



## Pengaruh Jumlah Mol Crosslinker pada Selektifitas IIP Berbasis Polieugenol terhadap Fe(III)

Muhammad Cholid Djunaidi<sup>a\*</sup>, Abdul Haris<sup>a</sup>, Pardoyo Pardoyo<sup>a</sup>, Rosdiana K<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Jl Prof. Soedarto Tembalang Semarang, telp 024764474754

\* Corresponding author

E-mail: [choliddjunaidi@live.undip.ac.id](mailto:choliddjunaidi@live.undip.ac.id)

DOI: 10.20961/alchemy.14.2.12426.291-302

Received 23 July 2017, Accepted 27 August 2018, Published Online 03 September 2018

### ABSTRAK

Sintesis *Ionic Imprinted Polymer* (IIP) dilakukan dengan variasi penambahan *crosslinker* PEGDE (*Polyethylene glycol diglycidylether*) yang kemudian diuji selektivitas IIP terhadap ion logam Fe melalui proses adsorpsi. IIP merupakan metode mencetak ion logam yang terikat dalam polimer, selanjutnya dilepaskan dari matriks polimer menghasilkan cetakan yang sesuai terhadap ion target. Tujuan penelitian ini untuk menghasilkan IIP dan NIP dari polieugenol dengan variasi penambahan *crosslinker* PEGDE perbandingan sebanyak 1, 2 dan 3 mol, mengetahui pengaruh jumlah mol *crosslinker* terhadap selektivitas adsorpsi IIP yang melibatkan rongga *imprint*/cetakan, serta mengetahui pengaruh logam kompetitor terhadap selektivitas adsorpsi IIP terhadap logam Fe. Selektivitas adsorpsi ion logam Fe(III) dengan penambahan *crosslinker* PEDGE 3 mol lebih besar dibandingkan dengan penambahan *crosslinker* PEGDE 1 dan 2 mol. Selektivitas adsorpsi Fe lebih besar pada Fe-Cr dibandingkan dengan Fe-Cd dan Fe-Pb.

**Kata kunci:** adsorpsi, *crosslinker*, *Ionic Imprinted Polymer* (IIP), *Non Imprinted Polymer* (NIP), *Polyethylene glycol diglycidylether* (PEGDE)

### ABSTRACT

**Influence of Crosslinker Mole Amount on the Selectivity IIP-Based Poly Eugenol Towards Fe(III).** The synthesis of IIP (*Ionic Imprinted Polymer*) was carried out using PEGDE (*Polyethylene glycol diglycidylether*) crosslinker addition in various moles which was then tested for IIP selectivity for Fe metal ions through the adsorption process. IIP is a method of metal ions printing which are bound in a polymer, then released from the polymer matrix to produce a suitable mold for the target ion. The purposes of this study were to produce IIP and *non imprinted polymer* (NIP) from polyeugenol with the addition of various moles of PEGDE crosslinkers as much as 1, 2 and 3 moles, and to determine the effect of the number of mole crosslinkers on the selectivity of IIP adsorption involving imprint/mold cavities, and the effect of competitor metals on IIP adsorption selectivity towards Fe metal. The selectivity of Fe (III) metal ion adsorption with the addition of 3 mole PEDGE crosslinkers was greater than the addition of 1 and 2 moles PEGDE crosslinkers. The selectivity of Fe adsorption is was greater in Fe-Cr compared to Fe-Cd and Fe-Pb.

**Keywords:** adsorption, crosslinker, *Ionic Imprinted Polymer* (IIP), *Non Imprinted Polymer* (NIP), *Polyethylene glycol diglycidylether* (PEGDE)

## PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat telah menjadi masalah global seiring meningkatnya proses industrialisasi, aktivitas pertambangan dan laboratorium maupun kegiatan sehari-hari. Logam berat memiliki efek merugikan dalam lingkungan bahkan dalam konsentrasi yang sangat rendah. Tingginya kadar Fe (besi) yang terdapat didalam air memiliki pengaruh terhadap penggunaannya antara lain konsentrasi Fe didalam air melebihi 1 mg/L akan menyebabkan warna air menjadi kemerah-merahan, menimbulkan noda pada peralatan dan bahan-bahan yang berwarna putih. Organisasi Kesehatan Dunia, WHO (*World Health Organization*) membatasi konsentrasi 0,3 mg/L besi pada air minum (Fan dan Sun, 2012).

Salah satu teknik terbaru yang dikembangkan untuk persiapan adsorben yang sangat efektif yaitu menggunakan IIP, dimana material sintesis mengandung situs reseptor sangat spesifik terhadap senyawa target (Parmpi dan Kofinas, 2004). Kelebihan dari IIP yaitu preparasinya mudah dan efektif untuk membuat media polimer yang mempunyai pengenalan molekuler spesifik untuk senyawa target (Harera *et al.*, 2015). IIP dapat mengenali dan mengikat ion target yang diinginkan dengan afinitas dan selektivitas tinggi, karena tingginya sifat taut silang polimer pada material IIP, maka sifatnya stabil dan kuat. Selektivitas IIP ditentukan salah satunya adalah keberadaan ion *template* dan agen *crosslinking* (*crosslinker*) (Lee, 2006).

Eugenol sebagai bahan alami Indonesia telah dimanfaatkan turunannya untuk pemisahan ion logam (Djunaidi *et al.*, 2010). Eugenol dapat digunakan sebagai bahan awal sintesis suatu senyawa karena adanya tiga gugus fungsional yang terikat padanya, yaitu gugus alil, hidroksi dan metoksi. Melalui gugus alil, eugenol dapat dipolimerisasi menjadi polieugenol yang merupakan bahan awal untuk sintesis IIP (Djunaidi *et al.*, 2016)

Dalam penelitian ini dilakukan sintesis IIP menggunakan polieugenol dengan variasi penambahan *crosslinker* PEGDE sebanyak 1, 2 dan 3 mol untuk uji selektivitas terhadap logam Fe.

## METODE PENELITIAN

Tahap awal penelitian yang dilakukan yaitu sintesis polieugenol dari eugenol. Selanjutnya sintesis IIP dengan *template* ion Fe(III) yang kemudian *dicrosslink* menggunakan variasi penambahan PEGDE sebanyak 1, 2 dan 3 mol. Hasil yang diperoleh kemudian dilepas ion Fe-nya dengan bantuan asam, filtrat asam ditambahkan agen pengompleks KSCN yang selanjutnya diuji dengan spektrofotometer UV-Vis. Tahap terakhir yaitu percobaan adsorpsi melalui pengontakan adsorben dengan campuran logam

biner Fe selama 24 jam. Filtrat hasil adsorpsi dianalisis dengan *Atomic Absorbtion Spectrometer* (AAS).

Peralatan gelas laboratorium, Peralatan refluks, Neraca analitik (Metter-200), Magnetic stirer, Spatula, pH meter (HACH E C20), Kertas saring halus, Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu), Spektroskopi Serapan Atom (AAS, Perkin Elmer), dan FTIR (Nicolete Avatar 360). Eugenol p.a (SIGMA Aldrich), Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat teknis (Merck), BF<sub>3</sub>-dietileter (SIGMA Aldrich), HCl (Merck), NaOH p.a (Merck), Kloroform p.a (Merck), Metanol p.a (SIGMA Aldrich), Poly Ethilene Glycol Diglycidyl Ether (PEGDE) (SIGMA Aldrich), KSCN (Merck), Aquabides, Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> (Merck), Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> (Merck), Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Merck), Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(Merck).

### **Preparasi Bahan**

Pembuatan HCl 0,50 M, yaitu dilakukan pengenceran 16,70 mL HCl 3 M dalam labu ukur 100 mL dengan akuades sampai batas miniskus. Pembuatan larutan NaOH 1 M, yaitu dengan melarutkan 4 g NaOH dalam 100 mL akuades. Pembuatan larutan KSCN 1 M, yaitu dengan melarutkan 9,72 g KSCN dalam 100 mL akuades

### **Sintesis Polieugenol (Djunaidi *et al.*, 2010)**

Sebanyak 5,80 g (0,035 mol) eugenol dimasukkan dalam labu leher tiga kemudian ditambahkan 1 mL BF<sub>3</sub>-dietileter (0,008 mol). Campuran diaduk menggunakan *stirrer* selama 4 jam dalam suhu ruang dan setiap 1 jam sekali dilakukan penambahan BF<sub>3</sub>-dietileter sebanyak 0,25 mL (0,002 mol). Setelah reaksi tersebut berlangsung selama 12-16 jam, polimerisasi dihentikan dengan menambahkan 1 mL metanol. Gel yang terbentuk kemudian dilarutkan dengan kloroform dan dicuci dengan akuades hingga pH netral. Larutan tersebut kemudian dikeringkan dengan menambahkan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat. Setelah bebas dari air, larutan diuapkan pada suhu kamar. Endapan yang terbentuk kemudian dikeringkan dan ditimbang. Hasil yang didapat dianalisis dengan FTIR.

### **Sintesis IIP variasi Penambahan Jumlah *Crosslinker***

Polieugenol 0,50 g (0,003 mol) diaduk dengan ion Fe(III) 10 mL 50 ppm yang telah dikondisikan pada pH 3 selama 24 jam, kemudian hasilnya disaring dengan kertas saring dan dikeringkan dengan dianginkan sampai kering. Polieugenol-Fe yang dihasilkan sebanyak 0,30 g dicrosslink dengan PEGDE (*Polyethylene glycol diglycidylether*) Mr 500 sebanyak 0,96 g (1 mol), 1,92 g (2 mol) dan 2,88 g (3 mol), ditambahkan katalis NaOH 1 M sebanyak 20 mL. Campuran direfluks dengan suhu 80-90°C selama 15 menit, hasilnya disaring dan dinetralkan dengan akuabides. Hasil endapan kemudian difurnace pada suhu 110°C selama 6 jam. Endapan sebanyak 0,30 g yang dihasilkan dilepaskan ion Fe(III) yang

terikat dengan 10 mL 0,50 M HCl selama 24 jam dan filtrat asam tersebut ditambahkan agen pengkompleks KSCN yang kemudian diuji dengan spektrofotometer UV-Vis. Setelah filtrat tidak membentuk warna merah (6 hari) saat ditambahkan KSCN, dilakukan penyaringan dan hasilnya (IIP) dikeringkan.

### **Sintesis NIP**

NIP disintesis dengan cara yang sama dengan IIP tetapi tanpa pengikatan ion Fe (III) terlebih dahulu. Karakterisasi IIP dan NIP dilakukan dengan menggunakan FTIR.

### **Sintesis NIP Asam**

Prosedur pembuatan NIP Asam sama dengan pembuatan NIP, akan tetapi pada akhir prosedur, 0,30 g polimer direndam dalam 10 mL HCl 0,50 M dan diaduk 24 jam selama 6 hari.

### **Percobaan Adsorpsi**

Sebanyak 50 mg adsorben dikontakkan dengan campuran 10 ml ion Fe(III) 10 ppm dan ion kompetitor 10 ppm selama 24 jam dengan kecepatan konstan. Campuran disaring dengan kertas saring halus dan konsentrasi Fe(III) dalam filtrat dianalisa menggunakan AAS.

### **Uji Selektivitas Adsorpsi**

Dilakukan pada adsorpsi kompetitif larutan biner yang terdiri dari Fe(III)/Cd(II), Fe(III)/Cr(III), Fe(III)/Pb(II) dan dibandingkan dengan NIP.

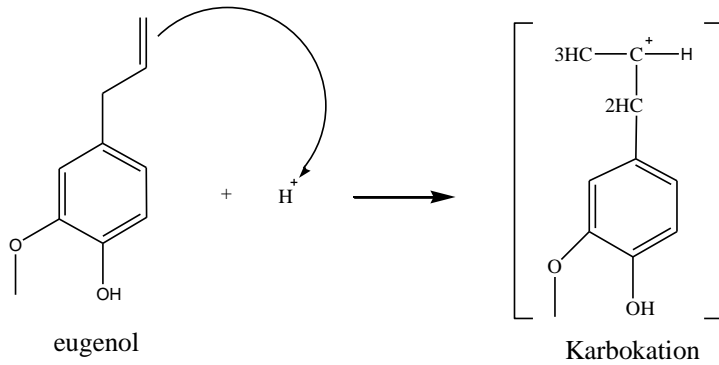
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Sintesis Polieugenol**

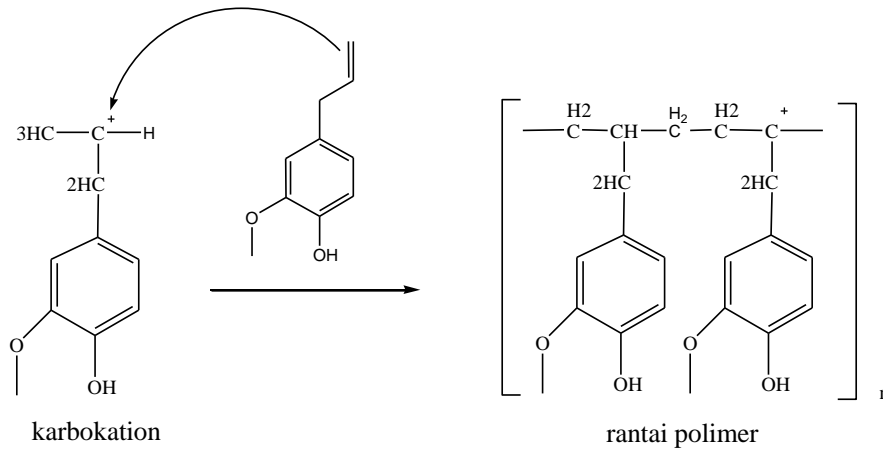
Bahan awal yang digunakan untuk sintesis polieugenol adalah eugenol. Eugenol mempunyai 3 gugus fungsional yaitu alil, hidroksi, dan metoksi. Melalui gugus alil, eugenol dipolimerisasi menjadi polieugenol. Polimerisasi eugenol dilakukan dengan penambahan katalis BF<sub>3</sub>-dietileter. Reaksi polimerisasi dihentikan dengan menambahkan metanol. Mekanisme pembentukan polieugenol ditunjukkan pada Gambar 1.

Tahap inisiasi, katalis asam lewis BF<sub>3</sub>-dietileter menyebabkan reaksi adisi. Karbokation terbentuk karena adanya pemutusan ikatan rangkap pada gugus vinil eugenol. Karbokation ini mengalami penataan ulang yaitu terjadi pergeseran hidrida-1,2 yang menghasilkan karbokation lebih stabil.

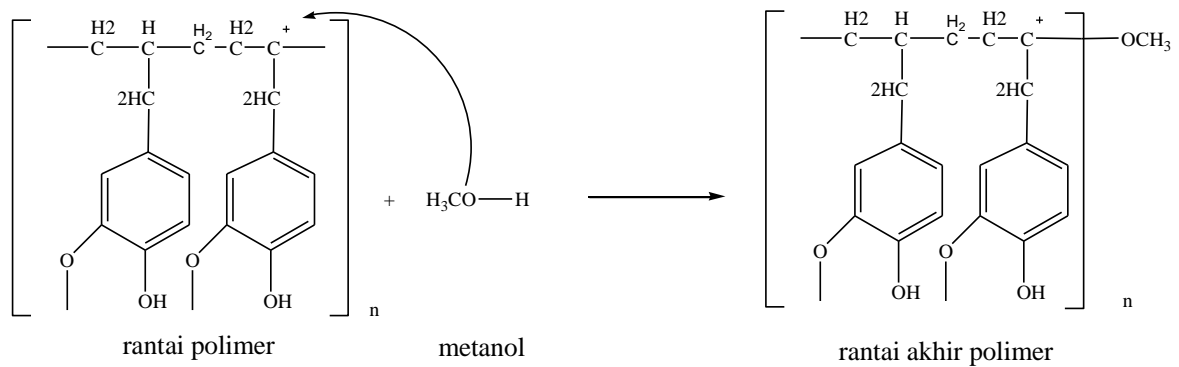
Tahap Inisiasi:



Tahap Propagasi:



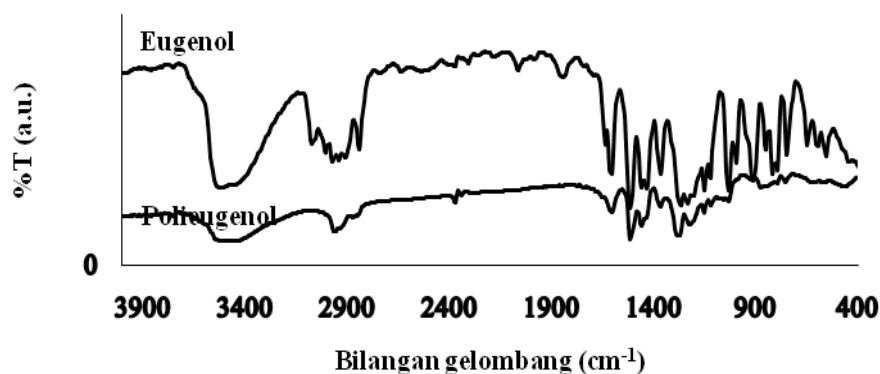
Tahap Terminasi:



**Gambar 1.** Mekanisme pembentukan polieugenol (Djunaidi *et al.*, 2010)

Tahap propagasi, terjadi pembentukan rantai dari monomer eugenol. Proses ini berkelanjutan sampai diperoleh rantai monomer yang panjang. Dalam tahap ini terjadi penataan intermolekuler dari karbokation.

Tahap terminasi dilakukan penambahan metanol untuk menghentikan proses polimerisasi. Penambahan metanol diharapkan pada ujung polimer polieugenol adalah gugus metoksi. Polieugenol yang dihasilkan berbentuk serbuk berwarna orange dengan rendemen 98,27%.



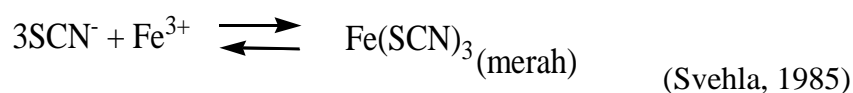
**Gambar 2.** Perbandingan spektra FTIR eugenol dan polieugenol

Pembentukan polieugenol ditunjukkan Gambar 2 dengan hilangnya serapan gugus vinil pada bilangan gelombang  $995\text{ cm}^{-1}$  dan  $910\text{ cm}^{-1}$ . Hilangnya serapan  $\text{C}_{\text{sp}^2}\text{-H}$  eugenol pada  $3100\text{ cm}^{-1}$  memperkuat indikasi terjadinya polimerisasi (Djunaidi *et al.*, 2010)

### Sintesis IIP Variasi Penambahan Jumlah mol *Crosslinker*

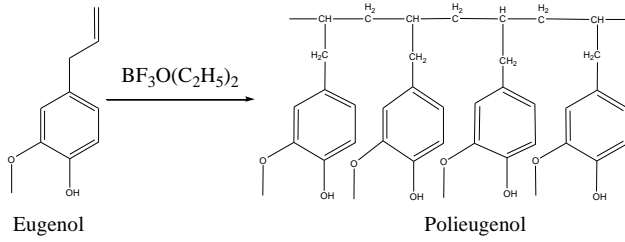
Polieugenol hasil sintesis diikat dengan ion *template* Fe(III) 10 mL 50 ppm pH 3 dengan cara pengkontakan selama 24 jam melalui pengadukan. Polieugenol-Fe kemudian *dicrosslink* dengan PEGDE (*Polyethylene glycol diglycidylether*) Mr 500 sebanyak 0,96 g (1 mol), 1,92 g (2 mol) dan 2,88 g (3 mol). Campuran tersebut direfluks dengan suhu  $80\text{-}90^\circ\text{C}$ . Selanjutnya ion Fe(III) yang terikat dilepaskan dengan cara pencucian menggunakan asam (HCl) bertujuan untuk menghasilkan rongga cetakan/*imprint*. Hasil endapan dipanaskan dalam *furnace* pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 6 jam dengan tujuan untuk menghilangkan molekul air yang tersisa. Reaksi pengikatan *template* Fe(III) pada polieugenol serta tahap selanjutnya untuk sintesis IIP ditunjukkan pada Gambar 3.

Pengujian kadar Fe yang terlepas dilakukan dengan penambahan KSCN sebagai agen pengompleks, filtrat akan berubah warna menjadi merah yang menandakan adanya logam Fe yang terlepas dari polimer. Reaksi yang terjadi yaitu:

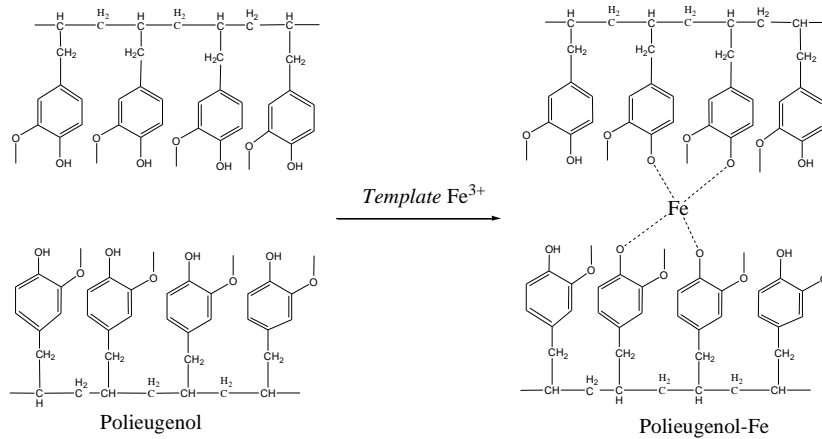


Pengujian dilakukan hingga filtrat tidak terbentuk kompleks berwarna merah saat ditambahkan KSCN. Filtra hasil cucian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 460 nm selama 6 hari. Hasilnya bisa dilihat pada Gambar 4.

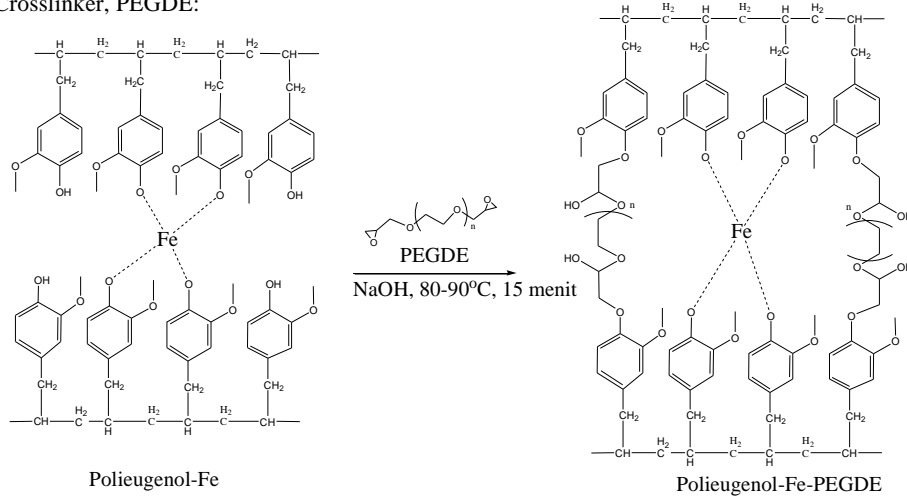
**Polimerisasi Polieugenol:**



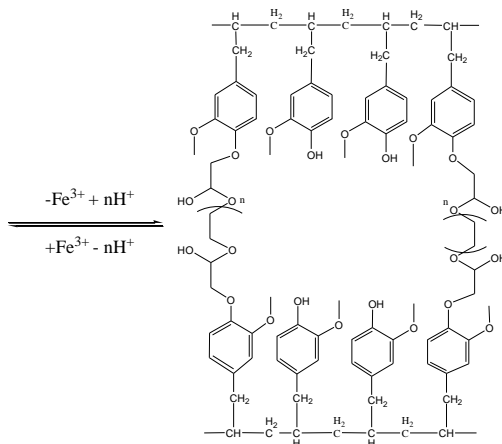
**Pengikatan Ion Cetakan, Fe(III):**



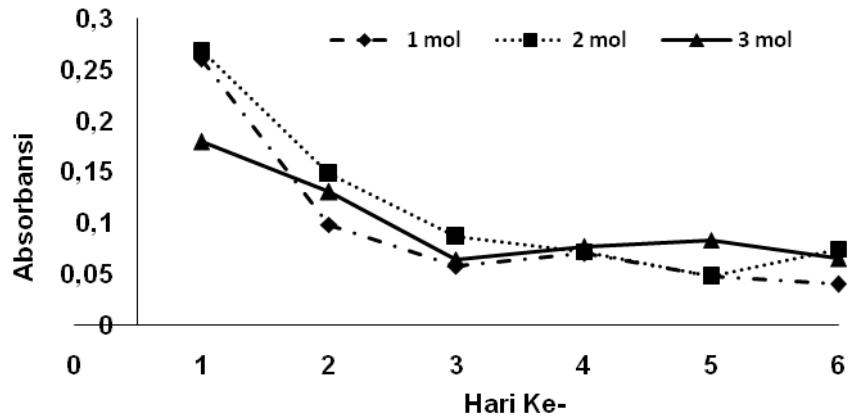
**Crosslinker, PEGDE:**



**Pelepasan Ion Fe<sup>3+</sup>:**



**Gambar 3. Sintesis IIP Fe**

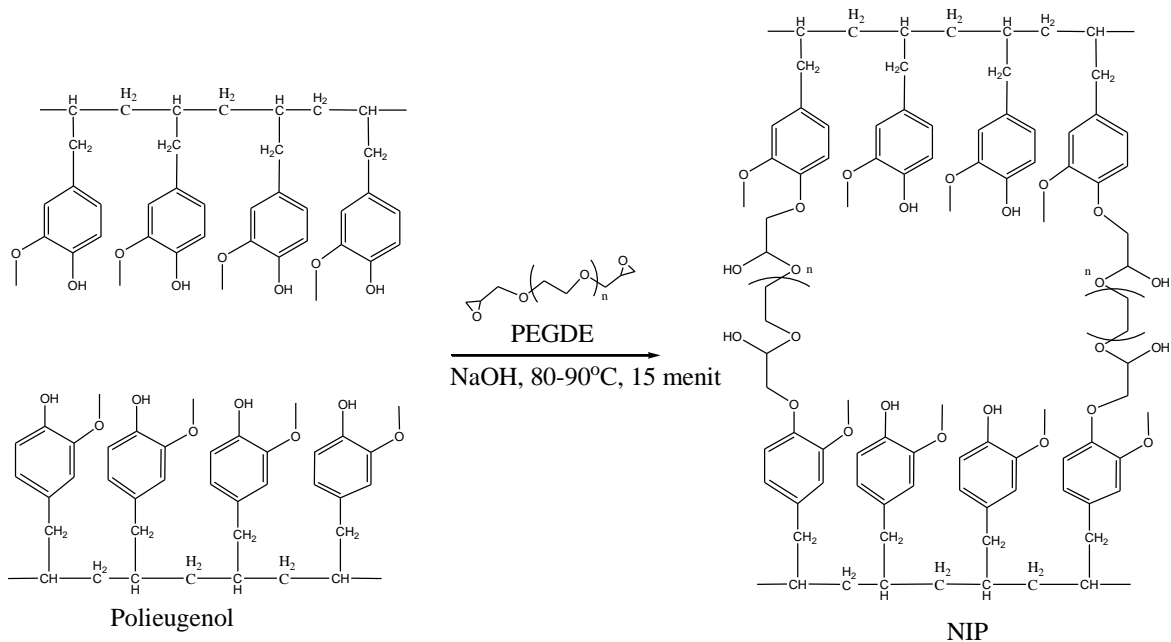


Gambar 4. Grafik pelepasan *template* Fe

Polimer dengan variasi penambahan *crosslinker* 1 dan 2 mol menghasilkan nilai absorbansi yang tinggi, hal ini kemungkinan disebabkan karena mudah lepasnya ion Fe(III) dari ikatan PEGDE dengan jumlah mol yang rendah ketika diasamkan dengan HCl, sebaliknya dalam penambahan PEGDE 3 mol mengakibatkan ion Fe(III) terperangkap karena polimer yang meruah sehingga Fe(III) sulit terlepas. Polimer yang telah dilakukan pelepasan *template* kemudian dikeringkan dan dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi logam.

**Sintesis NIP (*Non Imprinted Polymer*)**

Sintesis NIP prosedurnya sama dengan sintesis IIP hanya saja tidak dilakukan pengikatan ion Fe(III). Berikut skema reaksi pembentukan NIP (Gambar 5):



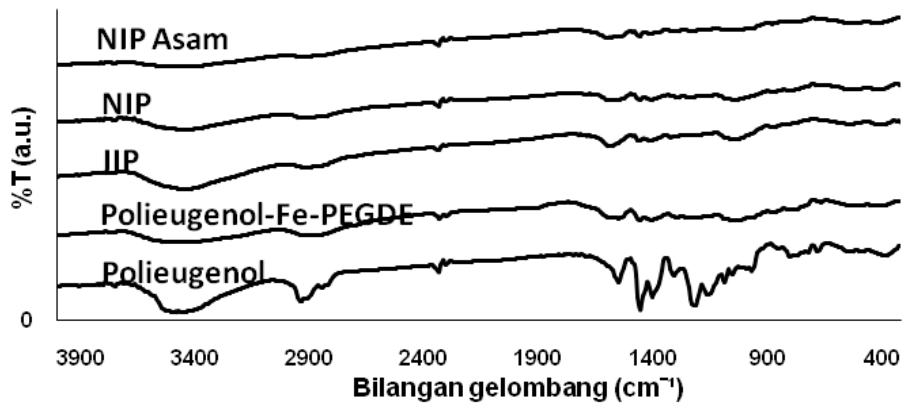
Gambar 5. Skema Sintesis NIP

Hasil yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai adsorben untuk adsorpsi logam yang akan dibandingkan dengan adsorben IIP.

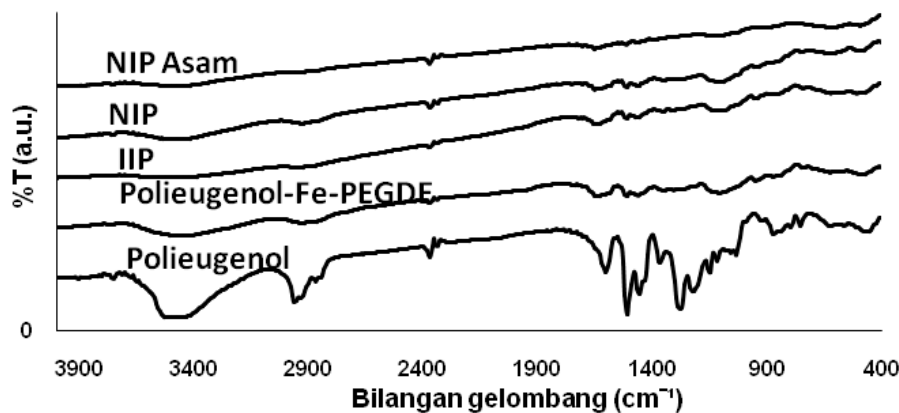


## Analisis FTIR

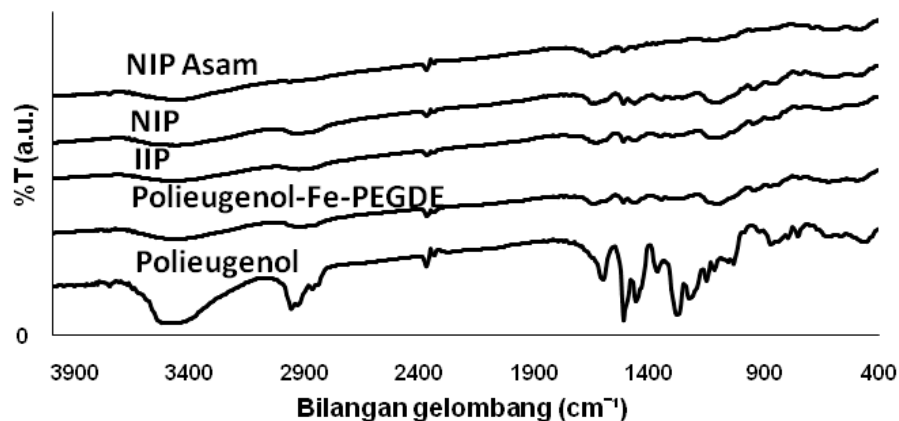
Hasil analisis menggunakan FTIR dapat diketahui bahwa serapan  $-OH$  pada polieugenol berkurang intensitasnya ketika digunakan berikatan dengan Fe(III) dan intensitas semakin menurun saat *dicrosslink* menggunakan PEGDE (Polieugenol-Fe-PEGDE). Intensitas ini kemudian naik lagi setelah polimer Polieugenol-Fe-PEGDE dilepaskan ion cetakan Fe yang dikandungnya dengan asam (HCl) menghasilkan IIP. Spektrum IIP lebih tajam daripada NIP dan NIP asam, menunjukkan peran  $-OH$  dalam kerja IIP. Hal tersebut dapat dilihat dari Gambar 6 s.d Gambar 8.



Gambar 6. Perbandingan spektra FTIR konsentrasi *crosslinker* 1 mol

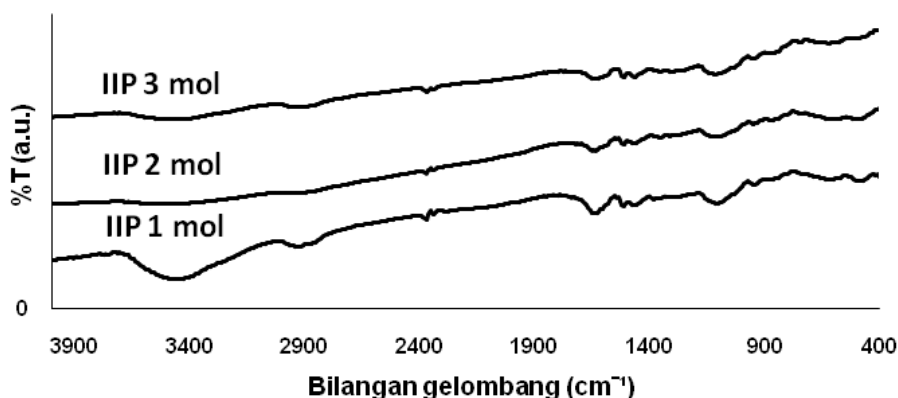


Gambar 7. Perbandingan spektra FTIR konsentrasi *crosslinker* 2 mol

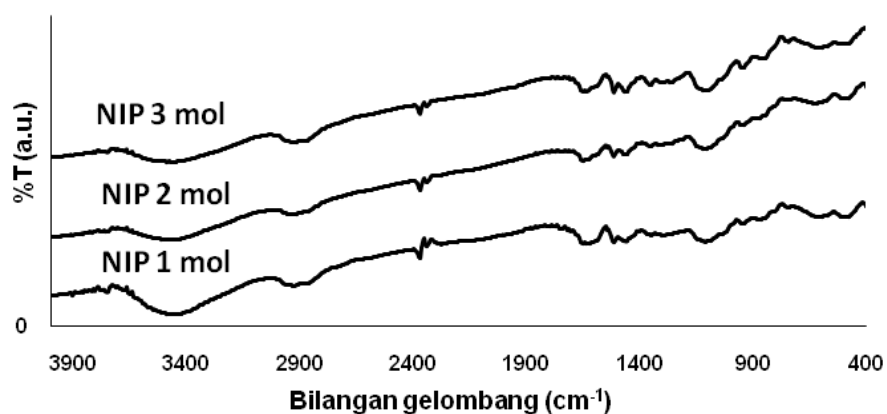


Gambar 8. Perbandingan spektra FTIR konsentrasi *crosslinker* 3 mol

Perbandingan spektra FTIR IIP dan NIP variasi konsentrasi *crosslinker* dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10 berikut:



**Gambar 9.** Perbandingan spektra FTIR IIP variasi konsentrasi *crosslinker*



**Gambar 10.** Perbandingan spektra FTIR NIP variasi konsentrasi *crosslinker*

Nampak dari spektra FTIR (gambar 10) semakin besar konsentrasi *crosslinker* semakin berkurang intensitas spektra  $-OH$  pada kisaran  $3500\text{ cm}^{-1}$ , hal ini menunjukkan peran  $-OH$  di dalam pembentukan taut silang ini.

### Analisis BET

Salah satu analisis luas permukaan pada polimer konsentrasi *crosslinker* 3 mol dilakukan dengan metode BET. Hasilnya adalah sebagai berikut: Polieugenol =  $87,31\text{ m}^2/\text{g}$ ; NIP 3 mol =  $37,63\text{ m}^2/\text{g}$  dan IIP 3 mol =  $0,00\text{ m}^2/\text{g}$ . Terlihat bahwa terjadi penurunan luas permukaan dari polieugenol, saat di *crosslink* dengan PEGDE (NIP) maupun setelah menjadi IIP. Hal ini menunjukkan IIP telah mengalami reorganisasi dibandingkan polieugenol dan NIP. IIP 3 mol menghasilkan luas area  $0,00\text{ m}^2/\text{g}$  kemungkinan dikarenakan polimer yang mengalami *shrinkage* (penyusutan) yang mengakibatkan luas permukaannya sangat kecil. Penurunan luas permukaan ini dialami oleh peneliti lain diantaranya Buhani *et al.* (2010), Djunaedi *et al.* (2015), dan lain-lain.

## Selektivitas Adsorpsi

Selektivitas adsorpsi ion logam Fe berdasarkan variasi konsentrasi *crosslinker* dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Selektivitas adsorpsi ion logam Fe berdasarkan konsentrasi *crosslinker*

Selektivitas	1 mol			2 mol			3 mol		
	IIP	NIP	NIP asam	IIP	NIP	NIP asam	IIP	NIP	NIP asam
<b>Fe-Cr</b>	2,51	0	0	2,61	0,81	0	4,31	1,40	0,04
<b>Fe-Cd</b>	1,47	0,38	0,07	1,16	0,67	0,43	2,10	0,01	0,06
<b>Fe-Pb</b>	0,75	1,31	0	1,18	0	0	2,57	2,40	0

Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi *crosslinker* maka semakin selektif terhadap logam Fe(III). Hal tersebut kemungkinan terjadi karena semakin meruahnya polimer karena penambahan PEGDE, yang mengakibatkan semakin kecilnya pori-pori pada polimer sehingga selektivitas terhadap logam Fe besar, selain itu semakin banyaknya gugus aktif –O yang berasal dari PEGDE yang selektif terhadap ion Fe (Persson, 2010). Urutan selektivitas berdasarkan konsentrasi *crosslinker* polieugenol dengan agen *crosslinking* PEGDE adalah 3 mol > 2 mol > 1 mol. Hasil yang diperoleh selektivitas adsorpsi Fe pada Fe-Cr lebih tinggi dibandingkan pada Fe-Cd dan Fe-Pb. Urutan tersebut cenderung mengikuti ukuran jari-jari atom terhidrat dari ion logam, dimana Fe(III) dan Cr(III) termasuk dalam kelompok asam keras yang memiliki jari-jari atom kecil yaitu jari-jari atom terhidrat Fe(III) 0,66 Å dan Cr(III) 0,62 Å, Cd(II) masuk dalam kelompok asam lunak dan Pb(II) masuk dalam kelompok asam sedang yang umumnya mempunyai jari-jari atom besar, yaitu jari-jari atom terhidrat Cd(II) 0,96 Å dan Pb 1,20 Å (Persson, 2010). Hasil selektivitas adsorpsi Fe tertinggi pada Fe-Cr ini menunjukkan bahwa sudah terbentuknya cetakan/*imprint* yang sesuai.

## KESIMPULAN

IIP dan NIP dari polieugenol variasi penambahan *crosslinker* PEGDE sebanyak 1, 2 dan 3 mol berhasil disintesis. Selektivitas adsorpsi ion logam Fe(III) dengan konsentrasi *crosslinker* PEDGE 3 mol lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi *crosslinker* PEGDE 2 mol dan 1 mol. Selektivitas adsorpsi Fe lebih besar pada logam biner Fe-Cr dibandingkan dengan Fe-Cd dan Fe-Pb.

## DAFTAR PUSTAKA

- Buhani, N., Nuryono and Kunarti, E. S., 2010. Production of Metal Ion Imprinted Polymer from Mercapto–Silica Through Sol–Gel Process as Selective Adsorbent of Cadmium. *Desalination* 251(1): 83-89.
- Djunaidi, M.C., Lusiana, R.A., and Kartikawati, N.G., 2010. Sintesis Polieugenol Dengan katalis  $\text{BF}_3$  Dietil eter dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  Untuk Ekstraktan Logam Berat. Prosiding Seminar nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010.
- Djunaidi, M.C., Lusiana, R.A., Wibawa, P.J., Siswanta, D., and Jumina, J., 2010. Sintesis Turunan Poleugenol sebagai Carrier bagi Recovery Logam Berat dengan Teknik Membran Cair. *Reaktor* 13(1), 16-23.
- Djunaidi, M.C., 2016. Adsorpsi dan transport selektif Fe(III) dan Fenol menggunakan Polieugenol sebagai Polimer tercetak Ion dan Molekul. Disertasi. *Universitas Gadjah Mada*.
- Djunaidi, M.C., Jumina, J., Siswanta, D., and Ulbricht, M., 2015. Synthesis of Fe Ionic-Imprinted Polyeugenol Using Polyethylene Glycol Diglycidylether as Cross-Linking Agent for Sorption of Fe (III). *Indonesian Journal of Chemistry* 15(3), 305-314.
- Fan, H.-T. and Sun, T., 2012. Selective Removal of Iron from Aqueous Solution using Ion Imprinted Thiocyanato-Functionalized Silica Gel Sorbents. *Korean Journal of Chemical Engineering* 29(6), 798-803.
- Harera, L., Sudiarti, T., and Wulandari, M., 2015. Sintesis Cu(II)-Imprinted Polymers untuk Ekstraksi Fasa Padat dan Prakonsentrasi Ion Tembaga(II) dengan Ligan Pengkhelat 4-(2-Pyridylazo) Recorcinol. *Al Kimiya* 2(1), 30-39.
- Lee, L.L., 2006. Synthesis and Application of Molecularly Imprinted Solid-Phase Extraction for The Determination of Terbutaline in Biological Matrices [*QD382. I43 L732 2006 f rb*]. *Universiti Sains Malaysia*.
- Parmpi, P., and Kofinas, P., 2004. Biomimetic Glucose Recognition using Molecularly Imprinted Polymer Hydrogels. *Biomaterials* 25(10): 1969-1973.
- Persson, I., 2010. Hydrated Metal Ions in Aqueous Solution: How Regular are Their Structures. *Pure and Applied Chemistry* 82(10), 1901-1917.
- Svehla, G., 1985. Analisis Anorganik Kualitatif. *ab L. Setiono dan Hadyana Pudjaatmaka. bagian II. edisi kelima. PT. Kalman Media Pusaka. Jakarta* **369**.