

SINTESIS POLIEUGENOL DARI EUGENOL DENGAN KATALIS ASAM NITRAT PEKAT DAN MEDIA NATRIUM KLORIDA

I Wayan Suirta, Ni Luh Rustini, dan Taka Iqbal Prakasa

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian sintesis polieugenol dari eugenol menggunakan katalis asam nitrat pekat dengan media NaCl. Eugenol diperoleh dari minyak cengkeh yang telah diredestilasi. Sintesis polieugenol dilakukan dengan menggunakan katalis asam nitrat dengan media NaCl dan tanpa media NaCl. Perbandingan konsentrasi (mol) asam nitrat dengan eugenol yang digunakan adalah 4 : 1. Hasil polimerisasi dianalisis dengan spectra inframerah, ditentukan rendemen dan sifat-sifat fisisnya.

Hasil penelitian diperoleh rendemen polieugenol dengan media NaCl sebesar 42,97 % dengan bentuk fisik berupa gel berwarna hitam kemerahan dan titik lebur 114,6 – 150°C. Untuk polieugenol tanpa media NaCl diperoleh rendemen sebesar 47,77 % dengan bentuk fisik berupa padatan berwarna merah bata dan titik lebur sebesar 87-89°C. Hasil analisis dengan spektrofotometer inframerah menunjukkan bahwa pada polimerisasi menggunakan media tidak terjadi dengan sempurna karena masih adanya gugus CH=CH₂ pada serapan 995.27 dan C=C pada serapan 1635,89 cm⁻¹, sedangkan tanpa media, kedua gugus tersebut telah hilang.

Kata kunci : eugenol, polieugenol, asam nitrat, NaCl

ABSTRACT

Polyeugenol has been synthesized from eugenol by using nitric acid as a catalyst and sodium chloride medium. Eugenol was obtained from clove oil which was previously redestill. The synthesis was carried but by using nitric acid catalyst on sodium chloride medium and without sodium chloride. The ratio of nitric acid to eugenol as 4 : 1. Polymerization result was analyzed by using infrared spectroscopy. Its rendement and its characteristics were also.

The yield with sodium chloride medium was 42,97 %, a reddish black gel with melting point of 114,6-150°C. The yield without sodium chloride medium was 47,77 %, a solid brick red with melting point of 87-89°C. The infrared spectroscopy result showed that on the polymerization with medium was unsuccessful because the still CH=CH₂ group absorption at 995.27 cm⁻¹ and C=C at 1635,89 cm⁻¹ were still existed, whereas for the polymerization without medium, both absorptions were absent.

Keywords : eugenol, polieugenol, nitric acid, sodium chloride

PENDAHULUAN

Polimer dari tahun ke tahun terus diteliti, dikembangkan dan penggunaannya semakin meluas. Perkembangan industri polimer yang cukup pesat memberikan sejumlah terobosan baru untuk menciptakan berbagai sistem polimer baru maupun pengembangan sistem polimer yang telah ada. Polimer terus menerus menggantikan material tradisional mulai dari

konstruksi bangunan (cat, pipa, dan sebagainya), industri kemasan (botol, film, plastik, nampan, dan sebagainya), industri serat kain (poliester, nylon), hingga ke industri otomotif dan pesawat terbang. Oleh karena itu pembuatan dan penggunaan polimer sintesis memegang peranan penting dalam industri modern (Handayani, 2004).

Salah satu polimer yang mulai dikembangkan dan dimanfaatkan kegunaannya

adalah polieugenol. Polieugenol dapat dimanfaatkan sebagai *carrier* dalam metode pemisahan logam dengan menggunakan teknik *Bulky Liquid Membrane* (BLM). Logam-logam yang akan dipisahkan dengan polieugenol sebagai senyawa pembawa adalah Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Cd^{2+} (Nindya, 2005).

Polieugenol dapat disintesis dari eugenol. Eugenol mempunyai beberapa gugus fungsional (gugus alil, metoksi, dan hidroksi), maka eugenol dapat diubah menjadi senyawa lain yang lebih bermanfaat. Polieugenol merupakan salah satu pengembangan dari eugenol selain isoeugenol (Sastrohamidjojo, 1981).

Eugenol merupakan penyusun utama dari minyak cengkeh, sekitar 80 % dan sisanya berupa senyawa kariofilena. Minyak cengkeh itu sendiri merupakan salah satu minyak atsiri yang mempunyai nilai ekonomis cukup tinggi dan dihasilkan dalam jumlah yang cukup besar di Indonesia. Jadi, untuk meningkatkan nilai ekonomisnya, minyak cengkeh dapat kita manfaatkan untuk mendapatkan eugenol dan disintesis menjadi polieugenol (Sastrohamidjojo, 1981).

Ngadiwiyana (1996) telah mensintesis polieugenol dari eugenol minyak cengkeh hasil ekstraksi dan destilasi fraksinasi pengurangan tekanan, menggunakan katalis asam sulfat pekat tanpa media. Rendemen polieugenol yang dihasilkan dengan metode tersebut adalah 73,20 % dengan ciri-ciri berwarna merah keunguan, titik lebur 86°C , tidak larut dalam air tetapi larut dalam aseton, kloroform, dan benzena.

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-heksana dengan rendemen 73,36 %. Ciri fisiknya hampir sama yaitu berwarna merah bata, titik lebur $83 - 85^\circ\text{C}$, tidak larut dalam air tetapi larut dalam aseton, kloroform, dan benzena.

Handayani (2000) telah mempelajari perbandingan mol eugenol dan katalis asam sulfat yang tepat untuk memperoleh polieugenol, dengan variasi antara lain 1:2, 1:4, dan 1:8. Perbandingan katalis dan eugenol yang tepat agar polieugenol terbentuk sempurna berdasarkan penelitian tersebut adalah 1:4. Pada perbandingan 1:2 polieugenol belum sempurna,

sedangkan pada perbandingan 1:8 polieugenol belum terbentuk. Rendemen yang dihasilkan hanya 19,66 %, sehingga tidak efisien dan waktu yang digunakan masih sangat lama.

Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut agar sintesis polieugenol ini dapat dilakukan secara efektif dan efisien. Dalam penelitian ini digunakan katalis asam nitrat pekat dan media NaCl. Penggunaan asam nitrat pekat sebagai katalis diharapkan dapat meningkatkan rendemen dan mengurangi reaksi samping.

Salah satu media pendukung yang disarankan adalah garam yang tidak memiliki ion katalis asam yang digunakan, misalnya NaCl. Garam semacam ini secara teoritis membantu efek katalis asam dengan mempercepat transfer ion hidrogen, sehingga waktu reaksi dapat dipersingkat. Selain tidak memiliki ion nitrat, NaCl merupakan elektrolit kuat, relatif murah, aman, dan mudah diperoleh (Ngadiwiyana, 1996).

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak cengkeh (*clove oil*). Zat-zat kimia yang digunakan dalam penelitian adalah natrium hidroksida, asam nitrat pekat 65 %, asam klorida 37 %, metanol, natrium sulfat anhidrat, petroleum eter, natrium klorida, kloroform, dan akuades..

Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat penguap putar, melting point apparatus, seperangkat alat GC, pH meter, spektrofotometer IR FTIR-820 IPC, timbangan, stopwatch, alat-alat gelas laboratorium.

Cara Kerja

Isolasi eugenol dari minyak cengkeh

Sebelum diekstraksi, minyak cengkeh diredestilasi untuk memperoleh minyak yang lebih bersih dan murni. Kemudian kadar eugenol dalam sampel diperiksa terlebih dahulu menggunakan kromatografi gas. Selanjutnya 3 gram minyak cengkeh dimasukkan ke dalam

corong pisah, dan diaduk dengan penambahan 250 mL larutan NaOH 3 M. Ekstraksi dilakukan sampai eugenol terekstraksi sempurna. Fraksi Na-eugenolat (lapisan bawah) diekstraksi dengan petroleum eter 3 kali masing-masing 100 mL. Fraksi Na-eugenolat diasamkan dengan HCl 3 M sambil diaduk dengan pengaduk magnet sampai pH=2-3. pH diukur menggunakan kertas pH.

Setelah didiamkan satu malam, terbentuk dua lapisan. Lapisan tersebut dipisahkan. Lapisan atas (organik) disimpan, sedangkan lapisan bawah diekstrak dengan petroleum eter dua kali masing-masing 100 mL. Lapisan organik digabung, dan ditambahkan Na₂SO₄ anhidrat. pelarutnya diuapkan pada alat penguap putar. Kemurnian eugenol diperiksa dengan kromatografi gas (GC). Analisis struktur dilakukan dengan alat spektrofotometer IR.

Polimerisasi eugenol dengan media NaCl

Polimerisasi eugenol dengan perbandingan mol eugenol dengan asam nitrat pekat 1 : 4 dilakukan dengan mereaksikan 2 gram eugenol dengan 3,40 mL asam nitrat pekat pada media 25 mL NaCl 1 M dalam gelas beker 250 mL sambil diaduk dengan pengaduk magnet. Penambahan asam nitrat pekat ini dilakukan setiap 30 menit sekali selama 2 jam masing-masing 0,85 mL, polimerisasi dihentikan dengan menambahkan 0,2 mL metanol. Endapan yang terbentuk didekantasi, dan dicuci dengan aquades kemudian disaring dan dikeringkan. Residu ditimbang, ditentukan titik leburnya dan

strukturnya ditentukan dengan spektrofotometer IR.

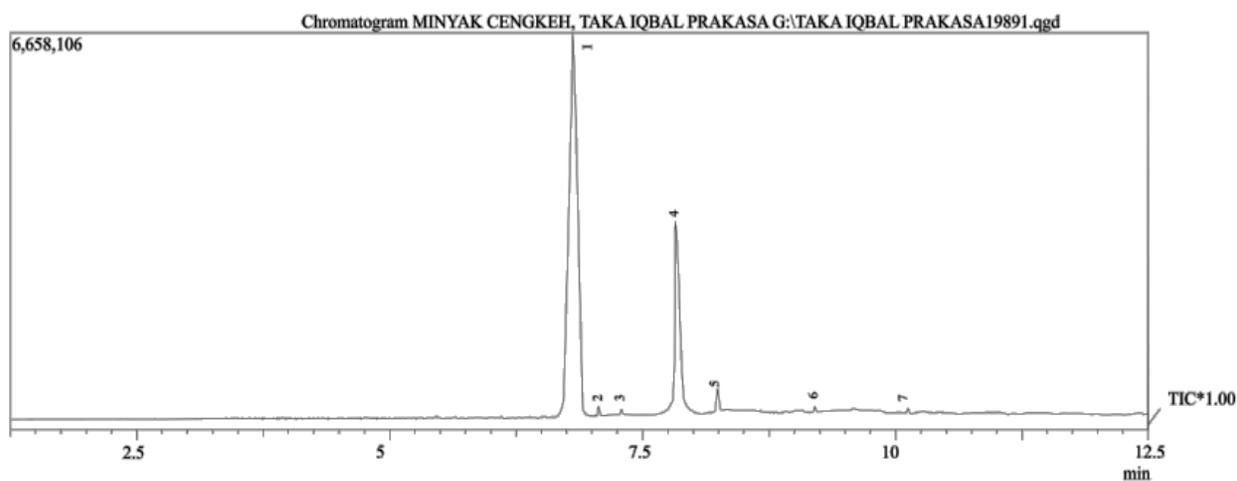
Polimerisasi eugenol tanpa media NaCl

Polimerisasi eugenol dengan perbandingan mol eugenol dengan asam nitrat pekat 1 : 4 dilakukan dengan mereaksikan 2 gram eugenol dengan 3,40 mL asam nitrat pekat dalam gelas beker 250 mL sambil diaduk dengan pengaduk magnet. Penambahan asam nitrat pekat ini dilakukan setiap 30 menit sekali selama 2 jam masing-masing 0,85 mL, polimerisasi dihentikan dengan menambahkan 0,2 mL metanol. Endapan yang terbentuk didekantasi, dan dicuci dengan aquades kemudian disaring dan dikeringkan. Residu ditimbang, ditentukan titik leburnya dan strukturnya ditentukan dengan spektrofotometer IR.

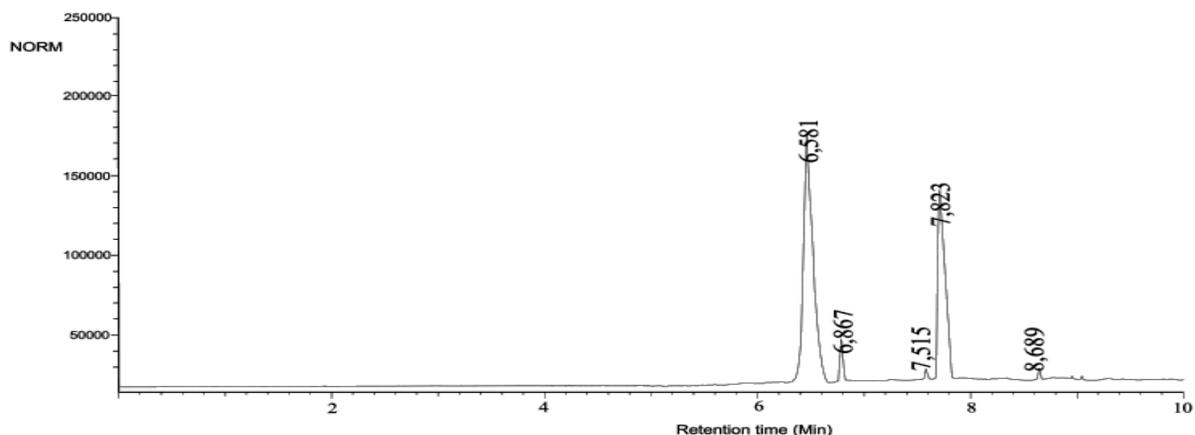
HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Eugenol

Sebelum dilakukan isolasi eugenol, 3,431 g minyak cengkeh yang masih kotor diredestilasi sehingga diperoleh 3,064 g minyak yang bersih dan jernih dengan rendemen 89,32 %. Hasil redestilasi minyak cengkeh kemudian dianalisis menggunakan kromatografi gas. Hasil kromatogram destilat minyak cengkeh dan kromatogram standar minyak cengkeh ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



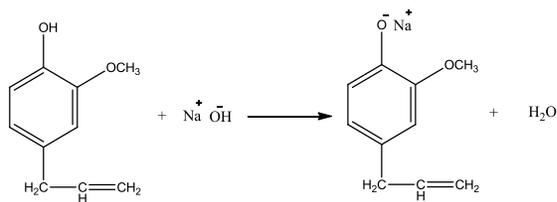
Gambar 1. Kromatogram redestilat minyak cengkeh



Gambar 2. Kromatogram standar minyak cengkeh

Berdasarkan hasil kromatogram diatas menunjukkan bahwa ada tujuh senyawa yang terkandung dalam minyak cengkeh hasil destilasi. Komponen yang terbesar adalah eugenol pada waktu retensi (t_R) 6,690 sebesar 72,06 % dan kariofilen pada waktu retensi (t_R) 7,714 sebesar 22,87%. Kromatogram yang diperoleh menunjukkan adanya kesamaan antara senyawa sampel dengan minyak cengkeh standar, dimana terdapat satu puncak dengan waktu retensi yang hampir sama yakni 6,690 menit pada sampel dan 6,581 menit yang menunjukkan komponen eugenol standar.

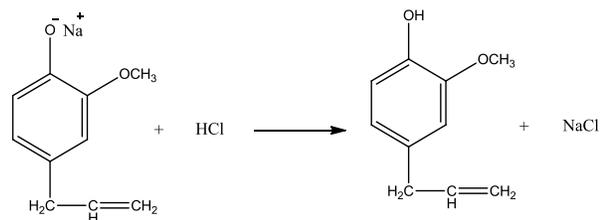
Untuk mendapatkan eugenol murni, larutan NaOH ditambahkan ke dalam minyak cengkeh hasil redestilasi. Penambahan larutan NaOH bertujuan agar NaOH bereaksi dengan eugenol menghasilkan garam natrium eugenolat yang larut dalam air, berdasarkan persamaan reaksi pada gambar dibawah ini:



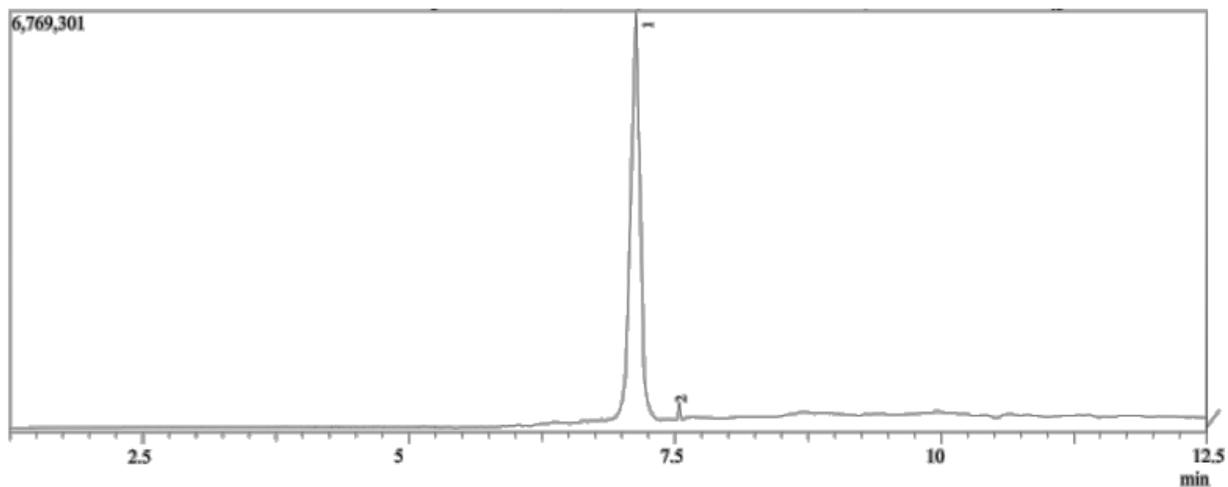
Gambar 3. Reaksi antara eugenol dengan NaOH

Komponen-komponen lain dalam minyak cengkeh tidak akan bereaksi dengan larutan NaOH dan tetap sebagai fase organik yang tidak larut dalam air, hal ini dikarenakan komponen-komponen tersebut bersifat nonpolar, sehingga hanya eugenol yang bersifat lebih polar saja yang bereaksi dengan larutan NaOH. Basa NaOH yang ditambahkan

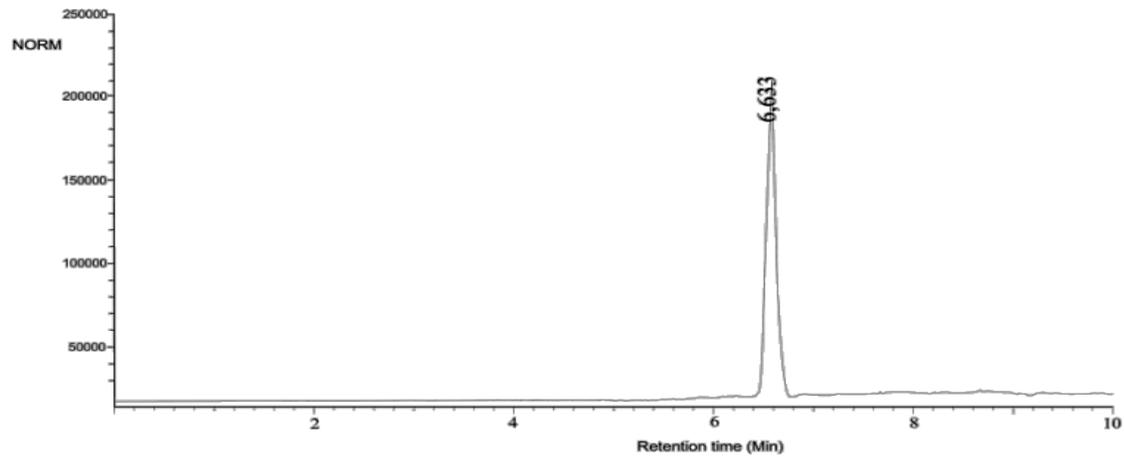
Pada tahap ini terbentuk dua lapisan, yaitu lapisan bawah yang terdiri atas air dan garam natrium eugenolat, lapisan atas adalah senyawa organik yang tidak larut dalam air, kedua lapisan ini kemudian dipisahkan. Garam natrium eugenolat yang larut dalam air diasamkan untuk memperoleh kembali eugenol dengan menambahkan larutan HCl hingga pH 2-3 dan dibiarkan satu malam. Pada tahap ini terbentuk 2 lapisan, yaitu lapisan bawah yang terdiri atas air dan garam NaCl dan lapisan atas berupa eugenol yang tidak larut dalam air. Reaksi yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.



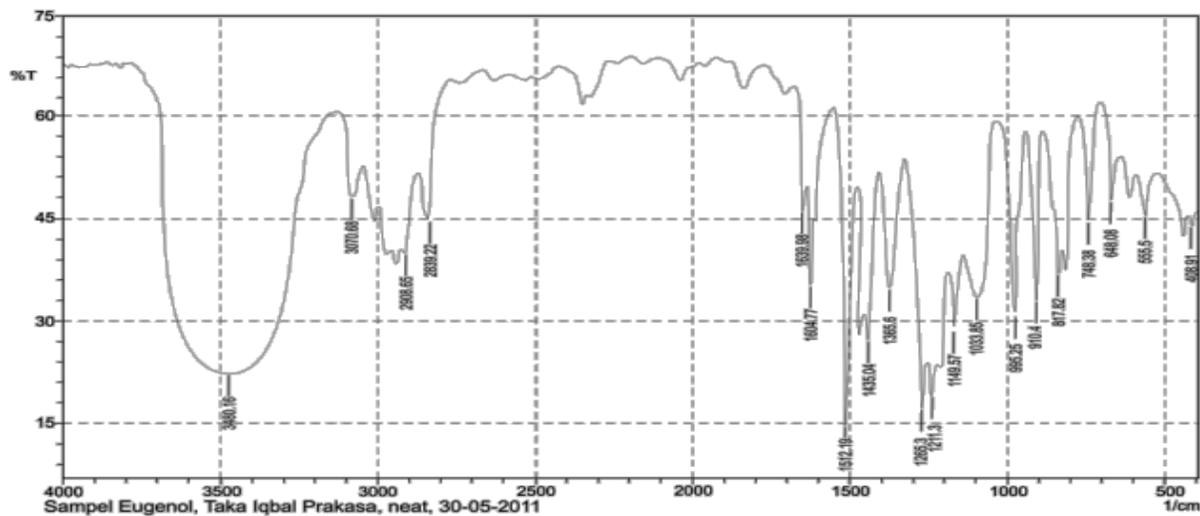
Gambar 4. Reaksi antara garam eugenolat dengan HCl



Gambar 5. Kromatogram ekstrak eugenol



Gambar 6. Kromatogram standar eugenol



Gambar 7. Spektra IR eugenol minyak cengkeh

Eugenol yang mungkin masih terdapat pada lapisan bawah diekstrak dengan petroleum eter (PE) (2 x 100 mL) dengan menggunakan corong pisah. Kemudian lapisan atas yang berupa ekstrak eugenol digabungkan. Untuk membebaskan kemungkinan adanya air dalam eugenol, ditambahkan Na₂SO₄ anhidrat. Kemudian dilakukan identifikasi menggunakan kromatografi gas terhadap ekstrak eugenol. Kromatogram ekstrak eugenol dan eugenol standar dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Berdasarkan kromatogram diatas diketahui bahwa puncak eugenol terlihat pada waktu retensi (t_R) 6,571 dengan kadar 97,11%. Kromatogram yang diperoleh menunjukkan adanya kesamaan antara senyawa sampel dengan eugenol standar, dimana terdapat satu puncak dengan waktu retensi yang hampir sama yakni 6,571 menit pada sampel dan 6,633 menit pada standar, sehingga dapat dikatakan bahwa eugenol hasil ekstraksi cukup murni.

Hasil karakterisasi ekstrak dan redestilat minyak cengkeh dicantumkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil karakterisasi masing-masing eugenol

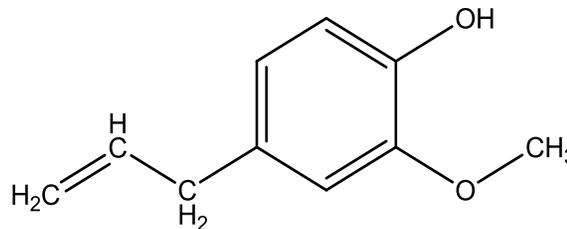
Karakter yang diamati	Redestilat minyak cengkeh	Ekstrak eugenol
Warna	Kuning bening	Kuning coklat
Waktu retensi eugenol	6,690	6,686
Luas area eugenol	1920440	1476000
Luas area total	2665010	1606060
% kemurnian eugenol	72,06	97,11

Ekstrak eugenol digunakan sebagai bahan analisis gugus fungsi eugenol, dan akan digunakan dalam proses polimerisasi. Hasil spektra inframerah eugenol dapat dilihat pada gambar 7 dan hasil analisis spektranya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis spektra inframerah eugenol

Daerah serapan (cm ⁻¹)		Gugus Fungsi
Spektra	Pustaka	
3480,16	3000-3600	O-H
3070,68 dan 817,82	3000-3100 675-870	C-H aromatik
2908,65 dan 1365,6	2850-2960 1350-1470	C-H alkana
1639,98	1630-1680	C=C
1512,19	1500-1600	C=C aromatik
1265,30	1080-1300	C-O alkohol
1211,3	1080-1300	C-O eter
995,25	900-1040	gugus vinil

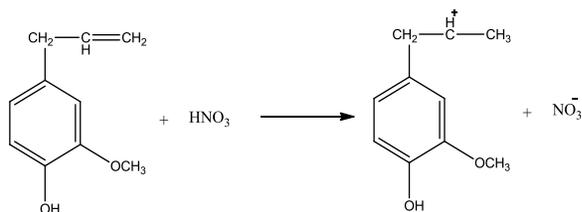
Spektra eugenol pada gambar 4.5 menunjukkan adanya gugus hidroksi pada bilangan gelombang 3480,16 cm⁻¹, dan diperkuat oleh karakteristik serapan C-O alkohol pada bilangan gelombang 1265,30 cm⁻¹. Serapan pada bilangan gelombang 3070,68 cm⁻¹ merupakan serapan karakteristik CH gugus aromatik yang diperkuat dengan adanya serapan pada 817,82 cm⁻¹, gugus aromatik tersebut merupakan gugus aromatik trisubstitusi karena diperkuat dengan serapan pada bilangan gelombang 1512,19 cm⁻¹. Serapan pada bilangan gelombang 1639,98 cm⁻¹ merupakan serapan gugus C=C yang diperkuat dengan adanya serapan pada bilangan gelombang 995,27 cm⁻¹ yang merupakan serapan gugus -CH=CH₂. Struktur eugenol Berdasarkan spektra tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 8. Struktur eugenol

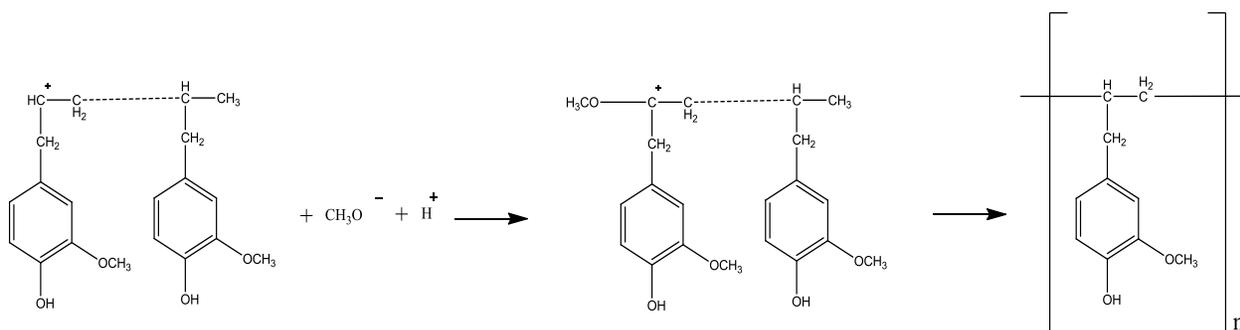
Polimerisasi Eugenol

Reaksi polimerisasi menggunakan katalis asam nitrat pekat ini terjadi melalui tahapan-tahapan: tahap inisiasi, tahap propagasi, tahap terminasi.

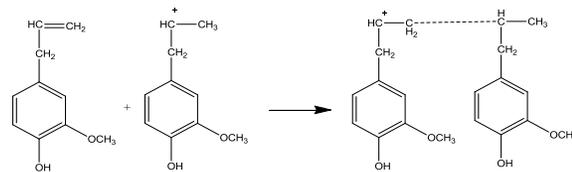


Gambar 9. Tahap inisiasi

Tahap inisiasi ditandai dengan terjadinya perubahan warna larutan menjadi merah. Pada tahap ini terjadi reaksi adisi pada monomer.



Gambar 11. Tahap terminasi



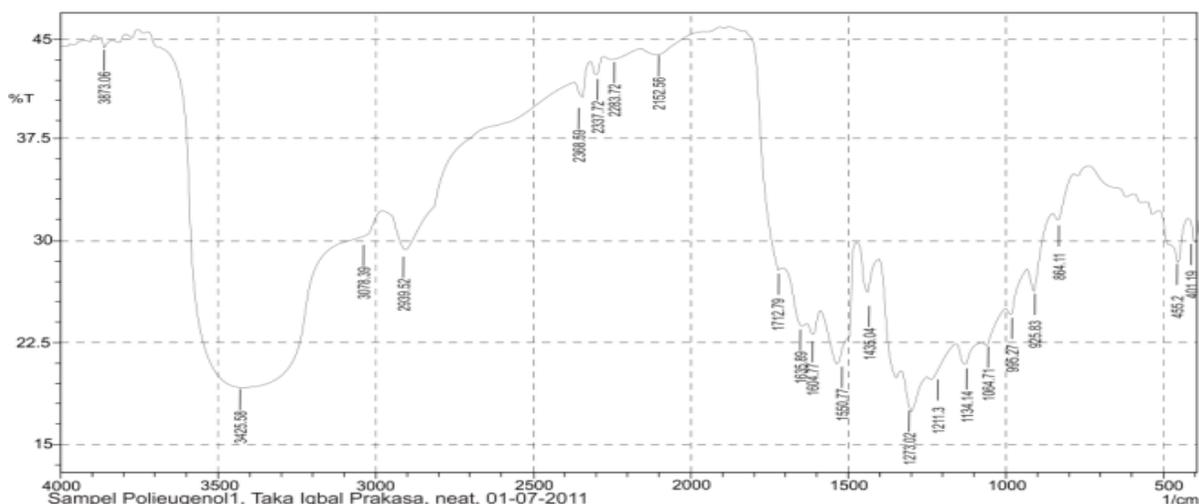
Gambar 10. Tahap propagasi

Tahap propagasi terjadi ikatan kovalen antara kation dengan monomer. Pada tahap ini kation yang terbentuk menangkap elektron dari ikatan rangkap yang dimiliki eugenol. Proses propagasi akan menentukan panjang rantai polimer yang akan terbentuk.

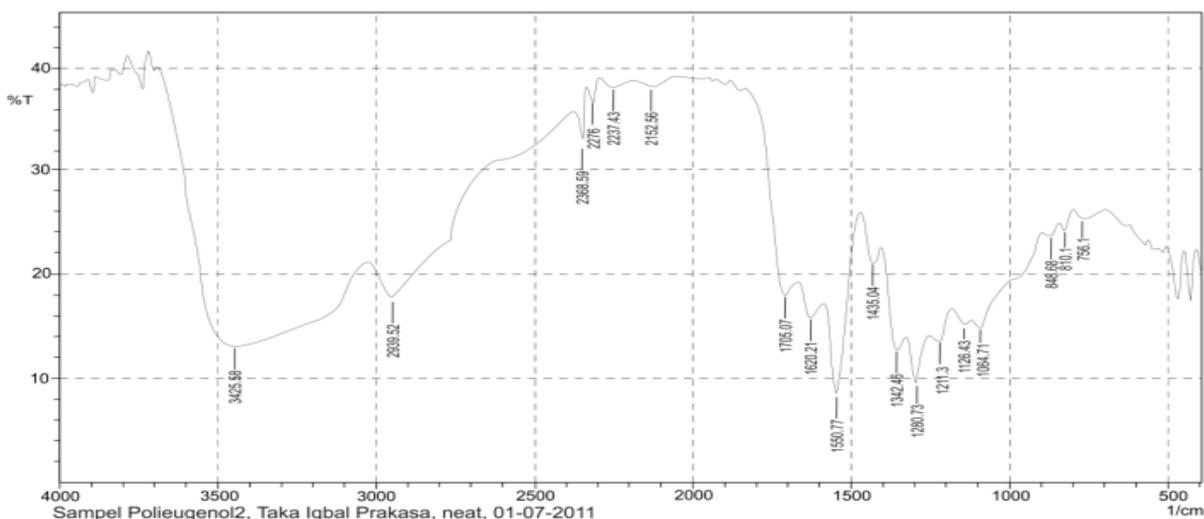
Tahap terminasi merupakan penghentian proses polimerisasi, yaitu dengan menambahkan ion negatif.

Tabel 3. Hasil pengamatan polimer

Yang diamati	Media NaCl	Tanpa media NaCl	Standar polieugenol
Jumlah eugenol (gr)	2	2	-
Jumlah katalis (mL)	3,4	3,4	-
Polimer terbentuk (gr)	0,8594	0,9554	-
Rendemen %	42,97	47,77	-
Wujud Polimer	Gel	padat	gel
Warna Polimer	Hitam kemerahan	Merah bata	Merah bata
Titik Lebur (°C)	114,6 – 150	87 – 89	85 – 88
Kelarutan	Larut dalam kloroform, etanol, dan methanol, tidak larut dalam air dan petroleum eter		



Gambar 12. Spektra inramerah polieugenol dengan media NaCl



Gambar 13. Spektra polieugenol tanpa media NaCl

Polimerisasi eugenol dilakukan dalam waktu dua jam dengan perbandingan mol asam nitrat dan eugenol 4 : 1. Hal ini dilakukan untuk memperkecil kemungkinan polimer larut dalam monomernya dan larut dalam metanol yang digunakan sebagai penghenti reaksi polimerisasi. Berat eugenol yang digunakan dalam sintesis polieugenol ini adalah 2 gram, sedangkan dari perbandingan mol tersebut, asam nitrat pekat yang digunakan sebanyak 3,4 mL. Perbandingan hasil polimerisasi dengan dan tanpa media NaCl

serta karakterisasi polimer dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Spektra inframerah polieugenol yang terbentuk dengan media NaCl dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Dari spektra inramerah diatas terlihat bahwa serapan gugus C=C $1635,89\text{ cm}^{-1}$ dan serapan gugus vinil $995,27\text{ cm}^{-1}$ masih ada. Ini berarti reaksi polimerisasi belum terjadi sempurna, hal ini diduga disebabkan oleh media NaCl yang justru menghalangi reaksi adisi oleh asam nitrat karena ion Cl^- dapat menutup muatan

positif pada monomer, sehingga dapat dilihat bahwa reaksi polimerisasi menghasilkan senyawa berwujud gel dan berwarna hitam kemerahan yang berbeda dengan standar yang seharusnya berupa gel berwarna merah bata.

Tabel 4. Hasil analisis spektra inframerah polimerisasi dengan media NaCl

Daerah serapan (cm^{-1})		Gugus Fungsi
Spektra	Pustaka	
3425,58	3000-3600	O-H
2939,52	2850-2960	C-H alkana
1435,04	1350-1470	
1635,89	1630-1680	C=C
1550,77	1500-1600	C=C Aromatik
1273,02	1080-1300	C-O alcohol
995,27	900-1040	Gugus vinil
864,11	675-870	C-H aromatic

Spektra hasil polimerisasi eugenol yang terbentuk tanpa menggunakan media NaCl dapat dilihat sebagai berikut

Tabel 5. Hasil analisis spektra inframerah polimerisasi eugenol tanpa media NaCl

Daerah serapan (cm^{-1})		Gugus Fungsi
Spektra	Pustaka	
3425,58	2000-3600	O-H
2939,58	2850-2960	C-H alkana
	1350-1470	
1705,07	1690-1760	C=O
1550,77	1500-1600	C=C Aromatik
1280,73	1080-1300	C-O
810,10	675-870	C-H aromatik

Dari gambar diatas diketahui bahwa serapan $\text{C}=\text{C}$ $1630-1680 \text{ cm}^{-1}$ dan gugus vinil $900-1040 \text{ cm}^{-1}$ sudah hilang. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi polimerisasi telah sempurna.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa komponen terbesar pada minyak cengkeh yang telah melalui proses redestilasi adalah eugenol

pada waktu retensi (t_R) 6,690 sebesar 72,06 % dan kariofilen pada waktu retensi (t_R) 7,714 sebesar 22,87 %. Hasil analisis inframerah menunjukkan bahwa pada polimerisasi eugenol dengan media NaCl tidak terjadi dengan sempurna ditunjukkan dengan masih adanya gugus $\text{CH}=\text{CH}_2$ $995,27$ dan $\text{C}=\text{C}$ $1635,89 \text{ cm}^{-1}$ dengan rendemen sebesar 42,97 % dan menghasilkan senyawa baru berwujud gel dengan titik lebur $114,6 - 150^\circ \text{C}$ dan berwarna hitam kemerahan yang berbeda dengan standar yang seharusnya berupa gel dengan warna merah bata dan titik lebur $85 - 88^\circ \text{C}$. Sedangkan pada polimerisasi eugenol tanpa menggunakan media reaksi terjadi sempurna karena kedua gugus tersebut sudah tidak ada dengan rendemen sebesar 47,77 % dengan bentuk padatan yang berwarna merah bata dengan titik lebur mendekati titik lebur standar polieugenol yaitu $85 - 88^\circ \text{C}$.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan simpulan di atas, maka dapat disarankan media yang digunakan sebaiknya media yang justru tidak ikut bereaksi dan menghasilkan senyawa baru. Selain itu perlu dilakukan penelitian lanjut mengenai jenis katalis asam yang digunakan, yang akan memberikan rendemen terbaik tanpa menghasilkan reaksi samping.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak atas saran dan masukannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Allcock, R.H., and Lampe, W.F., 1981, *Contemporary Polymer Chemistry*, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey
- Anggraeni, B., 1998, Polimerisasi Eugenol dengan Katalis Kompleks Boron Trifluorida Dietil Eter dan Pemakaian Polieugenol sebagai Katalis Transfer Fasa, *Skripsi*, FMIPA UGM, Yogyakarta

- Anonim, 2008, Eugenol, <<http://id.wikipedia.org>>, 19 Februari 2010
- Anonim, 2010, Natrium Klorida, <<http://id.wikipedia.org>>, 20 Desember 2010
- Anonim, 2008, Komoditi Unggulan, <<http://dinasperkebunanbali.info/>>, 2 Januari 2010
- Anwar, C., 1994, *Kromatografi-Manual Laboratorium*, Universitas Mataram, Lombok
- Cowd, M.A., 1982, *Kimia Polimer*, a.b. Harry Firman, Penerbit ITB, Bandung
- Clark, D.S., and Dordick, J.S., 1994, Salts Dramatically Enhance Activity of Enzymes Suspended in Organic Solvents, *J. Am. Chem. Soc.* 116, 2647-2648.
- Fessenden, R.J and Fessenden, J.S., 1994, *Kimia Organik*, Jilid I, a.b. Aloysius H.P., Erlangga, Jakarta
- Guenther, E. et all, 1987, *Minyak Atsiri Jilid I*, a.b. Ketaren, UI Press, Jakarta
- Handayani, W., 2000, Sintesis Polieugenol Dengan Katalis Asam Sulfat, *Jurnal ILMU DASAR*, Vol.2 No.2, 2001: 103-110
- Igor, V., Tokmakov et all, 2001, *Urea and Urea Nitrate Decomposition Pathways: A Quantum Chemistry Study*, Department of Chemistry, University of Missouri-Columbia, Columbia, Missouri 65211
- Nindya, K., 2005, Pemisahan Cr(III), Cu(II), dan Cd(II) dengan Teknik BLM (Bulk Liquid Membrane) Menggunakan Carrier Polieugenol Hasil Sintesis, *Skripsi*, FMIPA UGM, Yogyakarta
- Khopkar, S.M., 2003, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, a.b. A. Saptorahardjo, Universitas Indonesia (UI Press), Jakarta
- Marwan, et all, 2003, Characterization of Titania (TiO₂) Catalysts Prepared By Sol-Gel Method, *AJChE*, 2003, Vol. 3 No. 1
- Ngadiwijana, 1996, Polimerisasi Eugenol dengan Katalis Asam Sulfat Pekat, *Skripsi*, FMIPA UGM, Yogyakarta
- Nur, M., dan Adijuana, H., 1989, *Teknik Pemisahan Dalam Analisis Biologis*, Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Odian, G., 1991, *Principles of Polymerization*, Third Edition, John Wiley & Sons, New York
- Sastrohamidjojo, H., 2004, *Kimia Minyak Atsiri*, Yogyakarta, UGM Press
- Stevens, M.P., 2001, *Kimia Polimer*, a.b. Iis Sopyan, Pradnya Paramisa, Jakarta
- Sudjadi, 1985, *Penentuan Struktur Senyawa Organik*, Ghalia Indonesia
- Triyono, 2000, *Kimia Katalis*, Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta
- Hadiwijaya, T., 1999, Cengkeh, *Data dan Petunjuk kearah Swa sembada*, Gunung Agung, Jakarta