

**REAKSI SUBSTITUSI GUGUS HIDROKSI PADA SITRONELOL DENGAN
KLORIDA MENGGUNAKAN CAMPURAN AMONIUM KLORIDA DAN ASAM
SULFAT**

***(SUBSTITUTION REACTION OF HYDROXY OF CITRONELOL WITH
CHLORIDE USING A MIXTURE OF AMMONIUM CHLORIDE AND SULPHURIC
ACID)***

Endah Sayekti ^{a*}, Imelda H. Silalahi^a, Titin Anita Zaharah^a

^a Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi,
Pontianak 78124 Telp. (0561) 585343

* email: endahkimiauntan@yahoo.co.id

Received 11 February 2015, Accepted 28 February 2015, Published 01 September 2015

ABSTRAK

Telah dilakukan reaksi substitusi gugus hidroksi (-OH) pada sitronelol dengan klorida (-Cl) menggunakan campuran ammonium klorida (NH₄Cl) dan asam sulfat (H₂SO₄). Sitronelol yang digunakan diperoleh dari reaksi reduksi sitronelal menggunakan natrium borohidrida (NaBH₄) pada suhu ruang selama 30 menit. Reaksi substitusi dilakukan terhadap sitronelol hasil reduksi pada suhu 80 °C dengan menggunakan variasi perbandingan mol sitronelol dan NH₄Cl berturut-turut (1:1; 1:2; 1:3; dan 1:4). Identifikasi produk menggunakan kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS) menunjukkan produk substitusi berupa senyawa siklis 2-isopropil-5-metil-1-klorosikloheksana yang terbentuk pada perbandingan mol 1:4 dengan rendemen 64,49 %. Hasil analisis menggunakan spektrofotometer inframerah (IR) menunjukkan adanya vibrasi pada bilangan gelombang 763 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi khas C-Cl.

Kata kunci : Sitronelol, Sitronelal, Substitusi

ABSTRACT

Substitution reaction of hydroxy of citronellol with chloride using a mixture of ammonium chloride (NH₄Cl) and sulphuric acid (H₂SO₄) has been conducted. The citronellol was obtained from the reduction of citronellal using sodium borohydride (NaBH₄) at room temperature for 30 minutes. Substitution of hydroxy of citronellol with chloride ion was carried out at 80 °C and molarity ratio of citronellol and NH₄Cl 1:1, 1:2; 1:3; and 1:4 respectively. Identification of the product by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) showed that the substitution reaction produced 2-isopropyl-5-methyl-1-chlorocyclohexane compound with rendemen 64,49 % in mol ratio of 1:4. The infra red (IR) analysis showed that there was a vibration at wave number 763 cm⁻¹ which is a typical C-Cl vibrations.

Keywords: Citronellol, Citronellal, Substitution.

PENDAHULUAN

Minyak sereh dapat diisolasi dari daun sereh dengan cara destilasi uap. Komponen utama minyak sereh adalah sitronelal, sitronelol dan geraniol. Campuran sitronelol dan geraniol disebut dengan rhodinol. Ketiga komponen minyak sereh ini menentukan mutu minyak sereh. Selain ketiga komponen tersebut, minyak sereh juga mengandung α -pinen, linalool, limonen, kariofilen, elemol, sitronelil asetat dan geranil asetat (Sastrohamidjojo, 2004).

Tahapan isolasi sitronelal dilakukan sebelum isolasi rhodinol. Isolasi sitronelal dapat dilakukan menggunakan destilasi fraksinasi pengurangan tekanan (Iftitah, 2011; Sayekti *et al.*, 2013) atau menggunakan natrium bisulfit dan natrium karbonat (Rohmawati, 2011). Sitronelal memiliki nama lain 3,7-dimetil-6-oktenal.

Sitronelol (3,7-dimetil-6-oktenol) dan geraniol (3,7-dimetil-2,6-oktadienol) dalam rhodinol sukar dipisahkan karena masing-masing memiliki titik didih yang sangat berdekatan (titik didih sitronelol = 225-226 °C; geraniol = 229-230 °C) (O'Neil *et al.*, 2001). Isolasi rhodinol dari minyak sereh Jawa telah dilakukan oleh Sayekti *et al.* (2013) menggunakan destilasi fraksinasi pengurangan tekanan. Persen area rhodinol yang diperoleh sebesar 68,55 %. Rhodinol tersebut lalu dipisahkan menggunakan kromatografi kolom tekan (KKT) dengan pelarut bergradien toluen : etil asetat (toluen 100 % dan toluen : etil asetat = 12:0,1; 12:0,5; 12:0,7). Berdasarkan analisis GC-MS diperoleh rhodinol 100% dengan persentase sitronelol 42,98 % dan geraniol 57,02 %. Meskipun hasil isolasi rhodinol yang diperoleh relatif murni, akan tetapi sitronelol dan geraniol selalu ada di dalam campuran rhodinol. Sitronelol pada umumnya diperoleh dengan reaksi reduksi sitronelal menjadi sitronelol daripada mengisolasi sitronelol dari campuran rhodinol. Reaksi reduksi sitronelal menjadi sitronelol menggunakan NaBH_4 telah dilakukan oleh Sayekti (2002) dan Cahyaningrum, (2002). Menurut Zeynizadeh *and* Setamdideh (2005), reduksi sitronelal menjadi sitronelol dapat dilakukan dengan menggunakan perbandingan mol NaBH_4 : sitronelal = 0,5 : 1 di dalam pelarut air.

Selain sitronelal direduksi menjadi sitronelol, sitronelal telah banyak dikonversi menjadi senyawa turunannya melalui beberapa reaksi kimia. Adisi sitronelal telah dilakukan oleh Rohmawati (2011) melalui reaksi epoksidasi, hidroksilasi dan hidrogenasi. Telah dilakukan juga reaksi adisi nukleofilik sianida terhadap gugus karbonil pada sitronelal. Reaksi dilakukan dengan mereaksikan sitronelal, kalium sianida (KCN) dan natrium bisulfit (NaHSO_3) dalam pelarut air pada temperatur 0 °C. Berdasarkan analisis

menggunakan IR, $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ disimpulkan bahwa reaksi menghasilkan sitronelil sianohidrin (Muttaqin *et al.*, 2013). Iftitah (2012) juga telah melakukan reaksi siklisasi sitronelal menjadi isopulegol dan melanjutkan reaksi hidrogenasi isopulegol menjadi mentol dengan menggunakan katalis berbasis $\text{ZnBr}_2/\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan $\text{Ni/Ni}/\text{-Al}_2\text{O}_3$. Reaksi siklisasi katalitik terhadap sitronelal juga telah dilakukan oleh Santiara *et al.* (2014) menggunakan $\text{Cu/ZnBr}_2/\text{-Al}_2\text{O}_3$ menghasilkan isopulegol.

Reaksi substitusi gugus $-\text{OH}$ pada isopulegol dengan menggunakan ion klorida dan ion bromida menggunakan logam natrium, tionil klorida dan fosfortribromida telah dilakukan oleh Priatmoko (2004). Isopulegol yang digunakan diperoleh dari hasil siklisasi sitronelal. Reaksi substitusi menghasilkan senyawa isopulegil klorida (1-kloro-2-isoprenil-5-metilsikloheksana) dan isopulegil bromida (1-bromo-2-isoprenil-5-metilsikloheksana). Tidak dilaporkan berapa banyak alkil halida yang terbentuk dan randemennya.

Reaksi alkohol selain menggunakan tionil klorida dan fosfortribromida, juga dapat menggunakan hidrogen halida (HCl , HBr , dan HI) menghasilkan alkil halida berupa alkil klorida, alkil bromida dan alkil iodida (Hart, 1983). Karena ion halida merupakan nukleofilik yang baik, produk yang dihasilkan merupakan produk substitusi, bukan produk dehidrasi. Alkil halida juga dapat dihasilkan melalui reaksi alkohol dengan ammonium halida, contohnya ammonium klorida (NH_4Cl) dan ammonium bromida (NH_4Br). Senyawa n-butanol direaksikan dengan NH_4Cl dan NH_4Br serta asam sulfat (H_2SO_4) dengan pemanasan menghasilkan suatu alkil halida yaitu butil klorida dan butil bromida. Reaksi bersaing terjadi antara ion klorida dan ion bromida untuk menghasilkan produk alkil halida (Pavia *et al.*, 2007).

Sepanjang penelusuran literatur, belum pernah dilakukan reaksi substitusi gugus hidroksi ($-\text{OH}$) pada sitronelol dengan klorida ($-\text{Cl}$) sehingga dihasilkan suatu senyawa alkil halida. Adanya substituen ion halida tersebut menyebabkan alkil halida bersifat reaktif, karena ion halida pada alkil halida adalah gugus pergi yang lebih baik dibandingkan dengan gugus $-\text{OH}$ pada sitronelol. Dengan demikian senyawa alkil halida tersebut diharapkan lebih mudah dikonversi menjadi senyawa lain. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari reaksi substitusi gugus $-\text{OH}$ pada sitronelol dengan $-\text{Cl}$ menggunakan campuran NH_4Cl dan H_2SO_4 . Penggunaan campuran NH_4Cl dan H_2SO_4 sebagai pereaksi diharapkan memiliki rintangan sterik yang lebih kecil dibandingkan dengan tionil klorida dan fosfortribromida, sehingga reaksi lebih mudah berlangsung. Tahapan reaksi yang dilakukan adalah, 1) Reaksi reduksi sitronelal menjadi sitronelol dengan

menggunakan pereaksi NaBH_4 , 2) Reaksi substitusi $-\text{OH}$ pada sitronelol hasil reduksi dengan klorida ($-\text{Cl}$) menggunakan campuran NH_4Cl dan H_2SO_4 dengan melakukan variasi perbandingan mol sitronelol dengan NH_4Cl .

METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan diantaranya adalah alat-alat gelas, seperangkat alat destilasi fraksinasi pengurangan tekanan, satu set alat refluks, neraca analitik, alat-alat gelas laboratorium, Spektrofotometer Inframerah (IR) SHIMADZU PRESTIGE 21 dan Kromatografi Gas- Spektrometer Massa (GC-MS) QP2010S SHIMADZU.

Bahan-bahan yang digunakan adalah minyak sereh perdagangan yang diperoleh dari Toko Sari Warna Yogyakarta. Akuades, Bahan-bahan kimia dengan kualitas pro analisis (Merck) yaitu etanol, dietil eter, H_2SO_4 pekat, Na_2SO_4 anhidrat, NaBH_4 , Na_2CO_3 , NH_4Cl .

Isolasi Sitronelal dari Minyak Sereh (Sayekti, 2013)

Isolasi sitronelal dari minyak sereh dilakukan dengan cara destilasi fraksinasi pengurangan tekanan. Terlebih dahulu labu alas bulat leher satu ukuran 1 liter yang dilengkapi dengan pengaduk magnet diisi minyak sereh sebanyak 500 mL, lalu selanjutnya alat destilasi dirangkai. Tekanan yang digunakan pada destilasi ini diatur pada 40 mmHg, lalu perlahan labu dipanaskan dengan *hotplate*. Suhu yang digunakan adalah 0 - 140 °C. (Suhu pemanasan tergantung tekanan yang digunakan). Destilat ditampung dalam beberapa fraksi dengan mengamati perubahan suhu. Destilat yang menetes pertama kali disebut sebagai fraksi ke-1 (F1). Pada saat F1 menetes, suhu akan naik sampai rentang tertentu, sampai akhirnya suhu turun yang berarti F1 sudah habis. Labu jantung F1 diputar, lalu labu jantung berikutnya digunakan untuk menampung destilat ke-2 (F2) dan ke-3 (F3). Pada saat suhu naik lagi, maka destilat F2 akan menetes, lalu dicatat rentang suhunya. Begitu seterusnya dilanjutnya hingga F3. Suhu yang teramati setiap fraksi akan berbeda dengan penggunaan tekanan yang berbeda. Destilat kemudian diukur indeks bias dan massa jenisnya. Kemudian dianalisis dengan spektrofotometer IR dan GC-MS.

Reaksi reduksi sitronelal menjadi sitronelol (Cahyaningrum, 2002)

Ke dalam labu alas bulat berkapasitas 300 mL dimasukkan NaBH_4 sebanyak 4 gram (0,10 mol) yang telah dilarutkan ke dalam 40 mL akuades. Kemudian ditambahkan

45,06 gram (0,20 mol) sitronelal (dari F2) dalam 50 mL etanol. Labu dirangkai dengan pendingin refluks. Campuran direfluks selama 30 menit di atas penangas air, kemudian ditambah dengan 40 mL NaOH 10 % dan direfluks kembali selama 15 menit. Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam corong pisah yang berisi 250 mL air. Kemudian lapisan organik diambil dan dikeringkan dengan Na₂SO₄ anhidrat dan hasilnya dianalisis dengan spektrofotometer IR dan GC-MS.

Reaksi substitusi sitronelol dengan campuran pereaksi NH₄Cl dan H₂SO₄

Sebanyak 2,5 gram es dari akuades ditambahkan dengan H₂SO₄ pekat sebanyak 2 mL. Kemudian ke dalamnya ditambahkan 0,267 gram (0,005 mol) NH₄Cl. Campuran dimasukkan ke dalam labu alas bulat leher 3. Selanjutnya ke dalam campuran ditambahkan sitronelol hasil reduksi sebanyak 0,9629 gram (0,005 mol). Direfluks pada suhu 80 °C. Reaksi dipantau dengan menggunakan kromatografi lapis tipis.

Campuran kemudian didinginkan. Setelah dingin lapisan air dipisahkan. Kemudian campuran dinetralkan dengan NaHCO₃ 10 % . Setelah itu dikeringkan dengan Na₂SO₄ anhidrat. Dengan cara yang sama dilakukan variasi reagen NH₄Cl 0,01 mol dan 0,015 mol. Senyawa yang dihasilkan dilakukan analisis menggunakan IR dan GC-MS.

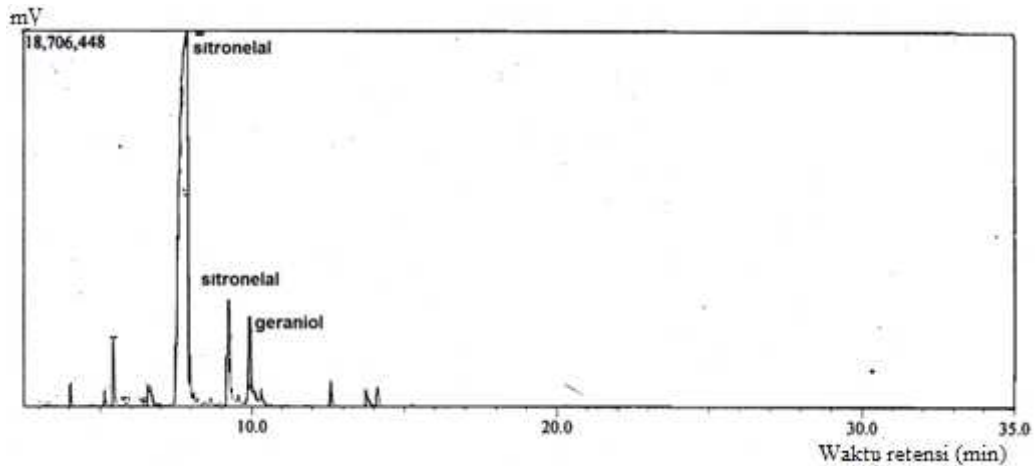
PEMBAHASAN

Isolasi Sitronelal dari Minyak Sereh

Analisis GC-MS hasil destilasi pengurangan tekanan dari minyak sereh pada tekanan 40 mmHg diperoleh 3 fraksi yaitu fraksi kesatu, kedua dan ketiga (F1, F2, F3) (Sayekti *et al.*, 2013). Berdasarkan hasil tersebut, maka fraksi yang digunakan untuk reaksi berikutnya adalah fraksi kedua (F2) yang keluar pada temperatur 102 - 119 °C, volume 280 mL, dengan indek bias 1,4500; massa jenis 0,8339 g/mL.

Hasil analisis IR terhadap F2 menunjukkan serapan yang khas dan kuat pada bilangan gelombang 1728,22 cm⁻¹ (vibrasi rentangan C=O) dan 2715,77 cm⁻¹ (vibrasi C-H), yang merupakan vibrasi khas pada senyawa aldehyd (sitronelal). Serapan pada 3433,29 cm⁻¹ (O-H alkohol) disebabkan karena fraksi kedua masih mengandung senyawa sitronelol dan geraniol.

Berdasarkan hasil analisis GC-MS F2, puncak kromatogram ke-8 adalah sitronelal dengan persen area sebesar 72,09 %. Spektra massa (SI = 96) menunjukkan m/z pada 154 (M⁺) ; 139 (M⁺-15) ; 121 (M⁺-33) ; 95 (M⁺-59) ; 69 (M⁺-85) ; 41 (M⁺-113).



Gambar 1. Kromatogram GC-MS F2.

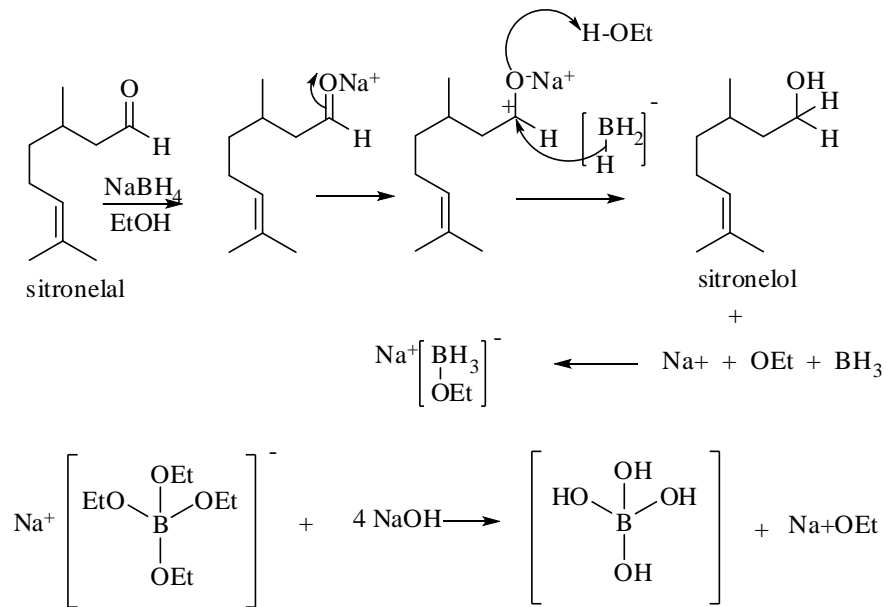
Ringkasan hasil analisis GC-MS F2 tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis GC-MS F2

Puncak ke	Waktu retensi	Senyawa	% Area
8	7,869	sitronelal	72,09
13	9,236	sitronelol	7,50
15	9,953	geraniol	7,37

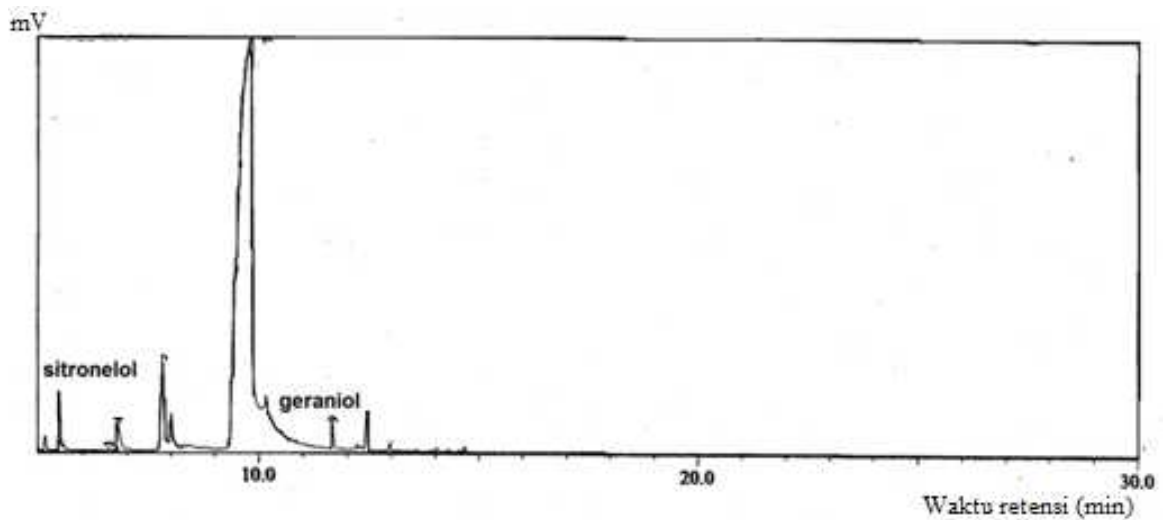
Reaksi Reduksi Sitronelal Menjadi Sitronelol

Fraksi kedua (F2) dilanjutkan untuk reaksi reduksi. Dalam penelitian ini, reaksi reduksi dilakukan dengan mengulang prosedur yang telah dilakukan oleh Cahyaningrum (2002). Natrium borohidrida (NaBH_4) digunakan sebagai zat pereduksi karena NaBH_4 dapat mereduksi aldehyd dengan cepat dan tidak reaktif di dalam air sehingga reaksinya dapat dilakukan di dalam larutan berair atau alkohol berair sebagai pelarut. Reaksi reduksi yang terjadi tercantum pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme Reaksi Reduksi Sitronelal (Loundon, 1995).

Hasil analisis IR terhadap hasil reaksi reduksi menunjukkan bahwa senyawa karbonil pada F2 telah tereduksi. Hal ini ditunjukkan dengan tidak munculnya bilangan gelombang $1728,22 \text{ cm}^{-1}$ (vibrasi rentangan $\text{C}=\text{O}$) dan menguatnya serapan pada bilangan gelombang $3356,14 \text{ cm}^{-1}$ (O-H alkohol).



Gambar 3. Kromatogram GC-MS senyawa hasil reduksi.

Ringkasan hasil analisis GC-MS hasil reduksi tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis GC-MS hasil reaksi reduksi

Puncak ke	Waktu retensi	Senyawa	% Area
2	5,496	Sitronelal	1,75
7	9,820	sitronelol	81,10
9	11,663	Geraniol	0,67

Analisis menggunakan spektrofotometer GC-MS dilakukan terhadap senyawa hasil reduksi. Berdasarkan kromatogram GC-MS (Gambar 3), terlihat bahwa senyawa pada puncak ke-7 adalah senyawa dominan dengan persen area sebesar 81,10 %, yaitu sitronelol. Spektra massa ($SI = 97$) menunjukkan $m/z = 156 (M^+)$; $138 (M^+-18)$; $123 (M^+-33)$; $109 (M^+-47)$; $95 (M^+-61)$; $81 (M^+-75)$; $69 (M^+-87)$; $41 (M^+-115)$.

Reaksi Substitusi Sitronelol Menggunakan Pereaksi Campuran NH_4Cl dan H_2SO_4

Reaksi substitusi dilakukan terhadap sitronelol hasil reduksi. Tidak dilakukan pemurnian terlebih dahulu terhadap sitronelol hasil reduksi. Oleh sebab itu, hasil reduksi selain sitronelol juga masih mengandung geraniol dalam campurannya meskipun jumlahnya relatif sedikit dibandingkan sitronelol (Tabel 3).

Spektrum IR terhadap hasil reaksi substitusi menunjukkan adanya bilangan gelombang 763 cm^{-1} (vibrasi rentangan C-Cl). Munculnya serapan pada bilangan gelombang $3332,99\text{ cm}^{-1}$ (O-H alkohol), disebabkan masih terdapat geraniol pada campuran hasil reduksi.

Hasil reaksi substitusi dianalisis juga menggunakan spektrofotometer GC-MS. Data analisis GC-MS hasil reaksi substitusi disajikan pada Tabel 3.

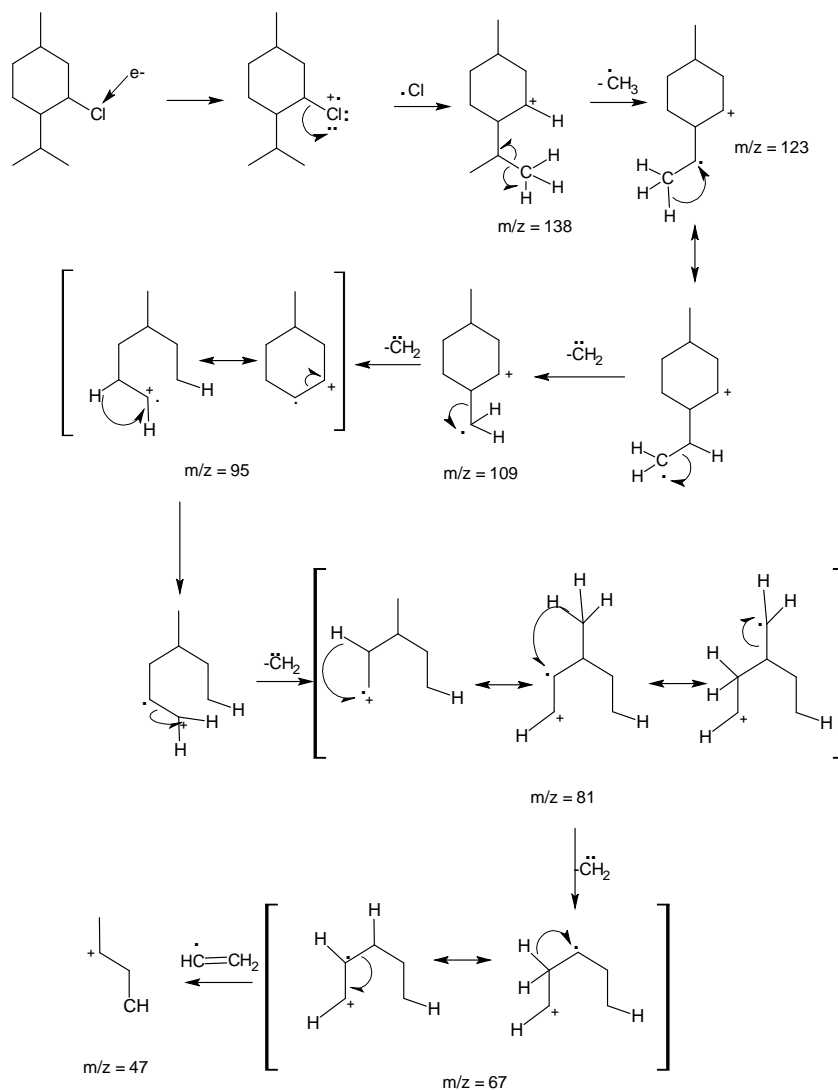
Tabel 3. Data analisis GC-MS hasil reaksi substitusi

Mol sitronelol : NH_4Cl	Sitronelol	% Area	2-isopropil-5-metil-1- klorosikloheksana	% Area
1 : 1	Tidak ada	-	Tidak ada	-
1 : 2	Ada	1,30	Tidak ada	-
1 : 3	Ada	33,28	Tidak ada	-
1 : 4	Tidak ada	-	Ada	25,03

Berdasarkan data pada Tabel 4, diketahui bahwa gugus $-OH$ pada sitronelol tersubstitusi oleh gugus $-Cl$ membentuk senyawa siklis 2-isopropil-5-metil-1-klorosikloheksana. Hal ini diperkuat dengan spektra massa yang menunjukkan $m/z = 138 (M^+-35)$, $123 (M^+-50)$, $109 (M^+-64)$, $95 (M^+-78)$, $81 (M^+-92)$, $67 (M^+-106)$, $55 (M^+-118)$,

47($M^+ - 126$). Tidak diperoleh data *library* yang menunjukkan indeks kemiripan tinggi ($SI < 90$). Akan tetapi dari data MS dapat ditunjukkan fragmentasinya pada Gambar 4.

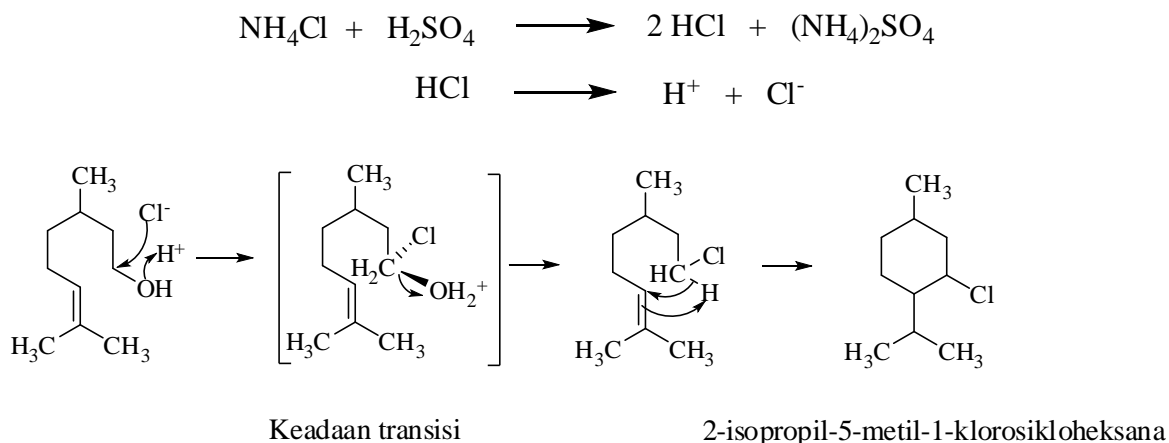
Senyawa 2-isopropil-5-metil-1-klorosikloheksana diprediksi dihasilkan melalui mekanisme reaksi pada Gambar 5. Pada awalnya NH_4Cl yang direaksikan dengan H_2SO_4 akan menghasilkan asam klorida (HCl) dan ammonium sulfat $(NH_4)_2SO_4$ dimana HCl . Ion klorida dari asam klorida inilah yang berperan sebagai substituen dalam reaksi selanjutnya.



Gambar 4. Fragmentasi senyawa 2-isopropil-5-metil-1-klorosikloheksana.

Pasangan elektron bebas pada atom O hidroksil menyerang H^+ yang berasal dari asam klorida (Gambar 5), sehingga gugus $-OH$ pada sitronelol terprotonkan membentuk $-OH_2^+$ sebagai gugus pergi yang lebih baik dibandingkan gugus $-OH$. Mekanisme yang mungkin terjadi adalah melalui mekanisme reaksi S_N2 , karena sitronelol termasuk alkohol primer. Pada waktu yang sama nukleofil ($-Cl^-$) juga terikat secara parsial pada atom karbon

tempat terjadinya substitusi (Hart, 1983). Oleh karena elektronegatifitas atom Cl tinggi, maka Cl bermuatan parsial negatif dan hidrogen yang terikat pada karbon yang sama menjadi parsial positif, hal ini memungkinkan lepasnya hidrogen tersebut yang kemudian diserang oleh elektron pada ikatan rangkap karbon-karbon sehingga terjadi siklisasi.



Gambar 5. Prediksi mekanisme reaksi pembentukan 2-isopropil-5-metil-1-klorosikloheksana.

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa hanya pada reaksi sitronelol : NH_4Cl (1:4) terjadi substitusi, dimana gugus $-\text{OH}$ digantikan oleh Cl. Reaksi substitusi menghasilkan senyawa 2-isopropil-5-metil-1-klorosikloheksana dengan persen area 25,03 % dan randemen 64,4958 %. Perhitungan randemen dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Berat senyawa} = \text{Berat senyawa real} \times \% \text{ area}$$

$$= (1,780 \text{ gr}) \times \frac{25,03}{100}$$

$$= 0,445 \text{ gr}$$

$$\text{Massa senyawa teoritis} = 0,005 \text{ mol} \times 138 \text{ gr/mol} = 0,690 \text{ gr}$$

$$\text{Randemen} = \frac{0,445}{0,690} \times 100 \% = 64,49 \%$$

Pada rasio sitronelol : NH_4Cl berturut-turut (1:1), (1:2) dan (1:3) produk substitusi tidak terjadi. Hal ini disebabkan kondisi reaksi yang kurang optimal, yang dimungkinkan karena rasio sitronelol : NH_4Cl yang tidak sesuai. Meskipun hasilnya tidak murni dengan randemen yang rendah, reaksi substitusi ini dapat digunakan sebagai awal sintesis alkil halida dari sitronelol.

Dalam penelitian ini, terhadap hasil reaksi reduksi maupun substitusi hanya dilakukan analisis menggunakan IR dan GC-MS, tidak dilengkapi analisis menggunakan $^1\text{H-NMR}$ maupun $^{12}\text{C-NMR}$ mengingat produk yang dihasilkan tidak mencukupi untuk analisis selanjutnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan bahwa reaksi substitusi gugus $-\text{OH}$ pada sitronelol dengan $-\text{Cl}$ menggunakan campuran NH_4Cl dan H_2SO_4 dengan perbandingan mol sitronelol : NH_4Cl = 1:4 menghasilkan senyawa 2-isopropil-5-metil-1-klorosikloheksana dengan persen area 25,03 %, rendemen 64,49 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyaningrum, H., 2002, *Esterifikasi Sironellol dari Minyak Sereh dengan Asam Isovalerat dan Isovaleril Klorida*, Skripsi, FMIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hart, H., 1983, *Kimia Organik*, edisi 6, Penerjemah: Suminar Achmadi, Erlangga, Jakarta.
- Iftitah, E.D., 2011, *Kajian Reaksi Siklisasi dan Hidrogenasi (R)-(+)-Sitronelal Menggunakan Katalis Berbasis $\text{ZnBr}_2/\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan $\text{Ni}/\text{-Al}_2\text{O}_3$* , Disertasi, Program Studi S-3 Ilmu Kimia, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Muttaqin A., Sayekti E., Destiarti L., 2013, Identifikasi Hasil Reaksi Adisi Nukleofilik Sianida pada Gugus Karbonil Sitronelal Menggunakan Pereaksi Kalium Sianida, *Jurnal Kimia Katulistiwa*, Universitas Tanjungpura, Pontianak, vol. 2, no. 1, pp. 38-41.
- O'Neil, M.J., Ann, S. and Patridda, E.H., 2001, *The Merck Index : an Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*, Edisi Ketiga, Penerjemah : Susan Budavari, MERCK CO. Inc., New Jersey.
- Pavia, D.L, Lampman, G.M., Kriz, G.S., and Engel, R.G., 2007, *Introduction to Organic Laboratory Technique: A Microscale Approach*, USA.
- Priatmoko, 2004, Reaksi Isopulegol Hasil Siklisasi Sitronelal dengan Logam Natrium, Tionil Klorida dan Fosfortribromida, *Berkala Ilmiah MIPA*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, vol. 14, no. 1, pp. 49-62.
- Rohmawati, D., 2011, *Studi Epoksidasi, Hidroksilasi dan hidrogenasi Terhadap Sitronelal*, Tesis, Program Studi S-2 Ilmu Kimia, FMIPA UGM, Yogyakarta.

- Santiara D., Iftitah E.D., Purwonegoro D., 2014, Reaksi Katalitik terhadap Sitronelal Menggunakan Katalis $\text{Cu/ZnBr}_2/\text{-Al}_2\text{O}_3$, *Kimia Student Journal*, Universitas Brawijaya, Malang, vol. 1, no. 2, pp. 215-219.
- Sastrohamidjojo, H., 2004, *Kimia Minyak Atsiri*, Cetakan pertama, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Sayekti E., 2002, *Konversi Ionon menjadi Ionol dan Ionil Asetat Melalui Reaksi Reduksi dan Esterifikasi*, Tesis, Program Studi S-2 Ilmu Kimia, FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sayekti, E., Sapar, A., Fitriyanti, Zaharah, T.A., 2013, Isolasi rhodinol dari minyak sereh Jawa menggunakan metode Kromatografi kolom tekan, *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, Lampung, pp. 131-135.
- Zeynizadeh, B., dan Setamdideh, D., 2005, Water as a Green Solvent for Fast and Efficient Reduction of Carbonyl Compounds with NaBH_4 under Microwave Irradiation, *Journal of the Chinese Chemical Society*, vol. 52, pp. 1179-1184.