

Studi *Co-Precipitation* Tembaga (II) Menggunakan *Coprecipitant* $\text{Al}(\text{OH})_3$ pada Sungai Batang Arau Kota Padang Diukur dengan Metoda Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Yusuf¹, Indang Dewata², Edi Nasra³

Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang, Indonesia

*#1 Mahasiswa Kimia, *2 Pembimbing I, #3 Pembimbing II*

¹yusuf_00346@yahoo.com, ²i_dewata@yahoo.com, ³hardi_rais@yahoo.com

Abstrak — A study in the development co-precipitation method and natural samples was applied to the Batang Arau River in Padang City. Sampling was done once in the month of November 2012, by random sampling on the selected point along the river which was considered to represent the river. Sampling points taken in the river upstream Lubuk Paraku Kor were named sample 1, the sampling points in the middle of the river called hilalang padang besi were called as sample 2, the third sampling points downstream to the mouth of the river were called the sample stream 3. The analysis was performed with the optimization of pH and volume optimization before it was applied to the sample. The result was the determination of the optimum pH conditions co-precipitant $\text{Al}(\text{OH})_3$ with atomic absorption spectroscopy air acetylene flame occurred at pH 6, the optimum volume coprecipitant used in the co-precipitation method was the addition of $\text{Al}(\text{OH})_3$ as much as 11 mL. Content of Copper (II) obtained at the optimum conditions at upstream was 2,22ppm, in the middle of the river was 1,294 ppm and 1,2 ppm was the content at the river mouth, with an average concentration factor of 104 times compared to direct measurement without the co-precipitation. Quality Standards based on PP. 82 Year 2001 Class II was still in the limited threshold 0,02 ppm.

Keywords — co-precipitation, coprecipitant $\text{Al}(\text{OH})_3$, praconsentration

I. PENDAHULUAN

Kandungan logam dalam sungai berasal dari berbagai sumber, seperti batuan dan tanah serta dari aktivitas manusia termasuk pembuangan limbah cair baik yang telah diolah maupun belum diolah ke badan air kemudian secara langsung dapat mencemari badan perairan (Akoto dkk., 2008). Logam berat memasuki air alami dan menjadi bagian dari sistem suspensi air dan sedimen melalui proses absorpsi, presipitasi dan pertukaran ion (Liu dkk., 2006). Meskipun diketahui bahwa keberadaan logam berat di perairan merupakan hal alamiah yang terbatas dalam jumlah tertentu dalam kolom air, sedimen dan lemak biota, tetapi keberadaan logam berat ini akan meningkat akibat masuknya limbah yang dihasilkan oleh industri-industri serta limbah yang berasal dari aktivitas lainnya (Lin dkk., 2006). Dalam hubungannya dengan kondisi morfologi dan hidrologi, materi terlarut seperti logam dapat terakumulasi sepanjang perairan, bahkan dapat terjadi beberapa kilometer setelah sumber polusi (Pertwi, 2009). Pencemaran logam berat merupakan masalah pencemaran lingkungan yang umum dan menjadi perhatian (Papafilippaki dkk, 2007).

Diantara banyaknya logam berat yang terpapar dalam perairan, salah satu jenis logam berat itu adalah tembaga (Cu). Aktifitas manusia seperti buangan industri merupakan salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam perairan. Disamping itu proses daur ulang yang terjadi dalam tatanan lingkungan perairan yang merupakan efek dari aktifitas biota perairan juga sangat berpengaruh terhadap peningkatan Cu dalam perairan. Dalam kondisi normal keberadaan Cu dalam perairan ditemukan dalam bentuk senyawa ion Cu^+ , Cu^{2+} , dan lain-lain yang berikatan dengan senyawa lain seperti CuCO_3 atau CuCO^+ dan CuOH^+ . Biasanya jumlah Cu yang terlarut dalam perairan laut adalah 0,002 – 0,005 ppm.

Konsentrasi logam yang ada diperairan umumnya sangat kecil. Jika dilakukan analisa logam tersebut dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) kurang efisien dilakukan, karena kemampuan dari SSA dalam mengukur logam yang berada dalam konsentrasi trace. SSA memiliki batas deteksi tertentu untuk logam tertentu sehingga kurang akurat mendeteksi suatu trace logam yang terdapat dalam sampel. Oleh karena itu perlu dilakukan metoda pretreatment sebelum diukur dengan SSA.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk menganalisa dan memisahkan logam berat dalam jumlah yang relatif kecil (*trace metal*) yang terdapat dalam perairan. Misalnya metoda biosorpsi (penyerapan logam-logam menggunakan zat biologis seperti alga) dan metoda adsorpsi (menggunakan zat teraktifasi seperti aktifasi media sabut kelapa dengan basa). Namun data hasil analisa dari penelitian sebelumnya menunjukkan data yang bervariasi atau tidak konstan dan juga memerlukan waktu serta biaya (*cost*) yang cukup besar.

Salah satu metoda *pretreatment* yang digunakan untuk mengukur kandungan logam dalam konsentrasi sangat kecil adalah metoda *co-precipitation*, yaitu metoda dengan cara menggunakan suatu reagen yang dapat mengendapkan logam yang bersama-sama dengan *coprecipitant* membentuk koloidal, setelah koloidal itu dilarutkan dalam asam pekat sehingga dapat diukur dengan SSA.

Dari penelitian yang lalu banyak jenis *coprecipitant* yang dapat digunakan yang memiliki kelemahan dan keunggulan masing-masingnya seperti Zirkonium Hidroksida $Zr(OH)_2$, *coprecipitant* ini membutuhkan pemanasan untuk melarutkan *coprecipitant* tersebut. Selanjutnya penggunaan Besi (III) Tetraetilen Ditiokarbamat memerlukan waktu pelarutan yang lama dari pengendap untuk menyederhanakan sampel matrik (Hudnik, 1978). *Coprecipitant* Indium Hidroksida $In(OH)_2$ merupakan *coprecipitant* yang sangat bagus, tapi serapan latar belakang dari Indium mengganggu dalam analisa. *Coprecipitant* lainnya adalah Scandium Hidroksida $Sc(OH)_3$ yang cukup efisien dalam mengendapkan logam-logam berat, namun pengendapan masih kurang efektif karena masih banyaknya logam-logam terdapat pada filtrat. Semuanya *coprecipitant* di atas dilakukan pada pengukuran dengan menggunakan Grafit Furnace Atomic Absorbtion Spectrofotometry (GFAAS).

Penentuan *coprecipitant* yang cocok untuk menganalisa sebuah logam dengan menggunakan metode ini dipengaruhi oleh tetapan nilai kesetimbangan kelarutan (K_{sp}) dari logam yang akan dijadikan sebagai zat *coprecipitant*. Nilai kesetimbangan kelarutan zat *coprecipitant* dipaparkan dalam (Slowinski, 1990) untuk $Al(OH)_3$ adalah 5×10^{-33} , dibandingkan dengan $Cu(OH)_2$ adalah 2×10^{-19} dan $Cd(OH)_2$ adalah 2×10^{-14} . Nilai K_{sp} Hidroksida yang kecil akan lebih efektif dalam mengendapkan logam berat yang akan dianalisa. Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti mencoba mengembangkan metoda *co-precipitation* dalam menganalisa logam *trace* serta melihat keefektifitasan $Al(OH)_3$ sebagai *coprecipitant* pada penentuan kadar logam tembaga (Cu) di perairan dengan menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) Nyala Udara-Asetilen

II. METODE PENELITIAN

Metode

Jenis penelitian ini adalah eksperimen dengan melakukan analisa secara kuantitatif untuk mempelajari teknik *co-precipitation* yang diaplikasikan pada sampel alam air sungai Batang Arau kota Padang dan melihat kemampuan metoda ini dalam menganalisa kadar ion tembaga (Cu^{2+}) pada sungai tersebut. Preprasi sampel dilakukan di Laboratorium

Penelitian Universitas Negeri Padang dan analisis sampel dilakukan di Kopertis Wilayah X yang dilaksanakan dari bulan Agustus sampai November 2012. Objek penelitian adalah air dari perairan yang diperoleh dari perairan Sungai Batang Arau Kota Padang, yaitu pada bagian muara (Dermaga sekitar jembatan Siti Nurbaya), pada bagian tengah sungai (Hilalang Padang Besi) dan bagian hulu sungai (Lubuk Paraku Kor). Pada masing-masing titik diambil dua sampel secara acak dan dihomogenkan. Titik – titik lokasi pengambilan sampel penelitian terlihat pada Tabel 1 :

Tabel 1
Titik Pengambilan Sampel

Lokasi	Koordinat		Ketinggian dari permukaan laut (m)
	X (East)	Y (North)	
Lubuk Paraku Kor	1000 29.196'	000 56.748'	330
Hilalang Padang besi	1000 26.878'	000 57.213'	104
Dermaga sekitar Jembatan Siti Nurbaya	1000 21.321	000 57.903	5

Sampel diambil berdasarkan teknik random yaitu cara pengambilan sampel yang memberikan kesempatan yang sama untuk diambil kepada setiap elemen populasi dengan cara memilih beberapa wilayah yang dijadikan tempat sampling secara random. Teknik random dipilih karena tiap-tiap wilayah yang menjadi titik sampling tidak diperhitungkan berapa koordinat dan jarak pastinya. Sampel diambil dibagian permukaan, tengah dan dasar sungai lalu di satukan dan dihomogenkan. Metoda pengambilan sampelnya menurut (Anwar Hadi, 2005) dengan pengambilan secara langsung menggunakan botol plastik atau wadah gelas pada tiga titik yang telah ditentukan.

Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah: spektrofotometer Serapan Atom (varian AA240), kertas saring Whatman no.1 0,45 mm, kertas pH indikator universal, Magnetik Stirrer, botol sampel, bola hisap, hot plate, neraca analitik, kertas label, erlenmeyer 250 mL, labu ukur 100 mL dan 1000 mL, gelas piala 100 mL, gelas ukur 100 mL, pipet volumetrik 2.0 mL, pipet gondok 10 mL dan labu semprot. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Aquades, Kristal $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$, Asam Nitrat (HNO_3), $AlCl_3 \cdot 6H_2O$, Natrium Hidroksida (NaOH) dan Sampel air sungai batang arau kota padang

Prosedur Penelitian

Pembuatan larutan $Al^{3+} 0.2 M$

Sebanyak 12,075 gram kristal $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dengan aquadest lalu dimasukkan kedalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas.

Pembuatan larutan NaOH 2 M

Sebanyak 20 gram NaOH kristal dilarutkan dengan aquadest lalu dimasukkan kedalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas.

Pembuatan Larutan HNO_3 0.15 M

Diambil 10,7 mL HNO_3 14 M diencerkan dengan aquadest dalam labu ukur 1000 mL sampai tanda batas.

Pembuatan Larutan Induk Cu^{2+} 100 ppm

Sebanyak 0,380315 gram kristal $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dengan aquadest lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas.

Pembuatan Larutan Standar Cu^{2+}

Larutan standar dibuat dengan mengencerkan larutan Cu^{2+} 100 ppm dengan variasi konsentrasi 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 ppm dan untuk kurva standar 2 variasi konsentrasi 0.050, 0.100, 0.200, 0.300, dan 0.400 ppm. Dipipet masing-masing 1.0; 2.0; 3.0; 4.0; 5.0; 6.0 mL dan 0.050; 0.100; 0.200; 0.300; 0.400 mL larutan Cu^{2+} 100 ppm lalu masukkan kedalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas.

Prosedur Penelitian

Penentuan pH Optimum

Ke dalam 6 buah erlenmeyer dimasukkan masing-masing 50 mL larutan Cu^{2+} 100 ppm dan 10 mL larutan Al^{3+} 0.2 M. pH awal larutan yaitu 5. Masing-masing larutan ditambahkan NaOH 2M dengan variasi pH 6, pH 7, pH 8, pH 9, pH 10, pH 11, pH 12. Larutan dimasukkan ke dalam tabung *centrifuge* dan dicentrifuge dengan kecepatan 1.000 rpm/10 menit. Pisahkan Filtrat dan Endapan. Filtrat yang terbentuk dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL dan ditambahkan dengan HNO_3 0,15 M sampai tanda batas, sedangkan endapan yang terbentuk dilarutkan dengan HNO_3 14 M sebanyak 5 tetes (0,4 mL) kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL dan ditambahkan dengan HNO_3 0,15 M sampai tanda batas. Larutan diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom dengan panjang gelombang 324,8 nm hingga didapat pH optimum.

Penentuan volume optimum *coprecipitation* Al^{3+}

Ke dalam 7 buah erlenmeyer dimasukkan masing-masing 50 mL larutan Cu^{2+} 100 ppm dan larutan Al^{3+} 0,2 M dengan variasi volume 8 mL, 9 mL, 10 mL, 11 mL, 12 mL, 13 mL, 14 mL. Masing-masing larutan ditambahkan NaOH 2 M sampai pH optimum (pH 6). Larutan dimasukkan ke dalam tabung *centrifuge* dan dicentrifuge dengan kecepatan 1.000 rpm/10 menit. Pisahkan Filtrat dan Endapan. Larutkan endapan dengan HNO_3 14 M sebanyak 5 tetes kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 25 mL dan ditambahkan dengan HNO_3 0,15 M sampai tanda batas. Larutan diukur

dengan Spektrofotometer Serapan Atom dengan panjang gelombang 324,8 nm hingga didapat volume optimum.

Preparasi Sampel (SNI 6989.6:2009)

Sampel diperoleh dari daerah Lubuk Paraku Kor, Hilalang Padang Besi dan Jembatan Sebarang Padang. Sampel sebanyak 50 mL disaring dengan saringan membran berpori 0,45 μm , tambahkan 0,4 mL asam nitrat (HNO_3)pa, panaskan pada *hot plate* sampai volume larutan menjadi 20 mL agar terjadi pemekatan dan menghilangkan senyawa organik lain pada sampel dengan pH 2, masukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan tambahkan aquades sampai tanda batas, sampel siap untuk dianalisa.

Perlakuan Untuk Sampel

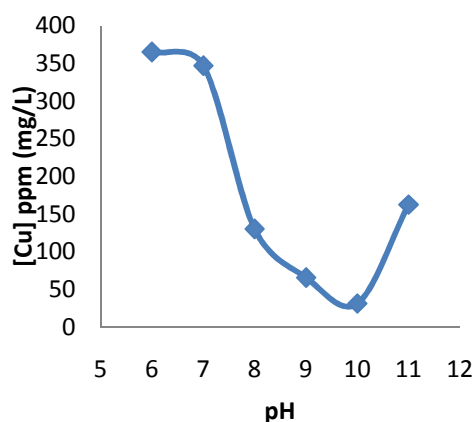
Setelah kondisi optimum metoda penelitian didapat dan setelah dilakukan pengukuran sederetan larutan standar, sampai didapat kurva kalibrasi. Selanjutnya metoda diaplikasikan pada sampel yang sudah diambil secara acak pada Sungai Batang Arau dengan 2 kali pengulangan/duplo.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penentuan pH Optimum Coprecipitant

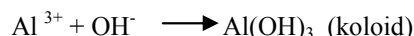
Coprecipitant $\text{Al}(\text{OH})_3$ akan mengadsorbsi ion – ion logam yang bermuatan positif yang tersebar dalam sampel dan dilarutkan dengan menggunakan asam nitrat 14 M dan 0,15 M. Pada penentuan pH optimum *coprecipitant* dilakukan dengan memvariasikan pH dengan menambahkan NaOH 2M ke dalam 50 mL larutan Cu^{2+} dan 10 mL Al^{3+} yang pH awalnya adalah 5, *range* pH yang yang di pakai adalah 6, 7, 8, 9, 10, 11. Hasil *co-precipitation* tersebut diukur dengan Spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 324,8 nm.

Hasil pembacaan konsentrasi Cu yang terserap setelah di optimasi dengan sederetan *range* pH dapat dilihat kondisi optimum pH *coprecipitant* dari kurva berikut ini:



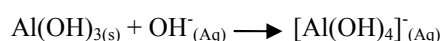
Gambar 1. Kurva Kondisi Optimum (pH) *coprecipitation* $\text{Al}(\text{OH})_3$

pH merupakan parameter yang menyatakan kandungan hidrogen (H^+ atau OH^-) yang larut dalam air. pH dapat mempengaruhi keberadaan suatu unsur ataupun senyawa kimia yang terdapat di perairan, diantaranya mempengaruhi kandungan logam berat yang ada di perairan (Shita Femala Shindu 2005). Reaksi penyerapan logam Cu oleh *coprecipitant* ion logam (Al)³⁺ ditandai dengan terbentuknya koloid berwarna keruh biru setelah dicentrifuge, persamaan reaksi yang terjadi:



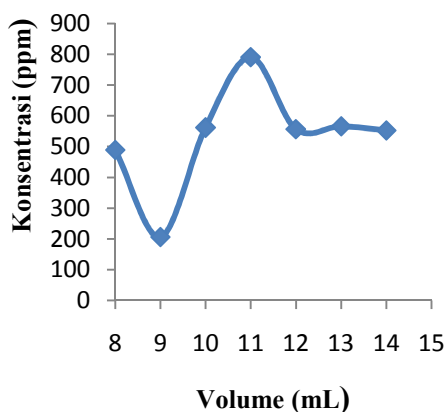
Co-precipitation efektif pada pH cenderung basa yaitu pada pH 6, ditunjukkan banyaknya logam Cu terserap di residu $Al(OH)_3$. Pada pH asam Al berada dalam bentuk Al^{3+} , pada pH 6 terbentuk $Al(OH)_3$ yang larut kembali dalam basa berlebih (pH > 7) sesuai dengan sifat amfoterik Aluminium.

Pada pH besar dari 7 penyerapan ion Cu^{2+} semakin berkurang, karena endapan sudah mulai melarut, karena endapan $Al(OH)_3$ akan melarut dalam reagensia berlebihan (terlalu basa) dimana akan terbentuk senyawa kompleks ion-tetrahidroksoaluminat.



Penentuan Volume Optimum *Coprecipitant* $Al(OH)_3$

Penentuan konsentrasi *coprecipitant* optimum dilakukan dengan variasi volume *coprecipitant* $Al(OH)_3$. Pada penelitian ini digunakan variasi volume *coprecipitant*, diantaranya 8 mL, 9 mL, 10 mL, 11 mL, 12 mL, 13 mL, dan 14 mL. Hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Volume optimum *coprecipitant* $Al(OH)_3$

Dari grafik di atas, dapat dilihat bahwa pada volume 11 ml, konsentrasi tembaga terbaca paling tinggi. Ini disebabkan karena luas permukaan koloid yang optimum, sehingga dapat mengadsorpsi ion Cu^{2+} dalam jumlah yang maksimal. Pada volume 8, 9, 10 mL, tembaga terbaca rendah karena koloid

$Al(OH)_3$ yang terbentuk belum maksimal sehingga ion Cu^{2+} yang teradsorpsi belum maksimal. Pada volume 12, 13 dan 14 kurva terlihat sudah konstan. Karena pada volume ini, kandungan Al^{3+} dari *coprecipitant* $Al(OH)_3$ sudah banyak dari OH^- sehingga terjadi persaingan antara Al^{3+} dengan Cu^{2+} yang menyebabkan jumlah Cu^{2+} yang teradsorpsi berkurang.

Aplikasi Metoda Pada Sampel Alam

Setelah didapatkan kondisi optimum pH dan volume *coprecipitant*, metoda diaplikasikan ke sampel air sungai batang arau kota padang. Hasil pengukuran dibandingkan dengan sampel yang tidak di *co-precipitation*. Berikut disajikan pengukuran sampel setelah metoda *co-precipitation* dan tanpa *co-precipitation*.

Pengukuran sampel tanpa *co-precipitation* teramat. Keberadaan Cu yang menunjukkan angka 0.019, 0.008, 0.026 ppm sering tidak terbaca oleh instrument tidak terdeteksi (ttt). Menggunakan metoda *co-precipitation* efektif untuk menentukan kadar logam di perairan dengan menunjukkan angka konsentrasi yang terbaca oleh alat, yaitu pada hulu terbaca 0,048 ppm, tengah sungai 0,062 ppm dan muara sungai 0,074 ppm. Penyebaran kelarutan logam Cu pada perairan yaitu, 0,184 ppm. Hal ini karena sifat air yang selalu akan mengalir dari tempat tinggi ke rendah atau dari hulu ke hilir. Namun karena adanya floating maka air akan tetap dapat mengalirkan bahan yang terlarut di dalamnya. (Mahida, 1984 dalam setiowati). Kecilnya kadar logam diperairan Menurut Palar (1994), dipengaruhi pasang surut air laut akan membantu mengalirkan senyawa-senyawa terlarut termasuk logam berat yang ada di perairan menuju laut. Konsentrasi logam Cu dalam perairan dengan prakonsentrasi menunjukkan angka yang lebih besar yaitu 2,022 ppm pada hulu, 1,29 ppm pada bagian tengah, dan 1,233 ppm pada muara dengan rata-rata faktor pemekatan (*co-precipitant*) 104 kali. Konsentrasi ini akan mudah terbaca oleh alat analisis seperti SSA. Sehingga kandungan ion Cu^{2+} dapat terus dikontrol untuk meminimalisasi akumulasi ion Cu^{2+} dalam jangka waktu yang lama.

Lokasi Sampel	Dengan <i>co-precipitation</i>					[Cu] (ppm)	Tanpa <i>co-precipitation</i>				
	A1	A2	A3	\bar{A}	[Cu] (ppm)		A1	A2	A3	\bar{A}	[Cu] (ppm)
Hulu (lubuk paraku kor) • Sampel • Duplo	0,0062 0,0071	0,0059 0,0071	0,0061 0,0073	0,0061 0,0072	0,048 0,056	2.022 1.40	0,0023	0,0022	0,0019	0,0021	0.019
Tengah (hilalang padang besi) • Sampel • Duplo	0,0078 0,0060	0,0081 0,0058	0,0079 0,0059	0,0079 0,0059	0.062 0.047	1,291 2.4	0,0007	0,0005	0,0008	0,0007	0.008
Muara (± 500 m dari jembatan siti nurbaya) • Sampel • Duplo	0,0094 0,0057	0,0093 0,0058	0,0098 0,0057	0,0095 0,0058	0,074 0,046	1.233 1.9	0,0030	0,0032	0,0032	0,0031	0.026

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan untuk melihat aplikasi metoda *co-precipitation* kepada sampel air sungai dapat disimpulkan pada penentuan kondisi optimum pH *coprecipitant* Al(OH)₃ dengan spektroskopi serapan atom nyala udara asetilen terjadi pada pH 6, volume optimum *coprecipitant* yang digunakan pada metoda *co-precipitation* ini adalah pada penambahan Al(OH)₃ sebanyak 11 mL.

Kandungan Tembaga yang diperoleh pada kondisi optimum yaitu pada hulu sungai 2.22 ppm, pada tengah sungai adalah 1.294 ppm dan pada muara sungai 1.2 ppm, dengan faktor pemekatan rata-rata 104 kali dibandingkan dengan pengukuran langsung tanpa *co-precipitation*. Baku Mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 Kelas II masih dalam ambang batas yaitu 0.02 ppm.

Saran

Disarankan untuk peneliti berikutnya dalam pengembangan metoda *co-precipitation* untuk analisa kadar logam *trace* agar memvariasikan konsentrasi pelarut [HNO₃] dan volume HNO₃.

Untuk melihat tingkat efisiensi metoda ini disarankan juga untuk dicobakan pada logam – logam *trace* lainnya dan membandingkan untuk setiap logam yang dianalisa.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Akoto, O., Bruce, T. N., Darkol, G. 2008, *Heavy metals pollution profiles in streams serving the Owabi reservoir*, African Journal of Environmental Science and Technology, Vol. 2, No.11, pp. 354-359.

[2] Hadi, Anwar. 2005. *Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan*. Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama

[3] Hudnik, S. Gomiscek and B. Gorenc, *Anal. Chim. Acta*, 98, 39 (1978).

[4] Lin, C., He, M., Zhou, Y., Guo, W., Yang, Z., 2008, *Distribution and contamination assessment of heav metals in sediment of the Second Songhua River, China*, *Environ Monit Assess* (Springer), Vol.137, pp. 329–342.

[5] Liu, L., Fasheng, L., Xiong, D., 2006, *Heavy metal contamination and their distribution in different size fractions of the surficial sediment of Haihe River, China*, *Environ Geol*, Vol 50, pp.431-438

[6] Palar, Heryanto. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.

[7] Papafilippaki, A. K., Kotti, M. E., Stavroulakis, G.G., 2007, *Seasonal Variations in Dissolved Heavy Metals in The Keritis River, Chania, Greece*, *Proceedings of the 10th International Conference on Environmental Science and Technology*.

[8] Setyowati, Siska dkk. 2005. *Kandungan Logam Tembaga (Cu) dalam Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes Solms), Perairan dan Sedimen Berdasarkan Tata Guna Lahan di Sekitar Sungai Banger Pekalongan*. Semarang: FMIPA UNDIP.

[9] Shindu. Shita Femala 2005. *Kandungan Logam Berat Cu, Zn dan Pb dalam Air, Ikan Nila (Oreochromis niloticus) dan Ikan Mas (Cyprinus carpio) dalam Keramba Jaring Apung, Waduk Saguling*. ITB

[10] Slowinski. 1990. *Qualitative Analysisi and the properties of ions in Aqueous Solution*. Harcourt Collage Publishers, Orlando, FL.