



PERBANDINGAN DESTRUKSI KERING DAN BASAH UNTUK ANALISIS Pb PADA SEDIMEN SUNGAI KALIGELIS

Emi Murwatiningsih^{*)}, Wisnu Sunarto dan Eko Budi Susatyo

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Maret 2015
Disetujui April 2015
Dipublikasikan Mei 2015

Kata kunci:
timbang
sedimen
Kaligelis Kudus
teknik destruksi
AAS

Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk membandingkan teknik destruksi kering dan basah dalam penentuan logam Pb pada sedimen sungai Kaligelis Kudus. Destruksi kering diawali dengan pengeringan sampel dengan *muffle furnace* pada 500°C, sedangkan pada destruksi basah, sampel sedimen langsung didestruksi menggunakan *aqua regia* tanpa dikeringkan terlebih dahulu. Pengukuran kandungan logam Pb dilakukan dengan AAS pada panjang gelombang 283,3 nm. Validasi metode pengukuran meliputi uji akurasi, presisi, linieritas, penentuan *LoD* dan *LoQ*. Sampel penelitian diambil pada tiga titik, lokasi I diambil di sekitar pemukiman desa Demaan, lokasi II diambil setelah bendung tambak Lulang desa Ploso, dan lokasi III diambil setelah pabrik kertas di desa Jati Wetan. Konsentrasi Pb dalam sedimen dengan destruksi kering pada lokasi I-III berturut-turut 51,082; 46,917 dan 47,777 ppm. Sedangkan konsentrasi Pb dalam sedimen dengan destruksi basah pada lokasi I-III 73,491; 63,006 dan 79,812 ppm. Hasil uji-t menunjukkan adanya perbedaan hasil yang signifikan. Konsentrasi Pb dalam sedimen sungai Kaligelis Kudus masih dibawah nilai ambang batas yang diijinkan yaitu 127 ppm. Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan destruksi kering lebih baik daripada destruksi basah.

Abstract

Comparison test of dry ashing and wet digestion for determination of Pb in Kaligelis Kudus river sediment samples has been done. Dry ashing begins with drying the sample with muffle furnace at temperature of 500°C, while the wet digestion, sediment samples are dissolved using aqua regia directly without being drained before. Lead content is analyzed by AAS at 283.3 nm wavelength. Validation method of analysis includes accuracy, precision, and linearity as well as the determination of the *LoD* and *LoQ*. Sampling were taken in three location, location I were taken around settlements at Demaan village, location II were taken after tambak Lulang Ploso levee, and location III were taken after paper factory at Jati Wetan village. Concentration of Pb in sediment samples by dry ashing at location I is 51.082 ppm, location II is 46.917 ppm and location III is 47.777 ppm. While the concentration of Pb in the sediment samples by wet destruction techniques at location I is 73.491 ppm, location II is 63.006 ppm and location III is 79.812 ppm. T-test shows significant difference of both destruction technique. The results show the concentration of Pb in Kaligelis Kudus river sediment still under the maximum level recommended (127 ppm). Based on the analysis, it can be concluded that dry ashing is better than wet digestion.

© 2015 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
E-mail: eemiemeenie@gmail.com

Pendahuluan

Perkembangan industri di Indonesia saat ini sangat pesat, demikian juga di pulau Jawa, terutama di kota Kudus, sehingga tidak menutup kemungkinan terjadi pencemaran lingkungan yang akhirnya berdampak sangat luas terhadap semua aspek yang ada di sekitarnya. Akibat dampak negatif dari pesatnya pembangunan di segala bidang, tanpa disadari telah menyebabkan banyaknya bahan buangan yang masuk ke badan air, sehingga menyebabkan kualitasnya menurun. Seperti yang terjadi di sungai Kaligelis Kudus, terjadinya peningkatan jumlah buangan limbah ke sungai yang mengandung senyawa logam beracun, cepat atau lambat akan merusak ekosistem perairan, karena logam berat sukar mengalami degradasi dan bersifat akumulatif. Salah satu logam berat yang sangat beracun yang dapat menyebabkan kematian dan gangguan kesehatan adalah logam Pb.

Logam Pb atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam (plumbum) dan disimbolkan dengan Pb. Logam Pb adalah logam yang berwarna abu-abu kebiruan mengkilat, dengan rapatan yang tinggi (11,48 g/mL pada suhu kamar), bersifat lunak, dengan titik leleh 328°C dan titik didih 1749°C. Logam Pb merupakan kelompok logam-logam golongan IVA pada tabel periodik unsur kimia (Widowati; 2008). Logam Pb banyak ditemukan di industri pertambangan, percetakan, pabrik pembuatan baterai dan di non-industri seperti rumah sakit atau limbah pembuangan masyarakat (Nova, *et al.*; 2012).

Kandungan logam berat tersebut dapat ditentukan dengan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) yang merupakan salah satu metode analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui kadar logam berat dalam berbagai bahan. Dalam suatu analisis sampel, diperlukan suatu metode analisis yang tepat untuk mendapatkan hasil yang akurat. Jika prosedur analisis baik, dilaksanakan dengan baik pula, maka hasil analisis akan akurat. Berbagai proses destruksi sampel baik bahan organik dan anorganik dilakukan untuk melarutkan komponen-komponen sampel yang diinginkan. Proses destruksi ini meliputi proses basah dan kering, yang masing-masing mempunyai keunggulan dan kelemahan.

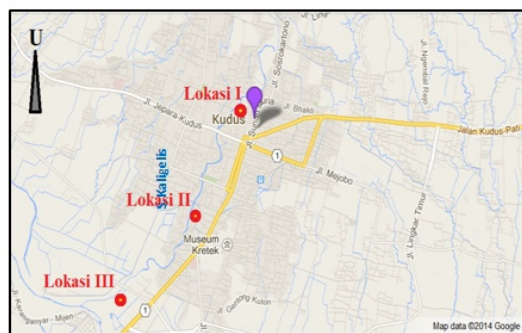
Dengan melihat latar belakang tersebut peneliti mencoba melakukan analisis logam Pb dalam sedimen sungai Kaligelis Kudus dengan metode AAS melalui destruksi kering dan

basah. Hasil analisis tersebut diharapkan dapat digunakan untuk mengetahui proses destruksi mana yang lebih sesuai untuk analisis logam Pb.

Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: AAS *Perkin Elmer Analyst100*; *Hotplate Stirrer Daihan Labtech LMS-1003*; *furnace*; neraca analitik (*Voyager* ketelitian 0,1 mg). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah HNO₃, Pb(NO₃)₂, HCl dengan kualitas *pro analyst* buatan *Merck* dan akuades.

Pengambilan sampel dilakukan pada tiga tempat dimana terdapat beberapa sumber pencemar yang secara terus-menerus melakukan pembuangan limbah cair ke dalam sungai. Untuk lebih jelasnya berikut denah pengambilan sampel sedimen sungai Kaligelis Kudus dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel sedimen sungai Kaligelis Kudus

Destruksi kering dilakukan dengan cara mengabukan sampel sebanyak ± 2 g dalam *furnace* selama 5 jam pada suhu 500°C. Sampel yang telah menjadi abu dilarutkan dalam aqua regia sebanyak 5 mL dan dipanaskan di atas *hotplate* sampai abu larut. Abu yang telah larut dipindah ke dalam labu ukur 25 mL dan ditambah 5 mL HNO₃ 1 M. Kemudian diencerkan dengan akuades sampai garis batas. Absorbansi Pb diukur dengan AAS pada panjang gelombang 283,3 nm.

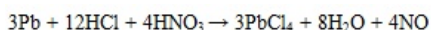
Destruksi basah dilakukan dengan cara melarutkan sebanyak ± 2 g sampel dengan aqua regia sebanyak 5 mL dan dipanaskan di atas *hotplate* selama 30 menit. Kemudian mendinginkan larutan sampai suhu ruang, dan disaring. Menambahkan 5 mL HNO₃ 1 M dan mengencerkan filtrat dengan akuades dalam labu ukur 25 mL. Kemudian mengukur absorbansi Pb dengan AAS pada panjang gelombang 283,3 nm.

Uji pungut ulang (*recovery test*) dilakukan dengan menempatkan sedimen sungai Kaligelis

masing-masing sebanyak $\pm 2,0$ g ke dalam 2 erlenmeyer 100 mL. Kemudian menambahkan masing-masing 2,0 mL larutan standar Pb 1,0 dan 2,0 ppm. Selanjutnya sampel dipreparasi dengan destruksi basah. Sebagai sampel *spike* untuk destruksi kering dilakukan langkah yang sama.

Hasil dan Pembahasan

Pada preparasi destruksi kering dan basah digunakan pelarut aqua regia. Penggunaan pelarut aqua regia ini karena kemampuan aqua regia untuk mendekomposisikan logam lebih sempurna. Validasi metode analisis diperlukan untuk membuktikan bahwa metode yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi persyaratan sehingga dapat dinyatakan bahwa data yang diperoleh selama penelitian merupakan hasil yang baik dan dapat dipercaya. Beberapa parameter analisis yang harus dipertimbangkan adalah linieritas, *LoD*, *LoQ*, akurasi dan presisi.



Linieritas adalah kemampuan metode analisis yang memberikan respon proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Pengujian linieritas dilakukan melalui pembuatan kurva kalibrasi berdasarkan hasil pengukuran absorbansi dari suatu seri larutan standar dengan AAS. Berdasarkan hasil pengukuran absorbansi larutan standar, dapat dibuat persamaan regresi linier antara konsentrasi larutan standar versus absorbansi, persamaan linier yang diperoleh adalah $y = 0,029x + 0,0028$. Dari persamaan regresi yang diperoleh dapat dihitung besarnya *LoD* dan *LoQ*, seperti tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji *LoD* dan *LoQ*

Konsentrasi Pb (ppm)	Y	\hat{Y}	(y - \hat{y})	(y - \hat{y}) ²
0	0	0,0028	-0,0028	0,00000784
2	0,069	0,0608	0,0082	0,00006724
4	0,117	0,1188	-0,0018	0,00000324
8	0,243	0,2348	0,0082	0,00006724
10	0,301	0,2928	0,0082	0,00006724
12	0,339	0,3508	-0,0118	0,00013924
16	0,484	0,4668	0,0172	0,00029584
20	0,592	0,5828	0,0092	0,00008464
Jumlah				0,00073252
SD x/y				0,009163
<i>LoD</i>				0,9479
<i>LoQ</i>				3,1597

Keterangan :

C : Konsentrasi (ppm)

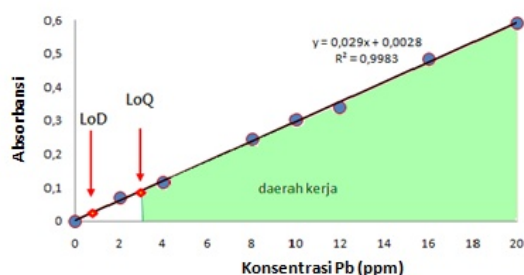
y : Absorbansi

\hat{y} : "y" yang diregresikan pada garis regresi

SD x/y : Standar deviasi x/y

LoD : *Limit of Detection*

LoQ : *Limit of Quantitation*



Gambar 2. Kurva kalibrasi larutan standar Pb

Berdasarkan pada Gambar 2. dapat dilihat kurva kalibrasi standar tersebut mempunyai garis singgung yang linier dengan persamaan linier $y = 0,029x + 0,0028$. Bentuk kurva yang didapatkan mengikuti hukum *Lamber-Beer* yaitu dengan meningkatnya konsentrasi maka absorbansi yang dihasilkan makin tinggi. Nilai R^2 yang diperoleh adalah 0,9983, berarti alat dapat memberikan hubungan yang linier antara absorbansi dengan konsentrasi larutan yang diukur. Dengan demikian, dapat dikatakan alat dalam kondisi baik dan persamaan garis lurus yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi sampel.

Limit deteksi adalah jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi dan masih memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blanko (Harmita; 2004). Limit deteksi untuk pengujian Pb dengan AAS yaitu pada konsentrasi 0,948 ppm. Ini berarti bahwa Pb pada konsentrasi tersebut masih dapat terbaca absorbansinya tetapi tidak dapat digunakan dalam perhitungan, karena dapat membuat bias dalam perhitungan. Jika konsentrasi di bawah 0,948 ppm maka hasil yang diperoleh kurang signifikan. Limit kuantitasi diartikan sebagai kuantitas terkecil dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama (Harmita; 2004). Nilai limit kuantitasi dalam pengujian ini adalah 3,159 ppm. Konsentrasi tersebut merupakan konsentrasi terkecil yang tidak menimbulkan bias dalam perhitungan.

Penetapan akurasi dilakukan untuk mengetahui keakuratan suatu metode pengukuran yang digunakan dalam analisis tertentu. Oleh karena itu, dilakukan evaluasi akurasi metode melalui uji perolehan kembali (*recovery*) untuk mengetahui ada tidaknya kadar logam yang hilang saat proses destruksi. Nilai presentase *recovery* yang mendekati 100% menunjukkan bahwa metode tersebut mempunyai ketepatan yang baik dalam menunjukkan tingkat kesesuaian nilai rata-rata dari suatu pengukuran

yang sebanding dengan nilai sebenarnya.

Pada penelitian ini uji akurasi dilakukan dengan menempatkan sedimen sungai Kaligelis Kudus sebanyak $\pm 2,0$ g ke dalam erlenmeyer 100 mL dan ditambahkan 2 mL larutan standar Pb yang diketahui konsentrasinya yaitu 1 dan 2 ppm. Kemudian sampel dipreparasi dengan teknik destruksi kering. Selanjutnya diukur absorbansinya dengan AAS. Uji akurasi untuk teknik destruksi basah dilakukan langkah yang sama seperti pada teknik destruksi kering. Hasil uji akurasi pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji *recovery*

Sampel	Spike (Pb)	Jumlah Pb hasil perhitungan	Jumlah Pb analisis	Recovery
Destruksi Kering tanpa spike			95,57 μ g	
Destruksi Kering + 2 mL Pb 1 ppm	2,0 μ g	97,59 μ g	100,17 μ g	102,64 %
Destruksi Kering + 2 mL Pb 2 ppm	4,0 μ g	99,58 μ g	101,03 μ g	101,46 %
Rata-rata <i>Recovery</i>				102,05 %
Destruksi Basah tanpa spike			159,66 μ g	
Destruksi Basah + 2 mL Pb 1 ppm	2,0 μ g	161,66 μ g	155,34 μ g	96,09 %
Destruksi Basah + 2 mL Pb 2 ppm	4,0 μ g	163,66 μ g	159,66 μ g	97,55 %
Rata-rata <i>Recovery</i>				96,82 %

Hasil pengukuran didapat nilai % *recovery* Pb dengan teknik destruksi kering dan destruksi basah sebesar 102,05 dan 96,82%. Dengan demikian preparasi destruksi kering lebih baik karena rata-rata *recovery* yang diperoleh 102,05% yang berada pada nilai kisaran presentase *recovery* yang disyaratkan, yaitu pada rentang $100\% \pm 15$ dengan nilai yang lebih mendekati 100%. Adanya nilai % *recovery* lebih dari 100% dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya kesalahan pembacaan skala saat pengambilan maupun saat pengenceran larutan.

Uji presisi dilakukan dengan metode repetabilitas, yaitu pengulangan dilakukan pada kondisi yang sama dalam interval waktu yang singkat. Kondisi sama ini dapat diartikan dengan penggunaan laboratorium yang sama, metode analisis yang sama, dan pereaksi serta peralatan yang sama. Metode repetabilitas dianggap lebih efisien karena waktu yang digunakan lebih singkat serta dengan proses lebih mudah. Presisi yang menggambarkan kesalahan acak dari suatu pengukuran dinyatakan dalam bentuk persentase *relative standard deviation* (%*RSD*). Uji presisi dilakukan dengan jalan mengukur konsentrasi Pb dalam sampel sedimen dengan pengulangan sebanyak tiga kali, kemudian konsentrasi yang didapatkan dihitung simpangan baku dan rata-rata konsentrasinya untuk menghitung nilai %*RSD*. Hasil uji presisi

dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji presisi

Sampel	Konsentrasi (ppm)			%RSD
	1	2	3	
Destruksi kering				
Sampel A	52,228	50,936	50,081	2,11 %
Sampel B	47,921	46,629	46,202	1,90 %
Sampel C	46,202	47,919	49,209	3,15 %
Rata-rata				2,39 %
Destruksi basah				
Sampel A	72,916	75,502	72,055	2,44 %
Sampel B	65,153	60,859	63,005	3,41 %
Sampel C	76,795	80,243	82,397	3,54 %
Rata-rata				3,13 %

Pada Tabel 3. dapat dilihat nilai presentase *RSD* destruksi kering sebesar 2,39%, sedangkan untuk destruksi basah 3,13%. Syarat penerimaan %*RSD* sesuai standar AOAC (2002) adalah sebagai berikut (1) sangat teliti: %*RSD* <1, (2) teliti: %*RSD* 1-2, (3) sedang: %*RSD* 2-5, dan (4) tidak teliti: %*RSD* >5. Berdasarkan hasil uji presisi dari kedua preparasi cuplikan dapat disimpulkan bahwa destruksi kering mempunyai keterulangan yang lebih baik dibandingkan destruksi basah. Meskipun kedua preparasi destruksi masih berada dalam rentang yang dianggap baik, namun preparasi dengan destruksi kering mempunyai %*RSD* yang lebih kecil.

Kadar timbal yang diperoleh dari hasil pengukuran diuji secara statistik dengan uji-t. Uji-t adalah cara untuk menentukan apakah ada perbedaan rerata sesuatu variabel antara dua kelompok yang berbeda yaitu dua teknik destruksi sampel yang berbeda. Nilai kepercayaan yang digunakan adalah 95%. Hasil perhitungan nilai uji-t ditampilkan pada Tabel 4.

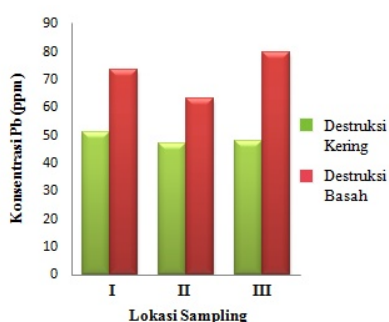
Tabel 4. Hasil uji-t

Lokasi	Rata-rata konsentrasi (ppm)		Uji-t
	Destruksi kering	Destruksi basah	
I	51,082	73,491	18,53
II	46,917	63,006	11,97
III	47,777	79,812	11,32

Hasil uji-t pada Tabel 4. diperoleh nilai t-hitung untuk lokasi I, II dan III adalah 18,53; 11,97 dan 11,32. Berdasarkan t-tabel dengan signifikansi 5% dan jumlah pengamatan tiga kali, nilai t-tabel adalah 4,30. Hal ini berarti ada perbedaan yang signifikan antara preparasi cuplikan dengan destruksi kering dan destruksi basah karena baik untuk lokasi I, lokasi II maupun lokasi III nilai t-hitung lebih besar dari t-tabel.

Hasil analisis konsentrasi logam Pb di sedimen sungai Kaligelis Kudus menunjukkan nilai yang bervariasi pada setiap lokasi pengambilan sampel. Konsentrasi logam Pb di sedimen sungai Kaligelis Kudus pada lokasi I dengan destruksi kering yaitu 51,082 ppm,

sedangkan dengan destruksi basah yaitu 73,491 ppm. Hasil analisis pada lokasi II konsentrasi logam Pb mengalami penurunan dikarenakan pengambilan sampel pada lokasi II terletak setelah bendung tambak Lulang desa Ploso, konsentrasi logam Pb yang diperoleh dengan destruksi kering yaitu 46,917 ppm dan dengan destruksi basah konsentrasi logam Pb yaitu 63,006 ppm. Nilai konsentrasi logam Pb pada lokasi III mengalami peningkatan, konsentrasi logam Pb pada lokasi III yaitu sebesar 47,777 ppm dengan destruksi kering, dan dengan destruksi basah sebesar 79,812 ppm.



Gambar 3. Perbandingan konsentrasi Pb dalam sedimen dengan teknik destruksi kering dan destruksi basah

Kandungan tertinggi logam Pb pada uji menggunakan preparasi cuplikan destruksi kering adalah 51,082 ppm sedang dengan preparasi cuplikan dengan destruksi basah diperoleh 79,812 ppm. Menurut Maria (2010) menyebutkan bahwa keuntungan teknik destruksi kering adalah terhindar dari pengotor seperti yang terdapat dalam teknik destruksi basah. Menurut Jhonson & Maxwel, sebagaimana dikutip oleh Trisunaryanti, *et al.* (2002), keberadaan unsur Al, Fe, Ca, Na, Mg, K dan Si sebagai unsur utama dalam suatu cuplikan dapat menyebabkan interferensi pada penentuan kandungan logam Co, Pb, Ni dan Zn secara AAS. Szkoda & Zmudzki (2005) mengemukakan penentuan logam berat dengan teknik destruksi kering, prosedur pengabuan harus dipertahankan di bawah 500°C. Namun dalam penentuan logam Pb dan Cd pada suhu 450-980°C tidak ada perbedaan yang signifikan pada uji *recovery* yang diperoleh (Feinberg; 1980).

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini dengan teknik destruksi basah lebih tinggi daripada destruksi kering. Hal tersebut dikarenakan adanya pengotor dan adanya interferensi logam lain dalam teknik destruksi basah yang mengganggu penentuan logam Pb. Berdasarkan *Screening Quick Reference Table for Inorganics in Solids* dalam Sunardi & Supriyanto (2008)

kadar maksimum logam Pb diperbolehkan ada dalam endapan adalah 127 ppm. Kadar logam Pb di sedimen perairan sungai Kaligelis Kudus masih lebih rendah dari nilai yang ditetapkan tersebut.

Seluruh validasi metode yang telah dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan hasil uji dari kedua preparasi destruksi. Baik uji akurasi maupun uji presisi menunjukkan bahwa destruksi kering lebih baik dari pada destruksi basah. Hasil penelitian Usodowati (2010) mengenai kandungan logam dalam tepung dan pati gembili juga menyatakan teknik destruksi yang baik untuk logam Pb adalah dengan destruksi kering. Menurut Ritter, sebagaimana dikutip Crompton (2001), mengemukakan bahwa destruksi kering lebih baik daripada destruksi basah untuk penentuan logam Pb dan Cd karena mempunyai presisi baik. Hasil penelitian Usodowati (2010) dan Ritter (dalam Crompton; 2001) tersebut dapat memperkuat kesimpulan bahwa untuk analisis logam Pb dalam sedimen sungai Kaligelis Kudus dengan metode AAS melalui destruksi kering mempunyai hasil yang lebih baik.

Simpulan

Konsentrasi logam Pb di sedimen sungai Kaligelis Kudus masih dibawah nilai ambang batas yang ditetapkan yaitu 127 ppm. Berdasarkan uji-t yang telah dilakukan menunjukkan adanya perbedaan hasil yang signifikan dari kedua teknik destruksi untuk kadar logam Pb dalam sedimen. Berdasarkan validasi metode yang telah dilakukan menunjukkan bahwa teknik destruksi kering lebih baik dari pada teknik destruksi basah untuk analisis logam Pb dalam sedimen dengan metode AAS.

Daftar Pustaka

- Crompton, T.R. 2001. *Determination of Metals and Anion in Soil, Sediment and Sludges*. London: Spon press
- Feinberg, M. 1980. High Temperature Dry Ashing of Foods for Atomic Absorption Spectrometric Determination of Lead, Cadmium and Copper. *France Journal of Anal. Chem.* 52. 207-209
- Harmita. 2004. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. Vol. I. No.3. Desember 2004. 117-135
- Maria, S. 2010. *Penentuan Kadar Fe dalam Tepung Gandum dengan Cara Destruksi Basah dan Destruksi Kering dengan AAS*. Skripsi. Medan: FMIPA Universitas Sumatera Utara
- Nova, B. Syukur, S. & Zein, R. 2012. Studi Isolasi *Saccharomyces sp* dari Limbah Cair

- PT. Coca Cola dan Aplikasinya Sebagai Sel Biomassa untuk Penyerapan Ion Logam Pb (II) pada Limbah Cair RSUP Dr. M. Djamil Padang. *Jurnal Kimia*. Vol. 1. 2012. Tersedia di <http://jurnalsain-unand.com/FilesJurnal/86914962512-BastianNova.pdf> [diakses 05-05-2013]
- Perkin-Elmer. 1996. *Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy*. Printed in the United States of America
- Sunardi dan Supriyanto, C. 2008. Comparison Test of FNAA and AAS Method for Cu, Cd, Cr, and Pb Analysis of Code River Sediment (Indonesia). *Journal of Chemistry*. 8 (2): 158-162
- Szkoda, J. & Zmudki, J. 2005. Determination of Lead and Cadmium in Biological Material by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry Method. *National Veterinary Research*. 49: 89-92
- Trisunaryanti, W., Mudasir, Saroh, S. 2002. Study of Matrix Effect on The Analysis of Ni and Pd by AAS in The Destruats of Hydrocracking Catalysts using Aqua Regia and H₂SO₄. *Journal of Chemistry*. 2 (3): 177-185
- Usodowati, P. 2010. *Studi Kelayakan Pemanfaatan Gambili: Penentuan Logam Besi, Seng Tembaga Timbal Merkuri dan Arsen dalam Tepung dan Pati Gambili (Dioscorea Esculenta)*. Skripsi. Surabaya : ITS. Tersedia di <http://digilib.its.ac.id/public/ITS> [diakses 21-01-2013]
- Widowati, W. 2008. *Efek Toksik Logam*. Yogyakarta: C.V. Andi Offset