

**KARAKTERISTIK LUMPUR LAPINDO DAN FLUKTUASI LOGAM BERAT  
Pb DAN Cu PADA SUNGAI PORONG DAN ALOO**

**CHARACTERISTIC OF LAPINDO MUD AND THE FLUCTUATION  
OF LEAD AND COPPER IN PORONG AND ALOO RIVERS**

Oleh:

**Alvin Juniawan, Barlah Rumhayati, Bambang Ismuyanto**

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Brawijaya Malang,  
Jl. Veteran Malang, Jawa Timur  
Corresponding author :alvinjuniawan@ymail.com

**ABSTRAK**

Penelitian ini mengkaji karakteristik dan fluktuasi logam berat Pb dan Cu dalam perairan Sungai Aloo dan Sungai Porong. Dalam penelitian ini pengambilan sampel lumpur Lapindo diambil dari 4 lokasi yang berbeda. Berdasarkan analisis karakteristik dari lumpur Lapindo diperoleh parameter fisik berat jenis berkisar 1,25-2,35 ( $\text{cm.cm}^{-3}$ ), dengan kandungan liat dan debu sebesar 34-53% dan 39-46%, dimana tekstur dari lumpur Lapindo merupakan jenis lempung berliat. Untuk parameter kimia diperoleh nilai pH berkisar 6,6-7, KTK sebesar 3,89-35,42 me/100g), logam berat Pb sebesar 0,19-0,34 mg/L, Cu sebesar 0,19-0,85 mg/L, asam humat tidak teridentifikasi, kadar air sebesar 40,41-60,73% dan kandungan total karbon organik 54,75-55,47%. Fluktuasi logam berat Pb dan Cu pada lumpur Lapindo tertinggi terdapat pada lokasi air tawar yaitu SA1, SA2 dan SP1, SP2. Pada Sungai Aloo, fluks logam tertinggi adalah untuk Cu, sedangkan pada Sungai Porong fluks logam tertinggi adalah Pb.

*Kata kunci : fluktuasi logam berat , lumpur Lapindo*

**ABSTRACT**

*This research has examined the characteristic and fluctuation of Pb and Cu beneath the waters of Aloo and Porong Rivers. The samples of Lapindo mud were taken from 4 different locations. The characteristic of Lapindo mud being investigated conveyed of physical and chemical parameters. The physical parameters included mass weight of 1.25-2.35 ( $\text{cm.cm}^{-3}$ ), clay content of 34-53 %, dust content of 39-46 %, and the clay loam texture of mud. The chemical parameters were measured to have pH of 6.6-7, CEC of 3.89-35.42 Me/100, Pb content of 0.19-0.34 mg/L, Cu content of 0.19-0.85 mg/L. The presence of humic acid was not detected in the area of samplings, water content of 40.41-60.73 %, and organic carbon total rate of 54.75-55.47 %. The fluctuation of Pb and Cu content in the Lapindo mud were found to be highest at some freshwater locations, precisely at SA1, SA2, SP1 and SP2. At Aloo River, the flux of Cu was found to be the highest, while at Porong River, the flux of Pb was the highest.*

*Keyword : fluctuation of heavy metals, Lapindo mud*

## LATAR BELAKANG

Banjir Lumpur Panas Sidoarjo atau Lumpur Lapindo merupakan peristiwa menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran PT Lapindo Brantas di Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, sejak tanggal 27 Mei 2006. Lumpur Lapindo di Sidoarjo tersusun atas 70% air dan 30% padatan (Usman *et al.*, 2006). Kadar garam (salinitas) lumpur sangat tinggi (38-40 ‰), sehingga bersifat asin (Arisandi, 2006).

Selama ini pembuangan lumpur dialirkan ke laut melalui Sungai Porong dan Aloo. sehingga diduga dapat mencemari kelestarian ekosistem di sekitar aliran sungai. Pembuangan lumpur ke laut tentu akan menimbulkan dampak terhadap ekosistem air, terlebih di Sungai Porong dan Aloo. Apabila ada bahan pencemar yang masuk ke aliran sungai akan dapat membahayakan kehidupan biota, sumberdaya dan kenyamanan ekosistem perairan serta kesehatan manusia di sepanjang aliran sungai dan laut. Menurut Dahuri dan Arumyiah (1994) masuknya bahan pencemar ke dalam perairan dapat mempengaruhi kualitas perairan. Apabila bahan yang masuk ke perairan melebihi ambang batas, maka daya dukung lingkungan akan menurun.

Berdasarkan hasil uji pendahuluan yang dilakukan oleh UNDAC, lumpur Lapindo diketahui mengandung logam

berat Cu sebesar 24,5 ppm, sedangkan untuk kandungan logam berat Pb sebesar 17,8 ppm (UNDAC, 2006). Apabila logam berat tersebut masuk ke dalam perairan akan dapat menyebabkan pencemaran terhadap sungai, tanah dan organisme di sekitar aliran sungai.

Logam berat sendiri sebenarnya merupakan unsur esensial yang sangat dibutuhkan setiap makhluk hidup, namun beberapa di antaranya (dalam kadar tertentu) bersifat racun. Di alam, unsur ini biasanya terdapat dalam bentuk terlarut atau tersuspensi (terikat dengan zat padat) serta terdapat sebagai bentuk ionik. Logam berat Cu merupakan unsur logam berat yang bersifat esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun jika jumlahnya berlebih dapat menimbulkan efek racun. Sedangkan logam berat Pb termasuk salah satu golongan logam berat non-esensial sehingga jika masuk ke dalam tubuh organisme hidup akan dapat bersifat racun. Unsur logam berat Pb memiliki afinitas tinggi terhadap unsur S menyebabkan logam ini menyerang ikatan belerang dalam enzim sehingga enzim bersangkutan menjadi tak aktif. Gugus karboksilat (COOH) dan amina (NH<sub>2</sub>) juga berikatan dengan logam berat, salah satunya Cu, terikat pada sel-sel membran yang menghambat proses transformasi melalui dinding sel (Manahan, 1994).

Penelitian ini akan mengkaji karakteristik dari lumpur Lapindo dan fluktuasi unsur logam berat Cu dan Pb di dalam lumpur Lapindo ke dalam perairan. Pencemaran logam berat ini terkait dengan dampaknya terhadap ekosistem perairan badan air Sungai Porong

## PROSEDUR

### Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat-alat gelas, cawan porselen, neraca analitik, biuret 100 mL, stop watch, penjepit, kertas saring, pengocok, sentrifugasi, pH meter dan AAS AA-6200 Shimadzu.

Bahan-bahan yang dibutuhkan adalah larutan HNO<sub>3</sub> pekat (65% bj 1,39 kg/L), HCl pekat (37% bj 1,19 kg/L),

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> pekat, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,5 M, FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,5 M, padatan Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub> akuades, sampel lumpur Lapindo dan sampel air tawar, payau dan asin.

Pengambilan sampel lumpur Lapindo diambil dari 4 titik (A, B, C dan D) yaitu 2 titik (A dan B) di daerah dekat dengan sungai Aloo dan 2 titik (C dan D) di dekat daerah sekitar sungai Porong. Untuk masing-masing titik diambil sebanyak 3 sampel dengan jarak pengambilan sampel ±5 meter. Pengambilan sampel menggunakan botol plastik agar sampel tidak tumpah dan terkontaminasi logam lain. Kordinat titik sampel dapat dilihat di Tabel 1 dan Gambar 1

Tabel 1 Lokasi sampling lumpur Lapindo

No	Kode sampel	LS"(lintang selatan)	BT"(bujur timur)
1	A (Dekat Lokasi Sungai Aloo I)	7°31'00.52"	112°42'43.03"
2	B (Dekat Lokasi Sungai Aloo II)	7°31'08.90"	112°43'12.32"
3	C (Dekat Lokasi Sungai Porong I)	7°32'05.82"	112°42'27.40"
4	D (Dekat Lokasi Sungai Porong II)	7°31'56.92"	112°43'07.31"



**Gambar. 1** Peta Lokasi Sampling Lumpur Lapindo

### **Sampling air**

Pengambilan sampel air dilakukan di tiga tempat yaitu daerah sungai air tawar, muara sungai dan daerah pinggir laut. Pengambilan sampel air diambil sebanyak 1 liter di setiap lokasi sampling menggunakan jerigen berbahan dasar plastik yang tidak tembus cahaya.

Sampel air untuk analisa logam dipisahkan dengan menggunakan botol plastik ukuran 150 mL. Sampel air disaring terlebih dahulu kemudian dilakukan pengawetan sampel air dengan ditambahkan  $\text{HNO}_3$  pekat, hingga pH 2. Sampel air untuk analisa logam berat disimpan di dalam *ice box* bersuhu  $\pm 4^\circ\text{C}$ .

### **Karakterisasi lumpur Lapindo**

Karakterisasi lumpur Lapindo dilakukan terhadap sampel kering yang telah diayak dengan menggunakan ayakan 80-100 mesh. Parameter yang ditentukan meliputi parameter fisik (porositas, tekstur), dan parameter kimia

yang meliputi asam humat, kapasitas tukar kation (KTK), pH, dan kadar C-organik. Kandungan logam dalam lumpur ditentukan menggunakan AAS (Shimadzu).

### **Penentuan fluks logam yang berdifusi dari lumpur ke air**

Sampel lumpur lapindo yang diambil dari 4 lokasi *sampling* diberi label yaitu sampel A, B,C, dan D. Sebanyak 5 gr sampel lumpur Lapindo kering dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL lalu ditambahkan dengan 50 mL sampel air sungai yang berasal dari Sungai Porong, kemudian dikocok selama 24 jam, kemudian disaring. Filtrat lalu disentrifugasi dengan kecepatan 500 rpm selama  $\pm 15$  menit. Filtrat yang telah disentrifugasi diambil permukaan larutannya dan diasamkan dengan  $\text{HNO}_3$  pekat, kemudian diukur dengan AAS untuk menentukan konsentrasi Pb(II) dan Cu(II).

### Perhitungan fluks logam

$$F = \frac{\text{massa logam yang berdifusi ke air(mg)}}{A(\text{cm}^2) \times t(\text{jam})} \dots\dots\dots(1)$$

$$= \frac{(m_{\text{akhir}} - m_{\text{awal}})}{A(\text{cm}^2) \times t(\text{jam})} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:  $m_{\text{awal}}$  = massa logam dalam air mula-mula (mg)  
 $m_{\text{akhir}}$  = massa logam yang terlarut setelah kontak dengan lumpur (mg)  
 $A$  = luas permukaan sampel lumpur  $\text{cm}^2$   
 $t$  = lama waktu kontak(jam)  
 $F$  = Fluks logam yang berdifusi( $\text{mg}/\text{cm}^2.\text{jam}$ )

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kandungan lumpur Lapindo

Parameter yang diamati pada kandungan lumpur Lapindo yaitu parameter fisik dan parameter kimia. Hasil karakterisasi kandungan lumpur Lapindo disajikan pada Tabel 2.

Dari hasil analisa tekstur lumpur Lapindo menggambarkan bahwa komponen terbesar adalah liat (sekitar 53%) yang berarti bahwa butiran lumpur sangat halus. Karena ukuran partikel sangat halus, maka sesama partikel dapat menyusun diri sangat rapat sehingga tidak mudah diintroduksi oleh molekul lain (misalnya molekul air). Tetapi dengan pengadukan, tumbukan antar partikel akan intensif, sehingga apabila ada aliran alir yang cukup kuat, secara perlahan partikel lumpur akan saling terlepas (Agustanto,, 2007).

Hasil analisa porositas pada lumpur Lapindo untuk Lapindo A sebesar 46,75%

dan lapindo C sebesar 44,5%. Hasil analisa porositas menunjukkan bahwa lumpur Lapindo memiliki nilai porositas yang hampir sama dengan nilai porositas tanah yang biasanya berkisar antara 30-60%. Tanah bertekstur halus akan memiliki persentase ruang pori total lebih tinggi daripada tanah bertekstur kasar, walaupun ukuran pori dari tanah bertekstur halus kebanyakan sangat kecil. Perlu ditegaskan di sini, bahwa porositas total sama sekali tidak menunjukkan distribusi ukuran pori dalam tanah yang merupakan suatu sifat yang penting (Sarief, 1988). Porositas tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur tanah, dan tekstur tanah. Porositas tanah tinggi jika terdapat bahan organik dalam jumlah yang besar. Tanah dengan struktur granular atau remah memiliki porositas yang lebih tinggi daripada tanah dengan struktur masif (pejal). Tanah dengan tekstur pasir

banyak mempunyai pori-pori makro sehingga sulit menahan air. Dalam lumpur Lapindo dapat disimpulkan bahwa kemampuan lumpur Lapindo dalam mengikat air cukup besar yang dikarenakan persentase ruang pori dalam Lapindo sangat tinggi, sehingga memudahkan molekul-molekul air untuk terikat di dalamnya.

Parameter kimia dari lumpur Lapindo yang diamati meliputi kandungan logam berat, KTK, pH, kadar air dan karbon organik total pada lumpur Lapindo. Berdasarkan hasil analisa dari berbagai lokasi pengambilan sampel, diperoleh bahwa kandungan logam Cu pada sampel lumpur Lapindo A = 0,83mg/kg; B = 0,85 mg/kg; C = 1,31 mg/kg, dan d = 0,83 mg/

kg. Kandungan logam Pb pada sampel lumpur Lapindo A = 0,34 mg/kg; B = 0,34 mg/kg; C = 0,29 mg/kg, dan D = 0,27 mg/kg.

Konsentrasi logam Cu lebih besar dibandingkan konsentrasi logam Pb dalam lumpur Lapindo. Hal ini dikarenakan kelimpahan logam berat Cu pada kerak bumi sebesar 50 mg/kg sedangkan logam Pb hanya sebesar 15 mg/kg (Moore, 1991). Dengan demikian keberadaan logam di alam Cu relatif lebih besar dibandingkan logam Pb. Sedangkan konsentrasi logam Pb dan Cu pada tiap lokasi yang berdekatan berbeda, yang mungkin dikarenakan semburan lumpur Lapindo memiliki kedalaman berbeda-beda setiap semburannya.

Tabel 2 Karakterisasi lumpur Lapindo

No	Parameter	Kode sampel			
		A	B	C	D
1.	Fisik				
	Berat (Cm.cm <sup>-3</sup> )				
	a. Isi	1,25	-	2,35	-
	b. Jenis	1,30	-	2,34	-
	- Porositas %	46,75	-	44,50	-
	- Pasir %	8,00	-	20,00	-
	- Debu%	39,00	-	46,00	-
	- Liat%	53,00	-	34,00	-
	- Tekstur	Liat	-	Lempung berliat	-
	Kimia				
2.	- pH 1:1				
	a. H <sub>2</sub> O	6,90	-	7,00	-
	b. KCl 1N	6,60	-	6,60	-
	- KTK (NH <sub>4</sub> OAC 1 N pH ; 7 Me/100g)	3,89	-	35,42	-
	- Asam Humat %	Td	-	Td	-
	- Pb (mg/Kg)	0,34	0,34	0,29	0,27
	- Cu(mg/Kg)	0,83	0,85	1,31	0,83
	- Kadar air(%)	51,11	45,27	60,73	40,41
	- C-Organik total (%)	54,75	55,47	54,82	55,02

\*Td = tidak terdeteksi

Pada setiap kedalaman pada perut bumi proses terjadinya pelapukan berbeda-beda, pelapukan batuan salah satunya dipengaruhi oleh temperatur, sehingga semakin dalam ke dalam lumpur maka temperatur pada perut bumi makin besar sehingga kandungan logam berat akan semakin meningkat.

Karbon organik dalam lumpur Lapindo mempengaruhi kandungan senyawa asam humat di dalamnya. Kapasitas tukar kation terhadap unsur logam di dalam tanah berhubungan dengan kandungan asam humat dan fulvat yang merupakan polimer dari asam-asam lemah dimana satu sama lain memiliki gugus fungsional yang hampir sama walaupun berbeda berat molekulnya (Tan, 1994). Kadar karbon organik total pada lumpur Lapindo yang diperoleh dari hasil analisa yaitu untuk Lapindo A = 54,75%; Lapindo B = 55,47%; Lapindo C = 54,82%, dan Lapindo D = 55,02%. Sumber karbon organik yang terdapat di dalam lumpur Lapindo kemungkinan berasal dari dekomposisi tumbuhan dan hewan. Karbon organik berada dalam tanah dan sedimen dalam berbagai bentuk, dari bentuk yang baru seperti daun, ranting dan cabang hingga bentuk yang sudah terurai seperti humus. (Schumacher, 2002).

Parameter kimia yang lain yaitu KTK. Kontribusi COOH terhadap Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah kira-kira 54%. Apabila dihitung dengan gugus fenol,

maka kontribusi kedua gugus fungsional tersebut berkisar antara 85-90%. Selain gugus COOH dan fenol, gugus enol (COH-OH) dan imida (=NH) juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap nilai KTK tanah. Dari data analisa karakteristik lumpur Lapindo kandungan senyawa asam humat tidak teridentifikasi. Koloid tanah yang memiliki muatan negatif besar akan dapat menjerap sejumlah besar kation. Jumlah kation yang dapat dijerap koloid dalam bentuk dapat tukar pada pH tertentu disebut kapasitas tukar kation (KTK). Kapasitas tukar kation merupakan jumlah muatan negatif persatuan berat koloid yang dinetralsasi oleh kation yang mudah diganti. Kapasitas tukar kation didefinisikan sebagai nilai yang diperoleh pada pH 7, yang dinyatakan dalam milligram setara per 100 gram koloid. Dari data karakterisasi lumpur Lapindo diperoleh nilai kapasitas tukar kation (KTK) sebesar 34,89 – 35,42 me/100g.

Keberadaan logam berat Pb dan Cu dalam lumpur Lapindo dipengaruhi oleh penyerapan. Penyerapan Pb dan Cu sangat tergantung pada kondisi kemasaman larutan (pH). Pada kondisi  $pH < 4,4$ ; akan terbentuk kompleks monomerik melalui interaksi elektrostatik dengan permukaan silika, sedangkan bentuk kompleks dimerik kovalen Pb dan Cu pada permukaan silika terbentuk pada kondisi  $pH > 6$ . Pada lumpur Lapindo dari data uji karakteristik mengenai pH

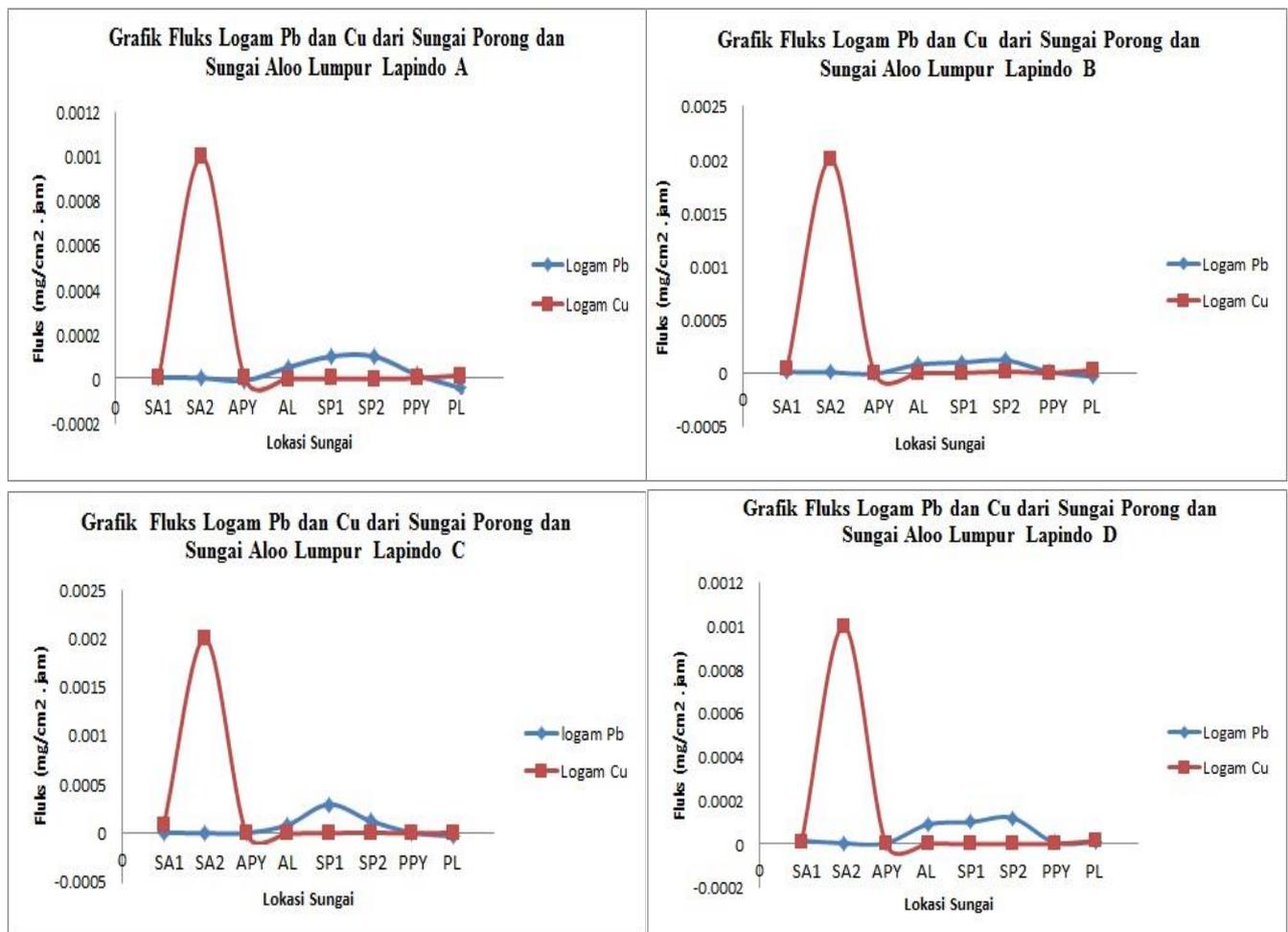
diperoleh kisaran pH antara 6-7, sehingga ikatan yang terjadi antara  $\text{SiO}_2$  yang terdapat dalam lumpur Lapindo merupakan ikatan kovalen yang membentuk kompleks dimerik. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas  $\text{SiO}_2$  dalam menahan  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$  sangat tergantung pada kondisi larutan tanah yang mengalami kontak dengan permukaan  $\text{SiO}_2$

### **Fluktuasi logam berat Pb dan Cu**

Lokasi pengambilan sampel mempengaruhi fluks logam berat di perairan. Setiap lokasi pengambilan sampel memiliki kisaran nilai salinitas yang berbeda-beda, sehingga kelarutan logam berat cenderung mengalami perubahan. Sedangkan konsentrasi logam di air dan di dalam lumpur Lapindo mempengaruhi difusi logam dari dalam lumpur ke air. Pada penelitian ini sampel yang digunakan berasal dari lumpur Lapindo yang berlokasi dekat dengan sungai Aloo dan dekat dengan sungai Porong. Sampel lumpur Lapindo yang dekat dengan sungai Aloo diberi kode lumpur Lapindo A dan B, dan untuk lokasi sampel lumpur Lapindo yang dekat dengan Sungai Porong diberi kode lumpur Lapindo C dan D. Grafik fluks logam berat Pb dan Cu pada lumpur Lapindo dari berbagai lokasi sampling dapat dilihat dari Gambar 2.

Pada air payau, yaitu lokasi APY dan PPY, fluks logam Pb dan Cu lebih rendah

dari fluks logam pada air laut. Hal ini diakibatkan senyawa logam Pb dan Cu yang cenderung membentuk kompleks kloro yang dominan yang dapat menurunkan kelarutan senyawa logam di dalam perairan. Sedangkan pada air laut yaitu lokasi PL dan AL, fluks logam sangat kecil dalam larutan. Hal ini dikarenakan pada kepekatan  $\text{NaCl}$  yang tinggi, kation logam berat Pb dan Cu akan cenderung membentuk kompleks dan endapan dengan  $\text{Cl}^-$  menjadi  $\text{Pb}(\text{Cl}_3)^-$ ,  $\text{Cu}(\text{Cl}_3)^-$  dan endapan  $\text{PbCl}_2$  dan  $\text{CuCl}_2$ . Sedangkan pada air tawar spesies logam Pb dan Cu yang dominan berada dalam bentuk  $\text{PbCO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})^+$  dan  $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})^+$ . Akibatnya kelarutan logam Pb akan mengalami penurunan sehingga menyebabkan logam Pb dan Cu cenderung terendapkan di dalam lumpur Lapindo. Fluktuasi logam Pb dan Cu berbeda antara dalam air payau dan air laut yang dikarenakan jumlah garam  $\text{NaCl}$  pada air payau sangat sedikit dibandingkan dengan air laut, sehingga kompleks yang terbentuk juga relatif kecil. Spesies logam pada air tawar dan air laut terutama berbeda dalam hal (1) perbedaan kekuatan ionik, (2) kandungan permukaan penyerapan yang lebih rendah pada air laut, (3) perbedaan kepekatan logam berat (4) perbedaan kepekatan kation dan anion utama, dan (5) biasanya kepekatan ligan organik dalam sistem air tawar lebih tinggi (Miller, 1995).



Gambar 2 Fluks logam Pb dan Cu pada Sungai Porong dan Aloo, SA= Sungai Aloo, APY =Sungai Aloo Payau, AL= Sungai Aloo Laut, SP = Sungai Porong, PPY= Sungai Porong Payau, PL= Sungai Porong Laut, PPY= Sungai Porong Payau;

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis terhadap karakteristik lumpur Lapindo, untuk parameter fisik diperoleh berat jenis berkisar 1,25-2,35 ( $\text{cm} \cdot \text{cm}^{-3}$ ), dengan kandungan liat dan debu sebesar 34-53% dan 39-46%, tekstur dari lumpur Lapindo merupakan jenis lempung berliat. Untuk parameter kimia diperoleh nilai pH berkisar 6,6-7, KTK sebesar 3,89-35,42 me/100g), kandungan logam berat Pb sebesar 0,27-0,34 mg/L, Cu sebesar 0,83-1,31 mg/L, asam humat tidak terdeteksi,

kadar air sebesar 40,41-60,73% dan kandungan total karbon organik 54,75-55,47%

Untuk besarnya fluktuasi logam berat Pb dan Cu pada lumpur Lapindo, fluktuasi tertinggi terdapat pada lokasi air tawar yaitu Sungai Aloo SA1, SA2 dan Sungai Porong SP1, SP2. Pada Sungai Aloo, fluks logam tertinggi adalah untuk Cu sedangkan pada Sungai Porong fluks logam yang tertinggi adalah untuk Pb.

## DAFTAR PUSTAKA

Agustanto, BP., 2007, *Pemerintah Tidak Bisa Hentikan Semburan Lumpur Lapindo*, Media Indonesia Online Minggu, 25 Maret 2007.

Arisandi, P., 2006, *Menebar Bencana Lumpur di Kali Porong*. Ecological Observation And Wetlands Conservation

Aristianto, 2006, *Pemeriksaan Pendahuluan Lumpur Panas Lapindo Sidoarjo*, Balai Besar Keramik Departemen Perindustrian, Bandung.

Connell. J.Miller., 1995, *Terjemahan : Kimia Dan Ekotoksikologi Pencemaran*, UI Press, Jakarta

Manahan, S.E., 1994, *Environmental Chemistry*, 6th edition, CRC Press, Inc., USA,

McLachlan-Karr, J., 2006. Sidoarjo Mud Emergency Response, Consultant Report Ecological Engineering Approach. *Simposium Nasional: Pembuangan Lumpur Porong-Sidoarjo ke Laut* Surabaya.

Moore, J.W. 1991, *Living in the environment, Seventh edition*, Wadsworth Publishing Company, California.

Sarief, S., 1988, *Konservasi Tanah dan Air*. CV Pustaka Buana, Bandung.

Schumacher, B. A., 2002, *Method of Determination of Total Organic Carbon(TOC) in Soil and Sediments*. Ecological Risk Assasment Support Center, US Environmental Protection Agency, Las Vegas.

Tan, K.H. 1994, *Soil Sampling, Preparation and Analysis*. New York: Marcel Dekker, Inc.

Usman, E., Salahuddin, M., Ranawijaya DAS., dan Hutagaol, J. P., 2006, Paper Pendukung, *Simposium Nasional: Pembuangan Lumpur Porong-Sidoarjo ke Laut?* Surabaya.

United Nation Disaster Assessment and Coordination, 2006, *Environment Assessment Hot Mud Flow East Java, Indonesia*, UNEP/OCHA Environment Unit, Switzerland.