



## SINTESIS DAN SIFAT KOPOLIMER KRISTAL KIRAL METIL EUGENOL DAN EUGENOL

### [Synthesis and Properties Analitic of The Chiral Crystal Copolymers of Methyl Eugenol and Eugenol]

Erwin Abdul Rahim<sup>1\*</sup>, Fadhillah<sup>1</sup>, Musafira<sup>1</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tadulako.  
Jl. Soekarno Hatta Km.9, Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 0451- 422611

Diterima 19 Juni 2017, Disetujui 3 Agustus 2017

#### ABSTRACT

Synthesis and properties analitic of the chiral crystal copolymers of methyl eugenol and eugenol has been done. The aims of the research are to identify the solubility of the copolymer and the influence of chiral crystals on the molecular weight of the copolymer produced. The addition reaction, the copolymerization and viscometry methods were used in this research. The Fourier Transform Infra Red (FT-IR) and UV-Vis spectrophotometry were used for identification purpose. The molecular weight before purification was 78.595,91 g/mol with 92,24% of rendamant. It was magenta solid. On the other side, the molecular weight after purification was 14.484,38g/mol with 62,24% of rendemen in the brownish yellow solid form. It is soluble in ethanol, chloroform, ethyl acetate. In addition, it is slightly soluble in n-hexane and insoluble in water. UV-Vis Specrume was widen at 450-500 nm, that show the compound had helical structure.

**Keywords:** *Chiral Crystal Methyl Eugenol, Eugenol, Copolymer, Helical Polymer.*

#### ABSTRAK

Sintesis dan sifat kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelarutan kopolimer dan pengaruh kristal kiral terhadap berat molekul kopolimer yang dihasilkan. Reaksi adisi, kopolimerisasi dan metode viskometri yang digunakan dalam penelitian ini, untuk mengidentifikasi menggunakan Fourier Transform Infra Red (FT-IR) dan spektrofotometri UV-Vis. Berat molekul kopolimer sebelum pemurnian sebesar 78.595,91 g/mol dengan rendemen 92,24% yang berupa padatan berwarna merah keunguan dan setelah pemurnian diperoleh berat molekul sebesar 14.484,38g/mol dengan rendemen 62,24% berupa padatan berwarna kuning kecoklatan. Kopolimer yang diperoleh larut dalam etanol, kloroform, etilasetat, sedikit larut dalam n-heksan dan tidak larut dalam air. Hasil spektrum UV-Vis yang melebar pada panjang gelombang 450-500 nm menunjukkan bahwa senyawa yang dihasilkan berbentuk heliks.

**Kata Kunci :** *Kristal Kiral Metil Eugenol, Eugenol, Kopolimer, Polimer Heliks.*

\*) *Corresponding Author* : Erwin\_abdulrahim@yahoo.com (hp: +6287839580700)

## LATAR BELAKANG

Senyawa eugenol adalah salah satu senyawa yang banyak terdapat pada tanaman cengkeh. Eugenol merupakan senyawa yang memiliki gugus fungsional hidroksi fenolat dan alil sehingga eugenol dapat diturunkan menjadi senyawa yang memiliki manfaat dan nilai ekonomi yang lebih tinggi. Berdasarkan perkembangannya turunan senyawa eugenol telah banyak dimanfaatkan, diantaranya sebagai obat hipertensi dan adsorben sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Jamalum (2000), Utomo (2012) dan Harimun *et al.*, (2009).

Salah satu turunan dari senyawa eugenol yang saat ini sedang dikembangkan adalah metil eugenol. Metil eugenol banyak di gunakan oleh para petani sebagai pengendali hama yang bersifat ramah lingkungan karena metil eugenol menghasilkan aroma khas yang bersifat atraktan yang berfungsi sebagai penarik serangga terutama lalat buah (Humaira, *et al.*, 2014).

Berdasarkan hasil penelitian Rahim (2015), melakukan sintesis senyawa (S)-(3,4-Dimetoksifenil)-2-Propanol diperoleh hasil samping berupa kristal kiral metil eugenol hasil kromatografi yang memunculkan dua puncak dengan intensitas masing-masing sebesar 4,27 dan 4,70 yang mengindikasikan bahwa senyawa metil eugenol yang dihasilkan melalui sintesis absolut asimetrus bersifat kiral. Berdasarkan struktur molekulnya tidak bersifat kiral tetapi berdasarkan

reaksi adisi metil eugenol dengan asam asetat dan asam sulfat dihasilkan senyawa yang bersifat kiral. Rahim (2016) melaporkan bahwa reaksi adisi antara metil eugenol dengan asam asetat dan adanya asam sulfat menghasilkan senyawa ester optis aktif ee= 92,22%.

Kristal kiral metil eugenol memiliki gugus fungsional alil dan alkoksi sehingga dengan adanya gugus alil (propenil) dimungkinkan untuk dilakukan polimerisasi menjadi turunan  $\beta$ -stirena. Polimerisasi ini tentunya akan meningkatkan nilai tambah produk turunan eugenol sebagai akibat perubahan pada sifat senyawa polimer yang dihasilkan. Sampai saat ini polimerisasi kristal kiral belum pernah dilakukan sehingga menarik untuk dianalisis polimer yang dihasilkan. Mengingat dari segi nilai jual senyawa kiral memiliki harga yang mahal, untuk menghasilkan senyawa kiral seringkali dibutuhkan pereaksi kiral atau katalis kiral. Dengan adanya metode absolut asimetri sintesis senyawa kiral dapat diproduksi dari bahan dasar senyawa yang tidak kiral. Oleh karena itu, senyawa tidak kiral yang harganya murah seperti metil eugenol dan eugenol dapat ditingkatkan nilai ekonomisnya dengan membuat senyawa tersebut menjadi senyawa kiral.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang dipakai adalah petrogenol, etanol 96%, akuades, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrous, methanol (p.a), CH<sub>3</sub>COOH

glasial, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, dietil eter (p.a), NaHCO<sub>3</sub> 10%, silika gel, kloroform, n-heksan dan etil asetat.

Alat-alat yang digunakan adalah satu set alat refluks, satu set alat destilasi, rotary vakum evaporator, alat FTIR, alat UV-Vis, alat-alat gelas laboratorium, timbangan analitik digital, hot plate, viskometer ostwald, stopwatch, termometer, kapas, kertas saring, pH meter, plat TLC, aluminium foil, magnetik stirer, lemari asam, thermometer, lampu UV, kromatografi kolom.

### **Prosedur Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan secara bertahap yang terdiri dari enam tahap yaitu sintesis dan isolasi kristal kiral metil eugenol, pemisahan hasil sintesis dengan kromatografi kolom, kopolimerisasi kristal kiral metil eugenol dan eugenol, penentuan berat molekul polimer dengan metode viskometri, pemurnian kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol dan penentuan kelarutan kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol.

### **Reaksi Adisi Metil Eugenol Kasar dengan Asam Asetat (Lasapo et al., 2016)**

Dimasukkan 10 mL metil eugenol ke dalam labu alas bulat kapasitas 250 mL, ditambahkan 100 mL asam asetat yang telah diasamkan dengan beberapa tetes H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Kemudian dilakukan refluks selama 5 jam pada suhu 180 °C. Setelah refluks selesai campuran didinginkan kemudian di destilasi dengan suhu 115-118 °C untuk memisahkan asam asetat glasial yang

tersisa. Residu ditambahkan dengan 100 mL dietil eter sehingga terbentuk dua lapisan. Kemudian dinetralkan dengan NaHCO<sub>3</sub> 10%, lapisan bawah di buang. Lapisan atas di cuci dengan aquades dan kemudian di bebas airkan dengan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrous, selanjutnya di dekantir. Pelarut dietil eter dipisahkan dengan menggunakan evaporator.

### **Pemisahan Hasil Sintesis dengan Kromatografi Kolom**

#### **a. Penyiapan Kolom**

Seratus gram silika gel (ukuran 0,063 mm – 0,200 mm mesh) dicampurkan dengan 250 mL n-heksana : etil asetat dimasukkan ke dalam tabung kolom kaca panjang 38 cm diameter 3 cm. Setelah silika gelnya mampat kemudian permukaannya dimasukkan kertas saring, kelebihan pelarut dikeluarkan hingga batas atas.

#### **b. Pemisahan Sampel**

Hasil sintesis dimasukkan kedalam kolom yang berisi silika gel, dimasukkan sedikit demi sedikit eluen kedalam kolom. Eluen yang digunakan adalah campuran n-heksana dan etil asetat dengan perbandingan 4:1. Eluat ditampung dalam tabung reaksi. Penampungan eluat dimulai setelah eluen yang diperkirakan terjebak dalam fasa diam telah keluar. Berdasarkan penampakan fisik hasil yang diperoleh dikelompokkan menjadi beberapa fraksi. Fraksi-fraksi dianalisis dengan KLT untuk mengetahui penampakan noda, penampakan noda yang sama di campur menjadi 1 bagian dan di pekatkan

menggunakan rotary vakum evaporator untuk menghilangkan pelarutnya selanjutnya dianalisis dengan FT-IR dan UV-Vis.

#### ***Kopolimerisasi Kristal Kiral Metil Eugenol dan Eugenol (Suirta, 2012)***

Kopolimerisasi kristal kiral metil eugenol dan eugenol didasarkan pada perbandingan mol katalis asam sulfat pekat dan monomer (1:4). Dilakukan dengan mereaksikan kristal kiral metil eugenol dan eugenol dengan campuran asam sulfat pekat dalam gelas beker 50 mL, sambil diaduk dengan pengaduk magnet. Penambahan katalis dilakukan tetes demi tetes, polimerisasi dihentikan dengan menambahkan 0,2 mL methanol dan dianalisis dengan FTIR dan UV-Vis.

#### ***Penentuan Berat Molekul Kopolimer dengan Metode Viskometri (Ngadiwiyana, 2005).***

Sebanyak 1 g kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol dilarutkan dalam etanol hingga konsentrasinya 0,02 g/mL. kemudian dibuat variasi konsentrasi polimer melalui pengenceran dengan etanol : 0,01500 g/mL; 0,01000 g/mL; 0,00500 g/mL; 0,00250 g/mL; dan 0,00125 g/mL. Dilakukan pengukuran waktu alir pelarut murni yaitu etanol dan masing-masing konsentrasi larutan polimer dengan menggunakan viskometer ostwald, sehingga diperoleh  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$ ,  $t_5$  dan  $t_6$ . Dengan persamaan Poisseuille diperoleh  $\eta_{sp}/C$  terhadap  $C$ . Dari kurva diekstrapolasi ke konsentrasi ( $C$ ) sama dengan nol diperoleh  $[\eta]$ . Dengan persamaan Mark-Houwink dihitung berat

molekul dari polimer dengan menggunakan harga  $K$  dan  $a$  yang sesuai.

#### ***Pemurnian Kopolimer Kristal Kiral Metil Eugenol dan Eugenol***

Sebanyak 1,5 gram kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol dilarutkan dalam 30 mL dietil eter, kemudian dimasukkan kedalam corong pisah dan ditambahkan dengan 20 mL akuades untuk pencucian pertama, 25 mL untuk pencucian kedua dan 30 mL untuk pencucian ketiga, lalu dikocok dan didiamkan selama 30 menit pada setiap pencucian agar kopolimer dan pelarut terpisah. Pisahkan pelarut yang berada pada bagian bawah corong pisah, selanjutnya kopolimer yang diperoleh dilewatkan dalam corong kaca yang berisikan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat lalu didiamkan selama 2 hari dan ditimbang berat kopolimer yang diperoleh.

#### ***Penentuan Kelarutan Kopolimer Kristal Kiral Metil Eugenol dan Eugenol.***

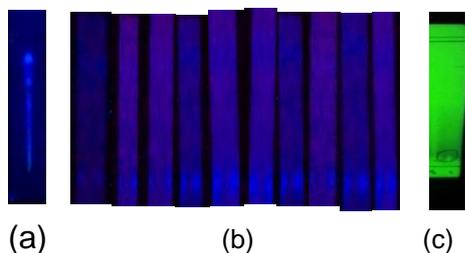
Dimasukkan 1 g kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol kedalam 6 buah gelas kimia 30 ml yang masing-masing berisi 5 ml larutan etanol, dietil eter, etil asetat, kloroform, n-heksan dan air. Masing-masing campuran larutan diaduk dengan batang pengaduk dan diamati kelarutan kopolimer pada masing-masing larutan.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### ***Hasil Pemisahan Senyawa Sintesis dengan Kromatografi Kolom***

Hasil sintesis dan hasil pemisahan dengan kromatografi kolom kemudian

dianalisis dengan kromatografi lapis tipis (KLT) dengan menggunakan lampu UV. Pada gambar berikut terlihat penampakan noda dari masing-masing sampel.



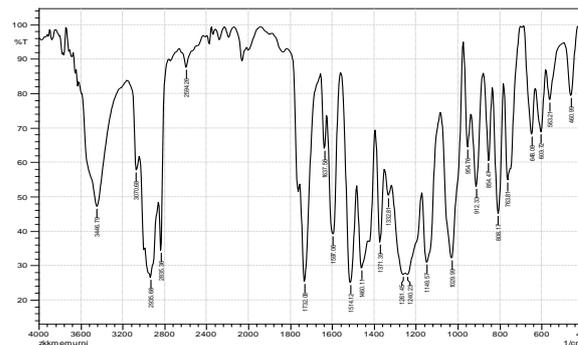
Gambar 1 (a) Hasil TLC setelah sintesis. (b) Hasil TLC setelah pemisahan dengan kromatografi kolom (20 fraksi) (c) Hasil TLC senyawa hasil pemisahan kromatografi kolom oleh Lasapo *et al.* (2016).

Terdapatnya senyawa kristal kiral dari proses sintesis dapat dilihat berdasarkan karakteristik senyawa yang dihasilkan setelah proses pemisahan dengan kromatografi kolom. Berdasarkan hasil sintesis yang dilakukan, diperoleh karakteristik sebagai berikut:

Tabel 1 Karakteristik senyawa hasil sintesis

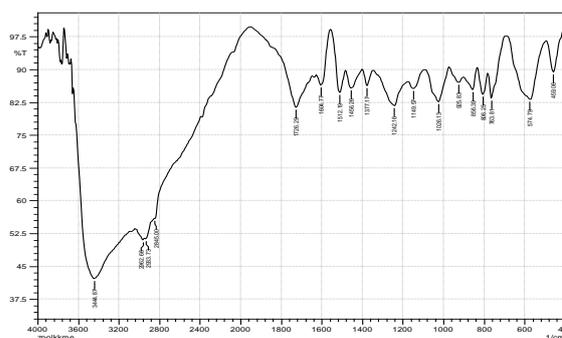
No	Karakteristik	Keterangan
1.	Wujud	Cair
2.	Warna	kuning kehijauan
3.	Aroma	berbau permen

Senyawa Kristal kiral yang diperoleh dari hasil sintesis berwarna kuning kehijauan. Produk yang terbentuk selanjutnya dianalisis strukturnya dengan *FT-IR* sehingga diperoleh spektrumnya sebagai berikut :



Gambar 2 Hasil analisis spektrofotometri IR senyawa kristal kiral metil eugenol dan eugenol.

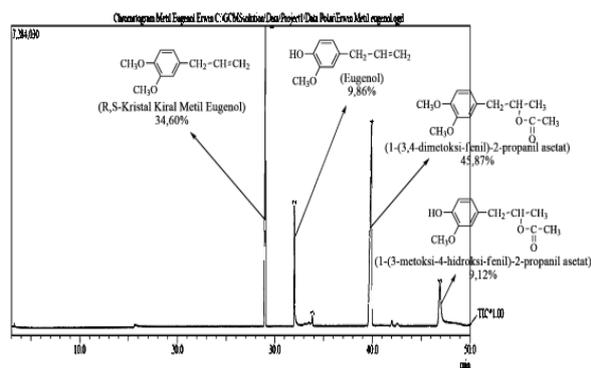
Produk yang terbentuk selanjutnya dilakukan polimerisasi kemudian dianalisis strukturnya dengan *FT-IR* dan diperoleh spektrum sebagai berikut :



Gambar 3 Hasil analisis spektrofotometri infra merah kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol.

Berdasarkan hasil analisis dengan spektrum IR yang diperoleh, menandakan bahwa kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol diduga telah terbentuk karena tidak adanya pita serapan pada daerah 1597,06  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan rentang dari ikatan C=C alil dan pita serapan pada 912,33  $\text{cm}^{-1}$  merupakan pita serapan dari C=CH<sub>2</sub> yang menunjukkan hasil reaksi tidak lagi mempunyai ikatan rangkap gugus alil, berarti telah terjadi reaksi terhadap gugus alil yang terdapat pada kristal kiral metil

eugenol dan eugenol dengan adanya penambahan katalis.



Gambar 4 Kromatogram Hasil analisis sampel metil eugenol (Lasapo *et al.*, 2016).

Hasil TLC senyawa yang diperoleh oleh Lasapo *et al.* (2016) hanya terdapat satu penampakan noda sama dengan hasil sintesis yang dilakukan pada penelitian ini.

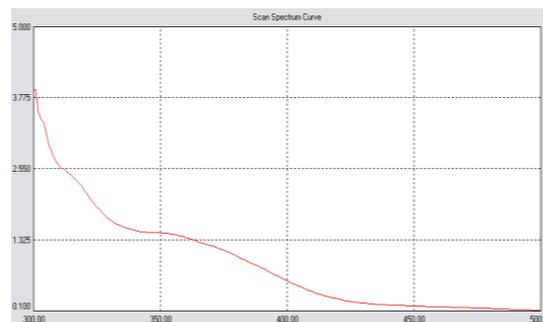
Berdasarkan hasil analisis GC yang dilakukan oleh Lasapo *et al.* (2016) terhadap hasil TLC senyawa yang diperoleh bahwa satu penampakan noda tersebut mengandung empat senyawa yakni senyawa kristal kiral metil eugenol, eugenol, 1-(3,4-dimetoksi fenil)-2-propanil asetat dan 1-(3-metoksi-4-hidroksi fenil)-2-propanil asetat yang merupakan senyawa ester turunan dari senyawa metil eugenol.

### **Kopolimerisasi Kristal Kiral Metil Eugenol dan Eugenol**

Hasil sintesis kemudian dilakukan kopolimerisasi dengan menggunakan katalis  $H_2SO_4$  pekat. Waktu kopolimerisasi berlangsung selama 2 menit 45 detik yang menghasilkan kopolimer berupa padatan berwarna merah keunguan seperti yang diperoleh Ngadiwiyana (2005). Berdasarkan hasil pengamatan kopolimerisasi 6,34 ml kristal kiral metil

eugenol dan eugenol dengan katalis  $H_2SO_4$  pekat diperoleh hasil 6,168 g dengan rendemen sebesar 92,24%. Setelah dilakukan pemurnian, kopolimer yang dihasilkan mengalami perubahan warna menjadi padatan berwarna kuning kecoklatan dengan rendemen 62,24%. Kopolimer yang dihasilkan dapat larut dalam etanol, kloroform, dietil eter, etil asetat, sedikit larut dalam n-heksan dan tidak larut dalam air.

Berikut ini adalah hasil analisis untuk panjang gelombang senyawa kopolimer setelah pemurnian sebagai penentu warna senyawa dengan menggunakan instrument UV-VIS :

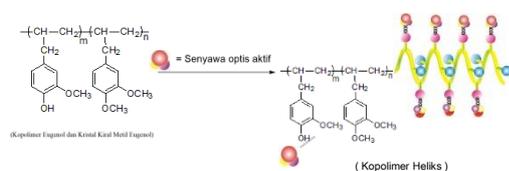


Gambar 5. Spektrum UV-VIS kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol setelah pemurnian

Senyawa kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol setelah pemurnian serapannya melebar yang menunjukkan bahwa polimer yang dihasilkan berbentuk heliks.

Hasil kopolimerisasi antara monomer kristal kiral metil eugenol dan eugenol berdasarkan data FTIR gugus alil dari kedua senyawa tersebut tidak terbentuk lagi sehingga diduga polimer telah terbentuk. Pada hasil penelitian ini juga

diperoleh ester 1-(3,4-dimetoksi fenil)-2-propanil asetat dan ester 1-(3-metoksi-4-hidroksi fenil)-2-propanil asetat yang merupakan senyawa optis aktif, gugus C=O pada senyawa tersebut menyebabkan terbentuknya ikatan hydrogen dengan gugus O-H pada eugenol hal ini memungkinkan polimer yang dibentuk berupa polimer heliks dengan arah putar kekiri. Menurut Masuda *et al.*,(2001), menyatakan ikatan hydrogen antara rantai samping berbentuk kiral akan mempertahankan konformasi heliks kemungkinan bentuk strukturnya adalah seperti gambar 6 namun perlu dilakukan analisis lebih lanjut dengan menggunakan CD spektrometer.



Gambar 6 Reaksi pembentukan kopolimer heliks.

### Hasil Penentuan Berat Molekul Kopolimer Kristal Kiral Metil Eugenol dan Eugenol Sebelum Pemurnian

Pada penentuan berat molekul kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol sebelum pemurnian, dengan menggunakan metode viskometri diperoleh data seperti pada Tabel 2.

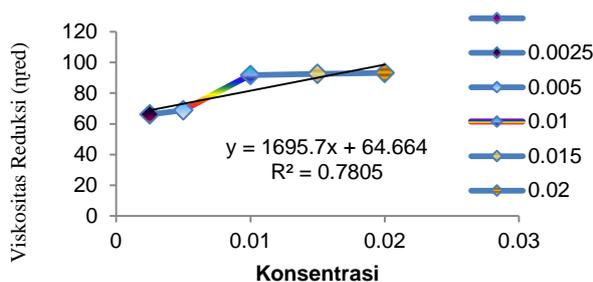
Menurut Ngadiwiyana (2005), didalam penentuan berat molekul poli(eugenol) menggunakan harga K dan a polistirena yakni  $K = 11 \cdot 10^{-3}$  dan  $a = 0,725$ . Berdasarkan grafik 1 diperoleh titik potong (intersep) yang merupakan  $[\eta]$  sebesar

64,664. sehingga diperoleh berat molekul kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol sebesar 158113,88 g/mol. Berat molekul yang diperoleh 20 kali lebih besar dibandingkan dengan berat molekul poli(eugenol) yang diperoleh oleh Ngadiwiyana (2005), yakni sebesar 7800,75.

Tabel 2 Hubungan konsentrasi polimer terhadap viskositas reduksi sebelum pemurnian.

[Kopolimer]	waktu alir (s)	Viskositas larutan ( $\eta_r$ )	Viskositas Spesifik ( $\eta_{sp}$ )	Viskositas Reduksi ( $\eta_{red}$ )
etanol 96%	629			
0.0025	733	1.16534	0.165	66.136
0.005	845.33	1.34393	0.344	68.786
0.01	1206.3	1.91786	0.918	91.786
0.015	1502	2.38792	1.388	92.528
0.02	1800.3	2.86221	1.862	93.111

Perbedaan berat molekul yang diperoleh disebabkan karena polimer yang dihasilkan berasal dari senyawa kristal kiral yang memiliki bentuk heliks. Berdasarkan penelitian ini dapat dinyatakan bahwa kristal kiral dapat meningkatkan berat molekul. Menurut Lasapo *et al.* (2016), bahwa berat molekul senyawa kristal kiral metil eugenol, eugenol, 1-(3,4-dimetoksi fenil)-2-propanil asetat dan 1-(3,4-dimetoksi fenil)-2-propanil asetat sebesar 178 g/mol, 164 g/mol, 238 g/mol dan 224 g/mol. Diperoleh berat molekul totalnya sebesar 804 g/mol sehingga jumlah rantai pada kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol diperkirakan sebanyak 196,659 rantai kopolimer.



Grafik 1 Hubungan antara konsentrasi dan viskositas reduksi sebelum pemurnian

**Hasil Penentuan Berat Molekul Kopolimer Kristal Kiral Metil Eugenol dan Eugenol Setelah Pemurnian**

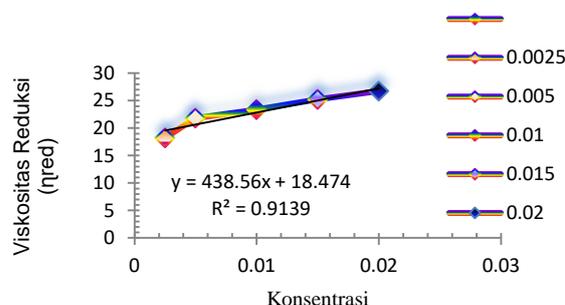
Pada penentuan berat molekul kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol setelah pemurnian dengan menggunakan metode viskometri diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 3 Hubungan konsentrasi polimer terhadap viskositas reduksi setelah pemurnian

[Ko-polimer]	waktu alir (s)	Viskositas larutan (ηr)	Viskositas Spesifik (ηsp)	Viskositas Reduksi (ηred)
etanol 96%	629			
0.0025	657.67	1.04557	0.04557	18.22800
0.005	697.67	1.10917	0.10917	21.83400
0.01	776	1.2337	0.2337	23.37000
0.015	867	1.37838	0.37838	25.22533
0.02	965.33	1.53471	0.53471	26.73550

Berdasarkan grafik 2 tersebut, diperoleh harga titik potong (intersep) yang merupakan [η] sebesar 18,474 sehingga diperoleh berat molekul kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol sebesar 28086 g/mol. Berat molekul yang diperoleh 3 kali lebih besar dibandingkan dengan berat molekul poli(eugenol) yang diperoleh Ngadiwiyana (2005), akan tetapi lebih kecil dibandingkan dengan berat molekul

sebelum pemurnian dan kopolimer yang dihasilkan telah bebas dari katalis asam sulfat pekat yang digunakan ketika proses kopolimerisasi. Jumlah rantai pada kopolimer kristal kiral metil eugenol dan eugenol diperkirakan sebanyak 34,932 rantai kopolimer.



Grafik 2. Hubungan antara konsentrasi dan viskositas reduksi setelah pemurnian

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa kopolimer sebelum pemurnian berwarna merah keunguan dan setelah pemurnian berwarna kuning kecoklatan. Kopolimer yang dihasilkan dapat larut dalam etanol, kloroform, etil aseta, sedikit larut dalam n-heksan dan tidak larut dalam air serta adanya kristal kiral menyebabkan berat molekul kopolimer mengalami peningkatan. Berat molekul kopolimer sebelum pemurnian yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebesar 158113,88 g/mol dengan rendemen sebesar 92,24% dan setelah pemurnian sebesar 28086 g/mol rendemennya sebesar 62,24%.

**DAFTAR PUSTAKA**

Harimu La., Matsjeh S., Siswanta D, Santosa S J. 2009. Separation of Fe (III), Cr(III), Cu(II), Ni(II), Co(II), and pb(ii) metal ions using

- Poly(eugenyl oxyacetic acid) as an ion carrier by a liquid membrane Transport method. *Indo. J. Chem.*, 10 (1), 69 - 74.
- Humaira, Tasik S B., Masriatun. 2014. Pelatihan Pembuatan Atraktan Alami dari Tumbuhan Aromatika untuk Pengendalian Lalat Buah *Bactrocera* sp. Pada Pertanaman Cabai di Kecamatan Sigi. Diunduh dari <http://artikel.dikti.go.id/index.php/PKMM/article/download/193/193>. Diakses pada tanggal 10 Juni 2017.s
- Jamalum. 2000. Sintesi Senyawa 1-(3,4-Dimetoksi Fenil)-2-Amino-2-Siano Propana Turunan Eugenol Melalui Pembentukan Senyawa Keton. *Tesis*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Lasapo, M. H. S., Rahim, E. A., Ruslan, R., & Indriani, I. (2016). Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kiral Hasil Reaksi Antara Metileugenol Kasar Dengan Asam Asetat. *KOVALEN*, 2(3).
- Ngadiwiyana. 2005. Polimerisasi Eugenol Dengan Katalis Asam Sulfat Pekat. *JSKA*. 8(2).
- Rahim E.A. 2015. Sintesis Senyawa (S)-(3,4-Dimetoksifenil)-2-Propanol dari Metil Eugenol Tanpa Pengaruh Senyawa Optis Aktif. *Laporan Penelitian*. Palu: FMIPA UNTAD.
- Rahim, E. A. (2016). Sintesis Absolut Asimetrik Baru. *KOVALEN*, 2(1).
- Suirta I W., Rustini N L., Prakasa T I. 2012. Sintesis Polieugenol dari Eugenol dengan Katalis Asam Nitrat Pekat dan Media Natrium Klorida. *Jurnal Kimia*. 6(1) : 37-46
- Utomo B S. 2012. Sintesis Senyawa Kaliks[4]Resorsinarena Baru Turunan Anetol dan Eugenol Sebagai Adsorben dan Antidotum Logam Berat. *Disertasi*.
- Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Masuda T., Nomura R., Tabei J. 2001. Biomimetic Stabilization of Helical Structure in a Synthetic Polymer by Means of Intramolecular Hydrogen Bonds. *Journal of American Chemical Society*. 123(34): 8430-8433.