

DAFTAR ISI

Saint and Technology
MAJALAH ILMIAH SRIWIJAYA

Pengantar	Halaman
Daftar Isi	i
	ii
STUDI KONVERSI 5-HIDROKSIMETILFURFURAL MENJADI ASAM LEVULINAT DENGAN KATALIS ASAM SULFAT DAN BENTONIT Aldes Lesbani, Niken Oktora, Ambi Rianta F.P, Nurlisa Hidayati, Risfidian Mohadi	1
PENGARUH CAMPURAN ETANOL PADA BAHAN BAKAR MINYAK PREMIUM TERHADAP NILAI KALOR DAN ANGKA OKTAN Ramban JP.Pinem, Barlin dan Nukman	15
PENINGKATAN KEMAMPUAN PEMROGRAMAN CNC MENGGUNAKAN KODE G MAKRO UNTUK PEMBUATAN KOMPONEN MESIN YANG SPESIFIK Muhammad Yanis	25
PENGARUH NaOH TERHADAP PENIPISAN DAN KEKASARAN TEKSTUR PERMUKAAN ALUMINIUM PADUAN Nova Yuliasari, Muhammad Yanis, Willem	34
AKTIVITAS ANTILARVASIDA GABUNGAN MINYAK ATSIRI RIMPANG TEMULAWAK (<i>Curcuma xanthorrhiza</i>) DAN RIMPANG TEMU KUNCI (<i>Kaempferia pandurata</i>) Mikusanti, Ferlinahayati, Heidi D. S.	44
STUDI ADSORPSI DESORPSI KATION BESI(II) DENGAN SELULOSA HASIL PEMISAHAN DARI SERBUK KAYU Andriani Azora, Nurlisa Hidayati, Risfidian Mohadi, Aldes Lesbani	50
SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER PST SEBAGAI PENYERAP Ag(I) DAN Au(III) Risfidian Mohadi, Nurlisa Hidayati, Revi Dwijayandina	63

- Jurnal Majalah Ilmiah Universitas Sriwijaya diterbitkan berdasar STT Nomor 658/SIT/1979, tanggal 24 Oktober 1979 oleh Lembaga Penelitian – Universitas Sriwijaya. Penytuting menerima sumbangan tulisan yang belum diterbitkan dalam media lain. Naskah diketik di atas kertas HVS Quarto spasi ganda lebih kurang 20 halaman dengan format seperti tercantum pada halaman kulit belakang. Naskah yang masuk dievaluasi dan disunting untuk keseragaman format, istilah dan tata cara lainnya.

SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER PST SEBAGAI PENYERAP Ag(I) DAN Au(III)

Oleh:

Risfidian Mohadi¹, Nurlisa Hidayati¹, Revi Dwijayandina¹

Abstrak

Penelitian tentang sintesis dan karakterisasi polimer PST sebagai pengikat Ag(I) dan Au(III) telah dilakukan. Polimer PST disintesis dengan menggunakan N'-2-pirimidinilsulfanilamida yang diikat oleh silika gel. Karakterisasi polimer meliputi kadar air, kadar abu, pengaruh pH terhadap kelarutan dan kemampuan PST dalam mengikat Ag(I) dan Au(III) menggunakan spektrofotometer SSA dan instrument FTIR. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar air dan kadar abu sebesar 0,2305 % (w/w) dan 97,52 % (w/w). Pengaruh pH terhadap kelarutan polimer PST memiliki range pH 5,17 hingga 10,75. Kemampuan polimer PST dalam mengikat ion logam Ag(I) dan Au(III) sebesar 13,23 mg/L dan 11,9 mg/L. Spektra FTIR dari polimer PST pada panjang gelombang 3367,5 cm⁻¹ dan 3244 cm⁻¹ menunjukkan adanya N dari NH₂ primer sedangkan polimer PST yang diinteraksikan dengan Ag(I) dan Au(III) menunjukkan pergeseran kimia pada bilangan gelombang 3379,1 cm⁻¹ dan 3371,3 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi rentangan (-NH-) sebagai akibat terikatnya ion logam Ag(I) dan Au(III) pada polimer PST.

Kata kunci: Ag(I), Au(III), Polimer

Abstract

Research about synthesis and characterization of PST polymer as binding metal ion of Ag(I) and Au(III) had been done. The PST polymer was synthesis by using N'-2-pirimidinylsulfanilamid that bounded by silica gel. Characterization of PST polymer included water contain, ash contain influence pH to solubility, and PST ability to binding Ag(I) and Au(III) were used spectrophotometer AAS and FTIR instruments. The results of this research showed that water and ash contain equal to 0.2305 % (W/W) and 97.52 % (W/W), respectively. Influence of pH to solubility of PST polymer at pH range 5.17 to 10.75. The ability of PST polymer to binding of Ag(I) and Au(III) equal to 13.23 mg/L and 11.9 mg/L, respectively. The PST polymer FTIR spectra wavenumbers at 3367.5 cm⁻¹ and 3244 cm⁻¹ showed the existence of N from primary amine, while PST interact with Ag(I) and Au(III) denote with chemical shift at wavenumber 3379.1 cm⁻¹ showed the stretching vibration of -NH- as a consequence of tied metal ion Ag(I) and Au(III) to PST polymer.

Key words: Ag(I), Au(III), Polymer

Latar Belakang

Penggunaan berbagai jenis logam dalam industri baik dalam bentuk logam murni maupun bentuk campuran semakin meningkat mengingat logam memiliki sifat yang menguntungkan antara lain menghantarkan listrik dan panas dengan baik serta kemampuan membentuk campuran dengan logam lain. Meningkatnya penggunaan logam dalam industri akan menimbulkan efek samping karena pembuangan logam ke lingkungan sekitar semakin meningkat, hal ini perlu diwaspadai terutama logam berat (Connell, 1995). Sebagai contoh, pemakaian merkuri sebagai bahan kimia pembantu proses amalgam untuk memperoleh emas oleh pertambangan merupakan sumber pencemaran merkuri yang besar di lingkungan.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk menurunkan konsentrasi pencemaran logam berat dalam lingkungan perairan antara lain melalui proses presipitasi kimiawi, koagulasi, kompleksasi, penggunaan resin penukar ion dan adsorpsi. Metode adsorpsi umumnya berdasarkan interaksi logam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan suatu materi melalui interaksi pembentukan kompleks, biasanya terjadi pada permukaan padatan yang kaya akan gugus fungsional seperti : -

OH ; -NH ; -SH dan -COOH (Stumm dan Morgan, 1981). Solusi paling aman adalah pelarangan pemakaian merkuri secara tegas dalam proses pemisahan logam mulia dan menggantikannya dengan suatu bahan yang mempunyai kemampuan untuk memisahkan logam-logam mulia secara selektif dari campurannya serta tidak berbahaya bagi lingkungan.

Salah satu material padat yang dapat menyerap ion logam adalah polimer. Polimer dapat dijadikan sebagai adsorben dalam penyerapan ion logam, misalnya polimer organik, silika organik. Kompleks rantai heterogennya mengandung rantai lurus, kelompok amino lemah atau kelompok kompleks dengan gugus fungsi aktif. Gugus fungsi aktif tersebut dapat digunakan untuk mengikat ion logam mulia secara selektif (Murinov, 2001). Sintesis antara silika gel yang mengandung gugus silanol dan siloksan dengan senyawa organik yang memiliki atom donor, seperti N, S, O atau P dapat terjadi melalui ikatan kimia atau melalui proses adsorpsi fisika yang dapat dimanfaatkan dalam proses penyerapan ion-ion logam tertentu (Singh, 2006).

Mekanisme interaksi antara ion logam dengan gugus fungsional suatu bahan adsorben merupakan interaksi asam

basa Lewis. Interaksinya dipengaruhi oleh ligan (atom donor elektron), sifat logam dan struktur dari gugus fungsional. Berdasarkan konsep asam basa keras lunak (HSAB) yang diusulkan oleh Pearson (1963) gugus fungsi N- memiliki afinitas yang tinggi terhadap ion logam mulia seperti Ag(I) dan Au(III), maka dalam penelitian ini disintesis suatu bahan polimer organik yang mengandung gugus fungsi N- dengan bahan baku yang digunakan berupa N'-2-pirimidinilsulfanilamida yang diikat oleh silika gel. Polimer PST ini dapat dimanfaatkan untuk mengikat ion logam mulia berupa Ag(I) dan Au(III).

Metode penelitian

Sintesis polimer PST

Silika gel sebanyak 5 g dijenuhkan dengan cara direndam dalam larutan HCl 0,1 M sambil diaduk dengan pengaduk magnet selama 24 jam. Sebanyak 50 g N'-2-pirimidinilsulfanilamida dilarutkan dalam 200 ml aquabides bebas ion. Campuran silika gel tadi dimasukkan ke dalam campuran N'-2-pirimidinilsulfanilamida sambil diaduk dengan pengaduk magnet selama 24 jam kemudian diuapkan di hotplate pada suhu 90° C.

PST dicuci secara berulang-ulang untuk menghilangkan ion Cl⁻. Uji Cl⁻ dilakukan dengan cara menambahkan

AgNO₃ ke dalam filtrat PST. Jika terjadi endapan putih berarti PST tersebut masih mengandung anion Cl⁻, sehingga perlu dilakukan pembilasan lebih lanjut. Pembilasan dihentikan jika dalam air bilasan PST tidak terjadi lagi endapan dengan penambahan AgNO₃, kemudian terakhir kali dibilas dengan aquabides bebas ion. Setelah proses pemurnian dilakukan, PST tersebut dikeringkan dalam oven pada suhu 60° C lalu PST diidentifikasi dengan spektroskopi FTIR shimadzu 8400 PC.

Penentuan kadar air

Cawan krus kosong ditimbang dan panaskan dalam oven pada 105°C selama 1,5 jam. Sampel PST ditimbang sebanyak 0,5 g dan letakkan didalam cawan krus lalu dipanaskan ke dalam oven pada suhu 105° C selama 2 jam lalu dinginkan dalam desikator kemudian ditimbang sampai diperoleh berat konstan.

Penentuan kadar abu

Cawan krus kosong ditimbang dan panaskan dalam oven pada 105°C selama 1,5 jam. Sampel PST ditimbang sebanyak 0,5 g dan letakkan didalam cawan krus lalu dikalsinasi pada 450°C selama 4-6 jam lalu dinginkan dalam desikator kemudian ditimbang sampai diperoleh berat konstan.

Pengaruh pH terhadap kelarutan

Sampel PST sebanyak 0,5 g ditimbang kemudian larutkan dalam aquadest, ukur pH campurannya lalu setiap penambahan 0,01 ml larutan NaOH 6 M dicatat perubahan pH, amati pula perubahan pada sampel baik perubahan warna dan kekeruhan sampai PST benar-benar larut.

Interaksi Ag(I) dan Au(III) dengan PST

Larutan Ag(I) dan Au(III) masing-masing sebanyak 25 ml ditambah dengan 0,5 g PST, diinteraksikan (dishaker) selama 3 jam, residu yang diperoleh dikeringkan pada suhu 40⁰ C lalu dianalisis dengan spektroskopi FTIR Shimadzu 8400 PC. Selanjutnya juga sampel PST sebanyak 0,1 g diinteraksikan dengan ion logam Ag(I) dan Au(III) masing-masing sebanyak 25 ml dengan cara dishaker selama 60 menit dengan konsentrasi 50 mg/L. Larutan tersebut disaring dan filtrat diukur kadar ion logam yang tersisa dengan spektroskopi serapan atom.

Hasil dan Pembahasan

Kadar air dan kadar abu

Kadar air adalah banyaknya kandungan air dalam suatu bahan yang ditentukan dari pengurangan berat suatu bahan yang dipanaskan pada suhu tertentu. Kadar air dan abu PST disajikan pada

Tabel 1. Kadar air PST hasil sintesis adalah sebesar 0,2305 %.

Kadar air digunakan untuk mengetahui kekuatan ikatan yang terjadi pada kerangka PST. Kadar air dalam PST hasil sintesis akan menunjukkan kualitas yang baik karena ikatan yang terjadi pada polimer PST semakin kuat sehingga untuk mengikat ion logam semakin efektif. Kadar air yang tinggi akan mengurangi keefektifan PST untuk berinteraksi dengan ion logam-logam mulia, seperti ion Ag(I).

Tabel 1. kadar air dan kadar abu PST

Adsorben	kadar air (% w/w)	kadar abu (% w/w)
PST	0,2305	97,52

Kadar abu menunjukkan oksida logam dan mineral yang terdapat dalam suatu bahan. Kadar abu mengidentifikasi tingginya kandungan oksida logam dan mineral yang terdapat dalam bahan tersebut. Abu yang terbakar merupakan oksida-oksida logam atau logam yang terbakar.

Kadar abu dari PST hasil sintesis sebesar 97,52 %. Kadar abu mengidentifikasi bahwa oksida logam yang terkandung dalam PST dalam jumlah banyak. Diduga oksida logam berasal dari mineral golongan silika dan karbon. Dapat dilihat dari hasil spektra FTIR yang

menunjukkan adanya mineral golongan silika.

Pengaruh pH terhadap kelarutan

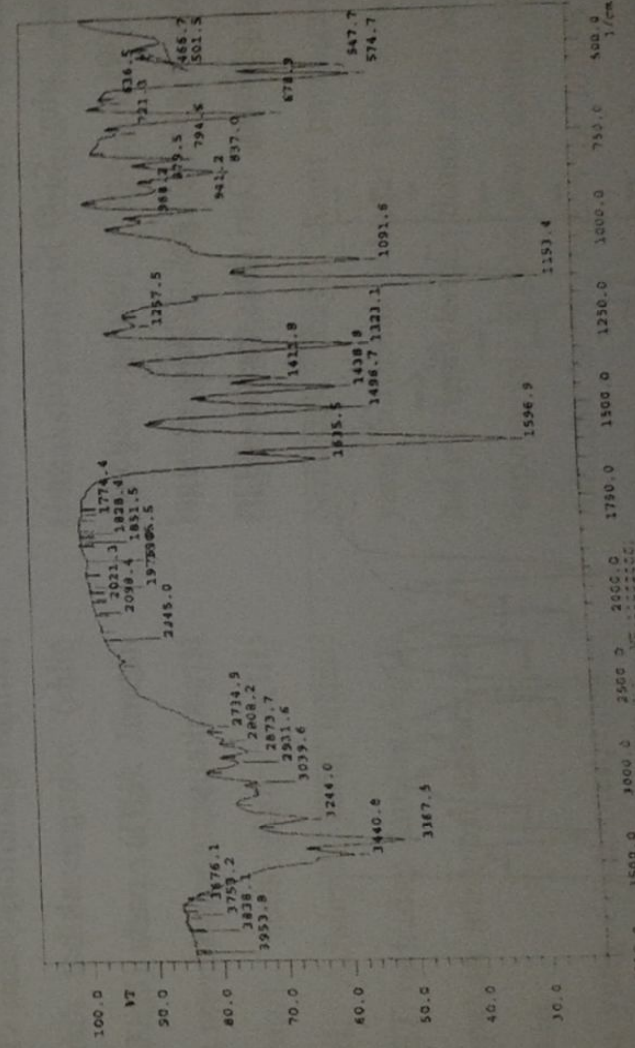
Penentuan pengaruh pH terhadap kelarutan dilakukan untuk mengetahui pengaruh pH terhadap kelarutan dari polimer PST dengan penambahan NaOH secara kuantitatif dan diukur perubahan pH serta pengamatan terhadap kelarutan dari PST. Pengukuran pH dilakukan sampai sampel PST mulai sedikit larut. Data kelarutan PST terhadap pH disajikan pada lampiran 2.

PST mempunyai range pH sebesar 5,17 sampai dengan 10,75. Dari data ini menunjukkan bahwa adsorben PST tahan terhadap perbedaan pH yang dapat dilihat

dari perubahan kelarutan yang kecil pada perubahan pH yang besar. Pada pH 10,75 PST mulai sedikit larut, hal ini menandakan bahwa adsorben PST dapat menyerap ion logam baik dalam suasana asam maupun basa. Hal ini menunjukkan bahwa PST hasil sintesis dapat digunakan untuk penyerapan ion logam di lingkungan baik suasana asam maupun basa.

Hasil identifikasi gugus fungsional polimer PST secara spektroskopi FTIR

Polimer PST hasil sintesis diidentifikasi gugus-gugus fungsionalnya dengan menggunakan spektroskopi FTIR. Spektra FTIR dari PST ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Spektra FTIR PST

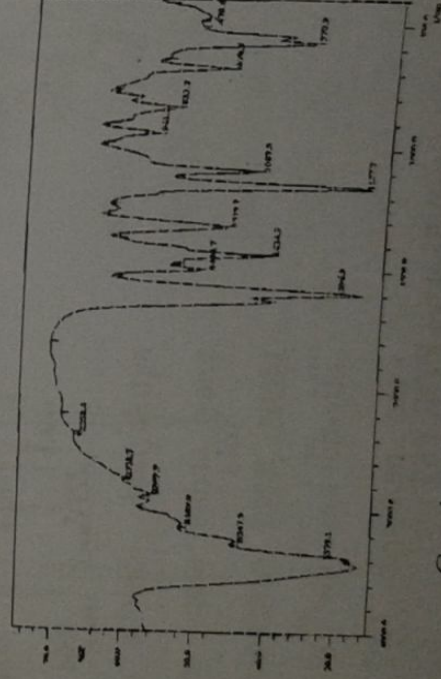
Serapan pada bilangan gelombang 3367,5 cm^{-1} dan 3244,0 cm^{-1} menunjukkan adanya rentangan NH_2 primer. Adanya NH_2 primer diperkuat dengan adanya bengkokan ulur N-H yang muncul pada bilangan gelombang 1635,5 cm^{-1} .

Pada bilangan gelombang 3039,6 cm^{-1} menunjukkan adanya serapan dari gugus aromatik dalam PST yang merupakan ulur C-H aromatik. Puncak serapan pada bilangan gelombang 1596,9 cm^{-1} menunjukkan adanya serapan ulur C=C aromatik dengan intensitas kuat dan tajam. Ikatan C=N pada PST teramati pada bilangan gelombang 1496,7 – 1438,8 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 1323,1 – 1153,4 cm^{-1} menunjukkan adanya ulur S=O dari senyawa sulfanilamid yang berasal dari senyawa N'-2-pirimidinilsulfanilamida. Sedangkan ulur Si-O-Si muncul pada daerah 1091,6 cm^{-1} akibat adanya penambahan silika gel dan sebagai pendukung polimer. Dari data spektra FTIR

pada Gambar 1 dapat disimpulkan bahwa keberadaan gugus fungsional amina muncul pada spektra FTIR PST hasil sintesis dimana diharapkan gugus ini nantinya berperan dalam proses pengikatan ion logam Ag(I) dan Au(III).

Hasil identifikasi gugus fungsional interaksi polimer PST terhadap Ag(I) dan Au(III).

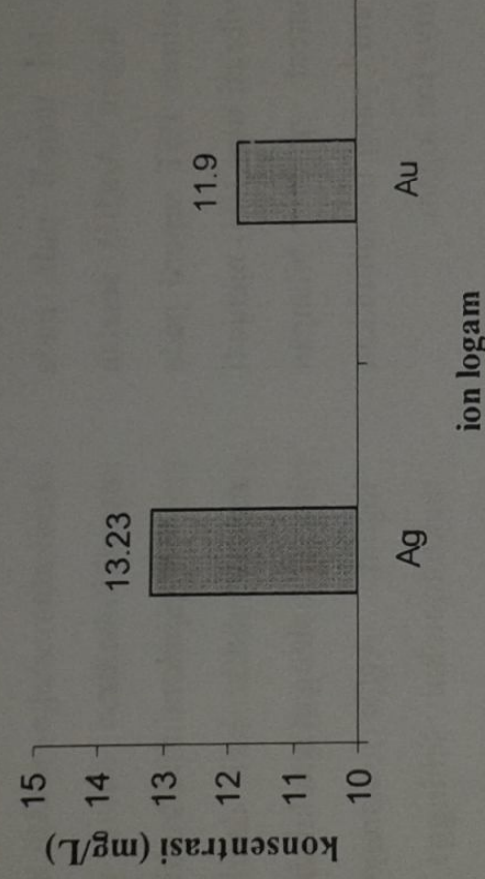
Spektra FTIR PST yang telah diinteraksikan dengan ion logam Ag(I) terlihat pada Gambar 2. Spektra PST memiliki kemiripan dengan spektra FTIR sebelum dan sesudah interaksi dengan ion logam Ag(I), akan tetapi terlihat adanya pergeseran bilangan gelombang dari dua buah pita pada daerah 3379,1 dan 3247,9 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi rentangan (NH_2) sebagai akibat dari terikatnya ion logam Ag(I) pada PST dengan masaa tereduksi yang lebih besar.



Gambar 2. Spektra FTIR PST – Ag(I)

Kemampuan PST dalam mengikat ion logam Ag(I) dan Au(III) dilakukan dengan analisis spektroskopi serapan atom dari PST hasil sintesis yang diinteraksikan masing-masing dengan larutan Ag(I) dan Au(III). Kemampuan PST dalam mengikat ion logam Ag(I) dan Au(III) dapat dilihat dari jumlah konsentrasi ion logam Ag(I) dan

Au(III) yang terserap didalam polimer PST melalui perbedaan konsentrasi ion logam Ag(I) dan Au(III) sebelum penyerapan dengan konsentrasi setelah penyerapan yang telah diinteraksikan selama 60 menit. Jumlah konsentrasi ion logam Ag(I) dan Au(III) yang teradsorpsi terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Jumlah konsentrasi Ag(I) dan Au(III) yang teradsorpsi

Gambar 4 memperlihatkan bahwa perbedaan jumlah konsentrasi yang teradsorpsi pada Ag(I) dan Au(III). Jumlah konsentrasi yang teradsorpsi pada Ag(I) sebesar 13,23 mg/L sedangkan Au(III) sebesar 11,9 mg/L. Adsorpsi yang terjadi antara polimer PST terhadap larutan Ag(I) dan Au(III) merupakan adsorpsi antara zat padat dengan larutan.

Mekanisme yang dapat menjelaskan perbedaan antara konsentrasi yang teradsorpsi antara Ag(I) dan Au(III) diantaranya adalah adanya interaksi antara

molekul adsorbat dengan polimer PST. Interaksi ini dapat berupa interaksi kimia dari polimer PST yang memiliki situs aktif N- terhadap kation logam Ag(I) dan Au(III). Gugus fungsional N- dari polimer PST bertindak sebagai donor pasangan elektron yang bertindak sebagai basa Lewis, dalam hal ini ligan dengan donor atom yang mudah terpolarisasi digolongkan dalam basa lunak. Adsorbat berupa kation ion logam Ag(I) dan Au(III) yang dapat dinyatakan sebagai asam Lewis. Menurut Pearson (1968) asam lunak digambarkan sebagai spesies ion-ion logam

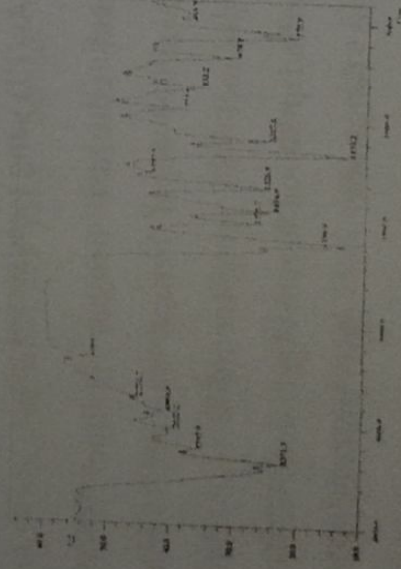
beberapa bilangan gelombang. Pergeseran pada beberapa bilangan gelombang dapat dipengaruhi oleh faktor massa primer dimana dilihat dari massa dari atom-atom yang bervibrasi. Frekuensi vibrasi berpengaruh terhadap massa tereduksi yang didasarkan pada hukum Hooke dimana makin besar massa atom-atom yang berikatan maka massa tereduksinya akan semakin besar.

Spektra FTIR tidak berubah pada daerah sidik jari dari spektra sebelum interaksi dengan setelah interaksi dengan ion logam Ag(I) karena PST adalah makromolekul sehingga frekuensi vibrasi bukan antara makromolekul dengan logam tetapi antara logam dengan gugus (-NH-).

Antara daerah sidik jari setelah polimer PST terikat dengan ion logam terdapat kemiripan, berarti tidak terdapat perbedaan pada pengikatan ion logam Ag(I) dan Au(III), walaupun kedua ion logam mempunyai sifat yang berbeda namun kedua ion logam tersebut sama-sama merupakan akseptor pasangan elektron yang membutuhkan donor pasangan elektron untuk melakukan ikatan sehingga vibrasi kedua ion logam yang teramati tidak merubah daerah sidik jari.

Kemampuan PST dalam mengikat Ag(I) dan Au(III)

Berdasarkan gambar 2 terlihat muncul serapan pada daerah 3109 cm^{-1} yang merupakan ulur C-H aromatik dengan intensitas kuat dan tajam. Adanya serapan dari ulur S=O dari golongan sulfanilamid muncul pada bilangan gelombang 1319,2 – 1157,2 cm^{-1} . Ikatan C=N juga masih teramati pada bilangan gelombang 1496,7 – 1434,9 cm^{-1} . Hal ini terjadi pula pada spektra FTIR ion logam Au(III) setelah interaksi dengan polimer PST seperti pada gambar 3, dimana vibrasi ulur NH_2 menjadi lebih tinggi muncul pada bilangan gelombang $3371,3\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus tempat terikatnya ion logam.



Gambar 3. Spektra FTIR PST – Au(III)

Secara umum spektra FTIR dari interaksi PST terhadap ion logam Ag(I) dan Au(III) mempunyai gugus yang sama dengan hasil spektra PST tetapi terjadi perubahan intensitas dan pergeseran pada

yang mempunyai valensi lebih rendah dan memiliki polarisabilitas tinggi. Ion logam Ag(I) memiliki valensi lebih rendah dibandingkan dengan Au(III) maka Ag(I) cenderung lebih lunak dibandingkan dengan Au(III). Pearson juga menjelaskan bahwa umumnya basa lunak cenderung lebih stabil jika berikatan dengan asam lunak.

Maka dapat disimpulkan bahwa gugus fungsional N- yang bersifat lebih lunak cenderung untuk berikatan dengan Ag(I) yang lebih lunak pula sehingga dapat dibuktikan bahwa konsentrasi yang teradsorpsi pada Ag(I) lebih besar dibandingkan dengan Au(III).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa kadar air PST hasil sintesis adalah sebesar 0,2305 %, kadar abunya sebesar 97,52 % dan pengaruh pH terhadap kelarutan memiliki range pH 5,17 sampai 10,75. Analisa FTIR PST hasil sintesis memiliki serapan pada bilangan gelombang 3367,5 cm^{-1} dan 3244 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus fungsi N- dari amina primer sebagai pengikat Ag(I) dan Au(III) ditandai dengan munculnya serapan pada bilangan gelombang 3379,1 cm^{-1} dan 3371,3 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi rentangan -NH-

sebagai akibat dari terikatnya ion logam Ag(I) dan Au(III) pada PST. Kemampuan PST dalam mengadsorpsi Ag(I) sebesar 13,23 mg/L sedangkan Au(III) sebesar 11,9 mg/L.

Daftar pustaka

- Connell,D.W., Miller,G.J., 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*, UI-Press. Jakarta.
- Cowd,MA., 1991. *Kimia Polimer*, terjemahan Harry Firman ITB. Bandung.
- Handcock, D. Robert and Martell A.E, 1996. Hard and soft Acids-bases Behaviour in Aqueous Solutio. *Journal of Chemical Education*.
- Hill,Mc.G., 1992. *Encyclopedia of Science and Technology*. New York.
- Hill,Mc.G., 2004. *Encyclopedia of chemistry*, The Mc Graw Hill Companies. United State of America.
- Ismail,S., 1996. *Kinetika Lanjut*. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Keenan.,Kleinfelter., Wood, 1993. *Kimia Untuk Universitas*,jilid 2. Erlangga. Jakarta.
- Khopkar,SM., 1990. *Konsep DasarKimia Analitik*. UI-Press. Jakarta.
- Masel,R., 1996 . *Principles of Adsorption and Reaction Solid Surface*. John Wiley & Sons. New York.
- Murinov ,Y.,Gallina R.A., 2001. *Reaction Ability of Heterochain Complex-Forming OrganopolymERIC and Organosilicon S-, N- Containing Sorbent Toward Noble Metals*, Arkivoc (IX). 166-186.
- Narsito., 1992. *Dasar-Dasar Spektrometri Serapan Atom*. UGM. Yogyakarta.
- Oscik., 1982. *Adsorption*. Ellis Horwood Limited. England.
- Pearson,R.G., 1963. *Hard and Soft Acids Bases. Journal of American Chemical Society*, vol 85.
- Sastrohamidjojo,H., 1992. *Spektroskopi Inframerah*. Liberty. Yogyakarta.
- Silverstein,R.M., Bassler,G.C., and Morrill, C.T., 1986. *Penyidikan Spektrometrik Senyawa Organik*, terjemahan Hartomo dan Anny Victor Purba. edisi keempat. Erlangga. Jakarta.
- Singh, A.C., dkk. 2006. Extraction of Metal Ions Using Chemically Modified Silica Gel Covalently Bonded with 4,4'-Diaminodiphenylether and 4,4'-Diaminophenylsulfone-salicylaldehyde Schiff Bases. *Analytical Sciences*. Vol 22, hal 1105-1110.
- Stevens,P.M., 2000. *Kimia Polimer*, terjemahan Iis Sopyan. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Stum,W and Morgan., 1981. *Aquatic Chemistr*. John wiley and Sonc Inc. New York.
- Sujandi., 2002. *Impregnasi Asam humat pada silika gel dan aplikasinya untuk Adsorpsi Tembaga(II) dan Kalsium(II)*, Program Pascasarjana FMIPA UGM. Yogyakarta.
- Sukardjo., 1997. *Kimia Fisika*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Underwood,A.,L., Day R.,A, 1989. *Analisa Kimia Kuantitatif*, terjemahan Aloysious Handayana Pudjaatmaka, edisi kelima. Erlangga. Jakarta.
- Vogel., 1990. *Buku Teks Analisa Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, terjemahan Aloysious Handayana Pudjaatmaka, edisi kelima. Kalman Media Pustaka. Jakarta.