

Kajian pengaruh kondisi dekomposisi analisis logam tembaga dalam sedimen di pelabuhan ikan Sendang Biru secara SSA

Nio Maharani Putri, Anugrah Ricky Wijaya*, Yudhi Utomo

Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: anugrah.ricky.fmipa@um.ac.id

Paper received: Paper received: 01-02-2022; revised: 15-02-2022; accepted: 28-02-2022

Abstract

Cu that is absorbed in marine sediments can accumulate in the food chain even in small concentrations. Cu analysis in these sediments can be used to analyze water pollution due to human activities. The purpose of this study was to determine the level of Cu in decomposed sediments with variation of solvent concentration, variation of decomposition time, and variation of solvent volume and then compare the result of Cu analysis decomposed using HNO₃ solvent under effective condition with aqua regia solvent. The method of analysis used is decomposition technique of sediment sample by using reflux and then analyzed with AAS..

Keywords: AAS; cuprum; decomposition; sediment.

Abstrak

Cu yang terserap dalam sedimen laut dapat berakumulasi dalam rantai makanan meskipun dalam konsentrasi kecil. Analisis Cu dalam sedimen ini dapat digunakan untuk menganalisis pencemaran perairan akibat aktivitas manusia. Tujuan penelitian ini adalah menentukan kadar Cu dalam sedimen yang didekomposisi dengan variasi konsentrasi pelarut, variasi waktu dekomposisi, dan variasi volume pelarut dan membandingkan hasil analisis Cu yang didekomposisi menggunakan pelarut HNO₃ pada kondisi efektif dengan pelarut akuaregia. Metode analisis yang digunakan yaitu teknik dekomposisi sampel sedimen dengan menggunakan refluks dan dianalisis dengan SSA.

Kata kunci: SSA; tembaga; dekomposisi; sedimen.

1. Pendahuluan

Logam tembaga (Cu) merupakan logam yang memiliki potensi racun dan dapat mencemari lingkungan perairan. Logam ini disebabkan oleh pembuangan limbah di sekitar perairan laut seperti yang terjadi pada Pelabuhan Ikan Pantai Sendang Biru Malang. Pencemaran logam Cu yang berpusat di kawasan dermaga Pantai Sendang Biru yaitu tempat kapal para nelayan berlabuh, dapat mempengaruhi kualitas hasil laut. Apabila hasil laut dari daerah yang tercemar tersebut dikonsumsi oleh manusia, logam Cu yang terkandung dalam hasil laut tersebut akan menimbulkan berbagai penyakit. Akan et al (2012) mengemukakan bahwa di dalam tubuh manusia logam tembaga dibutuhkan dalam jumlah tertentu, namun dalam konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan anemia, iritasi, kerusakan hati, ginjal, dan lambung.

Logam berat Cu yang bersumber dari limbah tersebut, semakin lama akan mengendap dan diadsorpsi oleh partikel-partikel halus (sedimen). Untuk mengetahui kadar Cu yang mencemari lingkungan perairan tersebut dapat dianalisis melalui sedimen. Sedimen merupakan media penting sebagai *recorder* aktivitas manusia dalam mencemari lingkungan perairan. Sebab sedimen memiliki kemampuan adsorpsi terhadap konsentrasi logam-logam berat. Kualitas dan karakterisasi sedimen adalah penting terhadap penilaian status polusi pada ekosistem perairan (Wijaya et al, 2013).

Untuk menentukan kadar Cu yang terkandung dalam sedimen diperlukan metode yang tepat, sehingga diperoleh hasil analisis SSA (Spektrofotometri Serapan Atom) yang akurat. Perlakuan awal yang harus dilakukan pada analisis sedimen adalah dekomposisi sampel ke dalam bentuk yang siap dianalisis. Tahapan dekomposisi sampel sedimen merupakan hal yang sangat mendasar untuk keberhasilan proses dekomposisi sampel (Nafie, 1999). Dekomposisi adalah salah satu metode penguraian sebagian besar atau sebagian kecil struktur permanen dari suatu molekul menjadi molekul yang sangat sederhana (Wijaya, 2004:5). Dalam proses dekomposisi, diperlukan pelarut yang tepat dalam melarutkan logam-logam yang terkandung dalam sedimen, seperti dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Supriyanto (2012) telah melakukan penelitian bahwa penggunaan pelarut asam klorida (HCl) kurang sesuai pada sedimen sungai dengan perolehan kadar Cr, Cu, dan Fe masing-masing lebih kecil dibanding menggunakan pelarut asam nitrat (HNO₃) dan asam fluorida (HF). Setiap logam memiliki karakteristik yang berbeda di dalam sedimen. Oleh karena itu, setiap logam menggunakan pelarut yang berbeda untuk tercapainya proses pelarutan logam secara maksimal.

Pelarut yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelarut HNO₃ yang dibandingkan dengan pelarut akuaregia (campuran HNO₃ dan HCl dengan perbandingan 1:3). Pelarut HNO₃ ini merupakan pelarut yang dalam kondisi efektif (tepat) untuk memperoleh kadar Cu yang tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini memerlukan variasi konsentrasi HNO₃, variasi waktu dekomposisi, dan variasi volume HNO₃ agar tercapai kondisi efektif pelarut. Apabila dekomposisi menggunakan pelarut HNO₃ menghasilkan kadar Cu lebih tinggi daripada pelarut akuaregia, maka metode ini dapat dijadikan metode alternatif untuk analisis Cu dalam sedimen.

2. Metode

2.1. Pengambilan dan Penyiapan Sampel

Sampel sedimen yang dianalisis yaitu sedimen dari Pelabuhan Ikan Sendang Biru Malang, tepatnya di tempat berlabuhnya kapal nelayan yang memiliki potensi logam berat terbanyak. Sedimen tersebut diambil dengan menggunakan sedimen *grab stainless steel*. Penyiapan sampel dilakukan dengan cara dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C hingga kering secara keseluruhan. Selanjutnya, sampel dihaluskan dan diayak.

2.2. Pembuatan Larutan Standar Cu

Sebanyak 100 ppm Cu²⁺ dari Cu(NO₃)₂ · 3H₂O padat yang dilarutkan dengan akuades, dipipet secara kuantitatif dengan volume berturut-turut 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1 mL dan diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 100 mL. Larutan hasil pengenceran memiliki konsentrasi berturut-turut 0; 0,25; 0,5; 0,75; dan 1 ppm. Kemudian diukur absorbansinya dengan SSA dan dibuat kurva standar.

2.3. Uji Kualitatif

Sampel sedimen yang telah dikeringkan, dilakukan uji kualitatif dengan metode XRF untuk mengetahui persentase dan unsur-unsur yang terkandung di dalam sedimen.

2.4. Dekomposisi dengan Kajian Pengaruh Konsentrasi Larutan HNO₃

Sampel seberat 0,5 gram dicampur dengan 50 mL HNO₃ pada berbagai variasi konsentrasi yaitu : 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1,0 M dalam labu leher tiga. Selanjutnya didekomposisi

menggunakan refluks dalam waktu 30 menit pada suhu 85°C. Setelah itu, campuran didinginkan dan disaring dengan kertas saring halus. Filtrat ditampung dalam labu ukur 50 mL diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Larutan tersebut diambil 1 mL dan diencerkan kembali dengan akuades dalam labu ukur 50 mL sampai tanda batas, kemudian ditentukan kandungan Cu dengan SSA. Semua percobaan dilakukan pengulangan sebanyak dua kali.

2.5. Dekomposisi dengan Kajian Pengaruh Waktu Dekomposisi

Prosedur ini sama dengan prosedur 4 tetapi konsentrasi HNO₃ yang digunakan adalah konsentrasi efektif hasil percobaan prosedur 4. Variasi waktu dekomposisi yang dipelajari adalah 15, 30, 60, 120, 140, dan 180 menit. Percobaan dilakukan dengan pengulangan perlakuan sebanyak dua kali.

2.6. Dekomposisi dengan Kajian Pengaruh Volume Larutan HNO₃ Konsentrasi Efektif

Prosedur ini sama dengan prosedur 4 tetapi pada konsentrasi HNO₃ yang digunakan adalah konsentrasi efektif hasil percobaan prosedur 4 pada waktu dekomposisi hasil percobaan prosedur 5 dengan variasi volume larutan HNO₃ yaitu 10, 25, 50, 75, dan 100 mL. Percobaan ini dilakukan dengan dua kali pengulangan.

2.7. Dekomposisi dengan Akuaregia

Prosedur yang dilakukan sama dengan prosedur 4 tetapi pelarut yang digunakan sebagai pendekomposisi adalah akuaregia dengan waktu dekomposisi dan volume efektif seperti dekomposisi menggunakan HNO₃. Percobaan dilakukan dengan pengulangan sebanyak dua kali. Hasil kadar Cu yang diperoleh diperbandingkan dengan hasil kadar Cu menggunakan pelarut HNO₃ dengan kondisi efektif.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Analisis Uji Kualitatif

Sampel sedimen yang berasal dari Pelabuhan Ikan Sendang Biru diuji kualitatif dengan metode XRF dengan hasil seperti pada tabel berikut:

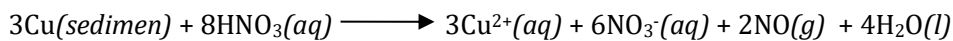
Tabel 1 Hasil uji XRF

Unsur	Konsentrasi (%)	Unsur	Konsentrasi (%)
Al	6 +/- 0.6	Cu	0.25 +/- 0.005
Si	5.8 +/- 0.3	Zn	0.02 +/- 0.005
K	0.3 +/- 0.2	Br	0.21 +/- 0.01
S	0.2 +/- 0.003	Sr	4.60 +/- 0.12
Ca	57.9 +/- 0.6	Zr	0.2 +/- 0.2
Ti	1.1 +/- 0.03	Mo	3.28 +/- 0.94
V	0.05 +/- 0.009	In	0.8 +/- 1.0
Cr	0.079 +/- 0.004	Ba	0.1 +/- 0.03
Mn	0.17 +/- 0.004	Yb	0.08 +/- 0.007
Fe	18.8 +/- 0.2	Re	/- 0.04
Ni	0.21 +/- 0.004		

Logam Cu merupakan logam esensial yaitu logam yang dibutuhkan oleh makhluk hidup dan apabila dalam jumlah yang berlebihan dapat bersifat toksik. Cu yang dapat dianalisis pada metode XRF adalah 0,25 +/- 0,005. Namun kelemahan hasil analisis XRF yaitu hanya dapat menunjukkan persen komposisi suatu logam dari matrik sehingga tidak dapat dijadikan penentu kadar suatu logam, sehingga diperlukan metode lain untuk menentukan kadar suatu logam tertentu, seperti dekomposisi menggunakan HNO₃.

3.2. Dekomposisi dengan Kajian Pengaruh Konsentrasi HNO₃

Reaksi yang terjadi pada proses dekomposisi Cu dengan HNO₃ menurut Svehla (1979) adalah sebagai berikut:

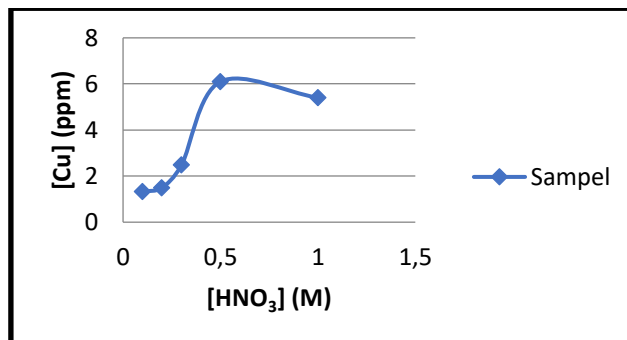


Tembaga (II) memiliki berbagai macam bentuk mineralnya, seperti tembaga sulfida misalnya kalkopirit (CuFeS₂) dan kalkosit (Cu₂S) dan tembaga karbonat misalnya azurit (Cu₃(OH)₂(CO₃)₃) dan malasit (Cu₂(OH)₂CO₃) (Hernanda, 2014). Keberadaan Cu (II) dan senyawa lain dalam mineral dapat mempengaruhi kemampuan HNO₃ untuk mendekomposisi Cu dalam sedimen. Kemampuan HNO₃ dalam mendekomposisi Cu dapat dilihat dari hasil analisis Cu dengan variasi konsentrasi larutan HNO₃. Variasi konsentrasi pelarut yang digunakan adalah 0,1 M; 0,2 M; 0,3 M; 0,5 M; dan 1,0 M.

Tabel 2 Data hasil uji SSA dengan kajian pengaruh konsentrasi larutan HNO₃

[HNO ₃] (M)	Absorbansi dalam filtrat pengenceran 50 kali		Konsentrasi Cu sesungguhnya dalam sedimen 0,5 gram (ppm)		Konsentrasi Cu rata-rata (ppm)
	1	2	1	2	
0,1	0,0010	0,0023	0,77	1,87	1,32
0,2	0,0025	0,0013	1,98	1,01	1,49
0,3	0,0042	0,0021	3,28	1,67	2,47
0,5	0,0041	0,0032	6,40	5,80	6,10
1	0,0026	0,0023	5,50	5,30	5,40

Gambar 4.2.1 Grafik konsentrasi Cu rata-rata terhadap pengaruh variasi konsentrasi.



Pada umumnya pada sedimen laut, Cu berada dalam bentuk mineral sulfida yaitu kalkopirit (CuFeS₂), kalkosit (Cu₂S), kovelit (CuS), dan bornit (Cu₅FeS₄) (Hernanda, 2014).

Mineral tersebut mengandung banyak sulfida yang akan terdegradasi pada suasana asam. Oleh karena itu, dalam proses degradasi mineral tersebut diperlukan sejumlah HNO₃ yang tepat agar keasaman yang diperlukan tercapai. Setelah tercapai dan sulfida tersebut terdegradasi secara optimal, penambahan HNO₃ menghasilkan kadar Cu dari proses degradasi yang relatif kadarnya turun, oleh karena itu berdasarkan hasil analisis tersebut konsentrasi HNO₃ yang paling efektif adalah 0,5 M yang kemudian digunakan untuk percobaan pengaruh waktu dekomposisi.

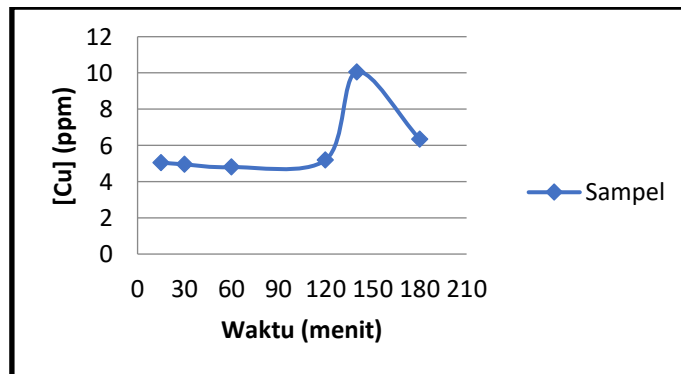
3.3. Dekomposisi dengan Kajian Pengaruh Waktu Dekomposisi

Dekomposisi ini menggunakan konsentrasi HNO₃ efektif yaitu 0,5 M untuk menentukan waktu dekomposisi efektif.

Tabel 3 Data hasil uji SSA dengan kajian pengaruh waktu dekomposisi

Waktu (menit)	Absorbansi Cu dalam filtrat pengenceran 50 kali		Konsentrasi Cu sesungguhnya dalam sampel sedimen 0,5 gram (ppm)		Konsentrasi Cu rata-rata (ppm)
	1	2	1	2	
15	0,0022	0,0021	5,10	5,00	5,05
30	0,0021	0,0019	5,00	4,90	4,95
60	0,0018	0,0018	4,80	4,80	4,80
120	0,0023	0,0023	5,20	5,20	5,20
140	0,0033	0,0020	10,61	9,50	10,05
180	0,0067	0,0033	7,20	5,50	6,35

Gambar 4.3.1 Grafik konsentrasi Cu rata-rata terhadap pengaruh variasi waktu



Menurut Fajriati (2011:20) bahwa waktu ekstraksi logam setelah waktu efektifnya menghasilkan dekomposisi yang cenderung turun. Hal ini disebabkan oleh pelarutan HNO₃ yang mencapai keadaan kesetimbangan terhadap logam yang terekstrak, dapat juga dimungkinkan ada spesies lain yang dapat terdekomposisi dalam pelarut, sehingga mempengaruhi keadaan kesetimbangan jumlah logam yang sudah ada. Oleh karena itu, waktu efektif yang telah didapatkan adalah 140 menit.

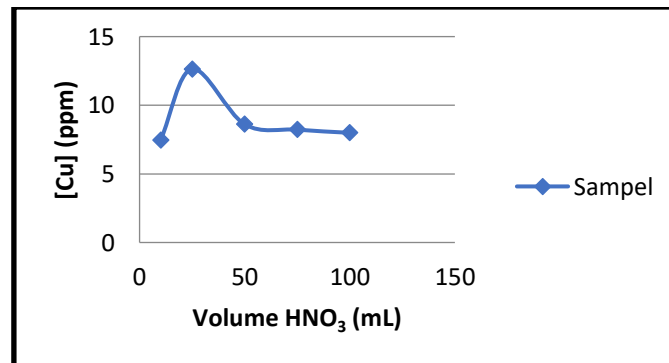
3.4. Dekomposisi dengan Kajian Pengaruh Volume Larutan HNO₃

Untuk menentukan metode yang tepat dan hasil analisis yang akurat, maka dilakukan variasi volume dengan konsentrasi HNO₃ 0,5 M dan waktu dekomposisi 140 menit. Variasi volume pelarut yang digunakan adalah 10 mL, 25 mL, 50 mL, 75 mL, 100 mL.

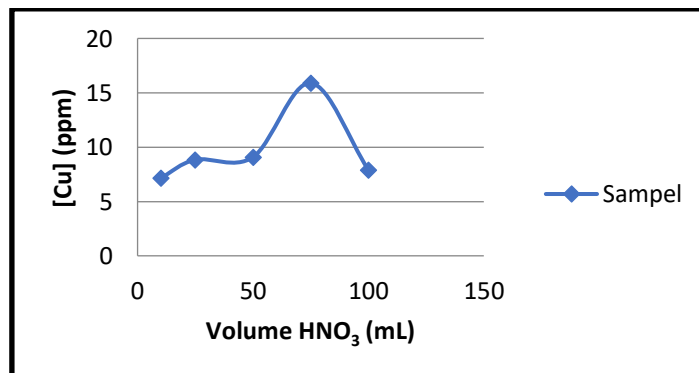
Tabel 4 Data hasil uji SSA dengan kajian pengaruh volume larutan HNO₃

Volume HNO ₃ 0,5 M (mL)	Absorbansi Cu dalam filtrat pengenceran 50 kali		Konsentrasi Cu sesungguhnya dalam sampel sedimen 0,5 gram (ppm)		Konsentrasi Cu rata-rata (ppm)
	1	2	1	2	
10	0,0046	0,0042	7,45	7,14	7,29
25	0,0113	0,0064	12,64	8,84	10,74
50	0,0061	0,0067	8,61	9,08	8,84
75	0,0056	0,0155	8,22	15,90	12,06
100	0,0053	0,0052	7,99	7,91	7,95

Gambar 4.4.1 Grafik konsentrasi Cu hasil analisis SSA terhadap variasi volume HNO₃ pada sampel pengulangan 1



Gambar 4.4.2 Grafik konsentrasi Cu hasil analisis SSA terhadap variasi volume HNO₃ pada sampel pengulangan 2



Data pertama (gambar 4.4.1), yaitu pada percobaan pengulangan pertama diperoleh volume 25 mL yang dapat melarutkan Cu dari sedimen dengan konsentrasi 12,64 ppm. Data kedua (gambar 4.4.2), yaitu pada percobaan pengulangan kedua diperoleh volume 75 mL yang dapat melarutkan Cu dari sedimen dengan konsentrasi 15,90 ppm. Setelah dilakukan analisis uji t dari kedua data tersebut, volume efektifnya adalah 25 mL. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi Cu rata-rata yang dihasilkan tidak berbeda signifikan antara volume pelarut 25 mL dengan 75 mL tersebut.

Larutan HNO₃ 0,5 M volume 25 mL dapat melarutkan Cu rata-rata sebanyak 10,74 ppm. Secara stoikiometri konsentrasi Cu rata-rata yang terlarut sebanding dengan penggunaan larutan HNO₃ sebanyak 0,71 mmol, sedangkan jumlah mol HNO₃ yang tersedia adalah 12,5 mmol. Jumlah mol HNO₃ yang bereaksi dengan kation lain selain Cu²⁺ adalah 11,78 mmol. Berdasarkan penghitungan secara stoikiometri tersebut, penggunaan HNO₃ tidak perlu berlebihan karena dapat mendegradasi mineral-mineral lain selain mengandung Cu yang dapat mengganggu analisis Cu. Oleh karena itu, volume pelarut 25 mL dapat digunakan untuk percobaan dengan membandingkan antara pelarut HNO₃ pada konsentrasi 0,5 M dan waktu dekomposisi 140 menit dengan pelarut akuaregia pada waktu dekomposisi yang sama.

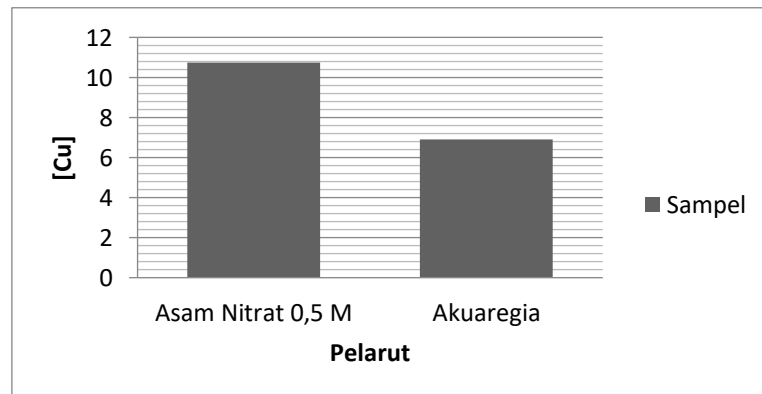
3.5. Dekomposisi dengan Akuaregia

Percobaan perbandingan pelarut, yaitu HNO₃ pada konsentrasi 0,5 M, waktu dekomposisi 140 menit, dan volume larutan 25 mL dengan akuaregia pada waktu dekomposisi 140 menit dan volume campuran 25 mL telah memberikan hasil yang berbeda.

Tabel 5 Data hasil SSA perbandingan antara pelarut HNO₃ dan akuaregia

Larutan	Konsentrasi Cu sesungguhnya dalam sampel sedimen 0,5 gram (ppm)		Konsentrasi Cu rata-rata (ppm)	Standar Deviasi (SD)
	1	2		
HNO ₃ 0,5 M	12,64	8,84	10,74	2,687
Akuaregia	9,10	4,80	6,95	3,040

Gambar 4.5.1 Grafik konsentrasi Cu rata-rata terhadap pelarut HNO₃ 0,5 M dengan akuaregia.



Reaksi yang terjadi antara Cu dengan akuaregia menurut Svehla (1979):



Pelarut asam nitrat dapat melarutkan Cu rata-rata 10,74 ppm, sedangkan pelarut akuaregia hanya dapat melarutkan Cu rata-rata 6,95 ppm. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya pelarut HCl yang dapat melarutkan kation logam lain yang tidak dapat dilarutkan oleh HNO₃ seperti logam Fe, Al, Cr, Mn, dan Ca. Kemudian semua kation-kation yang telah terlarutkan oleh HCl maupun HNO₃ dapat mengganggu analisis atomisasi Cu. Selain itu, kation-kation yang terurai juga dapat mengganggu kesetimbangan dalam larutan, akibatnya tidak semua Cu dapat keluar dari matriks sedimen.

4. Simpulan

Kondisi efektif yang diperoleh dari dekomposisi Cu dalam sedimen adalah HNO₃ 0,5 M, dengan waktu dekomposisi selama 140 menit, dan volume pelarut sebanyak 25 mL. Hasil dekomposisi Cu dalam sampel sedimen dengan pelarut HNO₃ 0,5 M dalam kondisi efektif yaitu 10,74 ppm, sedangkan dengan akuaregia dalam kondisi yang sama menghasilkan 6,95 ppm, sehingga dapat disimpulkan bahwa larutan HNO₃ dapat menghasilkan pelarutan Cu yang lebih besar dari pada akuaregia.

Daftar Rujukan

- Andarani, P., Roosmini, D. (2009). Profil pencemaran logam berat (Cu, Cr, dan Zn) pada air permukaan dan sedimen di sekitar industri tekstil PT X (Sungai Cikijing). *Jurnal Ilmiah*. Halaman 1-12.
- Akan, J. C., et al. (2012). Assessment of pollutants in water and sediment samples in lake chad, Baga, North Eastern Nigeria. *Journal of Environmental Protection*. Volume 3, halaman 1428-1441.
- Bahri, W. S. (2010). *Spesiasi logam berat Cu dan Zn dengan metode ekstraksi dan migrasinya dengan "diffusive gradient in thin film" (DGT) dari Sedimen Perairan Teluk Jakarta*. Tesis S2 pada Universitas Indonesia Jakarta: tidak diterbitkan.
- Fajriati, I., dkk. (2011). Studi ekstraksi padat cair menggunakan pelarut HF dan HNO₃ pada penentuan logam Cr dan Cu dalam sampel sedimen sungai di sekitar calon PLTN Muria. *Jurnal Ilmu Dasar*. Volume 12 (1), Januari, halaman 13-22.
- Hernanda, R., Pintowantoro, S. (2014). Ekstraksi mineral tembaga: optimasi debit aliran udara pada *tuyere* menggunakan *mini blast furnace*. *Jurnal Teknik Material dan Metalurgi*. Halaman 1-3.
- Martin, T. D., Creed, J. T., and Brockhoff, C. A. (1994). *Method 200.2, revision 2.8 sample preparation procedure for spectrochemical determination of total recoverable elements*. Ohio: Environmental Monitoring Systems Laboratory Office of Research And Development U. S. Environmental Protection Agency (EPA).
- Nafie, N. L., Wahab, A. Wahid, dkk. (1999). Ekstraksi logam berat Cd dan Cu dalam sedimen laut dangkal dengan beberapa kombinasi asam mineral. *Ekstraksi logam berat Cd dan Cu dalam sedimen*. Edisi spesial, halaman 12-15.
- Romlah, U. (2016). Studi pengaruh kondisi dekomposisi pada analisis Fe dalam sedimen dengan spektrofotometer serapan atom (SSA) (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Malang).
- Supriyanto C., Muzakky. (2012). *Karakterisasi pelarut asam (hno3, hf, hcl) pada proses digesti sedimen sungai daerah muria*. Makalah disajikan dalam Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah – Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir 2012, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan – BATAN, Yogyakarta, 4 Juli 2012.
- Sutrisno. (2011). *Spektroskopi molekul organik*. Malang: Penerbit Cakrawala Indonesia (Anggota IKAPI).
- Svehla, G. (1979). *Vogel buku teks analisis anorganik kualitatif makro dan semimikro bagian I edisi ke 5 terjemahan*. Jakarta: PT. Kalman Media Pusaka.
- Wijaya, A. Ricky. (2004). *Studi pengaruh kondisi dekomposisi pada analisis Mg²⁺ dalam tanah secara spektrofotometri serapan atom (SSA)*. Skripsi S1 pada Universitas Brawijaya Malang: tidak diterbitkan.

- Wijaya, A. R., Ouchi, A. K., Tanaka, K., Shinjo, R., & Ohde, S. (2012). Metal contents and Pb isotopes in road-side dust and sediment of Japan. *Journal of Geochemical Exploration*, 118, 68-76.
- Wijaya, A., R., *et al.* (2013). Evaluation of heavy metal contents and Pb isotopic composition in the chao phraya river sediments: implication for anthropogenic inputs from urbanized areas, Bangkok. *Jurnal of Geometri Exploration*, 126-127 (2013) 45-54.
- Wijaya, A., R. (2013). *Environmental chemistry on heavy metal pollution in urbanized area (Tokyo, Osaka, And Bangkok) associated with anthropogenic effects*. Disertation. University oy Ryukyus. cii.nii.ac.jp/naid/500000910984/
- Wijaya, A., R., *et al.* 2016. Geochemical fractions and modeling adsorption of heavy metals into contaminated river sediments in Japan And Thailand Determined By Sequential Leaching Technique Using ICP-MS. *Arabian Journal of Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.10.015>
- Wonorahardjo, S., (2013). *Pengantar analisis kimia modern*. Malang. Jurusan Kimia. FMIPA UM.
- Zahro, A. F., Suprpto. (2015). Penentuan timbal (Pb), kadmium (Cd) dan tembaga (Cu) dalam nugget ikan gabus (*Channa Striata*)-rumput laut (*Euchema Spinosum*). *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Volume 4 (2), halaman C-57 – C-62.