



UJI AKTIVITAS KATALIS Zn^{2+} -ZEOLIT BETA PADA REAKSI SIKLISASI-ASETILASI R-(+)-SITRONELAL MENJADI ISOPULEGIL ASETAT

Ardi Hermawan*), Edy Cahyono dan Supartono

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Agustus 2013
Disetujui Agustus 2013
Dipublikasikan November 2013

Kata kunci:
R-(+)-sitronelal
 Zn^{2+} -zeolit beta
isopulegил aсетat

Abstrak

R-(+)-sitronelal merupakan senyawa monoterpen yang terdapat dalam minyak sereh yang dapat direaksikan menjadi isopulegил aсетat. Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh temperatur dan waktu reaksi terhadap persen relatif produk hasil reaksi siklisasi-asetilasi R-(+)-sitronelal terkatalisis Zn^{2+} -zeolit beta menjadi isopulegил aсетat untuk mengetahui aktivitas dan selektivitas katalis terhadap reaksi siklisasi-asetilasi tersebut. R-(+)-sitronelal diisolasi menggunakan destilasi fraksinasi pengurangan tekanan dan dianalisis menggunakan GC dan FT-IR. Katalis Zn^{2+} -zeolit beta diperoleh dari hasil pertukaran ion H-zeolit beta dengan larutan $ZnCl_2$ 0,1 N. Karakterisasi katalis dilakukan dengan instrumen XRD dan BET. R-(+)-sitronelal direaksikan dengan anhidrida asam aсетat dengan katalis Zn^{2+} -zeolit beta pada variasi suhu 29°C dan 80°C. Selama reaksi berlangsung, hasil reaksi diambil 1 mL sampel pada waktu reaksi 6, 12, 18 dan 24 jam. Produk yang dihasilkan dianalisis dengan GC, FT-IR dan GC-MS. Uji aktivitas katalis Zn^{2+} -zeolit beta pada reaksi siklisasi-asetilasi R-(+)-sitronelal dengan menghasilkan produk dominan IPA dan NIPA. Produk reaksi bertambah dengan bertambahnya temperatur dan waktu reaksi. Aktivitas terbaik dihasilkan pada suhu 80°C dan waktu reaksi 24 jam sebesar 91,99%. Katalis Zn^{2+} -zeolit beta memiliki selektivitas yang cukup tinggi terhadap produk IPA dengan perbandingan persentase produk IPA dan NIPA sebesar 2,16 : 1.

Abstract

R-(+)-citronellal is a monoterpen compound found in lemongrass oil can be reacted into isopulegил acetate. Has done research on the effect of temperature and reaction time on percent relative products of the reaction cyclization-acetylation citronellal catalyzed Zn^{2+} -zeolite beta being isopulegил acetate to know the activity and selectivity of the catalyst for the acetylation reaction-cyclization them. R-(+)-citronellal isolated using fractional distillation under reduced pressure and analyzed by GC and FT-IR. Catalysts Zn^{2+} -zeolite beta obtained from ion exchange of H-beta zeolite with 0.1 N solution of $ZnCl_2$. Characterization of the catalyst made with instruments XRD and BET. R-(+)-citronellal reacted with acetic acid anhydride with a catalytic Zn^{2+} -zeolite beta on temperature variations 29°C and 80°C. During the reaction, the reaction of 1 mL samples were taken at the time of reaction 6, 12, 18 and 24 hours. The resulting product was analyzed by GC, FT-IR and GC-MS. Test activity Zn^{2+} -zeolite catalyst beta-acetylation cyclization reaction R-(+)-citronellal to produce dominant IPA and NIPA. The reaction products increases with increasing temperature and reaction time. The best activity is produced at a temperature of 80°C and reaction time 24 hours at 91.99%. Catalysts Zn^{2+} -zeolite beta has a high selectivity to products with a ratio percentage IPA product and NIPA at 2.16: 1.

© 2013 Universitas Negeri Semarang

Pendahuluan

Indonesia termasuk penghasil minyak atsiri yang juga merupakan komoditi yang menghasilkan devisa negara. Oleh karena itu pada tahun-tahun terakhir ini, minyak atsiri mendapat perhatian yang cukup besar dari pemerintah Indonesia. Sampai saat ini Indonesia baru menghasilkan sembilan jenis minyak atsiri yaitu: minyak cengkeh, minyak kenanga, minyak nilam, minyak akar wangi, minyak pala, minyak kayu putih dan minyak serih wangi. Dari sembilan jenis minyak atsiri ini terdapat empat jenis minyak yang paling menonjol di Indonesia yaitu: minyak pala, minyak nilam, minyak cengkeh dan minyak serih wangi.

Minyak serih wangi dihasilkan dengan cara menyuling daun serih yang mengandung kurang dari 0,5-1,2% minyak. Minyak serih wangi memiliki komponen kimia yang cukup kompleks, namun komponen yang terpenting adalah sitronelal dan geraniol. Kedua komponen tersebut menentukan intensitas bau, harum, serta nilai harga minyak serih wangi. Kadar komponen kimia penyusun utama minyak serih wangi tidak tetap, dan tergantung pada beberapa faktor. Biasanya jika kadar geraniol tinggi maka kadar sitronelal juga tinggi (Harris; 1987).

Sitronelal memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan penting dalam dunia industri. Sumber utama minyak tersebut adalah minyak serih. Hingga tahun 2005, Indonesia merupakan negara penyuplai hampir 40% dari kebutuhan citronella oil untuk kepentingan beberapa industri (Anonim; 2009).

Sitronelal merupakan senyawa mono-terpen yang dapat mengalami reaksi kimia yaitu reaksi siklisasi dan penataan ulang dengan katalis homogen maupun katalis heterogen. Isopulegil asetat adalah senyawa *fragrance* dan perisa yang dapat disintesis melalui satu tahap yaitu reaksi siklisasi-asetilasi sitronelal menjadi isopulegil asetat, atau dua tahap meliputi reaksi siklisasi sitronelal menjadi isopulegol dan asetilasi isopulegol menjadi isopulegil asetat (Cahyono *et al.*; 2010).

Katalis heterogen menjadi alternatif dimana katalis heterogen spesifik dilaporkan banyak memberikan keuntungan terutama kepraktisan pemisahan produk dan katalis dapat digunakan berulang kali karena mudah diregenerasi sehingga lebih ramah lingkungan. Katalis padat berbasis mineral silika-alumina

seperti zeolit dan lempung banyak dilaporkan berpotensi sebagai katalis heterogen untuk reaksi ini (Fuentes *et al.*; 1998).

Karakteristik stabilitas dan keasaman permukaan material merupakan hal penting dalam mekanisme reaksi. Untuk peningkatan aktivitas dan selektivitas dalam reaksi, modifikasi material oleh logam atau oksida logam sangat dimungkinkan. Hal ini mendorong pengembangan katalis heterogen guna mendukung pengembangan industri konversi citronella oil di Indonesia yakni upaya sintesis dan pengujian katalis heterogen bersumber pada potensi lokal. Salah satu yang menjadi kajian menarik dalam hal ini adalah penggunaan zeolit beta yang merupakan zeolit sintetik yang dimodifikasi dengan katalis oksida logam spesifik untuk reaksi pada (R)-(+)-sitronelal dengan anhidrida asam asetat menggunakan katalis Zn^{2+} -Zeolit beta menjadi isopulegil asetat.

Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: seperangkat alat distilasi fraksinasi pengurangan tekanan, pompa vakum, seperangkat alat refluks, *vacuum evaporator* buchii, alat-alat gelas, BET, XRD, FT-IR, kromatografi gas (GC) Hewlett Packard 5890 Series II, dan kromatografi Gas-Spektrometer Massa (GC-MS) Shimadzu QP 5000.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak serih, H-zeolit beta (Tosoh, zeolite 940 NHA), $ZnCl_2$, anhidrida asam asetat, n-heksana, $AgNO_3$ dengan *grade pro analysis* buatan Merck, aquades, dan gas N_2 (PT. Samator).

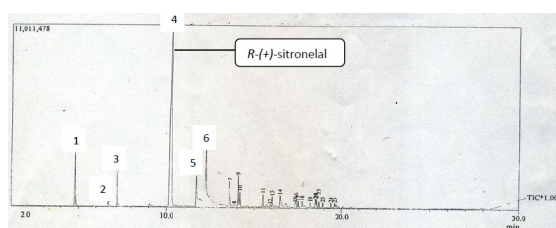
Minyak serih dianalisis menggunakan GC-MS, kemudian minyak serih 300 mL dimasukkan dalam labu alas bulat (500 mL) yang dilengkapi dengan alat destilasi yaitu kolom fraksinasi, pendingin *liebig*, labu jantung dan termometer. Distilasi fraksinasi pengurangan tekanan mulai dipanaskan hingga fraksi-fraksi dipisahkan berdasarkan titik didihnya pada tekanan rendah. Destilat-destilat dipisahkan antara satu dengan yang lainnya berdasarkan temperatur kesetimbangan *liquid-vapour* dan fraksi 2 yang diduga mengandung paling banyak sitronelalnya dianalisis dengan kromatografi gas untuk mengetahui kandungan sitronelalnya. Fraksi sitronelal yang masih tercampur dengan komponen yang lain didestilasi ulang. Hasilnya diidentifikasi dengan kromatografi gas (GC) dan FT-IR.

Metode yang digunakan adalah penukaran ion. Sebanyak 4 gram zeolit beta direndam dalam 25 mL $ZnCl_2$ 0,1 N selama 24 jam pada sambil diaduk dengan menggunakan *stirrer*. Kemudian campuran disaring menggunakan *vacuum rotavapor* dan dicuci dengan aquades. Setelah itu filtrat dideteksi dengan larutan $AgNO_3$ hingga bebas Cl^- . Residu dikalsinasi pada suhu $400^\circ C$ selama 3 jam. Hasilnya dikarakterisasi menggunakan XRD dan BET.

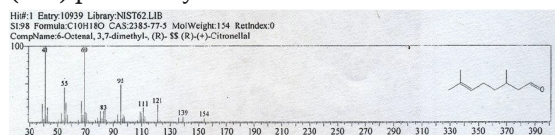
Katalis Zn^{2+} -beta dan anhidrida asam asetat dimasukkan dalam labu leher tiga dilengkapi termometer, pendingin balik dan *magnetic stirrer*. Kemudian ditambah sitronelal tetes demi tetes dengan perbandingan mol 1:6:12. Direaksikan dengan variasi waktu yaitu $29^\circ C$ dan $80^\circ C$, selama 24 jam. Selama reaksi berlangsung diambil sampel masing-masing sebanyak 1 mL setelah 6, 12, 18 dan 24 jam, kemudian ditambahkan 9 mL campuran n-heksana-air (1:2) dan dipisahkan dengan *centrifuge*. Fraksi organik dipisahkan dan dianalisis. Analisis struktur produk reaksi dilakukan dengan GC, GC-MS dan FT-IR.

Hasil dan Pembahasan

Isolasi R-(+)-sitronelal dari minyak serih dilakukan dengan cara distilasi fraksinasi pengurangan tekanan. Minyak serih sebanyak 500 mL diisolasi dan dipisahkan menjadi tiga fraksi. Pada perlakuan awal sebelum diisolasi, minyak serih mendapat perlakuan GC-MS dan mendapatkan konsentrasi sitronelal sebesar 56,97% pada waktu retensi 10,271. Kromatogram hasil GC-MS dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Kromatogram kromatografi gas (GC) pada minyak serih

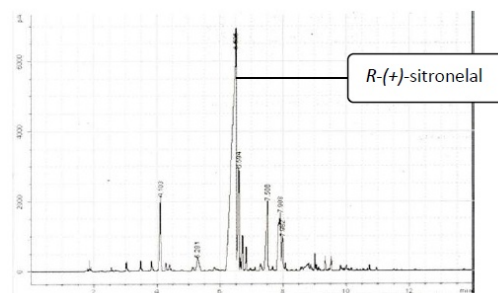


Gambar 2. Spektrum massa R-(+)-sitronelal dalam minyak serih

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari minyak serih merupakan sebagai acuan untuk melakukan isolasi R-(+)-sitronelal dari minyak serih. Setelah diisolasi, R-(+)-sitronelal diidentifikasi menggunakan GC untuk mengetahui

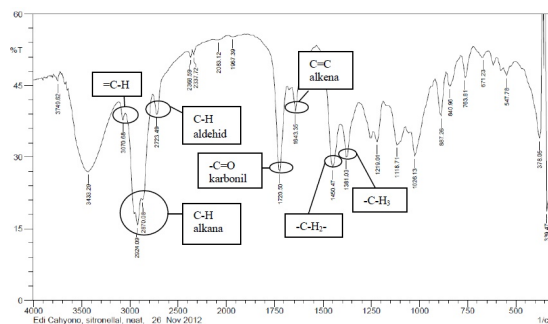
konsentrasi dan FTIR untuk mengetahui spektrum dari gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam R-(+)-sitronelal.

Hasil R-(+)-sitronelal yang diperoleh dari minyak serih setelah dianalisis menggunakan GC didapatkan konsentrasi sebesar 64,03% pada waktu retensi 6,505. Rendahnya konsentrasi disebabkan karena banyaknya senyawa yang ikut terisolasi pada fraksi dua. Kromatogram GC dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kromatogram hasil GC dari hasil isolasi dari minyak serih

Hasil isolasi R-(+)-sitronelal juga dianalisis menggunakan FT-IR untuk mengetahui spektrum dari masing-masing gugus fungsi yang terdapat dalam R-(+)-sitronelal. Gugus pada sitronelal yang menjadi target yang terdapat di dalam sampel meliputi =C-H, C-H alkana, C-H aldehyd, C=O karbonil, C=C alkana, $-CH_2-$, dan $-CH_3$. Spektra FT-IR dari hasil isolasi (R)-(+)-sitronelal dari minyak serih pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektrum FT-IR hasil isolasi R-(+)-sitronelal dari minyak serih

Dari data spektrum FT-IR di atas dapat dilihat adanya pita serapan yang menunjukkan vibrasi ulur dari gugus-gugus yang terdapat dalam R-(+)-sitronelal. Data lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bilangan gelombang gugus fungsi R-(+)-sitronelal dalam sampel

Gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})
=C-H	3070,68
C-H alkana	2924,09 dan 2870,08
C-H aldehyd	2723,49
C=O karbonil	1720,50
C=C alkana	1643,35
$-CH_2-$	1450,47
$-CH_3-$	1381,03

Berdasarkan Gambar 4. terlihat adanya pita serapan yang menunjukkan adanya vibrasi ulur dari gugus yang terdapat dalam sitronelal sehingga didalam hasil isolasi tersebut mengandung sitronelal, data diperkuat dengan hasil identifikasi menggunakan GC.

Preparasi dan karakterisasi katalis dilakukan dengan pertukaran ion dengan larutan $ZnCl_2$ 0,1 M. Pada proses ini terjadi pertukaran ion H^+ dengan Zn^{2+} sehingga katalis akan menjadi Zn^{2+} -zeolit beta.

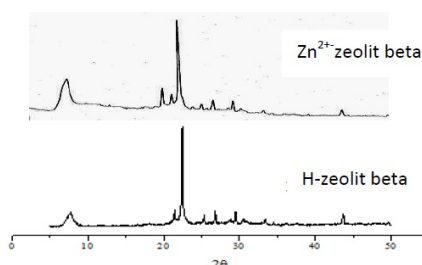
Sifat-sifat permukaan katalis, seperti luas permukaan, volume pori total dan rerata jejari pori didasarkan pada perhitungan adsorpsi gas nitrogen dengan metode BET. Data sifat-sifat permukaan katalis disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat-sifat permukaan H-zeolit beta dan Zn^{2+} -zeolit beta

Sampel	Parameter	Hasil Uji
H-zeolit beta	Luas permukaan spesifik (m^2/g)	156,777
	Volume total (cc/g)	0,015
	Rerata jejari total (Å)	302,826
Zn^{2+} -zeolit beta	Luas permukaan spesifik (m^2/g)	271,800
	Volume total (cc/g)	0,041
	Rerata jejari total (Å)	16,826

Proses pertukaran ion akan mengakibatkan terjadinya pengembangan ruang antar lembaran (jarak ruang antar basal) dan terbentuknya sistem pori yang baik. Hal ini menyebabkan pori pada permukaan H-zeolit beta semakin terbuka, akibatnya luas permukaan spesifik pada Zn^{2+} -zeolit beta meningkat. Peningkatan luas permukaan spesifik dari 156,777 (m^2/g) menjadi 271,8 (m^2/g) spesifik menyebabkan volume total pori juga meningkat dari 0,015 (cc/g) menjadi 0,041 (cc/g) dan rerata jejari total pori mengalami penurunan dari 302,826 Å menjadi 16,826 Å .

Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui fasa yang terbentuk pada sampel, dan derajat kristanilitas sampel. Difraktogram pola hasil uji XRD disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Difraktogram XRD Zn^{2+} -zeolit beta dan H-zeolit beta

Analisis dilakukan dengan mencocokkan atau membandingkan difraktogram hasil analisis XRD dengan data difraktogram JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards).

Pola difraksi dari H-zeolit beta dan Zn^{2+} -zeolit beta terlihat hampir sama menunjukkan tidak terjadinya perubahan struktur padatan secara signifikan yang diakibatkan oleh pertukaran ion namun dari gambar terlihat bahwa difraktogram menunjukkan selain terdapat puncak yang tajam, juga terjadi pelebaran puncak, dan penurunan intensitas relatif sudut 2θ . Sehingga, menunjukkan bahwa kristalinitas yang dihasilkan menurun atau lebih kecil sehingga membuktikan bahwa telah terjadi pertukaran ion pada proses tersebut.

Uji aktivitas katalis Zn^{2+} -zeolit beta pada reaksi siklisasi-asetilasi sitronelal dengan anhidrida asam asetat menjadi isopulegil asetat dilakukan dengan perbandingan mol antara katalis : sitronelal : anhidrida asam asetat adalah 1:6:12 dengan mengacu pada penelitian sebelumnya. Masing-masing hasil reaksi siklisasi-asetilasi pada variasi temperatur dan waktu di analisis dengan menggunakan GC untuk mengetahui pengaruh temperatur dan suhu terhadap persentase produk. Hasil dari GC dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase hasil siklisasi-asetilasi R-(+)-sitronelal dengan anhidrida asam asetat terkatalisis Zn^{2+} -zeolit beta

Senyawa	Temperatur	% Luas area GC pada waktu (t)			
		6 Jam	12 Jam	18 Jam	24 Jam
Sitronelal	29°C	56,87	56,86	56,05	55,64
	80°C	27,19	17,97	10,62	5,13
IPA	29°C	4,05	4,28	4,55	5,10
	80°C	26,38	33,41	38,26	42,78
NIPA	29°C	1,49	1,60	1,70	1,89
	80°C	10,83	14,43	17,37	19,83

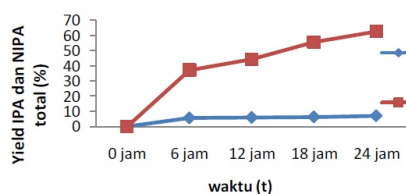
Adanya variasi temperatur ini dapat diketahui bahwa produk reaksi siklisasi-asetilasi dengan katalis Zn^{2+} -zeolit beta yaitu isopulegil asetat dan neoisopulegil asetat meningkat dengan bertambahnya waktu reaksi, dapat diketahui pula bahwa pada waktu reaksi 24 jam reaksi hampir berakhir ditunjukkan dengan masih adanya sisa sedikit R-(+)-sitronelal. Siklisasi-asetilasi R-(+)-sitronelal dengan katalis Zn^{2+} -zeolit beta pada temperatur 80°C dan waktu reaksi 24 jam memberikan aktivitas terbaik terhadap pembentukan produk IPA dan NIPA dengan persentase sebesar 42,78% dan 19,83%.

Dari data yang diperoleh melalui analisis GC, dapat dihitung berapa besar yield total IPA dan NIPA yaitu banyaknya produk yang diharapkan, dan dapat dihitung pula konversi total yaitu banyaknya sitronelal yang berhasil diubah menjadi produk. Yield IPA dan NIPA total dan juga konversi total sitronelal yang diubah menjadi produk IPA dan NIPA ditunjukkan pada Tabel 4.

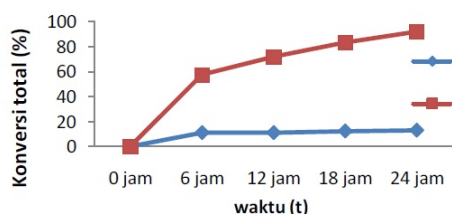
Tabel 4. Yield IPA dan NIPA total dan konversi total produk pada reaksi siklisasi-asetilasi R-(+)-sitronelal dengan anhidrida asam asetat dengan katalis Zn^{2+} -zeolit beta pada suhu 29°C dan 80°C

Temperatur	Yield IPA dan NIPA total (%)				Konversi total (%)			
	6 Jam	12 Jam	18 Jam	24 Jam	6 Jam	12 Jam	18 Jam	24 Jam
29°C	5,54	5,88	6,25	6,99	11,18	11,20	12,46	13,10
80°C	37,21	44,24	55,63	62,61	57,53	71,93	83,41	91,99

Tabel 4 menunjukkan *yield* IPA dan NIPA yang terbentuk semakin meningkat dengan kenaikan suhu dan waktu reaksi. Sama halnya dengan konversi total yang akan meningkat dengan kenaikan suhu dan waktu reaksi, kondisi suhu 80°C waktu 24 jam yang menghasilkan *yield* IPA dan NIPA total sebesar 62,61% sedangkan *yield* IPA dan NIPA yang dihasilkan pada waktu yang sama pada suhu 29°C sebesar 6,99%. Konversi total yang paling baik juga dihasilkan pada suhu 80°C waktu 24 jam yang menghasilkan konversi total sebesar 91,99%, sedangkan konversi total pada suhu 29°C waktu 24 jam yaitu sebesar 13,10%. Grafik peningkatan *yield* IPA dan NIPA dan konversi total disajikan pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Yield IPA dan NIPA (%) total pada variasi suhu dan waktu reaksi



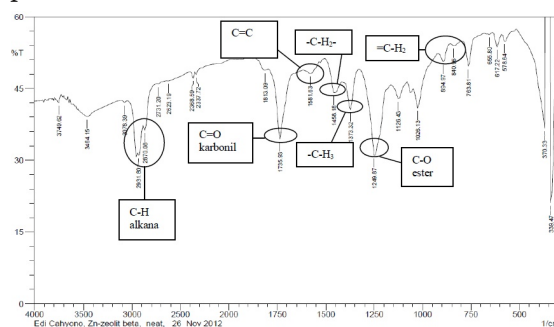
Gambar 7. Konversi total (%) pada variasi suhu dan waktu reaksi

Katalis Zn^{2+} -zeolit beta memberikan aktivitas yang baik dalam reaksi siklisasi-asetilasi. Aktivitas terbaik yang diberikan katalis ini dalam pembentukan produk hasil reaksi siklisasi-asetilasi yaitu pada temperatur 80°C waktu reaksi 24 jam sebesar 91,99% dengan perbandingan IPA : NIPA sebesar 2,16 : 1. Hal ini menunjukkan bahwa pada reaksi siklisasi-asetilasi citronelal dengan katalis Zn^{2+} -zeolit beta ini memiliki selektivitas lebih baik terhadap pembentukan produk IPA.

Setelah dilakukan uji menggunakan GC, sampel diuji menggunakan FT-IR untuk mengetahui adanya gugus-gugus fungsi dari

isopulegил asetat yang terdapat dalam sampel hasil reaksi siklisasi-asetilasi R-(+)-sitronelal.

Gugus-gugus yang terdapat pada isopulegил asetat dalam produk ditunjukkan dengan adanya pita serapan dari vibrasi ulur dari masing-masing gugus. Gugus yang terdapat dalam isopulegил asetat yang menjadi target dalam uji FT-IR meliputi $=CH_2$, C-H alkana, C=O karbonil, C=C alkana, $-CH_2-$, $-CH_3$, dan C-O ester. Spektrum FTIR dari produk reaksi siklisasi-asetilasi (R)-(+)-sitronelal dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Spektrum FT-IR hasil reaksi siklisasi-asetilasi R-(+)-sitronelal

Dari data spektrum FT-IR di atas dapat dilihat adanya pita serapan yang menunjukkan vibrasi ulur dari gugus-gugus yang terdapat dalam isopulegил asetat. Data lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.

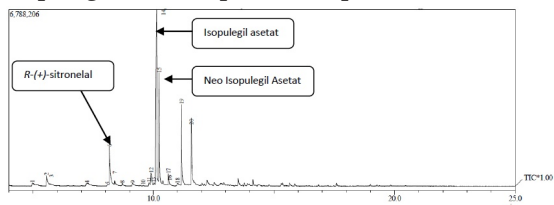
Tabel 5. Bilangan gelombang gugus fungsi isopulegил asetat

Gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})
$=C-H_2$	840,96 dan 894,97
C-H alkana	2870,08 dan 2931,80
C-O ester	1249,87
C=O karbonil	1735,93
C=C alkana	1581,63
$-CH_2-$	1458,18
$-CH_3-$	1373,32

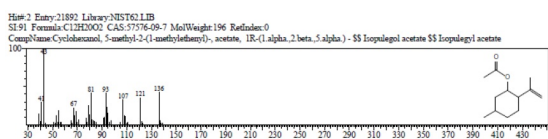
Berdasarkan Gambar 8 dapat terlihat adanya pita serapan yang menunjukkan adanya vibrasi ulur dari gugus-gugus yang terdapat didalam isopulegил asetat. Setelah di uji menggunakan FT-IR, produk reaksi siklisasi-asetilasi R-(+)-sitronelal dianalisis menggunakan GC-MS untuk mengetahui terbentuknya IPA, NIPA dan senyawa lain dalam sampel, waktu retensi dan fragmentasi terbentuknya isopulegил asetat. Hasil analisis menggunakan GCMS dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10.

Dari kromatogram dan hasil analisis GC-MS produk hasil reaksi diatas, dapat dilihat bahwa citronelal terdapat pada *peak* nomer 14 dengan waktu retensi yaitu 8,175 menit. Pada kromatogram IPA dan NIPA yang terbentuk dapat dilihat pada *peak* nomer 14 dan 15. Waktu

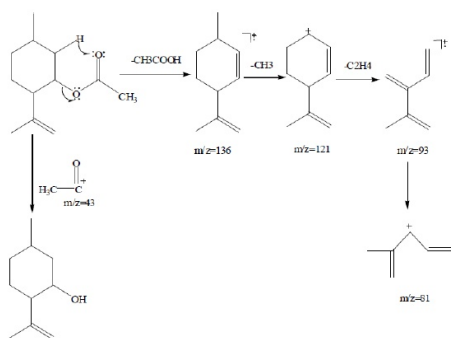
retensi antara IPA dan NIPA sangat berdekatan dikarenakan kemungkinan kedua senyawa tersebut adalah isomer optik. Selain target produk. Spektrum massa isopulegil asetat dapat dilihat pada Gambar 10 dan fragmentasi isopulegil asetat dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 9. Kromatogram GC-MS produk reaksi siklisasi-asetilasi R-(+)-sitronelal dengan katalis Zn^{2+} -zeolit beta



Gambar 10. Spektrum massa isopulegil asetat



Gambar 11. Fragmentasi isopulegil asetat

Dalam spektrometer massa, reaksi pertama suatu molekul adalah ionisasi awal (pengambilan sebuah elektron). Hilangnya sebuah elektron menghasilkan ion molekul (Fessenden & Fessenden). Puncak pada $m/z = 136$ terjadi karena adanya pelepasan asetat. Dengan lepasnya radikal metil dari $m/z = 136$, maka muncul puncak pada $m/z = 121$. Puncak pada $m/z = 93$ muncul dengan lepasnya molekul C_2H_4 . Puncak pada $m/z = 81$ muncul karena lepasnya CH_2 .

Simpulan

Semakin tinggi temperatur maka produk hasil reaksi juga akan meningkat, sesuai dengan persamaan Arrhenius. Begitu pula dengan waktu reaksi. Produk reaksi akan meningkat dengan semakin panjangnya waktu reaksi. Katalis Zn^{2+} -zeolit beta memiliki aktivitas yang baik untuk reaksi siklisasi-asetilasi R-(+)-sitronelal menjadi isopulegil asetat. Dari hasil GC dapat menunjukkan bahwa aktivitas terbaik dihasilkan pada temperatur $80^\circ C$ waktu reaksi 24 jam sebesar 91,99%. Sedangkan Katalis Zn^{2+} -Zeolit Beta memiliki selektivitas yang cukup tinggi terhadap produk IPA. Ditunjukkan dari perbandingan persentase produk IPA dan NIPA sebesar 2,16 : 1.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2009. *Citronella Oil*. <http://www.absoluteastronomy.com/> (diakses 20-2-2012)
- Cahyono, E., M. Muchalal, Triyono & D.P. Harno. 2010. Kinetic Study Cyclisation-Asetilation of (R)-(+)-Citronellal by Modified Natural Zeolite as Solid Solvent. *Indonesian Journal of Chemistry*. ISSN 1411-9420. Vol 10: 198-194
- Fessenden, R.J. & J.S. Fessenden. 1996. *Kimia Organik*. Edisi Ketiga. Jilid 2. Diterjemahkan oleh A.H. Pudjaatmaka. 1992. Jakarta: Erlangga
- Fuentes, M., Magraner, J., Pozaz, C., Roque-Malherbe, R., Pariente, J.P. & Corma, A. 1989. Cyclization of Citronellal to Isopulegol by Zeolit Catalis. *Applied Catalysis*. 47 (2): 367-374
- Harris, R. 1987. Tanaman minyak atsiri. Penebar Swadaya, Jakarta. Di Dalam Sentosa Ginting. 2004. Pengaruh lama penyulingan terhadap rendemen dan mutu minyak atsiri daun sereh wangi. E-USU Repository. Sumatera Utara