

**STUDI KONVERSI SITRONELAL MENJADI NEROL MELALUI
REAKSI ELEKTROREDUKSI MENGGUNAKAN ELEKTRODA
TEMBAGA (Cu)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Sains
(S.Si) Program Studi Kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan**

**Alam Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**



Diajukan oleh :

FUAD AFIF IBRAHIM

No Mhs : 16612139

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2020

**STUDI KONVERSI SITRONELAL MENJADI NEROL MELALUI
REAKSI ELEKTROREDUKSI MENGGUNAKAN
ELEKTRODA TEMBAGA (Cu)
SKRIPSI**

yang diajukan oleh :

FUAD AFIF IBRAHIM
No Mahasiswa : 16612139

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Penguji Skripsi
Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal: 21 Mei 2020

Dewan penguji

Wiyogo Prio Wicaksono, S.Si, M.Si.

Dr. Tatang Shabur Julianto, S.Si, M.Si.

Dhina Fitriastuti, S.Si, M.Sc.

Imam Sahroni, S.Si, M.Sc.

Tanda tangan



Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



Prof. Rhyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fuad Afif Ibrahim
NIM : 16612139
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu pengetahuan

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul studi konversi sitronelal menjadu nerol melalui reaksi elektoreduksi menggunakan elektroda (Cu) bersifat asli dan tidak berisi material yang diterbitkan sebelumnya kecuali refrensi yang disebutkan di dalam skripsi ini. Apabila terdapat kontribusi dari penulis lain, maka penulis tersebut secara eksplisit telah disebutkan didalam skripsi ini. Apabila kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini , maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentua yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan penuh tanggung jawab.

Yogyakarta, 20 Juli 2020

Yang menyatakan



FUAD AFIF IBRAHIM

NIM.16612139

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي قَدْ وَفَّقَ لِلْعِلْمِ خَيْرَ خَلْقِهِ وَلِلتَّقَى حَتَّى نَحْتَ فُلُؤْمُكُمْ لِنَحْوِهِ فَمِنْ عَظِيمِ شَأْنِهِ لَمْ تَحْوِهِ ثُمَّ الصَّلَاةُ مَعَ سَلَامٍ

لَائِقٍ عَلَى النَّبِيِّ أَفْصَحَ الْخَلَائِقِ مُحَمَّدٍ وَالْأَلِ وَالْأَصْحَابِ مَنْ اتَّقُوا الْقُرْآنَ بِالْإِعْرَابِ

Alhamdulillah hirobbil'alamin, penulis hanturkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir/Proposal Skripsi yang berjudul “ STUDI KONVERSI SITRONELAL MENJADI NEROL MELALUI REAKSI ELEKTROREDUKSI DENGAN MENGGUNAKAN ELEKTRODA TEMBAGA (Cu) ”. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada Akhiirul anbiyaa' Nabiyallah Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan seluruh pengikutnya hingga akhir zaman.

Tugas akhir/ Proposal Skripsi adalah salah satu mata kuliah wajib bagi mahasiswa semester VII Program Studi S-1 untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si). Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui potensi metode elektrokimia (elektrosintesis/elektroreduksi) untuk mengkonversi sitronelal menjadi nerol serta mengetahui kondisi reaksi yang sesuai (jenis elektroda, jenis elektrolit, potensial reduksi, dan waktu reaksi) agar dapat mengkonversi sitronelal menjadi nerol secara elektrokimia dengan nilai % konversi dan % kemurnian yang tinggi.

Proposal skripsi dapat terselesaikan hingga tersusunnya laporan ini, tidak lepas dari bimbingan dan pengarahan berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Fathul Wahid S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.

2. Prof. Riyanto M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Prof. Dr. Is Fatimah, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
4. Dr. Dwiwarso Rubiyanto, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
5. Wiyogo Prio Wicaksono, S.Si., M.Si. dan Dr. Tatang Shabur Julianto, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama melakukan perencanaan, penelitian hingga penulisan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Kimia, staff pengajar, laboran, dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
7. Orangtua penulis yang sangat berjasa dan adik-adik yang selama ini mendampingi serta senantiasa yang tiada hentinya mendoakan. Penulis sangat berterima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orangtua penulis yang selalu tenang dalam menanggapi perihal skripsi ini karena yang paling penting adalah anaknya soleh.
8. Kepada diri saya pribadi **Fuad Afif Ibrahim** yang terus berjuang menjadi hebat
9. Keluarga saya alumnus angkatan 2012 Pondok Pesantren Husnul Khotimah yang memberikan saya derasnya semangat juang dan ruang bagi fikiran saya untuk menelaah lebih jauh. Keluarga saya JB Fams yang selalu memberi bertubi-tubi support perihal moril maupun materil yang karenanya saya terus bisa menyusun idealisme mahasiswa yang satu ini.
10. Serta seluruh teman MER-G Group, kawan-kawan kelas C dan rekan-rekan bisnis yang tidak berhenti memberikan sokongan dalam bentuk perkataan yang membangun, doa yang tersirat dan kawan-kawan lainnya yang sebenarnya bisa saja saya sebutkan satu persatu namanya tetapi tidak saya lakukan agar skripsi ini tidak hanya berisi daftar nama kalian terus berjuang, jangan lenje !

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
ABSTRAK.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	4
1.3 Tujuan penelitian	4
1.4 Manfaat penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Elektroreduksi Senyawa Kimia	6
2.2 Elektroreduksi menggunakan Elektroda Tembaga (Cu)	6
<u>BAB III DASAR TEORI</u>	8
3.1 Sitronelal	8
3.2 Nerol	9
3.3 Elektroreduksi.....	10
3.4 Tembaga sebagai elektroda	11
3.5 Potensiotat	12
3.6 <i>Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)</i>	12

3.7 Hipotesis	13
BAB IV METODE PENELITIAN.....	14
4.1 Bahan dan Alat yang digunakan.....	14
4.2 Prosedur Kerja	14
4.2.1 Elektroreduksi Sitronelal Menjadi Nerol.....	14
4.2.2 Pemurnian dan Karakterisasi Produk Elektroreduksi Menggunakan <i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry</i> (GC-MS)	15
4.2.3 Optimasi Kondisi Elektroreduksi.....	16
4.2.4 Perhitungan % kemurnian dan konversi.....	16
BAB V PEMBAHASAN.....	16
5.1 Karakterisasi Sifat Elektrokimia Sitronelal dengan Teknik Volametri Siklik (CV) dan <i>Linear Sweep Voltammetry</i> (LSV).....	17
5.2 Analisis Reagen Sitronelal menggunakan GCMS	19
5.3 Pengaruh Potensial Reduksi Terhadap Produk Elektroreduksi Sitronelal	21
5.4 Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Produk Elektroreduksi Sitronelal	24
BAB VI.....	27
KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
DAFTAR PUSTAKA.....	29
LAMPIRAN.....	34
Lampiran 1 Dokumentasi penelitian	
1.1 Hasil elektroreduksi sampel.....	34

1.2 Rangkaian reactor <i>double chamber</i>	34
---	----

Lampiran 2 Perhitungan

2.1 perhitungan % komposisi dan konversi variasi potensial pada -0,25V.....	35
2.1.1 Asam butanoat etil ester.....	35
2.1.2 Nerol	35
2.2 perhitungan % komposisi dan konversi variasi potensial pada -0,5V.....	35
2.2.1 Asam butanoat etil ester.....	35
2.3 perhitungan % komposisi dan konversi variasi potensial pada -0,75V.....	35
2.3.1 Asam butanoat etil ester.....	35
2.4 perhitungan % komposisi dan konversi variasi waktu pada 1 jam.....	36
2.4.1 1-Tetrazol-2-YL-Etanon.....	36
2.4.2 1-Propanol, 2- metil.....	36
2.5 perhitungan % komposisi dan konversi variasi waktu pada 2 jam.....	36
2.5.1 Asam butanoat etil ester.....	36
2.5.2 Nerol.....	36
2.6 perhitungan % komposisi dan konversi variasi waktu pada 4 jam.....	36
2.6.1 Toluena.....	36
2.6.2 Asam butanoat etil ester.....	36

Lampiran 3 Hasil MS reagen Sitronelal

3.1 senyawa hasil MS reagen Sitronelal.....	37
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Reaksi reduksi sitral.....	7
Gambar 2 Struktur kimia (+)-sitronelal (kiri) dan (-)-sitronelal (kanan).....	8
Gambar 3 Struktur kimia nerol.....	9
Gambar 4 Reaktor Elektroreduksi.....	15
Gambar 5 Voltamogram dari perbandingan teknik <i>cyclic Voltametry</i> (CV) dan <i>linier Sweep voltametry</i> (LSV).....	18
Gambar 6 Hasil analisis GCMS reagen citronelal.....	20
Gambar 7 Grafik perbandingan kronoamperogram pada variasi potensial kerja.....	21
Gambar 8 Jalur reaksi pembentukan Nerol dengan elektroreduksi menggunakan elektroda Cu.....	23
Gambar 9 Grafik perbandingan kronoamperogram hasil elektroreduksi citronelal pada potensial kerja -0,25 V dengan variasi waktu.....	25
Gambar 10 Struktur asam butanoat etil ester.....	26

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Konversi sitronelal.....	6
Tabel 2 Hasil analisis GC-MS terhadap produk konversi sitronelal secara elektrokimia pada variasi potensial kerja.....	22
Tabel 3 Hasil analisis GC-MS produk elektroreduksi sitronelal pada potensial -0,25 V dengan variasi waktu reaksi.....	26



STUDI KONVERSI SITRONELAL MENJADI NEROL MELALUI REAKSI ELEKTROREDUKSI MENGGUNAKAN ELEKTRODA TEMBAGA (Cu)

FUAD AFIF IBRAHIM
No Mhs : 16612139

INTISARI

Indonesia merupakan penghasil minyak atsiri terbesar di dunia. Salah satu minyak atsiri yang masuk komoditas utama Indonesia adalah minyak dari tanaman serai wangi (*Cymbopogon nardus. L*) atau dikenal dengan nama dagang *citronella oil*. Minyak serai wangi mengandung komponen senyawa sitronelal sekitar 32-45%, geraniol 12-18%, sitronellool 11-15%, geraniol asetat 3-8%, sitronellal asetat 2-4%, dan sekitar 8-10% kandungan senyawa lainnya. Fakta dilapangan mengatakan bahwa harga minyak atsiri mentah lebih murah dibandingkan dengan isolat komponennya.

Salah satunya adalah dengan cara diolah ke dalam bentuk komponen nerol. Konversi komponen utama minyak serai wangi sitronelal menjadi nerol menarik dilakukan karena harga nerol murni dipasaran lebih mahal dibanding sitronelal dan. Selain itu, nerol juga mempunyai banyak kegunaan lainya baik di industri makanan, kosmetik, parfum, dan anti serangga. Sampai saat ini belum ditemukan metode yang sederhana, efisien, efektif, dan selektif untuk mengkonversi sitronelal menjadi nerol.

Pada penelitian ini akan dilakukan konversi sitronelal menjadi nerol melalui reaksi elektoreduksi selektif dengan metode elektrokimia dengan Teknik kronoamperometri menggunakan elektroda Cu. Metode elektrokimia menjadi salah satu alternatif unggul yang dapat digunakan untuk mensintesis senyawa organik (elektrosintesis) dengan mencampurkan reagen pada larutan elektrolit, surfaktan dan H_3PO_4 lalu di lakukan studi awal CV dan LSV dan didapat potensial reduksi terjadi pada -0,555. Selanjutnya elektoreduksi didalam *chamber*, yang digunakan pada penelitian kali ini adalah dual *chamber* yang digunakan elektroda Cu pada salah satu *chamber* dan Pt pada *chamber* satunya. Salah satunya agar hasil reduksi tidak teroksidasi dan sebaliknya sehingga dapat mempengaruhi hasil. dilakukan variasi Potensial reduksi, dan waktu reaksi agar dapat diperoleh produk nerol dengan % konversi dan % komposisi yang tinggi, dan didapatkan nerol dengan % konversi dan % komposisi sebesar 0,09% dan 0,09% dengan hasil samping berupa asam butanoat etil ester. Hasil tersebut masih bisa dikatakan relatif kecil karena dimungkinkan adanya pengaruh dari senyawa-senyawa pengganggu pada reagen itu sendiri setelah dilakukan uji GCMS. Sehingga ini dapat meningkatkan nilai ekonomis dari produk minyak atsiri serai wangi. Harapannya teknologi ini dapat di skala industrikan pada industri minyak atsiri

Kata kunci: Nerol, Kronoamperometri, Sitronelal, elektoreduksi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam hayati dan keanekaragaman jenis flora dan fauna yang terdapat di seluruh wilayah nusantara (Sriastuti dkk, 2018). Banyaknya kekayaan hayati menjadikan Indonesia sebagai penghasil 40 dari 80 jenis minyak atsiri yang diperdagangkan di pasar dunia. Dari jumlah tersebut, 13 jenis telah memasuki pasar atsiri dunia, yaitu nilam, cengkih, jahe, pala, lada, kayu manis, sere wangi, , cendana, melati, akar wangi, kenanga, kayu putih, dan kemukus (Tirta dkk., 2017). Minyak atsiri atau yang dikenal dengan nama minyak eteris atau minyak terbang merupakan bahan yang mudah menguap (volatil), mempunyai rasa getir, dan bau mirip tanaman asalnya yang diambil dari bagian-bagian tanaman seperti daun, buah, akar, rimpang, kulit kayu, biji, bunga, bahkan seluruh bagian tanaman. Minyak atsiri selain dihasilkan oleh tanaman, dapat juga sebagai bentuk dari hasil degradasi dari enzim atau dibuat secara sintetis. (Tirta dkk., 2017) Saat ini minyak atsiri sudah banyak digunakan sebagai parfum, kosmetik, antibiotik, antioksidan, imunostimulan, untuk mengurangi stres, dan terapi bagi penyakit ringan (Pratiwi dkk., 2018). Seperti yang dilansir dari Tribunnews.com, salah satu minyak atsiri yang masuk komoditas utama Indonesia adalah minyak serai wangi atau dikenal dengan nama dagang *Citronella oil* (Tribunnews, 2017).

Berdasarkan data dari Direktorat Jendral Perkebunan tahun 2006 yang dilansir oleh Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Aceh, produksi minyak serai wangi di Indonesia dihasilkan dari Aceh, Jawa Barat, Jawa Timur, dan Lampung dengan total luas area seluruh Indonesia pada tahun 2004 mencapai 3492 hektar (Idawanni, 2016). Minyak serai wangi yang diperoleh dari tanaman

serai wangi (*Cymbopogon nardus. L*) mengandung komponen senyawa sitronelal sekitar 32-45%, geraniol 12-18%, sitronelol 11-15%, geranil asetat 3-8%, sitronelal asetat 2-4%, dan sekitar 8-10% kandungan senyawa lainnya (Meridkk., 2014). Minyak serai wangi banyak digunakan di industry makanan, kosmetik, parfum, dan industry farmasi. Namun demikian, di pasaran harga minyak serai curah lebih rendah dibanding dengan produk hasil isolasinya, misalnya sitronelal. Untuk mengatasi hal tersebut, minyak serai wangi banyak diproses lebih lanjut menjadi bentuk isolatnya. Senyawa sitronelal sebagai kandungan terbanyak di dalam minyak serai wangi 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 (Mustikowati, 2013). Senyawa sitronelal merupakan bahan dasar yang digunakan dalam parfum atau pewangi dan juga produk farmasi (Yulvianti, 2014). Sementara itu, Beberapa peneliti telah melaporkan konversi sitronelal (3,7-dimetil-6-oktenal) menjadi sitronelol (3,7-dimetil-6-oktane-1-ol) melalui pengurangan selektif (hidrogenasi) karbonil ($C = O$) menjadi alkohol (OH) kelompok fungsional. Selain itu, peneliti lain juga telah melaporkan konversi sitronelal menjadi isopulegol (5-metil-2-prop-1-en-2-ilsikloheksan-1-ol) serta mentol (5-metil-2-propan-2-ilsikloheksan-1-ol). Prinsip konversi sitronelal menjadi isopulegol adalah melalui reaksi siklisasi, sedangkan reaksi hidrogenasi selanjutnya akan menghasilkan mentol. Sayangnya, metode-metode tersebut memiliki kekurangan seperti pembuatan katalis tidak mudah, rumitnya perawatan bakteri, metode konversi yang rumit, serta diperlukan proses suhu tinggi. Oleh karena itu, pengembangan metode konversi yang lebih sederhana diperlukan.

Metode elektrokimia dipandang menjadi suatu alternatif yang unggul digunakan dalam suatu proses sintesis senyawa kimia karena menghasilkan rendemen produk tinggi dengan produk samping yang rendah, proses yang lebih mudah karena dapat dilakukan pada temperatur ruang (Chasanah dkk., 2015). Metode elektrokimia memungkinkan sintesis senyawa organik untuk dilakukan pada kondisi ruang dan menghasilkan produk secara selektif. Penelitian terdekat yaitu pada tahun 1993, Korotayeva dkk. telah melakukan hidrogenasi secara elektrokimia senyawa sitral (3,7-dimetil-2,6-oktadiena l) menggunakan katoda tembaga (Cu) dan anoda platina (Pt) menghasilkan produk berupa sitronelol, nerol, dan geraniol dengan % kemurnian total 86% (Korotayeva dkk., 1993). Reaksi yang terjadi adalah reduksi gugus karbonil menjadi gugus alkohol (C-OH) dan pemutusan ikatan karbon rangkap dua (C=C) menjadi ikatan tunggal (C-C). Sementara itu, penggunaan metode elektrokimia untuk mengkonversi sitronelal menjadi nerol juga belum pernah dilaporkan. Nerol adalah bahan kimia komersial yang penting. Ini digunakan sebagai bahan pewangi, perantara untuk membuat bahan kimia wewangian lainnya dan sebagai senyawa penyedap dalam makanan atau juga digunakan sebagai bahan pewangi dalam produk rumah tangga (Pubchem, 2019)

Pada penelitian ini akan dikaji potensi metode elektrokimia dengan teknik kronoamperometri terhadap konversi senyawa sitronelal menjadi nerol. Pada penelitian ini digunakan elektroda Cu dan dilakukan variasi potensial reduksi dan waktu reaksi. Variasi kondisi reaksi dilakukan untuk memperoleh kondisi optimal sintesis produk turunan dengan % konversi dan % kemurnian yang tinggi. Sebelumnya, juga dilakukan karakterisasi dengan teknik voltametri siklik (CV) dan *linear sweep voltammetry* (LSV) untuk mengetahui karakter elektrokimia dari sitronelal. Harapannya, teknologi ini ke depannya dapat

diaplikasikan dan digunakan secara dalam skala industri di industri minyak atsiri.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana potensi metode elektrokimia (elektrosintesis/elektroreduksi) untuk mengkonversi sitronelal menjadi nerol menggunakan elektroda Cu?
2. Bagaimana kondisi reaksi yang sesuai (potensial reduksi dan waktu reaksi) untuk mengkonversi sitronelal menjadi nerol secara elektrokimia dengan nilai % konversi dan % kemurnian yang tinggi?

1.3 Tujuan penelitian

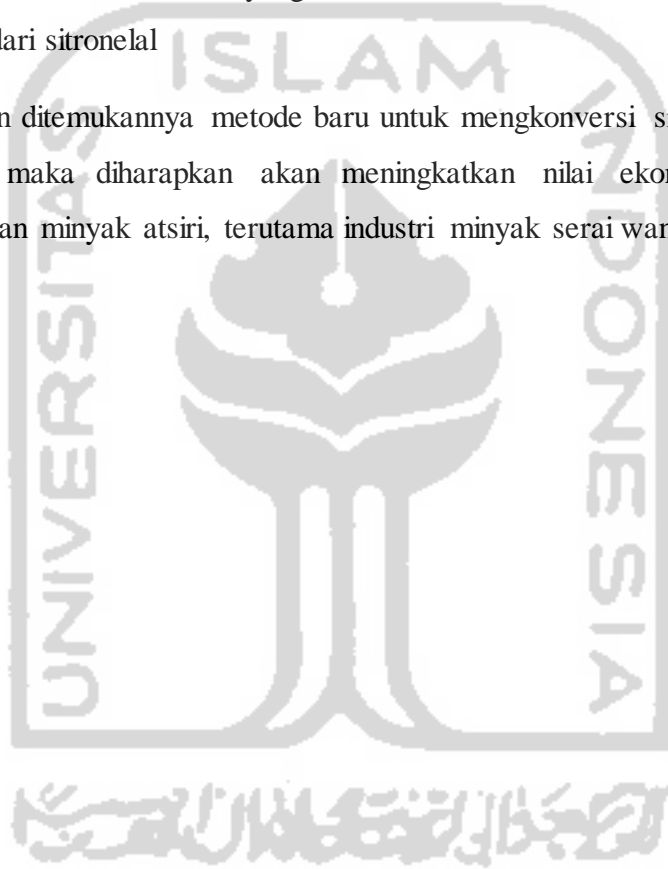
Berdasarkan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Untuk mengetahui potensi metode elektrokimia (elektrosintesis/elektroreduksi) untuk mengkonversi sitronelal menjadi nerol menggunakan elektroda Cu.
2. Untuk mengetahui kondisi reaksi yang sesuai (potensial reduksi dan waktu reaksi) untuk mengkonversi sitronelal menjadi nerol secara elektrokimia dengan nilai % konversi dan % kemurnian yang tinggi.

1.4 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh pengetahuan tentang potensi aplikasi metode elektrokimia untuk mensintesis suatu senyawa organik
2. Memperoleh metode baru yang lebih efisien dan efektif dalam mengkonversi nerol dari sitronelal
3. Dengan ditemukannya metode baru untuk mengkonversi sitronelal menjadi nerol, maka diharapkan akan meningkatkan nilai ekonomi dari hasil pertanian minyak atsiri, terutama industri minyak serai wangi.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektoreduksi Senyawa Kimia

Beberapa penelitian pernah dilakukan dalam konversi senyawa sitronelal yaitu:

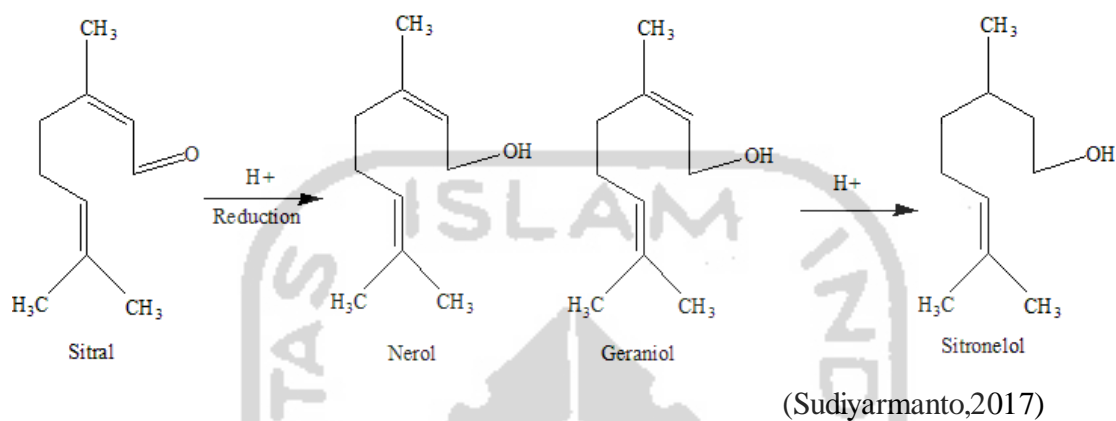
Tabel 1 Konversi sitronelal

No	Peneliti	Konversi	Metode
1.	Wisjeimer dkk, (1986)	Sitronelal - Sitronelol	Katalis
2.	Velenkar dan Heble (2003)	Sitronelal - Sitronelol	Bakteri Rhodotula minuta
3.	Rubinskaya, (1996)	Citral- Geraniol dan Sitronelol	Elektroda Tembaga
4.	Mustikowati, (2013)	Sitronelal- Isopulegol	Reduktor NaBH ₄

2.2 Elektoreduksi menggunakan Elektroda Tembaga (Cu)

Sintesis senyawa organik memungkinkan dilakukan dengan metode elektrokimia pada kondisi ruang dan menghasilkan produk secara selektif. Pada tahun 1993, Korotayeva dkk telah melakukan hidrogenasi secara elektrokimia senyawa sitral (3,7-dimethyl-2,6-octadienal) menggunakan elektroda katoda tembaga dan anoda Platina menghasilkan produk berupa sitronelol, nerol, dan geraniol dengan % kemurnian total 94% dengan kondisi reaksi berupa faktor-faktor (konsentrasi sitral, komposisi pelarut, AcOH: rasio sitral) (Korotayeva dkk, 1993). Reaksi yang terjadi adalah reduksi gugus karbonil menjadi gugus

alkohol (C-OH) dan pemutusan ikatan karbon rangkap dua (C=C) menjadi ikatan tunggal (C-C) dengan persamaan gambar 1



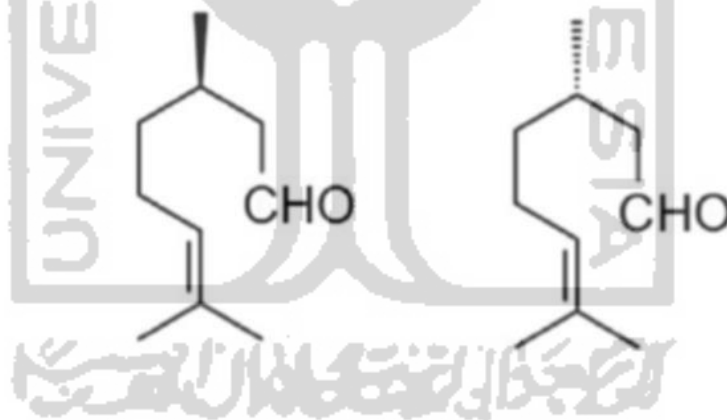
Gambar 1
Reaksi reduksi sitral

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Sitronelal

Sitronelal merupakan senyawa yang memiliki rumus molekul $C_{10}H_{20}O$ (3,7-dimetil-6-okten-1-ol). Sitronelal memiliki massa relatif 154,25 g/mol. Dalam reaksi siklisasi dan suasana asam, sitronelal dapat menghasilkan isopulegol dan saat polimerisasi menggunakan basa juga menghasilkan isopulegol (Harianingsih, 2018) sitronelal mempunyai dua bentuk enansiomer, yaitu (+)-sitronelal dan (-)-sitronelal seperti pada **Gambar 2** Sitronelal kurang larut di air, namun cukup larut di dalam etanol (U.S. National Library of Medicine, 2015).



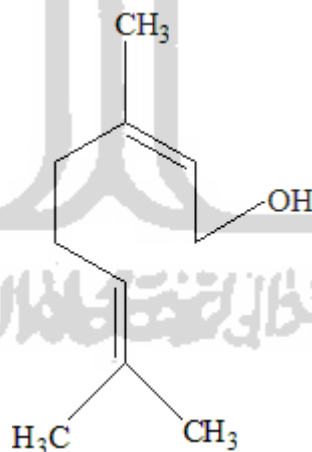
Gambar 2 Struktur kimia (+)-sitronelal (kiri) dan (-)-sitronelal (kanan)

Sitronelal ini umum ditemukan pada rempah-rempah dalam pembuatan obat maupun makanan. Sitronelal adalah monoterpenoid, komponen utama minyak sereh yang memberikan aroma lemon yang khas. Senyawa ini memiliki peran sebagai metabolit dan agen antijamur. Sitronelal juga termasuk dalam golongan monoterpenoid dan aldehida (Pubchem, 2019).

3.2 Nerol

Nerol memiliki rumus molekul $C_{10}H_{18}O$ dengan massa molekulnya 154,25 g/mol memiliki nama IUPAC (Z)-3,7-dimetilokta-2,6-dien-1-ol Neril alkohol nerol di adalah stereoisomer dari 3,7-dimethylocta-2,6-dien-1-ol atau yang biasa dikenal geraniol. Komponen nerol terdapat pada tanaman serai wangi (*Cymbopogon nardus*. L) dengan jumlah sekitar 8-10% (Meri et al., 2014) dan tanaman mawar (*Rosa damascene*) sebanyak 3,7-48,2% (Mahboubi, 2016).

Nerol adalah cairan berminyak yang tidak berwarna. Memiliki aroma manis mawar dan berasa pahit. Nerol cukup larut dalam air. Nerol terdapat pada banyak tanaman. Seperti pada tembakau, tanaman serih dll. Nerol adalah bahan kimia komersial yang penting. Ini digunakan sebagai bahan pewangi, perantara untuk membuat bahan kimia wewangian lainnya dan sebagai senyawa penyedap dalam makanan atau juga digunakan sebagai bahan pewangi dalam produk rumah tangga (Pubchem, 2019)



Gambar 3 Struktur kimia Nerol

3.3 Elektoreduksi

Elektrokimia salah satu cabang ilmu kimia yang mana mempelajari tentang perpindahan elektron pada sebuah media pengantar listrik (elektroda). Elektroda terdiri dari elektroda negatif dan positif. Hal ini dikarenakan elektroda tersebut akan dialiri oleh arus listrik sebagai sumber energi dalam pertukaran elektron. Konsep elektrokimia didasari oleh reaksi reduksi-oksidasi (redoks) dan larutan elektrolit. Reaksi redoks adalah reaksi reduksi dan oksidasi yang berlangsung secara bersamaan. Pada reaksi reduksi terjadi peristiwa penangkapan elektron sedangkan reaksi oksidasi merupakan peristiwa pelepasan elektron yang terjadi pada media pengantar pada sel elektrokimia (Ridwan, 2016). Terdapat dua jenis konsep dalam aplikasi elektrokimia yaitu elektrolisis dan sel volta. Elektrolisis adalah suatu proses penguraian molekul air (H_2O) menjadi hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) dengan energi pemicu reaksi berupa energi listrik, Proses ini dapat berlangsung ketika dua buah elektroda ditempatkan dalam air dan arus searah dilewatkan diantara dua elektroda tersebut. Hidrogen terbentuk pada katoda, sementara oksigen pada anoda (Khusna, 2017). Pada penelitian ini aplikasi yang digunakan sering disebut dengan istilah elektrosintesis, baik elektoreduksi maupun elektrooksidasi.

Elektrosintesis menggunakan energi listrik dari luar untuk menggerakkan suatu reaksi kimia sehingga dihasilkan produk senyawa kimia tertentu. Elektrosintesis menggunakan konsep sel elektrolisis, yaitu suatu senyawa kimia dalam sel elektrolisis ketika diberikan tegangan listrik tertentu dari luar maka senyawa kimia tersebut akan mengalami oksidasi atau reduksi. Potensial listrik di mana senyawa kimia teroksidasi atau tereduksi tertentu untuk setiap senyawa. Metode elektrosintesis dapat menghasilkan produk yang spesifik melalui reaksi yang selektif dengan cara mengontrol tegangan listrik elektroda, kondisi larutan (pelarut/elektrolit, pH, dan konsentrasi reaktan), dan

menggunakan jenis material elektroda yang tepat (Fleischmann dan Pletcher, 1969). Elektroda logam seperti platina, nikel, tembaga, dan emas sering digunakan pada proses elektrosintesis karena selain berfungsi sebagai elektroda juga memberikan efek katalitik (elektrokatalis). Pada sistemnya Elektroda kerja tidak bereaksi, akan tetapi merespon elektroda aktif apa saja yang ada dalam sampel. tetapi merespon elektroda aktif mempunyai elektroda kerja dan elektroda pembanding, bedanya pada voltametri ditambah dengan sebuah elektroda yaitu elektroda pembantu (*auxillary electrode*) sehingga voltameter mempunyai 3 buah elektroda pada amperometer elektroda pembanding yang mempunyai potensial yang sudah tetap sehingga kelebihan arus ditangkap oleh elektroda pembantu (Bow dkk, 2015).

3.4 Tembaga sebagai elektroda

Tembaga merupakan unsur terakhir pada barisan pertama logam transisi yang memiliki lambang Cu dengan Nomer atom 29. Tembaga bersifat paramagnetik karena elektron yang tidak berpasangan pada orbital s nya sehingga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Selain itu unsur ini memiliki sifat korosi yang lambat sekali. Tembaga adalah logam merah muda yang lunak, dapat ditempa, dan liat. Ia melebur pada 1038°C . Tembaga mempunyai daya hantar listrik yang tinggi yaitu $57 \text{ Ohm}\cdot\text{mm}^2 / \text{m}$ pada suhu 20°C . Karena potensial elektrode standarnya positif, (+0,34V untuk pasangan Cu/Cu²⁺), tembaga tak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer. Logam ini termasuk logam berat non ferro (logam dan paduan yang tidak mengandung Fe dan C sebagai unsur dasar) yang memiliki sifat penghantar listrik dan panas yang tinggi (vogel, 2019)

Tembaga memiliki potensial reduksi positif +034 V, yang berarti bahwa ion tembaga cukup mudah tereduksi. Jika reaksi elektrokimia dibalik maka potensialnya berubah tanda, yang menandakan bahwa logam tembaga tidak

mudah teroksidasi dan tidak cukup reaktif. Sebagai contoh, logam tembaga tidak akan bereaksi dengan asam nitrat pekat karena ketidakeaktifannya ini logam tembaga banyak ditemukan di alam dalam bentuk unsurnya (Fitriani,2012)

3.5 Potensiotat

Potensiotat digunakan sebagai alat elektronik pengatur perbedaan potensial antara elektroda kerja (WE) dan elektroda referensi (RE). Selain itu digunakan pula elektroda bantu (CE) dari karbon. Ketiga elektroda berada dalam sel elektrokimia. Alat potensiotat ini bekerja dengan memasukan arus ke dalam sel melalui elektroda pembantu. Hampir dalam semua penerapannya, potensiotat mengukur aliran arus antara elektroda kerja dan elektroda pembantu. Variabel yang diatur dalam potensiotat adalah potensial sel dan variabel yang diukur adalah arus sel. Untuk meningkatkan potensial dari nilai ketika spesies yang diamati hanya dapat bekerja untuk sel elektrokimia yang terdiri dari tiga elektroda (Haidir, 2017). Teknik potensiotatik dengan variasi arus yang bergantung terhadap waktu ditentukan sering disebut kronoamperometri. Pada kronoamperometri ini mempergunakan tingkat potensial dan memiliki hasil pembacaan arus vs. waktu. Pada kronoamperometri atau Teknik potensial tingkat sangat penting untuk meningkatkan potensial dari nilai ketika spesies yang diamati tidak direduksi atau oksidasi ke nilai ketika arus terkontrol secara difusi. Lebih jauh lagi, tingkat potensial harus dipilih sehingga hanya spesies redoks yang terelektrolisis (Rangkuti, 2012).

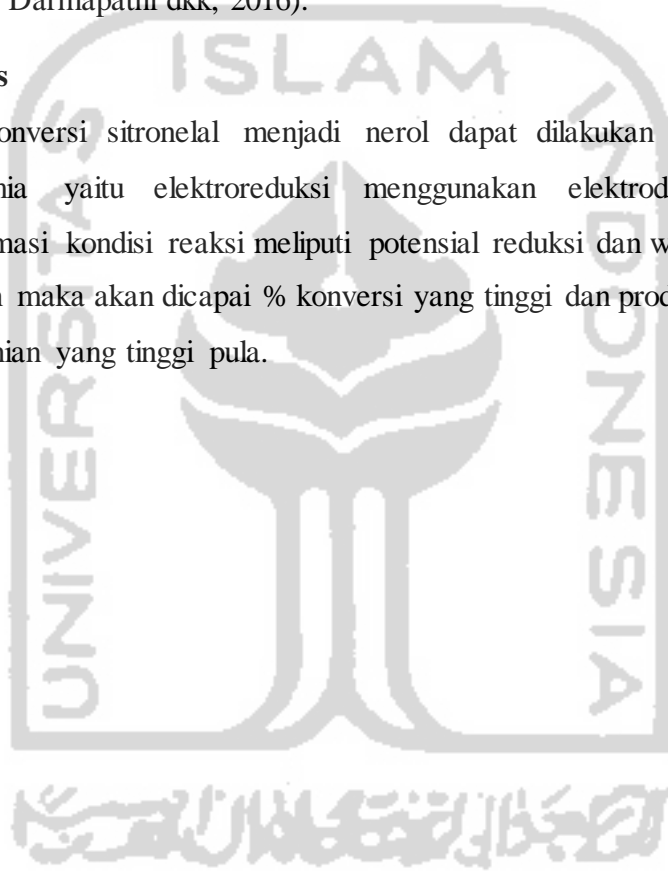
3.6 Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)

Teknik GC pertama kali diperkenalkan oleh James dan Martin pada tahun 1952 (Sparkman *et al.*, 2011). GC merupakan salah satu teknik kromatografi yang hanya dapat digunakan untuk mendeteksi senyawa-senyawa

yang mudah menguap. Kriteria menguap adalah dapat menguap pada kondisi vakum tinggi dan tekanan rendah serta dapat dipanaskan. Seiring dengan perkembangan teknologi maka instrument GC digunakan secara bersama-sama dengan instrumen lain seperti *mass-spectrometer* (MS). MS diperlukan untuk identifikasi senyawa sebagai penentu bobot molekul dan penentuan rumus molekul (Darmapatni dkk, 2016).

3.7 Hipotesis

Konversi sitronelal menjadi nerol dapat dilakukan dengan metode elektrokimia yaitu elektoreduksi menggunakan elektroda Cu. Dengan mengoptimasi kondisi reaksi meliputi potensial reduksi dan waktu reaksi yang digunakan maka akan dicapai % konversi yang tinggi dan produk nerol dengan % kemurnian yang tinggi pula.



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi sitronelal (pa), minyak atsiri serai wangi (Merck), aquades, asam fosfat (H_3PO_4) 0,25 M (Merck), dimetilformamida ($(\text{CH}_3)_2\text{NCH}_2$, DMF) (Merck), kalium klorida (KCl) 0,1 M (Merck), eter ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$) (Merck), dan magnesium sulfat (MgSO_4) (Merck).

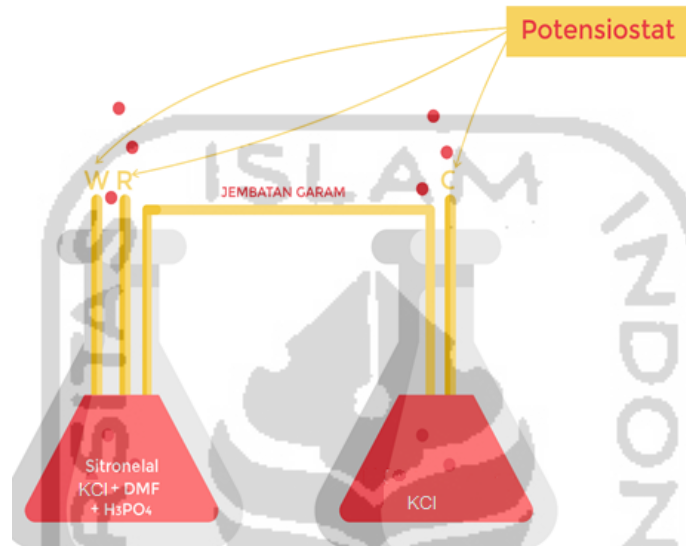
Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi alat-alat gelas seperti gelas beker (Pyrex) 100 mL sebagai reaktor, gelas ukur (Pyrex), Pipet ukur (Pyrex), pipet ukur 10 mL dan 1 mL (Pyrex), mikropipet (eppendorf), potensiostat (Metrohm), elektroda kerja (WE) tembaga (Cu), elektroda pembanding (RE) Ag/AgCl, *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) (QP2010 SE, Shimadzu Europa), neraca analitik (Ohaus), elektroda pendukung (CE) Platina (Pt), sel elektrosintesis, jembatan garam.

4.2 Prosedur Kerja

4.2.1 Elektroreduksi Sitronelal Menjadi Nerol

Sel elektrokimia yang digunakan untuk elektroreduksi merupakan sel ruang ganda (*double chamber*) terdiri dari katoda (elektroda kerja) Cu, anoda (elektroda pendukung) Pt, serta elektroda pembanding (referensi) Ag/AgCl. Sebanyak 3,70 g sitronelal dilarutkan ke dalam 25 mL larutan elektrolit (KCl 0,1 M dilarutkan dalam aquades + H_3PO_4 0,25 M dilarutkan dalam 55% DMF). Sebelum proses elektroreduksi, dilakukan studi perilaku elektrokimia senyawa sitronelal menggunakan teknik CV dan LSV untuk mengetahui potensial dimana sitronelal teroksidasi dan tereduksi. Elektroreduksi dilakukan dengan teknik kronoamperometri

pada potensial listrik reduksi yang diperoleh dari karakterisasi CV dan LSV selama 2 jam dengan pengadukan konstan. Setelah elektoreduksi selesai, dilakukan proses pemurnian dan karakterisasi produk.



Gambar 4 Reaktor Elektoreduksi

4.2.2 Pemurnian dan Karakterisasi Produk Elektoreduksi Menggunakan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)

Larutan produk hasil elektoreduksi diekstrak menggunakan pelarut eter dan dikeringkan dengan MgSO_4 sehingga diperoleh fraksi yang mengandung senyawa nerol. Setelah dimurnikan, kemudian dilakukan karakterisasi terhadap produk hasil elektoreduksi menggunakan GC-MS.

4.2.3 Optimasi Kondisi Elektoreduksi

Untuk memperoleh kondisi reaksi dengan spesifitas, kemurian, dan konversi yang tinggi dalam pembentukan produk nerol maka dilakukan optimasi kondisi elektoreduksi. Optimasi yang dilakukan meliputi, variasi potensial listrik elektoreduksi yaitu -0,25; -0,5; dan -0,75 V vs Ag/AgCl dan variasi waktu elektoreduksi yaitu 1; 2; dan 4 jam.

4.2.4 Perhitungan % kemurnian dan konversi

Dilakukanya perhitungan % kemurnian dan konversi adalah untuk melihat seberapa optimal reaksi yang terjadi dengan metode yang digunakan dalam bentuk angka

$$\% \text{ komposisi} = \frac{\text{luas area produk}}{\text{luas area semua produk}} \times 100\%$$

$$\% \text{ konversi} = \frac{\text{luas area produk}}{\text{luas area semua produk} + \text{luas area sisa sitrometal}} \times 100\%$$

BAB V

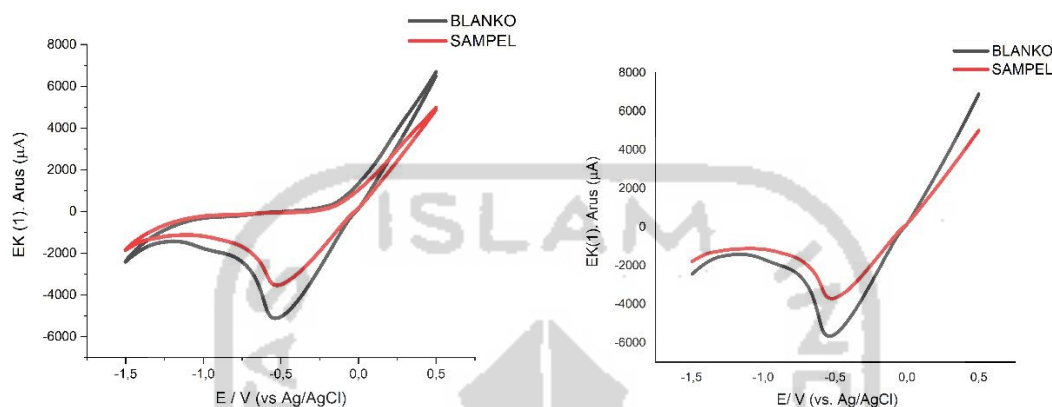
PEMBAHASAN

Pada penelitian ini akan dikaji potensi metode elektrokimia untuk mengkonversi sitronelal menjadi nerol. Karakterisasi CV dan LSV dilakukan pada tahap awal untuk mengetahui potensial redoks dari sitronelal untuk kemudian digunakan pada proses elektoreduksi. Optimasi kondisi reaksi meliputi variasi potensial reduksi dan waktu reaksi juga dilakukan agar dapat diperoleh nerol dengan % komposisi dan konversi yang tinggi.

5.1 Karakterisasi Sifat Elektrokimia Sitronelal dengan Teknik Volametri Siklik (CV) dan *Linear Sweep Voltammetry* (LSV)

Potensial reduksi sangat penting untuk diketahui karena reaksi yang diharapkan pada penelitian ini adalah reaksi reduksi senyawa sitronelal (aldehida) menjadi nerol (alkohol) dan ini dapat diketahui dari hasil karakterisasi dengan teknik CV dan LSV. Prinsip dari LSV tidaklah berbeda dan voltametri siklik (CV) merupakan salah satu jenis voltametri yang banyak digunakan untuk mengetahui atau mendapatkan informasi tentang reaksi elektrokimia melalui voltamogram yang dihasilkan (Lund dan Hummerich, 2001) lalu Voltamogram yang dihasilkan dari voltametri siklik dapat menunjukkan perilaku senyawa dipermukaan elektroda. Dalam arti lain, dengan voltammogram segala yang terjadi dipermukaan elektroda dapat diketahui. Hal ini dapat diketahui karena dalam voltammogram siklik didapatkan beberapa nilai parameter penting, yang diantaranya potensial puncak anoda, potensial puncak katoda, puncak arus anoda, puncak arus katoda, potensial setengah anoda dan potensial setengah katoda. Dengan adanya nilai-nilai tersebut, maka dapat diprediksi reaksi yang terjadi pada permukaan elektroda (Ross et al., 1975). CV dan LSV dilakukan dengan sapuan

(scan) dari potensial 0,5 sampai -1,5V dengan scan rate 0,1 mV/s. Grafik voltamogram dari karakterisasi CV dan LSV disajikan pada Gambar 4.



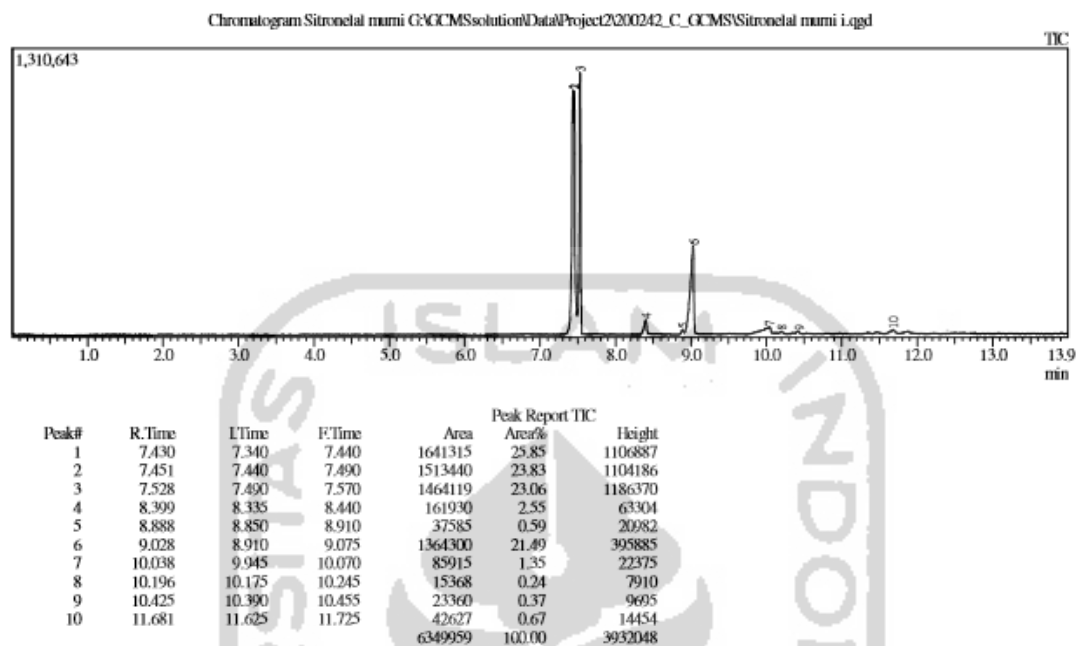
Gambar 5 Voltamogram dari perbandingan teknik *cyclic Voltametry* (CV) (kiri) dan *linier Sweep voltametry* (LSV) (kanan) dari larutan sampel sitronelal dan blanko

Gambar 5 menyajikan grafik voltamogram CV terhadap larutan elektrolit blanko (garis hitam) yang terdiri dari aquades dan KCl dan sampel sitronelal (garis merah) yang terdiri dari reagen sitronelal, KCl, DMF dan H_3PO_4 . Sapuan potensial CV dimulai dari potensial 0,5 V lalu ke arah potensial negatif diteruskan ke positif sampai kembali ke potensial awal. Penyapuan potensial dari arah potensial positif ke negatif ini dilakukan agar potensial reduksi yang diamati merupakan potensial reduksi dari sitronelal, bukan potensial reduksi dari hasil oksidasi sitronelal. Puncak reduksi muncul pada sekitar potensial -0,555 V, dimana puncak reduksi pada larutan blanko menunjukkan arus reduksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampelnya. Hal tersebut juga dikonfirmasi dari voltamogram hasil LSV yang juga memberikan tren puncak reduksi yang mirip. Hal ini dimungkinkan terjadi karena adanya reduksi oksida tembaga pada elektroda tembaga itu sendiri. Menurut Samina (2011), tembaga termasuk logam yang dapat teroksidasi

dengan lingkungan (udara bebas), biasanya membentuk oksida tembaga (CuO) sehingga CuO ini dimungkinkan akan membentuk lapisan di permukaan elektroda Cu. Oleh karena itu, ketika penyapuan potensial ke arah negatif dilakukan, lapisan CuO di permukaan katoda akan mengalami reduksi membentuk Cu. Hal ini ditandai dengan munculnya puncak reduksi pada larutan blanko. Sementara itu, puncak reduksi teramati juga ketika sampel sitronelal ditambahkan, tetapi mengalami penurunan baik pada CV maupun LSV. Dari hasil tersebut, diprediksi bahwa reduksi sitronelal berada pada potensial yang sama dengan potensial reduksi oksida tembaga. Menurunnya puncak reduksi CuO ketika dilakukan penambahan sampel sitronelal kemungkinan terjadi karena molekul sitronelal menutupi permukaan elektroda Cu sehingga reduksi yang terjadi pada permukaan elektroda bukan lagi reduksi dari lapisan CuO itu sendiri tetapi reduksi sampel sitronelal. Menurut Sarkar (2016), puncak reduksi CuO adalah pada kisaran potensial $-0,5$ V. Oleh karena itu, potensial $-0,5$ V dipilih sebagai potensial reduksi sitronelal pada tahap selanjutnya.

5.2 Analisis Reagen Sitronelal menggunakan GCMS

Reagen sitronelal yang digunakan sebagai reaktan pada studi konversi sitronelal secara elektrokimia dianalisis menggunakan GC-MS untuk mengetahui kemurniannya. Gambar 6 menyajikan kromatogram dari reagen sitronelal.

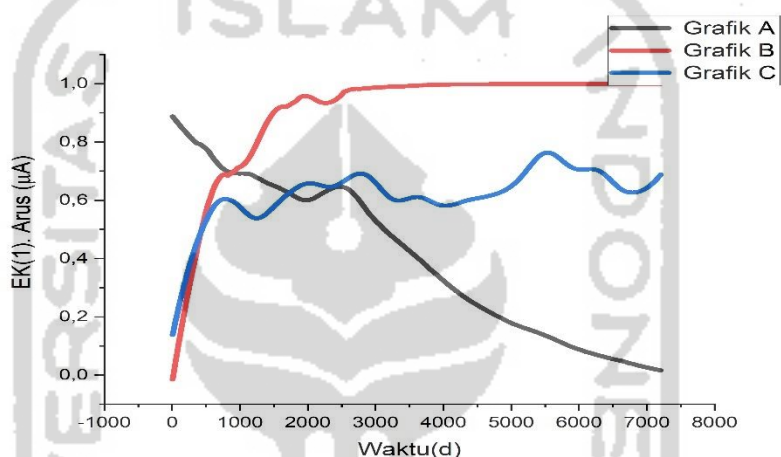


Gambar 6 Hasil analisis GCMS reagen sitronelal

Dari hasil analisis GCMS (Gambar 6), diperoleh informasi bahwa reagen sitronelal yang digunakan tidak murni. Komponen sitronelal ditunjukkan pada puncak ke empat dan waktu retensi 7.451 dengan komposisi sebesar 23,8338 %. Sementara itu, terdapat beberapa senyawa pengotor seperti borane dietil metil; 4-pentenal-2-metil; 1-(1,2,2,3-tetrametilsikloamil); 1,6 heptadiena; 1-Dekanol; 5,9-dimetil; asam siklopentan-undekanoat; 3 desin-2-ol; 2-Isononenal; linalool oksida yang ada dalam reagen tersebut secara berurutan. Ketidakh murnian reagen sitronelal ini berpotensi dapat mengganggu reaksi elektroreduksi sitronelal. Namun demikian, studi reaksi elektroreduksi sitronelal dilanjutkan karena masih terdapat komponen sitronelal pada reagen tersebut.

5.3 Pengaruh Potensial Reduksi Terhadap Produk Elektoreduksi Sitronelal

Variasi potensial kerja yang diberikan terhadap elektroda Cu dilakukan pada proses elektoreduksi. Potensial acuan yang digunakan adalah dari potensial reduksi yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya yaitu $-0,5\text{V}$ vs Ag/AgCl , kemudian variasi dilakukan dengan mengambil rentang ke arah yang lebih negatif dan positif yaitu pada $-0,75$ dan $-0,25\text{V}$, secara berurutan.



Gambar 7 Grafik perbandingan kronoamperogram dari elektoreduksi sitronelal pada potensial kerja (A) $-0,25\text{ V}$; (B) $-0,5\text{ V}$; dan (C) $-0,75\text{ V}$ vs Ag/AgCl

Gambar 7 merupakan grafik kronoamperogram hasil elektoreduksi dengan variasi potensial kerja. Grafik kronoamperogram menyatakan hubungan antara arus oksidasi atau reduksi yang terjadi selama waktu tertentu elektrolisis. Kronoamperogram dengan tren turun didapatkan pada grafik A yaitu konversi sitronelal secara elektrokimia pada $-0,25\text{ V}$ yang menandakan terjadinya reaksi oksidasi sitronelal (Yang, 2019). Sementara itu, kronoamperogram dengan tren naik diperlihatkan pada grafik B dan C di mana konversi sitronelal secara elektrokimia dilakukan pada potensial kerja $-0,5$ dan $-0,75\text{ V}$ yang menandakan terjadi reaksi reduksi sitronelal (Yang, 2019). Pada dasarnya reaksi yang dituju adalah reaksi reduksi selektif pada gugus fungsi C

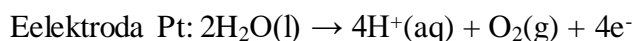
karbonil sehingga terjadi reduksi aldehida menjadi suatu alkohol yaitu sitronelal tereduksi gugus fungsi karbonilnya dan biasanya reduksi tersebut terjadi pada potensial yang lebih negatif daripada reduksi pada alkena (Roth, 2016).

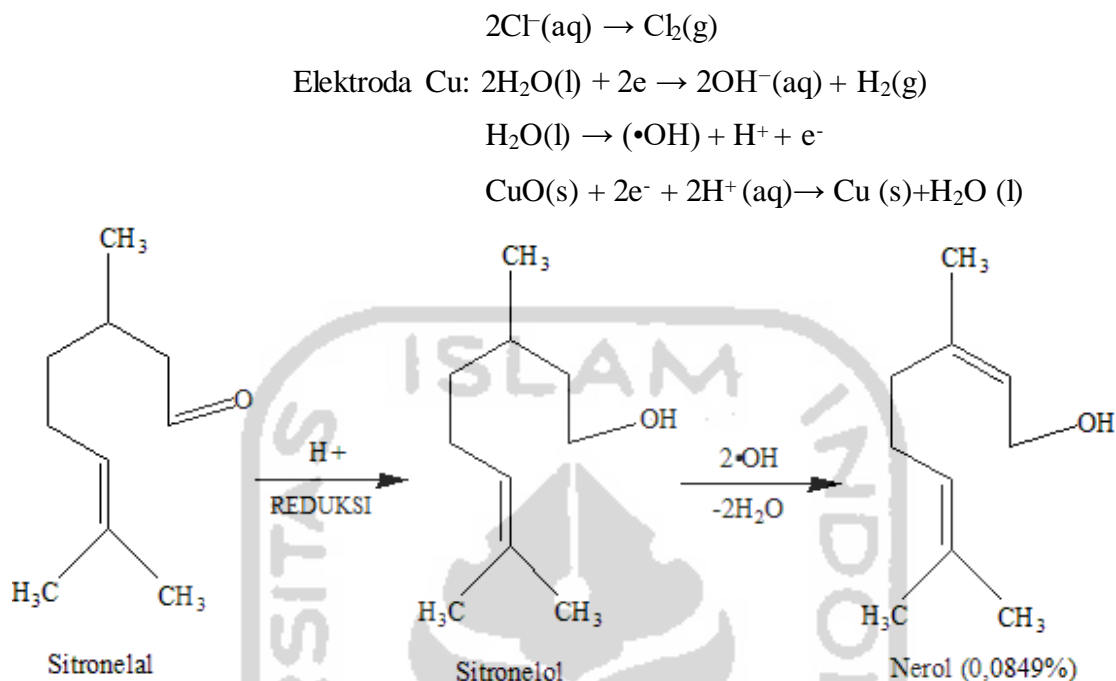
Tabel 2 Hasil analisis GC-MS terhadap produk konversi sitronelal secara elektrokimia pada variasi potensial kerja

Potensial (V vs Ag/AgCl)	Puncak	Waktu retensi (min.)	Komposisi (%)	Konversi (%)	Produk
-0,25	1	2.904	99,91	100	asam butanoat etil ester
	2	6.334	0,09	100	Nerol
-0,5	1	2.770	100	100	asam butanoat etil ester
-0,75	1	2.878	100	100	asam butanoat etil ester

Setelah dilakukan variasi potensial kerja dengan waktu sintesis 2 jam, didapatkan hasil dari analisis GC-MS seperti pada Tabel 2. Dari Tabel 2 dapat ditunjukkan bahwa senyawa nerol berhasil diperoleh pada potensial kerja -0,25 V dengan hasil samping berupa asam butanoat etil ester.

Reaksi redoks terjadi pada dua *chamber* yang berbeda, yaitu pada (elektroda kerja Cu) dan pada (elektroda *counter* Pt). Dengan system chamber yang terpisah ini diharapkan tidak adanya produk hasil reduksi pada elektroda Cu yang bereaksi dan teroksidasi kembali pada elektroda Pt bila berada pada chamber yang sama, maupun sebaliknya, sehingga reaksi dapat berjalan secara selektif (Wicaksono, 2019). Seperti reaksi redoks pada persamaan 1 dan 2





Gambar 8 Jalur reaksi pembentukan Nerol dengan elektoreduksi menggunakan elektroda Cu

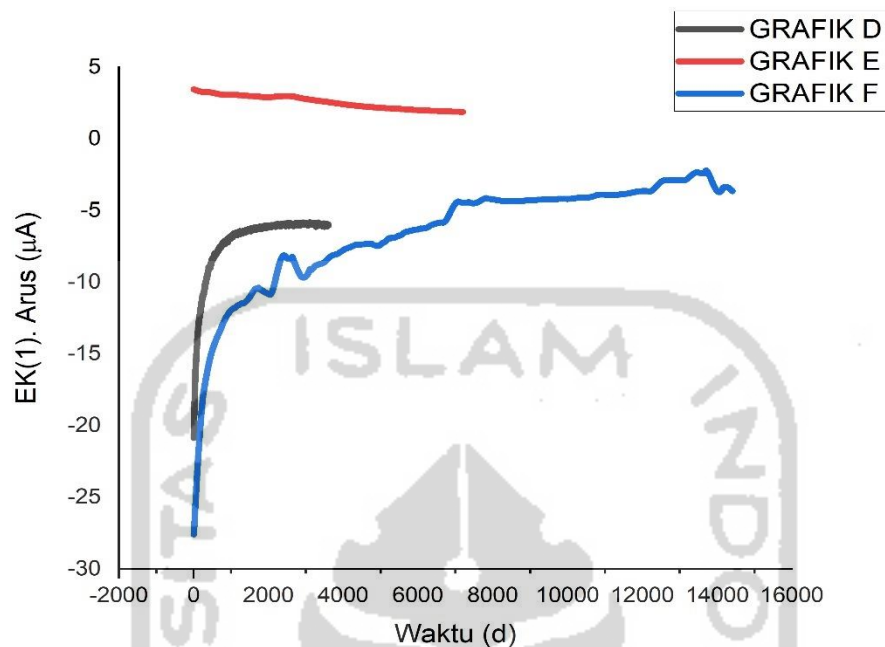
Pada reaksi konversi sitronelal secara elektrokimia, di dalam chamber katoda, KCl digunakan sebagai elektrolit untuk mengantarkan muatan dalam sel elektrokimia, H_3PO_4 untuk memberikan kondisi asam dalam reaksi, sedangkan DMF merupakan surfaktan yang ditambahkan ke dalam sistem reaksi agar sitronelal yang bersifat kurang polar dapat larut ke dalam elektrolit yang cenderung polar. Penggunaan elektroda Cu berperan sebagai asam lewis kuat. Sementara itu, KCl digunakan sebagai elektrolit di dalam chamber anoda.

Jalur reaksi pembentukan produk nerol dalam reaksi elektoreduksi sitronelal menggunakan elektroda Cu disajikan pada Gambar 8. Dengan adanya H^+ pada *chamber* katoda sebagai pembuat kondisi asam, hal ini mendorong air untuk ter-discharged yang terjadi pada permukaan elektroda untuk memproduksi radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) dan radikal hidroksil tersebut

adalah produk antara atau *intermediate* (Nurhayati, 2017) lalu ini juga dijelaskan oleh (fatmi, 2017) bahwa reaksi pembentukan radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) tersebut terjadi karena adanya reaksi oksidasi pada ion hidroksi radikal-radikal tersebut akan bergabung dan membentuk molekul air. Ini juga dibuktikan dengan Gambar 7, pada gambar grafik tersebut menyajikan data grafik pada voltase $-0,25\text{V}$ yang menunjukkan tren turun dan itu menandakan terdapat reaksi oksidasi yang terjadi. Oleh karena itu terbentuklah rangkap pada atom C6 dan C7 sehingga pada akhirnya membentuk produk senyawa nerol dengan % komposisi sebesar 0,09%. Persen komposisi nerol yang dihasilkan relatif sedikit, ini bisa terjadi karena banyaknya senyawa senyawa pengganggu yang karena itu membuat selektifitas reaksi menurun. Roth (2016) menyatakan bahwa terdapat acuan voltase terhadap senyawa yang terkonversi pada sistem elektoreduksi dengan voltase yang tertentu atau spesifik. Akan tetapi, pada penelitian ini reagen yang digunakan memiliki kondisi yang tidak murni sehingga pada produk yang terbentuk tercemar oleh produk-produk samping. Menurut Moreno (2014) mengatakan bahwa bahwa hal yang terpenting dalam sintesis organik yang menginginkan selektifitas adalah studi tentang kemo-, regio-, stereo, dan enantioselektifitas. Hal ini perlu dilihat karena ini dapat mempengaruhi suatu spesifikasi reaksi, tidak hanya dari tinjauan pengaruh potensial reaksi maupun waktu, karena adanya faktor-faktor interaksi yang relatif begitu banyak antar senyawa.

5.4 Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Produk Elektoreduksi Sitronelal

Pada penelitian ini, variasi waktu reaksi elektoreduksi dilakukan untuk waktu selama 1, 2, dan 4 jam dengan potensial kerja -0.25 V yang menghasilkan produk nerol, dengan surfaktan DMF, KCl sebagai elektrolitnya, serta H_3PO_4 sebagai penambah suasana asam.



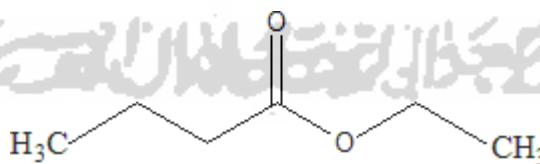
Gambar 9 Grafik perbandingan kronoamperogram hasil elektroreduksi sitronelal pada potensial kerja $-0,25$ V dengan variasi waktu 1 jam (D), 2 jam (E) dan 4 jam (F)

Gambar 9 menunjukkan grafik amperogram hasil elektroreduksi sitronelal dengan variasi waktu pada potensial kerja tetap $-0,25$ V vs Ag/AgCl. Pada grafik tersebut dapat diamati terjadi perbedaan bentuk grafik diantara ketiganya (D,E, dan F), di mana grafik D dan F untuk waktu reaksi 1 dan 4 jam terjadi tren naik, selanjutnya turun tetapi tidak signifikan yang mengindikasikan terjadinya reaksi reduksi. Sementara itu pada grafik E untuk waktu reaksi 2 jam dapat diamati tren yang turun yang mengindikasikan terjadinya reaksi oksidasi. Hasil analisis GCMS disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil analisis GC-MS produk elektroreduksi sitronelal pada potensial $-0,25$ V dengan variasi waktu reaksi

Waktu (jam)	Puncak	Waktu retensi (min.)	Komposisi (%)	Konversi (%)	Produk
1	1	1.811	43,61	43,61	1-Tetrazol-2-YL-Etanon
	2	2.914	56,40	56,40	1-Propanol, 2-metil-
2	1	2.906	99,91	99,91	Asam butanoat etil ester
	2	6.334	0,09	0,09	Nerol
4	1	2.689	1,25	1,25	Toluena
	2	2.863	88,30	88,30	Asam butanoat etil ester

Dari Tabel 3, fokus produk senyawa tujuan yaitu nerol dengan waktu elektroreduksi 2 jam didapatkan dengan hasil samping asam butanoat etil ester. Selain itu, pada variasi waktu 4 jam, terbentuk produk samping asam butanoat etil ester yang sama seperti pada saat elektroreduksi selama 2 jam. Terbentuknya produk samping tersebut diprediksi dapat terjadi karena banyaknya senyawa-senyawa yang ada pada reagen stitronelal sehingga kecenderungan reaksi lebih mengarah pada senyawa asam butanoat etil ester tersebut.



Asam butanoat etil ester

Gambar 10 Struktur asam butanoat etil ester

Pembentukan asam butanoat etil ester ini banyak terjadi terlebih juga pada reaksi elektoreduksi dengan variasi potensial dengan hasil bahkan mencapai 100% komposisi. Dari Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa waktu yang tepat untuk pembentukan produk samping asam butanoat etil ester dimulai dari waktu reaksi 2 jam. Pembentukan asam butanoat etil ester ini dipandang sebagai pengganggu dari reaksi pembentukan senyawa nerol karena pada potensial kerja $-0,25$ V adanya komponen pengotor pada reagen sitroneal maka reaksi yang terjadi lebih mengarah pada senyawa asam butanoat etil ester yang menyebabkan komposisi dari nerol menjadi relatif lebih sedikit.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Metode elektrokimia berpotensi dalam mengkonversi sitronelal menjadi nerol melalui metode elektroreduksi pada voltase dan waktu tertentu dan dengan menggunakan elektroda Cu dengan hasil senyawa nerol berikut hasil sampingnya berupa asam butanoat etil ester. dengan cara mereduksi gugus fungsi aldehyd menjadi alkohol dan adanya pembentukan radikal ($\bullet\text{OH}$) yang bergabung dengan H^+ dari senyawa antara sitronelol lalu membentuk air sekaligus membentuk rangkap dan terbentuklah nerol.
2. Senyawa nerol didapatkan pada potensial $-0,25\text{V}$ dan waktu selama 2 jam dengan % konversi dan kemurnian sebesar 0,09% dan 0,09%.

6.2 Saran

1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan perlu adanya pengecekan dalam bentuk analisis menggunakan GCMS terlebih dahulu pada reagen yang digunakan agar tervalidasi bahwa reagen tersebut murni atau tidak karena sangat mempengaruhi *pathway* pada reaksi elektoreduksi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi, H., Yanlinastuti., Putri, D.S.A., Nurlaily, E, (2017), Analisis Laju Korosi Paduan Aluminium Feronikel Pada pH Basa dengan Potensiostat, Analisis Laju Korosi Paduan Aluminium Feronikel Pada pH Basa Dengan potensiostat, *Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir*, 18, 11-22
- Bow Y.B., Hairul, Hajar, I., 2015, Penentuan LOGam Secara Stripping Voltametry Menggunakan Elektroda Secara Anodik Menggunakan Elektroda grafit Pensil, Prosiding Seminar Nasional *Forum In Research Science and Technology* (FIRST) Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
- Chasanah, W.U., Widodo, D.S., Mulyani, S.N., 2015, Sintesis Elektrokimia Kompleks Cu(II)-Basa Schiff N-Benziliden Anilin dan Uji Aktivitas sebagai Antibakteri terhadap Escherichia Coli dan Staphylococcus Aureus, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 18(1), 34 – 38.
- Darmapatni, K.A.G., Basori, A., Suaniti, N.M, (2016), Pengembangan Metode GC-MS Untuk Penetapan Kadar *Acetaminophen* Pada Spesimen Rzmbut Manusia, *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 18(3), 1-13
- Fatmi, D., Alif, A., Suyani, H., 2012, Pemecahan (Splitting) Molekul Air Menjadi Gas H₂ Dan O₂ Melalui Proses Fotovoltaik, *Jurnal Riset Kimia*, 5(2), 107-115.
- Fitriani, L., 2012, Studi Reaksi Reduksi CO₂ Dengan Metode Elektrokimia Menggunakan Elektroda Cu, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Fleischmann, M. dan Pletcher, D. 1969. The electrosynthesis of organic compounds. *Platinum Metals Rev.*, 13(2), 46–52.

- Harianingsih, 2018, Optimasi Proses Sintesis Sitronelal Dari Sereh Wangi (*Cymbopogon winterianus*) Dengan Bantuan Gelombang Mikro Menggunakan Pelarut Metanol Dan N-Heksan, *Eksergi*, 15(1), 1-4.
- Idawanni. Serai wangi, tanaman penghasil atsiri yang potensial. <http://nad.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/info-teknologi/712-seraiwangi-tanaman-penghasil-atsiri-yang-potensial>. Diakses pada 1 Juni 2019
- Kaniawati, D., Kadarohman, A., Dwiyaniti, G., 2004, Konversi Sitronelal Hasil Isolasi Minyak Sereh Wangi Menjadi Sitronelol Dan Isopulegol, *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pendidikan Kimia*, 1-10.
- Korotayeva, L M, Rubinskaya, T Y, dan Gulyai, V. P. 1993. Electrochemical hydrogenation of citral: 1.The role of the copper cathode in the electroreduction of citral. *Russian Chemical Bulletin*, 42(11), 1830–1834.
- Lund, H. dan Hummerich, O., (2001), *Organic Electrochemistry*, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Mahboubi, M. 2016. Rosa damascena as holy ancient herb with novel applications. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 6, 10– 16.
- Meri, Y., Meida, S. R., dan Amaliah, Rujatul, E. 2014. Pengaruh perbandingan campuran pelarut n-heksana- etanol terhadap kandungan sitronelal hasil ekstraksi serai wangi (*Cymbopogon nardus L*). *Jurnal Integrasi Proses*, 5(1), 8–14.
- Moreno, A., & Hoz, A. D. La, (2004), Selectivity in Organic Synthesis Under Microwave Irradiation, *Current Organic Chemistry*, 8, 903-918.

- Mustikowati, 2013, Transformasi Sitronelal Menjadi Sitronelol Dengan Menggunakan Reduktor NaBH_4 Dan Hidrogenasi Terkatalis Ni/Zeolit Beta, skripsi, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Nurhayati, E., 2012, A Brief Riview on Electro-generated Hydroxyl Radical for Organic Wastewater Mneralization, Jurnal sains dan Teknologi Lingkungan, 4(1), 24-31.
- Pratiwi, A., & Utami, L. B, 2018., Isolasi dan Analisis Kandungan Minyak Atsiri pada Kembang Leson, bioeksperimen, 4(1), 42–47.
- Pubchem.,2019, citronellal, structure, <https://www.google.com/search?q=citronellal+pubchem&oq=pub+chem+citronella&aqs=chrome.1.69i57j0l3.14485j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>, Diakses pada 1 Juni 2019.
- Rangkuti, K.P., 2012, Studi Pendahuluan Penentuan Distribusi Ukuran Nanopartikel Logam Menggunakan Mikroelektroda, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Ridwan, M.H., 2016, Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi, Circuit, Vol.2, No.1.
- Samina, M., Karim, A., Venkatachalam, A., 2011, Corrosion Study Of Iron And Copper Metals And Brass Alloy in Different Medium, E-Journal of Chemistry, S(S1), S344-S348.
- Sarkar, A., Sachin, D., 2016, Electrochemical Study of Bulk and Monolayer Copper in Alkaline Solution, Journal Of The Electrochemical Society, 163(3), H252-H259.

- Sparkman, O.D., Penton, Z., Fulton, G., 2011, Gas chromatography and mass spectrometry, a practical guide, Elsevier.
- Sriastuti, W., Herawatiningsih, R., Tavita, E.G., 2018, Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Yang Berpotensi Sebagai Tanaman Hias Dalam Kawasan Hias Dalam Kawasan IUPHHK-HTI PT. BHATARA ALAM LESTARI di Desa Sekabuk Kecamatan Sadianang Kabupaten Mempawah, jurnal butan lestari, 6(1), 147-147.
- Tirta, I.G., Wibawa, H.A.Pt.I., Eksplorasi Tumbuhan Yang Berpotensi Sebagai Penghasil Minyak Atsiri di Lombok Timur -NTB, jurnal biologi udayana, 21(1), 12-16.
- Tribunnews. Serai wangi penghasil minyak atsiri masa depan. <https://www.antaraneews.com/berita/666696/serai-wangi-penghasilminyak-atsiri-masa-depan>. Diakses pada tanggal 1 November 2020.
- U.S. National Library of Medicine. Citronella. <https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2/r?dbs+hsdb:@term+@rn+@rel+106-23-0>. Diakses pada 1 Juni 2019.
- Velankar, H. R. dan Heble, M. R. 2003. Biotransformation of (L)-citronellal to (L)-citronellol by free and immobilized *Rhodotorula minuta*. Electronic Journal of Biotechnology, 6(2).
- Wismeijer, A. A., Kieboom, A. P. G., dan Van Bekkum, H. 1986. Selective hydrogenation of citronellal to citronellol over Ru/TiO₂ as compared to Ru/SiO₂. Applied Catalysis, 25, 181–189.

Yang, D., Zhu, Q., Chen, C., Liu, H., Liu¹, Z., Zhao, Z., Zhang, X., Liu, S., & Han, B., 2019, Selective electroreduction of carbon dioxide to methanol on copper selenide nanocatalysts, *Nature Communication*, 10:677
<https://doi.org/10.1038/s41467-019-08653-9>

Yulvianti, M., Rosianah, M.S., Efa, R.A., 2014, Pengaruh Perbandingan Campuran Pelarut N-Heksan Etanol Terhadap Kandungan Sitronelal Hasil Ekstraksi Serai Wangi, *Jurnal Integrasi Proses*, 5(1), 8-14.



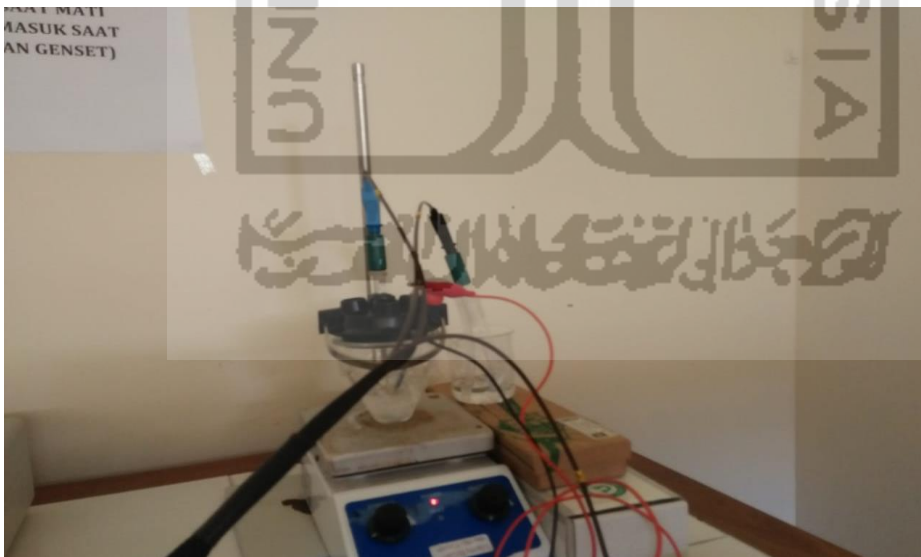
LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian

1.1 Hasil elektoreduksi sampel



1.2 Rangkaian *double chamber*



Lampiran 2. Perhitungan

2.1 perhitungan %komposisi dan konversi variasi potensial pada -0,25V

2.1.1 Asam butanoate etil ester

$$\% \text{ komposisi} = \frac{55849186}{55896654} \times 100\% = 99,91\%$$

$$\% \text{ konversi} = \frac{55849186}{55896654} \times 100\% = 99,91\%$$

2.1.2 Nerol

$$\% \text{ komposisi} = \frac{47468}{55896654} \times 100\% = 0,09\%$$

$$\% \text{ konversi} = \frac{47468}{55896654} \times 100\% = 0,09\%$$

2.2 perhitungan %komposisi dan konversi variasi potensial pada -0,5V

2.2.1 Asam butanoat etil ester

$$\% \text{ komposisi} = \frac{1652984}{1652984} \times 100\% = 100\%$$

$$\% \text{ konversi} = \frac{1652984}{1652984} \times 100\% = 100\%$$

2.3 perhitungan %komposisi dan konversi variasi potensial pada -0,75V

2.3.1 Asam butanoat etil ester

$$\% \text{ komposisi} = \frac{4431587}{4431587} \times 100\% = 100\%$$

$$\% \text{ konversi} = \frac{4431587}{4431587} \times 100\% = 100\%$$

2.4 perhitungan %komposisi dan konversi variasi waktu pada 1 jam

2.4.1 1-Tetrazol-2-YL-Ethanone

$$\% \text{ komposisi} = \frac{12973}{29751} \times 100\% = 43,6\%$$

$$\% \text{ konversi} = \frac{12973}{29751} \times 100\% = 43,6\%$$

2.4.2 1-Propanol, 2-methyl-

$$\% \text{ komposisi} = \frac{16778}{29751} \times 100\% = 56,4\%$$

$$\% \text{ konversi} = \frac{16778}{29751} \times 100\% = 56,4\%$$

2.5 perhitungan %komposisi dan konversi variasi waktu pada 2 jam

2.5.1 Asam butanoate etil ester

$$\% \text{ komposisi} = \frac{55849186}{55896654} \times 100\% = 99,91\%$$

$$\% \text{ konversi} = \frac{55849186}{55896654} \times 100\% = 99,91\%$$

2.5.2 Nerol

$$\% \text{ komposisi} = \frac{47468}{55896654} \times 100\% = 0,09\%$$

$$\% \text{ konversi} = \frac{47468}{55896654} \times 100\% = 0,09\%$$

2.6 perhitungan %komposisi dan konversi variasi waktu pada 4 jam

2.6.1 Toluena

$$\% \text{ komposisi} = \frac{370893}{26514858} \times 100\% = 1,25 \%$$

$$\% \text{ konversi} = \frac{370893}{26514858} \times 100\% = 1,25 \%$$

2.6.2 Asam butanoate etil ester

$$\% \text{ komposisi} = \frac{26143965}{26514858} \times 100\% = 88,29\%$$

$$\% \text{ konversi} = \frac{26143965}{26514858} \times 100\% = 88,29\%$$

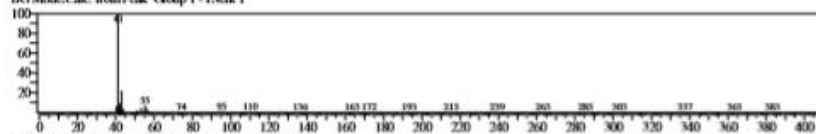
Lampiran 3. Hasil MS reagen sitronelal

3.1 Senyawa hasil MS reagen sitronelal

Library

<< Target >>

Line#1 R.Time:7.430(Scan#:1487) MassPeak:180
 RawMode: Averaged 7.425-7.435(1486-1488) BasePeak:41.05(108025)
 BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#1 Entry:2868 Library:WILEY7.LIB

SI:80 Formula:C5 H13 B CAS:1115-07-7 MolWeight:84 RetIndex:0

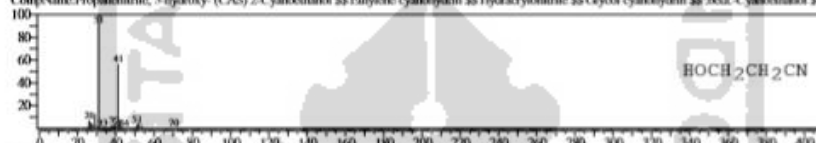
CompName: Borane, diethylmethyl- (CAS) Methyl-diethylborane \$\$Diethylmethyl-BORANE\$\$ Diethylmethylborane \$\$Ilocine, diethylmethyl-\$\$ IIAI



Hit#2 Entry:1253 Library:WILEY7.LIB

SI:80 Formula:C3 H5 N O CAS:109-78-4 MolWeight:71 RetIndex:0

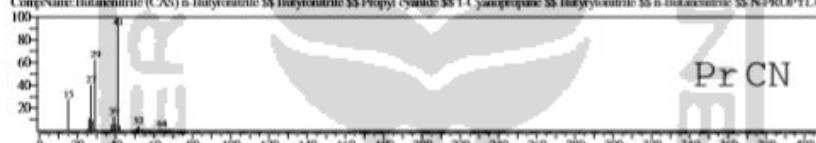
CompName: Propanenitrile, 3-hydroxy- (CAS) 2-Cyanoethanol \$\$Ethylene cyanohydrin\$\$ Hydrocyanitrile \$\$Glycol cyanohydrin\$\$ beta-Cyanoethanol \$\$



Hit#3 Entry:1043 Library:WILEY7.LIB

SI:88 Formula:C3 H7 N CAS:109-74-0 MolWeight:69 RetIndex:0

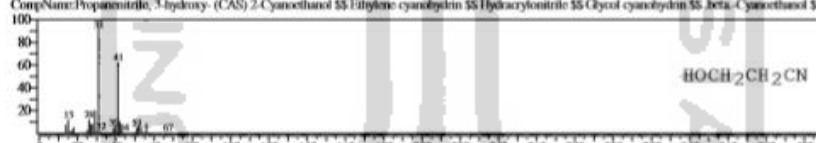
CompName: Butanenitrile (CAS) n-Butyronitrile \$\$Butyronitrile\$\$ Propyl cyanide \$\$1-Cyanopropane\$\$ Butyronitrile \$\$n-Butanenitrile\$\$ N-PROPYL C



Hit#4 Entry:1255 Library:WILEY7.LIB

SI:88 Formula:C3 H5 N O CAS:109-78-4 MolWeight:71 RetIndex:0

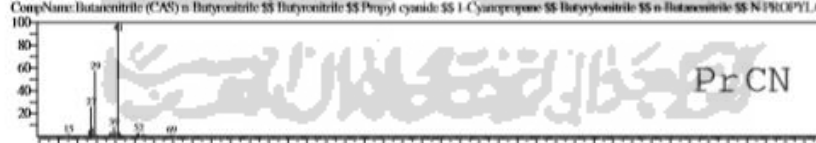
CompName: Propanenitrile, 3-hydroxy- (CAS) 2-Cyanoethanol \$\$Ethylene cyanohydrin\$\$ Hydrocyanitrile \$\$Glycol cyanohydrin\$\$ beta-Cyanoethanol \$\$



Hit#5 Entry:1044 Library:WILEY7.LIB

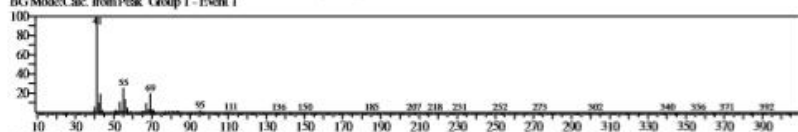
SI:88 Formula:C3 H7 N CAS:109-74-0 MolWeight:69 RetIndex:0

CompName: Butanenitrile (CAS) n-Butyronitrile \$\$Butyronitrile\$\$ Propyl cyanide \$\$1-Cyanopropane\$\$ Butyronitrile \$\$n-Butanenitrile\$\$ N-PROPYL C

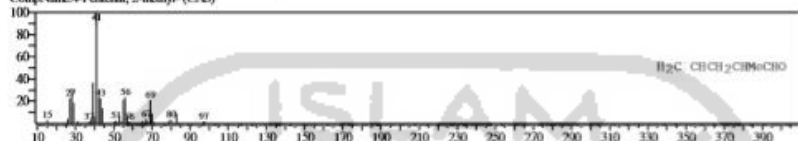


<< Target >>

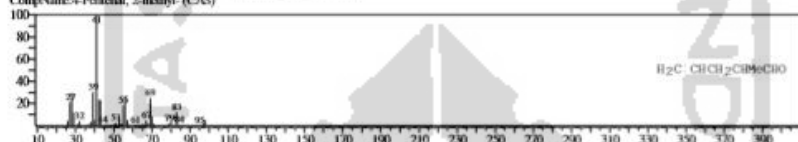
Line#3 R.Time:7.530(Scan#:1507) MassPeaks:211
 RawMode:Averaged 7.525-7.535(1506-1508) BasePeak:41.05(571467)
 BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



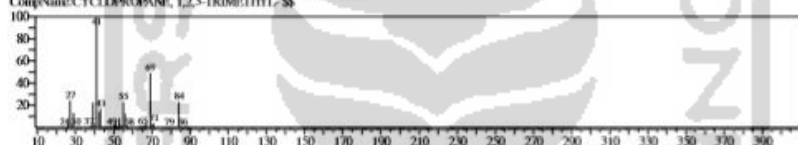
Hit#1 Entry:5947 Library:WILEY7.LIB
 SI:91 Formula:C6 H10 O CAS:5187-71-3 MolWeight:98 RetIndex:0
 CompName:4-Pentenal, 2-methyl- (CAS)



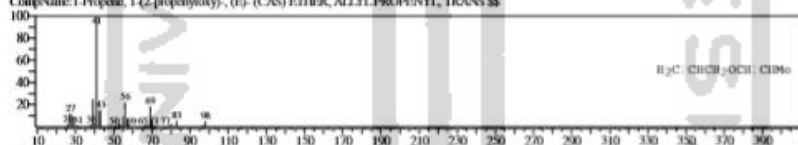
Hit#2 Entry:5946 Library:WILEY7.LIB
 SI:91 Formula:C6 H10 O CAS:5187-71-3 MolWeight:98 RetIndex:0
 CompName:4-Pentenal, 2-methyl- (CAS)



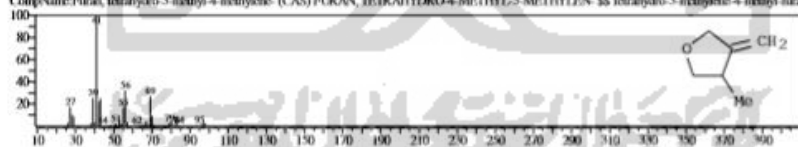
Hit#3 Entry:2671 Library:WILEY7.LIB
 SI:90 Formula:C6 H12 CAS:42984-19-0 MolWeight:84 RetIndex:0
 CompName:CYCLOPROPANE, 1,2,3-TRIMETHYL-, 5S



Hit#4 Entry:5663 Library:WILEY7.LIB
 SI:90 Formula:C6 H10 O CAS:6442-13-0 MolWeight:98 RetIndex:0
 CompName:1-Propene, 1-(2-propenoxy)-, (E)- (CAS) ETHER, ALLYL PROPENYL, TRANS 5S

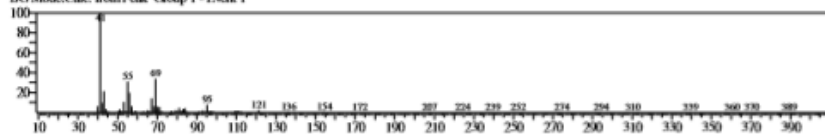


Hit#5 Entry:6097 Library:WILEY7.LIB
 SI:89 Formula:C6 H10 O CAS:6142-01-6 MolWeight:98 RetIndex:0
 CompName:Furan, tetrahydro-3-methyl-4-methylene- (CAS) FURAN, TETRAHYDRO-4-METHYL-3-METHYLENE- 5S Tetrahydro-3-methylene-4-methyl-furan



<< Target >>

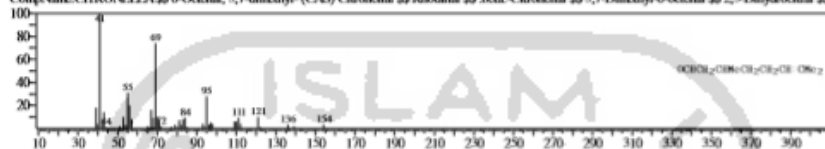
Line#2 R.Time:7.450(Scan#:1491) MassPeak:193
 RawMode:Averaged 7.445-7.455(1490-1492) BasePeak:41.05(83059)
 BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#1 Entry:43613 Library:WILEY7.LIB

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

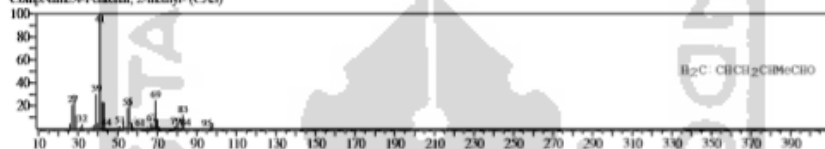
CompName: CITRONELLA 6-Octenal, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellal \$ Rhodinol \$ beta-Citronellal \$ 3,7-Dimethyl-6-octenal \$ 2,3-Dihydrocitra



Hit#2 Entry:5946 Library:WILEY7.LIB

SI:88 Formula:C6H10O CAS:5187-71-3 MolWeight:98 RefIndex:0

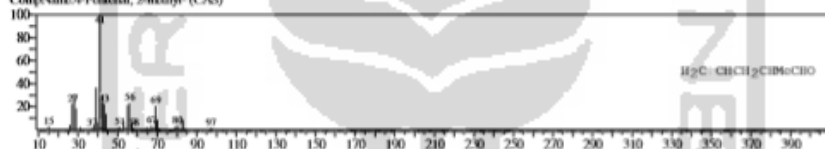
CompName: 4-Pentenal, 2-methyl- (CAS)



Hit#3 Entry:5947 Library:WILEY7.LIB

SI:88 Formula:C6H10O CAS:5187-71-3 MolWeight:98 RefIndex:0

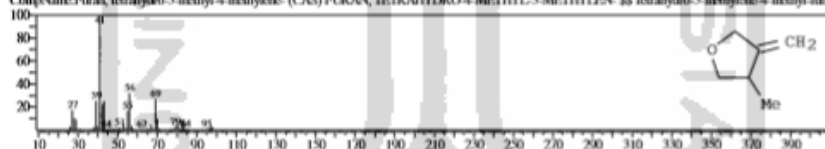
CompName: 4-Pentenal, 2-methyl- (CAS)



Hit#4 Entry:6997 Library:WILEY7.LIB

SI:87 Formula:C6H10O CAS:61142-01-6 MolWeight:98 RefIndex:0

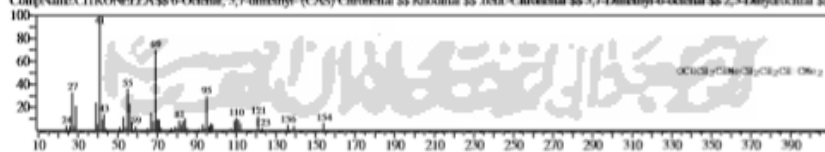
CompName: Puran, tetrahydro-3-methyl-4-methylene- (CAS) PURAN, TETRAHYDRO-4-METHYL-3-METHYLENE- \$ Tetrahydro-3-methylene-4-methyl-pura

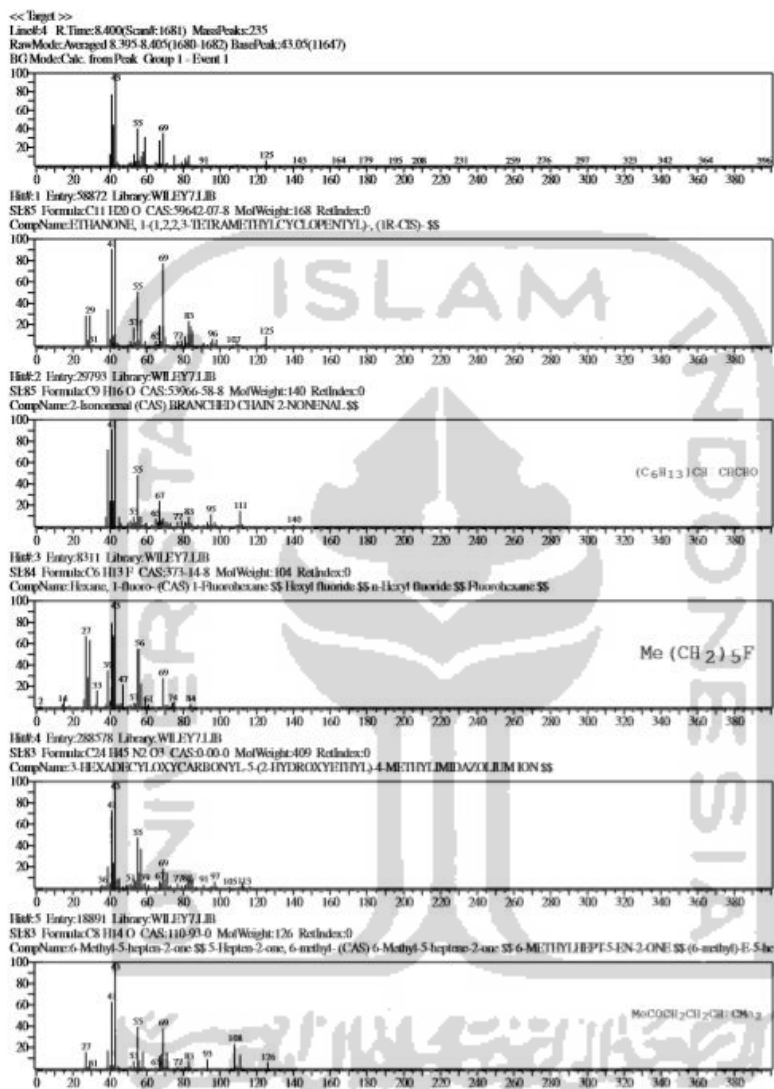


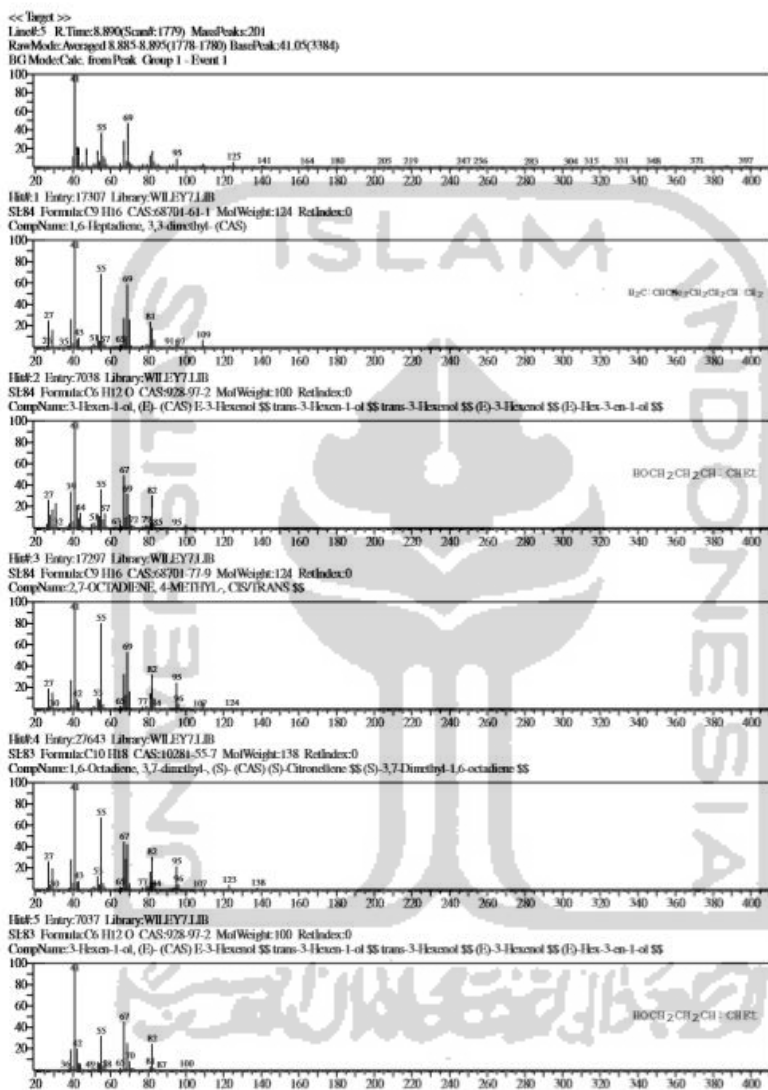
Hit#5 Entry:43601 Library:WILEY7.LIB

SI:87 Formula:C10H18O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RefIndex:0

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

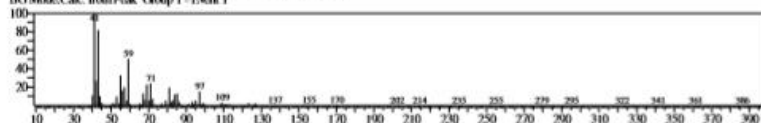




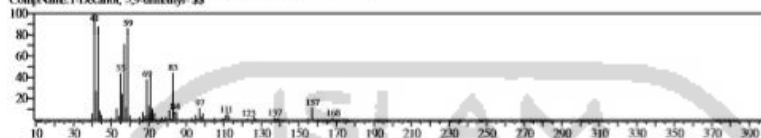


<< Target >>

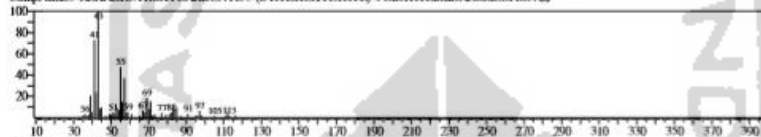
Line#6 R.Time:9.030(Scan#:1807) MassPeak:233
 RawMode:Averaged 9.025-9.035(1806-1808) BasePeak:41.09(63830)
 BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



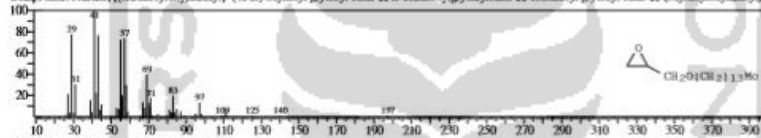
Hit#1 Entry:78633 Library:WILEY7.LIB
 SE86 Formula:C12H26O CAS:91482-38-1 MolWeight:186 RefIndex:0
 CompName:1-Decanol, 5,9-dimethyl- \$\$



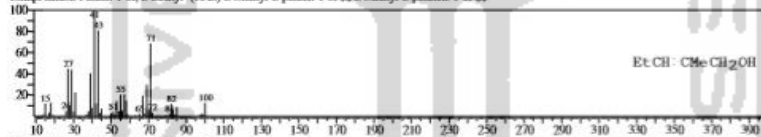
Hit#2 Entry:288578 Library:WILEY7.LIB
 SE85 Formula:C24H45N2O3 CAS:0-00-0 MolWeight:409 RefIndex:0
 CompName:3-HEXADECYL OXO-CARBONYL-5-(2-HYDROXYETHYL)-4-METHYLIMIDAZOLIUM ION \$\$



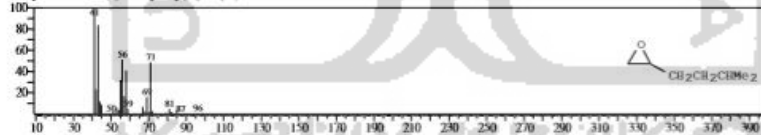
Hit#3 Entry:179992 Library:WILEY7.LIB
 SE84 Formula:C17H34O2 CAS:38954-75-5 MolWeight:270 RefIndex:0
 CompName:Oxirane, [(tetracycloxy)methyl]- (CAS) Myristyl glycidyl ether \$\$ n-Tetracycloxyglycidylether \$\$ Tetracycloxy glycidyl ether \$\$ (Myristyl)oxymethoxy

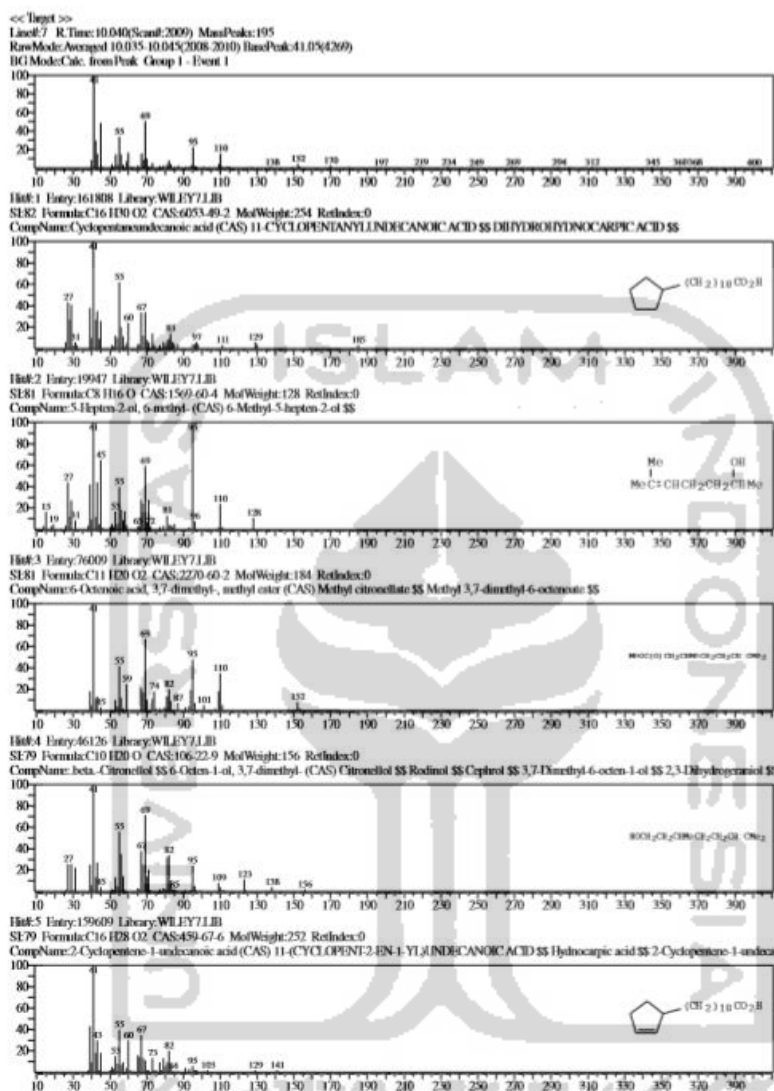


Hit#4 Entry:7068 Library:WILEY7.LIB
 SE83 Formula:C6H12O CAS:1610-29-3 MolWeight:100 RefIndex:0
 CompName:2-Penten-1-ol, 2-methyl- (CAS) 2-Methyl-2-penten-1-ol \$\$ 2-Methyl-2-penten-1-ol \$\$



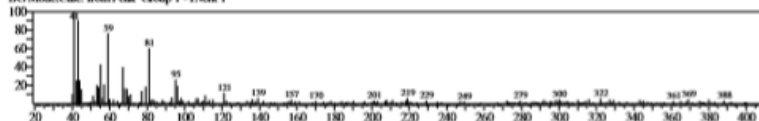
Hit#5 Entry:12123 Library:WILEY7.LIB
 SE83 Formula:C7H14O CAS:53209-41-7 MolWeight:114 RefIndex:0
 CompName:Oxirane, (3-methylbutyl)- (CAS) 1,2-EPOXY-5-METHYLHEXANE \$\$



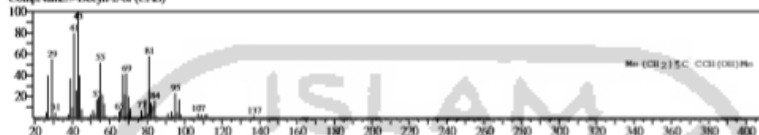


<< Target >>

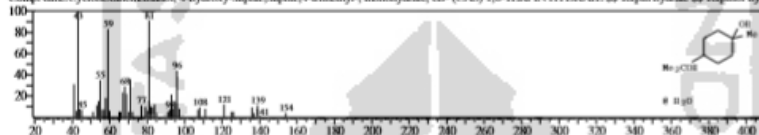
Line#8 RTime:10.195(Scan#:2040) MassPeaks:206
 RawMode:Average(10.190-10.200(209-201)) BasePeak:41.05(789)
 BGMode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



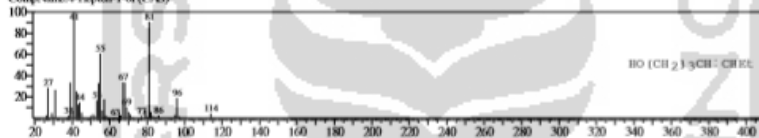
Hit#1 Entry:63639 Library:WILEY71.LB
 SE77 Formula:C10H18O CAS:69668-93-5 MolWeight:154 RetIndex:0
 CompName:3-Decyn-2-ol (CAS)



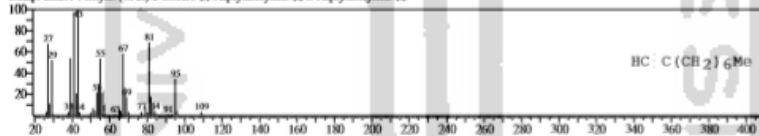
Hit#2 Entry:62616 Library:WILEY71.LB
 SE77 Formula:C10H18O2 CAS:3451-01-6 MolWeight:172 RetIndex:0
 CompName:Cyclohexanemethanol, 4-hydroxy- α,α -4-trimethyl-, monohydrate, cis- (CAS) 1,8-TERPIN HYDRATE SS Terpin hydrate SS Terpinol hydrate



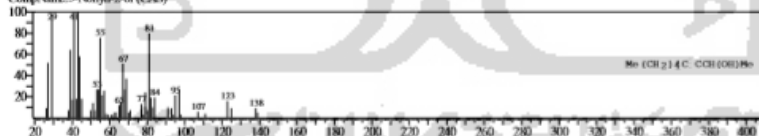
Hit#3 Entry:12724 Library:WILEY71.LB
 SE76 Formula:C7H14O CAS:20851-55-2 MolWeight:114 RetIndex:0
 CompName:4-Heptan-1-ol (CAS)



Hit#4 Entry:17688 Library:WILEY71.LB
 SE76 Formula:C9H16 CAS:3452-09-3 MolWeight:124 RetIndex:0
 CompName:1-Nonyne (CAS) 1-C9H16 SS 1-Heptylacetylene SS n-Heptylacetylene SS

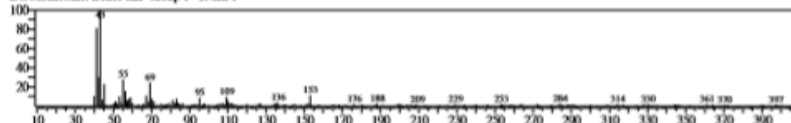


Hit#5 Entry:29157 Library:WILEY71.LB
 SE76 Formula:C9H16O CAS:26547-25-1 MolWeight:140 RetIndex:0
 CompName:3-Nonyn-2-ol (CAS)

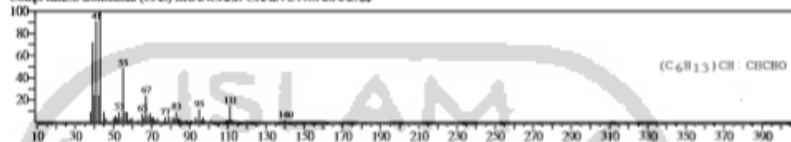


<< Target >>

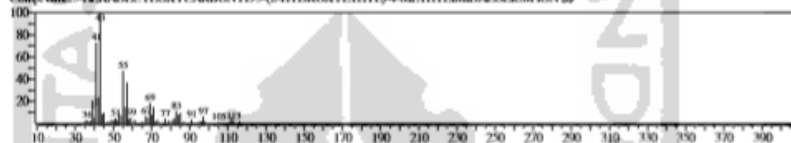
Line#9 R-Time: 10.425(Scan#:2086) MassPeak:202
 RawMode:Averaged 10.420-10.430(2085-2087) BasePeak:43.05(1428)
 BGMode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



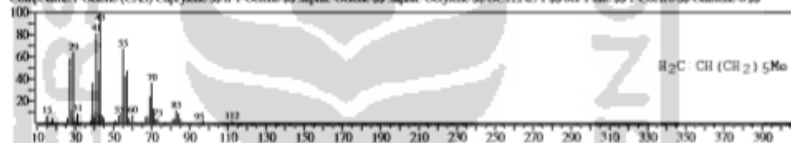
Hit#1 Entry:29791 Library:WILEY71.LB
 SE#2 Formula:C9 H16 O CAS:53966-58-8 MolWeight:140 RetIndex:0
 CompName:2 nonenal (CAS) BRANCHED CHAIN 2-NONENAL \$S\$



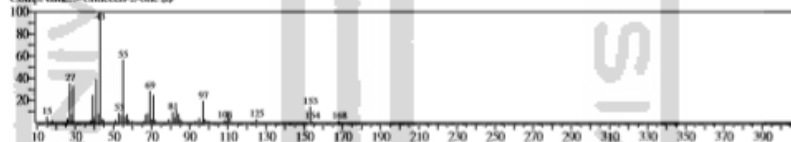
Hit#2 Entry:28878 Library:WILEY71.LB
 SE#2 Formula:C24 H45 N2 O3 CAS:0.00.0 MolWeight:409 RetIndex:0
 CompName:3 HEXADECYL OXYCARDONYL-5-(2-HYDROXYETHYL)-4-METHYLIMIDAZOLIUM ION \$S\$



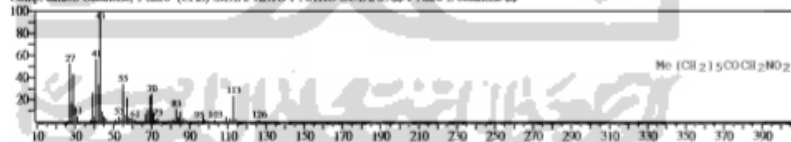
Hit#3 Entry:11379 Library:WILEY71.LB
 SE#0 Formula:C8 H16 CAS:111-66-0 MolWeight:112 RetIndex:0
 CompName:1-Octene (CAS) Caprylene \$S\$ n-1-Octene \$S\$ alpha-Octene \$S\$ alpha-Octylene \$S\$ OCTENE-1 \$S\$ oct-1-ene \$S\$ 1-C8H16 \$S\$ Octylene \$S\$ \$S\$



Hit#4 Entry:58041 Library:WILEY71.LB
 SE#0 Formula:C11 H20 O CAS:0.00.0 MolWeight:168 RetIndex:0
 CompName:3 Undecan-2-one \$S\$

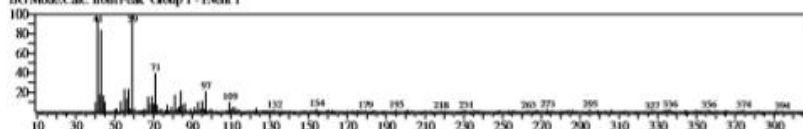


Hit#5 Entry:63617 Library:WILEY71.LB
 SE#0 Formula:C8 H15 N O3 CAS:16067-01-9 MolWeight:173 RetIndex:0
 CompName:2-Octanone, 1-nitro- (CAS) BETA-KETTO-1-NITRO OCTANE! \$S\$ 1-Nitro-2-octanone \$S\$

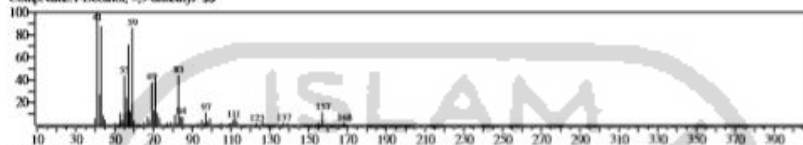


<< Target >>

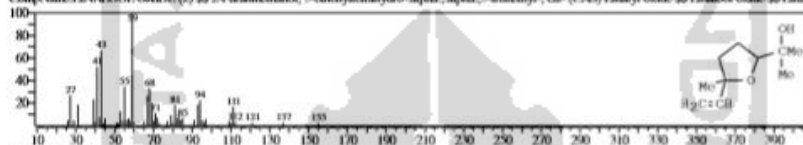
Line#10 R-Time: 11.680 (Scan#: 2337) MassPeak: 231
 RawMode: Averaged 11.675-11.685 (2336-2338) BasePeak: 59.10 (1622)
 BCI Mode: Calc. from Peak Group 1 - Isent 1



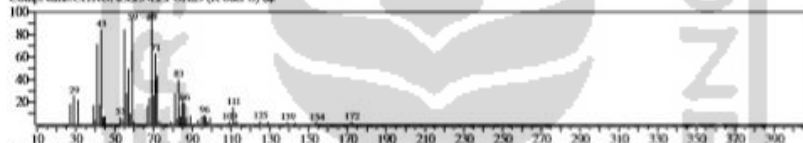
Hit#1 Entry: 78633 Library: WILEY71.LB
 SI#81 Formula: C12H26O CAS: 91482-38-1 MolWeight: 186 RetIndex: 0
 CompName: 1-Decanol, 5,9-dimethyl- \$S\$



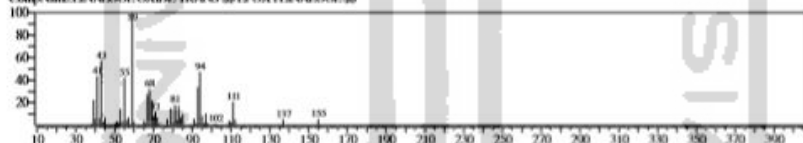
Hit#2 Entry: 61112 Library: WILEY71.LB
 SI#81 Formula: C10H18O2 CAS: 9989-33-3 MolWeight: 170 RetIndex: 0
 CompName: LINALOOL OXIDE (Z) \$S\$ 2-Furamethanol, 5-ethyltetrahydro- α -, α -,5-trimethyl-, cis- (CAS) Linalyl oxide \$S\$ Linalol oxide \$S\$ Linalol



Hit#3 Entry: 63384 Library: WILEY71.LB
 SI#81 Formula: C10H18O2 CAS: 0-00-0 MolWeight: 172 RetIndex: 0
 CompName: CITRONELLOLEPOXID (R oder S) \$S\$



Hit#4 Entry: 60771 Library: WILEY71.LB
 SI#81 Formula: C10H18O2 CAS: 4995-77-2 MolWeight: 170 RetIndex: 0
 CompName: LINALOOL OXIDE (TRANS) \$S\$ EPXYLINALOOL \$S\$



Hit#5 Entry: 191829 Library: WILEY71.LB
 SI#81 Formula: C18H35NO CAS: 301-02-0 MolWeight: 281 RetIndex: 0
 CompName: 9-Octadecanamide, (Z)- (CAS) OLEOAMIDE; \$S\$ OLEIC ACID AMIDE; \$S\$ Oleamide \$S\$ Azoqem 73 \$S\$ Oleylamide \$S\$ Slip-cos C) \$S\$ Oleic acid am

