
POLYMERIZATION OF EUGENOL USING A CONCENTRATED NITRIC ACID (HNO₃) CATALYST AND MEDIA OF ACETIC ACID (CH₃COOH)**Denliana H.N. Pakaya dan P.H Abram**Jurusan Pendidikan MIPA
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tadulako Palu**Abstract**

Eugenol is a pale yellow oily liquid which can be extracted from essential oils such as clove and cinnamon oils. This study aimed to modify eugenol and to reduce environmental pollution caused by polymers by utilizing natural materials through polymerization of eugenol with concentrated nitric acid (HNO₃) and media of acetic acid (CH₃COOH). Various of acetic acid media used were 5%, 25%, and 50%. The result of polieugenol was blackish brown, in the form of shiny gels, smelling of cloves, and soluble in ethanol, slightly soluble in chloroform and insoluble in benzene and water. The product polieugenol was washed with aquades. The yields before washing were 142.75%, 141.25% and 138.75%, and the yield after washing were 88.265%, 88.397% and 87.248%. The Fourier Transform InfraRed (FT-IR) spectrophotometer results showed that the polymerization did not occur perfectly showing by absorption peaks of CH=CH₂ and C = C groups at 995.27 and 1635.89 cm⁻¹.

Keywords: Polieugenol, eugenol, polymer**PENDAHULUAN**

Polimer alami merupakan sumber daya terbarukan yang memiliki peran penting, sebagai bahan ramah lingkungan yang dapat menjaga bumi dari kegiatan eksploitasi manusia (Nisah, 2018). Kata polimer sendiri adalah substansi makro yang tersusun dari rangkaian satu atau lebih monomer yang membentuk molekul-molekul besar yang bergabung menjadi satu kesatuan utuh (Hidayat & Jay, 2017). Polimerisasi dibagi menjadi dua, yaitu polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi. Reaksi polimerisasi adisi biasa disebut reaksi polimerisasi pertumbuhan rantai, dimana pertumbuhan rantai hanya disebabkan oleh penambahan monomer yang terus menerus terhadap radikal bebasnya. Mekanisme reaksi polimerisasi adisi terdiri atas 3 tahap yaitu inisiasi, propagasi, dan terminasi. Salah satu contoh reaksi polimerisasi secara adisi adalah polimerisasi eugenol (Santoso dkk., 2019).

Eugenol, merupakan senyawa utama yang terdapat pada minyak cengkeh (Kant dkk., 2017) cairan berminyak berwarna kuning pucat yang diekstraksi dari minyak cengkeh. Eugenol memiliki sifat anti inflamasi, antioksidan, anestesi serta relaksasi otot (Bhagyalakshmi dkk., 2015). Meskipun secara struktural eugenol adalah molekul yang sederhana, tetapi banyak digunakan untuk berbagai keperluan, misalnya untuk industri farmasi, makanan serta kosmetik, (Nejad dkk., 2017). Eugenol memiliki rumus molekul C₁₀H₁₂O₂ merupakan bahan alam yang cukup murah, serta mempunyai gugus reaktif hidroksi, fenolat serta alil. Adanya gugus tersebut mempermudah memodifikasi menjadi senyawa turunan eugenol lainnya. Contohnya seperti senyawa metil eugenol,

isoeugenol, serta vanili sintetis, polieugenol dll (Rahim, 2016).

Polieugenol, yang terbentuk dari proses polimerisasi eugenol memiliki gugus -OH dan cincin benzene (Kiswando, 2016). Salah satu kegunaannya sebagai carrier dalam metode pemisahan logam yang cukup banyak digunakan pada industri maupun penelitian (Sudarlin & Haryadi, 2017). Berbeda dengan eugenol, pada polieugenol pada umumnya tidak memiliki gugus vinil serta biasanya berwujud padat atau gel tergantung dari proses polimerisasi, penelitian tentang polieugenol dengan katalis telah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya seperti Suirta dkk., (2012) yang telah mensintesis polieugenol menggunakan katalis asam nitrat dan media NaCl. Sedangkan Hikmah dkk., (2018) telah mensintesis polieugenol dengan menggunakan katalis H₂SO₄ - CH₃COOH. Sementara itu Iskandar dkk., (2016) yang telah mensintesis polieugenol dengan katalis asam klorida dan media natrium klorida. Lalu Permatasari dkk., (2019) mensintesis polieugenol dengan katalis asam sulfat.

Katalis banyak digunakan pada penelitian sebelumnya hal ini karena, dengan katalis proses reaksi akan berlangsung secara cepat (Purnami dkk., 2015). Salah satu katalis yang digunakan dalam proses polimerisasi adalah katalis asam nitrat (HNO₃) sebab beberapa penelitian menggunakan asam kuat atau asam lewis sebagai katalis dalam polimerisasi. Selain termasuk asam kuat, asam nitrat memiliki harga yang relatif murah (Nuraeni dkk., 2019). Ciri-ciri dari asam nitrat yaitu cairan tidak berwarna pada temperatur kamar dan tekanan atmosfer. Asam nitrat disebut juga aqua fortis dan azotic acid. Selain menggunakan katalis pada Penelitian

sebelumnya juga memerlukan sebuah metode atau alat untuk menganalisis gugus fungsi dari polieugenol. Salah satu metode atau alat yang digunakan adalah FTIR.

Fourier transform infrared (FTIR) adalah alat spektroskopi yang paling banyak digunakan untuk mengidentifikasi konstituen kimia dan untuk menjelaskan struktur senyawa dan sebagai metode hemat waktu dalam mengkarakterisasi atau mengidentifikasi gugus fungsional yang berdasarkan energi vibrasi dari mode ikatan kimia tertentu dalam senyawa atau bahan yang diperoleh secara sintetis atau secara alami (Chaudhary dkk., 2015). Selain itu, analisis dengan menggunakan IR juga memberikan informasi tentang kandungan aditif, Panjang rantai, dan struktur rantai polimer (Sulistiyani, 2018). Teknik analisis dengan menggunakan spektroskopi inframerah sendiri adalah cara lama yang telah banyak digunakan pada industri yang bergerak dibidang lemak atau minyak (Verma, 2016). Berdasarkan panjang gelombang, daerah inframerah dibagi menjadi tiga daerah, yaitu IR dekat (14000- 4000 cm⁻¹) yang peka terhadap vibrasi overtone, lalu IR sedang (4000-400 cm⁻¹) berkaitan dengan transisi energi vibrasi dari molekul yang memberikan informasi mengenai gugus-gugus fungsi dalam molekul tersebut, dan IR jauh (400-10 cm⁻¹) untuk menganalisis molekul yang mengandung atom-atom berat seperti senyawa anorganik tapi butuh Teknik yang khusus (Nindya dkk., 2018).

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai polimerisasi eugenol dengan menggunakan katalis asam nitrat pekat (HNO₃) dengan menambahkan asam asetat (CH₃COOH) sebagai media.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan yaitu Gelas ukur, Neraca digital, Spektrofotometri IR, Corong, Gelas kimia 50 mL, Pipet tetes, Spatula, Botol Semprot, Magnetik stirrer, Erlenmeyer 250 mL, Gelas ukur 10 mL, Pipet volume, Tabung reaksi, Rak tabung.

Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu Eugenol murni, Asam Nitrat, Asam Asetat 50%, 25%, dan 5%, Aquades, Alumunium foil, Larutan Metanol, Kertas Saring.

Polimerisasi eugenol menggunakan katalis asam nitrat dengan media asam asetat.

Sampel yang digunakan dalam proses polimerisasi adalah eugenol hal ini karena eugenol memiliki tiga gugus (Cholid dkk., 2018). Tahap pertama dalam proses polimerisasi eugenol yaitu memasukkan 4gram eugenol kedalam gelas beker, kemudian mencampurkan 3,2 mL asam nitrat pekat dengan 0,8 mL media

CH₃COOH selanjutnya dimasukkan kedalam gelas beker yang berisi eugenol sambil diaduk dengan stirrer magnet. Penambahan campuran asam nitrat pekat dengan media asam asetat ini dilakukan tetes demi tetes sampai polimer mengental dan mengeluarkan asap. Polimerisasi dihentikan dengan menambahkan 0,1 mL metanol. Padatan yang terbentuk ditimbang, lalu didiamkan selama 2 x 24 jam kemudian dicuci dengan aquades sebanyak 4x lalu disaring dan dikeringkan selama 1 x 24, kemudian Residu ditimbang. Perlakuan menggunakan tiga variasi konsentrasi asam asetat yang berbeda yaitu 5%, 25% dan 50%.

Pengujian kelarutan

Pengujian kelarutan dilakukan dengan cara melarutkan 0,25gram polieugenol di masukkan kedalam 3 tabung reaksi kemudian masing masing tabung ditambahkan 2,5 mL pelarut etanol, benzene, dan kloroform lalu di kocok, Kemudian di amati. (Hikmah dkk., 2018)

Analisis Polieugenol

Analisis dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Fourier Transform InfraRed atau FT-IR, untuk melihat gugus fungsi (Fathanah dkk., 2019). Analisis dilakukan pada 4 sampel yaitu eugenol, dan polieugenol dengan konsentrasi 5%, 25% serta 50%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Polimerisasi eugenol menggunakan katalis asam nitrat dengan media asam asetat.

Tahap Polimerisasi dilakukan dengan mereaksikan eugenol dengan katalis asam nitrat dan ditambahkan media asam asetat dengan variasi yang berbeda-beda yaitu 5%, 25%, dan 50%. Pada proses polimerisasi ditandai dengan keluarnya asap dan polimer mengental (Hikmah dkk., 2018). Hasil akhir dari proses polimerisasi didapatkan polieugenol berwujud gel, berwarna hitam kecoklatan dan berbau seperti cengkeh. Berat total yang didapatkan dari polieugenol dengan konsentrasi asam asetat untuk konsentrasi 5%, 25%, dan 50% dalam campuran katalis diperoleh total 5,71gram, 5,65gram, dan 5,55gram. Rendemen polieugenol yang didapatkan untuk masing - masing konsentrasi asam asetat yaitu 142,75 %, 141,25 %, dan 138,75%.

Tahap pemurnian atau pencucian ini dilakukan dengan mendinginkan polieugenol selama

2x24 jam pada suhu ruang agar pelarut yang ada pada polieugenol menguap hal ini akan memudahkan proses pencucian. Selanjutnya polieugenol dicuci dengan aquades sebanyak 4 kali sampai air pencucian menjadi bening yang

menandakan polieugenol bebas dari pengotor yang masih tertinggal, pendiaman dilakukan kembali selama 1x24 jam pada suhu ruang agar polieugenol bebas dari kadar air. Hasil rendemen dari polieugenol setelah pencucian untuk konsentrasi 5%, 25% serta 50% yaitu 88,265%, 88,397%, serta 87,248%.

Hasil penelitian yang didapatkan berbeda dari penelitian sebelumnya, Menurut Hikmah dkk., (2018) polieugenol yang didapatkan adalah berbentuk padat dan berwarna hitam keunguan, sedangkan menurut Suirta dkk., (2012) warna polieugenol hitam kemerahan, sedangkan menurut Permatasari dkk., (2019) polieugenol yang dihasilkan berbentuk padat dan berwarna coklat tua.

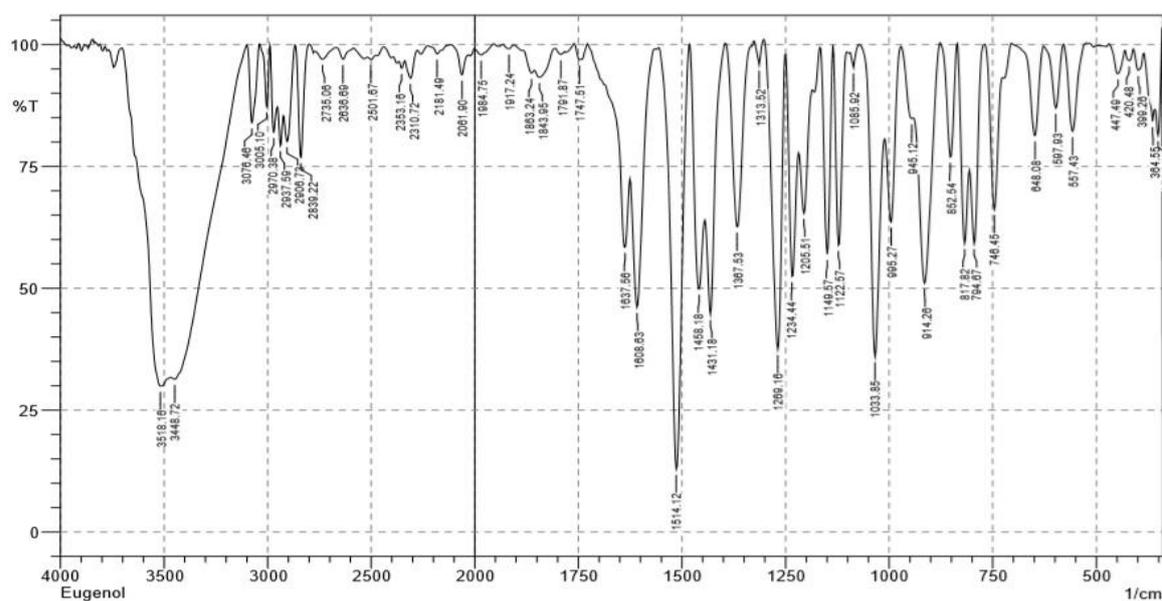
Pengujian kelarutan

Pengujian kelarutan dari polieugenol menggunakan tiga larutan berbeda yaitu benzena, kloroform dan ethanol. Polieugenol yang diperlukan dalam pengujian ini sebanyak 0,25gram tiap tabung reaksi. Masing-masing tabung ditambahkan 2,5 MI pelarut ethanol, benzene, dan kloroform. Hasil yang didapatkan yaitu polieugenol tidak larut dalam benzene, tetapi sangat larut dengan ethanol dan sedikit larut pada kloroform.

Menurut Hikmah dkk., (2018) hasil polieugenol yang didapatkannya, larut pada etanol, etil asetat, kloroform serta tidak larut dengan benzena dan n-heksan. Penelitian Suirta dkk., (2012) mendapatkan polieugenol yang larut dalam ethanol dan kloroform. Menurut Iskandar dkk., (2016) Hasil uji kelarutan polieugenol menunjukkan polieugenol tidak larut dalam air, sedikit larut dalam etil asetat, dan larut sempurna dalam pelarut n-heksana, metanol, dan etanol. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi proses kelarutan selain dari sifat kepolaran, yaitu temperature dan berat jenis. Menurut Iskandar dkk., (2016) polieugenol tidak larut dalam pelarut yang memiliki berat jenis cukup besar.

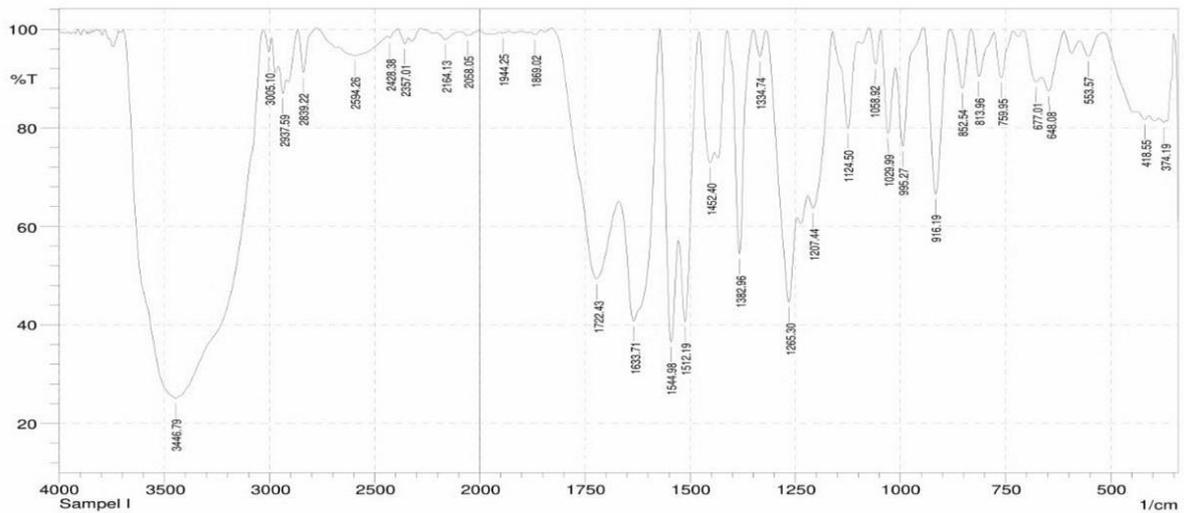
Analisis polieugenol

Analisis polieugenol pada penelitian ini menggunakan alat Spektrofotometer Fourier Transform Infrared atau FT-IR, salah satu instrument yang digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa tanpa merusak sampel (Nindya dkk., 2018). Analisis ini menggunakan 4 sampel yaitu eugenol, dan polieugenol dengan konsentrasi CH_3COOH 5%, 25% serta 50%. Hasil, analisis eugenol dan polieugenol dapat dilihat pada Gambar berikut

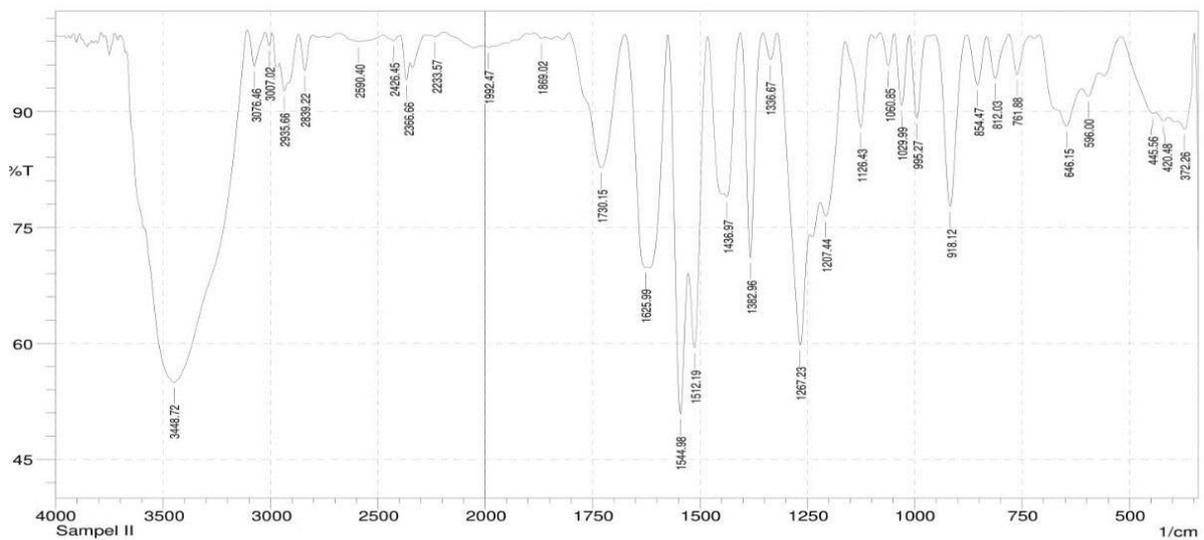


Gambar 1. Eugenol

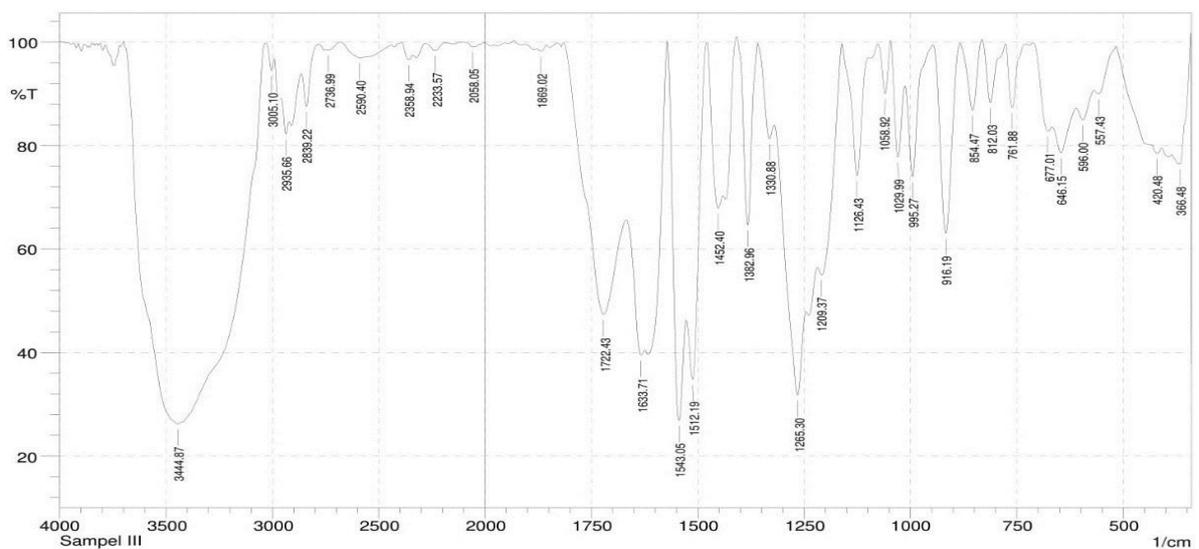
Polymerization of Eugenol Using a Concentrated Nitric Acid (HNO_3) Catalyst and Media of Acetic Acid (CH_3COOH)
(Denliana H.N. Pakaya)



Gambar 2. Spektrum Polieugenol dengan konsentrasi CH_3COOH 5%.



Gambar 3. Spektrum Polieugenol dengan konsentrasi CH_3COOH 25%.



Gambar 4. Spektrum Polieugenol dengan konsentrasi CH_3COOH 50%

Hasil spektrum FTIR eugenol pada Gambar 1. menunjukkan adanya serapan lebar pada bilangan gelombang 3448.72 cm^{-1} – $3518,16\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus fungsi hidroksi (-OH). Pada serapan $1637,56\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus C=C Vinil Strech. Serapan selanjutnya yaitu $1514,12 - 1608,63\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus C=C aromatic, lalu serapan $1367,53$ – $1458,18\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus $-\text{CH}_3$ bend. Untuk serapan $1033,85 - 1269,16\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus C-O eter selanjutnya serapan $914,26 - 1033,85\text{ cm}^{-1}$ adalah gugus vinil.

Hasil spektrum FTIR untuk polieugenol dengan konsentrasi CH_3COOH 5% pada Gambar 2. menunjukkan adanya serapan lebar pada bilangan gelombang 3446.79 cm^{-1} yang menunjukkan gugus fungsi hidroksi (-OH). Serapan selanjutnya yaitu pada serapan $1633,71\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus C=C Vinil Strech. Serapan selanjutnya yaitu $1512,19$ – $1544,98\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus C=C aromatic, lalu serapan $1382,96$ dan $1452,40\text{ cm}^{-1}$ adalah gugus- CH_3 bend. Untuk serapan $1207,44 - 1265,30\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus C-O eter selanjutnya serapan $916,19 - 1029,99\text{ cm}^{-1}$ adalah gugus vinil.

Hasil dari spektrum FTIR polieugenol dengan konsentrasi CH_3COOH 25% Gambar 3. menunjukkan adanya serapan lebar pada

bilangan gelombang 3448.72 cm^{-1} yang menunjukkan gugus fungsi hidroksi (-OH). Serapan selanjutnya yaitu $1625,99\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus C=C Vinil Strech. Serapan selanjutnya yaitu $1512,19 - 1544,98\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus C=C aromatic, lalu serapan $1382,96 - 1436,97\text{ cm}^{-1}$ adalah gugus $-\text{CH}_3$ bend. Untuk serapan $1207,44 - 1267,23\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus C-O eter selanjutnya serapan $918,12$ adalah gugus vinil.

Hasil dari spektrum FTIR polieugenol dengan konsentrasi CH_3COOH 50% Gambar 4. menunjukkan adanya serapan lebar pada bilangan gelombang 3444.87 cm^{-1} yang menunjukkan gugus fungsi hidroksi (-OH). Serapan selanjutnya yaitu $1633,71\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus C=C Vinil Strech. Selanjutnya untuk serapan $1512,19 - 1543,05\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus C=C aromatic, lalu serapan $1382,96 - 1452,40\text{ cm}^{-1}$ adalah gugus $-\text{CH}_3$ bend. Untuk serapan $1209,37 - 1265,30\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus C-O eter selanjutnya serapan $916,19\text{ cm}^{-1}$ adalah gugus vinil.

Hasil analisis yang didapatkan antara eugenol dan polieugenol memiliki gugus yang sama yaitu (-OH), (C=C aromatic), ($-\text{CH}_3$ bend), (C-O eter), Gugus Vinil, dan Vinil stretch.

Tabel 1. Perbandingan Bilangan Gelombang Spektrum FTIR Polieugenol.

Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})					
	Polieugenol 5%	Polieugenol 25%	Polieugenol 50%	Polieugenol (Suirta dkk., 2012)	Polieugenol (Hikmah dkk., 2018)	Eugenol
- OH	3446,79	3448,72	3444.87	3425,58	3448,72	3448,72 – 3518,16
C-O eter	1207,44 – 1265,30	1207,44 – 1267,23	1209,37 – 1265,30	-	1226,73	1033,85 – 1269,16
C=C aromatic	1512,19 – 1544,98	1512,19 – 1544,98	1512,19 – 1543,05	1550,77	1604,77 – 1512,19	1514,12 – 1608,63
- CH_3 bend	1382,96 – 1452,40	1382,96 – 1436,97	1382,96 – 1452,40	1435,04	1365,6	1367,53 – 1458,18
Gugus vinil	916,19 – 1029,99	918,12	916,19	995,27	-	914,26 – 1033,85
C=C vinil stretch	1633,71	1625,99	1633,71	1635,89	-	1637,56

Hasil perbandingan analisis FTIR dari polieugenol dengan media CH_3COOH 5%, 25%, dan 50% tidak jauh berbeda, sampel eugenol, serta sampel polieugenol 5%, 25% dan 50% masing- masing masih terdapat gugus vinil dan C=C vinil stretch pada daerah sekitaran serapan 900-1040 dan 1635. Hal ini menandakan bahwa proses polimerisasi tidak terjadi dengan sempurna karena masih adanya gugus vinil pada hasil akhir (Suirta dkk., 2012). Faktor-faktor yang menghambat proses polimerisasi sehingga tidak terjadi dengan sempurna diduga karena proses

pencucian yang kurang bersih dari pengotor karena hanya menghilangkan sisa katalis dan media tetapi tidak menghilangkan sisa eugenol karena eugenol tidak mudah larut pada aquades. Hal itu dapat dibuktikan dengan masih adanya bau cengkeh yang kuat pada polieugenol. Sehingga pada saat proses analisis menggunakan Spektrofotometer Fourier Transform Infrared sisa pengotor (eugenol) ikut pula teranalisis, akibatnya gugus vinil ikut terbaca didalam hasil analisis sehingga hasil polimerisasi menjadi kurang sempurna.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian ini berwujud gel mengkilap, berwarna coklat kehitaman, berbau khas cengkeh serta larut pada etanol dan kloroform tetapi tidak larut pada air dan benzena. Hasil analisis FTIR Polimerisasi eugenol pada penelitian ini tidak terjadi dengan sempurna karena masih adanya Gugus vinil dan C=C vinil stretch.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu penelitian ini, khususnya kepada dosen pembimbing Bapak Paulus Hengky Abram yang telah memberikan saran dan masukan untuk tulisan ini. Kemudian kepada Laboran Laboratorium Kimia Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tadulako, yang telah banyak membantu sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bhagyalakshmi, G., Madhusudhan, U., & R, R. (2015). Effect of eugenol on the behaviour of wistar albino rats subjected to noise induced stress. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4(8), 921–924.
- [2] Chaudhary, S. P., Mishra, A., Singh, A. K., Dwivedi, K. N., & Ram, B. (2015). A FT-IR spectroscopic study of phytoconstituents of prepared formulation of arjuna (terminalia arjuna lin .) and shilajatu. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(12).
- [3] Cholid, M., Haris, A., Pardoyo, P., & Rosdiana, K. (2018). Pengaruh jumlah mol kroslinker pada selektifitas IIP berbasis polieugenol terhadap Fe (III). *Alchemy*, 14(2), 291–302.
- [4] Fathanah, U., Machdar, I., Riza, M., Rahman, N. A., Lubis, M. R., Qibtiyah, M., & Jihannisa, R. (2019). Pembuatan dan karakterisasi membran polyethersulfone (PES) -kitosan secara blending polimer. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik*, 3(1), 62–66.
- [6] Hidayat, S., & Jay, I. A. (2017). Analisa DCS (Distributed Control System) pada proses polimerisasi. *Sutet*, 7(1).
- [7] Hikmah, S. A., Rahim, E. A., & Musafira. (2018).
- [8] Sintesis dan karakteristik polieugenol dari eugenol menggunakan katalis H₂SO₄-CH₃COOH. *Kovalen*, 4(3), 285–296.
- [9] Iskandar, D. A. P., Wijaya, M., & Putri, S. E. (2016). Pengaruh katalis asam klorida dan media natrium klorida terhadap sintetik polieugenol dari minyak cengkeh (*Syzygium aromaticum*). *Jurnal Chemica*, 17(1), 33–44.
- [10] Kant, R., Chopra, C., & Sisodia, N. (2017). To study the effect of clove oil on physical properties of khadi cotton. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 6(12), 955–957.
- [11] Kiswandono, A. A. (2016). Metode membran cair untuk pemisahan fenol. *Analit*, 1(01).
- [12] Martin, S. (2018). Spektroskopi fourier transform infra red metode reflektansi (ATR-FTIR) pada optimasi pengukuran spektrum vibrasi vitamin C. *Temapela*, 1(2), 39–43.
- [13] Mohammadi Nejad, S., Özgüneş, H., & Başaran, N. (2017). Pharmacological and toxicological properties of eugenol. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 14(2), 201–206.
- [14] Nindya Wulan, S., Miskah Yumna, F., & Anjas, W. (2018). Analisis fitokimia dan gugus fungsi dari ekstrak etanol pisang goroho merah (*MUSA ACUMINATE (L)*). *IJOB*, 2(1).
- [15] Nisah, K. (2018). Pembuatan plastik biodegradable dari polimer alam. *Elkawanie*, 4(2).
- [16] Nuraeni, N., Yun, Y. febrianti, & Agustini, D. M. (2019). Biodiesel from waste cooking oil using activate carbon as adsorbent and synthesis of triacetin using nitric acid as catalyst. *Kartika Kimia*, 2(1), 17–22.
- [17] Permatasari, S. I., Djunaidi, M. C., & Tengah, S. J. (2019). Pemisahan ion logam krom dari limbah elektroplating. *Analit*, 4(02), 14–27.
- [18] Purnami, ING, W., & Veronika, K. (2015). Pengaruh penggunaan katalis terhadap laju dan efisiensi pembentukan hidrogen. *Rekayasa Mesin*, 6(1), 51–59.
- [19] Rahim, E. A. (2016). Sintesis absolut asimetric baru. *Kovalen*, 2(1), 48–52.
- [20] Santoso, B., Lindy, N. A. R., Aisyah, S., & Vr, S. (2019). Perhitungan neraca massa dan panas pada reaktor polimerisasi ; studi kasus pabrik pengolahan bijih plastik. *Teknik Kimia*, 25(2).
- [21] Sudarlin, S., & Haryadi, W. (2017). Polimerisasi eugenol minyak daun cengkeh hasil redistilasi, ekstraksi, dan fraksinasi menggunakan katalis asam sulfat pekat. *Valensi*, 3(1), 50–58.
- [22] Suirta, I. W., Rustini, N. L., & Prakasa, T. I. (2012). Sintesis polieugenol dari eugenol dengan katalis asam nitrat pekat dan media natrium klorida. *Kimia*, 6(1), 37–46.
- [23] Verma Geeta. (2016). FTIR spectroscopy? A technique for the evaluation of edible oil oxidation. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(1), 294–296.