

Jejak dan Faktor Pengontrol Keterdapatannya Logam Berat (*Heavy metal*) didalam Sedimen

Mu'tashain Ridha¹, Rika Ernawati², Tedy Agung Cahyadi³

¹ Mahasiswa Prodi Magister Teknik Pertambangan UPN "Veteran Yogyakarta

² Staf Pengajar Prodi Magister Teknik Pertambangan UPN "Veteran Yogyakarta

³ Staf Pengajar Prodi Magister Teknik Pertambangan UPN "Veteran Yogyakarta

Korespondensi : ridhomuthasain@gmail.com

ABSTRAK

Pencemaran perairan oleh logam berat tidak terlepas dari aktivitas manusia itu sendiri (Antropogenik) dimana manusia selalu memiliki kebutuhan akan suatu produk, dimana pengolahan suatu produk dapat menghasilkan logam berat. Merkuri (Hg), arsenik (As), timbal/timah hitam (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), nikel (Ni), dan khromium (Cr) merupakan logam yang berbahaya bagi lingkungan hidup. Logam berat yang semula masuk kedalam perairan dan menjadi kation-kation lambat laun akan mengendap menjadi sedimen, umumnya logam berat yang mengendap bersama dengan sedimen dasar perairan akan terdeposisi di berbagai fraksi ukuran butir sedimen, namun secara spesifik jejak logam berat akan didominasi pada ukuran butir sedimen halus (<63 μm). Konsentrasi logam berat akan selalu berkorelasi dengan ukuran butir sedimen terutama pada ukuran partikel halus sehingga memiliki korelasi yang sangat kuat serta ukuran partikel sedimen dapat menyumbang terkait peningkatan konsentrasi logam > 80%. Faktor yang mempengaruhi jejak logam berat pada berbagai ukuran butir sedimen ialah ukuran butir sedimen itu sendiri, pH air, mineral penyusun sedimen, bahan organik, serta luas permukaan butiran sedimen.

Kata kunci: Logam berat (*Heavy metal*), Ukuran, Korelasi, Sumbangan, Faktor.

ABSTRACT

Water pollution by heavy metals is inseparable from human activity itself (Anthropogenic) where humans always have a need for a product, where processing a product can produce heavy metals. Mercury (Hg), arsenic (As), lead / lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), nickel (Ni), and chromium (Cr) are metals that are harmful to the environment. Heavy metals that originally entered the waters and become slow sea cations will settle to become sediments, generally heavy metals that settle along with the bottom sediments of the waters will be deposited in various sedimentary grain size fractions, but specifically the trace of heavy metals will be dominated by grain size sediments smooth (<63 μm). Heavy metal concentrations will always correlate with the size of sediment grains, especially on fine particle size so that it has a very strong correlation and the size of sediment particles can contribute to an increase in metal concentration > 80%. Factors affecting the footprint of heavy metals in various sizes of sedimentary grains are the grain size of the sediment itself, the pH of the water, the minerals that make up the sediment, organic matter, and the surface area of the sediment grains.

Keyword : Heavy metal, size, correlations, contributions, factors.

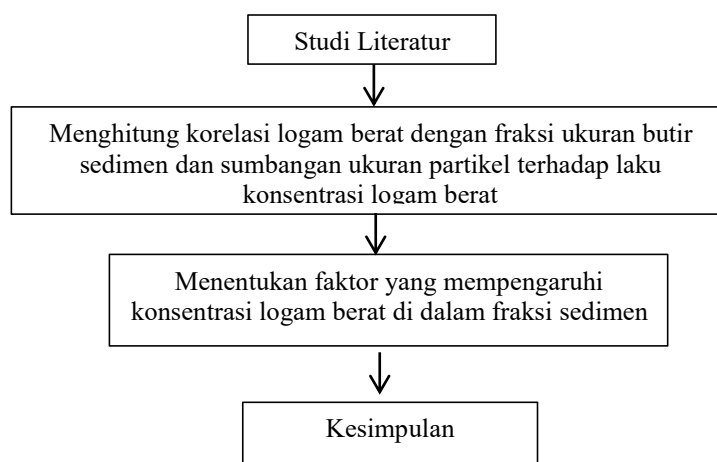
1. PENDAHULUAN (10 PT)

Pencemaran logam berat berkaitan erat dengan penggunaan logam oleh manusia, aktivitas manusia dengan melakukan pembuangan limbah menyebabkan meningkatnya kandungan logam di lingkungan perairan [11] dan penggunaan logam-logam berat tersebut dalam berbagai keperluan sehari-hari, baik secara langsung maupun tidak langsung, atau sengaja maupun tidak sengaja, telah mencemari lingkungan. Merkuri (Hg), timbal/timah hitam (Pb), arsenik (As), tembaga (Cu), kadmium (Cd), khromium (Cr), dan nikel (Ni) merupakan golongan logam berat yang dapat mencemari lingkungan hidup yang mana keberadaan logam tersebut dipengaruhi oleh manusia (Antropogenik) baik secara langsung maupun tidak langsung [19]. Umumnya limbah hasil ekstraksi emas menggunakan merkuri berupa lumpur/*sludge* akan langsung dibuang ke badan air (sungai, laut, danau) dan mengendap ke dasar *perairan*. Pencemaran logam berat yang masuk ke lingkungan perairan sungai akan terlarut dalam air dan akan terakumulasi dalam sedimen dan dapat bertambah sejalan dengan berjalannya waktu, tergantung pada kondisi lingkungan perairan tersebut [25]. Kegiatan penambangan dan pengolahan emas ilegal di kulon progo langsung membuang limbahnya ke tanah dan badan air [17] sehingga akan menambah beban pencemaran terhadap lingkungan perairan. Polutan yang dihasilkan

dapat berasal dari proses alami maupun antropogenik [3]. Logam berat (*Heavymetal*) bersifat *non degradable* oleh organisme perairan sehingga menyebabkan terjadinya pengendapan logam berat didalam sedimen [22]. Proses koagulasi dalam perairan yang mengandung ion ion logam yang semula terikat pada permukaan partikel (Flokulasi) akan saling terikat membentuk suatu partikel yang lebih besar dan akhirnya mengendap bersama sedimen [7]. Sedimen merupakan suatu situs pembawa jejak logam didalam siklus hidrologi [19]. Kandungan logam berat yang semula berasal dari kegiatan antropogenik maupun alami akhirnya akan mengendap menjadi sedimen. Namun belum dapat diketahui keberadaan logam berat berada pada fraksi sedimen, sehingga diperlukan penelusuran mendalam terkait keberadaan logam berat didalam sedimen. Proses destabilisasi menyebabkan konsentrasi logam terlarut di estuari mengalami pengurangan dan menambah konsentrasinya dalam sedimen serta sedimen dapat digunakan sebagai indikator pencemaran karena perannya sebagai 'sink' bagi bahan-bahanpencemar di daratan [11]. Berkaitan dengan pencemaran logam berat di lingkungan perairan maka perlu dilakukan penelitian terkait jejak dan faktor pengontrol keterdapatan logam berat (*Heavymetal*) didalam sedimen

2. METODE PENELITIAN

Tahapan dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis dapat dilihat pada gambar bagan alir 1. Penelitian ini merupakan penelitian yang berdasarkan studi literatur yang berasal dari paper internasional, nasional, laporan akhir penelitian, Tesis, dan Buku nasional maupun internasional terkait keberadaan logam berat di dalam sedimen serta faktor apa saja yang mempengaruhinya, sehingga dengan diketahui jejak logam berat secara spesfik di dalam sedimen dapat memberikan referensi terkait ciri fisik sedimen yang mengandung logam berat.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

3. HASIL DAN ANALISIS (10 PT)

Penelitian ini merupakan review paper internasional maupun nasional terkait konsentrasi logam berat yang berada di dalam fraksi sedimen, korelasi logam berat terhadap fraksi sedimen, serta faktor apa saja yang mempengaruhi keberadaan logam berat (*Heavymetal*) didalam fraksi sedimen, adapun penjelasan terkait masalah tersebut dibagi menjadi beberapa bagian sub bab.

3.1. Keberadaan logamberat (*Heavymetal*) dalam fraksi sedimen

Logam berat (*Heavymetal*) umumnya tidak terdistribusi secara homogen pada berbagai fraksi ukuran butir sedimen, namun pada fraksi halus yang terdiri dari mineral liat lebih banyak mengandung logam berat (*Heavymetal*) sedangkan pada fraksi pasir dan lanau umumnya logam berat akan menurun [20]. Logam berat (*Heavymetal*) dalam sedimen tidak hanya tergantung pada input/masukan logam berat itu sendiri namun juga dikontrol oleh komposisi ukuran butir, distribusi ukuran butir sehingga dimungkinkan terjadinya pengendapan yang akhirnya menjadi kesatuan membentuk sedimen [23]. Logam berat (*Heavymetal*) berupa Cu, Zn, As, Cd, Hg cenderung terdapat di dalam sedimen halus dengan ukuran < 74 um [10]. Penelitian yang dilakukan oleh [18] untuk menganalisis logam berat berupa Pb dan Cu yang berada didalam sedimen pantai menggunakan ukuran sedimen < 63 um yang mana ukuran tersebut didominasi pada lapisan permukaan sedimen. Konsentrasi logam berat (*Heavymetal*) berupa Cd, Cu, Zn, dan pb akan meningkat dengan meningkatnya pula persentase *Silt* dan *Clay* didalam sedimen [11]. Fraksi silt dan clay memiliki ukuran dibawah < 63 um.

Ukuran fraksi sedimen dari Pantai Sanur dengan ukuran partikel $<63 \mu\text{m}$, $63\text{-}106 \mu\text{m}$, dan $>106 \mu\text{m}$ secara berurutan (*Sequently*) memiliki konsentrasi logam Zn sebesar $137,72 \pm 1,7 \text{ mg/kg}$, $100,15 \pm 1,7 \text{ mg/kg}$, dan $70,20 \pm 0,9 \text{ mg/kg}$ [15] hal ini mengindikasikan jejak logam berat lebih didominasi pada fraksi yang lebih kecil. Penelitian yang dilakukan oleh [14] distribusi konsentrasi Pb dan Cu pada sedimen dipengaruhi oleh ukuran partikel, dimana semakin kecil ukuran partikel sedimen maka konsentrasi Pb dan Cu semakin tinggi. Konsentrasi logam berat lebih didominasi oleh ukuran partikel sedimen yang lebih halus dengan ukuran sedimen $<45 \mu\text{m}$ [2], sedangkan penelitian yang dilakukan oleh [8] peningkatan konsentrasi metil merkuri dan total merkuri berhubungan dengan semakin tingginya persentase liat dan lanau didalam sedimen, dimana silt dan lanau memiliki ukuran $< 63 \mu\text{m}$. Beberapa penelitian yang dirangkum oleh [1] menyebutkan bahwa pengukuran logam berat baiknya dilakukan pada fraksi sedimen dengan ukuran $< 63 \mu\text{m}$, hal tersebut dikarenakan banyak ditemukan jejak logam berat pada ukuran tersebut sedangkan penelitian yang dilakukan oleh [4] fraksi sedimen dengan ukuran $< 63 \mu\text{m}$ direkomendasikan sebagai parameter pengukuran logam berat dikarenakan fraksi tersebut setara dengan suspensi (transportasi sedimen yang terpenting) dan penelitian yang dilakukan [9] sedimen halus (*Fine Sediment*) merupakan sampel yang efektif untuk mengukur tingkat polutan.

3.2. Korelasi logam berat terhadap ukuran partikel sedimen

Penelitian yang dilakukan oleh [11] menyebutkan bahwa konsentrasi logam berat (Pb, Cd, dan Cu) memiliki nilai korelasi terhadap persentase *Silt* dan *Clay* secara berurutan sebesar ($r = 0,93$), ($r = 0,92$), dan ($r = 0,90$), berdasarkan pendekatan korelasi tersebut ketiga logam berat memiliki hubungan yang sangat kuat dengan bertambahnya persentase silt dan clay [24] sedangkan sumbangan persentase *Silt* dan *Clay* terhadap peningkatan konsentrasi Pb, Cd, dan Cu secara berurutan sebesar 86,49 %, 84,64 %, 81 %. Penelitian yang dilakukan oleh [15] di Pelabuhan Benoa, Bali terkait konsentrasi Pb dan Cu yang diukur di 4 (empat) titik pengukuran menampilkan data terkait hubungan ukuran butir sedimen dengan laju konsentrasi Pb dan Cu. Berdasarkan data penelitian yang selanjutnya dilanjutkan dengan pengolahan data di dapatkan bahwa terdapat korelasi yang cukup signifikan. Nilai korelasi logam berupa Pb dan Cu terhadap ukuran butir sedimen dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. Korelasi konsentrasi Pb dan Cu pada berbagai Ukuran butir sedimen

Lokasi	Ukuran (um)	Pb (mg/kg)	Korelasi	Ukuran (um)	Cu (mg/kg)	Korelasi
I	63	53.01	-0.643	63	127.26	-0.705
	75.5	18.63		75.5	196.35	
	94	2.23		94	36.37	
	200	1.49		200	2.24	
	300	0.76		300	1.28	
II	63	21.36	-0.336	63	132.82	-0.737
	75.5	28.94		75.5	194.43	
	94	8.69		94	50.47	
	200	39.95		200	26.04	
	300	0.76		300	9.24	
III	63	27	-0.691	63	104.14	-0.868
	75.5	19.88		75.5	68.54	
	94	3.7		94	35.81	
	200	1.5		200	0.47	
	300	0.74		300	0.15	
IV	63	41.23	-0.676	63	111.89	-0.912
	75.5	12.04		75.5	46.36	
	94	2.23		94	33.64	
	200	1.54		200	0.54	
	300	0.77		300	0.23	

Secara umum konsentrasi logam berat (*Heavy metal*) berupa Pb dan Cu memiliki hubungan yang kuat hingga sangat kuat terhadap perbedaan ukuran butir sedimen [24] sedangkan sumbangan ukuran butir sedimen terhadap peningkatan konsentrasi Pb secara berurutan sebesar 41,34 %, 11, 29 %, 47, 75 %,

45,69 % dan Cu sebesar 49,70 %, 54, 31 %, 75, 34 %, 83,17 %. Penelitian yang dilakukan oleh [12] di kawasan muara Krueng Sabee, Krueng Panga, dan Krueng Teunom, kabupaten Aceh jaya, bahwa ukuran butir sedimen sebagai substrat di muara sungai akan mempengaruhi besarnya konsentrasi Hg (merkuri). Korelasi konsentrasi Hg dengan perbedaan ukuran butir sedimen dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Korelasi konsentrasi Hg pada berbagai Ukuran butir sedimen

Krueng Sabee		Krueng Panga		Krueng Tenom	
Ukuran (mm)	Hg (mg/kg)	Ukuran (mm)	Hg (mg/kg)	Ukuran (mm)	Hg (mg/kg)
0.83	0.01	0.9	0.25	0.39	1.53
0.48	1.56	0.29	0.28	0.15	1.08
0.13	0.7	0.22	1.5	0.13	0.49
Korelasi	-0,444	Korelasi	-0,595	Korelasi	0,861

Korelasi konsentrasi Hg di dalam berbagai ukuran butir sedimen di kawasan muara Krueng Sabee, Krueng Panga, dan Krueng Teunom, kabupaten Aceh jaya memiliki hubungan moderat hingga hubungan yang kuat [24] sedangkan sumbangan ukuran butir sedimen terhadap Hg secara berurutan sebesar 19,71 %, 35,40 %, 74, 13 %.

3.3. Faktor yang mempengaruhi keberadaan logam berat (*Heavy metal*) didalam sedimen

Nilai pH suatu perairan akan menyebabkan kestabilan senyawa logam berat bergeser dari karbonat ke hidrosida, dengan hidrosida yang mudah membentuk ikatan permukaan dengan partikel yang terdapat pada perairan sehingga lama kelamaan akan mengalami pengendapan dan membentuk sedimen [16], kandungan logam berat didalam suatu perairan akan rendah dapat disebabkan oleh proses resuspensi sehingga kandungan logam berat yang berada dalam sedimen akan terlepas ke kolom perairan [11]. Kelimpahan mineral kuarsa (SiO_2) dalam sedimen terdapat dalam ukuran butir yang besar memiliki kapasitas adsorpsi yang rendah sehingga memberikan efek “pelepasan” logam berat didalam sedimen sedangkan pada butiran halus *atau fine grained* serta keterdapatn mineral lempung yang memilki luas permukaan yang besar dapat menghasilkan reaksi adsorpsi yang kuat “mengikat logam” [13] Semakin halus bentuk permukaan suatu partikel akan menyebabkan semakin besarnya luas permukaan sehingga menyebabkan reaksi tumbukan antara senyawa dengan partikel berupa sedimen [21].

Partikel dengan ukuran pasir tidak dapat saling mengunci sehingga pori makro yang berfungsi sebagai lalau lintas air dan udara akan mudah meloloskan air [20], [6] makin kasar tekstur tanah atau sedimen maka makin besar distribusi pori makro sehingga tanah ataupun sedimen menajdi porus, kemampuan menahan air akan semakin kecil. didalam air terdapat logam berat yang berwujud sebagai kation seperti Perak (Ag^+), Air Raksa (Hg^{2+}), Timbal (Pb^{2+}) mudah lolos didalam partikel berukuran besar namun kation akan terjebak di dalam partikel yang lebih halus [20]

Sedimen halus ($< 0,0063$ mm) atau 63 um merupakan kategori sebagai lanau atau liat. Lanau dan liat berfungsi sebagai penyaring polutan anorganik maupun organik, penyerapan polutan oleh sedimen halus (63 um) akan baik dalam kondisi pH air netral atau pH asam serta faktor lain yang juga mempengaruhi berupa kandungan bahan organik, Fe, Mn-Oksida dan mineral lempung [9]. Luas permukaan partikel yang besar sangat efektif dalam mengadsorpsi molekul ataupun kation sehingga molekul akan mengelilingi permukaan sedimen yang halus atau berukuran liat [5]. Liat secara umum negatif sehingga kation yang bersifat positif akan mudah terikat [20].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan studi literatur dari berbagai jurnal internasional dan nasional maka dapat ditarik kesimpulan terkait keberadaan spesfik logam berat (*Heavy metal*) di dalam sedimen:

- logam berat umumnya akan berada atau terjebak didalam sedimen dengan ukuran butir sedimen yang halus (< 63 um)
- umumnya terjadi korelasi yang kuat antara ukuran butir sedimen dengan konsentrasi logam berat sehingga dapat menjadi acuan atau pedoman pengambilan sampel sedimen di perairan.
- Sumbangan atau distrubusi ukuran butir sedimen dalam peningkatan konsentrasi logam berat dapat mencapai > 80 %

- d. Faktor yang menentukan keberadaan logam berat di dalam sedimen dipengaruhi oleh ukuran butir sedimen, pH air, mineral penyusun sedimen, bahan organik, serta luas permukaan butir sedimen.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan paper ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak khususnya kepada Ibu Rika dan Pak Teddy serta kepada prodi Magister Teknik Pertambangan UPN “Veteran” Yogyakarta yang telah membantu selesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ackermann, F., Bergmann, H., dan Schleichert, U. (1983). Monitoring Of Heavy metals In Coastal And Estuarine Sediments - A Question Of Grain-Size: <20 μm Versus <60 μm . *Environmental Technology Letters*, Vol. 4:317-328
- [2] Adiyah, J, Acheampong, M.A, Ansa, E.D.O, & Kelderman, P. (2014). Grain-Size Analysis and Heavy metal Distribution in Sediment Fraction of Lake Markemer in the Netherlands. *Jurnal Internasional Environmental Science and Toxicology*, Vol 2 (8); 160-167.
- [3] Cortez, J., Pingarron, Munoz, J.A, Ballester, A, Blazquez, M.L., Gonzalez, F, Garcia, C, Coto. (2010). *Bioremediation of soils contaminated with metalliferous mining wastes*. Grazyna Plaza: India.
- [4] Forstner, U., dan Solomons, W. (1980). Trace Metal Analysis On Polluted Sediments. *Environmental Technology Letters*, Vol 1.
- [5] Foth, H.D. 1998. *Dasar-dasar Ilmu tanah*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [6] Hakim, N., Nyakpa, M.Y., Lubis, A.M., Nugroho, S.G., Diha, M.A., Hong, G.B., Bailey, H.H. 1986. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung.
- [7] Hammer, M.J. (2008). *Water and Wastewater Technology*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- [8] Haris, H., Aris, A, Z., dan Mokhtar, M, B., (2017). Mercury and methylmercury distribution in the intertidal surface sediment of a heavily anthropogenically impacted saltwater mangrove-sediment interplay zone. *Journal Chemosphere*, Vol 166: 323-33.
- [9] Kraklik, M. (1998). A Rapid Procedure For Environmental Sampling And Evaluation Of Polluted Sediments. *Applied Geochemistry*, Vol 14: 807-816.
- [10] Ma, Tao, Sheng, Y, Meng, Y, & Sun, J. (2019). Multistage remediation of Heavy metal contaminated river sediments in a mining region based on particle size. *Science for Environmental Technology Journal*.
- [11] Maslukah, Lilik. (2013). Hubungan antara Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, Vol. 2; 55 – 62.
- [12] Purnawan, S, Rahman, R, & Karina, S. (2017). Kandungan merkuri pada substrat dasar di kawasan muara Krueng Sabee, Krueng Panga, dan Krueng Teunom, Kabupaten Aceh Jaya. *Jurnal Ilmu-ilmu perairan, pesisir dan perikanan*. Vol 6 (3); 265-272
- [13] Roussiez, V., Ludwig, W., Probst, J.L., Moncao, A. (2005). Background levels of Heavy metals in surficial sediments of the Gulf of Lions (NW Mediterranean): An approach based on 133Cs normalization and lead isotope measurements. *Journal Environmental Pollution*, Vol 138:167-177.
- [14] Sahara, E. (2009). Distribusi Pb dan Cu Pada berbagai ukuran partikel sedimen di pelabuhan Benoa. *Jurnal Kimia*, Vol 3 (2); 75-80.
- [15] Sahara, E. (2016). Distribusi Fraksi Geokimia Logam Zn dalam sedimen di kawasan perairan pantai Sanur dengan teknik ekstraksi berkesinambungan (Sequential Extraction). *Laporan hasil penelitian*. Bali: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UDAYANA.
- [16] Santi, A.M, Vanny, Tiwow, Gonggo, S.T. (2017). Analisis tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) dalam air laut dan sedimen di perairan pantai loli kecamatan banawa, kabupaten donggala. *Jurnal Akademika kimia*, Vol 6 (4).
- [17] Setiabudi, B.J. (2005). Penyebaran merkuri akibat usaha pertambangan emas di daerah Sangon, kabupaten Kulonprogo. *Kolokium hasil lapangan*, 61-17.
- [18] Siaka, I.M. (2008). Korelasi anatara kedalaman sedimen di pelabuhan benoa dan konsentrasi logam berat Pb dan Cu. *Jurnal Kimia*, Vol 2 (2); 61-70.
- [19] Solomons, w and forstner, U.(1984). *Metal in the Hydrocycle*. Berlin Heidelberg New York Tokyo: Springer-Verlag.
- [20] Soniari, N.N. (2016). Korelasi fraksi partikel tanah dengan kadar air tanah, erodibilitas tanah dan kapasitas tukar kation tanah pada beberapa contoh tanah dibali. *Laporan Penelitian*. Bali: Fakultas Pertanian Udayana.
- [21] Suarsa, I.W. (2017). Teori tumbukan pada laju reaksi kimia. *Makalah Ilmiah*. Bali: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UDAYANA.
- [22] Syahminan. (2015). *Status pencemaran logam berat timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada sedimen di perairan Dumai bagian barat, Riau* [Tesis]. Bogor: IPB.
- [23] Takarina, N.D, & Hidayat, J.W. (1998). Distribusi dan spesiasi logam berat (Cu, Cd, Cr, dan Pb) pada sedimen muara sungai banjir kanal barat dan sungai babon, Semarang. *Laporan Akhir*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [24] De Vaus, David. 2002. *Analyzing Social Science Data*. London, Thousand Oaks, New Delhi : Sage Publications.

- [25] Wulan, S.P, Thamrin, Amin, B. (2013). Konsentrasi, distribusi dan korelasi logam berat Pb, Cr dan Zn pada air dan sedimen di perairan Sungai Siak sekitar Dermaga PT. Indah kiat pulp and paper Perawang – Propinsi Riau. *Laporan Penelitian*. Pusat penelitian Lingkungan Hidup Universitas Riau.