



SINTESIS DAN KARAKTERISTIK POLIEUGENOL DARI EUGENOL MENGGUNAKAN KATALIS $H_2SO_4 - CH_3COOH$

[Synthesis and Characteristics of Polyuegenol from Eugenol Using Catalyst $H_2SO_4 - CH_3COOH$]

Sitti Aiun Hikmah^{1*}, Erwin Abdul Rahim¹, Musafira²

¹⁾ Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tadulako, Palu
Jl. Soekarno Hatta Km.9, Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 0451- 422611

²⁾ Universitas Sulawesi Barat, Mamuju

*)Corresponding author: ainun.30fky@gmail.com

Diterima 2 September 2018, Disetujui 30 Oktober 2018

ABSTRACT

Synthesis and characteristics of polyeugenol from eugenol using $H_2SO_4 - CH_3COOH$ as cathalyst has been done. Synthesis was done by using cationic polymerization with comparison of eugenol concentration to $H_2SO_4 - CH_3COOH$ catalyist of 4:1. In this study, polieugenol obtained from the synthesis process and its molecular weight was determined by viscometry. The results showed a molecular weight of 776.247.12 g / mol. The characteristics of synthesized polyeugenol were brown solid, with melting point of 85 ° C – 110° C, insoluble in water, n-hexane, benzene, but soluble in ethanol, ethyl acetate and chloroform. Furthermore, it had 176.4 volt of conductivity with 0.05 A and 16.80 ohm of the electrical current and the electrical resistance, respectively.

Keywords : *Eugenol, Cationic Polymerization, Polyeugenol*

ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis polieugenol dan karakteristiknya dari eugenol menggunakan katalis $H_2SO_4 - CH_3COOH$. Sintesis dilakukan dengan cara polimerisasi kationik dengan perbandingan eugenol dengan katalis $H_2SO_4 - CH_3COOH$ adalah 4:1. Dalam penelitian ini polieugenol diperoleh dari proses sintesis dan ditentukan berat molekulnya dengan metode viskometri serta karakteristiknya. Hasil penelitian menunjukkan berat molekul 776.247,12 g/mol. Karakteristik polieugenol berbentuk padat, berwarna coklat dengan titik leleh 84°C – 90 °C. Tidak larut dalam air, n-heksan, benzena tetapi larut dalam etanol, etil asetat dan kloroform. Produk sintesis memiliki konduktivitas 176,4 volt dengan kekuatan arus listrik 0,05 A dan 16,80 ohm.

Kata Kunci : *Eugenol, Polimerisasi kationik, Polieugenol*

LATAR BELAKANG

Tanaman cengkeh (*Eugenia aromaticum*) merupakan jenis tanaman perkebunan khas Indonesia yang memiliki banyak manfaat. Minyak atsiri dari cengkeh atau lebih dikenal sebagai minyak cengkeh banyak dimanfaatkan untuk industri makanan dan farmasi (Nurdjannah, 2004).

Minyak cengkeh (*Clove Oil*) didapatkan melalui penyulingan uap dari bagian tanaman cengkeh. Minyak atsiri dari cengkeh terdapat hampir diseluruh bagian tanamannya, yaitu dalam daun (1-4%), tangkai (5-10%), dan bunga (10-20%). Komponen utama dari minyak cengkeh adalah senyawa terpenoid berupa eugenol dengan kadar 70% hingga 90%. Eugenol berupa cairan tak berwarna atau kuning pucat dan berbau spesifik memiliki manfaat sebagai stimulan, antiemetik, antiseptic, antispasmodic, anestetik lokal, dan karminatif (Somaatmadja, 2001).

Eugenol banyak digunakan dalam dunia industri sehingga mempunyai nilai ekonomis tinggi. Senyawa ini dapat menjadi bahan baku untuk pembuatan produk makanan, diantaranya pada pembuatan vanili sebagai pemberi aroma makanan (Anwar, 1994). Eugenol termasuk salah satu senyawa alam yang menarik karena mengandung beberapa gugus aktif, yaitu hidroksil, cincin aromatik dan alil, sehingga mudah untuk dimodifikasi secara kimia menjadi senyawa turunan eugenol lainnya.

Senyawa-senyawa turunan eugenol sangat banyak digunakan pada industri farmasi, kosmetik, dan flavor makanan, seperti senyawa metil eugenol, isoeugenol, dan vanili sintetis (Soesanto, 2006). Modifikasi lainnya dari eugenol yang memiliki banyak manfaat adalah bentuk polimernya atau dikenal sebagai senyawa polieugenol (Sastrohamidjojo, 1981).

Polieugenol diperoleh melalui reaksi polimerisasi senyawa eugenol. Pembuatan polieugenol telah banyak dikembangkan oleh beberapa peneliti. Anggraeni (1998) telah mengkaji penggunaan media pada pembuatan polieugenol yang diinisiasi dengan $\text{BF}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$, sedangkan Handayani (2000) mensintesis polieugenol menggunakan katalis H_2SO_4 pekat dan $\text{BF}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$. Sementara itu, Rahim (2015) mensintesis metil eugenol menggunakan reaksi adisi dengan asam asetat yang telah dicampurkan beberapa tetes asam sulfat diperoleh kristal kiral dalam jumlah banyak.

Polimer dapat diaplikasikan ke dalam bidang katalis. Ngadiwiyana (1996) telah mensintesis polieugenol dari eugenol minyak cengkeh hasil ekstraksi dan destilasi fraksinasi pengurangan tekanan, menggunakan katalis H_2SO_4 pekat tanpa media serta menghasilkan rendemen polieugenol 73,20% dengan berat molekul 7.800,75 g/mol. Anggraeni (1998) telah mensintesis polieugenol dari fraksi eugenol 95,35% menggunakan katalis

$\text{BF}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5)$ tanpa media dengan rendemen 83,34% dan dalam media n-heksan dengan rendemen 73,36%.

Polimerisasi dengan bahan awal eugenol telah banyak diteliti dengan penggunaan berbagai katalis. Handayani (2000) telah melakukan perbandingan mol eugenol dan katalis asam sulfat yang tepat untuk memperoleh polieugenol adalah 1:4 dengan waktu polimerisasi 2 jam. Rendemen yang dihasilkan hanya 19,66%. Penggunaan asam nitrat sebagai katalis polimerisasi kationik karena merupakan asam lewis sebagai akseptor elektron yang kuat. Kebanyakan dari katalis memungkinkan menerima asam berproton yang kuat untuk mengkatalisis polimerisasi. Suirta *et al.* (2012) telah mensintesis polieugenol dari eugenol dengan katalis asam nitrat pekat dan media natrium klorida. Perbandingan mol eugenol dan asam nitrat yang digunakan 1:4 dalam waktu 2 jam. Hasil penelitian diperoleh rendemen polieugenol dengan media NaCl sebesar 42,97% dan tanpa media NaCl diperoleh rendemen 47,77%.

Penelitian Iswanto dan Susilowati (2015), tentang sintesis dan karakterisasi polimer dari minyak daun cengkeh hasil fraksinasi dihasilkan polieugenol berupa padatan coklat yang mempunyai $T_m = 150$ °C, memiliki rendemen sebesar 89,24% dan berat molekul pada fraksi eter adalah 182,24 g/mol. Menurut Sudarlin dan Haryadi (2015), polimerisasi kationik eugenol hasil redistilasi, ekstraksi dan fraksinasi menggunakan katalis asam

sulfat pekat pada perbandingan 1:2 menghasilkan fraksi dan ekstrak berbentuk padat dengan kadar 88,14% dan 86,15%. Sementara, hasil redistilasi berbentuk gel dengan kadar sebesar 100,29%. Namun, rendemen polieugenol yang dihasilkan melebihi 100% karena senyawa-senyawa lain dalam minyak daun cengkeh tersebut belum dapat dihilangkan.

Penelitian ini mensintesis dan mengkarakterisasi polieugenol dari eugenol menggunakan katalis $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{CH}_3\text{COOH}$. Sintesis ini melalui proses polimerisasi kationik antara eugenol dan $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{CH}_3\text{COOH}$ yang bertindak sebagai katalis yang diharapkan dapat memutuskan ikatan rangkap yang terdapat pada gugus alil senyawa eugenol dan akan diperoleh polieugenol sehingga dapat dikarakterisasi untuk mengetahui sifat polimer.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah eugenol, asam sulfat pekat, asam asetat glasial, metanol (p.a), etanol 98%, kloroform, etil asetat, dietil eter, n-heksan, benzena, natrium sulfat anhidrat dan akuades.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah melting point apparatus, pH meter, konduktometri, viskometer ostwald, neraca analitik merk Adventure TM Ohaus, stopwatch, corong pisah, *hot plate* WiseStir MSH 20-D, *stirrer*, aluminium foil,

kertas saring dan alat-alat gelas laboratorium.

Prosedur Kerja

Sintesis Polieugenol (Suirta et al., 2012; Sudarlin dan Haryadi, 2015)

10 gram eugenol dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL kemudian ditambahkan 2,5 mL larutan $H_2SO_4-CH_3COOH$ dengan perbandingan 4:1 (monomer : katalis) sambil terus diaduk menggunakan *stirrer*. Penambahan katalis dilakukan sedikit demi sedikit. Terbentuknya polimer ditandai dengan keluarnya asap putih pekat dan polimer melekat pada dinding gelas kimia. Polimerisasi dihentikan dengan menambahkan 4 tetes 288iltrate pada campuran sehingga polimer mengental 288iltrate288. Polimer didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam hingga polimer memadat dan kering. Perlakuan dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi asam asetat dalam campuran katalis yaitu 2%, 4% dan 6%. Sampel dengan hasil konsentrasi asam terbaik dilakukan pencucian.

Sebanyak 2 gram polieugenol dimasukkan dalam 288iltrate288r 250 mL lalu ditambahkan dietil eter sebanyak 40 mL, tutup dengan penyumbat. Kemudian dikocok hingga polieugenol larut. Setelah itu, dimasukkan dalam corong pisah 250 mL dan ditambahkan akuades sebanyak 100 ml, dikocok kuat dan didiamkan selama satu malam hingga terbentuk 2 lapisan. Lapisan bagian bawah dibuang

dan bagian atas dicuci kembali hingga netral. Pencucian dilakukan sebanyak 3 kali. Lapisan atas berupa polieugenol yang tidak larut dalam air. Untuk membebaskan kemungkinan adanya air dalam polieugenol, ditambahkan 1 gram Na_2SO_4 anhidrat. Kemudian, disaring menggunakan kertas saring dan corong kaca. Filtrat yang diperoleh dianalisis dengan KLT untuk mengetahui kenampakan noda. Selanjutnya, 288iltrate ditampung dalam cawan petri lalu didiamkan selama 48 jam pada suhu ruang. Selanjutnya, ditentukan titik leleh menggunakan melting point apparatus, serapan warna menggunakan spektrofotometri UV-Vis dan penentuan struktur dengan spektrofotometer IR dan NMR.

Karakterisasi Polieugenol

1. Pengujian Kelarutan Polieugenol

Sebanyak 0,5 gram polieugenol masing-masing dimasukkan ke dalam 6 tabung reaksi. Pada setiap tabung reaksi ditambahkan 5 ml pelarut organik secara berturut-turut adalah dietil eter, etanol, benzena, kloroform, etil asetat dan n-heksan lalu dikocok. Kelarutan setiap tabung reaksi diamati.

2. Pengujian Hantaran Listrik Menggunakan Multimeter

Sebanyak 5 gram polieugenol digerus hingga menjadi serbuk, kemudian dilarutkan dalam 30 ml etanol ke dalam gelas kimia 50 ml. Selanjutnya diukur tegangan listrik, arus listrik dan hambatan,

pengukuran dilakukan selama 24 jam sekali selama 7 hari.

3. Analisis Spektrum FTIR

Siapkan alat - alatnya : mortar agate, alu, spatula, KBr Die, Pressure dan plat KBr. Kemudian siapkan zat KBr p.a yang sudah dioven 24 jam (KBr kering bebas air). Untuk membersihkan mortar dan KBr Die gunakan aseton p.a dan tissue. Sebanyak 15 mg sampel diletakkan diatas mortar. Selanjutnya, sebanyak 300 mg zat KBr p.a diletakkan diatas mortar bersama sampelnya. Campuran sampel dan KBr tersebut digerus hingga homogen. Tuangkan Campuran ke dalam KBr Die dan lakukan pressure 10 x 1.000 kg atau setara dengan 10 ton untuk membuat pellet. Hasil di running dengan FTIR dan Sampel dianalisis pada bilangan gelombang dari 400–4500 cm^{-1} .

4. Penentuan Berat Molekul dari Polieugenol (Ngadiwiyana, 2005)

Sebanyak 1 gram polieugenol dilarutkan dalam etanol hingga konsentrasinya 0,02 g/mL dalam labu takar 50 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 η_{sp}/C lawan 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.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Polieugenol Hasil Sintesis

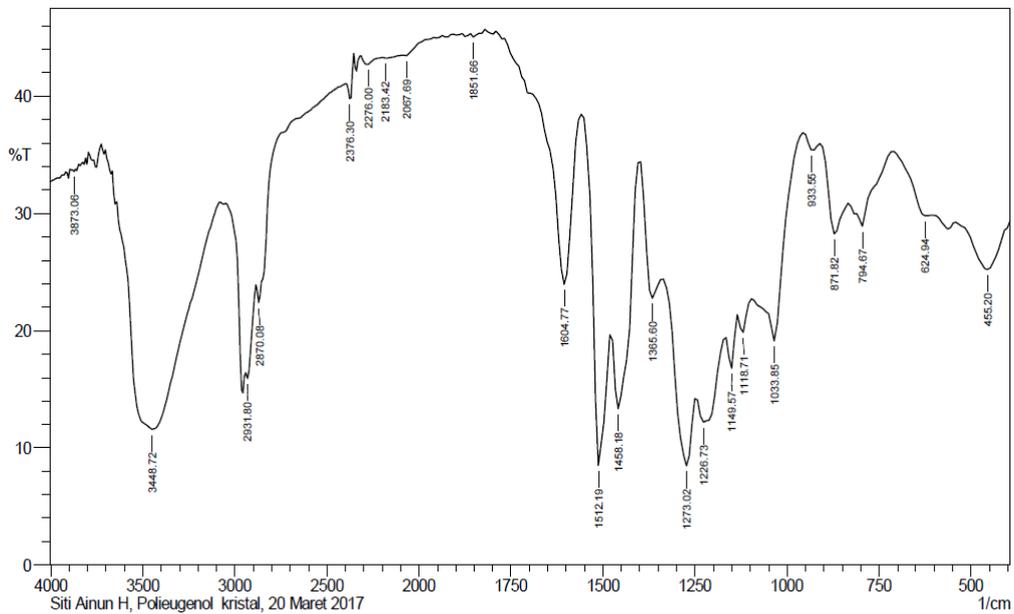
Sintesis polieugenol pada penelitian ini dilakukan melalui reaksi polimerisasi kationik antara eugenol dan katalis $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{CH}_3\text{COOH}$. Pada tahap ini proses polimerisasi ditandai dengan keluarnya asap putih tebal dan polimer melekat pada dinding gelas kimia, berupa padatan berwarna hitam keunguan. Crude polieugenol dengan konsentrasi asam asetat dalam campuran katalis diperoleh 14,008 gram, 15,422 gram, dan 15,35 gram untuk masing – masing konsentrasi asam asetat 2%, 4%, dan 6%.

Proses pemurnian dilakukan dengan melarutkan polieugenol ke dalam pelarut dietil eter dan akuades, terbentuk dua lapisan, yaitu lapisan bawah terdiri atas air dan katalis, lapisan atas adalah polieugenol yang tidak larut dalam air. Hasil pemurnian diuji dengan mengukur pH polieugenol dan diperoleh pH 7, artinya polieugenol hasil pencucian telah bebas dari katalis yang bersifat asam. Hasil dari pemurnian polieugenol diperoleh berbentuk padat dan berwarna coklat dengan rendemen sebesar 72,03% pada konsentrasi asam asetat 4%.

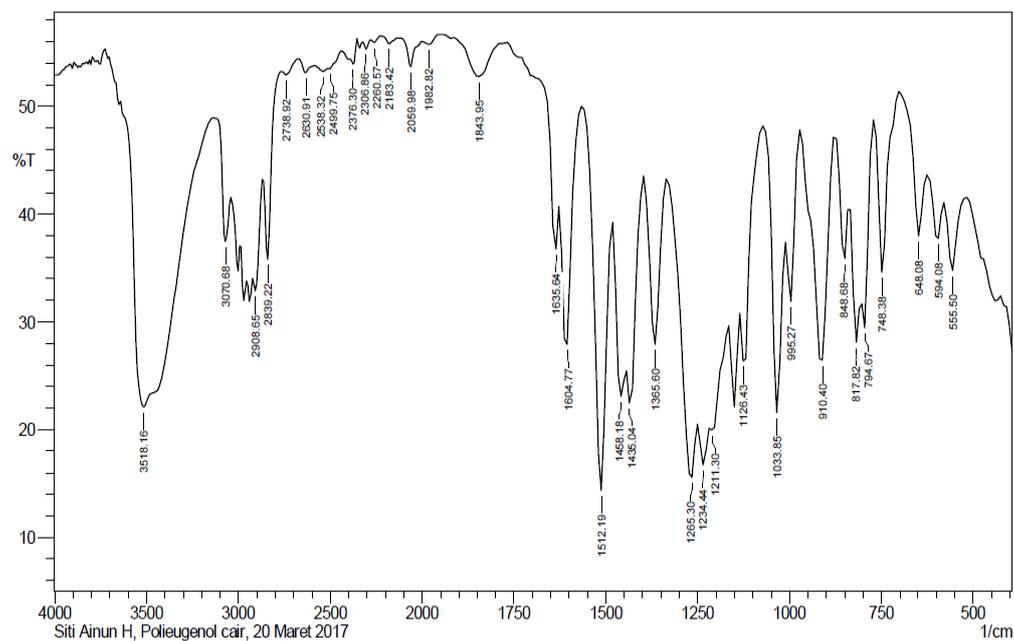
Spektrum FTIR

Identifikasi gugus fungsional polieugenol dilakukan dengan

menggunakan spektrofotometer FTIR pada bilangan gelombang 4000–400 cm⁻¹.



Gambar 1 Spektrum IR polieugenol



Gambar 2 Spektrum IR eugenol

Hasil spektrum FTIR polieugenol (Gambar 1) menunjukkan adanya serapan lebar pada bilangan gelombang 3448,72 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya gugus

hidroksil (–OH). Pada spektrum FTIR eugenol gugus –OH terletak pada bilangan gelombang 3518,16 cm⁻¹ (Gambar 2). Hasil yang diperoleh

diperkuat dengan pernyataan Pavia (2009), yang menyatakan spektrum -OH berada pada bilangan gelombang 3200 – 3650 cm^{-1} .

Serapan pada 2870,08 - 2931,80 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur C-H sp^3 dan adanya suatu senyawa aromatis terkonjugasi ditunjukkan oleh pita serapan 1604,77 cm^{-1} dan 1512,19 cm^{-1} (Gambar 1). Serapan pada bilangan gelombang 2839,22 – 2908,65 cm^{-1} pada spektrum eugenol menunjukkan adanya vibrasi C-H sp^3 dan adanya suatu senyawa aromatis ditunjukkan oleh pita serapan 1604,77 cm^{-1} dan 1512,19 cm^{-1} (Gambar 2). Menurut Pavia (2009), spektrum C=C aromatik berada pada bilangan gelombang 1500 –

1600 cm^{-1} dan vibrasi C-H sp^3 stretch ditunjukkan pada serapan 3000 – 2840 cm^{-1} .

Adanya pita serapan pada spektrum IR eugenol menunjukkan adanya serapan pada 1635,64 cm^{-1} merupakan pita serapan karakteristik untuk rentangan C=C yang dikuatkan oleh pita serapan keluar bidang pada 900 - 648 cm^{-1} . Serapan 995,27 cm^{-1} dan 910,40 cm^{-1} menunjukkan gugus tak jenuh berupa gugus vinil (-C=CH₂-) (Gambar 2). Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dengan ini dapat disimpulkan bahwa senyawa mengandung eter (C-O-C-); -OH; metil (-CH₃) dan metilena (-CH₂-) serta gugus vinil.

Tabel 1 Perbandingan Bilangan Gelombang Hasil Interpretasi Data spektrum FTIR eugenol dan polieugenol

No	Bilangan Gelombang (cm^{-1})				Gugus Fungsi
	Polieugenol	Eugenol	Eugenol (Handayani, dkk., 2000)	Pustaka (Pavia, 2009)	
1	3448,72	3518,1	3448,5	3000 - 3600	-OH
2	2931,8 – 2870,08	2908,6 – 2839,2	3000 – 2800	2840 - 3000	C-H sp^3 stretch
3	1604,77 – 1512,19	1604,7 – 1512,1	1612,4 dan 1514	1500-1600	C=C aromatik
4	1458,18	1458,18	-	1465	-CH ₂ bend
5	1365,6	1365,6	-	1375 dan 1450	-CH ₃ bend
6	1226,73	1265,3	1300 – 3000	1080-1300	C-O eter
7	-	910,40 – 995,27	995,2 dan 9142	900 – 1040	Gugus vinil
8	-	1635,6	-	1635	C=C vinil stretch

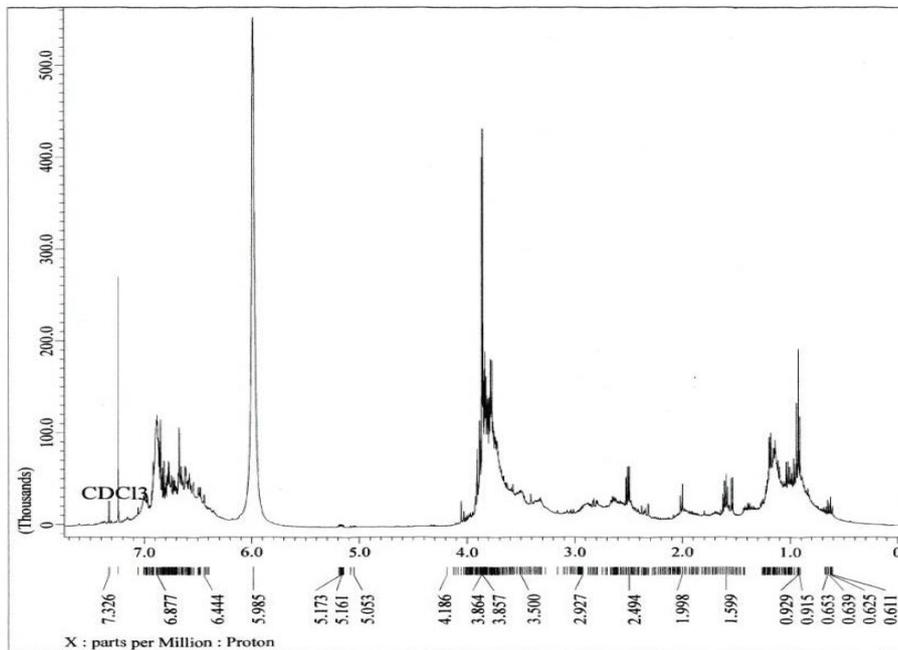
Serapan pada bilangan gelombang 1637,5 cm^{-1} dan 995 cm^{-1} yang merupakan serapan khas untuk gugus vinilik, muncul pada spektrum IR eugenol

sedangkan pada spektrum IR poli(eugenol) tidak muncul. Hal ini menunjukkan bahwa poli(eugenol) telah terbentuk.

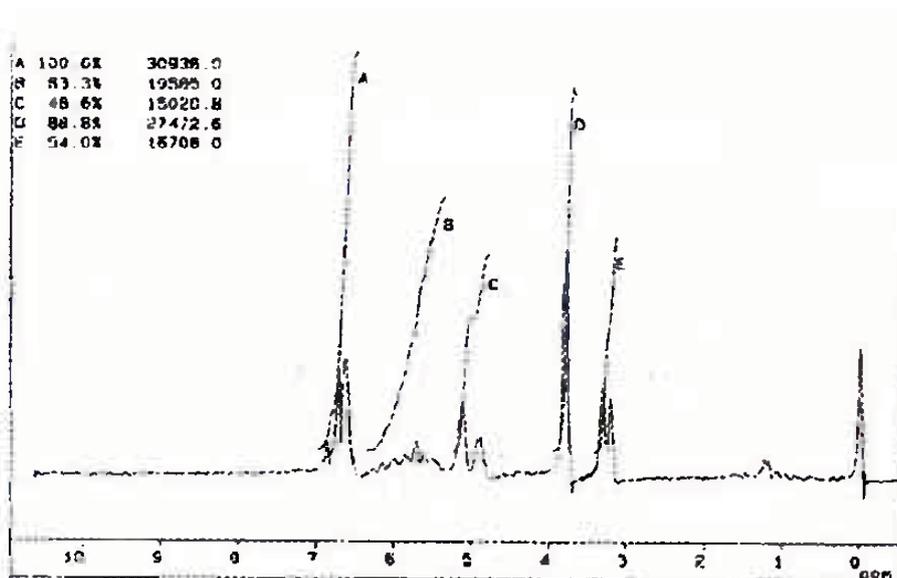
Spektrum ¹H NMR

Energi yang dipakai dalam pengukuran dengan metode ini berada

pada frekuensi 500 MHz, yang bergantung pada jenis inti yang diukur.



Gambar 3 Spektrum ¹H NMR Polieugenol



Gambar 4 Spektrum NMR ¹H eugenol pelarut CDCl₃ (Iswanto dan Susilowati, 2015)

Pada Gambar 4 tampak pada daerah pergeseran kimia 5,0 – 6,0 diduga adanya gugus vinilik pada senyawa eugenol, sedangkan pada Gambar 3 tidak tampak adanya sinyal proton vinilik pada

daerah pergeseran kimia 5,0 (Tabel 2). Hal ini diakibatkan adanya proses terminasi yang membuktikan bahwa proses polimerisasi telah terjadi.

Tabel 2. Hasil Interpretasi Data spektrum ^1H NMR Polieugenol

Puncak	Daerah Serapan (ppm)	Multiplitas	Keterangan
A	6,3 – 7	Duplet	3 H dari Benzena
B	6,0	Singlet	1 H dari –OH
C	3,8	Singlet	Metoksi (–OCH ₃)
D	2,5	Duplet	Metilen (–CH ₂ –)
E	1,6	Multiplet	Metin (–CH–)
F	1,2	Duplet	Metil (–CH ₂ –)

Kelarutan Polieugenol

Polieugenol merupakan padatan berwarna coklat, berbau wangi (minyak cengkeh), mengkilat berupa film dengan titik leleh berkisar 84°C – 90°C, tidak larut dalam air tetapi dapat larut dalam etanol, kloroform, etil asetat dan sedikit larut dalam dietil eter.

Tabel 3 Sifat fisik senyawa polieugenol

Sifat	Polieugenol
Wujud	Padat
Warna	Coklat
Bau	Wangi
Kenampakan	Mengkilap
Kelarutan	Etanol, etil asetat, kloroform

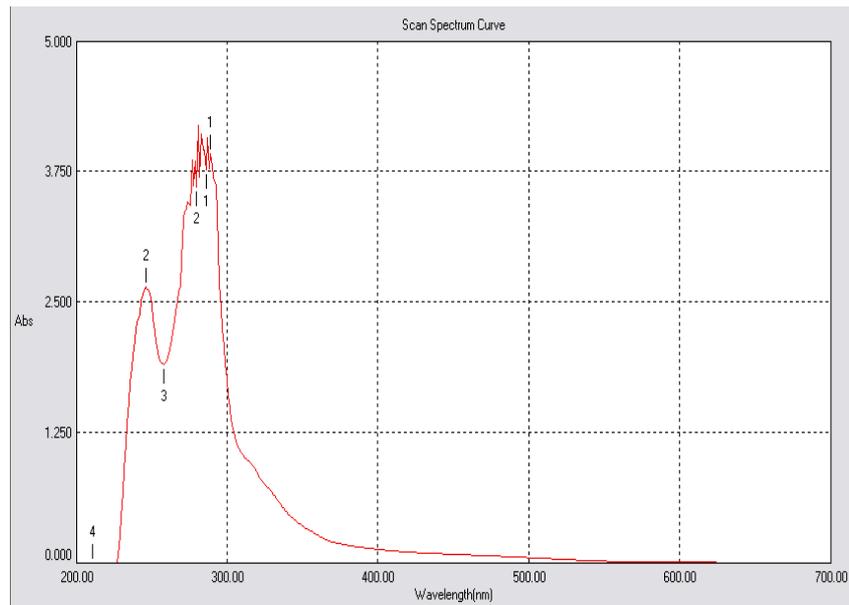
Hasil penelitian menunjukkan sifat senyawa polieugenol (Tabel 3) berbeda dengan beberapa penelitian sebelumnya. Ngadiwiyana (2005), menghasilkan polimer berwarna keungu-unguan dan kelarutan plimer dalam aseton dan benzena. Hasil yang sama pula diperoleh oleh Sudarlin dan Haryadi (2015), yang

menyatakan bahwa warnanya ungu, larut dalam metanol, dan tidak larut dalam potroleum eter. Hal ini dipengaruhi oleh kelarutan pelarut dalam pelarut non polar.

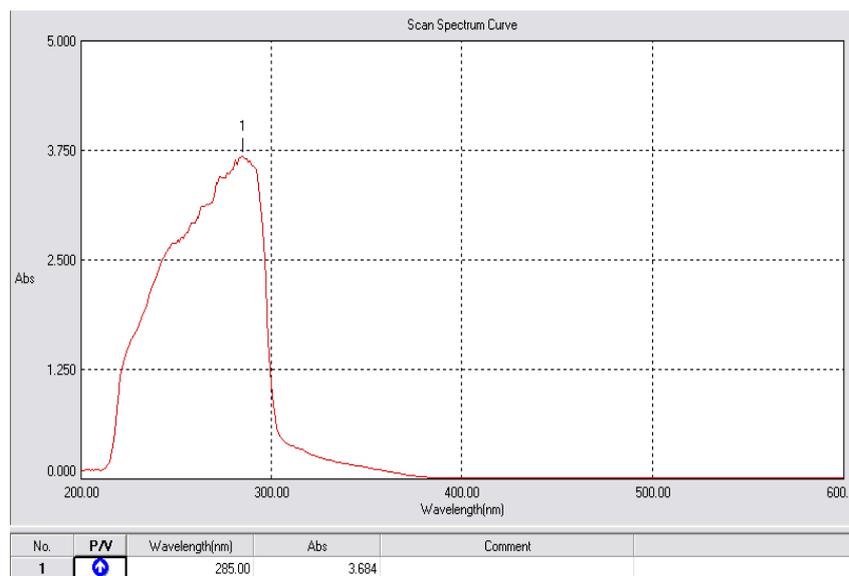
Serapan Warna Polieugenol pada Spektrofotometer UV – Vis

Spektrum absorpsi dalam daerah-daerah ultra ungu dan sinar tampak umumnya terdiri dari satu atau beberapa pita absorpsi yang lebar, semua molekul dapat menyerap radiasi dalam daerah UV–Vis.

Pada Gambar 5, menunjukkan pada puncak no. 1 merupakan panjang gelombang maksimum polieugenol dengan panjang gelombang 289 nm dan nilai absorbansi 3,927. Kemunculan kedua puncak spektrum Uv – Vis polieugenol mengacu pada kromofor yang ada dimana tampak puncak no. 1 dan puncak no. 2 berada pada daerah ultraviolet yang sama. Pada puncak no. 2 pada 246 nm dengan absorbansi 2,643. Kromofor vinilik pada daerah 240 – 280 nm yang merupakan serapan kromofor vinilik sederhana. Adanya 2 puncak pada daerah ultraviolet tersebut kemungkinan mengacu pada satu jenis senyawa yang sama, tetapi dikarenakan senyawa tersebut masih mengandung senyawa-senyawa pengotor maka pada puncak no. 1 muncul puncak yang tak beraturan. Hal ini dipertegas oleh data hasil kromatografi lapis tipis senyawa polieugenol.



Gambar 5 Spektrum Uv-Vis polieugenol



Gambar 6 Spektrum Uv – Vis Eugenol

Hantaran Listrik Polieugenol

Eugenol merupakan senyawa bahan alam yang disintesis menjadi polimer polieugenol melalui proses polimerisasi. Senyawa yang dihasilkan pada tahap polimerisasi memberikan daya tahan listrik. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran hantaran listrik menggunakan alat multimeter menghasilkan tegangan

listrik terbaik sebesar 176,4 volt, arus listrik sebesar 0,05 Ampere dan Hambatan listrik sebesar 16,80 ohm pada konsentrasi asam asetat 4%. Berdasarkan penelitian ini, dapat digunakan dalam bidang teknologi terkhusus bidang energi yang tersimpan dalam senyawa bahanalam hasil sintesis.

Berat Molekul Polieugenol

Hubungan antara viskositas instrinsik dengan berat molekul rerata viskositas diberikan oleh persamaan empiris Mark-Houwink,

$$[\eta] = K \cdot M^a$$

dimana, K dan a = tetapan karakteristik polistirena

Polimer yang dihasilkan berbentuk padat dengan berat molekul sebesar 776.247,12 g/mol dan derajat polimerisasi (n) sebanyak 4.727 kali, hal ini menandakan katalis lengket dengan polimer. Selain itu, polimer yang diperoleh termasuk polimer bermolekul tinggi.

Berat molekul hasil pemurnian yang diperoleh pada penelitian ini, lebih besar dibandingkan dengan penelitian Iswanto (2015), polieugenol yang dihasilkan pada fraksi eter sebesar 182,241 g/mol. Berat molekul poli(eugenol) yang didapatkan oleh Ngadiwiyana (2005), sebesar 7800,75 g/mol. Sudarlin dan Haryadi (2015), berdasarkan hasil perhitungan berat molekul rata-rata polieugenol dari minyak cengkeh hasil redistilasi, ekstraksi dan fraksinasi (F₃) sebesar 14174,22 g/mol dengan derajat pengulangan (n) sebanyak 86 kali. Sementara, berat molekul rata-rata polieugenol dari minyak daun cengkeh hasil redistilasi dan ekstraksi dengan cara yang sama sebesar 13011,52 (n = 79 kali) dan dari minyak daun cengkeh hasil redistilasi sebesar 5140,48 (n = 31 kali).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa Berat molekul polieugenol hasil sintesis adalah 776.247,12 g/mol. Karakteristik senyawa polieugenol yang diperoleh berwujud padat dengan titik leleh 84 – 90 °C, berwarna coklat, berbau harum dan mengkilat, larut dalam etanol, kloroform, etil asetat dan tak larut dalam air.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, B. 1998. Polimerisasi Eugenol dengan Katalis Kompleks Boron Trifluoride Dietil Eter dan Pemakaian Polieugenol sebagai Katalis Transfer Fasa. [*Skripsi*]. Yogyakarta: FMIPA UGM.
- Anwar, C. 1994. The Conversion of Eugenol Into More Valuable Substances. [*Disertation*]. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Handayani. 1998. Polimerisasi Kationik Eugenol dan Sifat Pertukaran Kation Polieugenolnya, [*Tesis*]. Yogyakarta: FMIPA universitas Gadjah Mada.
- Handayani. 2000. Sintesis Polieugenol Dengan Katalis Asam Sulfat. *Journal Ilmu Dasar*. 2(2): 103-110.
- Iswanto, P., dan Susilowati, S. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Polimer dari Minyak Cengkeh Serta Penentuan Berat Molekul Polimer Hasil Fraksinasi. *Prosiding Simposium Nasional Polimer IV*. Hlm. 56-60.
- Ngadiwiyana. 1996. Polimerisasi Eugenol dengan Katalis Asam Sulfat Pekat. [*Skripsi*]. Yogyakarta: FMIPA UGM.

- Nurdjannah, N. 2004. Diversifikasi Penggunaan Cengkeh. *Perspektif*, 3(2) : 61-70
- Pavia, D., Lampman, G.M., Kriz, G.S., Vyvyan, J.R. 2009. *Introduction To Spectroscopy*. Fourth Edition. Departement of Chemistry. Bellingham Washington: Western Washington University.
- Rahim, E.A. 2015. Sintesis Senyawa (S)-(3,4-dimetoksifenil)-2-propanol Dari Metil Eugenol Tanpa Pengaruh Senyawa Optis Aktif. *Laporan Penelitian Mandiri*. Palu: UNTAD.
- Sastrohamidjojo, H. 1981. *Kimia Minyak Atsiri*. Yogyakarta: UGM Press.
- Soesanto, H. 2006. Pembuatan Isoeugenol dari Eugenol menggunakan pemanasan gelombang Mikro. [*Skripsi*]. Bogor: Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, ITB.
- Somaatmadja, D. 2001. Pengambilan Oleoserin Jahe Dengan Cara Ekstraksi Pelarut. [*Skripsi*]. Bogor : Jurusan Hasil Pertanian, IPB.
- Sudarlin, dan Haryadi, W. 2015. Polimerisasi Eugenol Minyak Cengkeh Hasil Redistilasi, Ekstraksi, dan Fraksinasi Menggunakan Katalis Asam Sulfat Pekat. *Jurnal Kimia Valensi*. 3(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.