



**TRANSFORMASI SITRONELAL MENJADI
SITRONELOL DENGAN MENGGUNAKAN
REDUKTOR NaBH_4 DAN HIDROGENASI
TERKATALIS Ni/ZEOLIT BETA**

skripsi

**disajikan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia**

oleh

Mustikowati

4311409001

Kimia, S1

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2013

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, Juli 2013

Mustikowati

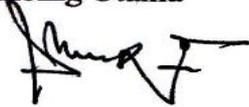
4311409001

PERSETUJUAN PEMBIMBING

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

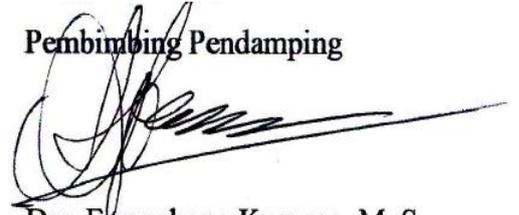
Semarang, 23 Juli 2013

Pembimbing Utama



**Drs. Kusoro Siadi, M. Si.
NIP. 194804241975011001**

Pembimbing Pendamping



**Drs. Ersanghono Kusumo, M. S.
NIP. 195405101980121002**

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Transformasi Sitronelal menjadi Sitronelol dengan Menggunakan Reduktor
NaBH₄ dan Hidrogenasi Terkatalis Ni/Zeolit Beta

disusun oleh

Mustikowati

4311409001

telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada hari Selasa
tanggal 23 Juli 2013

Panitia:

Ketua



Wiyanto, M.Si

NIP. 196310121988031001

Sekretaris

Dra. Woro Sumarni, M.Si

NIP. 196507231993032001

Ketua Penguji

Nuni Widiarti, S.Pd, M.Si

NIP. 197810282006042001

Anggota Penguji/

Pembimbing Utama

Drs. Kusoro Siadi, M. Si.

NIP. 194804241975011001

Anggota Penguji/

Pembimbing Pendamping

Drs. Ersanghono Kusumo, M. S.

NIP. 195405101980121002

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

- ⊕ Segala yang indah belum tentu baik, tetapi segala yang baik sudah tentu indah.
- ⊕ Agar dapat membahagiakan seseorang, isilah tangannya dengan kerja, hatinya dengan kasih sayang, pikirannya dengan tujuan, ingatannya dengan ilmu yang bermanfaat, masa depannya dengan harapan, dan perutnya dengan makanan yang halal (James Thurber)
- ⊕ Manusia tak selamanya benar dan tak selamanya salah, kecuali ia yang selalu mengoreksi diri dan membenarkan kebenaran orang lain atas kekeliruan diri sendiri.
- ⊕ Rahmat sering datang kepada kita dalam bentuk kesakitan, kehilangan dan kekecewaan; tetapi kalau kita sabar, kita segera akan melihat bentuk aslinya (Abu Bakar Sibli)

Persembahan :

Karya tulis yang sederhana ini saya persembahkan kepada :

- 👉 Ibuku tersayang dengan segala kasih sayang, limpahan doa, pengorbanan, dan kerja keras untukku dan anak-anaknya
- 👉 Kakak-kakakku tersayang yang telah memberikan dukungan
- 👉 Sahabat-sahabat setia, nana, ita, tante, fadhlina yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan dan *specially for Syafrudin, thank you for your support*
- 👉 Teman-teman Kimia 2009

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan kasih sayang-Nya dan kesehatan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “Trasformasi Sitronelal Menjadi Sitronelol dengan Menggunakan Reduktor NaBH_4 dan Hidrogenasi Terkatalis Ni/Zeolit Beta. Segala sholawat dan salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Kimia, FMIPA, UNNES. Skripsi ini merupakan hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan di Laboratorium Kimia, FMIPA, UNNES pada bulan Februari sampai Juni 2013.

Skripsi ini dapat terselesaikan tidak lepas dari bantuan semua pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas negeri Semarang
2. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang
3. Ketua jurusan kimia FMIPA Universitas negeri Semarang
4. Drs. Kusoro Siadi, M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan masukan kepada penulis
5. Drs. Ersanghono Kusumo, M. S. Selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan ilmu, petunjuk, serta bimbingan kepada penulis
6. Nuni Widiarti, S.Pd, M.Si selaku dosen penguji utama yang telah bersedia memberikan masukan dan saran kepada penulis.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penelitian dan penyusunan Skripsi ini.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi civitas akademika dan pihak yang membutuhkan.

Semarang, Juli 2013

Penulis

ABSTRAK

Mustikowati, 2013. *Transformasi Sitronelal menjadi Sitronelol dengan Menggunakan Reduktor NaBH₄ dan Hidrogenasi Terkatalis Ni/Zeolit Beta*. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Drs. Kusoro Siadi, M. Si dan Pembimbing Pendamping Drs. Ersanghono Kusumo, M. S.

Kata kunci : reduksi, sitronelal, NaBH₄, hidrogenasi

Terdapat sebelas komponen dari minyak sereh yang dapat diidentifikasi dengan analisis kromatografi gas dan spektrometri massa. Komponen-komponen tersebut adalah α -pinen, limonen, linalool, sitronelal, sitronelol, geraniol, sitronelil asetat, β -kariofilen, geraniol asetat, δ -kadinen, dan elemol, dengan komponen utamanya adalah sitronelal. Transformasi sitronelal menjadi sitronelol dengan menggunakan reduktor NaBH₄ dan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta telah diteliti. Sitronelal diisolasi menggunakan metode destilasi fraksinasi bertingkat. Sitronelal yang diperoleh diuji dengan GC untuk mengetahui kadar sitronelal dan dengan FTIR untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang ada dalam senyawa. Kadar sitronelal yang diperoleh dari destilasi fraksinasi minyak sereh sebesar 94,13%. Reaksi reduksi sitronelal menjadi sitronelol dilakukan dengan menggunakan reduktor NaBH₄ dan reaksi hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta. Preparasi katalis dilakukan melalui impregnasi logam Ni(NO₃)₂.6H₂O pada zeolit beta. Karakterisasi katalis dilakukan dengan uji menggunakan alat XRD untuk mengetahui kristalinitas katalis dan adsorpsi nitrogen untuk mengetahui luas permukaan katalis. Reaksi reduksi sitronelal dengan hidrida logam, yaitu NaBH₄ mempunyai perbandingan 1:2 (perbandingan mol). Transformasi sitronelal dengan menggunakan reduktor NaBH₄ menghasilkan sitronelol sebesar 94,19%, sedangkan reduksi dengan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta menghasilkan sitronelol sebesar 43,91%. NaBH₄ mempunyai aktivitas dan selektivitas lebih tinggi dalam mereduksi sitronelal menjadi sitronelol dibandingkan dengan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta. Satu mol NaBH₄ dapat mereduksi empat mol sitronelal sehingga transformasi sitronelal menjadi sitronelol yang didapatkan lebih banyak dari pada dengan reaksi hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta.

ABSTRACT

Mustikowati, 2013. *transformation of Citronellal to citronellol by Using reduction agent NaBH₄ and catalyzed hydrogenation of Ni/zeolite Beta*. Skripsi, Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Semarang State University. Supervisor I : Drs. Kusoro Siadi, M. Si and Supervisor II : Drs. Ersanghono Kusumo, M. S.

Keywords: reduction, citronellal, NaBH₄, hydrogenation

There are eleven components of citronella oil which can be identified by analysis of gas chromatography and mass spectrometry. These components are α -pinene, limonene, linalool, citronellal, citronellol, geraniol, sitronelil acetate, β -caryophyllene, geranil acetate, δ -kadinen, and elemol, the main component is citronellal. Transformation of citronellal to citronellol by using a reducing agent NaBH₄ and catalyzed hydrogenation of Ni/zeolite beta has been investigated. Citronellal was isolated by using fractional distillation method. The obtained citronellal was examined by GC to determine percentage of citronellal and by FTIR to determine the functional groups present in the compound. The percentage of citronellal from fractional distillation of citronella oil is 94.13%. Reduction reaction of citronellal to citronellol were by using a reducing agent NaBH₄ and reaction catalyzed hydrogenation of Ni/zeolite beta. The preparation catalyst is conducted through metal impregnation Ni(NO₃)₂.6H₂O on zeolite beta. Catalyst characterization performed by XRD to determine the crystallinity of the catalyst and nitrogen adsorption to determine the surface area of the catalyst. Citronellal reduction reaction by using metal hydrides, with a ratio of citronellal : NaBH₄ is 1:2 (mole ratio). Transformation of citronellal by using a reducing agent NaBH₄ produced the percentage of citronellol 94.19%, whereas the reduction with catalyzed hydrogenation of Ni/zeolite beta produced the percentage of citronellol 43.91%. Activity and selectivity NaBH₄ for reduction citronellal to citronellol had better than catalyzed hydrogenation of Ni/zeolite beta. one mol NaBH₄ can reduction four mol citronellal, so the result of transformation citronellal to citronellol by using NaBH₄ has been more than by using reaction catalyzed hydrogenation of Ni/zeolite beta.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN.....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komponen Minyak Sereh	6
2.2 Sitronelal dan Peranannya.....	9
2.3 Sitronelol.....	11
2.4 Reaksi Reduksi Gugus Karbonil	13
2.5 Katalis	15
2.6 Nikel.....	17

2.7 Zeolit	20
2.8 Instrumentasi	29
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Populasi dan Sampel	36
3.2 Variabel Penelitian	36
3.3 Alat dan Bahan	37
3.4 Cara Kerja	37
3.5 Teknik Pengumpulan Data	39
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Isolasi Sitronelal dari Minyak Sereh	40
4.2 Preparasi dan Karakterisasi Katalis Ni/zeolit beta	44
4.3 Aktivitas dan Selektivitas Reduktor NaBH ₄ untuk Mereduksi Sitronelal menjadi Sitronelol	49
4.4 Aktivitas dan Selektivitas Hidrogenasi dengan Katalis Ni/zeolit beta untuk Mereduksi Sitronelal	54
BAB 5 PENUTUP	
5.1 Simpulan	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Kegunaan berbagai senyawa sitronelil ester	3
Tabel 2.1 Susunan kimia minyak sereh wangi.....	8
Tabel 2.2. Sifat fisik nikel	18
Tabel 2.3 Mineral zeolit yang terdapat pada batuan sedimen	23
Tabel 2.4 Contoh penggunaan zeolit sintetis	24
Tabel 2.5 Bilangan gelombang yang terjadi pada sitronelal	30
Tabel 2.6 Bilangan gelombang yang terjadi pada sitronelol.....	30
Tabel 2.7 Bilangan gelombang yang terjadi pada 3,7-dimetil-oktanol.....	30
Tabel 4.1 Uji sifat fisik fraksi-fraksi minyak sereh.....	41
Tabel 4.2 Bilangan gelombang gugus fungsi sitronelal	43
Tabel 4.3 Sifat permukaan H-zeolit beta dan Ni/zeolit beta	45
Tabel 4.4 Puncak-puncak tertinggi dari zeolit beta dan Ni/zeolit beta	48
Tabel 4.5 Spektrum FTIR hasil reaksi reduksi sitronelal dengan NaBH ₄ ..	53
Tabel 4.6 Spektrum FTIR hasil reaksi hidrogenasi sitronelal.....	56
Tabel 4.7 Hasil transformasi sitronelal menjadi sitronelol	58

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Struktur molekul sitronelal, sitronelol, dan geraniol.....	1
Gambar 1.2 Reaksi reduksi sitronelal menjadi sitronelol	2
Gambar 2.1 Tanaman sereh.....	6
Gambar 2.2 Struktur sitronelal	9
Gambar 2.3 Struktur hidroksi sitronelal.....	11
Gambar 2.4 Struktur sitronelol.....	11
Gambar 2.5 Reaksi reduksi sitronelal dengan gas H ₂ terkatalis Ni.....	13
Gambar 2.6 Hidrogenasi sitronelal pada kalor dan tekanan tinggi	13
Gambar 2.7 Struktur LiAlH ₄ dan NaBH ₄	14
Gambar 2.8 Contoh reaksi selektivitas dari NaBH ₄	15
Gambar 2.9 Konfigurasi elektron nikel.....	17
Gambar 2.10 Mekanisme penjenhuan ikatan rangkap dengan bantuan katalis nikel	19
Gambar 2.11 Struktur silikat	20
Gambar 2.12. Struktur zeolit.....	21
Gambar 2.13 Struktur pori zeolit beta.....	26
Gambar 4.1 Kromatogram minyak sereh	41
Gambar 4.2 Kromatogram sitronelal.....	42
Gambar 4.3 Spektrum FTIR sitronelal.....	43
Gambar 4.4 Perbandingan luas permukaan katalis	46
Gambar 4.5 Difraktogram zeolit beta.....	47
Gambar 4.6 Difraktogram Ni/zeolit beta	47
Gambar 4.7 Difraktogram dari (a)3%Ni/zeolit beta, (b)4%Ni/zeolit beta, (c) 5% Ni/zeolit beta, (d) 15% Ni/zeolit beta.....	49

Gambar 4.8 Kromatogram hasil reaksi reduksi sitronelal dengan NaBH ₄	50
Gambar 4.9 Spektrum massa sitronelol	51
Gambar 4.10 Fragmentasi sitronelol	51
Gambar 4.11 Spektrum FTIR hasil reaksi reduksi sitronelal dengan NaBH ₄	52
Gambar 4.12 Mekanisme reaksi reduksi sitronelal dengan NaBH ₄	54
Gambar 4.13 Kromatogram hasil reaksi hidrogenasi sitronelal.....	55
Gambar 4.14 Spektrum FTIR hidrogenasi sitronelal	56
Gambar 4.15 Reaksi hidrogenasi sitronelal dengan katalis Ni/zeolit beta	57

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema Kerja Isolasi Minyak Sereh	63
Lampiran 2. Skema Kerja Reduksi Sitronelal dengan NaBH ₄	64
Lampiran 3. Preparasi katalis Ni/zeolit beta	65
Lampiran 4. Hidrogenasi sitronelal terkatalis Ni/zeolit beta	66
Lampiran 5. Hasil uji GC minyak sereh.....	67
Lampiran 6. Hasil uji GC sitronelal	69
Lampiran 7. Hasil uji GC reaksi reduksi dengan NaBH ₄	71
Lampiran 8. Hasil uji GC reaksi hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta	72
Lampiran 9. Hasil uji FTIR sitronelal	74
Lampiran 10. Hasil uji FTIR reaksi reduksi dengan NaBH ₄	75
Lampiran 11. Hasil uji FTIR reaksi hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta ..	76
Lampiran 12. Hasil uji SAA zeolit beta	77
Lampiran 13. Hasil uji SAA Ni/zeolit beta.....	79
Lampiran 14. Hasil uji XRD zeolit beta	81
Lampiran 15. Hasil uji XRD Ni/zeolit beta	83
Lampiran 16. Hasil Spektrometer Massa reduksi sitronelal dengan NaBH ₄	87
Lampiran 17. Dokumentasi penelitian	94

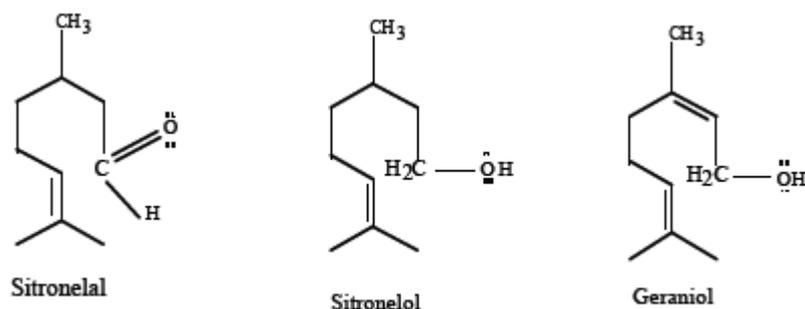
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Minyak sereh wangi merupakan salah satu minyak atsiri yang dihasilkan di Indonesia dan diekspor sebagai salah satu sumber devisa. Minyak sereh wangi diperoleh dengan cara penyulingan uap daun tanaman sereh. Di Indonesia, sebagian besar tanaman sereh terdapat di pulau Jawa sehingga minyak sereh yang dihasilkan disebut tipe Jawa atau dengan nama lain Mahapengiri (Wijesekera, 1973).

Terdapat sebelas komponen dari minyak sereh yang dapat diidentifikasi dengan analisis kromatografi gas dan spektrometri massa. Komponen-komponen tersebut adalah α -pinen, limonen, linalool, sitronelal, sitronelol, geraniol, sitronelil asetat, β -kariofilen, geraniil asetat, δ -kadinen, dan elemol, dengan komponen utamanya adalah sitronelal (Sastrohamidjojo, 1981). Beberapa struktur dari komponen-komponen minyak sereh dapat dilihat pada Gambar 1.1.

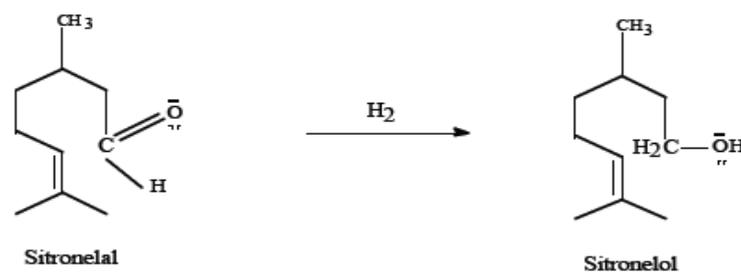


Gambar 1.1 Struktur molekul sitronelal, sitronelol, dan geraniol

(Sastrohamidjojo, 1981)

Berdasarkan data Abimanyu dkk. (2000), harga jual minyak sereh wangi di pasaran internasional lebih murah dibandingkan dengan harga jual komponen minyak sereh wangi. Seiring dengan itu, eksportir Indonesia menjual minyak sereh wangi dalam bentuk minyak kasar (*crude oil*) dan Indonesia masih banyak mengimpor komponen-komponen minyak sereh wangi sehingga nilai jual dan nilai tambah yang diperoleh sangat rendah. Menurut Kaniawati dkk.(2004), untuk lebih meningkatkan harga jual dan nilai tambah dari minyak sereh wangi, maka minyak sereh wangi perlu diolah menjadi bentuk isolatnya yang masing-masing mempunyai aroma khas dan melebihi keharuman minyak sereh itu sendiri.

Salah satu isolat dari minyak sereh adalah sitronelal. Sastrohamidjojo (1981) telah melakukan pengubahan sitronelal menjadi berbagai senyawa, salah satunya adalah mengubah sitronelal menjadi sitronelol melalui reaksi reduksi. Reaksi sitronelal menjadi sitronelol melalui reaksi reduksi dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Reaksi reduksi sitronelal menjadi sitronelol

(Sastrohamidjojo,1981)

Menurut Kaniawati dkk.(2004), dalam dunia perdagangan, sitronelol dikenal dengan nama Rhodinol (campuran sitronelol dan geraniol). Rhodinol ini digunakan dalam industri kosmetik dan sabun. Sitronelol juga banyak dimanfaatkan untuk pembuatan parfum. Menurut Budiasih (2011), sitronelol dan

geraniol merupakan bahan aktif yang tidak disukai dan sangat dihindari serangga, termasuk nyamuk sehingga penggunaan bahan-bahan ini sangat bermanfaat sebagai bahan pengusir nyamuk. Devakumar dkk. (1977) mengemukakan kegunaan berbagai sitronelil ester turunan dari minyak daun sereh. Data kegunaan berbagai sitronelil ester tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Kegunaan berbagai senyawa sitronelil ester

No.	Senyawa ester	Kegunaan
1.	Sitronelil format	Dalam <i>cologne</i> , lavender, dan campuran dalam madu
2.	Sitronelil asetat	Campuran dalam mawar dan anggur
3.	Sitronelil propionate	dengan bau buah, digunakan dalam pewangi bunga mawar
4.	Sitronelil butirat	Campuran dalam nanas dan pewangi
5.	Sitronelil valerat	dalam pewangi bunga mawar
6.	Sitronelil isobutirat	dalam parfum berbau tumbuhan

Senyawa aldehida atau keton dapat direduksi menjadi alkohol, hidrokarbon atau amina. Bila ingin mengubah senyawa karbonil menjadi senyawa amina, maka senyawa karbonil tersebut direaksikan dengan amonia atau amina primer dengan hidrogenasi terkatalitik untuk membentuk imina (Fessenden & Fessenden, 1986). Anshori (2009) mengemukakan bahwa sitronelal merupakan senyawa monoterpena yang mempunyai gugus alhid, ikatan rangkap dan rantai karbon yang memungkinkan untuk mengalami reaksi siklisasi aromatisasi serta reaksi reduksi. Sitronelal dapat mengalami reaksi reduksi menjadi alkohol yang sesuai, yaitu sitronelol dengan menggunakan pereduksi, seperti hidrida logam yaitu natrium borohidrida (NaBH_4) dan Litium Aluminium Hidrida (LiAlH_4), serta dengan reaksi hidrogenasi katalitik. Menurut Fessenden & Fessenden (1986), NaBH_4 dapat mereduksi suatu gugus aldehida dengan cepat, tetapi sangat lambat dalam mereduksi suatu alkena. Sedangkan LiAlH_4 merupakan pereduksi kuat,

tidak hanya mereduksi aldehida dan keton, tetapi juga alkena. Suatu aldehida dapat direduksi menjadi suatu alkohol primer dengan hidrogenasi katalitik, sedangkan keton akan menghasilkan alkohol sekunder.

Pada penelitian ini, senyawa reduktor yang akan digunakan untuk mereduksi sitronelal menjadi sitronelol adalah NaBH_4 dalam pelarut etanol dan dengan reaksi hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta. Dari reaksi reduksi dengan NaBH_4 dan reaksi hidrogenasi terkatalis, akan dibandingkan reaksi yang mempunyai aktivitas dan selektivitas terbesar dalam mereduksi sitronelal menjadi sitronelol.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan hal-hal yang diungkapkan diatas, dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana konversi hasil reduktor NaBH_4 dan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta dalam mereduksi sitronelal menjadi sitronelol ?
2. Bagaimana aktivitas dan selektivitas reduktor NaBH_4 dan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta dalam mereduksi sitronelal menjadi sitronelol ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai peneliti adalah :

1. Mempelajari konversi hasil reduktor NaBH_4 dan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta dalam mereduksi sitronelal menjadi sitronelol.
2. Mempelajari aktivitas dan selektivitas reduktor NaBH_4 dan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta dalam mereduksi sitronelal menjadi sitronelol.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan tentang :

1. Memberikan informasi mengenai konversi hasil reduktor NaBH_4 dan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta dalam mereduksi sitronelal menjadi sitronelol.
2. Memberikan informasi mengenai aktivitas dan selektivitas reduktor NaBH_4 dan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta dalam mereduksi sitronelal menjadi sitronelol.
3. Dapat digunakan sebagai acuan penelitian lebih lanjut.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komponen Minyak Sereh

Tanaman sereh merupakan tanaman rumput-rumputan menahun dan mempunyai akar serabut yang kuat. Batang tanaman sereh dapat tegak ataupun condong dan tidak berkayu, serta membentuk rumpun. Bentuk batang pendek, masif, bulat (silindris) dan sering kali di bawah buku-bukunya berlilin. Penampang lintang batang berwarna merah, sedangkan warna batang putih kotor. Tanaman sereh berdaun tunggal dan berpelelah. Pelelah daun silindris, gundul, seringkali bagian permukaan dalam berwarna merah, ujung berlidah (ligula). Pangkal pelelah memeluk batang dan berwarna hijau. Helai daun lebih dari separuh menggantung, remasan daun berbau aromaterapi. Tepi daun tajam dan permukaannya kasar dapat melukai tangan. Susunan bunganya berbentuk malai (bulir majemuk), bunga bertangkai dan warna bunga kuning keputihan. Buahnya berbentuk bulat panjang, pipih, dan warnanya putih kekuningan (Sudarsono dkk.,1996). Gambar tanaman sereh dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tanaman sereh (Nuketea, 2008)

Klasifikasi tanaman sereh :

Kingdom : Plantae
Divisi : Anthophyta
Filum : Angiospermae
Kelas : Monocotyledonae
Famili : Graminae
Genus : *Cymbopogon*
Species : *Cymbopogon nardus*

(Nuketea, 2008)

Minyak sereh wangi adalah salah satu minyak atsiri yang penting di Indonesia disamping minyak atsiri lainnya seperti minyak cengkeh, minyak nilam, dan minyak akar wangi. Minyak sereh wangi merupakan jenis minyak atsiri yang dihasilkan oleh tanaman sereh wangi (*Cymbopogon nardus*). Sereh wangi memiliki dua tipe, yaitu tipe Ceylon (Srilanka) dan tipe Jawa. Tipe Ceylon hampir sebagian besar diproduksi di Pulau Srilanka, sedangkan tipe Jawa diproduksi terutama di Pulau Jawa dan Formosa, dan belakangan diproduksi juga di Amerika Tengah (Guatemala dan Honduras), dan Pulau Haiti. Jenis tanaman sereh wangi yang menghasilkan produk dan mutu yang terbaik adalah jenis “mahapengiri” yang ditanam di Pulau Jawa. Jenis tanaman ini mengandung 32-45 % sitronelal dan 12-18% geraniol. Sedangkan jenis ”leanbau” dari Ceylon hanya mengandung 55-65 % total sitronelal dan geraniol (Guenther, 1990).

Sitronelol dan geraniol, serta ester geraniol dan ester sitronelol banyak digunakan sebagai bahan pengharum ruangan, tisu, sabun, dan kosmetik. Komponen kimia dalam minyak sereh wangi cukup kompleks, namun komponen yang terpenting adalah sitronelal dan geraniol. Kadar komponen kimia penyusun

utama minyak sereh wangi tidak tetap, dan tergantung pada beberapa faktor. Biasanya jika kadar geraniol tinggi maka kadar sitronelal juga tinggi (Guenther, 1990). Susunan kimia dari minyak sereh wangi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Susunan kimia minyak sereh wangi (Guenther, 1990)

Senyawa penyusun	Kadar (%)
Sitronelal	32-45
Geraniol	12-18
Sitronelol	12-15
Geraniol asetat	3-8
Sitronelol asetat	2-4
Limonena	2-5
Elemol dan terpen lain	2-5
Elemena dan cadinen	2-5

Minyak sereh dihasilkan dengan cara menyuling daun sereh wangi yang mengandung kurang dari 0,5 – 1,2 % minyak. Bahan kimia yang terpenting dalam minyak sereh wangi adalah persenyawaan aldehida dengan nama sitronelal dan persenyawaan alkohol yang disebut geraniol. Kadar sitronelal dan geraniol sangat menentukan mutu minyak sereh wangi. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi dan mutu minyak sereh wangi antara lain: keadaan tanah, iklim, tinggi daerah dari permukaan laut, dan keadaan daun sebelum disuling (Ketaren, 1985).

Menurut Sastrohamidjojo (1981) minyak sereh mengandung tiga komponen utama yaitu sitronelal, sitronelol dan geraniol. Ketiga komponen ini menentukan intensitas bau harum, nilai dan harga minyak sereh. Hasil penyulingan dari *Cymbopogon nardus* dapat diperoleh minyak atsiri yang disebut *citronella oil*, terutama terdiri atas sitronelal dan geraniol (Tjitrosoepomo, 2000). Senyawa-senyawa kimia tersebut memiliki nilai ekonomi tinggi, untuk kepentingan bahan baku industri wewangian (*fragrance*) dan industri farmasi. Tingginya kebutuhan

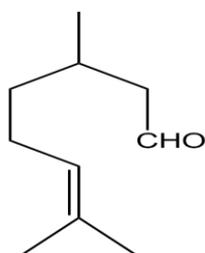
turunan senyawa sitronelal mendorong para ilmuwan mengembangkan metode sintesis yang bersifat stereoselektif (Cahyono dkk., 2010).

Ekspor sitronelal tahun 2002 mencapai 173.294 ton dengan nilai US\$ 1150.393 dengan negara tujuan Eropa, Amerika, Jepang, India, Taiwan, Singapura dan Timur Tengah. Minyak yang kurang memenuhi persyaratan ekspor dijual di pasar domestik sebagai bahan baku industri sabun, pasta gigi dan obat-obatan (Nurisman, 2009).

2.2 Sitronelal dan Peranannya

Sitronelal merupakan senyawa monoterpena yang mempunyai gugus aldehida, ikatan rangkap, dan rantai karbon. Sitronelal (3,7-dimetil-6-oktenal) merupakan monoterpena yang sebagian besar terbentuk dari metabolisme sekunder tanaman sereh. Sitronelal bersama dengan sitral, geraniol, linalool, dan sitronelol merupakan senyawa terpena yang paling penting (Nurisman, 2009).

Struktur sitronelal dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur sitronelal (Celianus, 2012)

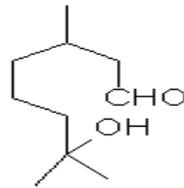
Nama IUPAC	: 3,7-dimethyl-6-oktenal
Rumus Molekul	: C ₁₀ H ₁₈ O
Massa molekul	: 154,25 g / mol
Densitas	: 0,855 g/cm ³
Titik didih	: 201-207° C

(Celianus, 2012)

Sitronelal dihasilkan melalui proses distilasi fraksinasi minyak sereh wangi. Fraksinasi merupakan suatu proses untuk memisahkan minyak atsiri yang dalam hal ini adalah minyak sereh wangi menjadi beberapa fraksi berdasarkan perbedaan titik didih. Proses distilasi fraksinasi minyak sereh dilakukan pada tekanan di bawah tekanan atmosfer atau tekanan vakum, dan biasanya dilakukan dengan cara penyulingan minyak tanpa pengisian air dalam ketel suling atau tanpa pemasukan uap aktif ke dalam minyak. Penggunaan tekanan serendah mungkin pada proses distilasi fraksinasi minyak sereh bertujuan untuk menurunkan temperatur didih dari minyak sereh sehingga komponen-komponen yang terdapat dalam minyak sereh tidak terdekomposisi. Proses distilasi fraksinasi ini telah banyak diterapkan dalam industri minyak atsiri (Guenther, 1987).

Menurut Agustian (2007), sitronelal merupakan bahan dasar sintesis pembuatan *fragrance* seperti sitronelol, isopulegol, mentol dan ester-ester lainnya yang mempunyai bau wangi yang khas. Penggunaan lain dari sitronelal adalah untuk pembuatan hidroksi sitronelal, dimana hidroksi sitronelal ini merupakan salah satu senyawa sintetik yang paling penting dalam wewangian. Senyawa tersebut memiliki bau yang harum seperti *floral – lily* sehingga sejumlah orang menyebutnya sebagai *king of the parfumes* (raja parfum). Hidroksi sitronelal digunakan untuk pewangi sabun dan kosmetika, *flavoring agent* untuk aneka makanan dan minuman, obat-obatan, *repellent* (obat pengusir/penolak nyamuk), produk *home care* dan *personal care* karena bermanfaat untuk menenangkan, antiseptik, membantu melemaskan otot, dan bau harumnya membangkitkan gairah. Di Indonesia, pada umumnya hidroksi sitronelal digunakan untuk detergen

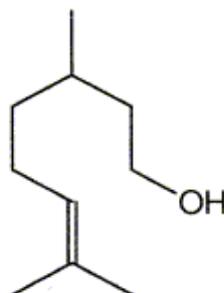
krim dan produk pembersih alat-alat rumah tangga. Struktur hidroksi sitronelal dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur hidroksi sitronelal (Celianus, 2012)

2.3 Sitronelol

Agustian (2007) mengemukakan bahwa sitronelol atau sering juga disebut dengan dihidrogeraniol adalah suatu monoterpena alami dengan rumus molekul $C_{10}H_{20}O$ yang diperoleh dari minyak serih wangi (*Citronella Oil*) dan juga dari minyak daun cengkeh. Dalam perdagangan, sitronelol diperoleh dengan mereduksi sitronelal yang terdapat dalam minyak serih wangi. Kandungan sitronelal dalam minyak serih wangi dari Jawa berkisar 32-45 %, sedangkan kandungan sitronelolnya berkisar 12-15%. Sitronelol berupa cairan tak berwarna yang memiliki bau seperti bunga mawar. Struktur dari sitronelol dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur sitronelol

Nama IUPAC : 3,7-Dimetil-6-oktenol
Rumus molekul : $C_{10}H_{20}O$
Massa molekul : 156,27 g/mol
Densitas : 0,855 g/cm³
Titik didih : 225°C, 498 K, 437°F
(Celianus, 2012)

Sitronelol dalam perdagangan dikenal sebagai bahan yang sangat mahal. Sitronelol merupakan salah satu pewangi yang paling penting yang banyak digunakan dalam parfum, kosmetik dan sabun mandi. Sitronelol merupakan konstituen utama dalam senyawa sintetik yang berbau mawar.

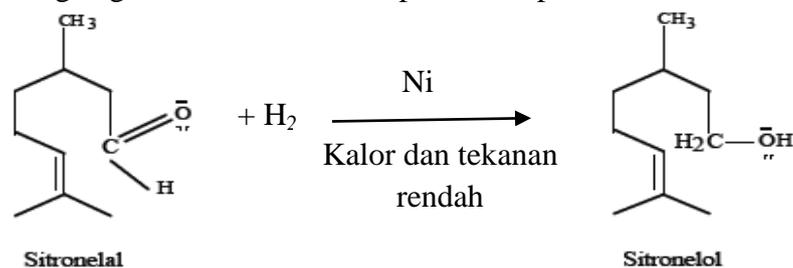
Jumina dkk. (2003) telah melakukan penelitian tentang reaksi reduksi senyawa aldehyd yaitu 6-nitro veratraldehyd dengan menggunakan $NaBH_4$ pada temperatur kamar. Reduksi 6-nitro veratraldehyd menghasilkan senyawa 6-nitro veratril alkohol dengan rendemen bersih sebesar 13,47%. Kaniawati dkk.(2004) juga telah melakukan penelitian tentang reaksi reduksi sitronelal dari minyak sereh menjadi sitronelol dengan $NaBH_4$ tanpa menggunakan pelarut dan menggunakan pelarut etanol, dengan hasil konversi sebesar 77,7% dan perbandingan mol sitronelal dengan $NaBH_4$ adalah 1:1,1.

Transformasi sitronelal menjadi sitronelol dapat dilakukan melalui reaksi reduksi, dimana gugus aldehyda pada sitronelal akan tereduksi menjadi senyawa alkohol menggunakan natrium borohidrida ($NaBH_4$) dan menggunakan H_2 terkatalis Ni/zeolit beta.

2.4 Reaksi Reduksi Gugus Karbonil

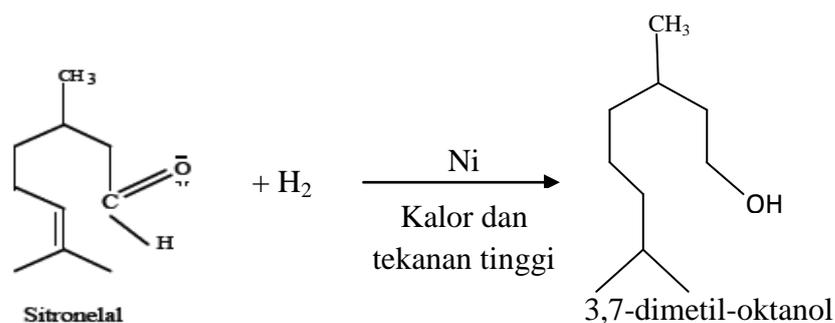
2.4.1 Hidrogenasi

Ikatan pi suatu gugus karbonil dapat mengalami hidrogenasi katalitik, sama seperti ikatan pi pada alkena. Hidrogenasi gugus karbonil biasanya diperlukan kalor dan tekanan. Suatu keton direduksi menjadi alkohol sekunder oleh hidrogenasi katalitik, sementara suatu aldehida menghasilkan alkohol primer (Fessenden & Fessenden, 1986). Gambar 2.5 adalah contoh reaksi suatu aldehida yang direduksi dengan gas H_2 terkatalis Ni dapat dilihat pada reaksi di bawah ini:



Gambar 2.5 Reaksi reduksi sitronelal dengan gas H_2 terkatalis Ni (Fessenden & Fessenden, 1986)

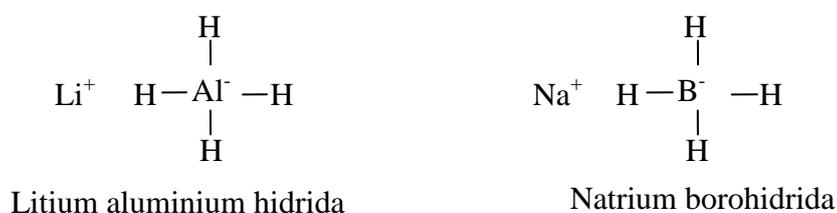
Jika suatu ikatan rangkap dan suatu gugus karbonil keduanya terdapat dalam sebuah struktur, ikatan rangkap tersebut dapat dihidrogenasi sementara gugus karbonil tetap utuh, atau dapat pula keduanya terhidrogenasi. Gambar 2.6 adalah contoh reaksi lebih lanjut jika suatu senyawa yang mengandung ikatan rangkap dan gugus aldehida mengalami reaksi reduksi dengan gas H_2 terkatalis Ni.



Gambar 2.6 Hidrogenasi sitronelal pada kalor dan tekanan tinggi (Fessenden & Fessenden, 1986)

2.4.2 Hidrida logam

Menurut Fessenden & Fessenden (1986), suatu prosedur reduksi alternatif melibatkan penggunaan hidrida logam. Dua zat pereduksi yang bermanfaat adalah litium aluminium hidrida (LiAlH_4) dan natrium borohidrida (NaBH_4), keduanya mereduksi aldehida dan keton menjadi alkohol. Struktur dari LiAlH_4 dan NaBH_4 dapat dilihat pada Gambar 2.7.



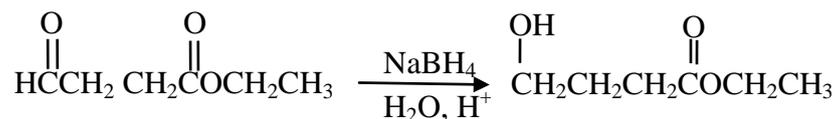
Gambar 2.7 Struktur LiAlH_4 dan NaBH_4 (Fessenden & Fessenden, 1986)

Kedua hidrida logam ini sangat berbeda dalam kereaktifannya. LiAlH_4 merupakan zat pereduksi kuat, yang tidak hanya mereduksi aldehida dan keton, tetapi juga asam karboksilat, ester, amina, dan nitril. LiAlH_4 bereaksi hebat dengan air, sehingga reaksi reduksi biasanya dilakukan dalam pelarut seperti eter tak berair (Fessenden & Fessenden, 1986).

Natrium borohidrida merupakan zat pereduksi yang lebih lembut dari pada LiAlH_4 . Reaksinya dapat dilakukan dalam air atau alkohol berair sebagai pelarut. Untuk mereduksi suatu aldehida atau keton, dipilih NaBH_4 karena lebih mudah penanganannya dan tidak reaktif terhadap air. NaBH_4 mereduksi aldehida dan keton dengan cepat, tetapi sangat lambat mereduksi ester. Oleh karena itu, gugus karbonil aldehida atau keton dapat direduksi tanpa diiringi reduksi suatu gugus

ester pada molekul yang sama. Selektivitas semacam itu tidak dapat dilakukan bila menggunakan LiAlH_4 (Fessenden & Fessenden, 1986).

NaBH_4 maupun LiAlH_4 tidak mereduksi ikatan rangkap karbon-karbon yang terisolasi, tetapi $\text{C}=\text{C}$ yang berkonjugasi dengan suatu gugus karbonil kadang-kadang terserang. Suatu struktur yang mengandung ikatan rangkap dan gugus karbonil seringkali dapat direduksi pada posisi karbonil secara selektif. Dalam hal ini, hidrida logam bersifat komplementer terhadap gas hidrogen sebagai bahan-bahan pereduksi. Tiap ion hidrida dapat mereduksi satu gugus karbonil. Oleh karena itu, secara teoritis satu mol LiAlH_4 atau NaBH_4 dapat mereduksi empat mol aldehida atau keton (Fessenden & Fessenden, 1986). Contoh reaksi selektivitas dari NaBH_4 ditunjukkan pada Gambar 2.8. NaBH_4 hanya menyerang gugus karbonil dan tidak menyerang gugus ester.



Gambar 2.8 Contoh reaksi selektivitas dari NaBH_4 .
(Fessenden & Fessenden, 1986)

2.5 Katalis

Adzani (2012) menjelaskan bahwa katalis pada prinsipnya berfungsi untuk meningkatkan laju pembentukan produk. Katalis yang digunakan pada penelitian ini merupakan katalis heterogen dan berbentuk *powder*. Katalis heterogen adalah katalis yang mempunyai fasa yang berbeda dengan reaktannya. Pada umumnya katalis heterogen berbentuk padatan dan memiliki permukaan metal aktif. Penggunaan katalis heterogen dikarenakan katalis heterogen memiliki beberapa

macam kelebihan, antara lain mudah dipisahkan dari reaktan, proses preparasi dan kontrol katalis yang mudah, dan kualitas produk yang dihasilkan pun baik.

Menurut Utomo (2007), konsep dasar katalis adalah zat yang dalam jumlah kecil dapat menyebabkan perubahan yang besar. Definisi katalis yang lebih tepat belum ada karena katalis selalu berkembang dari waktu ke waktu. Definisi katalis yang dapat diusulkan bahwa katalis adalah suatu zat yang dapat meningkatkan laju reaksi tanpa zat tersebut ikut bereaksi dalam proses reaksi. Konsep dasar ini berasal dari pendekatan secara kimiawi terhadap katalis, yaitu bahwa reaksi terkatalisis dimana katalis membentuk kompleks dengan reaktan, kemudian katalis terdesorpsi dari produk dan akhirnya kembali ke bentuk semula.

Menurut Adzani (2012), untuk mendapatkan suatu katalis yang baik harus diperhatikan beberapa faktor, diantaranya :

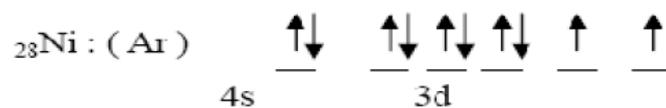
- a) Aktivitas, merupakan kemampuan katalis untuk mengkonversikan reaktan menjadi produk yang diinginkan.
- b) Selektivitas, merupakan kemampuan mempercepat suatu reaksi diantara beberapa reaksi yang berlangsung. Dengan demikian produk yang diperoleh adalah produk yang diinginkan dan produk samping yang dihasilkan dapat seminimal mungkin.
- c) Kestabilan, merupakan lamanya katalis memiliki aktivitas dan selektivitas pada keadaan seperti semula. Untuk memperoleh katalis yang memiliki kestabilan tinggi, diantaranya katalis harus memiliki sifat tahan terhadap racun, perlakuan panas, dan erosi.

- d) Kemudahan katalis diaktivasi kembali setelah digunakan dalam suatu reaksi. Suatu katalis akan menurun baik aktivitas maupun selektivitasnya setelah digunakan pada beberapa reaksi karena ada racun katalis yang menutupi sebagian sisi aktif katalis seperti kokas atau arang.

2.6 Nikel

Logam transisi sering digunakan sebagai katalis untuk fasa aktif. Logam transisi tersebut bersifat asam dan berperan dalam reaksi perpindahan elektron. Fungsi logam transisi dalam suatu reaksi katalitik untuk mengatomisasi molekul-molekul diatomik dan memberikan atom tersebut kepada reaktan lainnya atau intermediet reaksi. Kemampuannya dalam mengkatalisis ini sangat berkaitan dengan keberadaan elektron-elektron pada orbital d yang berbaur dengan keadaan elektronik pada orbital s dan p terdekat, sehingga akan timbul keadaan elektronik berenergi rendah dalam jumlah besar dan orbital kosong yang sangat ideal untuk reaksi katalisis (Adzani, 2012).

Nikel merupakan logam transisi yang umum digunakan sebagai katalis. Nikel mempunyai biloks bervariasi, tetapi yang umum adalah +2. Nikel dalam sistem periodik memiliki nomor atom 28 dan elektron terluarnya pada orbital d dengan konfigurasi elektron $[\text{Ar}] 3d^8 4s^2$ (Adzani, 2012). Konfigurasi elektron nikel dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Konfigurasi elektron nikel (Adzani, 2012)

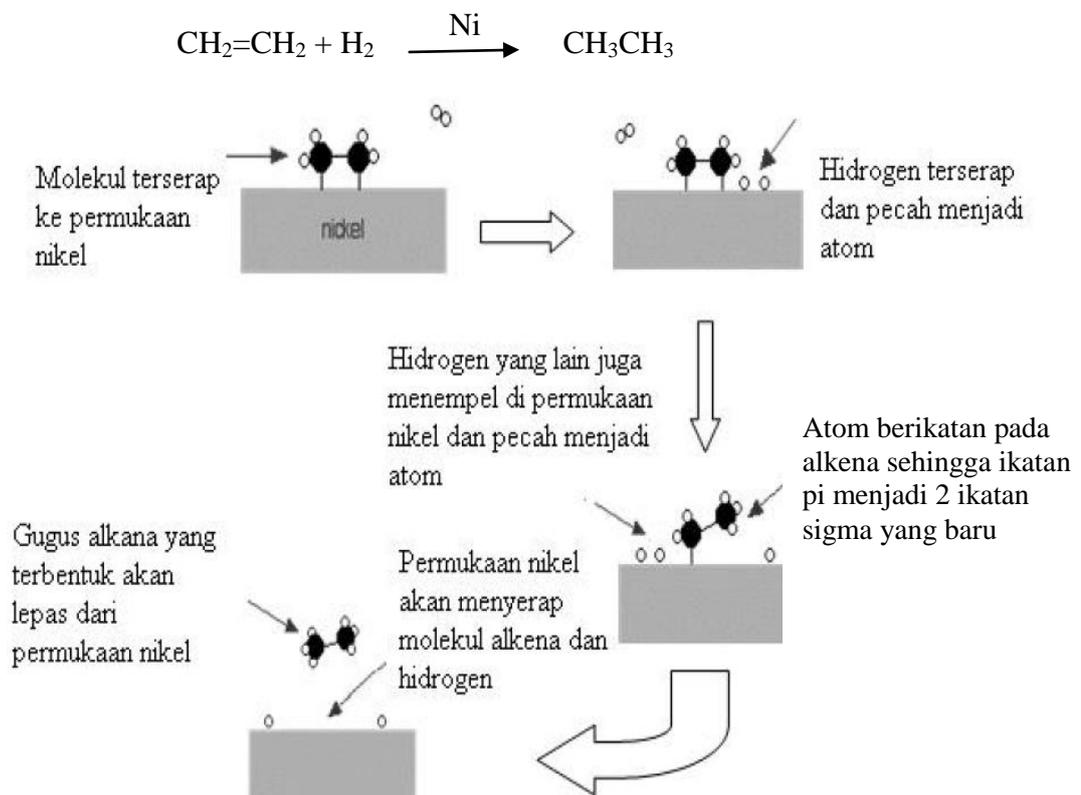
Sesuai aturan Hund, nikel mempunyai orbital 3d yang belum penuh, sehingga terdapat elektron-elektron tidak berpasangan pada orbital d, maka bersifat magnetik. Fenomena ini menyebabkan nikel mudah membentuk ikatan kovalen koordinat sehingga pembentukan senyawa antara permukaan katalis menjadi lebih mudah (Adzani, 2012).

Nikel merupakan logam yang berwarna putih seperti perak. Nikel memiliki struktur yang keras namun dapat dibentuk. Karena sifatnya yang fleksibel dan mempunyai karakteristik-karakteristik yang unik seperti tidak berubah sifatnya bila terkena udara, ketahanannya terhadap oksidasi dan kemampuannya untuk mempertahankan sifat-sifat aslinya di bawah suhu yang ekstrim, nikel lazim digunakan dalam berbagai aplikasi komersial dan industri. Nikel terutama sangat berharga untuk fungsinya dalam pembentukan logam campuran (*alloy* dan *superalloy*), terutama baja tidak berkarat (*stainless steel*) (Nurisman, 2009). Sifat fisik logam nikel dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat fisik nikel (Nurisman, 2009)

Karakteristik	Nilai
Massa atom	58,69 g/mol
Bentuk	Padat
Densitas	8,908 g/cm ³
Titik didih	3186 K(2913°C, 5275°F)
Konfigurasi elektron	[Ar] 3d ⁸ 4s ²

Katalis nikel biasanya digunakan untuk proses hidrogenasi. Proses hidrogenasi merupakan suatu proses industri yang bertujuan untuk menjenuhkan ikatan rangkap (Ketaren, 1985). Mekanisme penjenuhan ikatan rangkap dengan bantuan katalis nikel dapat dilihat pada Gambar 2.10.



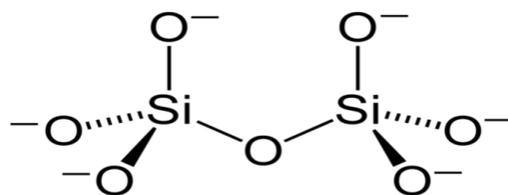
Gambar 2.10 Mekanisme penjumlahan ikatan rangkap dengan bantuan katalis nikel (Nurisman, 2009)

Pada gambar 2.10, molekul etena bereaksi dengan hidrogen dan dibantu oleh nikel sebagai katalisator. Molekul etena diserap ke permukaan katalis nikel sehingga rantai rangkap antara atom karbon rusak dan elektron tersebut digunakan untuk berikatan dengan permukaan nikel. Selanjutnya, molekul hidrogen dipecah menjadi atom hidrogen. Kemudian katalis nikel menyerap atom hidrogen ke permukaan nikel. Atom-atom hidrogen yang tersebar di permukaan katalis nikel bereaksi dengan ikatan karbon, sehingga ikatan antara katalis nikel dengan karbon lepas. Hal yang sama juga terjadi pada ikatan karbon dengan katalis nikel yang lain, dimana ikatan tersebut juga lepas dan atom hidrogen yang tersebar di permukaan katalis nikel bereaksi dengan ikatan karbon (Nurisman, 2009).

2.7 Zeolit

2.7.1 Senyawa silikat

Unsur yang paling melimpah di kulit bumi adalah oksigen (46,6%) dan silikon (27,7%). Senyawa gabungan dari kedua unsur ini disebut silikat, dan kombinasi silikat dengan unsur lainnya merupakan mineral yang paling banyak di bumi, yaitu mineral silikat. Senyawa silikat pada umumnya tidak larut dalam air ataupun asam, namun dapat dirusak oleh kation logam alkali yang sangat reaktif seperti NaOH. Silikat terdiri dari anion SiO_4^{4-} yang memiliki bentuk tetrahedral. Ion silikon berada pada pusat tetrahedral dan keempat ion oksigen terletak di keempat puncaknya. Setiap ion oksigen dapat berikatan dengan tetrahedral silikat lainnya, menghubungkan satu tetrahedral dengan tetrahedral lainnya. Kompleksitas struktur yang terjadi antar tetrahedral tersebut sangat menakjubkan. Struktur ini dapat terbentuk dalam unit tunggal, rantai, lembaran, cincin, hingga struktur rangka (Anshori, 2009). Struktur silikat dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Struktur silikat (Dlarsen, 2010)

2.7.2 Definisi zeolit

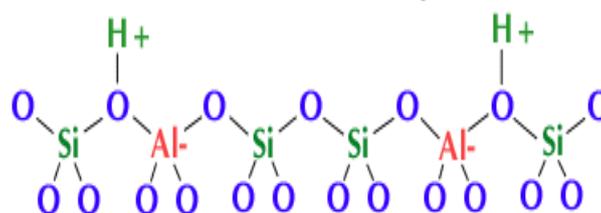
Zeolit merupakan mineral hasil tambang yang bersifat lunak dan mudah kering. Warna dari zeolit diantaranya adalah putih keabu-abuan, putih kehijau-hijauan, atau putih kekuning-kuningan. Zeolit terbentuk dari abu vulkanik yang telah mengendap jutaan tahun silam. Sifat-sifat mineral zeolit sangat bervariasi

tergantung dari jenis dan kadar mineral zeolit. Mineral ini biasanya dijumpai mengisi celah-celah ataupun rekahan dari batuan tersebut (Adzani, 2012).

Pada saat ini penggunaan mineral zeolit semakin meningkat, dari penggunaan dalam industri kecil hingga dalam industri berskala besar. Di negara maju seperti Amerika Serikat, zeolit sudah benar-benar dimanfaatkan dalam industri (Saputra, 2006).

Zeolit merupakan satu dari senyawa-senyawa aluminosilikat yang mempunyai mikropori. Struktur pembangun utama dari unit zeolit adalah kation yang berkoordinasi dengan oksigen membentuk struktur tetrahedral. Tetrahedral-tetrahedral ini saling berhubungan pada sudut tetrahedral yaitu pada oksigennya. Susunan tetrahedral inilah yang menentukan struktur kristal dan spesifikasi zeolit. Seperti silika pada umumnya, zeolit tersusun berdasarkan struktur tetrahedral TO_4 , dimana T adalah atom aluminium atau atom silikon (Saputra, 2006).

Zeolit juga sering disebut sebagai *molecular sieve/molecular mesh* (saringan molekuler) karena zeolit memiliki pori-pori berukuran molekuler sehingga mampu memisahkan/menyaring molekul dengan ukuran tertentu (Trisunaryanti, 2005). Struktur dari zeolit dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Struktur zeolit (Nurisman, 2009)

Zeolit merupakan kristal aluminosilikat yang mempunyai kerangka tiga dimensi yang tersusun dari tetrahedral SiO_4 dan AlO_4^- yang bergabung melalui atom oksigen. Untuk menggambarkan hubungan antara komposisi dan struktur zeolit, Hamdan (1992) menuliskan rumus zeolit sebagai berikut:



Keterangan :

M adalah kation bermuatan satu (natrium dan ammonium)

$v = x$, untuk kation bervalensi 1

$v = \frac{1}{2}x$, untuk kation bervalensi 2

Zeolit mengandung kation di kerangka luar, biasanya Na^+ untuk mempertahankan kenetralan listrik dengan AlO_4^- . Kation Na^+ yang dapat dipertukarkan terletak dekat AlO_4^- tetrahedral karena muatan negatif dominan pada daerah tersebut (Anshori, 2009).

2.7.3 Jenis-jenis zeolit

Adapun jenis-jenis zeolit diantaranya adalah :

2.7.3.1 Zeolit alam

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam (zeolitisasi) dari batuan vulkanik *tuf*, sedangkan zeolit sintesis direkayasa oleh manusia secara proses kimia. Pembentukan mineral zeolit alam diduga merupakan hasil reaksi antara debu vulkanik dengan air garam, ada juga beberapa zeolit seperti kabasit, erionit dan filipsit diduga sebagai hasil dari proses hidrotermal. Karena sifat-sifat zeolit alam sangat terbatas maka dilakukan sintesis zeolit untuk mensubstitusi zeolit yang berasal dari alam (Anshori, 2009).

Pada umumnya, zeolit alam dibentuk oleh reaksi dari air pori dengan berbagai material seperti gelas, *poorly crystalline clay*, plagioklas, ataupun silika. Struktur zeolit mengandung perbandingan yang besar dari M^{2+} dan H^+ pada Na^+ , K^+ dan Ca^{2+} . Pembentukan zeolit alam ini tergantung pada komposisi dari batuan induk, temperatur, tekanan, tekanan parsial dari air, pH dan aktivitas dari ion-ion tertentu (Saputra, 2006). Daftar beberapa mineral zeolit yang terdapat pada batuan sedimen dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Mineral zeolit yang terdapat pada batuan sedimen (Anshori, 2009)

Nama Mineral	Rumus Kimia Unit Sel
Analsim	$Na_{16}(Al_{16}Si_{16}O_{96}) \cdot 16H_2O$
Kabasit	$(Na_2Ca)_6(Al_{12}Si_{24}O_{72}) \cdot 4H_2O$
Klinoptilolit	$(Na_3, K_3)(Al_6Si_{30}O_{72}) \cdot 24H_2O$
Erionit	$(Na, Ca_{0,5}, K)_9(Al_9Si_{27}O_{72}) \cdot 27H_2O$
Faujasit	$Na_{58}(Al_{58}Si_{134}O_{384}) \cdot 24H_2O$
Mordenit	$Na_8(Al_8Si_{40}O_{90}) \cdot 24H_2O$
Filipsit	$(Na, K)_5(Al_5Si_{11}O_{32}) \cdot 20H_2O$
Laumontit	$Ca_4(Al_8Si_{16}O_{48}) \cdot 16H_2O$
Heulandit	$Ca_4(Al_8Si_{28}O_{72}) \cdot 24H_2O$

2.7.3.2 Zeolit sintetis

Mineral zeolit sintetis yang dibuat tidak dapat persis sama dengan mineral zeolit alam, walaupun zeolit sintetis mempunyai sifat fisis yang jauh lebih baik. Perkembangan zeolit sintetis dimulai sejak akhir tahun 1940 oleh *Union Carbide Corporations*, melalui suatu program pembuatan zeolit dengan meniru proses hidrotermal alamiah. Dengan cara ini telah berhasil dibuat lebih dari seratus jenis zeolit, sebagai upaya pencarian jenis-jenis zeolit yang mempunyai daya guna tinggi (Saputra, 2006).

Zeolit sintetis dapat diproduksi dengan cara hidrotermal dan kebanyakan diproduksi dibawah kondisi tidak setimbang, akibatnya zeolit yang dihasilkan

merupakan bahan metastabil atau mudah berubah. Bahan utama pembentuknya adalah aluminat silikat (gel) dan berbagai logam sebagai kation. Komposisi gel, sifat fisik dan kimia reaktan, serta jenis kation dan kondisi kristalisasi sangat menentukan struktur yang diperoleh. Tahap pertama dalam pembuatan zeolit adalah reaksi bahan dasar seperti gel atau zat padat amorf hidroksida alkali dengan pH tinggi dan basa kuat dengan kondisi operasi pada suhu hidrotermal rendah (Saputra, 2006). Contoh penggunaan zeolit sintetis dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Contoh penggunaan zeolit sintetis (Saputra, 2006)

Jenis Zeolit	Kegunaan
Zeolit X	<i>catalytic cracking</i> (FCC) dan <i>hydrocracking</i> , mereduksi NO, NO ₂ dan CO ₂
Zeolit Y	<i>removal</i> , pemisah fruktosa-glukosa, pemisah N ₂ di udara, bahan pendingin kering
Zeolit US-Y	memisahkan monosakarida
Zeolit A	pengkonsentrasi alkohol, pengering olifin, bahan gas alam padat, pembersih CO ₂ dari udara
Zeolit ZSM-5	<i>dewaxing</i> , produksi <i>synfuel</i> , mensintesis <i>ethylbenzene</i>
Linde Zeolite-A	bubuk pembersih untuk memindahkan ion Ca dan Mg

Zeolit sintetis sangat bergantung pada jumlah Al dan Si, sehingga ada 3 kelompok zeolit sintetis:

a. Zeolit sintetis dengan kadar Si rendah

Zeolit jenis ini banyak mengandung Al, berpori, mempunyai nilai ekonomi tinggi karena efektif untuk pemisahan dengan kapasitas besar. Volume porinya dapat mencapai $0,5 \text{ cm}^3$ tiap cm^3 volume zeolit.

b. Zeolit sintetis dengan kadar Si sedang

Jenis zeolit modernit mempunyai perbandingan Si/Al = 5 sangat stabil, maka diusahakan membuat zeolit Y dengan perbandingan Si/Al = 1-3. Contoh zeolit sintetis jenis ini adalah zeolit omega.

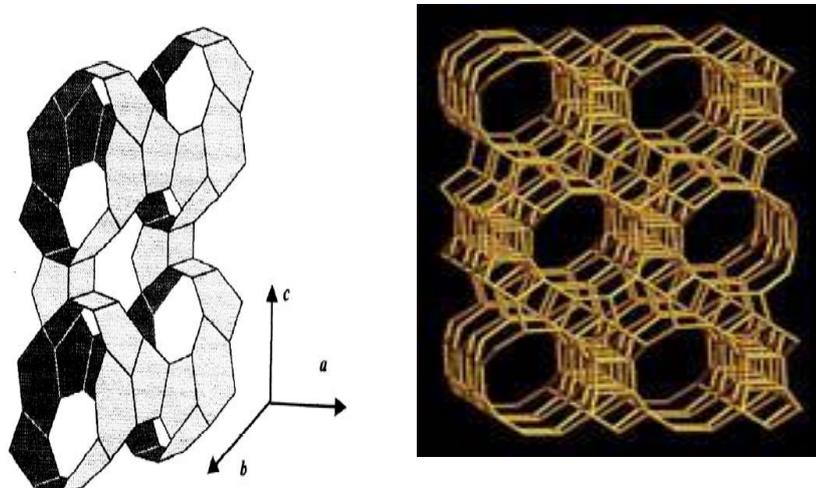
c. Zeolit sintetis dengan kadar Si tinggi

Zeolit jenis ini sangat higroskopis dan menyerap molekul non polar sehingga baik untuk digunakan sebagai katalisator asam untuk hidrokarbon. Zeolit jenis ini misalnya zeolit ZSM-5, ZSM-11, ZSM-21, ZSM-24

(Saputra, 2006)

Salah satu jenis zeolit sintetis adalah zeolit beta. Struktur dari zeolit beta baru ditentukan akhir-akhir ini karena strukturnya yang sangat kompleks. Zeolit beta terdiri dari 2 struktur yang tumbuh berbeda, disebut dengan polimorf A dan B. Polimorf A dan B tumbuh sebagai lapisan 2 dimensi dan lapisan tersebut berubah secara acak antara keduanya. Polimorf A dan B mempunyai jaringan 3 dimensi dari poros 12 cincin. Pertumbuhan dari polimorf tidak berpengaruh besar terhadap pori-pori struktur 2 dimensinya, tapi pada arah tertentu, porosnya

menjadi berliku-liku (Anshori, 2009). Struktur pori dari zeolit beta dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Struktur pori zeolit beta (Anshori, 2009)

Zeolit beta dikenal dengan ukuran porinya $0,65 \times 0,74$ nm dan struktur kristal yang tinggi. Selain itu, material zeolit secara umum dikenal memiliki sifat keasaman yang tinggi serta kestabilan termal dan hidrotermal yang tinggi pula (Anshori, 2009).

2.7.4 Sifat-sifat zeolit

Menurut Anshori (2009), sifat-sifat zeolit meliputi:

a) Dehidrasi

Sifat dehidrasi akan berpengaruh terhadap sifat adsorpsi zeolit. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan akan efektif berinteraksi dengan molekul yang akan diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit tersebut dipanaskan.

b) Adsorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 300-400°C maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Selektivitas adsorpsi zeolit terhadap ukuran molekul tertentu dapat disesuaikan dengan jalan pertukaran kation, dekationisasi, dealuminasi secara hidrotermal dan perubahan perbandingan kadar Si dan Al.

Ada dua alasan penting yang berhubungan dengan selektivitas dan kapasitas zeolit, yaitu:

1. Zeolit dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran molekul dan konfigurasi dari molekul relatif terhadap ukuran dan geometri dari struktur zeolit.
2. Zeolit merupakan molekul pengadsorpsi, khususnya terhadap suatu momen dipol permanen dan efek-efek interaksi lainnya dengan selektivitas yang tidak sama dengan adsorben-adsorben lainnya. Jika beberapa molekul memasuki sistem mikropori dari zeolit, maka salah satunya akan ditahan berdasarkan kepolaran atau efek interaksi lain dari molekul tersebut dengan zeolit. Molekul-molekul polar dan tak jenuh akan diadsorpsi secara selektif.

c) Penukar ion

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion

yang terjadi bergantung kepada ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit antara lain bergantung kepada kation, suhu dan jenis anion. Penukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktivitas katalis.

d) Katalis

Sifat khusus dari zeolit yang secara praktis akan menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang akan membentuk saluran didalam strukturnya. Bila zeolit digunakan pada proses penyerapan atau katalitis, maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas di antara kristal. Dengan demikian dimensi serta lokasi saluran sangat penting. Reaksi kimia juga terjadi di permukaan saluran tersebut. Zeolit mempunyai kemampuan bertindak sebagai katalis untuk suatu reaksi kimia yang terjadi dalam rongga. Zeolit juga dapat bertindak sebagai katalis oksidasi atau reduksi, biasanya setelah logam dimasukkan kedalam kerangka.

e) Penyaring atau pemisah

Zeolit dapat memisahkan molekul gas atau zat lain dari suatu campuran tertentu karena mempunyai rongga yang cukup besar dengan garis tengah yang bermacam-macam tergantung dari jenis zeolitnya. Volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dalam kisi-kisi kristal mempunyai dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring molekul. Molekul yang berukuran lebih kecil dapat melintas sedangkan yang berukuran lebih besar dari rongga akan tertahan atau ditolak.

f) Pengemban

Zeolit banyak digunakan sebagai pengemban karena material ini memiliki stabilitas pemanasan (*thermal stability*) yang tinggi, porositas yang baik sehingga memungkinkan terjadinya adsorpsi. Zeolit memiliki luas permukaan yang besar, aktivitas dan selektivitas tinggi. Zeolit ini juga mempunyai kemampuan untuk mengikat logam aktif sebagai katalis. Dalam memilih pengemban juga perlu diperhatikan ketersediaan dan aspek ekonomis bahan.

2.8 Instrumentasi

2.8.1 Spektrofotometer inframerah

Spektrofotometer inframerah (IR) merupakan suatu instrumen yang digunakan untuk mengukur radiasi inframerah pada berbagai panjang gelombang. Spektrofotometer IR memberikan analisis secara kualitatif dengan mengidentifikasi macam gugus fungsi yang terdapat dalam suatu senyawa. Suatu senyawa akan memancarkan energi yang kemudian akan diserap oleh alat dengan spektra. Pada spektrofotometer IR menyajikan grafik dari presentasi transmisi dengan kenaikan panjang gelombang atau penurunan frekuensi (Fessenden & Fessenden, 1986). Bilangan gelombang yang terjadi pada sitronelal, sitronelol, dan 3,7-dimetil-oktanol dapat dilihat pada Tabel 2.5, 2.6, dan 2.7.

Tabel 2.5 Bilangan gelombang yang terjadi pada sitronelal

Bilangan gelombang (cm^{-1})	Ikatan
2900-2800	-CH- alifatik
2800-2700	C-H dari -CHO
1740-1700	C=O karbonil
1700 – 1600	C=C alkena
1462	- CH ₂ -
1375	- CH ₃

Tabel 2.6 Bilangan gelombang yang terjadi pada sitronelol

Bilangan gelombang (cm^{-1})	Ikatan
3700-3000	-OH
2900-2800	-CH- alifatik
1700-1600	C=C alkena
1250-1000	C-O
1462	- CH ₂ -
1375	- CH ₃

Tabel 2.7 Bilangan gelombang yang terjadi pada 3,7-dimetil-oktanol

Bilangan gelombang (cm^{-1})	Ikatan
3700-3000	-OH
2900-2800	-CH- alifatik
1250-1000	C-O
1462	- CH ₂ -
1375	- CH ₃

2.8.2 Kromatografi gas (GC) dan kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS)

Kromatografi gas (GC) pada dasarnya merupakan metoda pemisahan yang melibatkan dua macam fasa, yaitu fasa gerak (*mobile phase*) dan fasa diam (*stationary phase*). Dalam kromatografi gas yang bertindak sebagai fasa gerak adalah gas yang merupakan gas inert seperti N₂, H₂, Ar dan He, sedangkan yang berfungsi sebagai fasa diam adalah suatu padatan. Fasa diam dalam kromatografi gas, selain berupa partikel-partikel padat adsorben (kromatografi gas-padat), dikenal pula fasa diam cair (*liquid phase*) yang terikat pada pendukung padat (kromatografi gas-cair) (Widiarti, 2011).

Campuran yang dipisahkan dengan metoda ini harus mudah menguap. Kromatografi gas dapat digunakan untuk analisis kuantitatif secara organik. Cuplikan dalam bentuk uap dapat dibawa oleh aliran gas ke dalam kolom pemisahan, hasil pemisahan dapat dianalisis dengan kromatografi ini. Jumlah puncak menunjukkan jumlah senyawa yang terdapat dalam cuplikan sedangkan luas permukaan menunjukkan konsentrasi senyawa (Hendayana, 1994).

Pada GC, produk dekomposisi dipisahkan dalam kolom GC, setelah produk itu terdeterminasi secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil analisis itu akan muncul dari pirogram (sebuah kromatogram yang memberikan hasil dari hasil deteksi produk pirolisis). Pada GC, pirolisis fragmen dihasilkan dari dekomposisi kimia oleh panas. Jika komponen yang akan dipirolisis itu terlalu kompleks, maka tidak dapat dilakukan identifikasi secara lengkap untuk semua fragmen (Rofiqi, 2012).

Menurut Rofiqi (2012), kolom pada GC berupa pipa tipis seperti selang yang tergulung rapi seperti kumparan. Kolom itu merupakan kolom kapiler yang

berisi resin atau padatan lain yang berfungsi sebagai fase stasioner. Isi kolom itu pun dapat diganti sesuai dengan komponen yang akan di kromatografi. Kelebihan GC adalah sebagai berikut :

- a) GC dapat memberikan resolusi pemisahan yang sangat baik, bahkan komponen yang berbentuk campuran azeotropis dalam teknik distilasi pun dapat dipisahkan oleh GC.
- b) Tingkat sensitivitas GC lebih baik dari alat kromatografi lainnya.
- c) Waktu analisis GC relatif lebih cepat daripada alat kromatografi lainnya, yaitu sekitar 30 menit.
- d) Operasi GC sangat sesuai dengan prosedur dan sangat mudah digunakan oleh orang yang termasuk non-teknisi sekalipun.

GC-MS merupakan metode pemisahan senyawa organik yang menggunakan dua metode analisis senyawa yaitu kromatografi gas (GC) untuk menganalisis jumlah senyawa secara kuantitatif dan spektrometri massa (MS) untuk menganalisis struktur molekul senyawa analit. Analisa Kromatografi Gas dapat digunakan untuk sampel gas maupun cair, yang diinjeksikan ke dalam aliran gas inert sebagai fasa geraknya. Sampel kemudian dialirkan oleh gas pembawa menuju kolom kapiler, dimana komponen sampel akan terpisah berdasarkan kemampuan mereka untuk berinteraksi dengan fasa gerak (gas pembawa) serta fasa diam (material penyusun kolom kapiler). Kolom kromatografi gas dihubungkan langsung dengan spektrometer massa sebagai detector (Hendayana, 1994).

Pengabungan antara kromatografi gas dan spektroskopi massa dapat memberikan informasi kualitatif maupun kuantitatif senyawa yang dianalisis. GC-MS merupakan metode yang cepat dan akurat untuk memisahkan sekaligus mengidentifikasi secara langsung komponen-komponen dalam suatu campuran. Selain itu, metode GC-MS juga bisa digunakan untuk menentukan konsentrasi komponen penyusun campuran dari luas puncak kromatogram massa yang diperoleh (Rofiqi, 2012).

2.8.3 Adsorpsi nitrogen

Sifat fisik katalis berhubungan erat dengan struktur pori permukaan katalis yang diperjelas dengan penentuan luas permukaannya. Salah satu metode yang digunakan adalah adsorpsi nitrogen. Adsorpsi nitrogen ini digunakan untuk menentukan luas permukaan dan struktur pori suatu sampel. Luas area spesifik adalah luas area partikel tiap satuan massa atau volume dari material. Pada umumnya, luas area ditentukan melalui adsorpsi fisik dari gas seperti gas nitrogen atau adsorpsi kimia dari pewarna seperti metilen biru. Pada adsorpsi gas dikenal beberapa istilah sebagai berikut:

- a) Adsorbat, yaitu fase gas yang teradsorpsi pada permukaan material
- b) Adsorben, yaitu fase padatan yang mengadsorpsi gas, disebut juga substrat

(Widiarti, 2011)

Menurut Widiarti (2011), adsorpsi fisis gas nitrogen dalam jumlah tertentu pada suhu rendah (77 K) dan tekanan vakum diadsorpsi pada permukaan material berpori. Adsorpsi fisis tidak bergantung pada sifat sampel tetapi hanya bergantung pada luas permukaan dan struktur pori. Luas permukaan material yang dianalisis

diukur dari jumlah molekul yang teradsorpsi pada monolayer, sedangkan ukuran pori diukur berdasarkan tekanan kondensasi gas dalam pori-pori.

Adsorpsi nitrogen selain digunakan untuk penentuan pori dapat juga digunakan untuk menentukan luas permukaan total padatan (katalis) dengan metode BET (Broener-Emmet-Teller) (Widiarti, 2011). BET merupakan metode untuk menentukan luas permukaan material, distribusi pori dari material dan isotherm adsorpsi suatu gas pada suatu bahan. Prinsip kerja dari metode BET menggunakan mekanisme adsorpsi gas (umumnya nitrogen) pada permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi pada suhu konstan, biasanya suhu dididih dari gas tersebut (Wahyuningrum, 2012).

2.8.4 Difraksi sinar X (XRD)

Sinar X merupakan radiasi elektromagnetik yang memiliki energi tinggi sekitar 200 eV sampai 1 MeV. Sinar X dihasilkan oleh interaksi antara berkas elektron eksternal dengan elektron pada kulit atom. Spektrum sinar X memiliki panjang gelombang $10^{-5} - 10$ nm, berfrekuensi 10¹⁷-10²⁰ Hz dan memiliki energi 10³-10⁶ eV. Panjang gelombang sinar X memiliki orde yang sama dengan jarak antar atom sehingga dapat digunakan sebagai sumber difraksi Kristal (Widiarti, 2011).

Anshori (2009) mengemukakan bahwa panjang gelombang memiliki orde yang sama dengan jarak antar atom pada material kristalin, karena itu kristal akan berperilaku sebagai *grating* difraksi untuk sinar-X. Pancaran sinar-X yang mengenai permukaan kristal, sebagian akan dipantulkan oleh atom pada lapisan pertama. Sebagian sinar yang lain akan dipantulkan oleh lapisan kedua dan

seterusnya. Interferensi konstruktif maupun destruktif beroperasi dengan cara yang sama dengan kisi optis. Interferensi ini sesuai dengan persamaan Bragg:

$$N\lambda = 2 d \sin \theta$$

Dengan :

n : bilangan bulat

λ : panjang gelombang

d : jarak antar bidang dalam kristal

θ : sudut difraksi

Pemanfaatan XRD dalam kristalografi adalah untuk menentukan struktur 3 dimensi kristal secara tepat. Pola XRD memberikan informasi mengenai struktur kristal. Sampel Kristal bubuk akan menyulitkan pengukuran XRD karena akan memberikan refleksi sinar Bragg yang banyak sehingga puncaknya akan saling overlap dan intensitas rendah. Karena itu pada prakteknya akan sulit untuk mendapatkan informasi yang tepat dengan posisi tepat dengan intensitas dan refleksi individu (Anshori, 2009).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Populasi dan Sampel

3.1.1 Populasi

Populasi adalah seluruh obyek dari penelitian. Populasi dalam penelitian ini adalah sitronelal yang diperoleh dari hasil isolasi minyak sereh dengan cara distilasi fraksinasi pengurangan tekanan.

3.1.2 Sampel

Sampel adalah wakil dari populasi yang diteliti. Sampel dalam penelitian ini adalah cuplikan yang diambil secara acak dari sitronelal yang diisolasi dari minyak sereh.

3.2 Variabel Penelitian

3.2.1 Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang menjadi titik pusat penelitian. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah hasil reaksi reduksi sitronelal dengan menggunakan reduktor NaBH_4 dan H_2 terkatalis Ni/zeolit beta yaitu sitronelol.

3.2.2 Variabel bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang akan diteliti pengaruhnya terhadap variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah senyawa reduktor untuk sitronelal, yaitu NaBH_4 dan H_2 terkatalis Ni/zeolit beta.

3.2.3 Variabel terkendali

Variabel terkendali adalah faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil reaksi yang dikendalikan agar tidak mempengaruhi variabel bebas. Variabel

terkendali dalam penelitian ini adalah kecepatan pengadukan, perbandingan mol sitronelal dengan reduktor, tekanan, temperatur, dan waktu refluks.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian : kromatografi Gas (Hawlett Packard 5890 Series II), kromatografi Gas-Spektrometer Massa (GC-MS, Shimadzu QP 5000), spektrofotometer FTIR (Shimadzu FTIR-8201PC), termometer, *Surface Area Analyzer* (SAA, Quantachrome), oven, alat distilasi fraksinasi beserta vakum (Duran), alat refluks (Duran), alat pemanas (Steromag), pengaduk magnetik (*magnetic stirrer*), indikator universal (Merck), neraca analitik (Mettler Toledo), labu takar (Pyrex), erlenmeyer (Pyrex), pipet volume (Pyrex), gelas kimia (Pyrex), corong gelas (Pyrex), gelas ukur (Pyrex).

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian : minyak sereh (Toko Sari Warna Jogjakarta), NaBH_4 (Merck), aquadest, HCl 20% (Merck), Na_2SO_4 anhidrat (Merck), etanol p.a. (Merck), H-zeolit Beta, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Merck), gas N_2 , dan gas H_2 .

3.4 Cara Kerja

3.4.1 Isolasi sitronelal dari minyak sereh wangi

Sitronelal diperoleh dari distilasi fraksinasi pengurangan tekanan 300 mL minyak sereh wangi. Destilat-destilat dipisahkan antara satu dengan yang lainnya berdasarkan perbedaan titik didih dan fraksi sitronelal dianalisis dengan GC. Fraksi sitronelal yang masih tercampur dengan komponen yang lain didistilasi ulang. Hasilnya diidentifikasi dengan IR dan GC (Wahyuningrum, 2012).

3.4.2 Reduksi sitronelal dengan NaBH_4

Ke dalam labu leher tiga yang telah dilengkapi seperangkat alat refluks dimasukkan NaBH_4 1,5 g. dan etanol 7,2 mL. Campuran diaduk, kemudian ditambahkan sitronelal hasil destilasi sebanyak 3,6 mL. Perbandingan sitronelal dan NaBH_4 yang dimasukkan sebesar 1:2 (perbandingan mol). Dilakukan refluks sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dan bantuan penangas minyak selama 1 jam pada suhu 80°C . Setelah refluks selesai, campuran didinginkan dan ditambahkan aquadest sebanyak 7,2 mL kemudian diaduk 30 menit. Selanjutnya ditambahkan HCl 20% hingga pH 1–2. Campuran reaksi diaduk dalam suhu kamar selama 15 menit. Hasil refluks dimasukkan dalam corong pisah untuk memisahkan sitronelol dengan fasa airnya, kemudian ditambahkan Na_2SO_4 anhidrat kemudian disaring. Hasilnya dianalisis dengan menggunakan IR dan GC-MS (Kaniawati dkk., 2004).

3.4.3 Preparasi katalis Ni/zeolit beta

H-zeolit beta dipanaskan pada oven pada suhu 150°C selama 2 jam sehingga terbentuk H-zeolit beta aktif dan dihaluskan dengan lumpang dan alu porselain. Kemudian hasilnya 9,56 gram H-zeolit beta aktif direndam dalam 2,2058 gram $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang dilarutkan dalam 30 mL aquades. Campuran $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan H-zeolit beta dipanaskan pada suhu 80°C sambil diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* sampai menjadi bubur. Hasilnya berupa Ni/zeolit beta yang dikeringkan pada suhu 110°C dan dikalsinasi sambil dialiri gas N_2 pada suhu 400°C selama 3 jam. Kemudian direduksi dengan gas H_2 pada suhu 400°C

selama 3 jam. Ni/zeolit beta dikarakterisasi dengan SAA dan XRD (Wahyuningrum, 2012).

3.4.4 Hidrogenasi sitronelal terkatalis Ni/zeolit beta

Proses hidrogenasi sitronelal dengan gas H₂ terkatalis Ni/zeolit beta diawali dengan 2,565 g. katalis dimasukkan ke dalam reaktor yang dialiri gas H₂, kemudian dipanaskan pada suhu 200°C selama 1 jam. Kemudian suhu reaktor diturunkan hingga 100°C dan dimasukkan 20 ml sitronelal. Suhu reaktor dinaikkan kembali sampai 200°C selama 3 jam dengan kecepatan alir gas H₂ 15 mL/menit. Campuran dipisahkan dengan *centrifuge*. Hasilnya dianalisis dengan menggunakan IR dan GC (Kadarohman dkk., 2009).

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Dari penelitian ini data yang dikumpulkan meliputi:

- a. Kromatogram gas (GC) minyak sereh, sitronelal hasil destilasi fraksinasi dan sitronelal hasil redistilasi fraksinasi, serta senyawa hasil reaksi untuk mengetahui kadar senyawa.
- b. Spektrum FTIR sitronelal, sitronelol dan 3,7-dimetil-oktanol untuk mengetahui gugus fungsi senyawa.
- c. Kromatogram gas dan spektra massa (GC-MS) sitronelol untuk mengetahui kadar senyawa dan massa molekul senyawa.
- d. SAA untuk mengetahui luas permukaan katalis yang digunakan.
- e. XRD untuk mengetahui kristalinitas katalis.

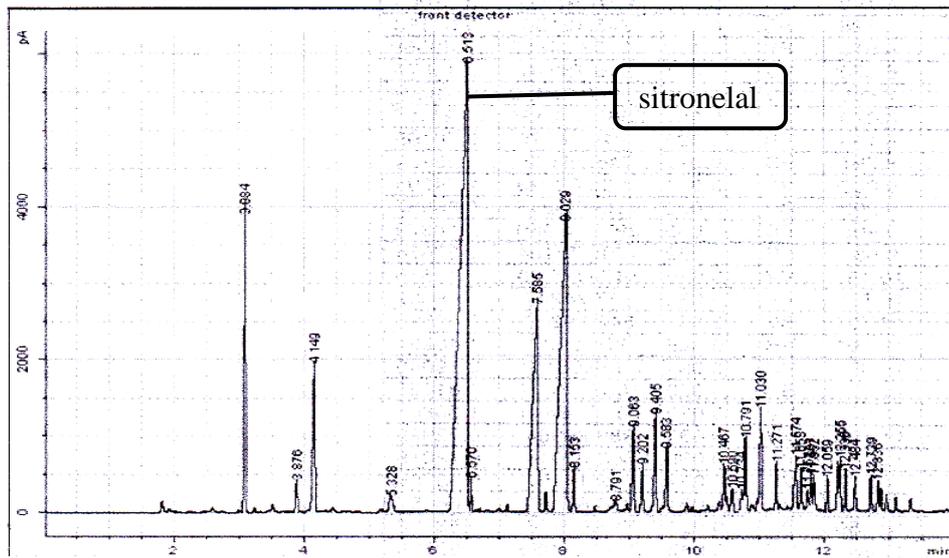
BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian tentang transformasi sitrinelal menjadi sitronelol dengan menggunakan NaBH_4 dan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta dilakukan di Laboratorium Kimia Organik jurusan Kimia Universitas Negeri Semarang. Penelitian ini meliputi isolasi sitronelal dari minyak sereh, karakterisasi katalis Ni/zeolit beta, dan reduksi sitronelal menjadi sitronelol dengan menggunakan NaBH_4 dan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta.

4.1 Isolasi Sitronelal dari Minyak Sereh

Isolasi sitronelal dari minyak sereh dilakukan dengan cara distilasi fraksinasi pengurangan tekanan. Minyak sereh sebanyak 300 ml diisolasi dan dipisahkan menjadi tiga fraksi berdasarkan perbedaan titik didih. Pada perlakuan awal, minyak sereh diuji dengan GC untuk mengetahui kadar sitronelal yang ada dalam minyak sereh tersebut. Dari hasil GC minyak sereh diperoleh kadar sitronelal sebesar 37,49% pada waktu retensi 6,513. Hasil uji GC minyak sereh dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kromatogram minyak sereh

Identifikasi fraksi-fraksi dalam minyak sereh berupa uji sifat fisik seperti warna, volume, dan titik didih. Hasil uji sifat fisik fraksi-fraksi minyak sereh dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Uji sifat fisik fraksi-fraksi minyak sereh

Parameter	Fraksi I	Fraksi II	Fraksi III
Warna	Putih keruh	Bening kekuningan	Kuning tua
Volume (ml)	32	41	220
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	70-80	110-120	150-160

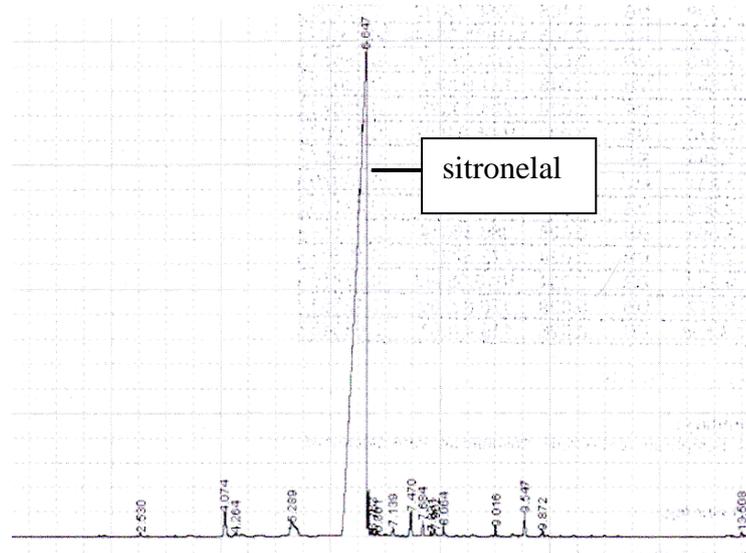
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Wahyuningrum (2012), citronelal berwarna bening kekuningan dan keluar pada titik didih 110-120 $^{\circ}\text{C}$, maka diketahui bahwa citronelal berada pada fraksi II.

4.1.1 Identifikasi citronelal dengan menggunakan gas kromatografi (GC)

Fraksi II yang diperoleh dari fraksinasi minyak sereh diuji dengan GC dan memperlihatkan kemurnian sebesar 94,13% pada waktu retensi 6,647. Dengan waktu retensi 6,647 dapat dikatakan bahwa fraksi II adalah citronelal karena

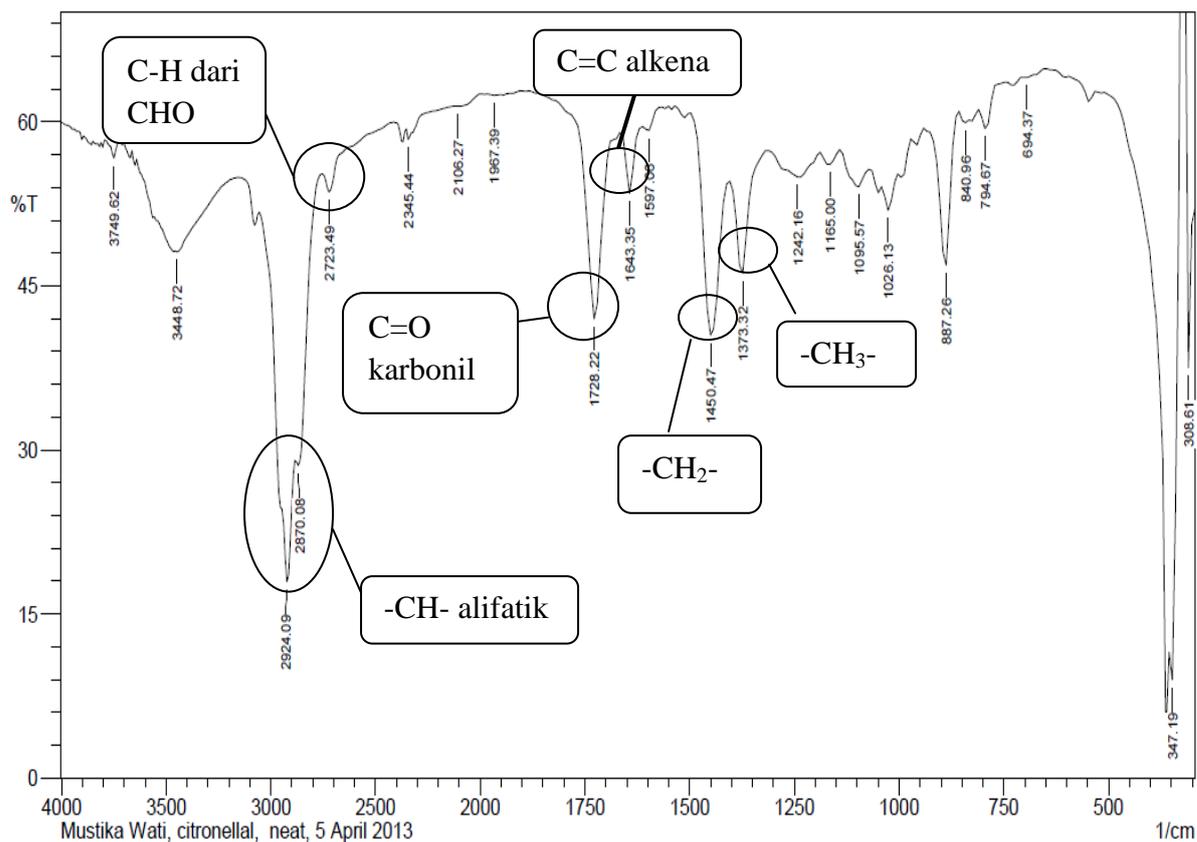
berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Wahyuningrum (2012) sitronelal keluar pada waktu retensi 6 menit.

Kromatogram dari sitronelal hasil isolasi minyak sereh dapat dilihat pada Gambar 4.2.



4.1.2 Identifikasi sitronelal dengan menggunakan FTIR

Setelah dilakukan uji sampel dengan Kromatografi gas (GC), kemudian dilakukan uji sampel dengan menggunakan FTIR. Spektrum FTIR dari sitronelal hasil isolasi dari minyak sereh dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Spektrum FTIR sitronelal

Dari data spektrum FTIR di atas dapat dilihat adanya pita serapan yang menunjukkan vibrasi uluran dari gugus-gugus yang terdapat dalam sitronelal.

Data lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Bilangan gelombang gugus fungsi sitronelal

Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})
C-H alifatik	2924,09 sampai 2870,08
C-H dari CHO	2723,49
C=O karbonil	1728,22
C=C alkena	1643,35
-CH ₂ -	1450,47
-CH ₃	1373,32

Berdasarkan Gambar 4.3 terlihat adanya pita serapan yang menunjukkan adanya vibrasi ulur dari gugus C-H alifatik pada serapan 2924,09 sampai 2870,08 cm^{-1} , pita serapan 2723,49 cm^{-1} adalah vibrasi ulur dari C-H aldehid, gugus C=O

karbonil ditunjukkan pada serapan $1728,22\text{ cm}^{-1}$, gugus C=C alkena ditunjukkan pada serapan $1643,35\text{ cm}^{-1}$, gugus $-\text{CH}_2-$ berada di sebelah kiri bilangan gelombang 1400 yaitu ditunjukkan pada serapan $1450,47\text{ cm}^{-1}$, sedangkan gugus $-\text{CH}_3$ berada di sebelah kanan bilangan gelombang 1400 yaitu ditunjukkan pada serapan $1373,32\text{ cm}^{-1}$. Sesuai dengan vibrasi ulur tersebut maka senyawa yang dianalisis diketahui adalah sitronelal.

4.2 Peperasi dan Karakterisasi Katalis Ni/Zeolit Beta

Preparasi katalis dilakukan dengan metode impregnasi logam ke dalam zeolit beta. Sebelum dilakukan impregnasi, zeolit beta diaktivasi menjadi H-zeolit beta dengan cara pemanasan pada suhu 150°C untuk mengurangi kadar air yang menutupi permukaan dan pori-pori pada zeolit beta. Setelah diaktivasi H-zeolit beta direndam dalam larutan $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ pada suhu 80°C dan diaduk dengan *magnetic stirrer*. Pada proses ini terjadi impregnasi logam Ni dan campuran akan menjadi bubur Ni/zeolit beta. Bubur Ni/zeolit beta dikeringkan pada suhu 110°C kemudian dilakukan kalsinasi dengan dialiri gas N_2 pada suhu 400°C untuk menghilangkan zat-zat organik dan produk-produk gas yang tidak diinginkan. Selanjutnya dialiri gas H_2 pada suhu 400°C untuk mereduksi logam NiO yang terdapat pada katalis menjadi logam Ni (Wahyuningrum, 2012).

Kestabilan katalis dapat dilihat dari hasil karakterisasi katalis yang meliputi :

4.2.1 Permukaan katalis

Permukaan katalis dapat dianalisis dengan menggunakan metode adsorpsi nitrogen atau BET menggunakan alat SAA. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Sifat permukaan H-zeolit beta dan Ni/zeolit beta

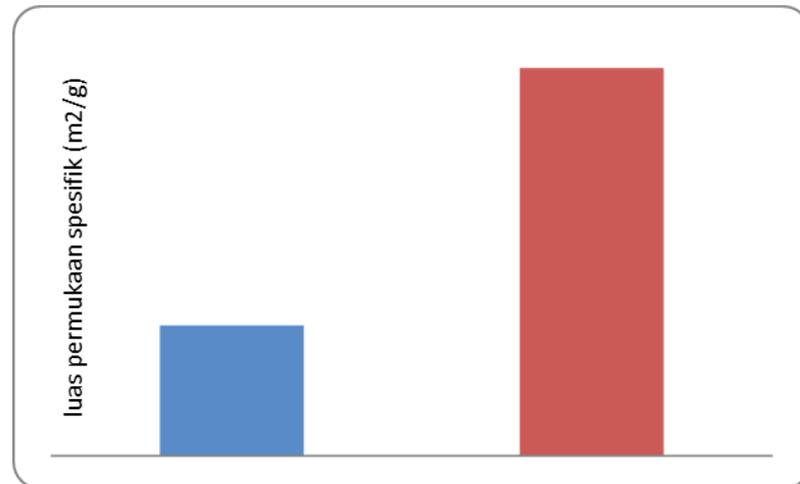
Sampel	Luas permukaan spesifik (m ² /g)
H-zeolit beta	156,77
Ni/zeolit beta	466,638

Berdasarkan tabel 4.3, dapat dilihat bahwa pada proses impregnasi logam yang dilakukan dengan pemanasan dan pengadukan dengan larutan Ni(NO₃)₂.6H₂O menyebabkan luas permukaan katalis semakin besar. Semakin besar luas permukaan katalis maka akan semakin mempercepat proses hidrogenasi (Wahyuningrum, 2012).

Proses impregnasi akan mengakibatkan terjadinya pengembangan ruang antar lembaran (jarak ruang antar basal) dan terbentuknya sistem pori yang baik. Sistem pori yang baik akan mengakibatkan permukaan H-zeolit beta semakin terbuka sehingga luas permukaan spesifik pada Ni/zeolit beta semakin meningkat (Wahyuningrum, 2012). Luas permukaan spesifik meningkat dari 156,77 m²/g menjadi 466,638 m²/g.

Tujuan dari impregnasi logam ke dalam suatu padatan adalah untuk memperluas permukaan dari suatu padatan (sampel katalis) dan diharapkan aktivitas katalis akan meningkat. Semakin banyak logam yang diembankan secara merata pada permukaan katalis diharapkan luas permukaan spesifik akan meningkat, namun pada kenyataannya tidak selalu demikian. Bila terjadi akumulasi pada bagian mulut pori atau saluran pori atau logam aktif terdispersi tidak merata pada permukaan katalis akan menyebabkan luas permukaan spesifik dari suatu padatan menjadi turun, dengan demikian situs aktif pada permukaan

padatan menjadi semakin sedikit (dargo,dkk. 1997). Gambar 4.4 menunjukkan perbandingan luas permukaan spesifik antara H-zeolit beta dengan Ni/zeolit beta.

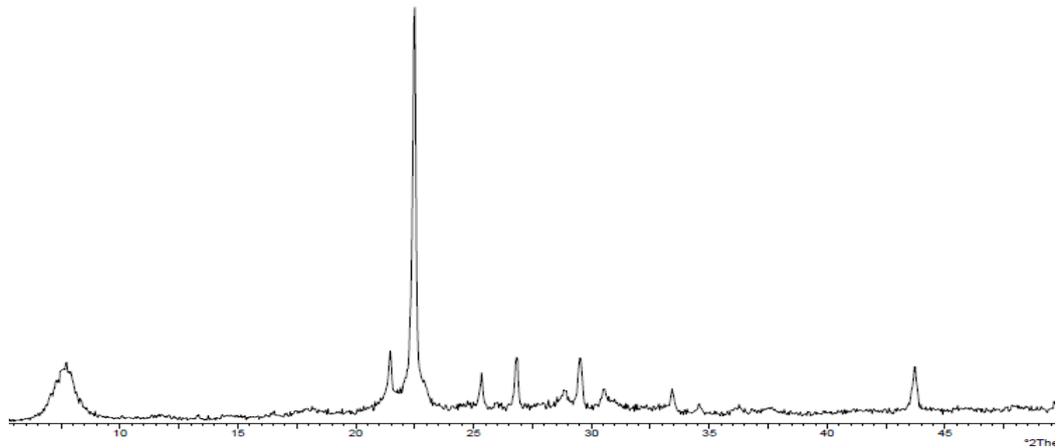


Gambar 4.4 Perbandingan luas permukaan katalis

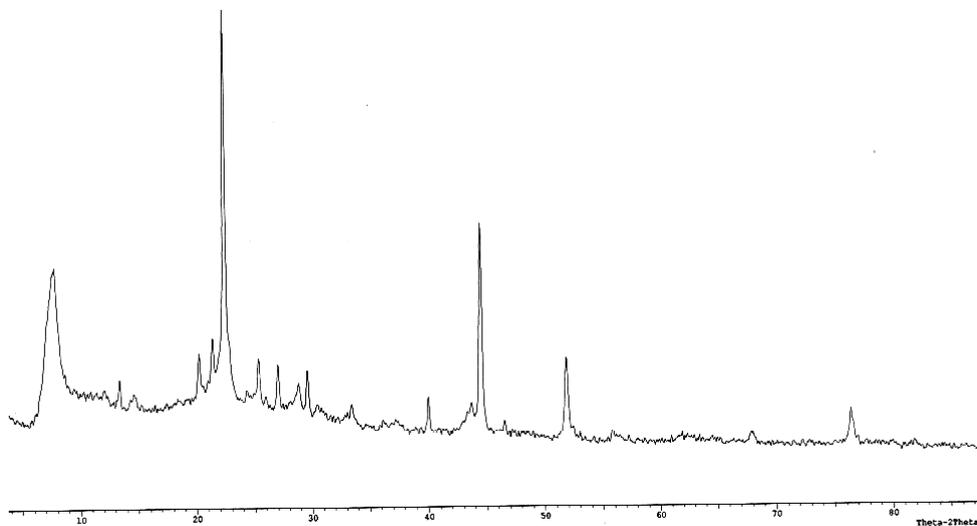
Peningkatan luas permukaan dipengaruhi oleh proses impregnasi dan proses kalsinasi yang menyebabkan terjadinya pembukaan pori pada zeolit yang semula tertutup oleh pengotor (Wahyuningrum, 2012).

4.2.2 Kristalinitas katalis

Pemanfaatan XRD (*X-ray diffraction*) dalam kristalografi adalah untuk menentukan struktur 3 dimensi kristal secara tepat. Identifikasi kristal dilakukan dengan membandingkan jarak d dan intensitas pola XRD sampel dengan standar (Anshori, 2009). Difraktogram zeolit beta dan Ni/zeolit beta dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan 4.6.



Gambar 4.5 Difraktogram zeolit beta



Gambar 4.6 Difraktogram Ni/zeolit beta

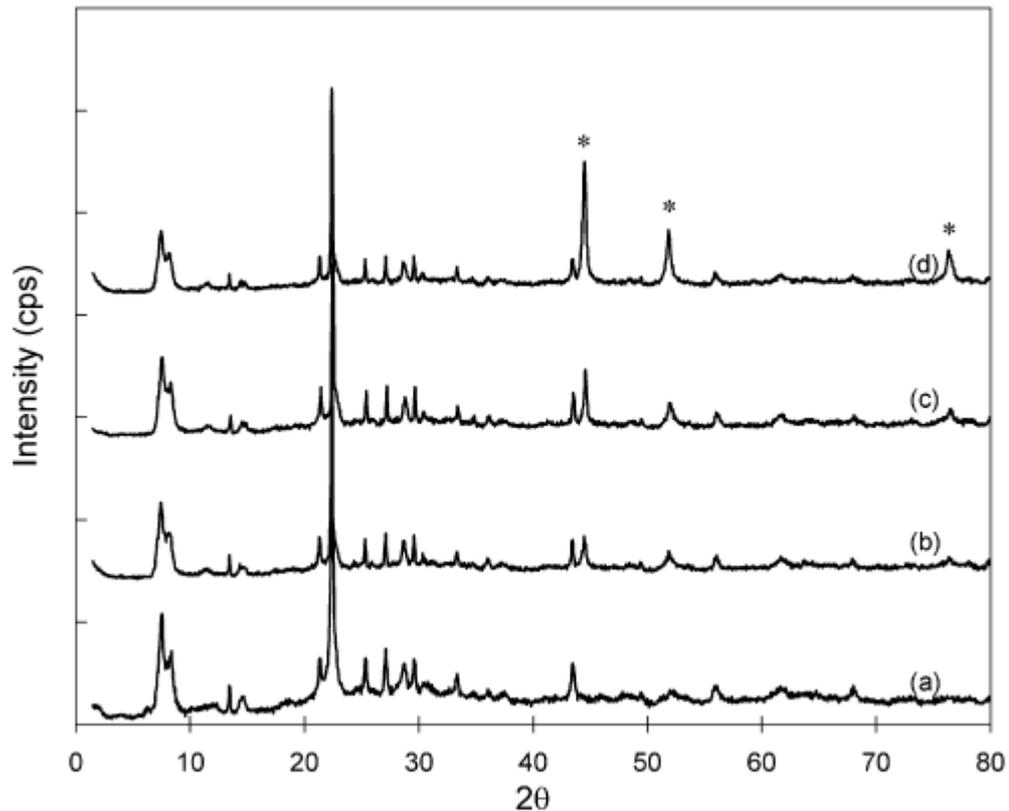
Gambar 4.5 dan 4.6 menunjukkan hubungan antara intensitas dan 2θ . Hasil analisis puncak-puncak tertinggi difraktogram dari zeolit beta dan Ni/zeolit beta dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Puncak-puncak tertinggi dari zeolit beta dan Ni/zeolit beta

sampel	2θ (deg)	Intensitas (counts)
Zeolit beta	7,6818	276,77
	21,4567	352,12
	22,4820	2210,95
	25,3271	207,37
	26,8207	295,25
	29,519	299,87
	43,7216	246,61
Ni/zeolit beta	7,8200	440
	20,2430	156
	21,4009	188
	22,4537	1321
	22,8800	168
	25,3611	161
	27,0202	155
	29,5881	158
	39,9676	144
	44,4535	787
	51,8090	312
76,3616	150	

Puncak yang muncul antara zeolit beta dan Ni/zeolit beta tidak mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan struktur zeolit beta akibat perlakuan kalsinasi dan reduksi ketika proses impregnasi $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ pada zeolit beta. Hasil ini juga menunjukkan struktur kerangka zeolit beta mempunyai kestabilan yang cukup tinggi (Wahyuningrum, 2012).

Berdasarkan difraktogram dan tabel diatas terdapat puncak-puncak baru yang merupakan puncak logam Ni yang teremban dalam zeolit beta. Hal ini didukung dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Nie dkk. (2007). Difraktogram Ni/zeolit beta dari penelitian yang telah dilakukan Nie dkk. (2007) ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Difraktogram dari (a) 3% Ni/zeolit beta, (b) 4% Ni/zeolit beta, (c) 5% Ni/zeolit beta, (d) 15% Ni/zeolit beta

4.3 Aktivitas dan Selektivitas Reduktor NaBH_4 untuk Mereduksi Sitronelal menjadi Sitronelol

Pada penelitian ini dilakukan uji aktivitas dan selektivitas reduktor NaBH_4 dalam mereduksi sitronelal menjadi sitronelol. Perbandingan mol antara sitronelal dengan NaBH_4 adalah 1:2. NaBH_4 dilarutkan dalam etanol agar reaksi berlangsung dalam sistem yang homogen. Pelarut etanol dipilih karena pada kondisi tersebut aldehyd dan keton akan cepat tereduksi dan inert terhadap gugus yang lain seperti asam, ester nitril dan nitro. Reaksi dilakukan dalam labu leher tiga yang dilengkapi dengan pendingin balik, pengaduk magnetik, termometer dan pemanas. Reaksi dilakukan selama 1 jam dengan suhu 80°C . Perlakuan

selanjutnya adalah penambahan H₂O ke dalam campuran reaksi. Penambahan H₂O ini dimaksudkan untuk bereaksi dengan NaBH₄ dan membebaskan gas H₂.



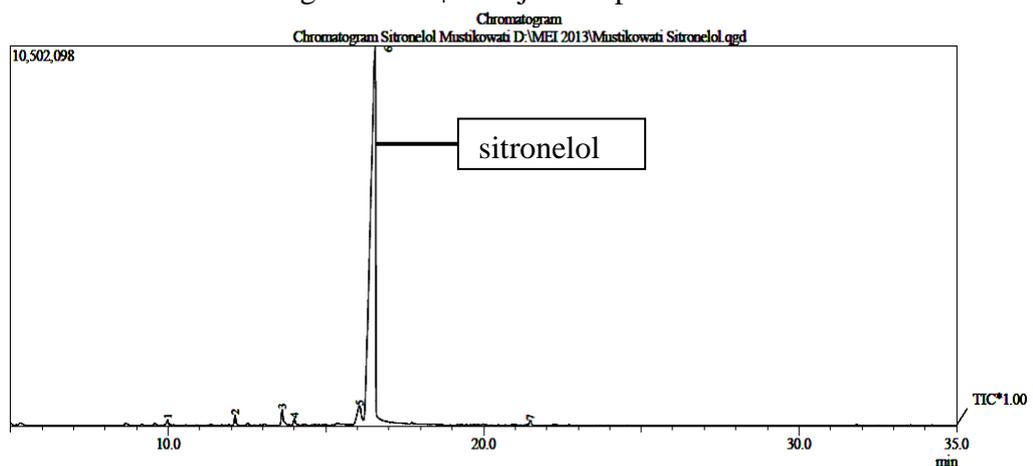
Selanjutnya dilakukan penambahan HCl 20% ke dalam campuran reaksi.

Larutan HCl 20% digunakan untuk mengikat NaBH₄ sisa menjadi garam NaCl.



Hasil reaksi kemudian dimasukkan dalam corong pisah untuk memisahkan sitranelol dengan fasa airnya kemudian ditambahkan Na₂SO₄ anhidrat untuk mengikat sisa air yang masih ada dalam sitranelol.

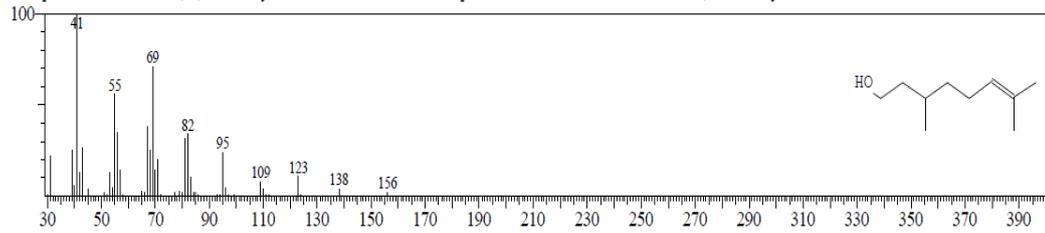
Sampel diuji menggunakan GC-MS untuk melihat kadar senyawa dan untuk melihat struktur molekul senyawa yang terkandung dalam sampel. Kromatogram hasil reduksi sitranelal dengan NaBH₄ ditunjukkan pada Gambar 4.8:



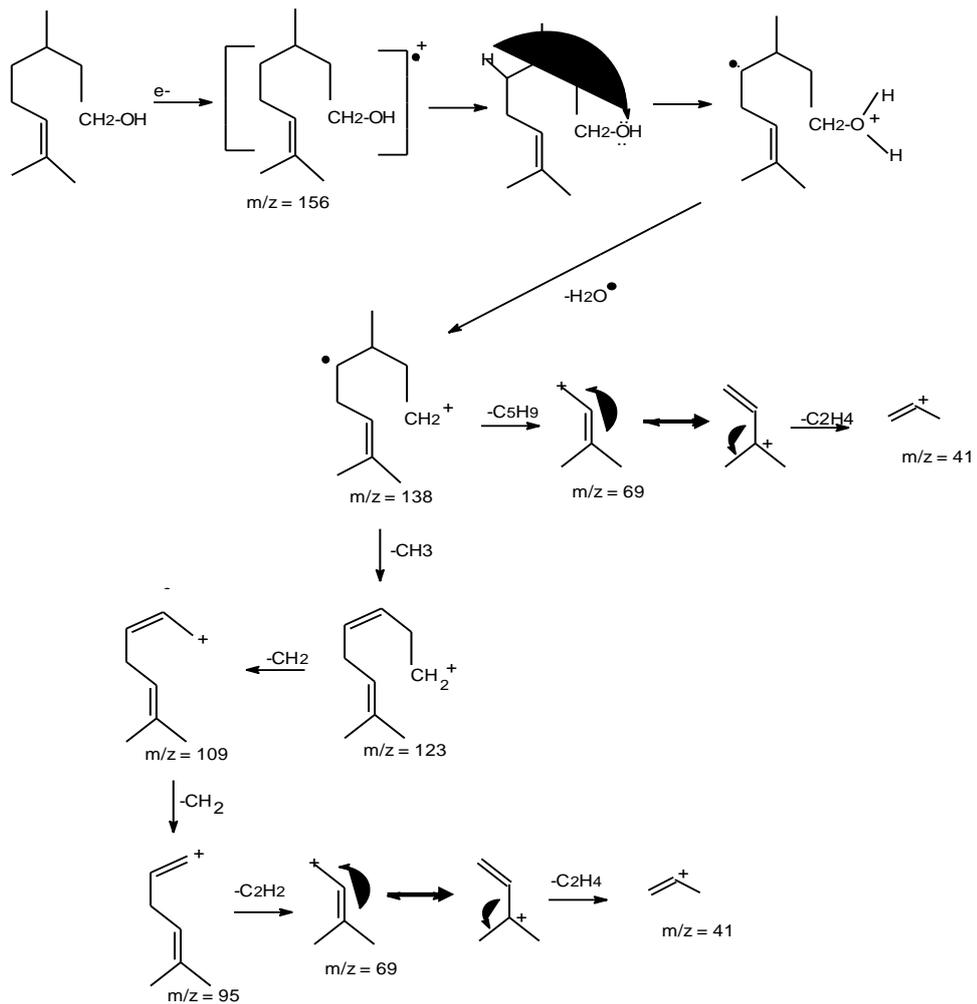
Gambar 4.8 Kromatogram hasil reaksi reduksi sitranelal dengan NaBH₄

Berdasarkan kromatogram pada gambar 4.8, didapatkan persentase tertinggi pada waktu retensi 16,56 dengan kemurnian 94,19%. Spektrum massa sitranelol dan fragmentasinya dapat dilihat pada gambar 4.9.dan gambar 4.10.

Hit#:4 Entry:11594 Library:NIST62.LIB
 SI:95 Formula:C10H20O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0
 CompName:6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- \$.beta.-Citronellol \$\$.Cephrol \$\$ Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ Elenol \$\$ RHODINOL



Gambar 4.9 spektrum massa sitronelol

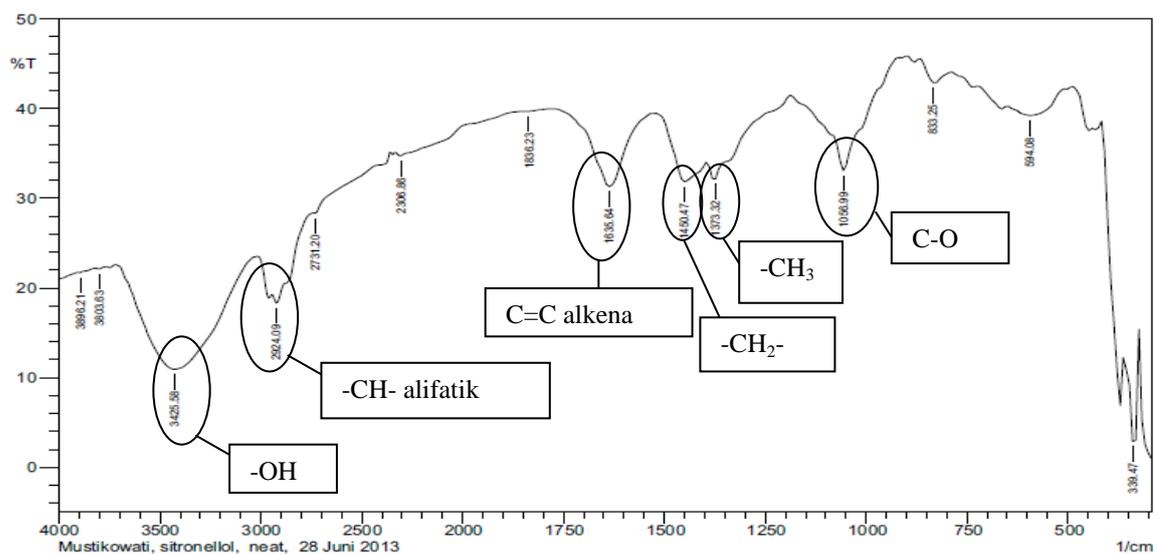


Gambar 4.10 Fragmentasi sitronelol

Pada spektrometer massa, reaksi pertama suatu molekul adalah ionisasi awal (pengambilan sebuah elektron). Hilangnya sebuah elektron menghasilkan ion molekuler (M^+ , $m/z=156$) (Fessenden & Fessenden, 1986). Fragmen ion molekuler M^+ ($m/z=156$)

terlihat sangat kecil, ini berarti senyawa tersebut mudah mengalami fragmentasi. Garis paling tinggi pada spektrum massa menunjukkan puncak dasar, yaitu pada $m/z=41$. Puncak $m/z=138$ terjadi karena adanya pelepasan radikal H_2O . Radikal C_5H_9 yang terlepas menghasilkan puncak $m/z=69$. Pemecahan selanjutnya radikal C_2H_4 terlepas menghasilkan puncak dengan $m/z=41$.

Setelah sampel diuji menggunakan GC-MS, sampel diuji menggunakan spektrofotometer FTIR untuk melihat gugus-gugus fungsi sitronelol hasil reduksi sitronelal. Spektrum FTIR dari reaksi reduksi sitronelal dengan $NaBH_4$ dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Spektrum FTIR hasil reaksi reduksi sitronelal dengan $NaBH_4$

Dari data spektrum FTIR di atas dapat dilihat adanya pita serapan yang menunjukkan vibrasi uluran dari gugus-gugus yang terdapat dalam sitronelol. Data lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

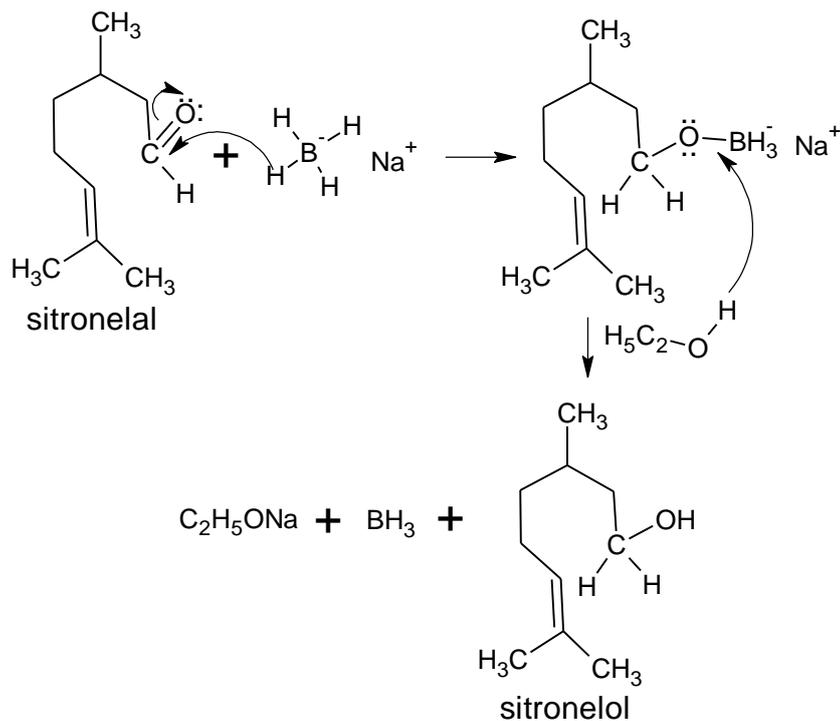
Tabel 4.5 Spektrum FTIR hasil reaksi reduksi sitronelal dengan NaBH₄

Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Gugus fungsi
3425,58	-OH
2924,09	-CH- alifatik
1635,64	C=C alkena
1450,47	-CH ₂ -
1373,32	-CH ₃ -
1056,99	C-O

Berdasarkan Gambar 4.11 dapat terlihat adanya pita serapan yang menunjukkan adanya vibrasi ulur dari gugus -OH pada daerah panjang gelombang 3425,58 cm⁻¹, pita serapan pada gelombang 2924,09 cm⁻¹ adalah vibrasi ulur dari gugus -CH- alifatik, pita serapan pada panjang gelombang 1635,64 cm⁻¹ adalah vibrasi ulur dari gugus C=C alkena, pita serapan pada panjang gelombang 1450,47 cm⁻¹ adalah vibrasi ulur dari -CH₂-, pita serapan pada panjang gelombang 1373,32 cm⁻¹ adalah vibrasi ulur dari -CH₃-, dan pita serapan pada panjang gelombang 1056,99 cm⁻¹ adalah vibrasi ulur C-O dari CH₂-OH.

Hasil uji GC dan FTIR menunjukkan bahwa reduksi sitronelal dengan reduktor NaBH₄ menghasilkan sitronelol dengan kemurnian sebesar 94,19%.

Gambar 4.12 adalah mekanisme reaksi reduksi sitronelal sebagai berikut :



Gambar 4.12 Mekanisme reaksi reduksi sitronelal dengan NaBH_4
(Fessenden & Fessenden, 1986)

4.4 Aktivitas dan Selektivitas Hidrogenasi dengan Katalis Ni/zeolit beta untuk Mereduksi Sitronelal

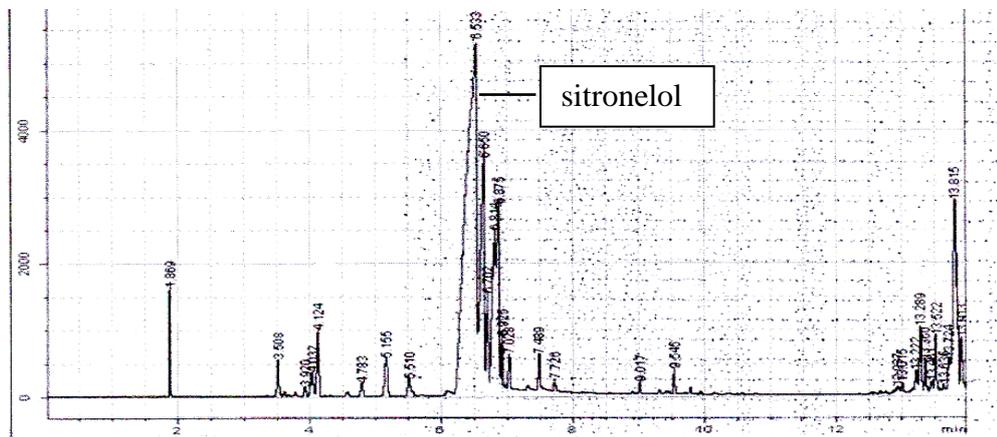
Reaksi hidrogenasi sitronelal hanya dapat berlangsung jika menggunakan bantuan katalis. Katalis yang digunakan dalam penelitian ini adalah logam Nikel yang diimbangkan pada zeolit beta. Nikel merupakan logam transisi yang umum digunakan sebagai katalis karena sifatnya yang fleksibel dan mempunyai karakteristik-karakteristik yang unik seperti tidak berubah sifatnya bila terkena udara, ketahanannya terhadap oksidasi dan kemampuannya untuk mempertahankan sifat-sifat aslinya di bawah suhu yang ekstrim (Nurisman, 2009).

Zeolit beta digunakan sebagai pengemban logam Nikel karena mempunyai stabilitas pemanasan yang tinggi, porositas yang baik, serta luas permukaan yang

besar. Katalis yang digunakan dalam proses hidrogenasi adalah 15% dari berat sitranelal yang akan dihidrogenasi. Reaksi hidrogenasi dilakukan pada suhu tinggi, yaitu suhu 200°C karena reaksi hidrogenasi gugus karbonil biasanya diperlukan kalor dan tekanan tinggi.

Reaksi dilakukan dalam reaktor yang dialiri dengan gas H₂. Gas H₂ dan katalis Ni/zeolit beta dimasukkan dalam reaktor dan dipanaskan pada suhu 200°C selama 1 jam kemudian suhu diturunkan hingga 100°C dan sitranelal ditambahkan ke dalam reaktor. Campuran dimasukkan dalam *centrifuge* untuk memisahkan katalis dengan produk reaksi. Produk reaksi kemudian dianalisis dengan menggunakan GC dan FTIR (Kadarohman dkk., 2009).

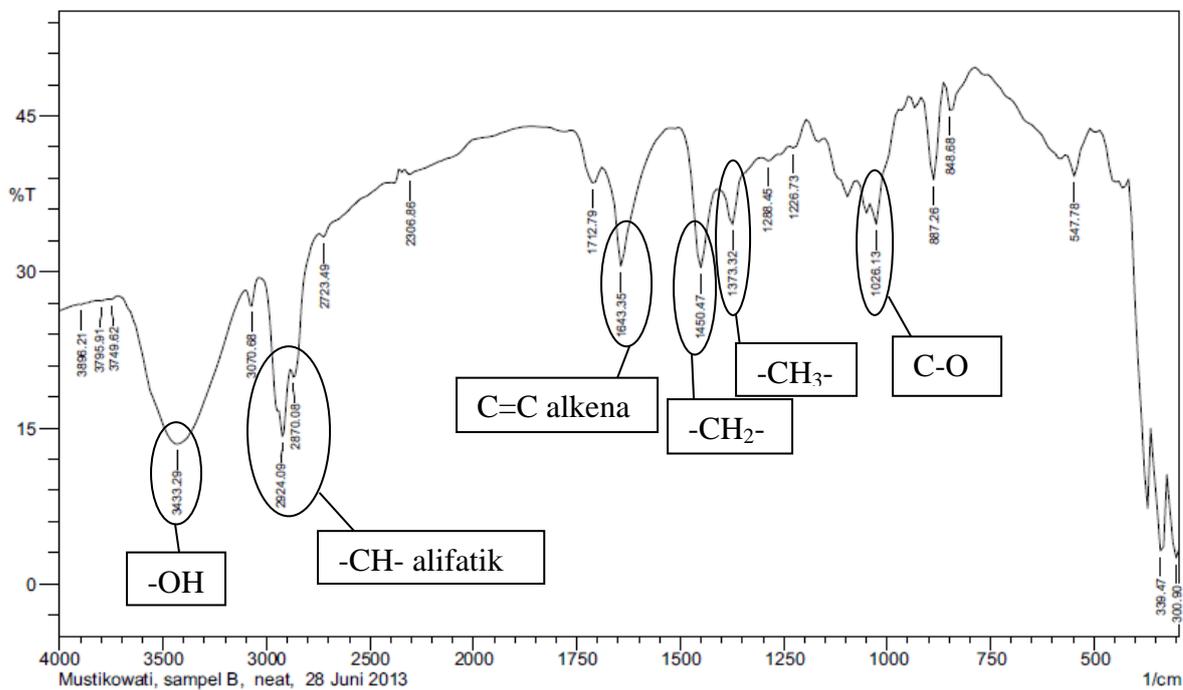
Sampel diuji menggunakan GC untuk melihat kadar produk reaksi hidrogenasi yang terbentuk. Kromatogram hasil reaksi hidrogenasi sitranelal dengan katalis Ni/zeolit beta dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Kromatogram hasil reaksi hidrogenasi sitranelal

Berdasarkan kromatogram pada Gambar 4.13, diperoleh persentase tertinggi sebesar 43,91%. Setelah sampel diuji menggunakan GC, sampel diuji menggunakan spektrofotometer FTIR untuk melihat gugus-gugus fungsi hasil

hidrogenasi sitronelal. Spektrum FTIR dari reaksi hidrogenasi sitronelal dengan katalis Ni/zeolit beta dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Spektrum FTIR hidrogenasi sitronelal

Pada Gambar 4.14 dapat dilihat adanya pita serapan yang menunjukkan vibrasi uluran dari gugus-gugus yang terdapat dalam sitronelol. Data lebih jelas mengenai gugus-gugus fungsi yang ada dalam sitronelol dapat dilihat pada Tabel 4.6.

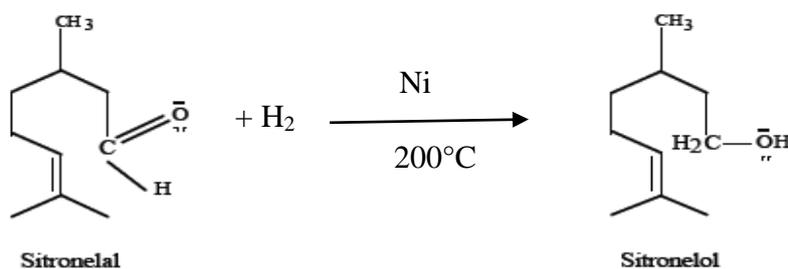
Tabel 4.6 Spektrum FTIR hasil reaksi hidrogenasi sitronelal

Bilangan gelombang (cm^{-1})	Gugus fungsi
3433,29	-OH
2924,09 sampai 2870,08	-CH- alifatik
1643,35	C=C alkena
1450,47	-CH ₂ -
1373,32	-CH ₃ -
1026,13	C-O

Berdasarkan Gambar 4.14 dapat terlihat adanya pita serapan yang menunjukkan adanya vibrasi ulur dari gugus -OH pada daerah panjang gelombang 3433,29 cm^{-1} , pita serapan pada gelombang 2924,09 cm^{-1} sampai 2870,08 cm^{-1} adalah vibrasi ulur dari gugus -CH- alifatik, pita serapan pada panjang gelombang 1643,35 cm^{-1} adalah vibrasi ulur dari gugus C=C alkena, pita serapan pada panjang gelombang 1450,47 cm^{-1} adalah vibrasi ulur dari -CH₂-, pita serapan pada panjang gelombang 1373,32 cm^{-1} adalah vibrasi ulur dari -CH₃-, dan pita serapan pada panjang gelombang 1026,13 cm^{-1} adalah vibrasi ulur C-O dari CH₂-OH.

Berdasarkan hasil uji senyawa produk reaksi dengan GC dan FTIR diketahui bahwa senyawa yang dihasilkan dari reaksi hidrogenasi sitronelal adalah senyawa sitronelol dengan kadar kemurnian 43,91%.

Suatu keton direduksi menjadi alkohol sekunder oleh hidrogenasi katalitik, sementara suatu aldehida menghasilkan alkohol primer. Reaksi hidrogenasi sitronelal dengan katalis Ni/zeolit beta ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Reaksi hidrogenasi sitronelal dengan katalis Ni/zeolit beta (Fessenden & Fessenden, 1986)

Pada penelitian ini, sitronelol yang terkonversi hanya 43,91%. Hal ini disebabkan karena suhu yang terlalu tinggi dan tekanan rendah sehingga sebelum gas H₂ mereduksi ikatan rangkap, gas H₂ sudah menguap terlebih dahulu sehingga

yang tereduksi hanya gugus karbonil. Ketika sitronelal dimasukkan ke dalam reaktor, suhu reaktor sudah mencapai lebih dari 100°C.

Aktivitas dan selektivitas transformasi sitronelal menjadi sitronelol yang lebih tinggi diperoleh dari reaksi reduksi dengan NaBH₄. Boron kurang elektronegatif dibandingkan hidrogen sehingga keduanya bermuatan positif. Akibatnya, hidrogen yang diikat oleh Boron bermuatan negatif yang disebut ion hidrida. Hidrida logam bereaksi dengan menyerah-terimakan ion hidrida negatif kepada karbon positif dari suatu gugus karbonil sehingga ikatan rangkapnya putus. Oksigen karbonil bermuatan negatif akan menyerang Boron (pada NaBH₄). Reaksi ini berlangsung 4 kali karena tiap satu atom Boron pada NaBH₄ mengandung 4 atom hidrogen bermuatan negatif sehingga transformasi yang didapatkan lebih besar dari pada menggunakan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta. Hasil transformasi sitronelal menjadi sitronelol dengan menggunakan NaBH₄ dan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil transformasi sitronelal menjadi sitronelol

Reduktor	Produk sebelum Rt sitronelol (%)	Sitronelol (%)	Produk sesudah Rt sitronelol (%)
NaBH ₄	5,41	94,19	0,4
Hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta	7,22	43,91	48,87

NaBH₄ mempunyai aktivitas dan selektivitas lebih tinggi dalam mereduksi sitronelal menjadi sitronelol dibandingkan dengan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta. NaBH₄ memberikan hasil transformasi sitronelol sebesar 94,19%.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Transformasi sitronelal menjadi sitronelol dengan reduktor NaBH_4 menghasilkan konversi sebesar 94,19% sedangkan dengan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta menghasilkan konversi sebesar 43,91%.
2. NaBH_4 memiliki selektivitas dan aktivitas yang lebih tinggi dalam transformasi sitronelal menjadi sitronelol dibandingkan dengan hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta, yaitu sebesar 94,19%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut sebagai berikut :

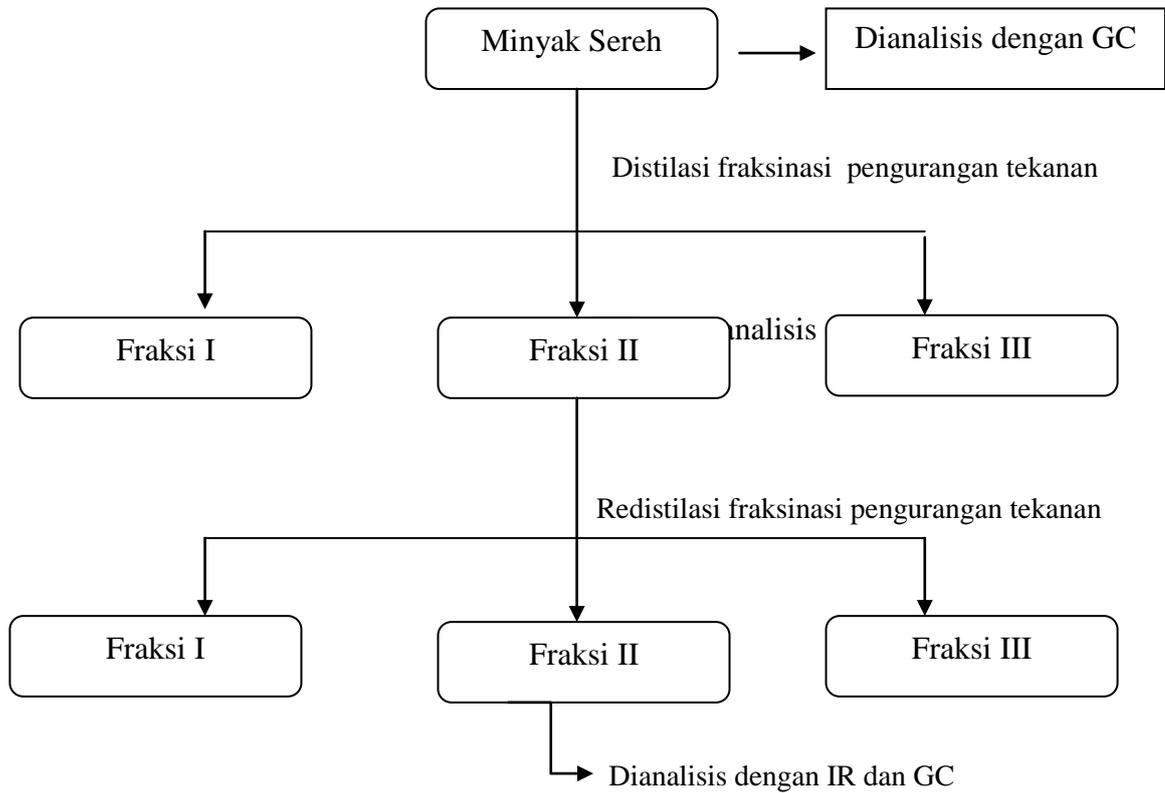
1. Perlu dilakukan optimasi perbandingan mol antara sitronelal dengan NaBH_4 untuk transformasi sitronelal menjadi sitronelol.
2. Perlu dilakukan variasi suhu, tekanan, dan jumlah katalis untuk transformasi sitronelal menjadi sitronelol melalui reaksi hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta.

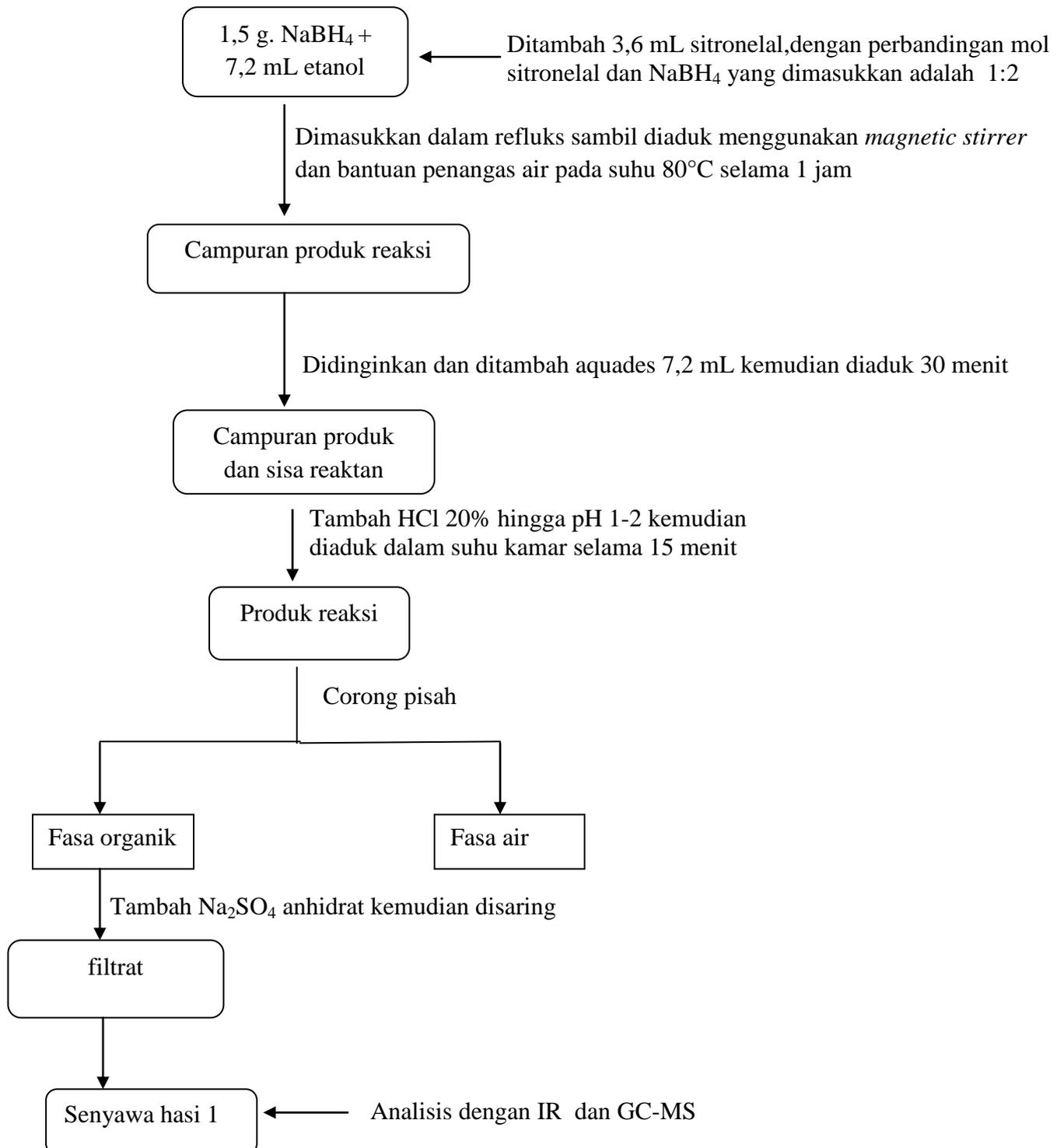
DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, H., M. Hanafi, & S. Aiman. 2000. *Studi Awal Pemisahan Komponen Minyak Sereh Wangi (Cymbopogon nardus) dengan Distilasi Fraksinasi Vakum Packing Column*. Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses. Universitas Diponegoro. Semarang 26 – 27 Juli 2000.
- Adzani, S.A.A. 2012. *Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis Ni/ Zeolit Hasil Preparasi pada Reaksi Hidrogenasi Perengkahan Katalitik Asam Oleat*. Skripsi. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia
- Agustian, E., A. Sulaswatty, Tasrif, J.A. Laksmon, & B. Adilina. 2007. Pemisahan Sitronelal dari Minyak Sereh Wangi Menggunakan Unit Fraksinasi Skala Bench. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* vol.17(2): 49-53
- Anshori, J.A. 2009. *Siklisasi Intramolekuler Sitronelal Dikatalisis Zeolit dan Bahan Mesoporus*. Karya Tulis Ilmiah. Bandung: Universitas Padjajaran
- Budiasih, K. S. 2011. *Pemanfaatan Beberapa Tanaman yang Berpotensi sebagai Bahan Anti Nyamuk*. Makalah Program PPM. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Cahyono, E., M. Muchalal, Triyono dan D.P. Harno. 2010. Kinetic Study Cyclisation-Asetilation of (R)-(+)-Citronellal by Modified Natural Zeolite as Solid Solvent. *Indonesian Journal of Chemistry* ISSN 1411-9420, vol. 10: 194-198.
- Celianus, G. 2012. *Kandungan Minyak Sereh Wangi*. Diunduh di <http://gilberto-pribadi.blogspot.com/2012/06/kandungan-minyak-sereh-wangi.html> tanggal 15 Desember 2012
- Devakumar, C., M.R. Narayan, & M.N.A. Khan. 1977. Synthetic Product From Oil of Citronella. *Indian Perfumer* vol.XXI(3): 139-145
- Dargo, R.S.J, Krzystof & K. Nicholas. 1997. *Catalyzed Decomposition of N₂O on Metal Oxide Support*. Applied Catalysis B: Environmental, 13:69-79.
- Dlarsen. 2010. Silicate Structure. Diunduh di http://chemwiki.ucdavis.edu/xApproaches/ChemCases/Heat_and_Chemical_Resistant_Silicone_Rubber/Silicones_1_Silicate_Structures pada tanggal 31 Januari 2013
- Fessenden R.J. & J.S. Fessenden. 1986. *Kimia Organik Jilid 2*. Edisi 3. Terjemahan A.H. Pudjaatmaka. Jakarta: Penerbit Erlangga

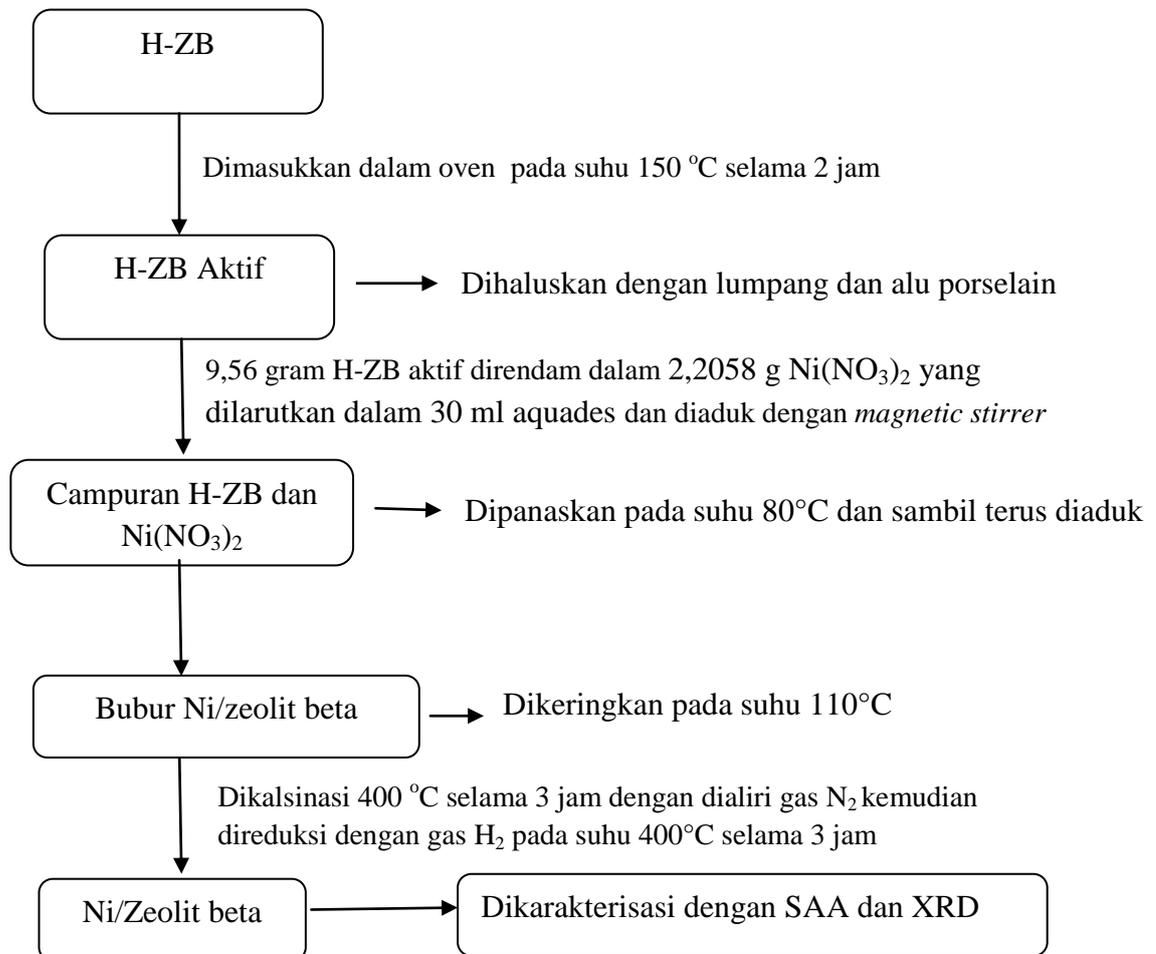
- Guenther, E. 1987. *Minyak Atsiri Jilid I*. Terjemahan Ketaren S. Jakarta: UI Press.
- Guenther, E. 1990. *Minyak Atsiri Jilid 4*. Terjemahan Ketaren S. Jakarta: UI Press.
- Hamdan, H. 1992. *Introduction to Zeolit, Sinthesis, Characterization and Modification*. Malaysia: University Tecnology of Malaysia (UTM).
- Hendayana, S., A. Kadarohman, A.A. Sumarna, A. Supriatna. 1994. *Kimia Analitik Instrumen*. Semarang: IKIP Semarang Press
- Jumina, U. Rastuti, S. Matsjeh. 2003. Synthesis of 6-nitro veratryl alcohol and 6-nitro veratraldoxim from Vanilin as Intermediates for the Preparation of C-9154 Antibiotic Dervatives. *Indonesian Journal Chemistry* vol.3(1): 14-16
- Kadarohman, A., H. Sastrohamidjojo, M . Muchalal. 2009. Konversi Eugenol dan Ioeugenol menjadi 2-Metoksi-4-propilfenol melalui Reaksi Hidrogenasi Menggunakan katalis Logam pt,Pd,dan Ni dalam Zeolit. *Jurnal Matematika dan Sains* Vol.14(4): 101-106
- Kaniawati, D., A. Kadarohman, G. Dwiyantri. 2004. *Konversi Sitronelal Hasil Isolasi Minyak Sereh Wangi menjadi Sitronelol dan Isopulegol*. Seminar Nasional Penelitian dan Pendidikan Kimia. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Ketaren, S. 1985. *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Nie, Y., W. Niah, S. Jaenicke, G.K. Chuah. 2007. A Tandem Cyclization and Hydrogenation of (\pm)Citronellal to Menthol Over Bifunctional Ni/Zr-Beta and Mixed Zr-Beta And Ni/MCM-41. *Journal of Catalyst* 248(2007): 1-10
- Nuketea. 2008. *Import Minyak Atsiri*. Diunduh di <http://www.atsiri-indonesia.com/> pada tanggal 15 Desember 2012
- Nurisman, A. 2009. *Sintesa Mentol dari Sitronelal dalam Proses Satu Tahap dengan Katalis Dwifungsi*. Skripsi. Bogor: IPB
- Rofiqi, M.F. 2012. Definisi, Instrumentasi, Prinsip Kerja, dan Metode Analisis Gas Cromatografy Mass Spectrometry (GC-MS). Diunduh di <http://fuadrofiqi.blogspot.com/2012/02/definisi-instrumentasi-prinsip-kerja.html> pada tanggal 31 Januari 2013

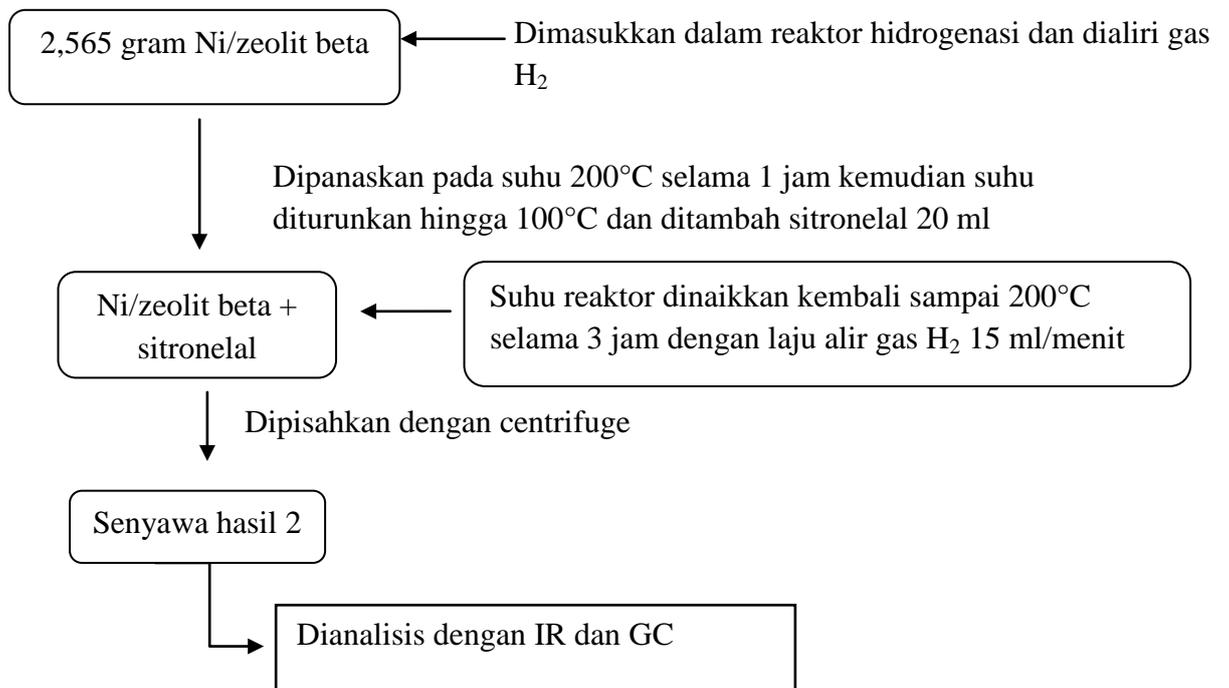
- Saputra, R. 2006. *Pemanfaatan Zeolit Sintesis sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri*. Diunduh di <http://www.warmada.staff.ugm.ac.id/articles/rodhie-zeolit> tanggal 15 Desember 2012
- Sastrohamidjojo, H. 1981. *Study of Indonesian Essential Oils*. Yogyakarta: Fakultas Ilmu Pasti dan Alam Universitas Gadjah Mada
- Sastrohamidjojo, H. 1992. *Spektroskopi Inframerah*. Yogyakarta: Liberty
- Sastrohamidjojo, H. 2002. *Kimia Minyak Atsiri*. Yogyakarta: FMIPA UGM.
- Sudarsono, A. Pudjianto, D. Gunawan, S. Wahyuono, I.A. Donatus, M. Drajad, S. Wibowo, dan Ngatidjan. 1996. *Tanaman Obat*. Yogyakarta: PPOT-UGM. hal. 68-71
- Tjitrosoepomo, G. 2000. *Taksonomi Tumbuhan Spermathophyta*. Cetakan ke-9. Yogyakarta: UGM Press
- Trisunaryanti, W. Triwahyuni, dan S. Sudiono. 2005. *Preparasi, Modifikasi dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam dan Mo-Ni/Zeolit Alam*. Yogyakarta: UGM
- Utomo, M.P. 2007. *Tinjauan Umum Tentang Deaktifasi Katalis pada Reaksi Katalisis Heterogen*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA. ISSN: 978-979-99314-2-3. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta, 25 Agustus 2007.
- Wahyuningrum, R. 2012. *Kinetika Reaksi Siklisasi-Asetilasi Sitronelal menjadi Isopulegil Asetat Terkatalisis Zr^{4+} -Zeolit Beta*. Skripsi. Semarang:Unnes
- Widiarti, N. 2011. *Aktivitas Katalitik Katalis CuO/TS-1 pada Reaksi Hidroksilasi Benzena*. Tesis. Surabaya:ITS
- Wijesekera, R.O.B. 1973. *The Chemical Composition and Analysis of Citonella Oil*. *Journal of The National Science Council of Srilanka*. Vol. 1: 67 – 81.

Lampiran 1. Skema Kerja Isolasi Minyak Sereh

Lampiran 2. Skema Kerja Reduksi Sitronelal dengan NaBH₄

Lampiran 3. Preparasi katalis Ni/zeolit beta

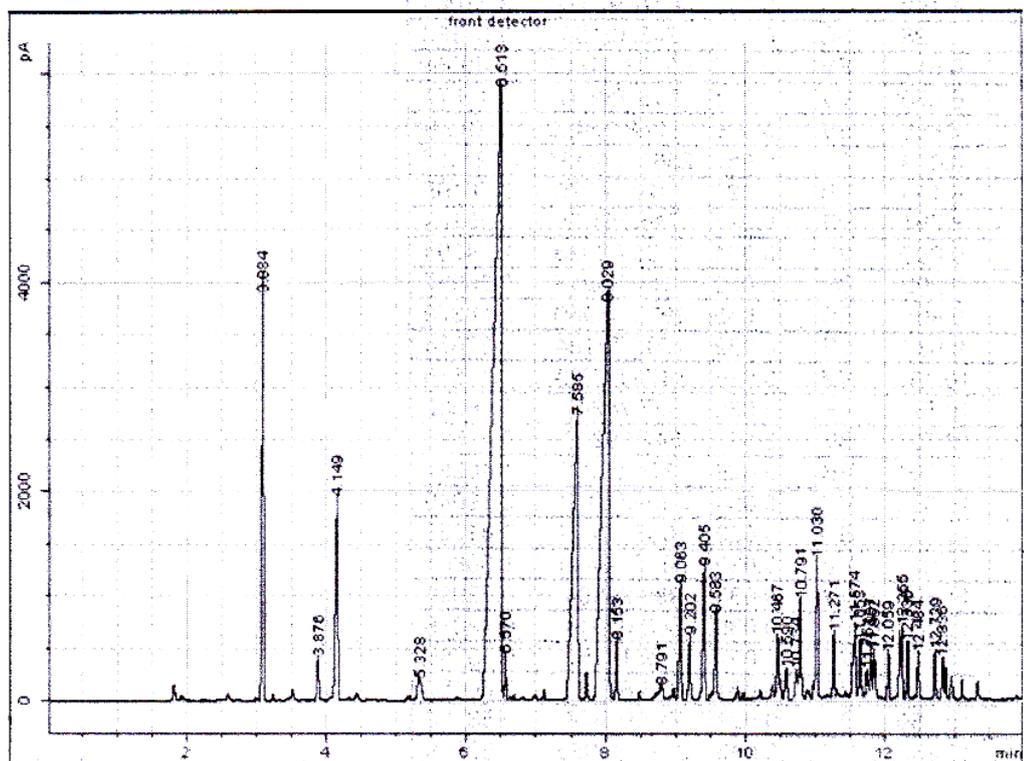


Lampiran 4. Hidrogenasi sitronelal terkatalisis Ni/zeolit beta

Lampiran 5. Hasil uji GC minyak sereh

Agilent Certity QA/QC Report

Sample name: *Reprocessed: anggun
Sample note: minyak sereh
Submission time: Tuesday, February 12, 2013 10:35:30 AM
Operator:
Injection date: Tuesday, February 12, 2013 10:39:32 AM
GC Description: GC1 - SN: CN10713006
Signal description: FID1 A, front detector
Method: citronella
Method last saved: Tuesday, February 12, 2013 11:12:28 AM

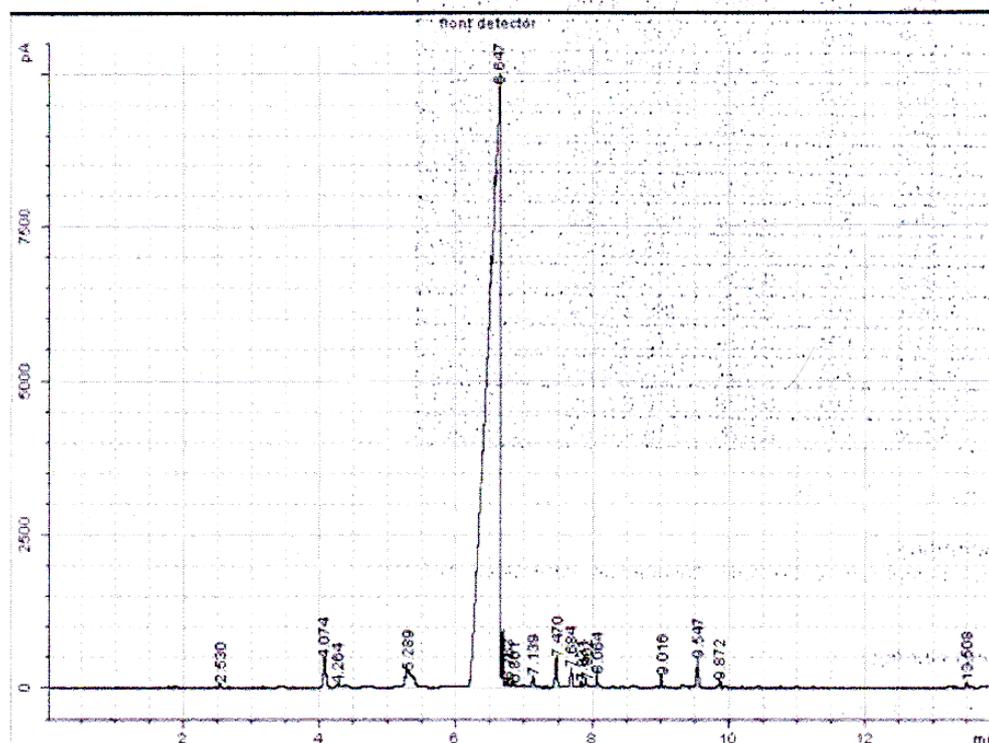


Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	3.084	BP	0.025	6433.17514	4.80960
1	3.876	BB	0.033	833.05231	0.62281
1	4.149	BP	0.036	4694.91532	3.51004
1	5.328	BB	0.069	845.12150	0.63183
1	6.513	PV	0.112	50153.04863	37.49569
1	6.570	VV	0.021	546.73246	0.40875
1	7.585	BV	0.079	15088.83422	11.28079
1	8.029	BV	0.087	25697.32594	19.21197
1	8.153	VB	0.029	1019.16370	0.76195
1	8.791	PB	0.077	745.35172	0.55724
1	9.063	VP	0.034	2328.62993	1.74094
1	9.202	BB	0.030	1157.75247	0.86557
1	9.405	BB	0.035	2920.88989	2.18373
1	9.583	BB	0.032	1707.73184	1.27674
1	10.467	VV	0.036	1478.20723	1.10515
1	10.590	VP	0.035	627.74267	0.46932
1	10.734	BV	0.031	542.99217	0.40595
1	10.791	VB	0.029	1876.39275	1.40284
1	11.030	VP	0.034	2929.88161	2.19045
1	11.271	BV	0.029	1083.73671	0.81023
1	11.574	VV	0.039	2017.08441	1.50802
1	11.653	VV	0.030	989.29904	0.73963
1	11.751	VV	0.035	562.02014	0.42018
1	11.807	VV	0.027	719.14757	0.53765
1	11.852	VB	0.031	888.89183	0.66456
1	12.059	PB	0.027	718.96624	0.53752
1	12.255	BV	0.043	2173.92955	1.62528
1	12.336	VB	0.024	808.02538	0.60410
1	12.484	BB	0.026	735.11870	0.54959
1	12.729	BP	0.024	725.22562	0.54220
1	12.836	BV	0.029	708.45081	0.52966

Lampiran 6. Hasil uji GC sitronelal

Agilent Cerity QA/QC Report

Sample name:	*Reprocessed: ^^Tika_1
Sample note:	Citronella
Submission time:	Friday, June 21, 2013 10:46:42 AM
Operator:	
Injection date:	Friday, June 21, 2013 10:52:30 AM
GC Description:	GC1 - SN: CN10713006
Signal description:	FID1 A, front detector
Method:	citronella
Method last saved:	Tuesday, June 25, 2013 2:16:12 PM



Area Percent Report

Calibration last saved:	Wednesday, November 07, 2012 1:34:05 PM
Multiplier:	1.0000
Dilution:	1.0000
Sample amount:	0.0000 μ L
Sample type:	Sample
Sampling source:	Manual

Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [μ A*s]	Area %
1	2.530	BP	0.024	104.45616	0.07475
1	4.074	BB	0.044	1286.25215	0.92049
1	4.264	PP	0.039	114.24488	0.08176
1	5.289	BB	0.108	2066.73832	1.47903
1	6.647	PV	0.165	131535.08244	94.13104
1	6.763	VP	0.027	203.05379	0.14531
1	6.861	VB	0.046	181.90953	0.13018
1	7.139	PP	0.028	294.03527	0.21042
1	7.470	BB	0.032	1005.94507	0.71989
1	7.684	BP	0.028	530.40289	0.37957
1	7.831	PV	0.030	145.02848	0.10379
1	7.902	VB	0.039	295.82222	0.21170
1	8.064	BB	0.028	386.35014	0.27649
1	9.016	PB	0.024	272.52211	0.19503
1	9.547	BB	0.034	1018.05443	0.72855
1	9.872	BB	0.029	176.82709	0.12654
1	13.508	PB	0.026	119.41081	0.08545

Total Area = 139736.136

Lampiran 7. Hasil uji GC reaksi reduksi dengan NaBH₄

D:\MEI 2013\Mustikowati Sitronelol.qgd

7/5/2013



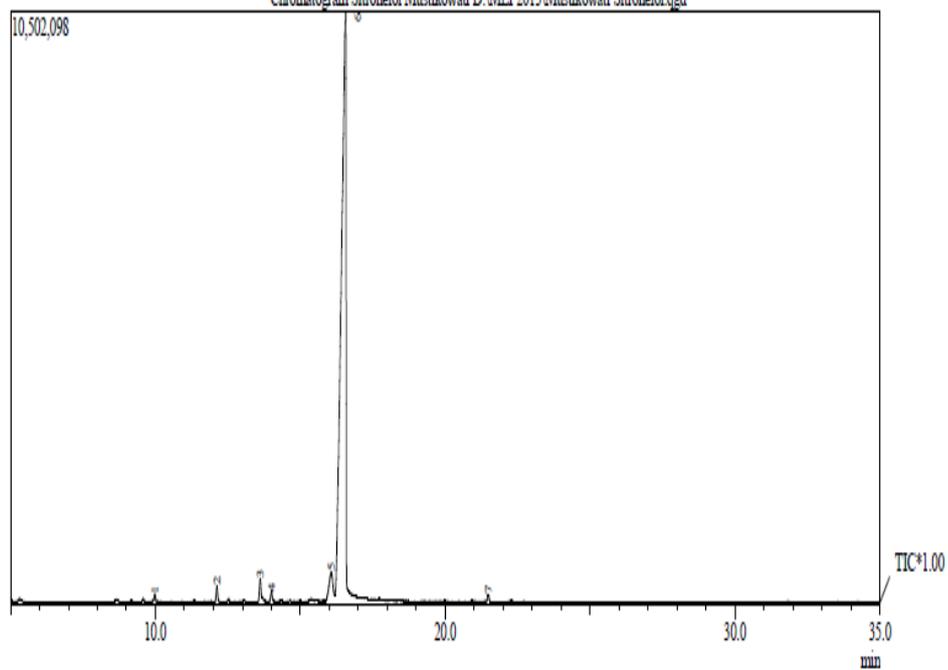
Lab Kimia Organik FMIPA - UGM

Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Name : Sitronelol Mustikowati
 Sample ID : 6.13.68.1
 Data File : D:\MEI 2013\Mustikowati Sitronelol.qgd
 Method File : D:\MEI 2013\atsiri.qgm
 Tuning File : C:\GCMSolution\System\Tune\130 MEI 2013.qgt

Chromatogram

Chromatogram Sitronelol Mustikowati D:\MEI 2013\Mustikowati Sitronelol.qgd



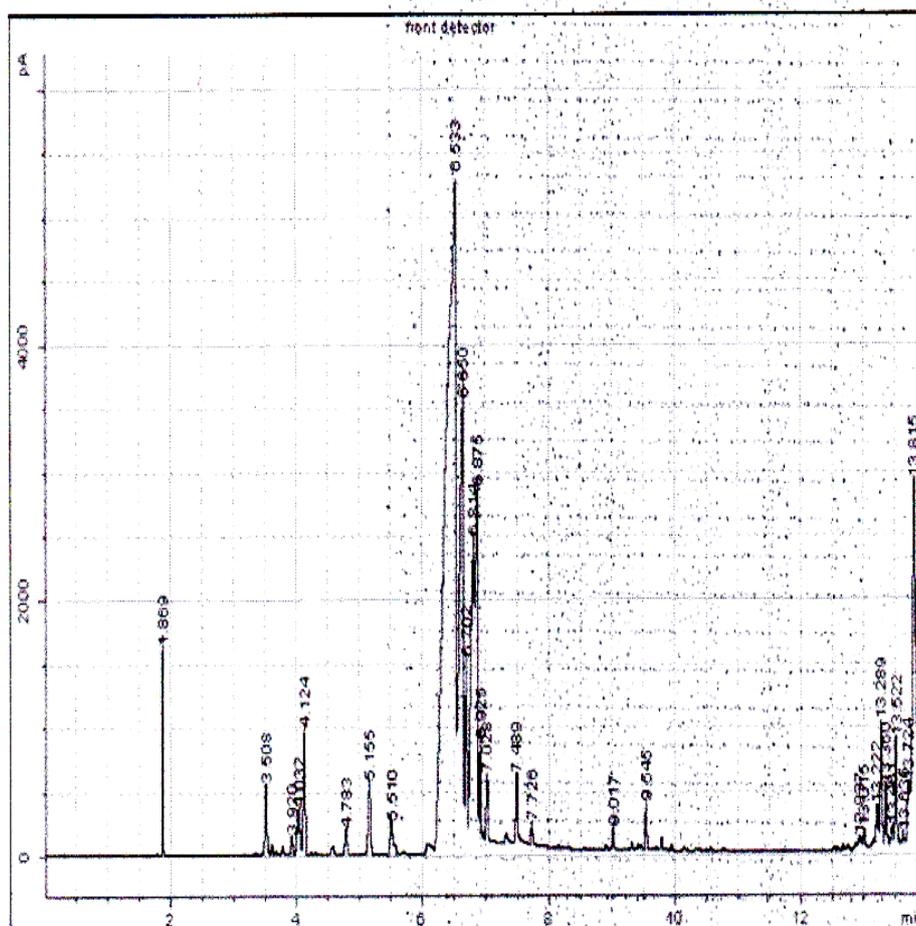
Peak Report TIC

Peak#	R Time	I Time	F Time	Area	Area%	Height	Name
1	9.981	9.933	10.042	330536	0.27	116644	
2	12.121	12.058	12.183	851002	0.70	263704	
3	13.616	13.542	13.675	1237327	1.01	363586	
4	14.004	13.950	14.083	583032	0.48	167847	
5	16.067	15.900	16.183	3608990	2.95	431245	
6	16.563	16.192	16.733	115188567	94.19	10311564	
7	21.483	21.408	21.558	490419	0.40	128885	
				122289873	100.00	11783475	

Lampiran 8. Hasil uji GC reaksi hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta

Agilent Cerity QA/QC Report

Sample name: *Reprocessed: ^{AA}Tika_3
 Sample note: Tika B
 Submission time: Friday, June 21, 2013 10:46:44 AM
 Operator:
 Injection date: Friday, June 21, 2013 11:43:03 AM
 GC Description: GC1 - SN: CN10713006
 Signal description: FID1 A, front detector
 Method: citronella
 Method last saved: Tuesday, June 25, 2013 2:19:34 PM



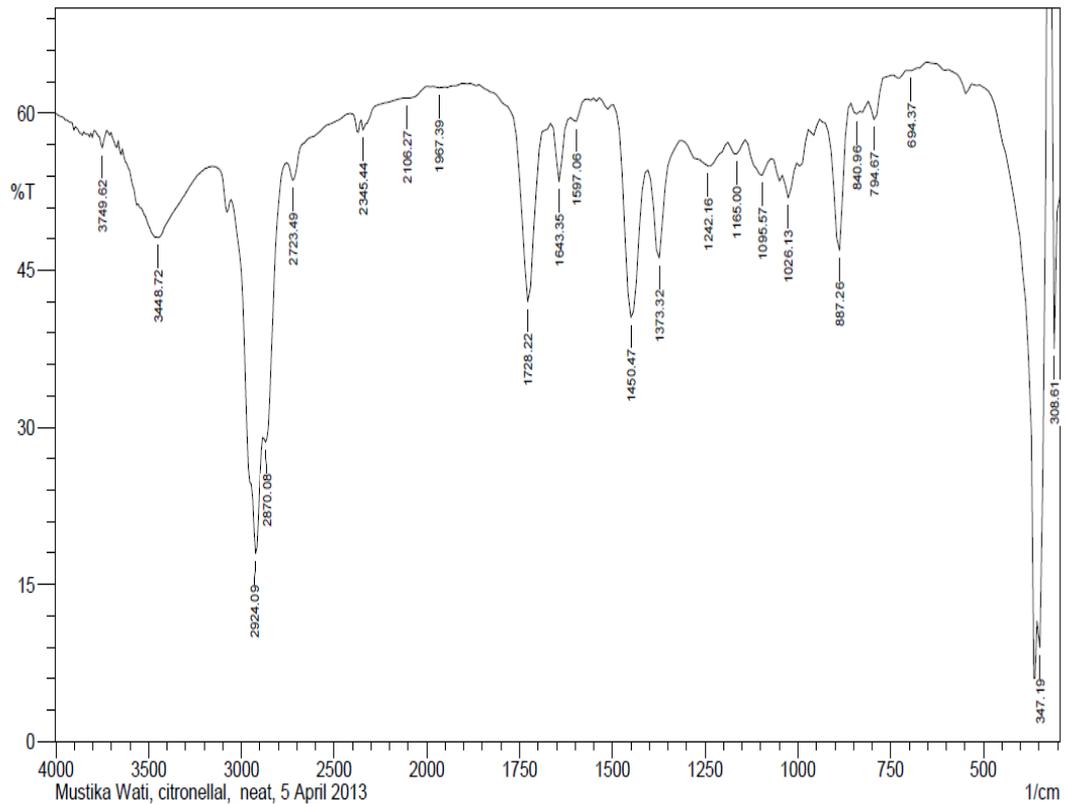
Area Percent Report

Calibration last saved:	Wednesday, November 07, 2012 1:34:05 PM
Multiplier:	1.0000
Dilution:	1.0000
Sample amount:	0.0000 µL
Sample type:	Sample
Sampling source:	Manual

Signal	Retention Time [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %
1	1.869	PB	0.018	1644.59555	1.23947
1	3.508	BV	0.033	1181.95992	0.89080
1	3.920	BV	0.034	329.72150	0.24850
1	4.032	VV	0.046	1044.62524	0.78729
1	4.124	VP	0.038	2366.13550	1.78326
1	4.783	BB	0.042	540.23635	0.40715
1	5.155	BB	0.044	1585.33515	1.19480
1	5.510	PP	0.055	936.82967	0.70605
1	6.533	BV	0.137	58266.48476	43.91311
1	6.650	VV	0.064	15120.20747	11.39549
1	6.702	VV	0.030	2810.13349	2.11788
1	6.814	VV	0.049	8792.57369	6.62661
1	6.875	VV	0.047	8952.56148	6.74719
1	6.925	VV	0.025	1333.61606	1.00509
1	7.028	VB	0.031	1062.29519	0.80061
1	7.489	BB	0.032	1080.72427	0.81450
1	7.726	PB	0.028	296.26273	0.22328
1	9.017	BP	0.024	272.90881	0.20568
1	9.545	BP	0.026	562.65677	0.42405
1	12.937	BV	0.057	474.73809	0.35779
1	13.015	VB	0.031	382.38319	0.28819
1	13.222	BV	0.041	1000.67364	0.75417
1	13.289	VV	0.037	2328.37633	1.75480
1	13.360	VV	0.032	1029.38899	0.77581
1	13.461	VV	0.042	519.70650	0.39168
1	13.522	VB	0.033	1910.25130	1.43968
1	13.635	BV	0.044	424.66719	0.32005
1	13.724	VV	0.043	1528.58838	1.15204
1	13.815	VV	0.060	12518.50780	9.43470
1	13.913	VBA	0.043	2388.70923	1.80027

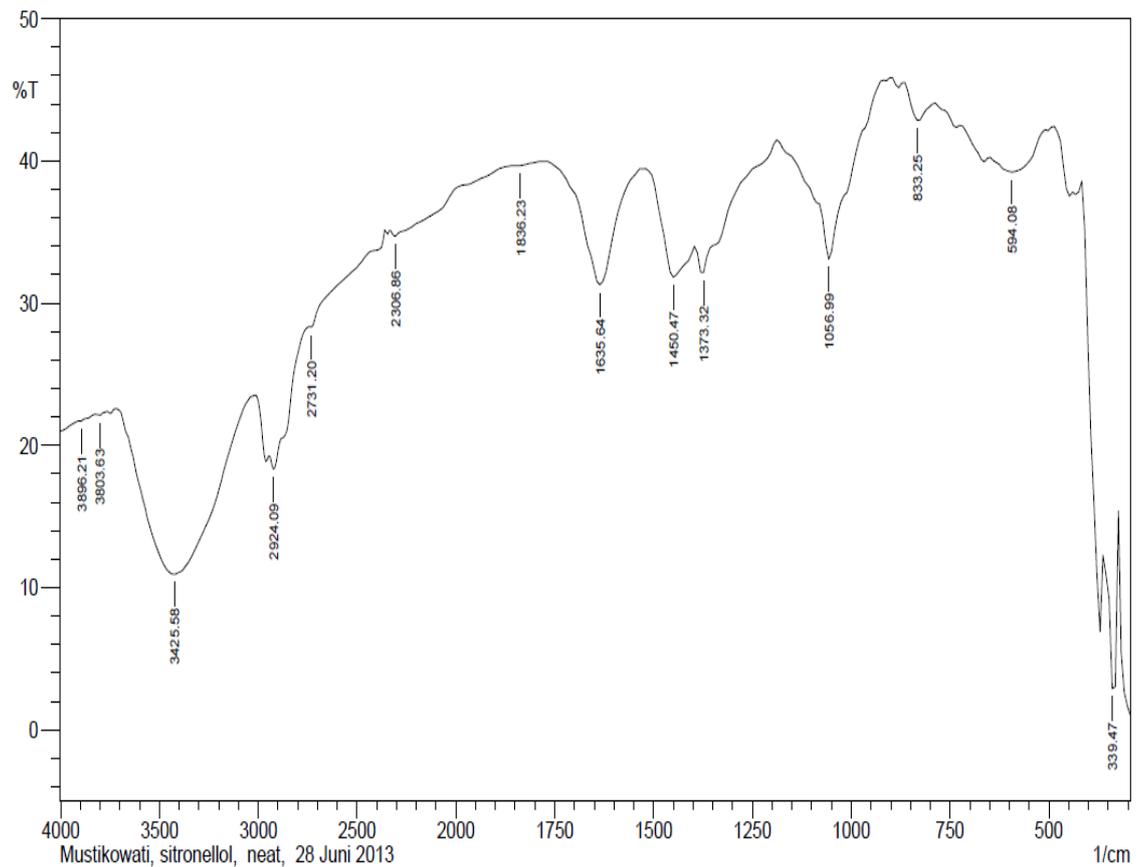
Total Area = 132685.854

Lampiran 9. Hasil uji FTIR sitronelal



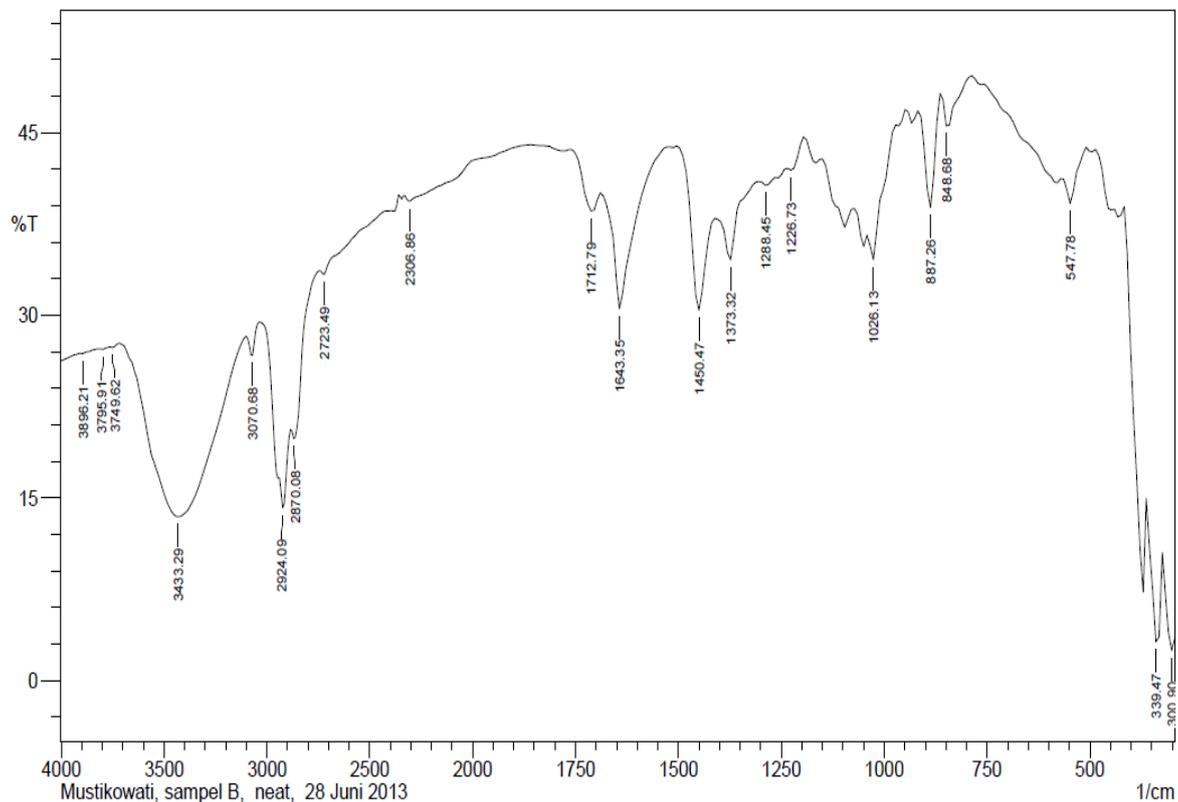
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	308.61	37.52	32.41	316.33	293.18	7.75	2.58
2	347.19	9	96.51	509.21	324.04	72.15	58.75
3	694.37	64.06	0.13	702.09	655.8	8.85	0.04
4	794.67	59.4	2.61	810.1	771.53	8.29	0.4
5	840.96	59.94	0.9	856.39	817.82	8.5	0.16
6	887.26	46.9	13.15	933.55	864.11	18.33	2.87
7	1026.13	51.9	2.63	1041.56	1002.98	10.48	0.39
8	1095.57	54.06	2.13	1134.14	1072.42	16.06	0.65
9	1165	56.11	1.25	1188.15	1141.86	11.43	0.26
10	1242.16	54.95	2.14	1311.59	1195.87	29.27	1.13
11	1373.32	46.16	9.44	1404.18	1319.31	23.58	2.27
12	1450.47	40.49	16.77	1496.76	1411.89	26.21	5.6
13	1597.06	59.22	1.05	1612.49	1573.91	8.51	0.12
14	1643.35	53.46	5.41	1658.78	1620.21	9.57	0.74
15	1728.22	41.99	17.24	1859.38	1689.64	42.49	5.28
16	1967.39	62.42	0.14	1982.82	1936.53	9.46	0.03
17	2106.27	61.43	0.15	2121.7	2005.97	24.19	0.19
18	2345.44	58.4	1.02	2353.16	2129.41	48.72	0.2
19	2723.49	53.57	2.12	2754.35	2422.59	79.15	0.58
20	2870.08	28.6	2.08	2877.79	2762.06	42.6	0.92
21	2924.09	17.95	16.25	3055.24	2885.51	84.57	14.62
22	3448.72	48.11	7.81	3641.6	3163.26	136.99	15.58
23	3749.62	56.68	1.66	3788.19	3726.47	14.78	0.33

Lampiran 10. Hasil uji FTIR reaksi reduksi dengan NaBH_4



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	339.47	2.885	10.249	354.9	324.04	37.86	11.033
2	594.08	39.231	1.769	648.08	493.78	60.921	1.754
3	833.25	42.869	1.979	864.11	794.67	25.018	0.719
4	1056.99	33.083	10.295	1180.44	925.83	103.783	11.627
5	1373.32	32.161	1.982	1388.75	1188.15	86.08	1.038
6	1450.47	31.822	4.57	1519.91	1396.46	57.236	3.19
7	1635.64	31.282	8.397	1766.8	1527.62	104.826	8.853
8	1836.23	39.667	0.043	1843.95	1789.94	21.595	0.008
9	2306.86	34.723	0.592	2330.01	1859.38	204.009	2.728
10	2731.2	28.316	0.173	2738.92	2360.87	187.925	0.534
11	2924.09	18.329	1.565	2939.52	2746.63	122.856	2.63
12	3425.58	10.938	12.044	3718.76	3016.67	561.049	113.735
13	3803.63	22.132	0.103	3819.06	3765.05	35.247	0.041
14	3896.21	21.704	0.107	3911.64	3826.77	55.92	0.08

Lampiran 11. Hasil uji FTIR reaksi hidrogenasi terkatalis Ni/zeolit beta



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	300.9	2.496	2.286	316.33	293.18	34.394	3.213
2	339.47	3.189	7.562	354.9	324.04	38.946	8.981
3	547.78	39.187	2.725	563.21	509.21	20.619	0.626
4	848.68	45.532	2.38	856.39	794.67	19.909	0.623
5	887.26	38.828	8.4	910.4	864.11	16.982	1.965
6	1026.13	34.561	3.74	1041.56	948.98	35.372	0.722
7	1226.73	41.908	0.673	1234.44	1195.87	14.099	0.19
8	1288.45	40.675	0.56	1303.88	1242.16	23.778	0.234
9	1373.32	34.54	4.346	1404.18	1311.59	38.615	1.262
10	1450.47	30.41	10.179	1496.76	1411.89	37.557	4.233
11	1643.35	30.545	10.238	1681.93	1527.62	64.271	5.894
12	1712.79	38.566	2.668	1759.08	1689.64	27.348	0.903
13	2306.86	39.358	0.655	2330.01	1859.38	179.767	1.971
14	2723.49	33.343	0.496	2738.92	2399.45	148.957	0.113
15	2870.08	19.871	1.379	2877.79	2746.63	72.544	0.906
16	2924.09	14.176	8.759	3032.1	2885.51	100.567	11.258
17	3070.68	26.695	2.157	3101.54	3039.81	34.149	0.891
18	3433.29	13.47	14.431	3711.04	3109.25	429.291	95.868
19	3749.62	27.333	0.165	3765.05	3718.76	25.949	0.05
20	3795.91	27.188	0.105	3811.34	3765.05	26.1	0.024
21	3896.21	26.843	0.065	3903.92	3819.06	48.155	0.012

Lampiran 12. Hasil uji SAA zeolit beta

Quantachrome® ASiQwin™ - Automated Gas Sorption Data
Acquisition and Reduction
© 1994-2010, Quantachrome Instruments
version 1.11



Analysis		Report	
Operator:	lab.Energi	Operator:	lab.Energi
Sample ID:	ag22.B ZEO	Date:	2011/08/24
Sample Desc:		Filename:	iq_phisy_st1_2011_08_24_16_35_43-b ZEOLIT.qps
Sample Weight:	0.0674 g	Comment:	
Analysis gas:	Nitrogen	Instrument:	Autosorb iQ Station 1
Analysis Time:	7:48 hr:min	Non-ideality:	6.58e-05 1/mmHg
Analysis Mode:	Standard	Bath temp.:	77.35 K
VoidVol. Mode:	He Measure	Cold Zone V:	4.44569 cc
		CellType:	9mm
		VoidVol Remeasure:	on
		Warm Zone V:	8.49046 cc

Multi-Point BET

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Thermal Transpiration: on	Eff. mol. diameter (D): 3.54 Å	Eff. cell stem diam. (d): 4.0000 mm
	Nitrogen	Temperature 77.350K	
	Molec. Wt.: 28.013	Cross Section: 16.200 Å²	Liquid Density: 0.808 g/cc

Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]	Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]
5.11665e-02	71.7749	6.0115e-01	2.04423e-01	61.6585	3.3343e+00
7.80730e-02	70.6947	9.5846e-01	2.29631e-01	59.5217	4.0070e+00
1.04020e-01	69.1795	1.3428e+00	2.54794e-01	57.3543	4.7698e+00
1.28991e-01	67.4985	1.7555e+00	2.79819e-01	55.1280	5.6392e+00
1.54145e-01	65.6877	2.2198e+00	3.04823e-01	52.8784	6.6349e+00
1.79399e-01	63.7195	2.7452e+00			

BET summary

Slope = 23.292
Intercept = -1.078e+00
Correlation coefficient, r = 0.985357
C constant = -20.603

Surface Area = 156.777 m²/g

Quantachrome® ASiQwin™ - Automated Gas Sorption Data
Acquisition and Reduction
© 1994-2010, Quantachrome Instruments
version 1.11

**Analysis**

Operator: lab.Energi
Sample ID: ag22.B ZEO
Sample Desc:
Sample Weight: 0.0674 g
Analysis gas: Nitrogen
Analysis Time: 7:48 hr:min
Analysis Mode: Standard
VoidVol. Mode: He Measure

Date:2011/08/24

Filename:

Comment:

Instrument:

Non-ideality:

Bath temp.:

Cold Zone V:

Report

Operator: lab.Energi

Date:2011/09/22

File: iq_phisy_st1_2011_08_24_16_35_43-b ZEOLIT.qps

Autosorb iQ Station 1

6.58e-05 1/mmHg

77.35 K

4.44569 cc

CellType: 9mm

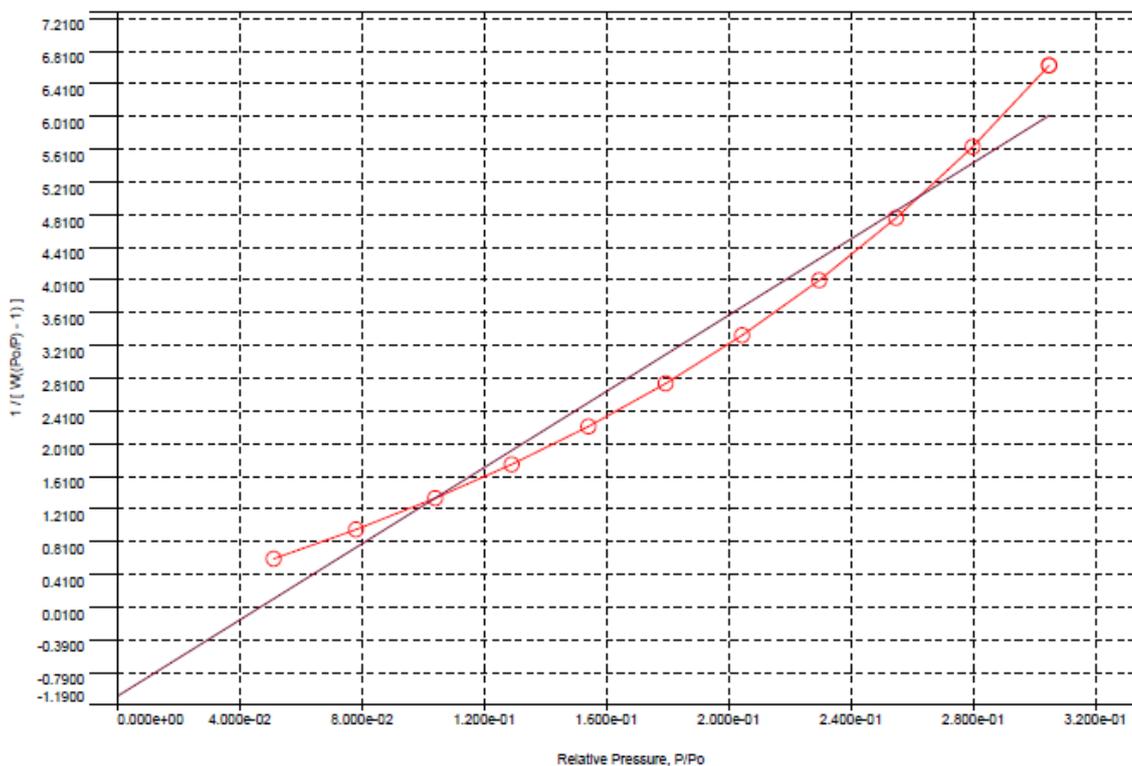
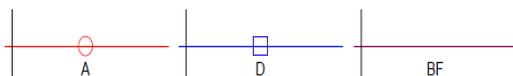
VoidVol Remeasure: on

Warm Zone V: 8.49046 cc

Multi-Point BET Plot

Data Reduction Parameters

Adsorbate	Thermal Transpiration: on	Eff. mol. diameter (D): 3.54 Å	Eff. cell stem diam. (d): 4.0000 mm
	Nitrogen	Temperature 77.350K	Liquid Density: 0.808 g/cc
	Molec. Wt.: 28.013	Cross Section: 16.200 Å²	

**BET summary**

Slope = 23.292
Intercept = -1.078e+00
Correlation coefficient, r = 0.985357
C constant = -20.803
Surface Area = 158.777 m²/g

Lampiran 13. Hasil uji SAA Ni/zeolit beta

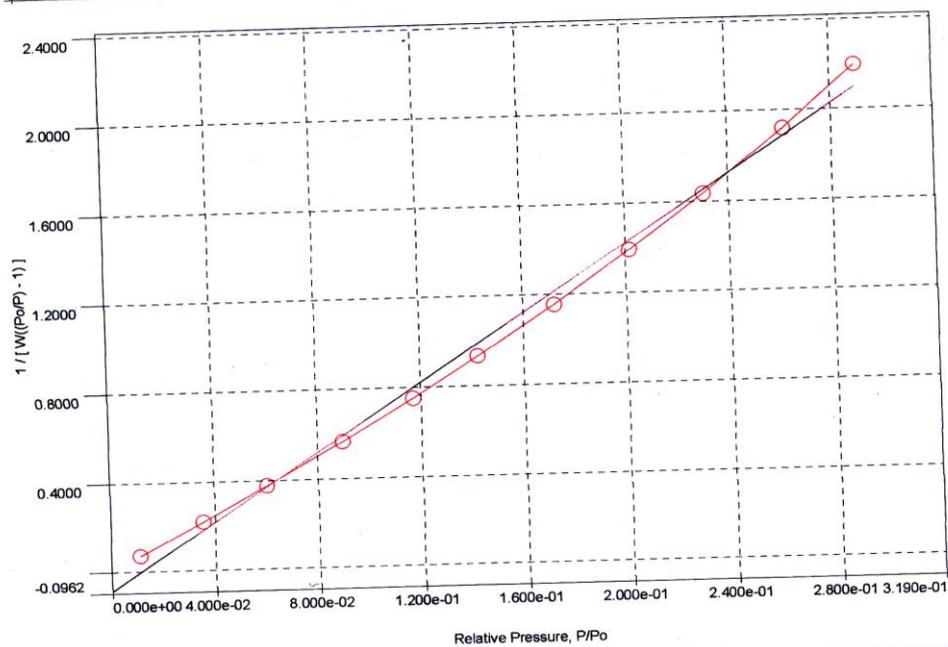
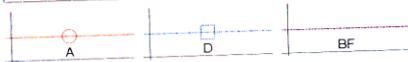
Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0



Analysis	Date: 2013/04/16	Report	Date: 5/29/2013
Operator: KgHD	Filename:	Operator: nova	C:\QCdata\Physisorb\20130417_1_Tika(reject).qps
Sample ID: LOT-05/SAA/13	Comment:	Sample Volume: 0.03572 cc	Sample Density: 3.9 g/cc
Sample Desc: Ni/Zeolit beta	Sample weight: 0.1393 g	Outgas Temp: 300.0 C	
Outgas Time: 3.0 hrs	Analysis gas: Nitrogen	Bath Temp: 77.3 K	
Press. Tolerance: 0.100/0.100 (ads/des)	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 240/240 sec (ads/des)	
Analysis Time: 63.3 min	End of run: 2013/04/16 15:45:30	Instrument: Nova Station A	
Cell ID: 99		F/W version: 0.00	

Multi-Point BET Plot

Data Reduction Parameters			
Adsorbate	Po override: 760.00 mmHg	Temperature: 77.350K	Liquid Density: 0.808 g/cc
	Nitrogen	Cross Section: 16.200 Å ²	
	Molec. Wt.: 28.013 g		



BET summary	
Slope =	7.550
Intercept =	-8.743e-02
Correlation coefficient, r =	0.997069
C constant =	-85.362
Surface Area =	466.638 m ² /g

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0



Analysis	Date: 2013/04/16	Report	Date: 5/29/2013
Operator: KgHD	Filename:	Operator: nova	
Sample ID: LOT-05/SAA/13	Comment:	C:\QCdata\Physisorb\20130417_1_Tika(reject).qps	
Sample Desc: Ni/Zeolit beta	Sample Volume: 0.03572 cc	Sample Density: 3.9 g/cc	
Sample weight: 0.1393 g	Outgas Temp: 300.0 C		
Outgas Time: 3.0 hrs	Bath Temp: 77.3 K		
Analysis gas: Nitrogen	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 240/240 sec (ads/des)	
Press. Tolerance: 0.100/0.100 (ads/des)	End of run: 2013/04/16 15:45:30	Instrument: Nova Station A	
Analysis Time: 63.3 min		F/W version: 0.00	
Cell ID: 99			

Multi-Point BET

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Po override: 760.00 mmHg	Temperature	77.350K	Liquid Density:	0.808 g/cc
	Nitrogen	Cross Section:	16.200 Å ²		
	Molec. Wt.: 28.013 g				

Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]	Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]
1.11813e-02	126.8437	7.1328e-02	1.72181e-01	144.1264	1.1547e+00
3.55081e-02	133.8994	2.1999e-01	2.01526e-01	145.3875	1.3890e+00
6.05817e-02	137.0743	3.7642e-01	2.30335e-01	146.5143	1.6343e+00
8.96661e-02	139.5546	5.6472e-01	2.61473e-01	147.6260	1.9189e+00
1.17133e-01	141.3350	7.5108e-01	2.89505e-01	148.5616	2.1945e+00
1.42561e-01	142.7219	9.3209e-01			

BET summary

Slope =	7.550
Intercept =	-8.743e-02
Correlation coefficient, r =	0.997069
C constant =	-85.362
Surface Area =	466.638 m ² /g

Lampiran 14. Hasil uji XRD zeolit beta

X'Pert Graphics & Identify
(searched) peak list: zeolit B

User-1
Date: 9/9/11 02:54

Description:
Num W(Kimia S2 ITS)

Original scan: zeolit B
Scan created: 9/8/11 14:33
Description of scan:
Num W(Kimia S2 ITS)

Used wavelength: K-Alpha
Wavelength (Å): 1.54056

Peak search parameter set: As Measured Intensities
Set created: 10/15/10 03:58
Peak positions defined by: Minimum of 2nd derivative
Minimum peak tip width (°2Theta): 0.00
Maximum peak tip width (°2Theta): 1.00
Peak base width (°2Theta): 2.00
Minimum significance: 0.60

d-spacing (Å)	Relative Intensity (%)	Angle (°2Theta)	Peak Height (counts)	Background (counts)	Tip Width (°2Theta)	Significance
11.49910	12.52	7.68180	276.77	31.50	0.72000	11.06
7.56807	0.72	11.68339	15.99	26.65	0.64000	0.99
6.64989	0.61	13.30340	13.39	24.08	0.08000	0.72
6.03195	0.57	14.67340	12.62	27.56	0.64000	1.13
5.35988	0.79	16.52541	17.53	37.82	0.24000	0.77
4.90573	1.24	18.06750	27.49	48.19	0.96000	2.47

Philips Analytical

Page: 1

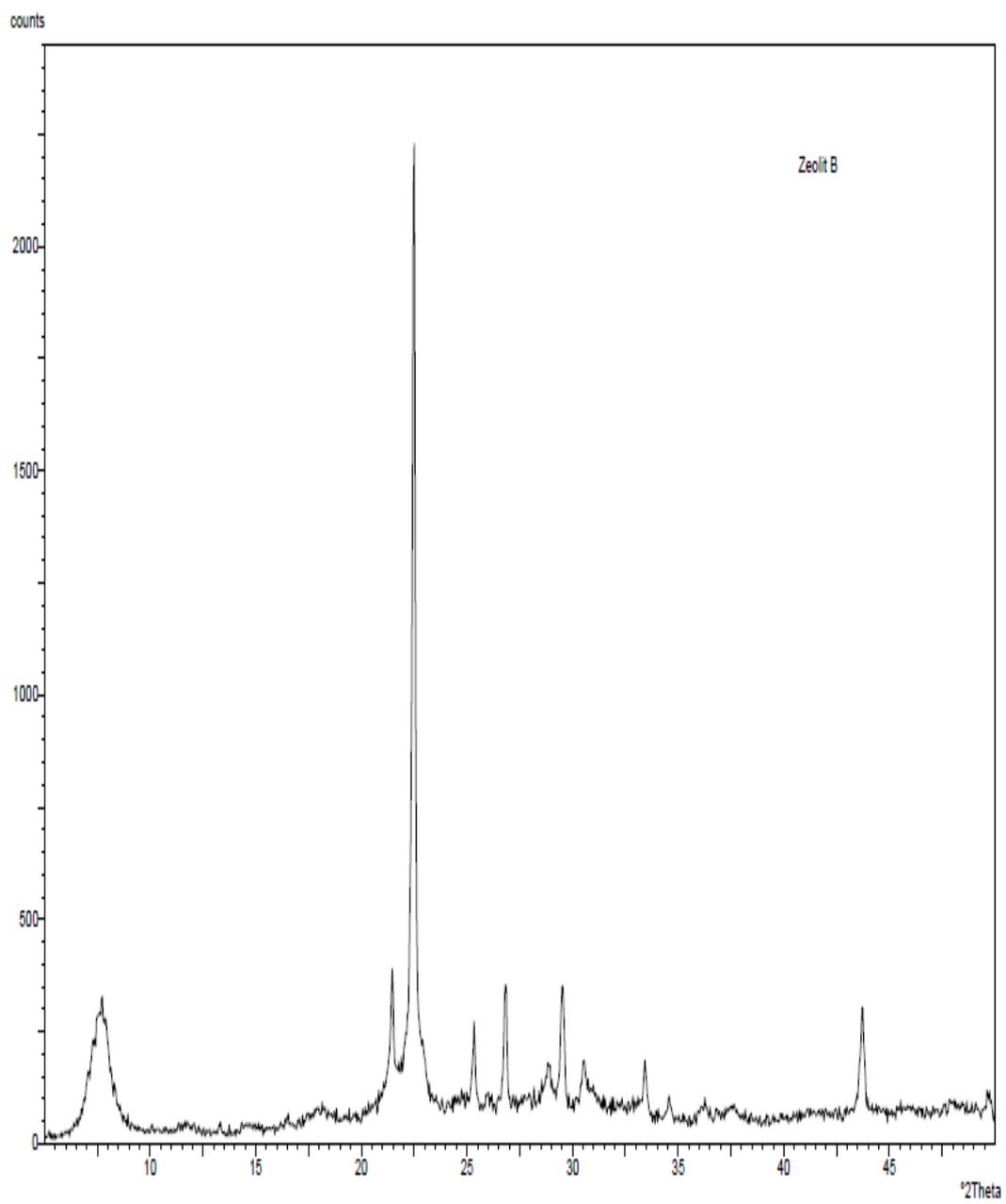
X'Pert Graphics & Identify
(searched) peak list: zeolit B

User-1
Date: 9/9/11 02:54

d-spacing (Å)	Relative Intensity (%)	Angle (°2Theta)	Peak Height (counts)	Background (counts)	Tip Width (°2Theta)	Significance
4.13789	14.71	21.45670	325.12	62.30	0.16000	2.92
3.95144	100.00	22.48203	2210.95	61.54	0.12000	4.88
3.51364	9.38	25.32711	207.37	59.46	0.16000	2.27
3.42079	1.91	26.02645	42.20	58.94	0.24000	0.94
3.32126	13.35	26.82075	295.25	58.36	0.16000	3.75
3.09045	5.29	28.86567	117.06	56.86	0.20000	1.28
3.02352	13.56	29.51901	299.87	56.38	0.20000	5.15
2.92468	5.85	30.54051	129.29	55.63	0.16000	0.74
2.67841	5.91	33.42732	130.74	53.51	0.12000	0.75
2.59187	2.43	34.57789	53.82	52.67	0.16000	0.86
2.48076	1.32	36.17893	29.20	51.49	0.48000	1.68
2.39202	1.41	37.57030	31.15	50.47	0.40000	0.95
2.06868	11.15	43.72165	246.61	66.16	0.20000	3.96
1.89114	0.83	48.07197	18.26	71.80	0.64000	0.77

Philips Analytical

Page: 2



Lampiran 15. Hasil uji XRD Ni/zeolit beta

*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2013
 Data Name : Mustikowati UNNES
 File Name : Mustikowati UNNES.PKR
 Sample Name : Ni/Zeolit Beta
 Comment : Ni/Zeolit Beta

# Strongest 3 peaks							
no.	peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated (Counts)
1	16	22.4537	3.95646	100	0.23540	1321	19269
2	33	44.4535	2.03636	60	0.24110	787	10999
3	6	7.8200	11.29647	33	0.63500	440	10579

# Peak Data List							
peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated (Counts)	
1	6.4800	13.62916	4	0.18220	56	675	
2	6.8600	12.87502	11	0.45600	146	4672	
3	7.1600	12.33622	21	0.00000	276	0	
4	7.3800	11.96896	26	0.00000	344	0	
5	7.6200	11.59252	31	0.00000	416	0	
6	7.8200	11.29647	33	0.63500	440	10579	
7	8.2200	10.74764	14	0.00000	186	0	
8	8.4400	10.46798	7	0.00000	99	0	
9	8.7000	10.15572	6	0.24000	78	1951	
10	12.0602	7.33263	4	0.32540	47	1623	
11	13.3899	6.60730	7	0.19700	88	1052	
12	14.6900	6.02533	4	0.34000	47	1155	
13	20.2430	4.38328	12	0.23800	156	2595	
14	21.4009	4.14866	14	0.27650	188	4634	
15	21.9400	4.04793	9	0.00000	122	0	
16	22.4537	3.95646	100	0.23540	1321	19269	
17	22.8800	3.88370	13	0.23200	168	3030	
18	23.1800	3.83411	3	0.21780	40	785	
19	24.3508	3.65235	3	0.22830	43	863	
20	25.3611	3.50910	12	0.21830	161	2490	
21	27.0202	3.29728	12	0.19330	155	1916	
22	28.5400	3.12506	4	0.41140	52	1356	
23	28.7884	3.09865	7	0.37690	97	1458	
24	29.5881	3.01670	12	0.22380	158	2008	
25	30.4417	2.93403	3	0.31000	40	1181	
26	33.0651	2.70699	3	0.14170	46	677	
27	33.4105	2.67979	5	0.29450	69	1277	
28	36.1383	2.48352	3	0.14330	44	692	
29	37.2375	2.41270	4	0.20500	47	1391	
30	39.9676	2.25396	11	0.15600	144	1447	
31	43.3200	2.08698	5	0.35000	69	1561	
32	43.6300	2.07287	7	0.32000	97	1922	
33	44.4535	2.03636	60	0.24110	787	10999	
34	44.8800	2.01799	4	0.11340	48	538	
35	46.4922	1.95170	4	0.18440	59	789	
36	51.8090	1.76321	24	0.26070	312	4681	
37	52.1000	1.75405	5	0.13340	63	673	
38	52.3917	1.74497	3	0.21210	45	622	
39	55.7643	1.64716	4	0.19140	53	837	
40	67.8500	1.38020	3	0.38000	45	1086	
41	76.3616	1.24615	11	0.25670	150	2792	

*** Basic Data Process ***

Data Infomation

Group Name : Data 2013
Data Name : Mustikowati UNNES
File Name : Mustikowati UNNES.RAW
Sample Name : Ni/Zeolit Beta
Comment : Ni/Zeolit Beta
Date & Time : 05-30-13 14:39:07

Measurement Condition

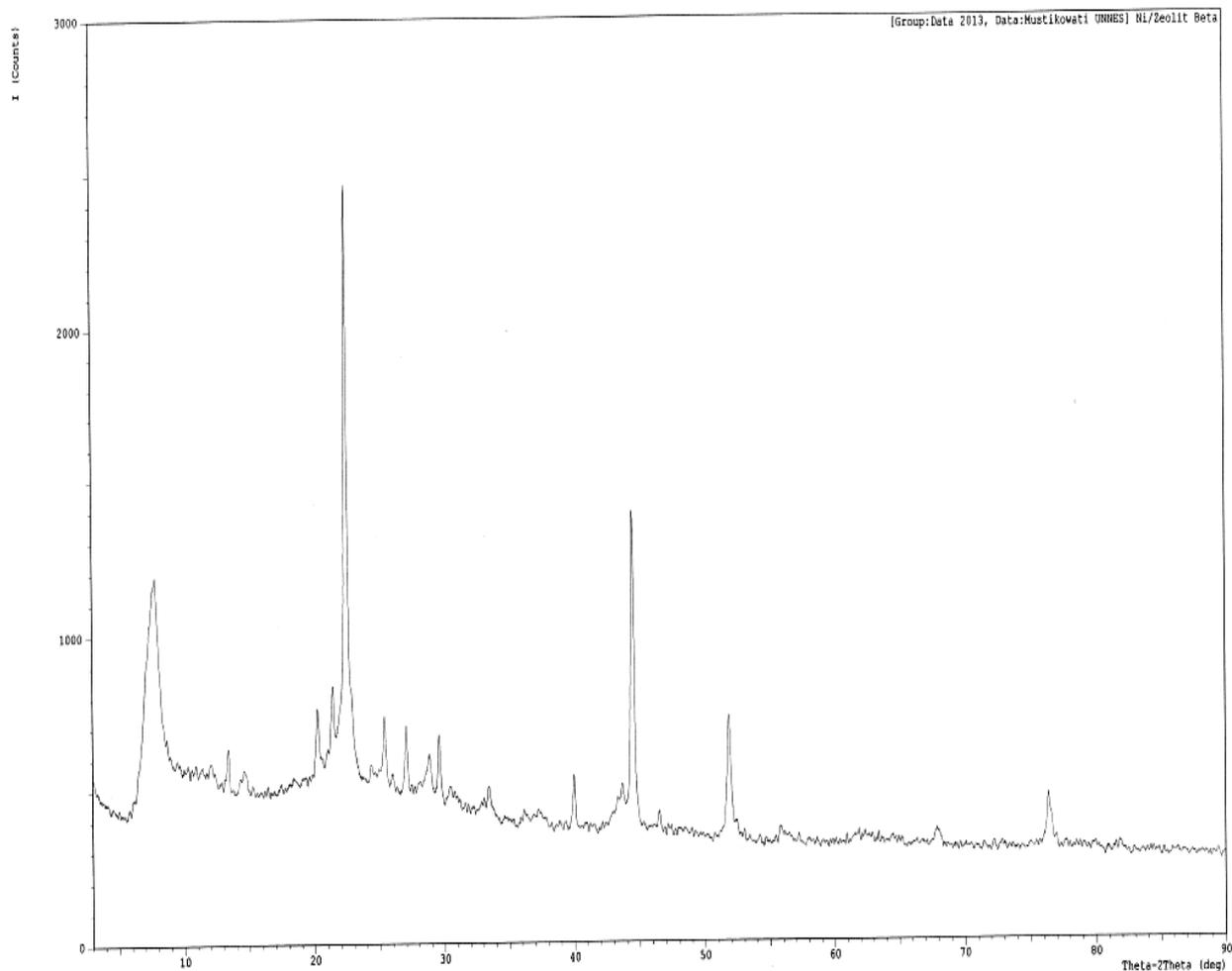
X-ray tube
target : Cu
voltage : 40.0 (kV)
current : 30.0 (mA)
Slits
divergence slit : 1.00 (deg)
scatter slit : 1.00 (deg)
receiving slit : 0.30 (mm)
Scanning
drive axis : Theta-2Theta
scan range : 3.0200 - 90.0000 (deg)
scan mode : Continuous Scan
scan speed : 5.0000 (deg/min)
sampling pitch : 0.0200 (deg)
preset time : 0.24 (sec)

Data Process Condition

Smoothing [AUTO]
smoothing points : 13
B.G.Subtraction [AUTO]
sampling points : 15
repeat times : 30
Kal-a2 Separate [MANUAL]
Kal a2 ratio : 50 (%)
Peak Search [AUTO]
differential points : 13
FWHM threshold : 0.050 (deg)
intensity threshold : 30 (par mil)
FWHM ratio (n-1)/n : 2
System error Correction [NO]
Precise peak Correction [NO]

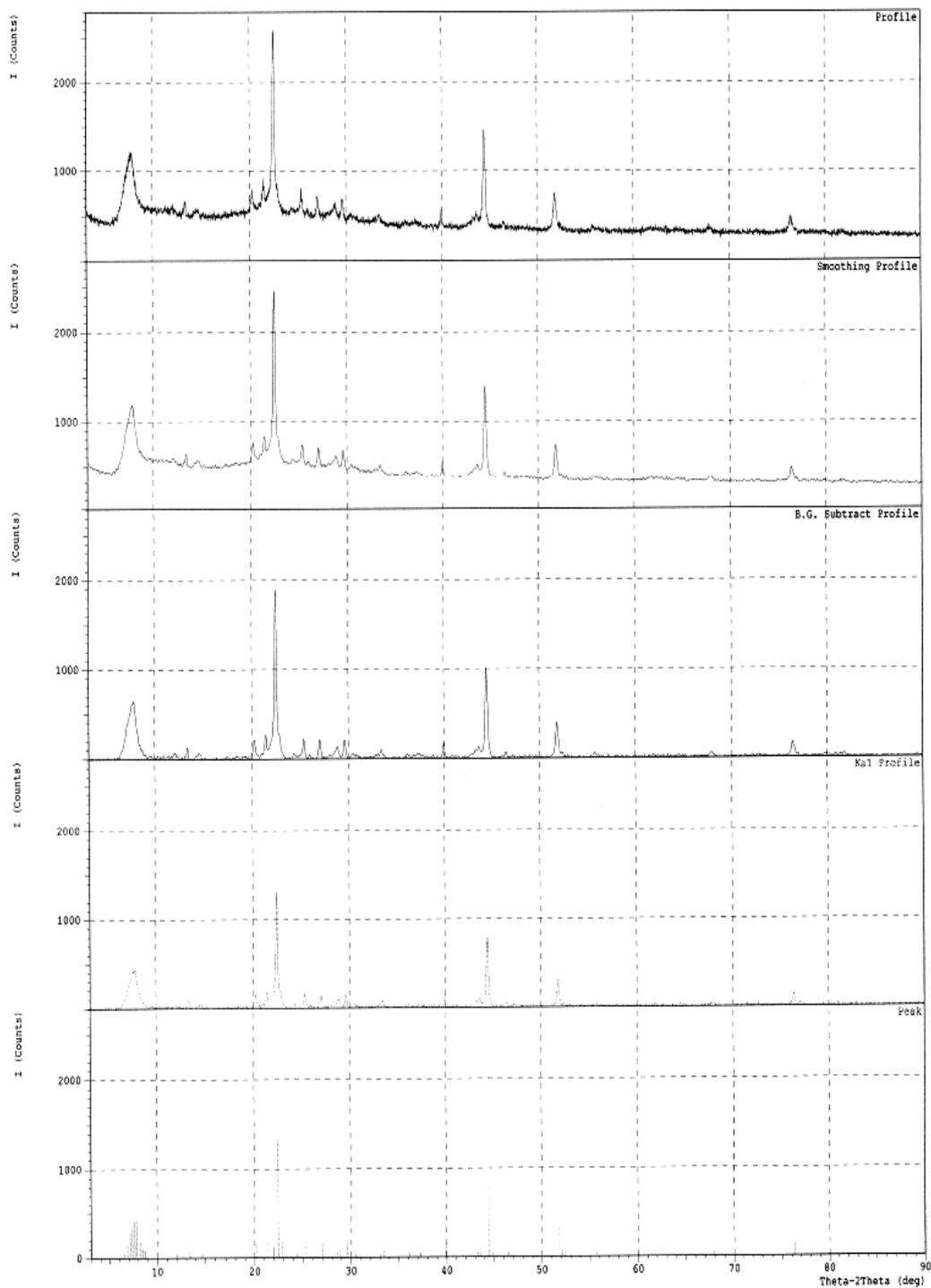
*** Multi Plot ***

File Name : Data 2013\Mustikowati UNNES
Sample Name : Ni/Zeolit Beta Comment : Ni/Zeolit Beta
Date & Time : 05-30-13 14:39:07
Condition
X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 40.0 kV Current : 30.0 mA
Scan Range : 3.0000 <-> 90.0000 deg Step Size : 0.0200 deg
Count Time : 0.24 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm



*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2013
Data Name : Mustikowati UNNES
File Name : Mustikowati UNNES.PKR
Sample Name : Ni/Zeolit Beta
Comment : Ni/Zeolit Beta



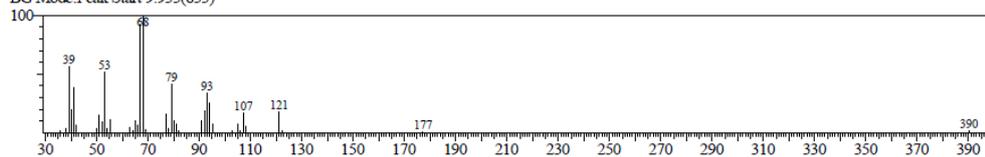
Lampiran 16. Hasil Spektrometer Massa reduksi sitronelal dengan NaBH₄

D:\MEI 2013\Mustikowati Sitronelol.qgd

Library

<< Target >>

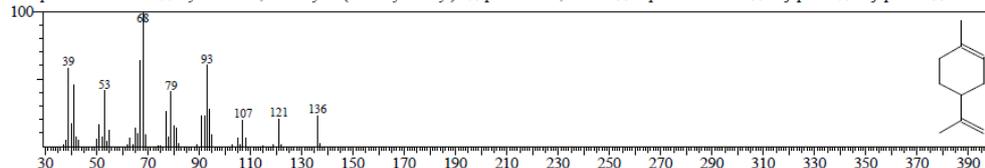
Line# 1 R.Time:9.983(Scan#:839) MassPeaks:39
RawMode:Single 9.983(839) BasePeak:68.05(13375)
BG Mode:Peak Start 9.933(833)



Hit# 1 Entry:6647 Library:NIST62.LIB

SI:92 Formula:C10H16 CAS:138-86-3 MolWeight:136 RetIndex:0

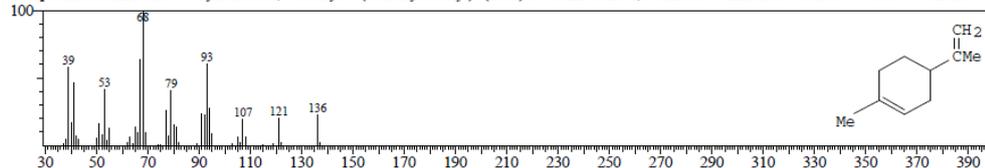
CompName:Limonene \$\$ Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)- \$\$ p-Mentha-1,8-diene \$\$ alpha.-Limonene \$\$ Cajeputen \$\$ Cajeputene \$\$ Cinen \$



Hit# 2 Entry:19413 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C10H16 CAS:138-86-3 MolWeight:136 RetIndex:0

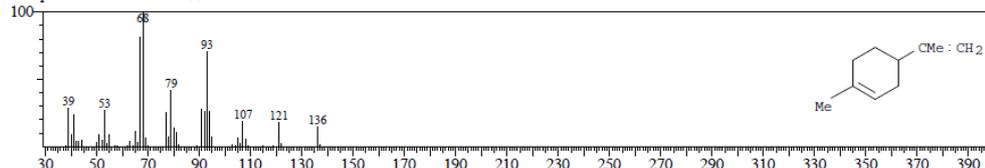
CompName:dl-Limonene \$\$ Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)- (CAS) 1-P-MENTHA-1,8-DIENE \$\$ Limonene \$Cinen \$\$ Nesol \$\$ Cinene \$\$ I



Hit# 3 Entry:19686 Library:WILEY229.LIB

SI:90 Formula:C10H16 CAS:5989-54-8 MolWeight:136 RetIndex:0

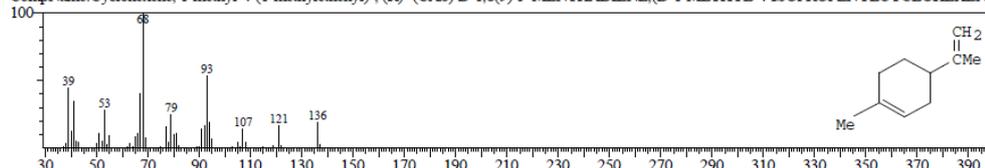
CompName:l-LIMONENE \$\$



Hit# 4 Entry:19417 Library:WILEY229.LIB

SI:90 Formula:C10H16 CAS:5989-27-5 MolWeight:136 RetIndex:0

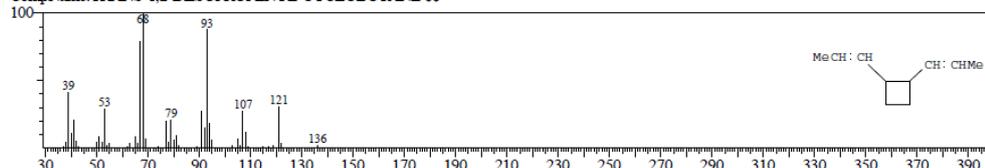
CompName:Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-, (R)- (CAS) D-1,8(9)-P-MENTHADIENE,(D-1-METHYL-4-ISOPROPENYL)CYCLOHEXENE



Hit# 5 Entry:19345 Library:WILEY229.LIB

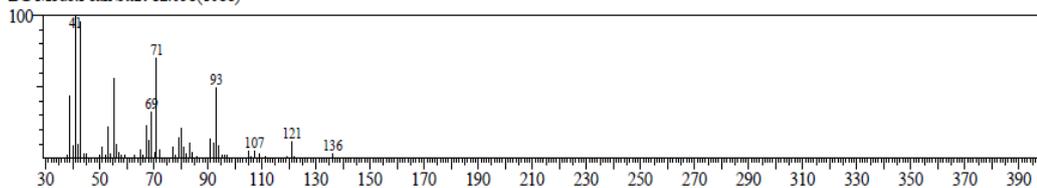
SI:89 Formula:C10H16 CAS:22769-00-2 MolWeight:136 RetIndex:0

CompName:TRANS-1,2-DIISOPROPENYL-CYCLOBUTANE \$\$



<< Target >>

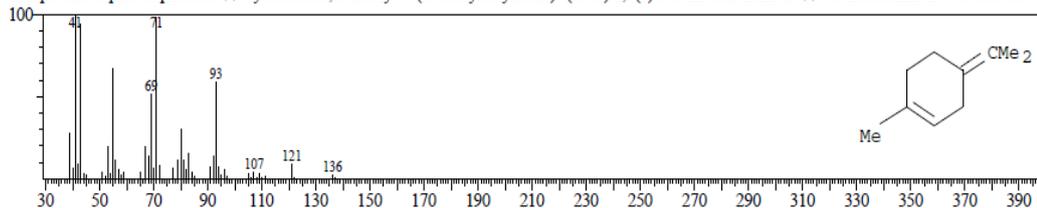
Line#2 R.Time:12.117(Scan#:1095) MassPeaks:52
 RawMode:Single 12.117(1095) BasePeak:41.05(34511)
 BG Mode:Peak Start 12.058(1088)



Hit#1 Entry:19446 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C10H16 CAS:586-62-9 MolWeight:136 RetIndex:0

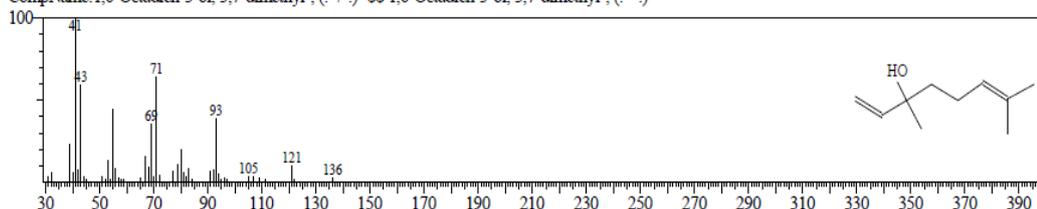
CompName:alpha-terpinolene \$\$ Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)- (CAS) 1,4(8)-P-MENTHADIENE \$\$ 1-METHYLENE-4-ISOPROPYL



Hit#2 Entry:10950 Library:NIST62.LIB

SI:93 Formula:C10H18O CAS:22564-99-4 MolWeight:154 RetIndex:0

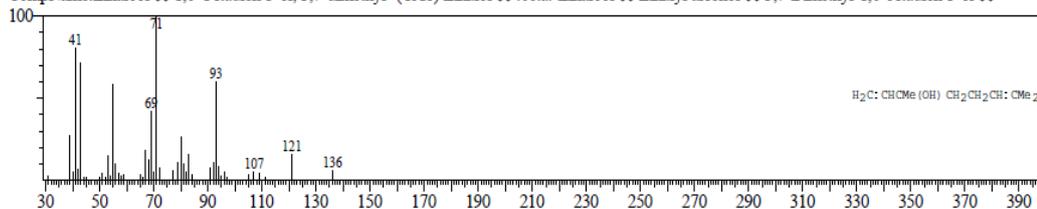
CompName:1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, (+/-)- \$\$ 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, (+/-)-



Hit#3 Entry:31232 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C10H18O CAS:78-70-6 MolWeight:154 RetIndex:0

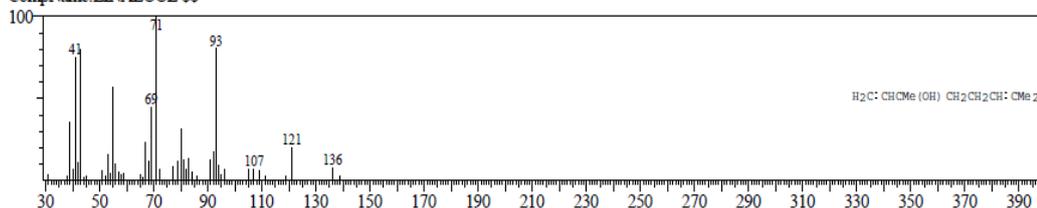
CompName:Linalool \$\$ 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Linalool \$\$.beta.-Linalool \$\$ Linalyl alcohol \$\$ 3,7-Dimethyl-1,6-octadien-3-ol \$\$



Hit#4 Entry:31713 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C10H18O CAS:78-70-6 MolWeight:154 RetIndex:0

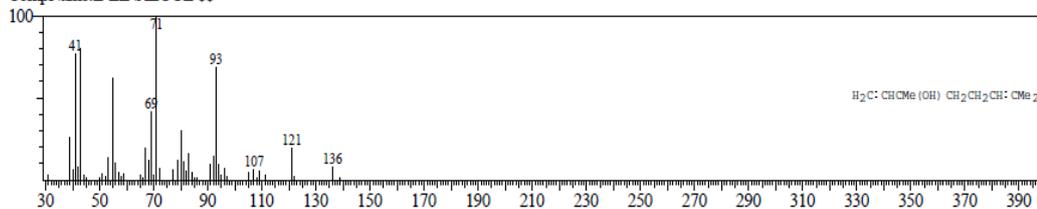
CompName:LINALOOL \$\$



Hit#5 Entry:31656 Library:WILEY229.LIB

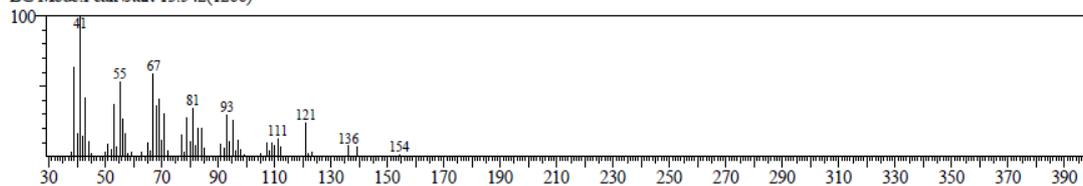
SI:92 Formula:C10H18O CAS:78-70-6 MolWeight:154 RetIndex:0

CompName:L-LINALOOL \$\$



<< Target >>

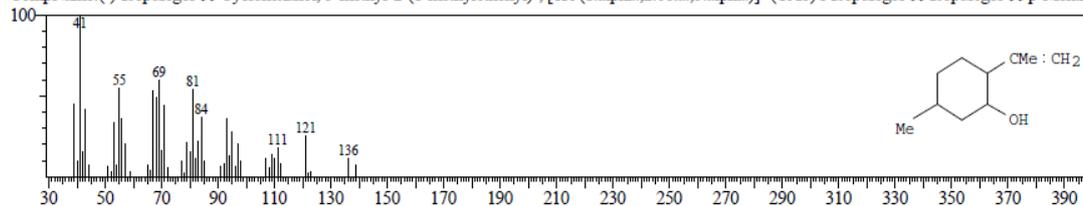
Line#:3 R Time:13.617(Scan#:1275) MassPeaks:58
 RawMode:Single 13.617(1275) BasePeak:41.05(39823)
 BG Mode:Peak Start 13.542(1266)



Hit#:1 Entry:31420 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C10H18O CAS:89-79-2 MolWeight:154 RetIndex:0

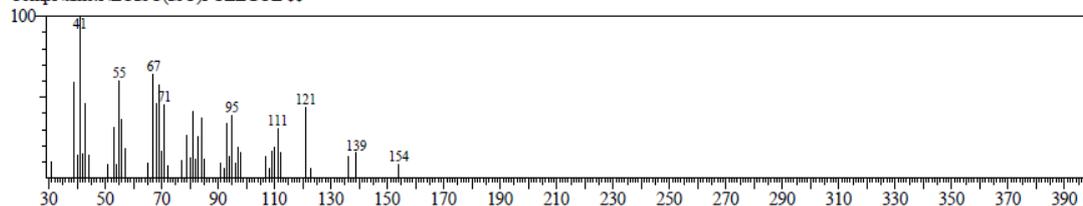
CompName:(-)-Isopulegol \$\$ Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethenyl)-, [1R-(1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)]- (CAS) 1-Isopulegol \$\$ Isopulegol \$\$ p-Menth-



Hit#:2 Entry:31721 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C10H18O CAS:21290-09-5 MolWeight:154 RetIndex:0

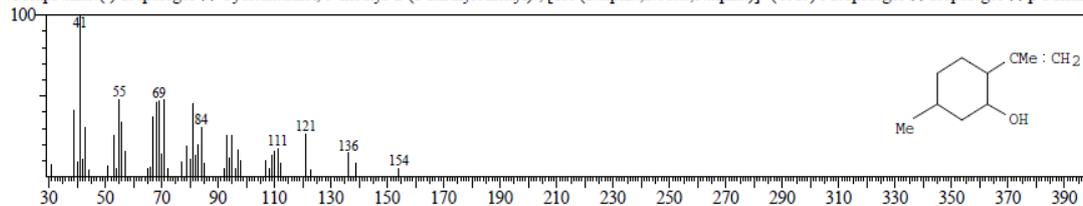
CompName:NEOISO(ISO)PULEGOL \$\$



Hit#:3 Entry:31421 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C10H18O CAS:89-79-2 MolWeight:154 RetIndex:0

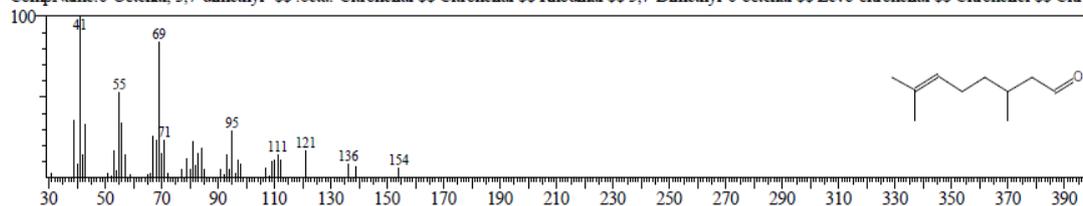
CompName:(-)-Isopulegol \$\$ Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethenyl)-, [1R-(1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)]- (CAS) 1-Isopulegol \$\$ Isopulegol \$\$ p-Menth-



Hit#:4 Entry:11019 Library:NIST62.LIB

SI:89 Formula:C10H18O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0

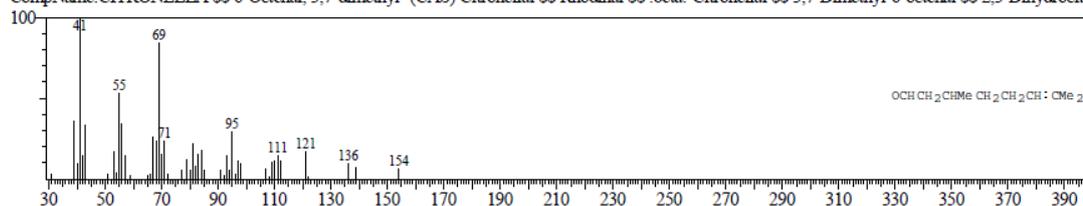
CompName:6-Octenal, 3,7-dimethyl- \$\$ beta.-Citronellal \$\$ Citronellal \$\$ Rhodinal \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octenal \$\$ Levo-citronellal \$\$ Citronellal \$\$ Citron-



Hit#:5 Entry:31146 Library:WILEY229.LIB

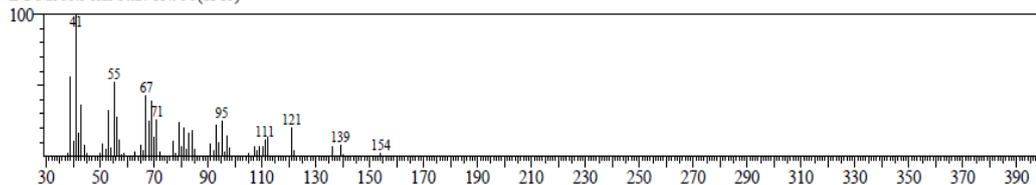
SI:89 Formula:C10H18O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0

CompName:CITRONELLA \$\$ 6-Octenal, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellal \$\$ Rhodinal \$\$ beta.-Citronellal \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octenal \$\$ 2,3-Dihydrocitra

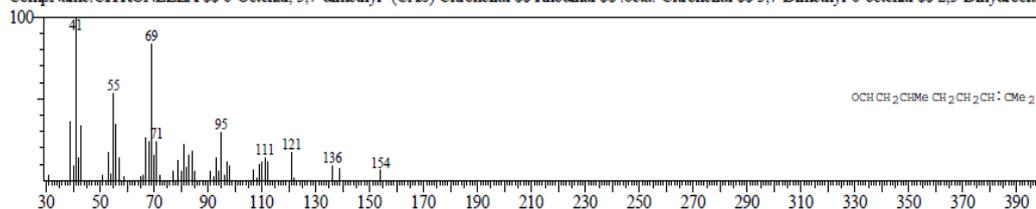


<< Target >>

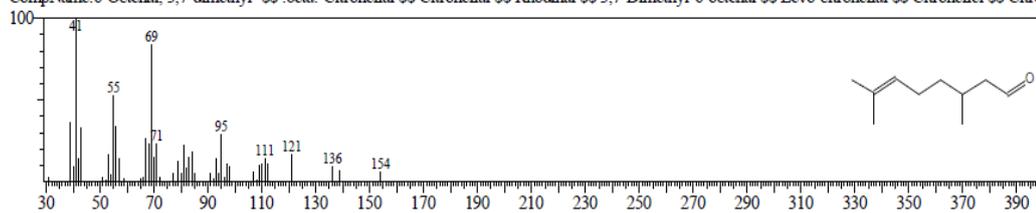
Line#4 R.Time:14.000(Scan#:1321) MassPeaks:57
 RawMode:Single 14.000(1321) BasePeak:41.05(18459)
 BG Mode:Peak Start 13.950(1315)



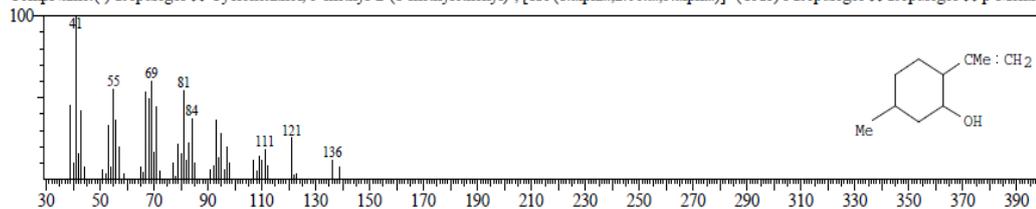
Hit#1 Entry:31146 Library:WILEY229.LIB
 SI:92 Formula:C10H18O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0
 CompName:CITRONELLA \$\$ 6-Octenal, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellal \$\$ Rhodinol \$\$.beta.-Citronellal \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octenal \$\$ 2,3-Dihydrocitra



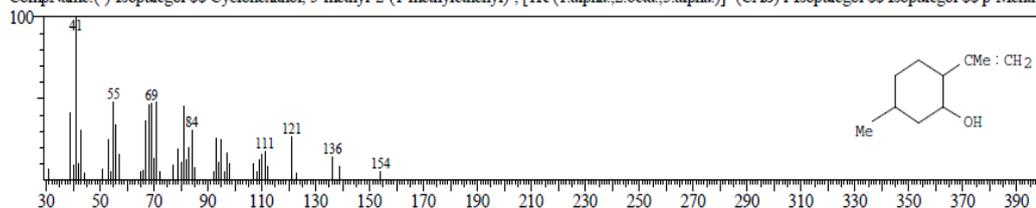
Hit#2 Entry:11019 Library:NIST62.LIB
 SI:92 Formula:C10H18O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0
 CompName:6-Octenal, 3,7-dimethyl- .beta.-Citronellal \$\$ Citronellal \$\$ Rhodinol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octenal \$\$ Levo-citronellal \$\$ Citronellel \$\$ Citron



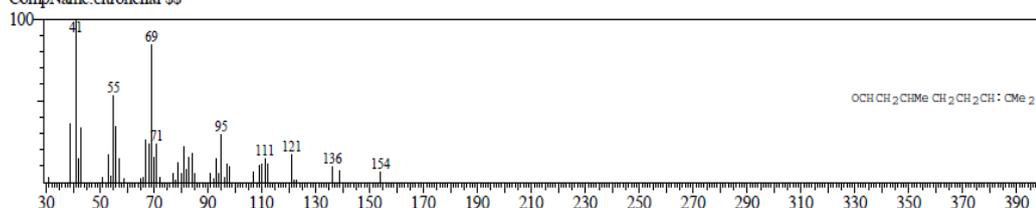
Hit#3 Entry:31420 Library:WILEY229.LIB
 SI:92 Formula:C10H18O CAS:89-79-2 MolWeight:154 RetIndex:0
 CompName:(-)-Isopulegol \$\$ Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethenyl)-, [1R-(1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)]- (CAS) l-Isopulegol \$\$ Isopulegol \$\$ p-Menth-



Hit#4 Entry:31421 Library:WILEY229.LIB
 SI:92 Formula:C10H18O CAS:89-79-2 MolWeight:154 RetIndex:0
 CompName:(-)-Isopulegol \$\$ Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethenyl)-, [1R-(1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)]- (CAS) l-Isopulegol \$\$ Isopulegol \$\$ p-Menth-

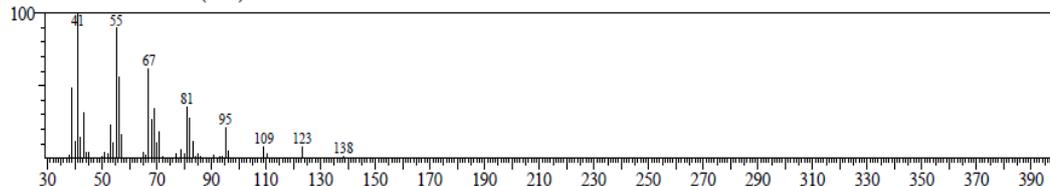


Hit#5 Entry:31584 Library:WILEY229.LIB
 SI:91 Formula:C10H18O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0
 CompName:citronellal \$\$



<< Target >>

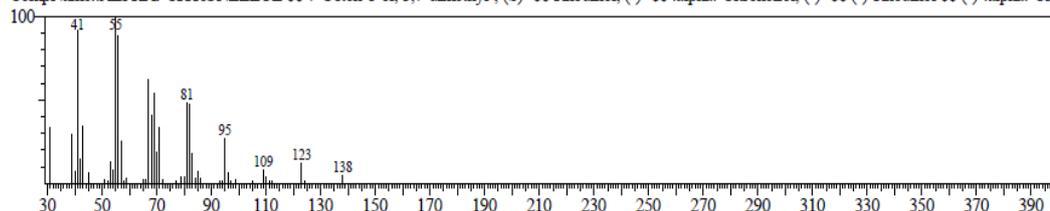
Line#: 5 R Time: 16.067 (Scan#: 1569) MassPeaks: 42
 RawMode: Single 16.067 (1569) BasePeak: 41.05 (58213)
 BG Mode: Peak Start 15.900 (1549)



Hit#1 Entry: 33234 Library: WILEY229.LIB

SI: 91 Formula: C₁₀H₂₀O CAS: 6812-78-8 MolWeight: 156 RetIndex: 0

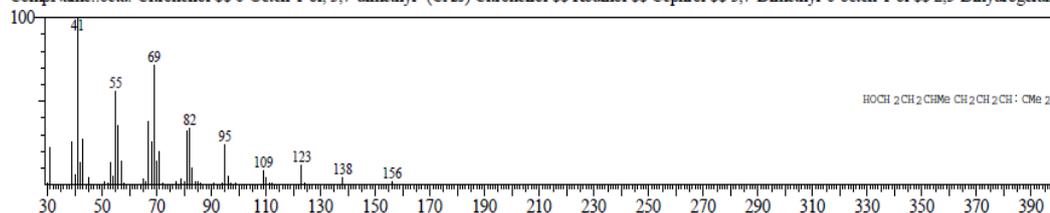
CompName: ALPHA-CITRONELLOL \$\$ 7-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, (S)- \$\$ Rhodinol, (-)- \$\$ alpha-Citronellol, (-)- \$\$ (-)-Rhodinol \$\$ (-)-alpha-Citr



Hit#2 Entry: 33237 Library: WILEY229.LIB

SI: 91 Formula: C₁₀H₂₀O CAS: 106-22-9 MolWeight: 156 RetIndex: 0

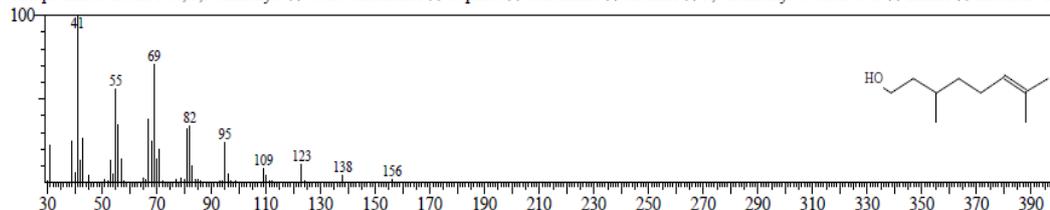
CompName: beta-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogerani



Hit#3 Entry: 11594 Library: NIST62.LIB

SI: 91 Formula: C₁₀H₂₀O CAS: 106-22-9 MolWeight: 156 RetIndex: 0

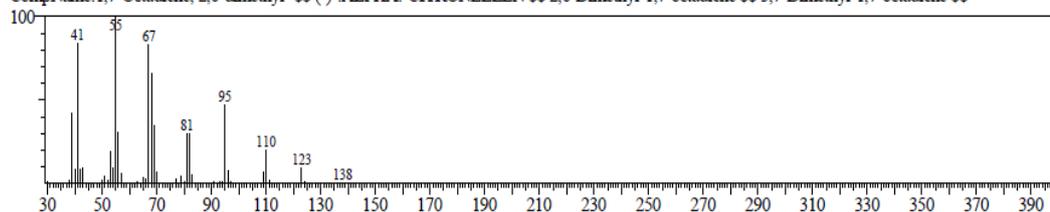
CompName: 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, beta-Citronellol \$\$ Cephrol \$\$ Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ Elenol \$\$ RHODINOL



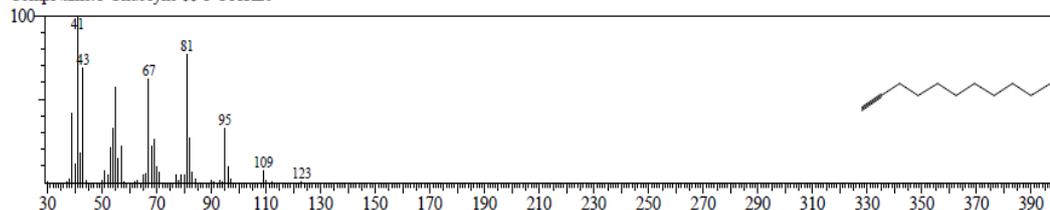
Hit#4 Entry: 20712 Library: WILEY229.LIB

SI: 90 Formula: C₁₀H₁₈ CAS: 6874-35-7 MolWeight: 138 RetIndex: 0

CompName: 1,7-Octadiene, 2,6-dimethyl-, (-)-ALPHA-CITRONELLEN \$\$ 2,6-Dimethyl-1,7-octadiene \$\$ 3,7-Dimethyl-1,7-octadiene \$\$

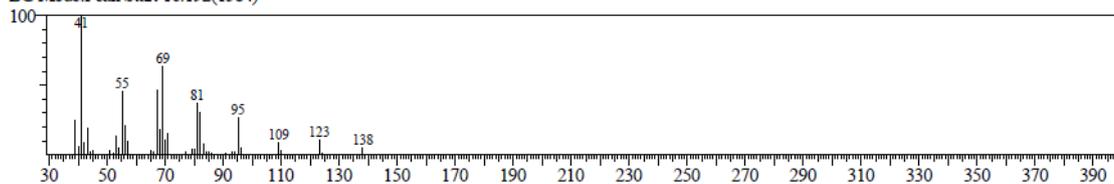


Hit#5 Entry: 10434 Library: NIST62.LIB

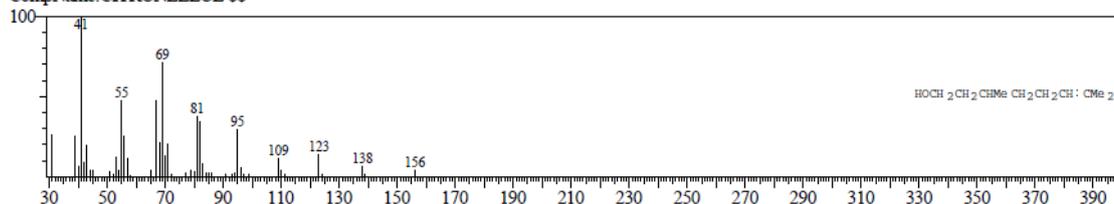
SI: 90 Formula: C₁₁H₂₀ CAS: 2243-98-3 MolWeight: 152 RetIndex: 0CompName: 1-Undecyne \$\$ 1-C₁₁H₂₀

<< Target >>

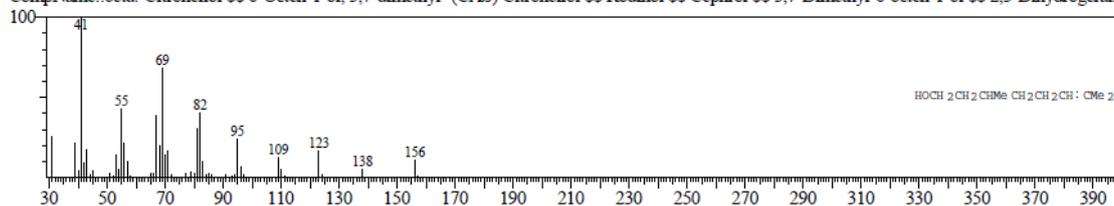
Line# 6 R.Time:16.567(Scan#:1629) MassPeaks:40
 RawMode:Single 16.567(1629) BasePeak:41.05(1630517)
 BG Mode:Peak Start 16.192(1584)



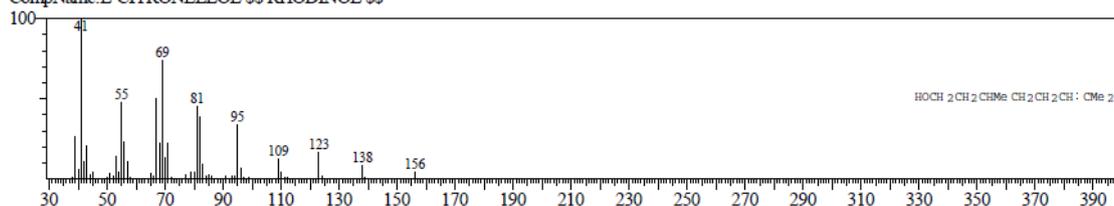
Hit# 1 Entry:33384 Library:WILEY229.LIB
 SI:97 Formula:C10H20O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0
 CompName:CITRONELLOL \$\$



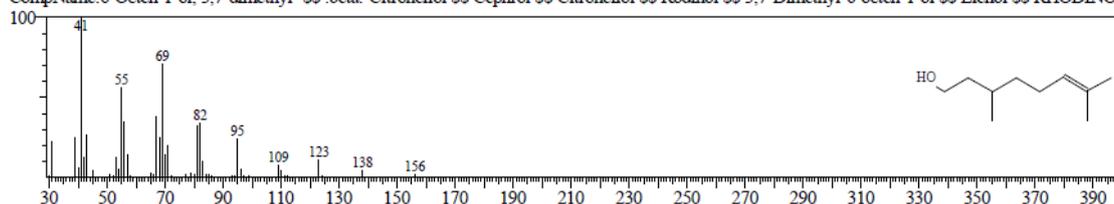
Hit# 2 Entry:33238 Library:WILEY229.LIB
 SI:96 Formula:C10H20O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0
 CompName:.beta.-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol



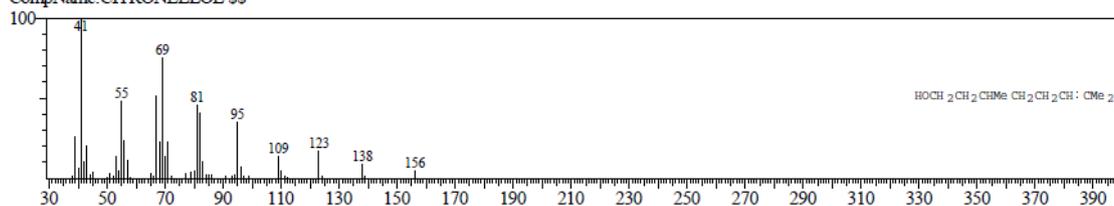
Hit# 3 Entry:33382 Library:WILEY229.LIB
 SI:96 Formula:C10H20O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0
 CompName:L-CITRONELLOL \$\$ RHODINOL \$\$



Hit# 4 Entry:11594 Library:NIST62.LIB
 SI:95 Formula:C10H20O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0
 CompName:6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- \$\$.beta.-Citronellol \$\$ Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ Elenol \$\$ RHODINOL

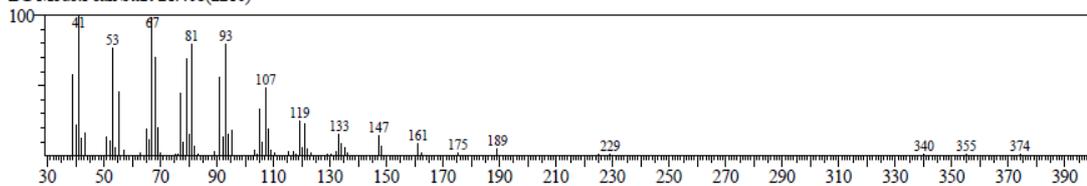


Hit# 5 Entry:33383 Library:WILEY229.LIB
 SI:95 Formula:C10H20O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0
 CompName:CITRONELLOL \$\$

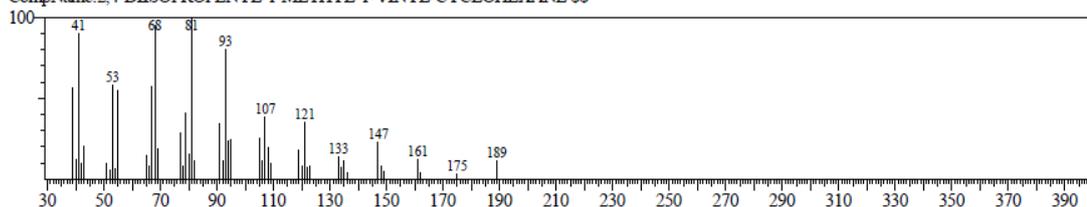


<< Target >>

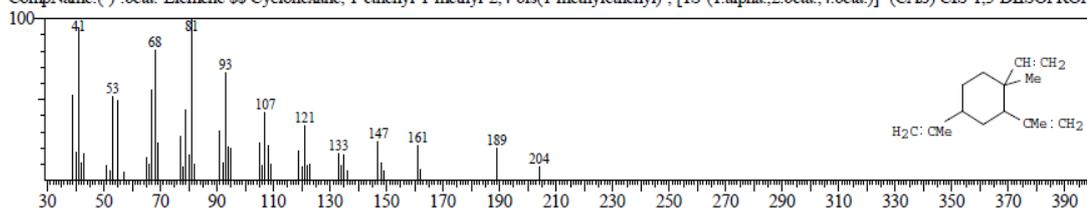
Line#:7 R.Time:21.483(Scan#:2219) MassPeaks:67
 RawMode:Single 21.483(2219) BasePeak:41.05(9767)
 BG Mode:Peak Start 21.408(2210)



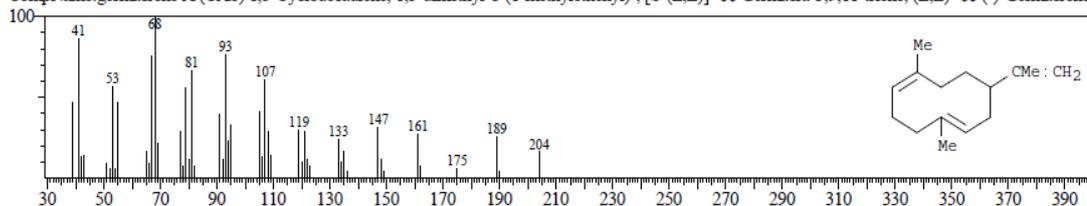
Hit#:1 Entry:70785 Library:WILEY229.LIB
 SI:92 Formula:C15 H24 CAS:33880-83-0 MolWeight:204 RetIndex:0
 CompName:2,4-DIISOPROPENYL-1-METHYL-1-VINYL-CYCLOHEXANE \$\$



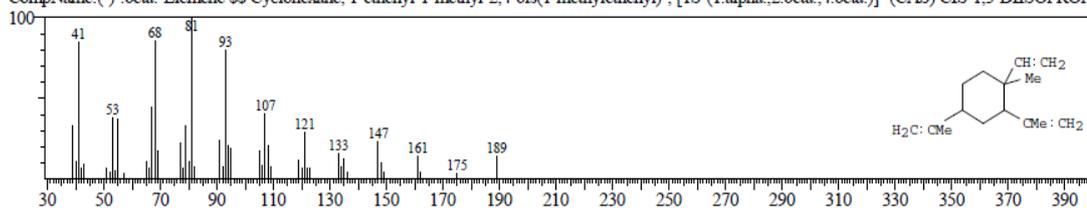
Hit#:2 Entry:70777 Library:WILEY229.LIB
 SI:91 Formula:C15 H24 CAS:515-13-9 MolWeight:204 RetIndex:0
 CompName:(-)-beta-Elementene \$\$ Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,4.beta.)]- (CAS) CIS-1,3-DIISOPROPI



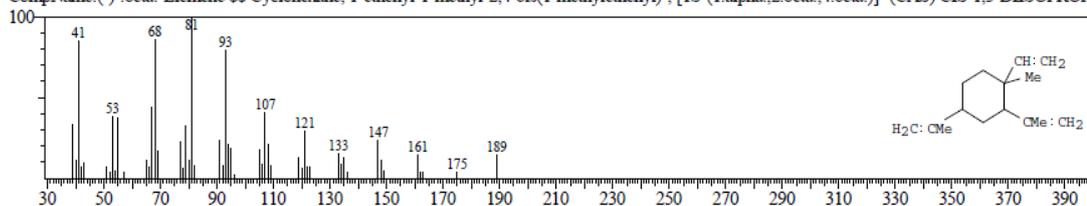
Hit#:3 Entry:71104 Library:WILEY229.LIB
 SI:90 Formula:C15 H24 CAS:28387-44-2 MolWeight:204 RetIndex:0
 CompName:gemacrene A (CAS) 1,5-Cyclodecadiene, 1,5-dimethyl-8-(1-methylethenyl)-, [S-(E,E)]- \$\$ Gemacra-3,9,11-triene, (E,E)- \$\$ (-)-Gemacrene .



Hit#:4 Entry:70779 Library:WILEY229.LIB
 SI:89 Formula:C15 H24 CAS:515-13-9 MolWeight:204 RetIndex:0
 CompName:(-)-beta-Elementene \$\$ Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,4.beta.)]- (CAS) CIS-1,3-DIISOPROPI



Hit#:5 Entry:70780 Library:WILEY229.LIB
 SI:89 Formula:C15 H24 CAS:515-13-9 MolWeight:204 RetIndex:0
 CompName:(-)-beta-Elementene \$\$ Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,4.beta.)]- (CAS) CIS-1,3-DIISOPROPI



Lampiran 17. Dokumentasi penelitian



Rangkaian alat destilasi bertingkat



Proses pembuatan katalis



Reaksi reduksi sitronelal dengan NaBH_4



Reaksi hidrogenasi sitronelal terkatalis Ni/zeolit beta