mengenai hal tersebut.

### 4.3 Analisis Spektra Massa Hasil Transformasi dengan Kromatografi Gas-Spektra Massa (KG-MS)

Kromatografi gas-spektrometer massa (KG-SM) merupakan gabungan dari kromatografi gas dan spektrometer massa. Secara umum spektrometer massa adalah menembak bahan yang sedang dianalisis dengan berkas elektron dan secara kualitatif mencatat hasilnya sebagai massa spektrum fragmen ion positif.

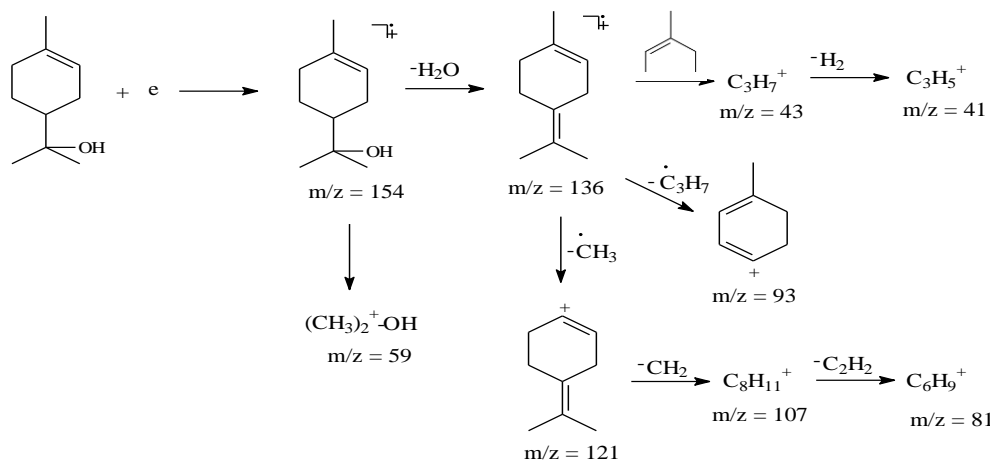
Kromatografi gas-spektrum massa yang digunakan dalam penelitian ini adalah GCMS-QP 2010 SHIMADZU dengan kondisi sebagai berikut: (a) kolom: Rastek Rxi-5MS, (b) panjang: 30 meter, (c) ID: 0,25 mm, (e) gas pembawa: helium, (f) pengionan: EI 70 Ev, (g) tempertur injeksi: 290<sup>0</sup>C, dan (h) tekanan: 16,5 kPa.

Analisis dengan spektrum massa (MS) bertujuan untuk mengetahui struktur senyawa hasil transformasi  $\alpha$ -pinena. Hasil transformasi  $\alpha$ -pinena melalui reaksi hidrasi yang dipilih untuk dianalisis menggunakan MS adalah hasil transformasi dengan rasio perbandingan 1:10. Spektrum massa  $\alpha$ -terpineol disajikan pada Gambar 4.12, sedangkan fragmentasinya disajikan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.12 Kromatogram Massa  $\alpha$ -terpineol

Transformasi  $\alpha$ -pinena menghasilkan senyawa  $\alpha$ -terpineol yang merupakan komponen utama dari  $\alpha$ -terpineol. Massa molekul  $\alpha$ -terpineol adalah 154. Dari hasil spektrum massa yang diperoleh ternyata ion molekuler dengan  $m/z$  154 tidak terdeteksi oleh spektrometer massa (MS). Fragmentasi dari  $\alpha$ -terpineol disajikan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Fragmentasi senyawa  $\alpha$ -terpineol

Alfa terpineol mempunyai massa molekul  $m/z$  154. Spektrum massa yang diperoleh ternyata ion molekuler dengan  $m/z$  154 tidak

terdeteksi oleh spektrometer massa, tetapi diperkirakan ion molekuler yang terdeteksi adalah fragmen berikutnya yaitu pada  $m/z$  136. Pecahan khas dari suatu alkohol adalah lepasnya satu molekul air. Pada senyawa  $\alpha$ -terpineol lepasnya molekul air dari ion molekuler  $m/z$  154 ditandai dengan munculnya pecahan ( $M-18^+$ ) membentuk pecahan dengan  $m/z$  136.

Ion molekul pada  $m/z$  136 melepaskan  $\text{CH}_3$  membentuk pecahan dengan  $m/z$  121. Pecahan dengan  $m/z$  107 dihasilkan dari pecahan dengan  $m/z$  121 yang melepaskan  $\text{CH}_2$ . Pecahan dengan  $m/z$  107 selanjutnya melepaskan  $\text{C}_2\text{H}_2$  menghasilkan pecahan dengan  $m/z$  81. Pecahan dengan  $m/z$  93 dihasilkan dari pelepasan  $\text{C}_3\text{H}_7$  oleh pecahan dengan  $m/z$  136. Pecahan dengan  $m/z$  59 ( $(\text{CH}_3)_2\text{C}^+\text{OH}$ ) dihasilkan dari pelepasan ion molekul sebesar 95. Puncak dasar dengan  $m/z$  41 dihasilkan dari pecahan dengan  $m/z$  136 yang melepaskan molekul sebesar 93 membentuk ion molekul dengan  $m/z$  43 ( $\text{C}_3\text{H}_7^+$ ) yang selanjutnya melepaskan  $\text{H}_2$ .



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diketahui bahwa :

Besar efek rasio massa reaktan antara  $\alpha$ -pinena 1 dan H<sub>2</sub>O 10 memberikan hasil selektivitas tertinggi dalam reaksi hidrasi pada transformasi yang menghidrasi  $\alpha$ -pinena sebesar 99.15488%, namun reaksi belum lah tuntas, karena banyak  $\alpha$ -pinena yang tidak berubah menjadi  $\alpha$ -terpineol. Dalam pembacaan alat GC-MS dimungkinkan muncul berbagai senyawa seperti C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>, C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>O, C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>O, dan lain-lain. Hal ini kemungkinan ada kesalahan pada pengemban dan kondisi suhu pada saat reaksi yang kurang stabil yang menyebabkan reaksi isomerisasi.

#### **5.2 Saran**

Perlu adanya penelitian lebih lanjut pada rasio antara 1:10 sampai 1:20, serta agar jumlah katalisnya lebih diperhatikan untuk mencari produk optimalnya dan disarankan untuk menggunakan zeolit sintetis. Rasio ini belum menggambarkan reaksi yang tuntas dari reaktan yang ada, perlu diteliti lagi karena kurang bereaksi secara mencukupi dari pembacaan alat GC MS.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, M. 2012. *Uji aktivitas senyawa hasil hidrasi  $\alpha$ -pinena terhadap Bacillus cereus*. Tugas akhir FMIPA UNNES. Semarang
- Ávila, M.C. Comelli, N.A. Castellón, E.R, López, A.J. Flores, R.C. Ponzi, E.N. Ponzi, M.I. 2010. Study of solid acid catalysis for the hydration of  $\alpha$ -pinene. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 322,(1-2),: 106-112
- Bhatia, S.P. McGhinty, D. Foxenberg, R.J. Letizia, C.S. dan Api, A.M. 2008. Fragrance Material Review on Terpineol. *Food and chemical toxicology*, 46 : 5275-5279.
- Estuti, Puji. 2011. *Transformasi  $\alpha$ -Pinena Melalui Reaksi Hidrasi Menggunakan Katalis Asam dan Zeolit Teraktivasi. Tugas Akhir II. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Universitas Negeri Semarang.*
- Lana, E.J.L. Rocha, K.A.S, Kozhevnikov, I.V. dan Gusevskaya, E.V. 2006. Synthesis of 1,8-cineole and 1,4-cineole by isomerization of  $\alpha$ -terpineol catalyzed by heteropoly acid. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 259,(1-2), :99-102
- Liau, E. T. dan Liu, K. J. 2010. Synthesis of terpinyl acetate by lipase catalyzed esterification in supercritical carbon dioxide. *Bioresource technology*, 101 : 3320-3324.
- M. Roman-Aguirre, Dkk. 2005. Synthesis of Terpineol from  $\alpha$ -Pinene by Homogeneous Acid Catalysis. *Catalysis Today* 107-108 (2005) 310-314
- Margeta K, Zabukovec N. L, Siljeg.M, dan Farkas.A, 2013. *Journal of Natural Zeolites in Water Treatment – How Effective is Their Use*. 5, 81-112.
- Moreira, M.R., Cruz, G.M.P., Lopes, M.S., Albuquerque, A.A.C. dan Cardoso, J.H. Leal. 2001. Effects of terpineol on the compound action potential of the rat sciatic nerve. *BRAZILIAN Journal of Medical and Biological Research*, 34: 1337-1340
- Pakdel, H., Sharron, S., dan Roy, C. 2001.  $\alpha$ -Terpineol from Hydration of Crude Sulfate Turpentine Oil. *J. Agric. Food Chem.*, 49 (9), 4337–4341.
- Puji, D.P. 2009. *Isomerisasi  $\alpha$ -pinena dari minyak terpinin dengan katalis asam sulfat*. Tugas akhir FMIPA UNNES. Semarang

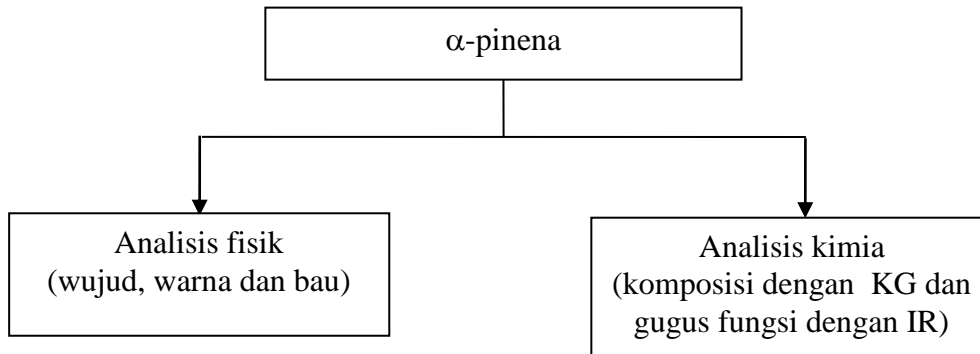
- Santos, M.G. dan Morgado, A.F. 2005. Alpha Terpeneol Production From Refined Sulfate Turpentine , *ENPROMER, Costa verde.RJ. Brazil.*
- Sastrohamidjojo, H. 2002. *Kimia Minyak Atsiri.* FMIPA-UGM.
- Susiana, B.R., Sastrohamidjojo, H., dan Soelistyowati, R.D. 1992. *Pembuatan Kamfer Sintesis Dari Alfa Pinena Hasil Isolasi Minyak Terpentin.* Skripsi FMIPA UGM. Yogyakarta
- Valente,H. dan Vital, J. 1997. Hydration of  $\alpha$ -pinene and camphene over USY zeolites. *Studies in Surface Science and Catalysis.* 108, 555-562.
- Yadav, M. K. Patil, M. V. dan Jasra, R. V. 2009. Acetoxylation and hydration of limonene and  $\alpha$ -pinene using cation-exchanged zeolite beta. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical,* 297,(2),:101-109.

## LAMPIRAN

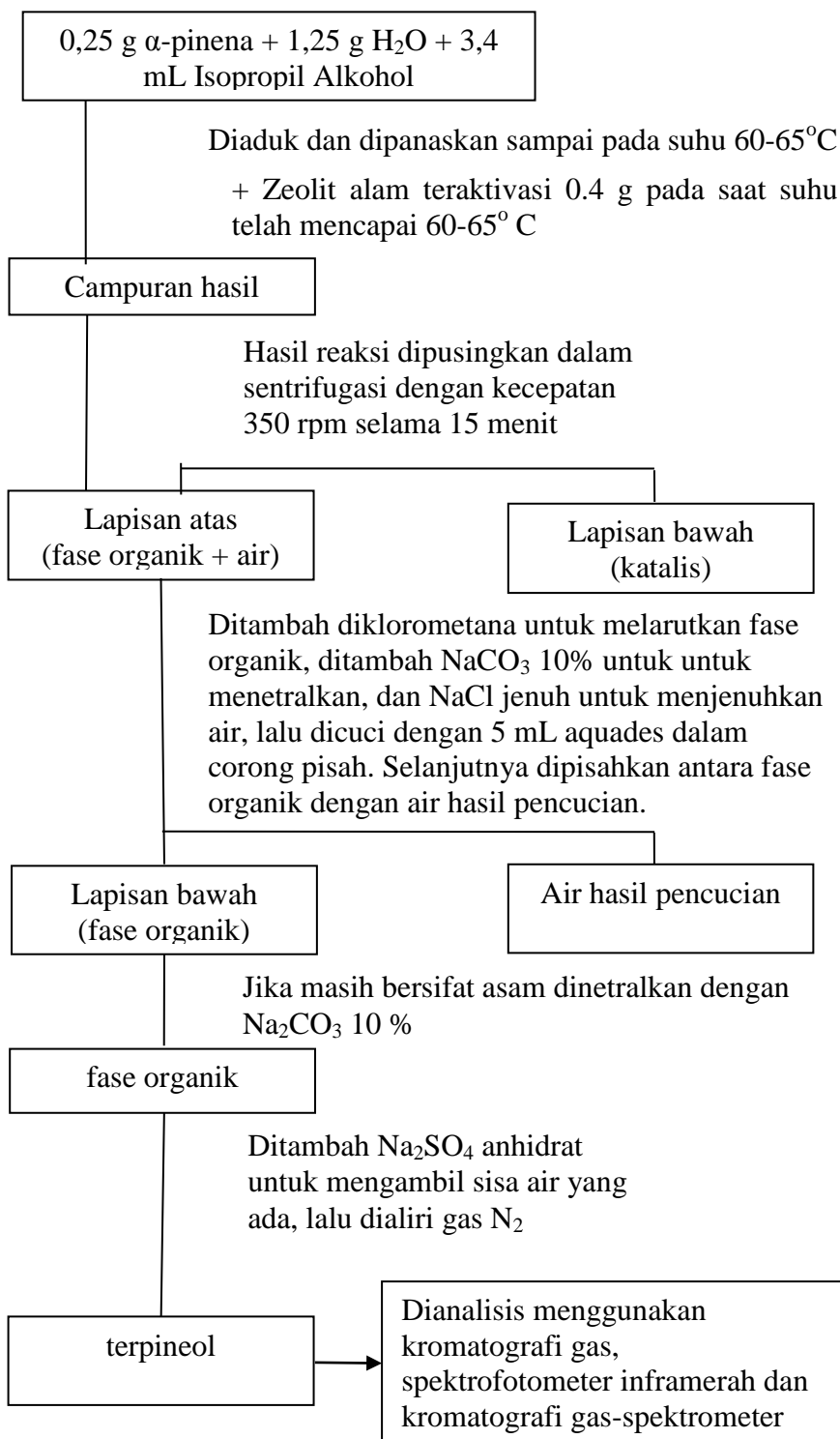
### Lampiran 1

#### Skema kerja

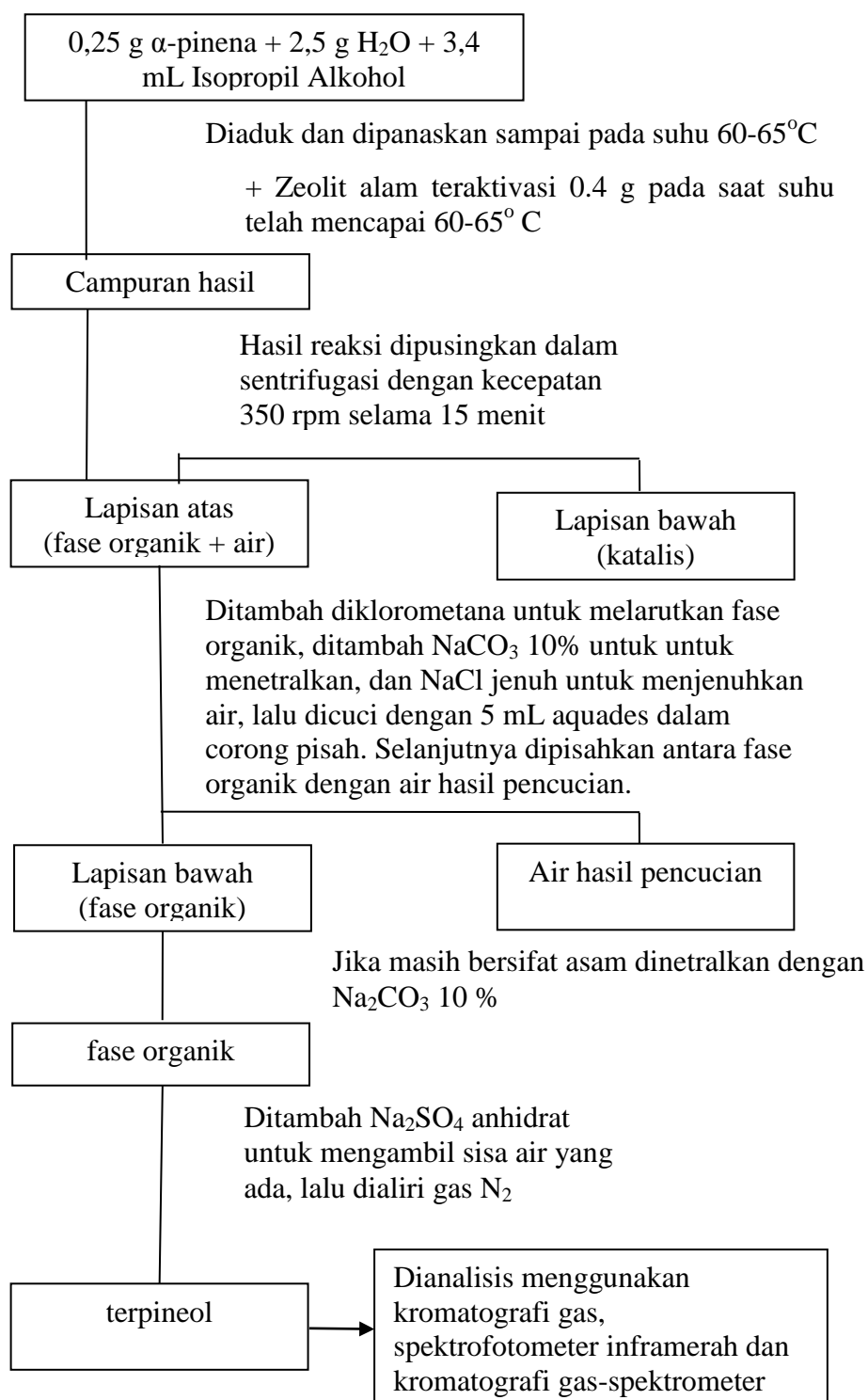
##### 1. Skema kerja identifikasi $\alpha$ -pinena (Sigma-Aldrich)



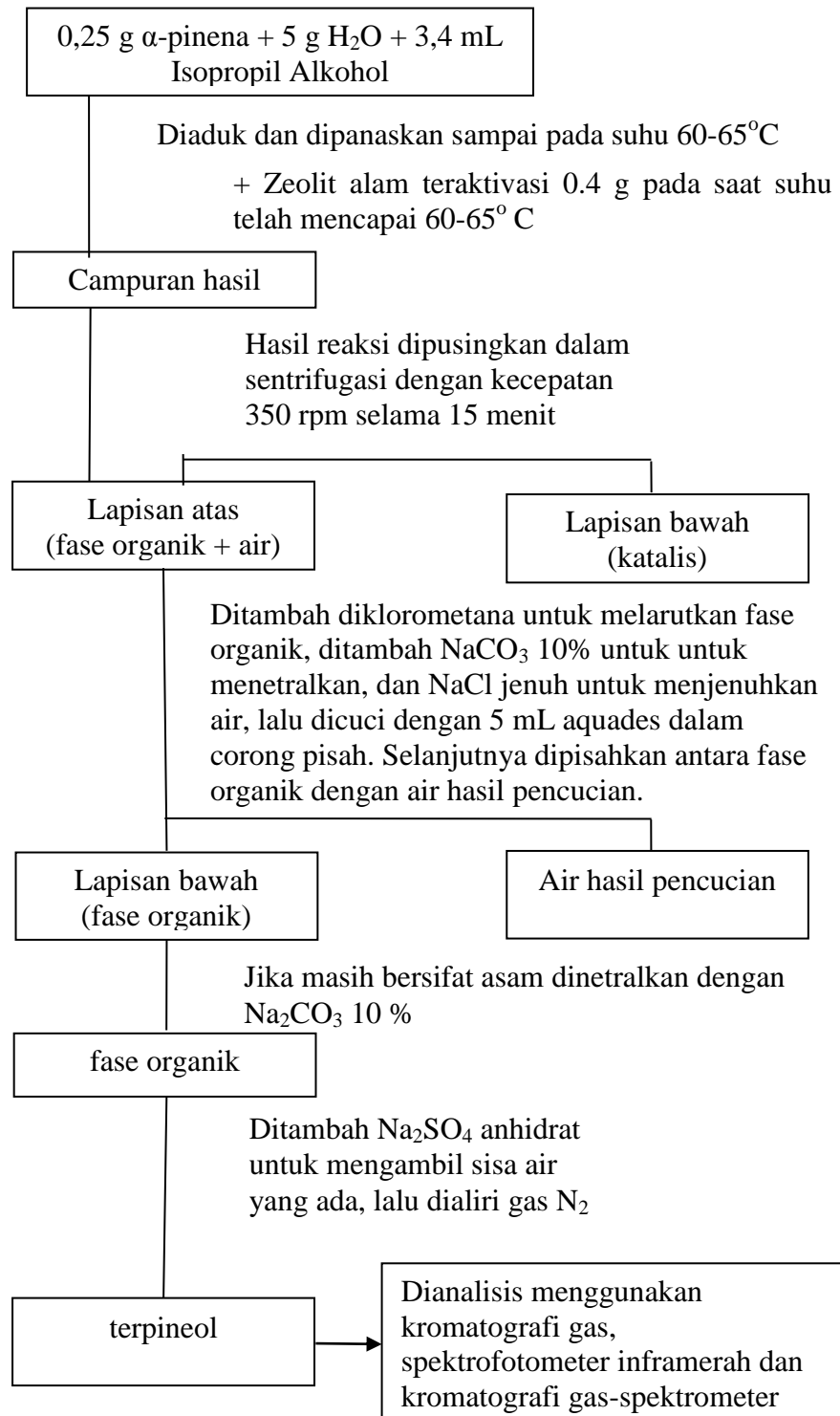
## 2. Skema kerja sintesis terpineol dengan rasio massa 1:5



### 3. Skema kerja sintesis terpineol dengan rasio massa 1:10



#### 4. Skema kerja sintesis terpineol dengan rasio massa 1:20



**Lampiran 2****Dokumentasi penelitian**

Foto 1. Menimbang Katalis Zeolit Alam

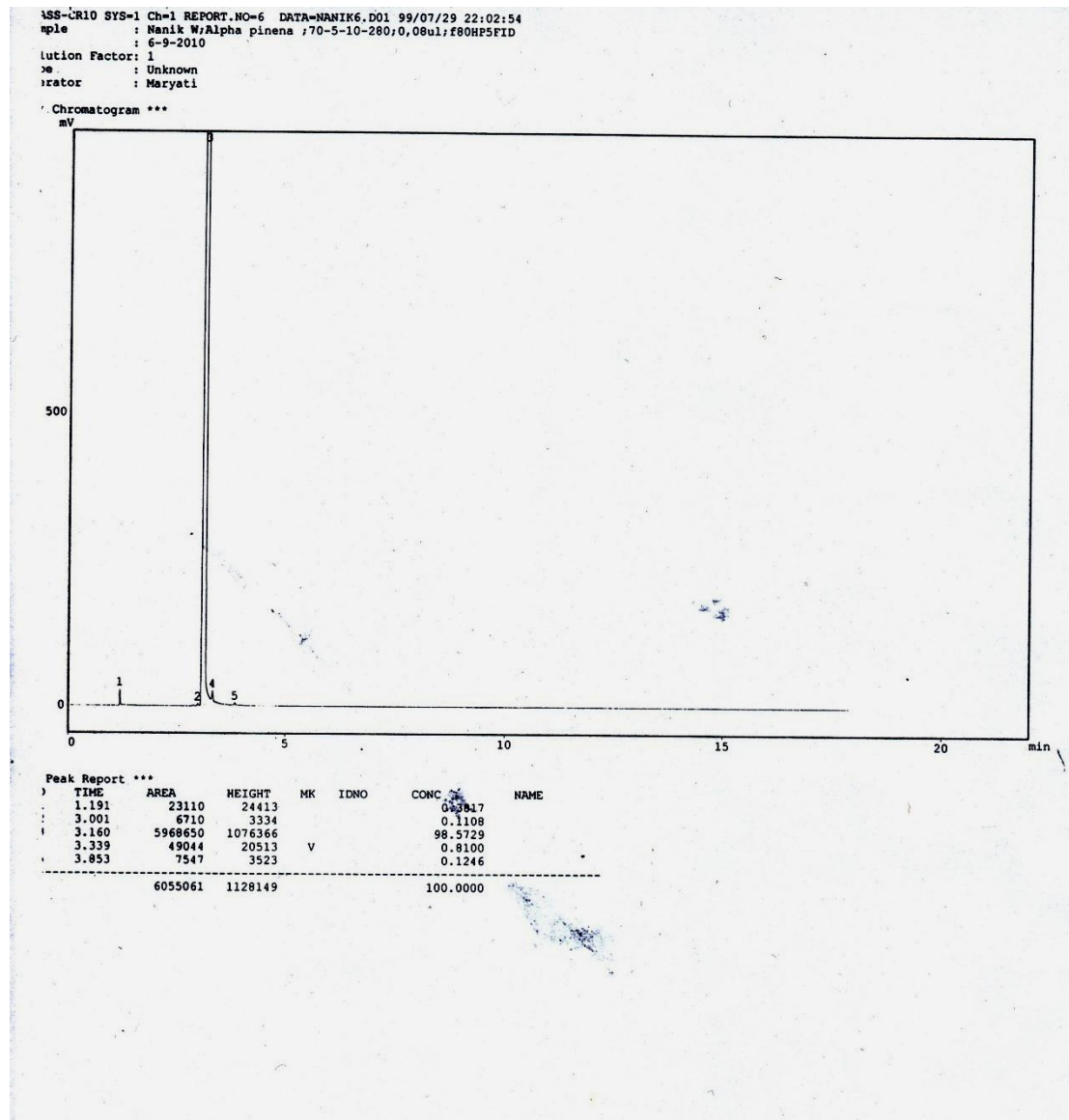


Foto 2. Reaktor Sintesis Terpeneol

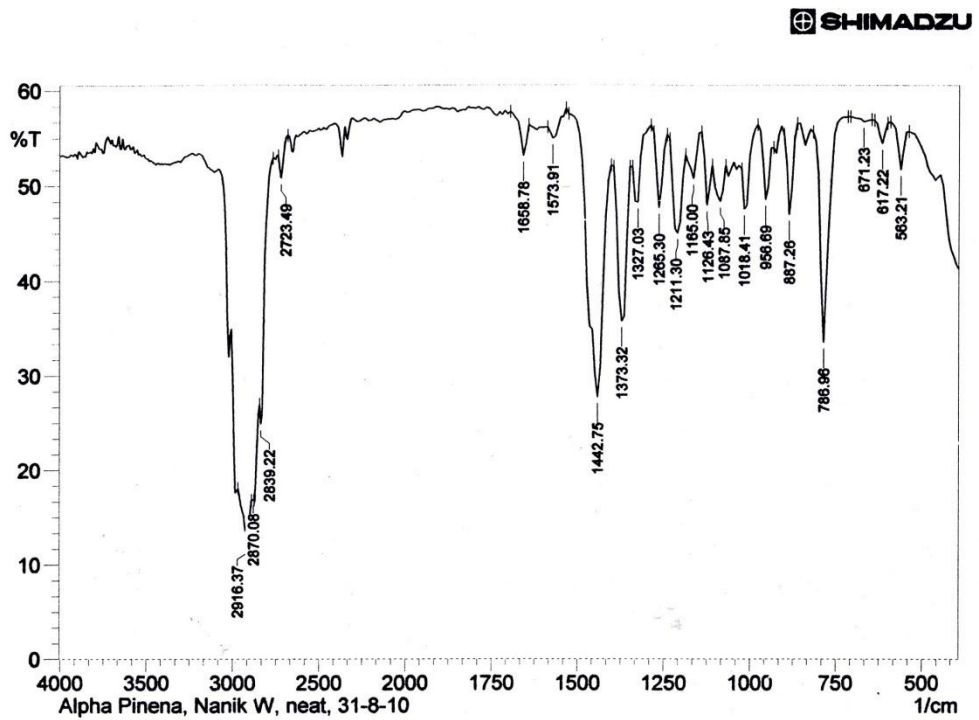
Foto 3. Menimbang Senyawa  $\alpha$ -pinena



## Lampiran 3

Kromatogram GC  $\alpha$ -pinena

## Lampiran 4

Spektrum IR  $\alpha$ -pinena

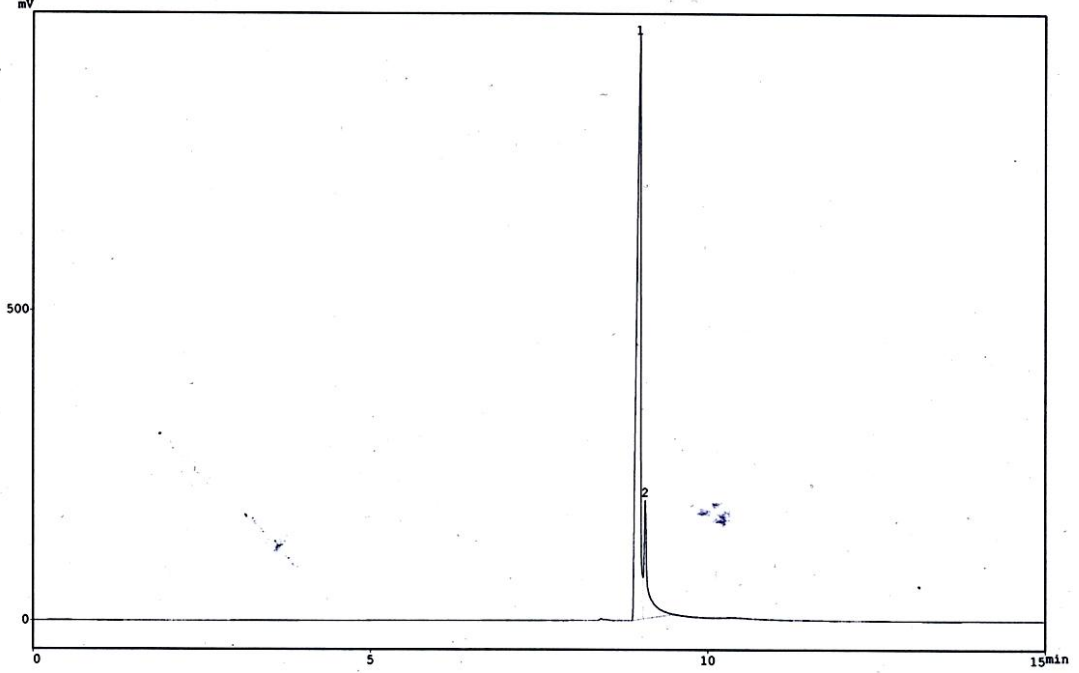
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	563.21	51.656	4.445	594.08	540.07	14.133	0.606
2	617.22	54.408	2.243	640.37	601.79	9.815	0.295
3	671.23	56.712	0.328	709.8	648.08	15.094	0.054
4	786.96	33.478	22.627	817.82	717.52	30.286	5.421
5	887.26	46.951	8.86	902.69	864.11	10.985	1.283
6	956.69	48.55	6.628	979.84	933.55	12.929	0.97
7	1018.41	47.542	4.94	1026.13	979.84	12.971	0.748
8	1087.85	48.355	3.741	1111	1072.42	11.704	0.78
9	1126.43	47.965	5.914	1141.86	1111	9.019	0.723
10	1165	50.749	3.672	1188.15	1141.86	12.781	0.544
11	1211.3	45.032	9.015	1234.44	1188.15	14.57	2.145
12	1265.3	47.655	7.832	1280.73	1242.16	11.058	1.175
13	1327.03	48.248	4.955	1342.46	1288.45	14.842	0.666
14	1373.32	35.726	16.24	1396.46	1350.17	17.45	4.291
15	1442.75	27.75	26.055	1527.62	1404.18	44.754	12.353
16	1573.91	54.971	1.715	1589.34	1535.34	13.46	0.378
17	1658.78	53.117	3.64	1697.36	1643.35	13.664	0.5
18	2723.49	50.829	2.918	2738.92	2684.91	14.792	0.502
19	2839.22	24.915	4.666	2846.93	2769.78	29.354	1.09
20	2870.08	16.81	2.871	2877.79	2854.65	15.45	0.297
21	2916.37	12.647	4.515	2970.38	2893.22	63.678	4.972

Lampiran 5

Kromatogram GC  $\alpha$ -terpineol standar

CLASS-CR10 SYS-1 Ch-1 REPORT.NO-6 DATA-FUJII1B.D01 99/07/13 18:50:22  
Sample : Puji E.,Terpineol std.,70-5-10-280;0,04ul,f80HP5FID  
ID : 20-8-2010  
Dilution Factor: 1  
Type : Unknown  
Operator : Maryati

\*\*\* Chromatogram \*\*\*

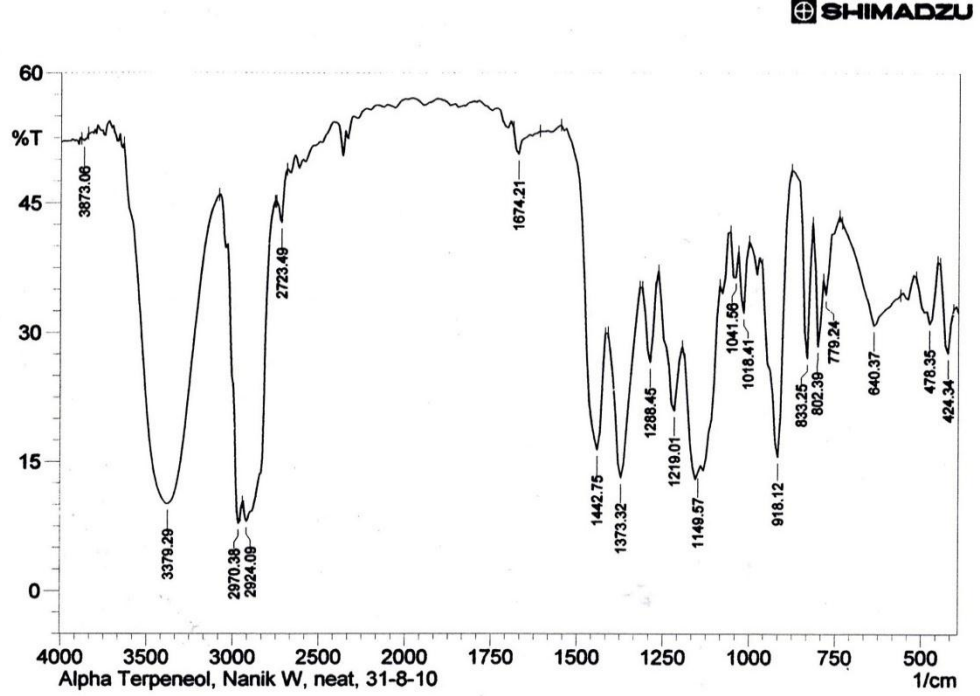


\*\*\* Peak Report \*\*\*

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC.	NAME
1	8.993	3855371	930794			83.3991	
2	9.071	767427	189170	V		16.6009	
		4622798	1119963			100.0000	

Lampiran 6

Spektrum IR  $\alpha$ -terpineol standar

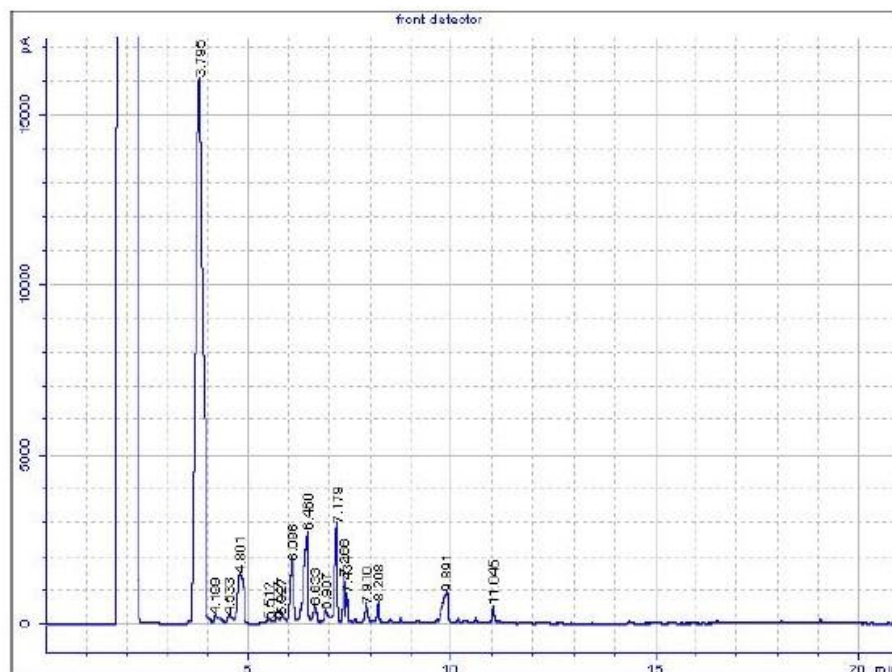


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	424.34	27.593	7.147	447.49	408.91	19.853	2.094
2	478.35	30.982	6.495	516.92	455.2	29.381	2.966
3	640.37	30.783	7.36	732.95	563.21	77.508	6.386
4	779.24	34.355	2.982	786.96	740.67	18.465	0.396
5	802.39	28.413	10.992	817.82	786.96	14.551	2.022
6	833.25	27.014	17.21	879.54	817.82	24.87	3.795
7	918.12	15.577	28.216	964.41	879.54	46.835	16.107
8	1018.41	32.236	7.673	1033.85	1002.98	13.682	1.369
9	1041.56	36.369	3.738	1056.99	1033.85	9.806	0.716
10	1149.57	13.817	16.333	1188.15	1087.85	73.532	22.758
11	1219.01	20.918	10.378	1265.3	1195.87	40.256	5.876
12	1288.45	26.538	8.651	1311.59	1273.02	20.046	2.549
13	1373.32	13.142	18.992	1411.89	1319.31	60.55	15.589
14	1442.75	16.355	17.722	1550.77	1419.61	63.204	12.42
15	1674.21	50.508	3.01	1689.64	1612.49	21.716	0.684
16	2723.49	42.744	4.285	2754.35	2692.63	21.079	0.976
17	2924.09	8.059	4.725	2939.52	2762.06	135.711	20.472
18	2970.38	7.839	10.404	3032.1	2947.23	69.541	8.271
19	3379.29	10.098	38.938	3641.6	3088.11	348.861	175.495
20	3873.06	52.141	0.476	3888.49	3849.92	10.818	0.097

## Lampiran 7

Kromatogram GC hasil hasil transformasi  $\alpha$ -pinena dengan katalis zeolit alam dengan rasio massa air dan  $\alpha$ -pinena

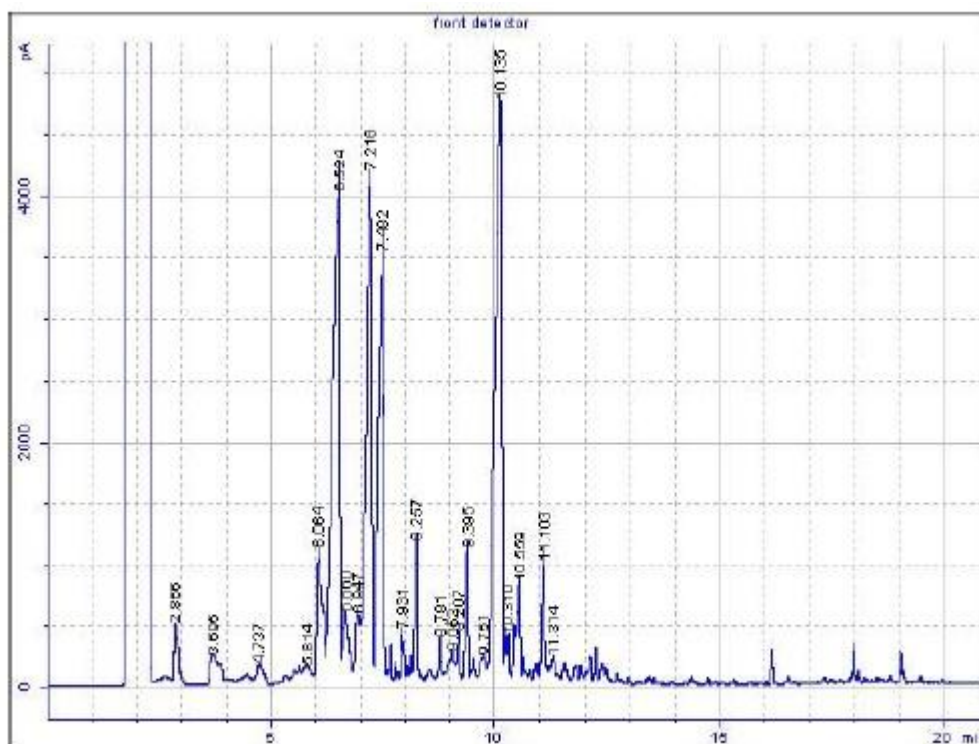
\*1:5



Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	3.795	VV T	0.167	193623.15396	66.81351
1	4.189	VV T	0.142	2680.11677	0.92483
1	4.533	VV T	0.114	1895.73275	0.65416
1	4.801	VV T	0.143	13986.85958	4.82644
1	5.512	VV T	0.120	1092.59899	0.37702
1	5.727	VV T	0.109	1107.61603	0.38220
1	5.827	VV T	0.072	1179.94717	0.40716
1	6.086	VV T	0.106	12242.82488	4.22463
1	6.460	VV T	0.088	19232.41664	6.63653
1	6.633	VV T	0.108	4035.45749	1.39251
1	6.907	VV T	0.106	2892.42226	0.99809
1	7.179	VV T	0.062	13677.17358	4.71958
1	7.366	VV T	0.054	5071.07364	1.74987
1	7.434	VV T	0.046	2669.76026	0.92125
1	7.910	VV T	0.059	2457.17119	0.84790
1	8.208	VV T	0.052	2100.82804	0.72493
1	9.891	VV T	0.110	8081.37114	2.78864
1	11.045	VV T	0.050	1769.86542	0.61073

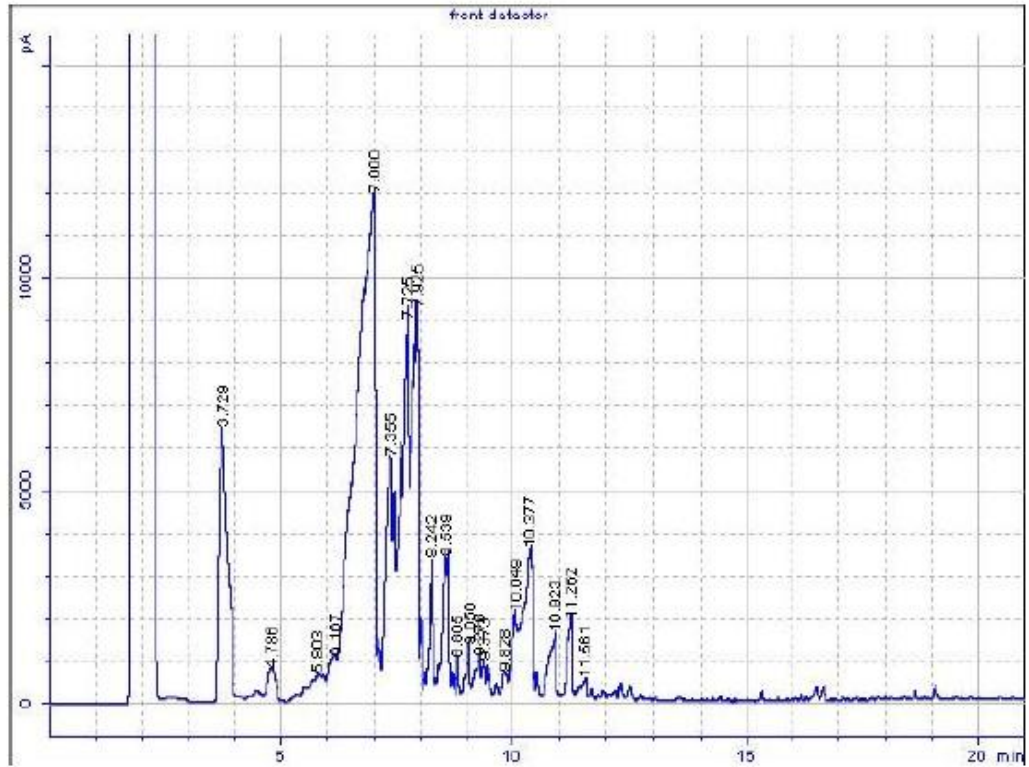


\*1:10



Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	2.866	VV X	0.095	3333.12473	1.42889
1	3.695	VV T	0.228	4398.00485	1.88539
1	4.737	VV T	0.167	1971.38202	0.84512
1	5.814	VV T	0.184	2102.35444	0.90126
1	6.064	VV T	0.125	9965.05285	4.27194
1	6.524	VV T	0.174	47317.16705	20.28452
1	6.660	VV T	0.149	5301.89081	2.27288
1	6.947	VV T	0.126	4620.20622	1.98065
1	7.216	VV T	0.132	35964.38307	15.41766
1	7.482	VV T	0.108	27863.64309	11.94494
1	7.931	VV T	0.067	2113.09641	0.90587
1	8.257	VV T	0.095	7143.53486	3.06238
1	8.781	VV T	0.064	1742.65924	0.74706
1	9.052	VV T	0.134	2902.50403	1.24428
1	9.207	VV T	0.067	2032.66246	0.87139
1	9.395	VV T	0.085	5437.76117	2.33113
1	9.751	VV T	0.122	2276.89865	0.97609
1	10.135	VV T	0.151	49935.47132	21.40696
1	10.310	VV T	0.113	2680.37032	1.14905
1	10.559	VV T	0.114	6941.77755	2.97589
1	11.103	VV T	0.086	5239.96146	2.24633
1	11.314	VV T	0.122	1983.51393	0.85032

\*1:20

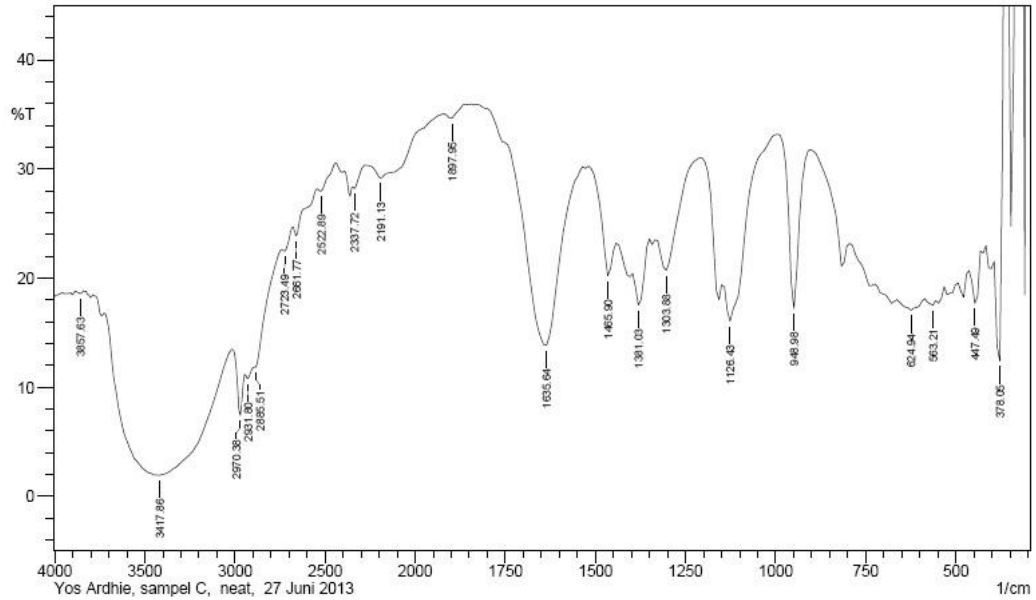


Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	3.729	VV T	0.197	83993.95687	9.01868
1	4.786	VV T	0.196	10076.98717	1.08200
1	5.803	VV T	0.170	8685.57190	0.93260
1	6.167	VV T	0.157	12964.85392	1.39207
1	7.000	VV T	0.363	342062.72209	36.72828
1	7.355	VV T	0.197	75177.25970	8.07200
1	7.725	VV T	0.152	100876.98109	10.83146
1	7.925	VV T	0.142	96146.51376	10.32353
1	8.242	VV T	0.075	18295.20279	1.96441
1	8.539	VV T	0.159	39427.96281	4.23350
1	8.805	VV T	0.068	4207.71901	0.45180
1	9.050	VV T	0.096	9012.56191	0.96771
1	9.278	VV T	0.121	9656.25120	1.03682
1	9.373	VV T	0.139	8018.73996	0.86100
1	9.828	VV T	0.115	5203.98765	0.55877
1	10.049	VV T	0.106	16886.95881	1.81320
1	10.377	VV T	0.197	50864.72448	5.46149
1	10.923	VV T	0.156	19093.93484	2.05017
1	11.262	VV T	0.109	15304.49249	1.64329
1	11.561	VV T	0.132	5376.01330	0.57724

## Lampiran 8

### Spektrum IR $\alpha$ -terpineol hasil hasil transformasi $\alpha$ -pinena

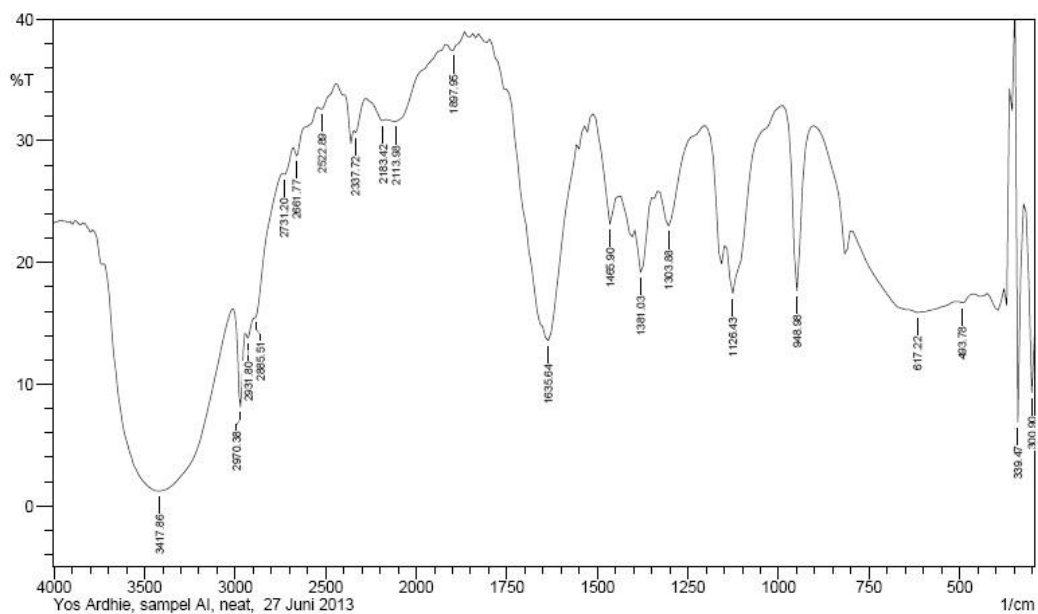
\*1:5



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	378.05	12.39	44.37	393.48	362.62	17.52	9.1
2	447.49	17.68	3.9	462.92	432.05	21.95	1.52
3	563.21	17.53	1.07	586.36	532.35	40.23	0.98
4	624.94	17.06	0.87	663.51	594.08	52.71	0.87
5	948.98	17.2	15.18	987.55	910.4	45.39	7.52
6	1126.43	16.05	4.6	1141.86	995.27	86.97	3.66
7	1303.88	20.7	4.26	1327.03	1211.3	67.76	2.86
8	1381.03	17.53	3.84	1396.46	1357.89	27.45	1.93
9	1465.9	20.21	5.27	1512.19	1442.75	42.86	2.32
10	1635.64	13.85	18.35	1820.8	1535.34	172.84	34.82
11	1897.95	34.66	0.76	1921.1	1867.09	24.53	0.26
12	2191.13	29.18	2.3	2276	1928.82	176.17	7.3
13	2337.72	28.21	0.4	2345.44	2283.72	32.89	0.14
14	2522.89	27.97	0.54	2538.32	2445.74	49.63	0.39
15	2661.77	23.89	1.21	2677.2	2546.04	76.39	0.78
16	2723.49	22.47	0.72	2738.92	2684.91	34.18	0.45
17	2885.51	11.82	0.58	2893.22	2746.63	110.8	0.34
18	2931.8	10.79	0.41	2939.52	2900.94	36.58	0.36
19	2970.38	7.4	4.62	3008.95	2947.23	62.24	5.65
20	3417.86	1.91	0.46	3433.29	3016.67	547.62	16.27
21	3857.63	18.57	0.23	3880.78	3842.2	28.11	0.11

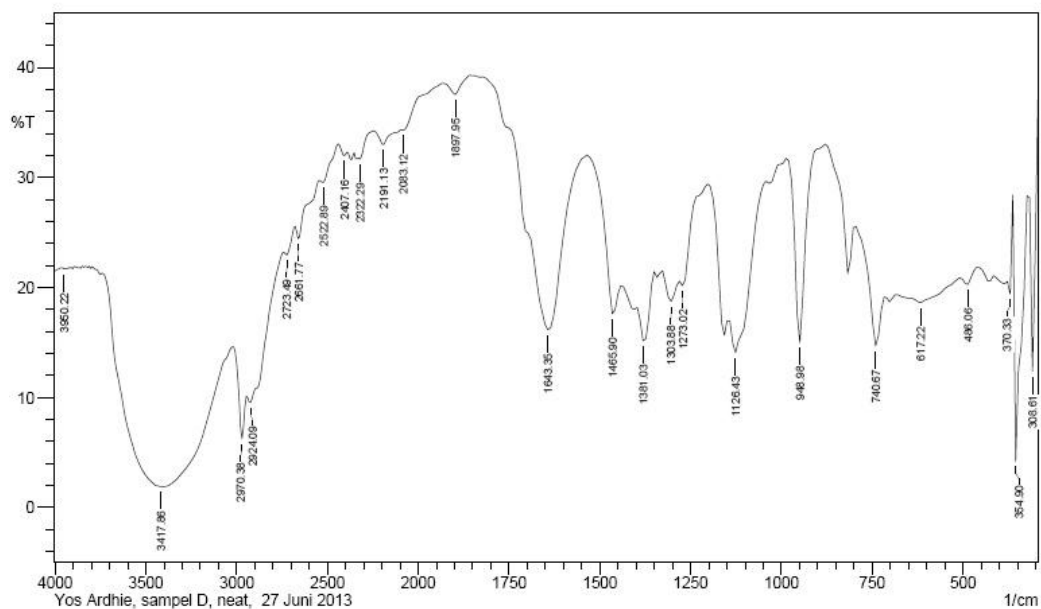


\*1:10

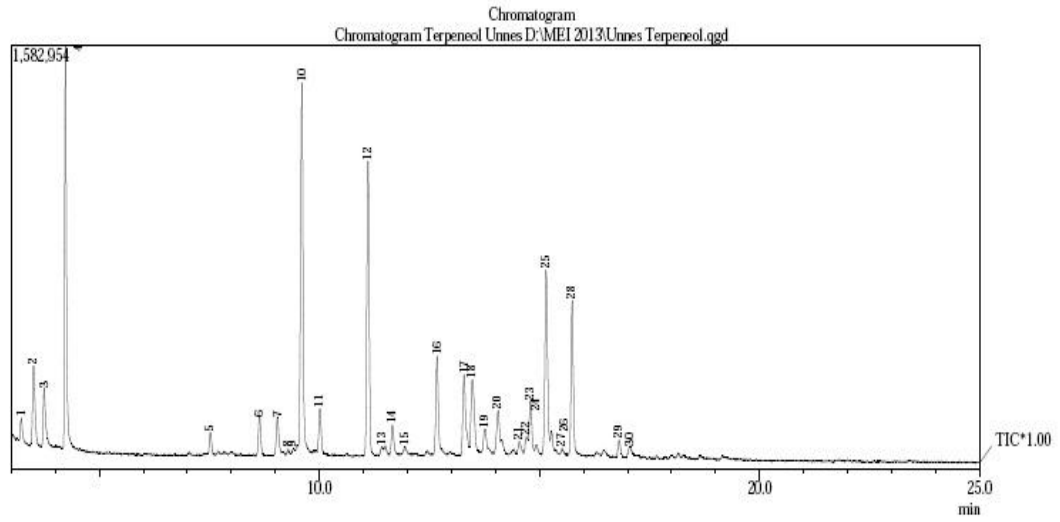


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	300.9	9.329	8.197	316.33	293.18	20.217	2.382
2	339.47	6.887	29.09	347.19	324.04	19.191	6.912
3	493.78	16.708	0.206	501.49	462.92	29.613	0.102
4	617.22	15.888	3.094	794.67	509.21	217.644	14.293
5	948.98	17.689	14.342	987.55	910.4	44.622	6.371
6	1126.43	17.452	4.935	1141.86	995.27	85.08	3.413
7	1303.88	23.011	3.848	1327.03	1211.3	64.974	2.215
8	1381.03	19.203	4.274	1396.46	1334.74	39.697	1.948
9	1465.9	23.166	4.518	1512.19	1442.75	39.826	1.744
10	1635.64	13.593	19.886	1797.66	1543.05	158.187	39.532
11	1897.95	37.424	0.8	1913.39	1867.09	19.444	0.254
12	2113.98	31.584	1.347	2160.27	1921.1	112.422	2.741
13	2183.42	31.669	0.334	2276	2167.99	52.815	0.201
14	2337.72	30.677	0.501	2345.44	2283.72	30.474	0.208
15	2522.89	32.606	0.443	2538.32	2445.74	43.938	0.285
16	2661.77	28.772	1.066	2677.2	2546.04	66.892	0.558
17	2731.2	27.256	0.349	2738.92	2684.91	29.798	0.321
18	2885.51	15.448	0.621	2893.22	2746.63	96.484	0.223
19	2931.8	13.796	0.58	2939.52	2900.94	32.249	0.332
20	2970.38	8.12	6.829	3008.95	2947.23	57.323	6.543
21	3417.86	1.229	17.036	3718.76	3016.67	955.599	431.012

\*1:20



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	308.61	12.368	19.055	316.33	293.18	15.095	4.355
2	354.9	4.207	24.184	362.62	324.04	33.613	12.502
3	370.33	19.398	7.755	408.91	362.62	30.958	3.082
4	486.06	20.285	0.901	501.49	462.92	26.173	0.339
5	617.22	18.6	1.298	678.94	509.21	120.817	2.646
6	740.67	14.685	6.386	794.67	717.52	54.807	3.799
7	948.98	15.001	17.001	979.84	879.54	58.012	8.836
8	1126.43	14.064	4.966	1141.86	1049.28	64.753	5.511
9	1273.02	20.182	1.271	1280.73	1203.58	45.332	0.407
10	1303.88	18.73	1.962	1327.03	1288.45	27.388	0.985
11	1381.03	15.153	4.111	1396.46	1350.17	34.957	2.616
12	1465.9	17.615	5.724	1527.62	1442.75	53.353	2.582
13	1643.35	16.175	18.552	1820.8	1535.34	161.439	32.413
14	1897.95	37.536	1.349	1928.82	1859.38	28.895	0.473
15	2083.12	34.306	0.238	2090.84	1936.53	67.38	0.171
16	2191.13	32.989	1.27	2245.14	2098.55	69.099	0.92
17	2322.29	31.661	1.194	2353.16	2252.86	48.476	0.63
18	2407.16	31.981	0.566	2438.02	2391.73	22.735	0.205
19	2522.89	29.549	0.681	2538.32	2445.74	46.965	0.435
20	2661.77	24.453	1.599	2677.2	2546.04	74.099	1.027
21	2723.49	22.944	0.895	2738.92	2684.91	33.573	0.53
22	2924.09	9.532	1.516	2939.52	2746.63	158.48	4.177
23	2970.38	6.248	5.35	3016.67	2947.23	71.096	6.926
24	3417.86	1.886	16.396	3734.19	3024.38	892.597	356.665
25	3950.22	21.682	0.102	3957.93	3919.35	25.573	0.058

**Lampiran 9****Spektra massa senyawa  $\alpha$ -terpineol**

## Lampiran 10

### Cara Perhitungan Kadar Kromatogram GC

#### Mencari kadar persentase produk sintesis:

1. Luas area baru = Luas area total – Luas area pelarut
2. Kadar yang dicari =  $(\text{Luas area dicari} / \text{Luas area total baru}) \times 100\%$

#### \*contoh : kromatogram hasil hasil transformasi $\alpha$ -pinena dengan rasio massa 1:10

Jadi kadar persentase produk

$$\begin{aligned} \text{Luas area total} &= 28743646 \\ \text{Luas area pelarut} &= 4388674 \\ \text{Jadi luas area baru} &= 28743646 - 4388674 \\ &= 24354972 \end{aligned}$$

a. Puncak no.24.

$$\begin{aligned} \text{Kadar} &= (\text{Luas area yang dicari} / \text{Luas area total baru}) \times 100\% \\ &= (86251 / 24354972) \times 100\% \\ &= 0,003541 \% \end{aligned}$$

b. Puncak no.10.

$$\begin{aligned} \text{Kadar} &= (5001768 / 24354972) \times 100\% \\ &= 0,2054\% \end{aligned}$$

c. Puncak no.12.

$$\begin{aligned} \text{Kadar} &= (4022926 / 24354972) \times 100\% \\ &= 0,1652 \% \end{aligned}$$

Catatan: Pada cara yang sama, dapat di gunakan untuk mencari persentase kadar puncak-puncak yang lain.