

Perbandingan Tingkat Keefektifan Sintesis Hidroksisitronelal melalui Hidrasi Garam Natrium Sitronelil Bisulfit dan Sitronelal

Reiza Tri Suciani Putri S^{1*}, Edi Priyo Utomo^{1,2**}, Elvina Dhiaul Iftitah^{1,2}

¹Jurusan Kimia FMIPA UB, Jl. Veteran Malang, +62-341-575838

²Institut Atsiri Bawijaya, Gedung Senat, Jl. Veteran, Ketawanggede, +62 341 4376580

e-mail: *reizaputri3@gmail.com, **edipu2000@yahoo.com

Abstrak

Sintesis hidroksisitronelal dari minyak sereh wangi, diperoleh dengan menggunakan bahan dasar sitronelal dan garam natrium sitronelil bisulfit. Sitronelal dapat diisolasi dari minyak sereh wangi melalui reaksi penggaraman menggunakan NaHSO_3 , yang diikuti reaksi hidrolisis dengan NaOH 10%. Hasil isolasi sitronelal dikarakterisasi dengan FTIR shimadzu dan Kromatografi Gas-Spektrometer Massa (KG-SM). Pada penelitian ini dilakukan reaksi hidrasi untuk masing-masing bahan dasar pada ikatan rangkap tak jenuh menggunakan katalis asam, yaitu HCl 1%, H_2SO_4 1%, dan H_3PO_4 1% selama 8 jam. Produk reaksi tersebut dikarakterisasi menggunakan KG-SM sehingga diperoleh % randemen masing-masing bahan dasar dan katalis asam. Hidroksisitronelal dengan bahan dasar garam natrium sitronelil bisulfit menghasilkan % randemen tertinggi 7,7 %, sedangkan % randemen tertinggi untuk bahan dasar sitronelal sebesar 26,9 %. Kedua % randemen tersebut diperoleh dari hasil reaksi hidrasi dengan katalis H_3PO_4 1%.

Kata kunci: Minyak sereh wangi, Sitronelal, Natrium Sitronelil Bisulfit, Reaksi Hidrasi, Katalis Asam

Abstract

The hydroxycitronellal synthesis of Lemongrass oil is obtained by using citronellal base material and sodium cytronellyl bisulfite salt. The citronellal can be isolated from Lemongrass oil by salting reaction using NaHSO_3 , which followed by the hydrolysis reaction with NaOH 10%. The results of citronellal isolation were characterized with FTIR shimadzu and Gas Chromatography-Mass Spectrometer (KG-SM). In this study, hydration reactions were performed for each base material in unsaturated double bonds using acid catalyst, HCl 1%, H_2SO_4 1%, dan H_3PO_4 1% for 8 hours. The reaction product was characterized using KG-SM in order to obtain the % yield of each basic ingredient and the acid catalyst. Hydroxycitronelal with base material of sodium salt of cytronellyl bisulfite get the highest % yields that is 7.7%, while the highest % yield for the citronellal base material that is 26.9%. The % yield is obtained from the hydration reaction with the H_3PO_4 as catalyst.

Keywords: Lemongrass oil, Citronellal, Sodium Cytronellyl Bisulfite, Hydration, Acid Catalyst.

1. PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

Minyak atsiri atau yang biasa dikenal *volatile oil* yang memiliki aroma yang khas [1]. Minyak atsiri dan turunan-turunannya merupakan bagian utama dalam dunia *flavour* (rasa) dan *fragrance* (aroma) [2]. Dalam kehidupan sehari-hari, kebutuhan minyak atsiri sangat banyak tergantung dari jenis tumbuhan yang diambil dari hasil sulingan. [3]. Beberapa minyak atsiri

yang menguasai pasar dunia yaitu minyak nilam, kenanga, akar wangi, pala, kayu putih, kayu manis, cengkeh dan sereh wangi [4]. Indonesia merupakan produsen terbesar minyak sereh wangi setelah Cina [5].

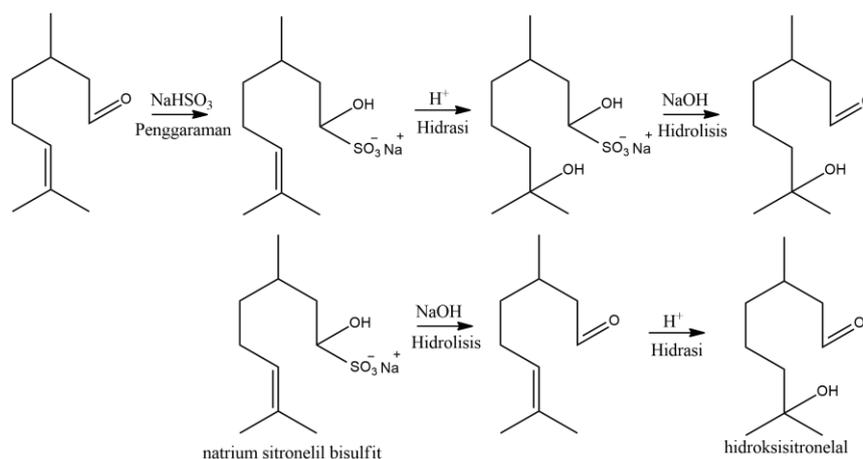
Salah satu cara untuk mendapatkan minyak atsiri dari sereh wangi, yaitu dengan cara distilasi uap atau penyulingan uap dari daun tanaman sereh wangi [6]. Tanaman sereh wangi dibagi menjadi dua jenis yaitu tipe Ceylon dan tipe Jawa. Minyak sereh tipe Jawa mengandung 85% total geraniol (termasuk 35% sitronelal). Minyak sereh tipe Jawa dapat diperoleh dari distilasi uap daun *Cymbopogon winterianus* Jowitt atau mahapengiri [2]. Sedangkan minyak Ceylon mengandung 55-65 % total geraniol (termasuk 7-15 % sitronelal) [7] dan dapat diperoleh dari distilasi uap daun spesies *Cymbopogon nardus*. Komponen minyak sereh wangi terdiri dari macam-macam senyawa terpen, sitronelal, campuran sitronelol dan geraniol (rhodiol), macam-macam ester, alkohol sesquiterpen, serta sesquiterpen alkhohol [8]. Minyak sereh wangi juga disebut minyak sitronelal, karena komponen utama dari minyak sereh wangi adalah sitronelal, dengan komponen utama lainnya sitronelol dan geraniol. Ketiga senyawa tersebut dilakukan derivatisasi sesuai dengan aroma yang dibutuhkan [9].

Sitronellal dengan rumus kimia $C_{10}H_{16}O$ yang memiliki nama kimia 3,7-dimetyl-6-octenal merupakan salah satu golongan monoterpen [9]. Menurut Marrison, sitronelal memiliki satu atom karbon asimetris pada atom C nomor tiga. Oleh karena itu sitronelal memiliki stereoisomer yaitu (R)-sitronelal dan (S)- sitronelal [10]. Sitronelal murni berbau menyegarkan seperti balsam *mint* dan tidak berwarna [2]. Karena adanya ikatan rangkap (C=C) dan gugus aldehid, sitronelal sangat mudah mengalami perubahan struktur [7]. Dalam suasana asam, sitronelal dapat membentuk senyawa siklis, yaitu isopulegol [11]. Untuk memperoleh komponen utama minyak sereh ini, dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu metode kimia dan metode fisika. Metode fisika dapat dilakukan dengan distilasi fraksinasi pengurangan tekanan (vakum), sedangkan metode kimia dengan menggunakan natrium bisulfit dengan rumus kimia $NaHSO_3$ [7]. Dari kedua metode tersebut, metode kimia yang lebih efektif karena dapat menghalangi gugus aldehid untuk bereaksi lebih lanjut [12].

Salah satu turunan dari sitronelal yang memiliki peranan penting di dalam suatu industri adalah hidroksisitronelal. Senyawa dengan rumus molekul $C_{10}H_{20}O_2$ berwujud cair, sedikit kental dan tidak berwarna [13]. Untuk karakter aroma yang dimiliki oleh Hidroksisitronelal adalah *sweet, floral, green, waxy, dan tropical* [14]. Sedangkan karakter aroma dari sitronelal *weedy, woody, dan geraniol* [15]. Oleh karena itu Hidroksisitronelal lebih banyak dibutuhkan sebagai salah satu bahan pembuatan parfum atau bahan pewangi lainnya, karena karakter aroma yang dimiliki lebih manis dan segar dibandingkan sitronelal.

Cara memperoleh hidroksisitronelal, dapat dilakukan isolasi sitronelal dengan natrium bisulfit membentuk garam natrium sitronelil bisulfit, kemudian dilakukan hidrasi garam natrium sitronelil bisulfit menggunakan katalis asam [16]. Metode lain untuk memperoleh hidroksi sitronelal yaitu, garam natrium sitronelil bisulfit dihidrolisis dengan NaOH untuk memperoleh sitronelal, kemudian reaksi hidrasi dapat dilakukan oleh sitronelal dengan katalis asam.

Pada umumnya katalis asam yang digunakan untuk reaksi hidrasi garam natrium bisulfit adalah asam sulfat. Asam sulfat merupakan salah satu asam kuat yang sering digunakan dalam reaksi hidrasi alkena [17]. Namun, belum ada katalis asam lainnya sebagai pembanding dalam hidrasi alkena. Berdasarkan uraian diatas akan dilakukan kajian mengenai perbandingan metode sintesis turunan sitronelal dari garam sitronelil bisulfit dan sitronelal melalui reaksi hidrasi menggunakan berbagai jenis katalis asam. Secara singkat, penelitian yang dilakukan saat ini ditunjukkan pada **Gambar 1**



Gambar 1. Metode Penelitian

2. METODE PENELITIAN (MATERIALS AND METHODS)

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *autoclave*, corong pisah, gelas arloji, spatula, *magnetic stirrer*, gelas kimia 100 mL dan 250 mL, gelas ukur 50 mL dan 10 mL, corong *Buchner*, erlenmeyer vakum 250 mL, botol vial, dan botol semprot. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu diantaranya minyak sereh wangi tipe Jawa (*Cymbopogon winterianus*) yang diperoleh dari distilasi uap bagian daun, NaHSO₃ 39%, etanol 96%, HCl 1%, H₂SO₄ 1%, dan H₃PO₄ 1%, NaOH 10%, MgSO₄ anhidrat, aquades.

2.2. Prosedur Kerja

2.2.1 Isolasi Sitronelal dari Minyak Sereh Wangi dengan NaHSO₃ 39%

Minyak sereh wangi dengan volume 120 mL diletakkan di gelas kimia 250 mL dan ditambahkan MgSO₄ anhidrat secukupnya yang telah dioven, sampai semua molekul air terikat dan diaduk secara perlahan. Kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring dan corong gelas. Endapan MgSO₄ dibuang, dan sereh wangi yang sudah bebas air diambil sebanyak 100 mL menggunakan gelas ukur 50mL. diletakkan di gelas kimia. Setelah itu ditambahkan reagen NaHSO₃ 39% sebanyak 30 mL dan dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* selama 15-20 menit, sampai terbentuk endapan putih kekuningan dan didiamkan beberapa menit. Kemudian disaring menggunakan corong *Buchner* (vakum) dengan kertas saring. Endapan yang diperoleh dicuci dengan etanol untuk menghilangkan pengotor, sampai endapan berwarna putih. Setelah itu, endapan dikeringkan dan ditimbang untuk mengetahui massa dari endapan tersebut. Endapan yang diperoleh dilakukan karakterisasi dengan FTIR.

2.2.2 Hidrolisis garam natrium sitronelil bisulfid dengan NaOH 10%

Padatan putih sitronelal bisulfid dimasukkan kedalam gelas kimia 250mL, lalu ditambahkan NaOH 10% dan diaduk selama 15 menit dengan magnetic stirer sampai larut sempurna. Setelah itu dimasukkan kedalam corong pisah dan didiamkan selama 10 menit. Kemudian dipisahkan fasa minyak dan fasa pelarut. Fasa minyak ditambahkan MgSO₄ anhidrat dan disaring menggunakan kertas saring. Hasil hidrolisis dianalisa dengan KG-SM dan FT-IR Shimadzu

2.2.3 Hidrasi garam natrium sitronelil bisulfid dengan HCl 1%, H₂SO₄ 1%, dan H₃PO₄ 1%

Padatan putih natrium sitronelil bisulfid ditimbang 10g sebanyak 3 kali, kemudian masing-masing padatan tersebut ditambahkan HCl 1% sebanyak 9 mL, H₂SO₄ 1% sebanyak 15 mL dan H₃PO₄ 1% sebanyak 15 mL. Setelah itu direflux selama 8 jam dengan suhu 130-140°C. Hasil

hidrasi dari garam natrium sitronelil bisulfit ditambahkan NaOH 10% kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit dan dimasukkan kedalam corong pisah, lalu didiamkan selama 30 menit akan terbentuk dua fasa yaitu fasa minyak dan fasa air. Kedua fasa tersebut dipisahkan. Fasa minyak ditambahkan $MgSO_4$ anhidrat dan disaring menggunakan kertas saring. Kemudian fasa minyak dianalisis menggunakan KG-SM.

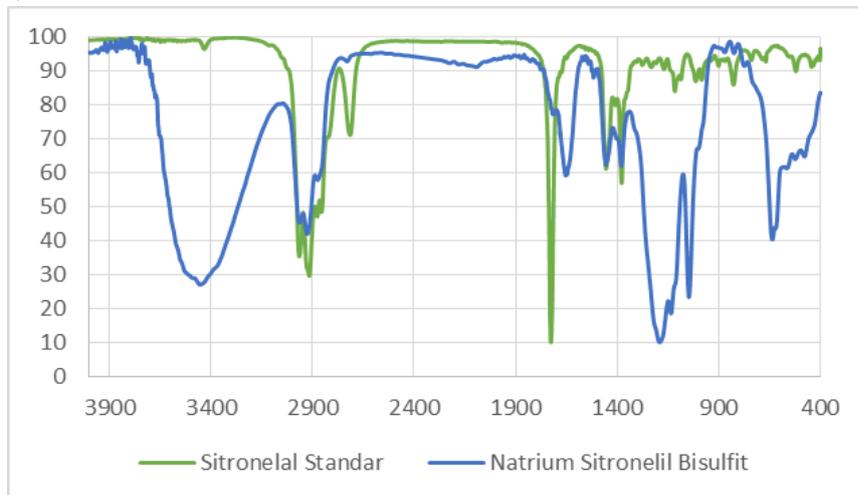
2.2.4. Hidrasi sitronelal dengan HCl 1%, H_2SO_4 1%, dan H_3PO_4 1%

Sitronelal hasil hidrolisis diambil sebanyak 10 mL dengan gelas ukur 10 mL sebanyak 3 kali, kemudian masing-masing sitronelal tersebut ditambahkan ditambahkan HCl 1% sebanyak 9 mL, H_2SO_4 1% sebanyak 15 mL dan H_3PO_4 1% sebanyak 15 mL. Setelah itu direflux selama 8 jam dengan suhu 130-140°C. Hasil hidrasi sitronelal dimasukkan ke dalam corong pisah untuk dipisahkan fasa minyak dan fasa air (pelarut). Kemudian fasa minyak ditambahkan $MgSO_4$ anhidrat setelah dinetralkan (pH =7) dan disaring dengan kertas saring. Fasa minyak yang diperoleh dianalisa dengan KG-SM

3. HASIL DAN PEMBAHASAN (RESULT)

3.1 Isolasi Sitronelal dari Minyak Sereh Wangi dengan $NaHSO_3$ 39%

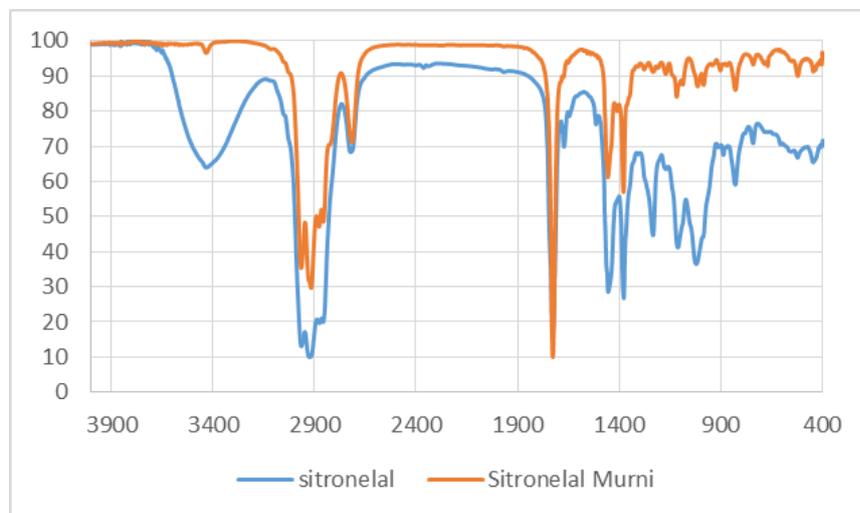
Isolasi sitronelal dilakukan dengan mereaksikan reagen natrium bisulfit ($NaHSO_3$) 39% dengan minyak sereh wangi, sehingga diperoleh endapan putih sebagai garam natrium sitronelil bisulfit dan lapisan atas (minyak) sebagai komponen lain dari sitronelal. Kemudian endapan putih dan lapisan minyak disaring menggunakan corong *Buchner* dan pompa vakum, dengan tujuan untuk mempercepat proses penyaringan. Selama penyaringan, endapan dibilas dengan etanol 96% untuk menghilangkan pengotor. Endapan selanjutnya dilakukan karakterisasi dengan instrumen FTIR Shimadzu dan dibandingkan dengan sitronelal murni yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Spektra IR Natrium Sitronelil Bisulfit dan Sitronelal

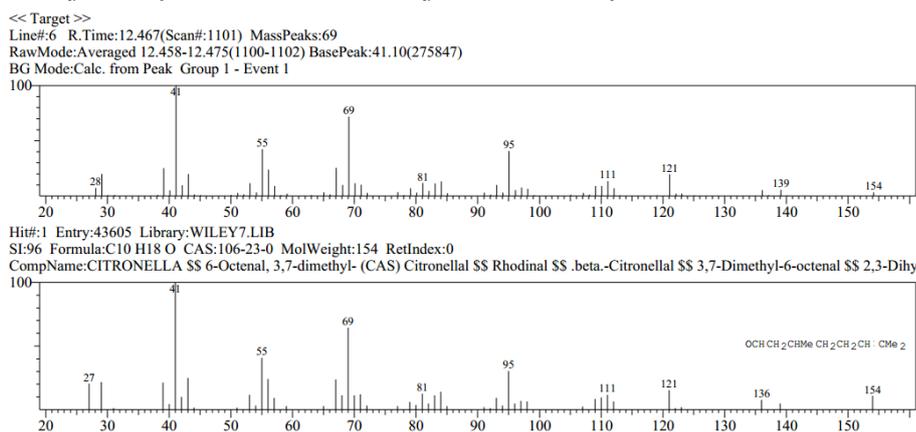
Pada Gambar 2 terdapat beberapa gugus fungsi, diantaranya serapan dengan ciri khas lebar dan intensitas kuat pada bilangan gelombang $3451,18\text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan dari gugus fungsi O-H. Vibrasi molekul dari C-H sp^3 pada bilangan gelombang $28370,50\text{ cm}^{-1}$. Gugus C=O aldehyd dengan serapan tunggal dan intensitas kuat pada bilangan gelombang $1725-1695\text{ cm}^{-1}$ tidak muncul, seperti pada spektra sitronelal. Selain itu, terdapat gugus fungsi sulfonat S=O dengan intensitas kuat pada bilangan gelombang $1192,69\text{ cm}^{-1}$. Berdasarkan beberapa gugus fungsi yang diperoleh dapat dikatakan bahwa spektra tersebut merupakan spektra dari endapan natrium sitronelil bisulfit. Setelah dilakukan reaksi dengan $NaHSO_3$ 39%, endapan yang diperoleh dilakukan hidrolisis untuk memperoleh sitronelal. Menurut Fieser, untuk memperoleh

sitronelal dapat dilakukan regenerasi dengan menggunakan larutan asam kuat atau basa kuat [18]. Pada penelitian ini, digunakan NaOH 10% dengan pengadukan dan pemanasan untuk memperoleh sitronelal dari endapan natrium sitronelil bisulfat. Hasil dari hidrolisis dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR shimadzu dan KG-SM yang ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 3. Spektra IR Sitronelal hasil hidrolisis

Pada Gambar 3 merupakan perbandingan antara spektra IR dari sitronelal hasil hidrolisis dengan sitronelal murni. Dari gambar tersebut terdapat beberapa kemiripan serapan, seperti pada bilangan gelombang 2900 cm^{-1} yang merupakan serapan dari C-H sp^3 dan vibrasi karbonil aldehyd dengan serapan tunggal dan intensitas kuat sekitar $1725\text{-}1695\text{ cm}^{-1}$. Namun, pada bilangan gelombang 3500 cm^{-1} terdapat serapan lebar, yang merupakan ciri khas dari puncak O-H, adanya serapan ini, dimungkinkan masih adanya molekul H_2O . Berdasarkan uraian diatas, dapat dikatakan bahwa hasil hidrolisis dari garam tersebut merupakan senyawa sitronelal. Untuk memastikan hasil hidrolisis adalah senyawa yang diinginkan (sitronelal), dapat dilakukan karakterisasi dengan KG-SM. Spektra hasil hidrolisis garam natrium sitronelil bisulfat dengan NaOH 10% ditunjukkan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa spektra massa dari sitronelal.



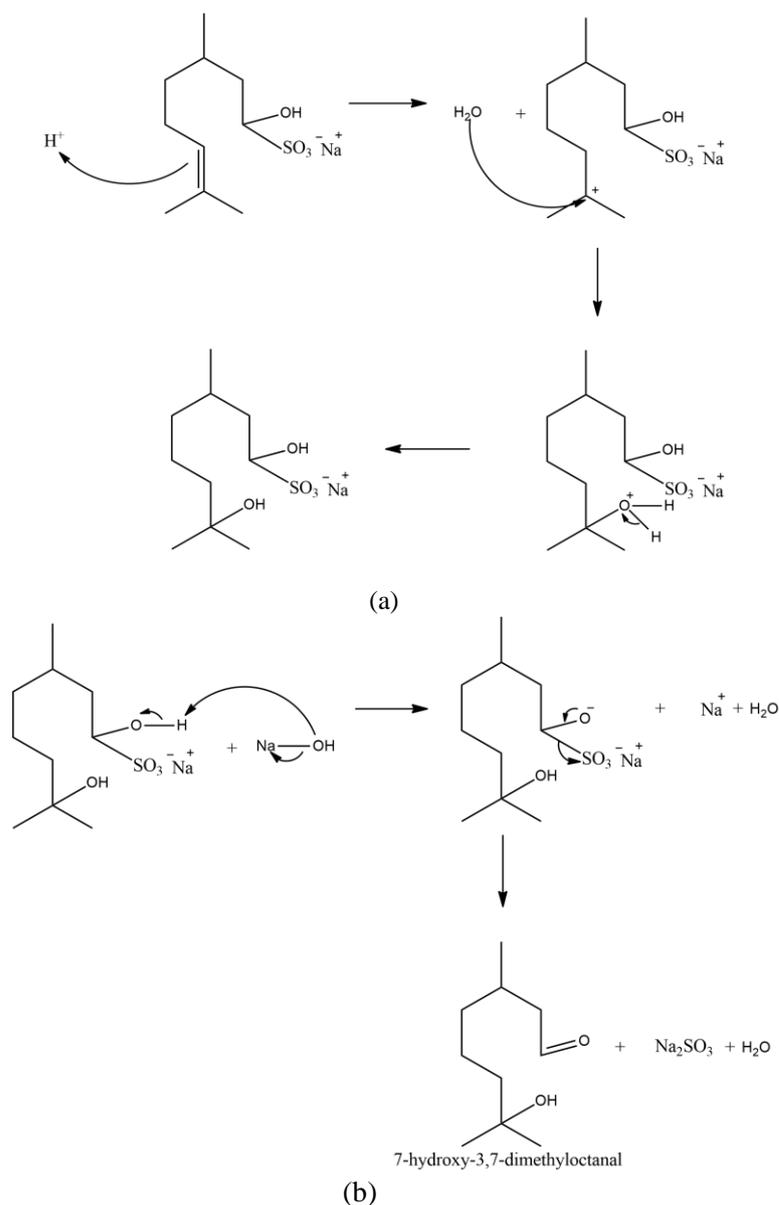
Gambar 4. Spektra Massa dari hidrolisis garam

Penelitian yang dilakukan oleh Agung, menunjukkan bahwa isolasi sitronelal pada minyak serah wangi menggunakan NaHSO_3 dapat mempengaruhi komponen lain yang memiliki ikatan rangkap tak jenuh untuk membentuk suatu garam sulfonat, sehingga sitronelal yang dihasilkan kurang optimal [12]. Selain itu adanya kelebihan mol dari NaHSO_3 dapat bereaksi dengan senyawa yang memiliki ikatan rangkap [19]. Sehingga % kenaikan kadar sitronelal

setelah dilakukan pemisahan sitronelal dengan mereaksikan minyak sereh wangi menggunakan reagen NaHSO₃ sebesar 52%.

3.2 Hidrasi Natrium Sitronelil Bisulfit dengan Katalis Asam

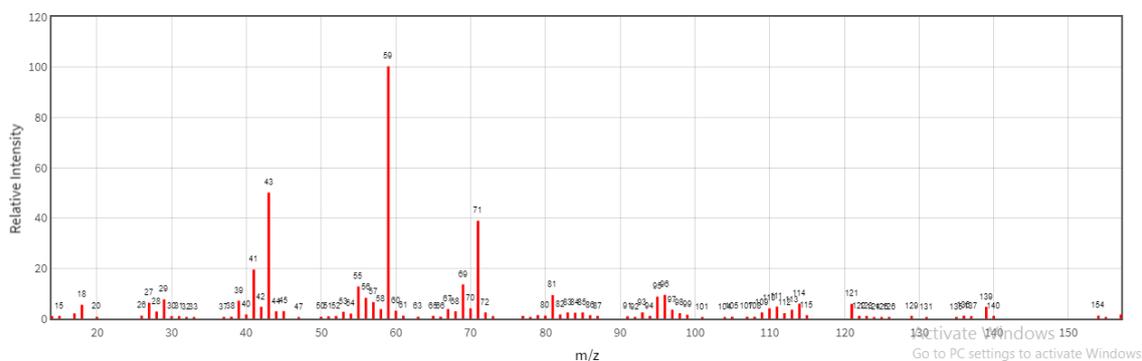
Proses pembentukan hidroksisitronelal dengan bahan dasar garam dapat dilakukan melalui dua tahapan reaksi yaitu hidrasi garam natrium sitronelil bisulfit menggunakan katalis asam dan dilanjutkan dengan hidrolisis hasil hidrasi garam. Mekanisme reaksi hidrasi natrium sitronelil bisulfit dengan katalis asam dapat dilihat pada gambar 5.



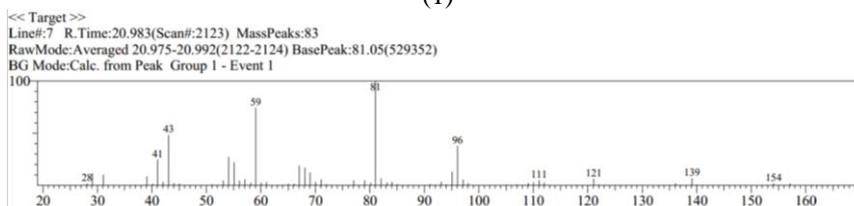
Gambar 5. Mekanisme reaksi pembentukan hidroksisitronelal dari garam natrium sitronelil bisulfit melalui reaksi hidrasi (a) dan hidrolisis (b)

Hidrasi garam natrium sitronelil bisulfit dengan asam berdasarkan KG-SM, tidak menghasilkan senyawa hidroksisitronelal, hal ini disebabkan oleh keterbatasan library pada instrumen. Untuk memastikan terbentuknya senyawa hidroksisitronelal, dilakukan perbandingan

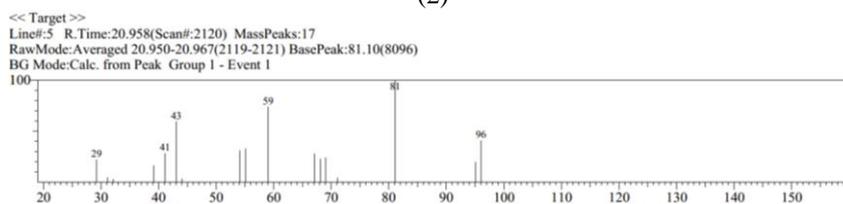
Spektra Massa dari KG-MS dengan database NIST Chemistry Webbook [14] senyawa hidroksisitronelal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6



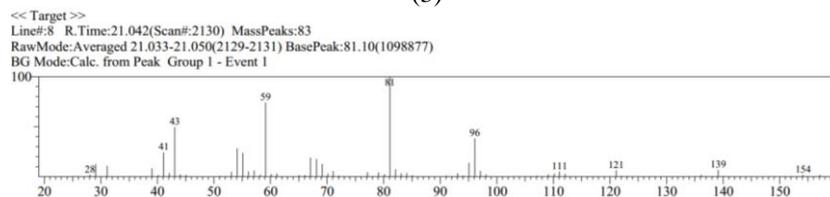
(1)



(2)



(3)



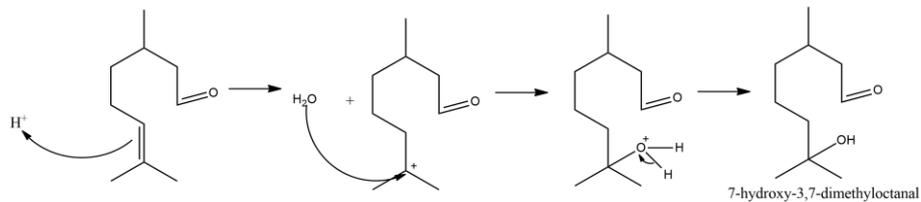
(4)

Gambar 6 Spektra Massa Hidroksisitronelal NIST (1), Spektra Massa dari puncak ke-7 (HCl 1%) (2), Spektra Massa Puncak ke-5 (H₂SO₄ 1%) (3) dan Spektra Massa Puncak ke-8 (H₃PO₄ 1%) (4)

Perbandingan spektra massa yang ditunjukkan pada Gambar 6 dapat terlihat adanya kemiripan m/z yang muncul pada NIST Chemistry Webbook dengan produk hasil analisa KG-SM. Dari ketiga tabel diatas, komponen hidroksisitronelal yang terdeteksi oleh kromatogram secara berurutan yaitu pada waktu retensi 20,980 ; 20,961 ; dan 21,043 menit dengan masing-masing % area yang dihasilkan yaitu 13,26% ; 6,85% ; dan 11,34%.

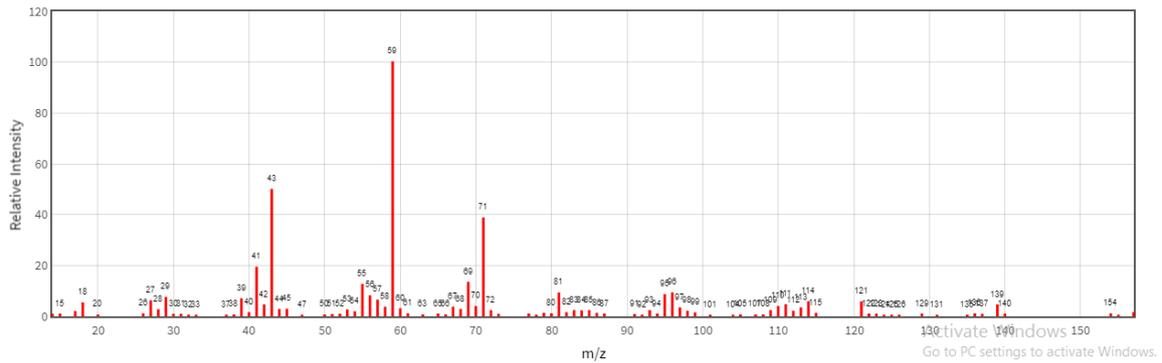
3.3 Hidrasi Sitronelal dengan Katalis Asam

Proses pembentukan senyawa hidroksisitronelal dengan bahan dasar sitronelal, dapat diamati pada gambar 7



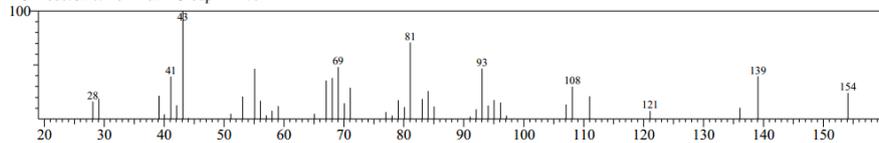
Gambar 7. Mekanisme reaksi hidrokisitronelel

Untuk analisis berdasarkan KG-SM tidak menunjukkan adanya senyawa hidrokisitronelel dikarenakan *library* pada instrumen terbatas, sehingga dilakukan perbandingan antara Spektra Massa manual dengan *database* dari NIST Chemistry Webbook [14] senyawa Hidrokisitronelel yang ditunjukkan pada Gambar 4.8



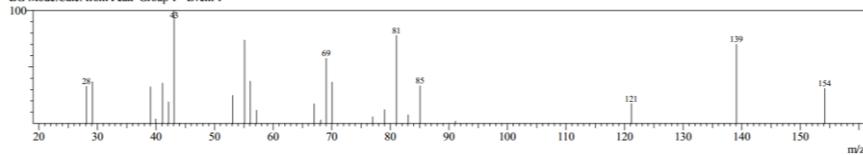
(1)

<< Target >>
 Line#:3 R.Time:10.317(Scan#:843) MassPeaks:43
 RawMode:Averaged 10.308-10.325(842-844) BasePeak:43.10(10624)
 BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



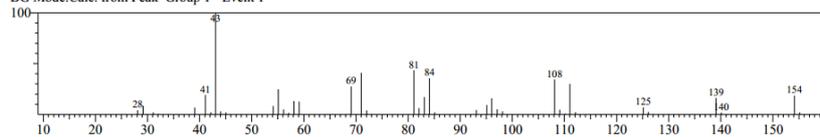
(2)

Line#:2 R.Time:10.608(Scan#:878)
 MassPeaks:25
 RawMode:Averaged 10.600-10.617(877-879) BasePeak:43.10(5881)
 BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



(3)

<< Target >>
 Line#:3 R.Time:10.333(Scan#:845) MassPeaks:45
 RawMode:Averaged 10.325-10.342(844-846) BasePeak:43.05(49153)
 BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1

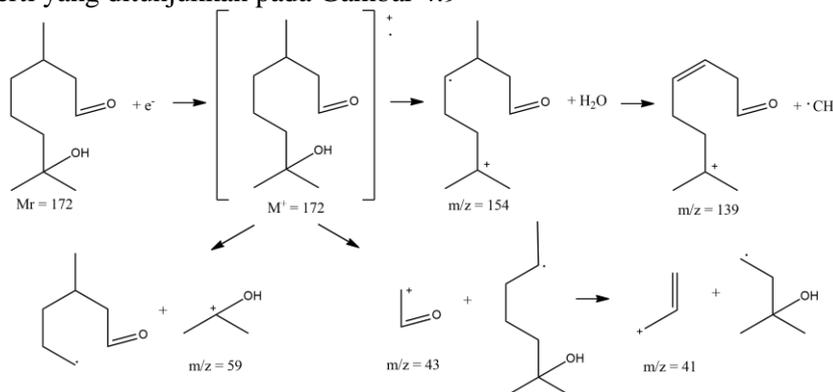


(4)

Gambar 4. 8 Spektra Massa Hidrokisitronelel NIST (1), Spektra Massa dari puncak ke-3 (HCl 1%) (2), Spektra Massa Puncak ke-2 (H₂SO₄ 1%) (3) dan Spektra Massa Puncak ke-3 (H₃PO₄ 1%) (4)

Komponen hidrokisitronelel juga tidak muncul di *database*, seperti halnya dengan hidrasi dari garam natrium sitronelel bisulfat, sehingga perlu dilakukan fragmentasi secara

manual untuk mendukung data spektra massa produk hidroksisitronelel yang diperoleh dengan KG-SM seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.9



Gambar 4. 9 Fragmentasi dari komponen hidroksisitronelel

Komponen hidroksisitronelel dapat diamati pada waktu retensi 10,314 ; 10,608 ; dan 10,333 menit menggunakan katalis HCl 1%, H₂SO₄ 1% dan H₃PO₄ 1% dengan % area yang diperoleh sebesar 4,44 % ; 3,66 % ; dan 5,19 %.

3.4 % Randemen Hasil Hidrasi

Secara keseluruhan % randemen yang diperoleh dari hidrasi garam natrium sitronelel bisulfit dan sitronelel dengan katalis asam dapat dilihat pada Tabel 1
Tabel 1. Tabulasi % randemen hasil hidrasi

Prekursor dan Jenis Katalis					
Garam			Sitronelel		
HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄
4,18 %	5 %	7,6 %	6,24 %	3,9 %	26,9 %

Dari tabulasi di atas secara keseluruhan % randemen yang dihasilkan oleh sitronelel lebih tinggi dibandingkan % randemen yang diperoleh oleh garam natrium sitronelel bisulfit. Hal ini terjadi karena, pada saat proses hidrasi berlangsung selama 8 jam masih ada garam yang tidak larut sempurna, sehingga % randemen yang dihasilkan kurang maksimal. Untuk bahan dasar sitronelel dengan katalis H₂SO₄, adanya pembentukan komponen isopulegol yang menghasilkan % area cukup besar, mengakibatkan % randemen yang dihasilkan oleh komponen hidroksisitronelel dengan katalis H₂SO₄ lebih kecil dibandingkan menggunakan katalis HCl 1%. Dan % randemen tertinggi untuk bahan dasar sitronelel dihasilkan oleh reaksi hidrasi menggunakan katalis H₃PO₄ 1%.

4. KESIMPULAN (CONCLUSION)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Produk hasil hidrasi garam natrium sitronelel bisulfit dan sitronelel dengan menggunakan HCl 1%, H₂SO₄ 1%, dan H₃PO₄ 1% menghasilkan % randemen sebesar 4,18 % ; 5 % ; dan 7,6 % untuk prekursor garam, sedangkan prekursor sitronelel menghasilkan % randemen sebesar 6,24 % ; 3,9 % dan 26,9 %.
2. Berdasarkan % randemen tertinggi, sintesis hidroksisitronelel paling efektif dilakukan dengan menggunakan prekursor sitronelel dan jenis katalis H₃PO₄ 1%.

DAFTAR PUSTAKA (REFERENCE)

- [1]. Kumar,R dan Y.C. Tripath. (2011). *Extraction Technology of Natural Dye & Aroma Therpy and Cultivation Value Addition of Medicinal Plants*. Forest Research Institute. India
- [2]. Wijayanti, L . (2015). *Isolasi Sitronellal Dari Minyak Sereh Wangi (Cymbopogon Winterianus Jowit) dengan Distilasi Fraksinasi Pengurangan Tekanan*. Program Studi Pendidikan Biologi. Universitas Sanata Dharma. 12. (01), 22-29
- [3]. Gunawan. W., (1960). Kualitas dan Nilai Minyak Atsiri. Implikasi pada Pengembangan Turunannya. 1–11
- [4]. Feriyanto, Y. E., Sipahutar, P. J., & Hakim, J. A. R. (2013). Pengambilan Minyak Atsiri dari Daun dan Batang Serai Wangi (Cymbopogon winterianus) Menggunakan Metode Distilasi Uap dan Air dengan Pemanasan Microwave, 2(1), 5.
- [5]. Yuliasih, I. (n.d.). APLIKASI MINYAK SEREH WANGI (Citronella Oil) DAN GERANIOL, 17, 7.
- [6]. Sumiartha, K. (n.d.). BUDIDAYA DAN PASCA PANEN TANAMAN SEREH (Cymbopogon citratus (DC.) Stapf.), 16.
- [7]. Kaniawati, D., Kadarohman, A., & Dwiyaniti, G. (2004). KONVERSI SITRONELAL HASIL ISOLASI MINYAK SEREH WANGI MENJADI SITRONELOL DAN ISOPULEGOL, 10.
- [8]. Agustian, E. (n.d.). Pemisahan Sitronelal dari Minyak Sereh Wangi Menggunakan Unit Fraksinasi Skala Bench, 5.
- [9]. Bota. W. Martono Arosupono., Dan Ferdi S. Randonuwu. (2015). Potensi Senyawa Minyak Sereh Wangi (Citronella Oil) dari Tumbuhan Cymbopogon nardus L. sebagai Agen Antibakteri. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta
- [10]. Morrison. (1986). Chiral Compounds. Fluka Chemie AG. Switzerland.
- [11]. Devakumar. C., Narayan. M.R., Khan.M.N.A., (1977). Synthetic Products from Oil of Citronella. Indian
- [12]. Nurfauly. A. (2017). Sintesis Sitronelal menjadi 2.6-dimetil-8-oksooktan-2-il Asetat dari Minyak Sereh Wangi (Cymbopogon winterianus) dan Penentuan Karakteristik Aroma melalui Pengujian dengan Metode In Silico. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Brawijaya. Malang
- [13]. Bauer. K., Garbe. D., dan Surburg. H., (1997). Single Fragrancenand Flavor Compounds. dalam Common Fragrance and Flavor Materials. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 7–159.
- [14]. The Good Scents Company. (2018). Hydroxycitronellal. <http://www.thegoodscentscompany.com>. Diakses pada tanggal 16 Januari 2018
- [15]. The Good Scents Company. (2018). Citronellal. www.thegoodscentscompany.com. Diakses pada tanggal 18 Januari 2018

- [16]. Meuly, Walter Christian., New Brunswick, N. J., assignor to E. I. du Pont de Nemours & Company, Wilmington, DeL, a corporation of Delaware (1941). Process for Producing Hydroxy Citronellal. *United States Patent Office*.
- [17]. Royal Society of Chemistry (2018). The Hydration of alkenes
- [18]. Fieser, L., & Williamson, K. (n.d.). Organic Experiments, 663., D.C HEATH AND COMPANY, Lexinton
- [19]. Pushpakumari, K. N., 1987, Studies On Lemongrass Oil, no. September