

**PROFIL DISTRIBUSI PENCEMARAN LOGAM BERAT PADA AIR
DAN SEDIMEN ALIRAN SUNGAI DARI AIR LINDI
TPA SARI MUKTI**

**HEAVY METAL POLLUTION PROFILES OF DISTRIBUTION IN
WATER STREAM AND SEDIMENT RIVER FLOW FROM
LEACHATE OF TPA SARIMUKTI**

*¹Dwiki Irvan Mahardika dan ²Indah Rachmatiah S. Salami

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,
Jl Ganesha 10 Bandung 40132
e-mail : ¹dwiki.irvan@yahoo.co.id dan ²indahrss@tl.itb.ac.id

Abstrak : Keberadaan air lindi yang dihasilkan TPA Sarimukti mengakibatkan pencemaran lingkungan perairan. Pembuangan jenis sampah yang beraneka macam ini memungkinkan air lindi menadng zat beracun dan logam berat, terutama timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan kromium (Cr). Tujuan penelitian ini adalah bertujuan memperoleh gambaran profil logam timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), kromium (Cr) dan mengetahui kecenderungan konsentrasi logam tersebut di air dan sedimen setelah menerima efluen air lindi TPA Sarimukti. Konsentrasi logam berat dianalisis dengan Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Preparasi sampel air dilakukan dengan metode pemekatan asam nitrat (SNI 6989.17:2009) sedangkan untuk sedimen digunakan ekstraksi asam (EPA Method 200.2, 1994). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cu, dan Cr dalam air setelah menerima efluen utama TPA Sarimukti (Titik 2) terjadi peningkatan yang signifikan dimana sebelum menerima efluen tersebut: 0,0031 ppm; < 0,001 ppm; 0,0001 ppm; 0,0094 ppm sedangkan setelah menerima efluen (Titik 3) : 0,0228 ppm; 0,0043 ppm, 0,0495 ppm, 0,1767 ppm. Sementara, pada sedimen sungai, konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cu, dan Cr sebelum menerima efluen tersebut: 1,57 ppm; 0,23 ppm; 18,36 ppm; 13,66 ppm, sedangkan setelah menerima efluen (Titik 3) : 1,92 ppm; 0,17 ppm; 16,99 ppm; 9,82 ppm. Dapat disimpulkan bahwa masukan efluen lindi cenderung meningkatkan logam berat dalam air dibandingkan dengan sedimen. Konsentrasi logam dalam sedimen cenderung lebih tinggi daripada dalam air. Hal ini dapat disebabkan adsorpsi logam berat ke dalam sedimen.

Kata kunci : TPA Sarimukti, air lindi, logam berat, profil, air, sedimen

Abstract : The presence of landfill leachate generated Sarimukti cause water pollution. Variation types of disposal waste allows leachate containing toxic substances and heavy metals, particularly lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), and chromium (Cr). The purpose of this study is aimed to obtain the profile picture of the metal lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), chromium (Cr) and identify trends that metal concentrations in water and sediment after receiving effluent landfill leachate Sarimukti. Concentrations of heavy metals were analyzed by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Sample preparation was conducted by the water concentration of nitric acid (SNI 6989.17:2009) while for the sediment used acid extraction (EPA Method 200.2, 1994). The results of this study indicate that the concentrations of heavy metals Pb, Cd, Cu, and Cr in the water after receiving primary effluent landfill Sarimukti (Point 2) a significant increase before receiving effluent which is: 0,0031 ppm; 0,001 ppm; 0,0001 ppm ; 0,0094 ppm, while after receiving the effluent (point 3): 0,0228 ppm; 0,0043 ppm; 0,0495 ppm; 0,1767 ppm. Meanwhile, the sediments, concentrations of heavy metals Pb, Cd, Cu, and Cr before receiving such effluents: 1.57 ppm, 0.23 ppm, 18.36 ppm, 13.66 ppm, while after receiving the effluent (Point 3) : 1.92 ppm, 0.17 ppm, 16.99 ppm, 9.82 ppm. It can be concluded that the effluent leachate tends to increase the input of heavy metals in water compared with the sediment. Metal concentrations in sediments tend to be higher than in water. This could be due to the adsorption of heavy metals in sediments.

Keywords : Sarimukti landfill, leachate, heavy metals, profiles, water, sediment

PENDAHULUAN

TPA Sarimukti merupakan tempat pembuangan akhir sampah yang terletak di Desa Sarimukti, Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat, yang telah ada sejak tahun 2006. TPA ini didirikan untuk menampung sampah dari tiga wilayah yakni Kota Bandung, Kota Cimahi, dan Kabupaten Bandung. Jumlah masukan sampah di TPA Sarimukti mencapai 50-80 ton/hari. Jenis sampah yang dibuang ke TPA Sarimukti merupakan campuran dari sampah rumah tangga, sampah pasar, sampah industri dan rumah sakit (Pratama & Soleh, 2010). Pengelolaan sampah di TPA Sarimukti menggunakan sistem *open dumping* dan pemilihan lokasi TPA yang tidak tepat telah berdampak pada penurunan kualitas lingkungan.

Proses penimbunan sampah di daerah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah dengan sistem *open dumping* maupun *sanitary landfill*, pada umumnya menghasilkan pencemar berupa air lindi. Air lindi didefinisikan sebagai suatu larutan (misalnya, air hujan) yang terpapar di deposit sampah, kemudian sebagian masuk ke dalam tanah (dan bercampur dengan air tanah) dan sebagiannya lagi mengalir di permukaan tanah. Air lindi ini membawa materi tersuspensi dan terlarut yang merupakan produk dari degradasi sampah (*Health Research Board*, 2003).

Pembuangan jenis sampah yang beraneka macam ini memungkinkan air lindi yang dihasilkan mengandung zat beracun dan logam berat. Unsur pencemar yang masuk ke badan air yang berasal dari lindi TPA Sarimukti akan memberikan dampak negatif terhadap kualitas di badan air tersebut. Komposisi air lindi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis sampah terdeposit, jumlah curah hujan di daerah TPA dan kondisi spesifik tempat. Air lindi pada umumnya mengandung senyawa-senyawa organik (hidrokarbon, asam humat, fulfat, tanat dan galat) dan anorganik (natrium, kalium, kalsium, magnesium, klor, sulfat, fosfat, fenol, nitrogen dan senyawa logam berat) yang tinggi (Parsons, 2002). Selanjutnya, Langmore (1998) menyatakan bahwa senyawa logam berat yang sering ditemukan dalam air lindi yaitu arsen, besi, kadmium, kromium, merkuri, nikel, seng, tembaga, dan timbal.

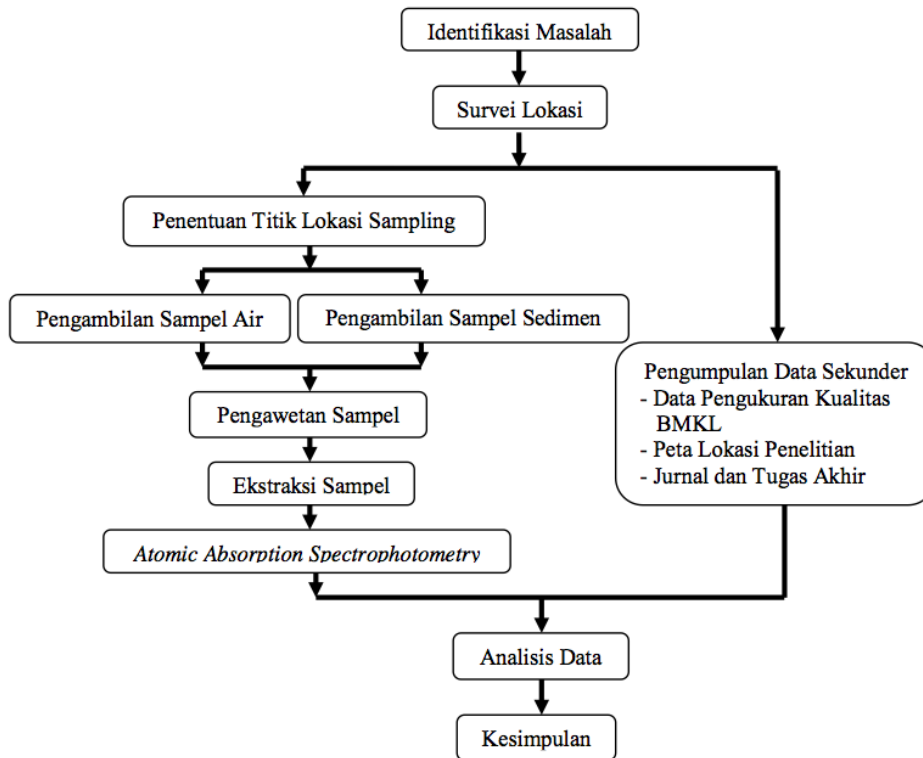
Logam berat memasuki air alami dan menjadi bagian dari sistem suspensi air dan sedimen melalui proses absorpsi, presipitasi, dan pertukaran ion (Liu *et al.*, 2006). Logam dalam sistem perairan menjadi bagian dari sistem air-sedimen dan distribusinya dikendalikan oleh kesetimbangan dinamik dan interaksi fisika-kimia, yang umumnya dipengaruhi oleh parameter pH, konsentrasi dan tipe senyawa, kondisi reduksi-oksidasi, dan bilangan oksidasi dari logam tersebut (Singh *et al.*, 2005). 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 (Liu *et al.*, 2006).

Berdasarkan uraian di atas, dapat dikatakan bahwa lingkungan TPA sampah berisiko tinggi terhadap pencemaran berbagai polutan termasuk juga adanya kandungan. Beberapa hasil penelitian sebaran logam berat dalam sedimen dan hubungannya dengan parameter fisik dan hidrologi di perairan bahwa masukan air lindi di menyebabkan kandungan logam dalam sedimen di sungai mengalami peningkatan (Maramis *et al.*, 2005). Oleh karena itu, penelitian studi logam berat dalam air dan sedimen air menjadi penting mengingat air tersebut dapat berguna dalam kegiatan tambak ikan maupun pengairan lahan sawah dimana digunakan sebagai konsumsi manusia. Dengan demikian, diperlukan suatu data profil titik-titik pencemaran logam berat di air dan sedimen, sehingga dapat diketahui seberapa besar peningkatan konsentrasi logam berat, khususnya logam timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan kromium (Cr) setelah adanya masukan efluen air lindi TPA Sarimukti.

METODOLOGI

Secara garis besar, metode penelitian ini didahului oleh Identifikasi masalah kemungkinan terjadinya pencemaran yang diakibatkan oleh lindi dari TPA Sarimukti ke badan perairan. Selanjutnya dilakukan survei lokasi untuk dilakukan pengamatan kondisi eksisting

lingkungan TPA Sarimukti sebagai bahan evaluasi dampak terhadap lingkungan sekitar. Hasil survei lokasi kemudian dilakukan penentuan lokasi titik sampling untuk mengetahui kondisi riil di lapangan dan kemungkinan lokasi pengambilan sampel. Secara menyeluruh, alur penelitian yang dilakukan ditunjukkan oleh bagan alir pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bagan metodologi pelaksanaan penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data sekunder berupa data mengenai pengukuran kualitas air pada lingkungan sekitar TPA Sarimukti yang pernah dilakukan sebelumnya dari beberapa jurnal dan tugas akhir, data mengenai hasil uji efluen dari instansi yang berwenang dalam hal ini Badan Pengujian Mutu Konstruksi dan Lingkungan (BPMKL), pengumpulan peta mengenai wilayah lokasi penelitian didapatkan dari media internet.

Pada dasarnya, penelitian ini merupakan penelitian lapangan yang dilanjutkan dengan analisis di laboratorium. Setelah tahap pengambilan sampel air dan sedimen lalu pengawetan contoh sampel, lalu preparasi sampel air dan sedimen dilaksanakan di Laboratorium Hygiene Industri dan Toksikologi Institut Teknologi Bandung, sedangkan analisis AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) dilakukan di Laboratorium Penelitian Jurusan Kimia, Universitas Padjajaran Bandung.

Pada **Gambar 2** menunjukkan lokasi pengambilan sampel air dan sedimen. Lokasi penelitian adalah efluen TPA Sarimukti, Sungai Ciganas, Sungai Cipanawan, Sungai Cipicung, dan Sungai Cimeta. Titik sampling yang diambil berjumlah 12. Penentuan titik sampling tersebut berdasarkan kepada metode yang diterapkan dalam UNEP (1996). Survei lapangan dilakukan pada tanggal 20 Maret 2012.



Gambar 2. Titik Pengambilan Sampel (*Google Earth, 2012*)

Lokasi Pengambilan Sampel Air dan Sedimen

Pada lokasi pengambilan sampel TPA Sarimukti memiliki dua efluen, yaitu efluen 1 (Titik 2) dan efluen 2 (Titik 4). Selain itu, tujuan penentuan lokasi titik pengambilan sampel sebelum melewati efluen air lindi TPA Sarimukti, yaitu Titik 1, Titik 5, Titik 8, dan Titik 11 agar mengetahui kecenderungan konsentrasi logam berat alami pada badan air sebelum adanya masukan dari efluen air lindi TPA Sarimukti. Sementara, untuk mengetahui peningkatan konsentrasi logam berat dalam air dan sedimen pada badan air setelah menerima efluen air lindi TPA Sarimukti, ditentukan titik-titik pengambilan sampel, yaitu Titik 3, Titik 6, dan Titik 9, dan Titik 12.

Pengambilan Sampel Air dan Sedimen

Pada tahap pengambilan sampel air dan sedimen pada masing-masing titik, diambil satu sampel air dan satu sampel sedimen. Untuk sampel air, sampel diambil di setengah kedalaman total yaitu 0,5d. Alat yang digunakan untuk mengambil sampel air adalah gayung plastik bertangkai (SNI 6989.57:2008) dan alat yang digunakan untuk mengambil sampel sedimen adalah sekop karena kondisi lapangan yang tidak memungkinkan akibat jumlah sedimen yang relatif kecil. Berdasarkan APHA/AWWA/WEF Standard Methods 20th ed. (2001) untuk pengawetan sampel air yang akan dianalisis kandungan logam beratnya, maka perlu dilakukan penambahan HNO₃ pekat (3 mL HNO₃/L sampel air) lalu didinginkan dalam *cool box* pada temperatur 4°C, sedangkan untuk sampel sedimen didinginkan dalam *cool box* pada 4°C. Kontainer sampel air yang digunakan adalah botol plastik HDPE (*high-density polyethylene*) ukuran 600 ml, sedangkan kontainer sampel sedimen adalah kantong plastik bening, sampel diambil sebanyak ±100 gram. Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 21 Juni 2012.

Pengukuran Parameter Lapangan

Pada tahap setelah pengambilan sampel air dan sedimen, juga dilakukan pengukuran terhadap temperatur, pH, daya hantar listrik dan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) untuk sampel air, sedangkan pH untuk sampel sedimen. Hal ini dilakukan karena parameter – parameter tersebut dapat mempengaruhi konsentrasi logam dalam air dan sedimen. Temperatur diukur dengan menggunakan pH meter, pH diukur dengan pH meter, dan oksigen terlarut diukur dengan DO Meter.

Analisis Logam Berat pada Sampel Air

Analisis Pb, Cd, Cu, dan Cr untuk sampel air berdasarkan pada SNI 6989.17:2009, ekstraksi logam berat dilakukan dengan metode pemekatan sampel dengan asam nitrat pekat (HNO₃). Sampel air dikocok terlebih dahulu, lalu diambil 50 ml sampel. Sampel dituangkan ke dalam gelas ukur dan ditutup dengan kaca arloji. Dilakukan Penambahan 5 mL HNO₃ pekat. Dipanaskan sampel hingga tersisa ± 20 mL. Lalu bilas kaca arloji dan hasil sampel dituangkan kembali dalam gelas ukur dan diencerkan hingga 50 mL. Sampel disaring ke dalam labu ukur 50 mL. Sampel dipindahkan ke botol vial. Lalu dilakukan uji konsentrasi menggunakan AAS tipe *flame*.

Analisis Logam Berat pada Sampel Sedimen

Analisis Pb, Cd, Cu, dan Cr untuk sampel sedimen berdasar pada EPA Method 200.2, (1994). Sampel ditimbang berat basah lalu dipanaskan sampel pada suhu 60⁰C, Selanjutnya ditimbang berat kering sampel. Sampel yang akan diekstraksi ditimbang lalu dimasukkan ke dalam *beaker glass*. Lalu ditambahkan 10 mL *aqua regia* (3 HCl : 1 HNO₃) pada ± 2 gr sampel, dan ditutup dengan gelas arloji. Proses pemanasan di atas water bath selama 4-6 jam. Setelah logam dalam sampel larut, ditambahkan H₂O₂, lalu sampel diangkat dari *water bath*, didiamkan hingga dingin. Larutan sampel disaring ke dalam labu takar 50 mL, encerkan hingga mencapai tanda 25 mL. Sampel dipindahkan ke botol vial lalu dilakukan uji konsentrasi menggunakan AAS tipe *flame*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian terhadap kualitas air dan sedimen khususnya parameter logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan kromium (Cr) dilakukan pada efluen TPA Sarimukti, Sungai Ciganas, Sungai Cipanawuan, Sungai Cipicung, dan Sungai Cimeta. Hal ini dilakukan untuk mengetahui besarnya peningkatan konsentrasi logam berat setelah menerima efluen TPA Sarimukti Titik 2 dan Titik 4. Hasil pengukuran data-data lapangan ditunjukkan pada **Tabel 1**. Data parameter kualitas lapangan lainnya diperoleh dengan pengukuran temperatur pH, dan Oksigen Terlarut untuk sampel air, sedangkan untuk sedimen dilakukan pengukuran pH.

Tabel 1. Lokasi dan hasil pengukuran data lapangan

Titik	Waktu	Cuaca		Koordinat sampling	Elevasi (m)	Warna air	Debit (m ³ /s)
		Sehari sebelum sampling	Saat sampling				
1	15.2	Cerah	Cerah	S 06°48'20,65" T 107°20'55,52"	640	Kuning keruh	0,0158
2	15	Cerah	Cerah	S 06°48'20,70" T 107°20'55,59"	642	Hitam	0,0463
3	14.3	Cerah	Cerah	S 06°48'20,84" T 107°20'55,43"	639	Cokelat kehitaman	0,089
4	13.4	Cerah	Cerah	S 06°48'21,07" T 107°20'55,90"	640	Hitam	0,0134
5	13.15	Cerah	Cerah	S 06°48'20,93" T 107°20'56,24"	640	Jernih	0,0948
6	13	Cerah	Cerah	S 06°48'21,17" T 107°20'55,85"	639	Hitam	0,0826
7	12.2	Cerah	Cerah	S 06°48'21,20"	637	Hitam	0,057

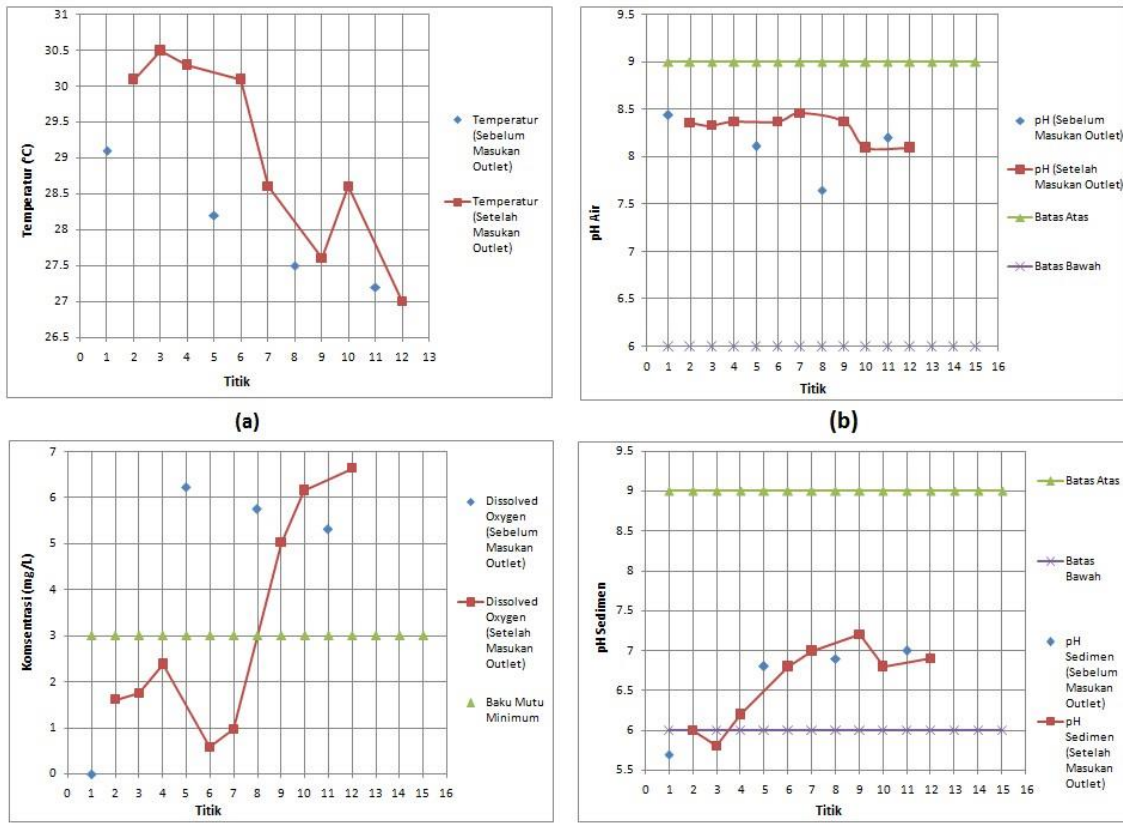
Titik	Waktu	Cuaca		Koordinat sampling	Elevasi (m)	Warna Air	Debit (m ³ /s)
		Sehari sebelum sampling	Saat sampling				
				T 107°20'55,78"			2
8	11.5	Cerah	Cerah	S 06°48'21.22" T 107°20'55,80"	637	Jernih	0,0095
9	11.3	Cerah	Cerah	S 06°48'21.25" T 107°20'55,73"	636	Kuning kecoklatan	0,0759
10	10.45	Cerah	Cerah	S 06°48'21.27" T 107°20'55,66"	635	Kuning kecoklatan	0,0632
11	10.3	Cerah	Cerah	S 06°48'21.30" T 107°20'55,70"	635	Jernih	0,0846
12	10	Cerah	Cerah	S 06°48'21.35" T 107°20'55,64"	633	Kuning kecoklatan	0,0752

Dari hasil pengukuran temperatur air pada **Gambar 3.a**, menunjukkan bahwa temperatur air berkisar antara 27-30,5°C. Kisaran temperatur tersebut masih berada pada kisaran aman dan mendukung organisme akuatik serta dapat ditoleransi oleh mikroalgae perairan tropis (Boney, 1995 ; Saktia, 2007). Karena waktu pengambilan sampel pada bulan Juni, pada musim kemarau temperatur air di daerah tropis (dalam hal ini Indonesia) dapat mencapai 30°C (Bailey *et al.*, 1987; Andarani, 2009).

Temperatur tertinggi terdapat pada Titik 3 yaitu sebesar 30,5°C, sedangkan temperatur terendah terdapat pada Titik 12 yaitu sebesar 27°C. Nilai temperatur lebih dipengaruhi oleh waktu pengambilan sampel dan keadaan lokasi sampling. Perbedaan temperatur pada masing-masing titik sampel tidak terlalu signifikan (Komala *et al.*, 2008). Berdasarkan **Gambar 3.a**, menunjukkan bahwa temperatur rata-rata air mengalami penurunan dari efluen TPA Sarimukti ke hilir Sungai Cimeta. Pada titik 5, 8, dan 11 terjadi penurunan temperatur dapat disebabkan oleh pengenceran oleh hulu Sungai Cipanawan, Cicipung, dan Cimeta yang memiliki temperatur yang lebih dingin dibandingkan dengan temperatur sungai yang telah menerima efluen TPA. Selain itu, Fluktuasi temperatur air sungai dipengaruhi oleh absorpsi sinar matahari, kecepatan arus, kedalaman air, dan kemiringan tempat (Rinawati *et al.*, 2008).

Berdasarkan **Gambar 3.b**, menunjukkan bahwa nilai pH air berkisar antara 7,65-8,46 sehingga nilai pH pada setiap titik sampling memenuhi baku mutu sesuai berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001. Titik 7 memiliki nilai pH tertinggi yaitu 8,46, sedangkan nilai pH terendah terdapat pada Titik 8 yaitu 7,65.

Apabila dilihat nilai pH air menunjukkan nilai pH cenderung basa, yaitu : pada Titik 2 dan 4 yang memiliki pH sebesar 8,44 dan 8,37. Nilai pH dari 7,5-8,0 biasanya menunjukkan adanya karbonat kalsium dan magnesium, sedangkan pH lebih dari 8,5 menunjukkan natrium tukar yang cukup. Oleh karena itu, hasilnya jelas menunjukkan dominasi bikarbonat, natrium dan klorida terhadap hilir dibandingkan dengan hulu (Begum *et al.*, 2009). Secara umum, nilai pH efluen mempengaruhi badan air peneriman menjadi cenderung basa dengan nilai diatas 7,5. Pengaruh dari pH tersebut apabila pH air terlalu asam logam berat akan semakin toksik dan banyak organisme tidak dapat bertahan hidup. Sedangkan jika pH air terlalu basa ammonium hidroksida akan terbentuk dan bersifat beracun bagi organisme. (Mackereth *et al.*, 1989 ; Effendi, 2003).



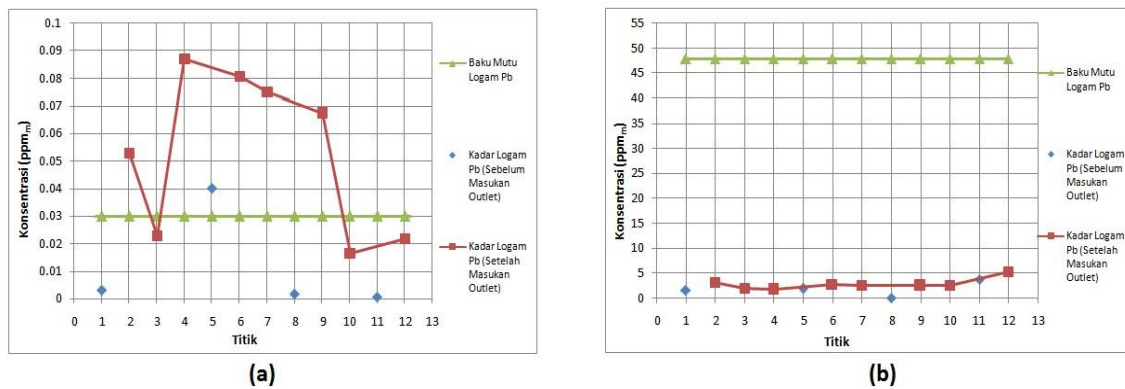
Gambar 3. Hasil Pengukuran Parameter Lapangan : temperatur (a), pH Air (b), *Dissolved Oxygen* (c), dan pH Sedimen (d)

Berdasarkan **Gambar 3.c**, Nilai *Dissolved Oxygen* (DO) pada waktu pengambilan sampel berkisar antara 0.58 mg/L - 6,64 mg/L dengan rata-rata 3,49 mg/L, dengan Titik 12 yang memiliki nilai tertinggi (6,64 mg/L) dan Titik 6 yang memiliki nilai terendah (0,58 mg/L). Peningkatan nilai DO yang signifikan pada sumur 9 akibat pengenceran oleh Sungai Cipicung. Pada sumur 6 terjadi penurunan DO yang signifikan setelah menerima masukan efluen lindi TPA. Adanya senyawa organik pada lindi akan menurunkan konsentrasi oksigen terlarut dalam badan air. Hal ini disebabkan proses oksidasi zat organik di air limbah dari TPA yang dilakukan oleh mikroorganisme membuat kondisi air limbah menjadi kondisi anaerob (Candrianto,2001).

Berdasarkan **Gambar 3.d**, menunjukkan bahwa nilai pH sedimen berkisar antara 5,7 - 7,2. Titik 9 memiliki nilai pH tertinggi yaitu 7,2, sedangkan nilai pH terendah terdapat pada Titik 1 yaitu 5,7. Dari hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan terjadi perbedaan mencolok antara pH air dan pH sedimen, dimana pH sedimen sedikit lebih asam. Kenaikan pH sedimen dapat menurunkan kelarutan logam dalam air karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar,1994). Peningkatan toksisitas logam terjadi pada pH rendah, semakin rendah nilai pH sedimen maka semakin tinggi logam berat dan sebaliknya semakin tinggi nilai pH maka semakin rendah konsentrasi logam berat di perairan tersebut (Yuliati, 2005). Selain itu, pH sedimen juga termasuk faktor- faktor yang mempengaruhi laju absorpsi logam di perairan (Darmono, 1995).

Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) dalam Air dan Sedimen

Pada **Gambar 4.a**, menunjukkan konsentrasi Pb dalam air yang terukur berkisar 0,0006 ppm - 0,0869 ppm. Konsentrasi rata-rata Pb sebesar 0,0391 ppm. Konsentrasi tertinggi Pb terdapat pada Titik 4 yaitu 0,0869 ppm yang merupakan salah satu efluen TPA Sarimukti, sedangkan konsentrasi terendah terletak pada Titik 10 yaitu 0,0006 ppm. Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan efluen air lindi TPA Sarimukti meningkatkan konsentrasi Pb dalam badan air dari Titik 3 ke Titik 4. Baku mutu PP No. 82 tahun 2001 untuk timbal pada sumber air kelas tiga adalah 0,03 ppm sehingga Titik 4, Titik 6, Titik 7, dan Titik 9 melewati baku mutu; sedangkan Titik 3, Titik 10, dan Titik 12 memenuhi baku mutu. Dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak pengambilan terhadap outlet lindi maka konsentrasi timbal akan berkurang akibat pengenceran Sungai Cipanauwan dan Sungai Cipcung.



Gambar 4. Profil konsentrasi Pb dalam Air (a) ; Sedimen (b)

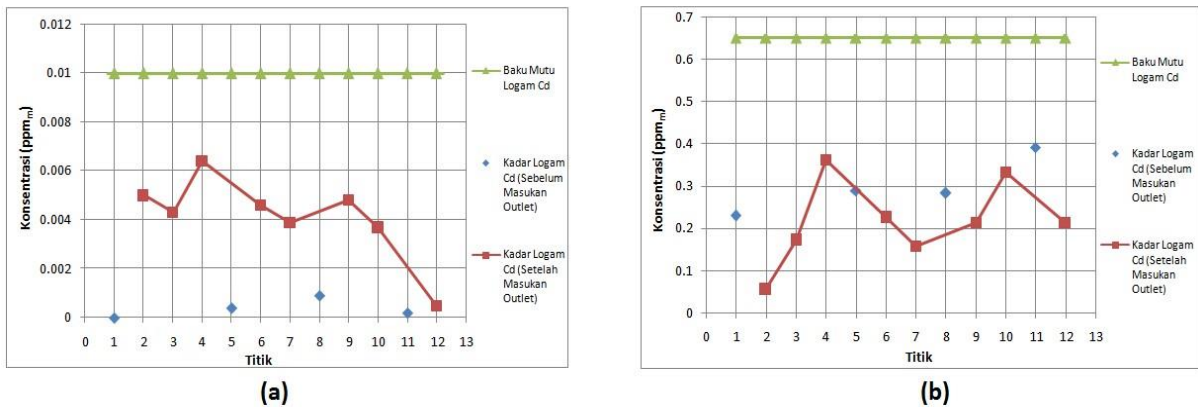
Berdasarkan **Gambar 4.b**, konsentrasi Pb dalam sedimen berada pada kisaran 0,10 ppm sampai 5,26 ppm dengan rata-rata 2,47 ppm. Titik 12 memiliki konsentrasi yang paling tinggi (5,26 ppm) dan konsentrasi yang paling rendah dimiliki oleh Titik 8 (0,10 ppm).

Peningkatan konsentrasi Pb terjadi pada Titik 12, hal ini disebabkan karena logam berat yang tidak larut terbawa di dalam air dan mengalami proses pengenceran yang berada di kolom air akan turun ke dasar dan mengendap dalam sedimen. Selain itu, Timbal dapat membentuk senyawa $PbCO_3$ yang akan mengendap pada $pH > 6$ (Evanko & Dzomback, 1997). Secara umum, distribusi merata dan tidak mengalami peningkatan secara signifikan. Konsentrasi Pb pada sedimen tidak melebihi baku mutu sebesar 47,82 ppm (US-EPA, 2004)

Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) dalam Air dan Sedimen

Pada **Gambar 5.a**, menunjukkan konsentrasi Cd yang terukur berkisar di bawah 0,01 ppm (di bawah nilai minimum terdeteksi) - 0,0064 ppm. Konsentrasi rata-rata Cd sebesar 0,0029 ppm.

Konsentrasi Cd tertinggi sebesar 0,0064 ppm terletak pada Titik 4, sedangkan logam berat Cd tidak terdeteksi pada Titik 1. Keberadaan logam berat Cd di perairan sangat dipengaruhi oleh aktivitas dari TPA Sarimukti. Pola persebaran logam berat Cd dalam air secara umum menurun, hal ini disebabkan semakin menjauh dengan sumber pencemaran. Sebagian besar dari logam berat telah mengendap pada saat perjalanan (Hutagalung *et al.*, 2002). Di samping itu kecepatan arus sungai juga mempengaruhi sebaran konsentrasi Pb dan Cd (Sanusi *et al.*, 2005). Hal ini ditunjukkan dengan besarnya debit pada Titik 10, Titik 11, dan Titik 12 yang mempengaruhi penurunan konsentrasi Cd di perairan. Berdasarkan PP No. 82 tahun 2001, konsentrasi Cd dalam perairan kelas III adalah 0,01 ppm. Dapat disimpulkan bahwa semua titik pengambilan sampel air tersebut memenuhi baku mutu yang ditetapkan.



Gambar 5. Profil konsentrasi Cd dalam Air(a) ; Sedimen(b)

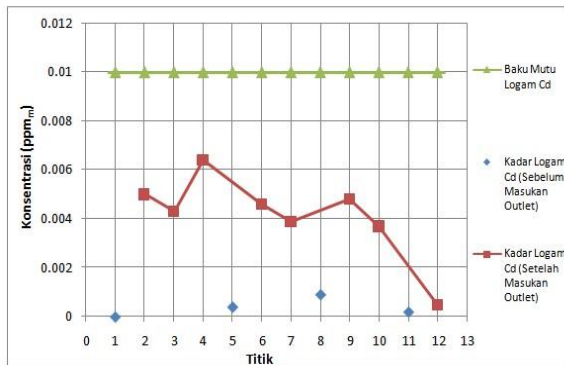
Berdasarkan **Gambar 5.b**, diperoleh hasil bahwa konsentrasi logam kadmium dalam sedimen berkisar antara 0,06-0,39 ppm. Konsentrasi logam kadmium tertinggi terdapat pada Titik 11. Sedangkan konsentrasi kadmium terendah terdapat pada Titik 2 yang merupakan efluen TPA. Berdasarkan pengamatan di lapangan, hasil sampel yang di dapat pada Titik 2 lebih dominan berkerikil sedangkan pada Titik 11 lebih dominan berlumpur, karena menurut Fitriadi (2008) bahwa konsentrasi logam berat lebih tinggi terdapat pada sedimen berlumpur dan tanah liat daripada konsentrasi logam berat yang terdapat pada substrat berpasir, karena fraksi halus memiliki memang cenderung memiliki permukaan yang lebih luas yang berguna dalam penyerapan logam berat.

Titik 11 memiliki konsentrasi tertinggi disebabkan tata guna lahan dan aktivitas di manusia yang berkontribusi memberikan limbah. Peningkatan konsentrasi logam di sedimen juga berkaitan dengan sifat logam tersebut yang mudah terendap membentuk sedimen serta bersifat kumulatif (Rahman, 2006). Secara umum, konsentrasi logam berat Cd di dalam sedimen lebih tinggi dibanding di dalam air.

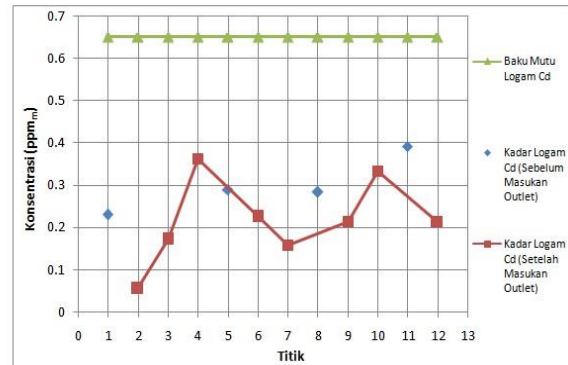
Konsentrasi Logam Berat Tembaga (Cu) dalam Air dan Sedimen

Pada **Gambar 6.a**, terlihat bahwa konsentrasi logam berat tembaga yang terdapat di air pada saat pengambilan sampel berkisar antara 0,0001 ppm - 0,0511 ppm dengan rata-rata 0,0233 ppm. Titik 2 memiliki nilai konsentrasi Cu yang paling tinggi, yaitu sebesar 0,0511 ppm, sedangkan Titik 1 memiliki nilai konsentrasi Cu yang paling rendah, yaitu 0,0001 ppm.

Tingginya konsentrasi tembaga tersebut berasal dari sampah kota yang kemudian terbawa dalam air lindi TPA Sarimukti. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan TPA Sarimukti meningkatkan konsentrasi logam Cu di perairan. Berdasarkan data yang diperoleh, menunjukkan bahwa logam berat Cu mengalami tren menurun, hal ini disebabkan adanya pengenceran dengan Sungai yang belum mendapat masukan efluen lindi TPA dan semakin menjauhnya jarak dari lokasi pencemaran. Berdasarkan PP No. 82 tahun 2001, baku mutu tembaga untuk sumber air kelas III adalah 0,02 ppm. Berdasarkan peraturan tersebut, Titik 2, Titik 3, Titik 4, Titik 6, Titik 7, Titik 9, Titik 10, dan Titik 12 telah melewati baku mutu; sedangkan Titik 1, Titik 5, Titik 8, dan Titik 11 memenuhi baku mutu, hal ini disebabkan karena belum mendapat masukan efluen air lindi TPA Sarimukti.



(a)



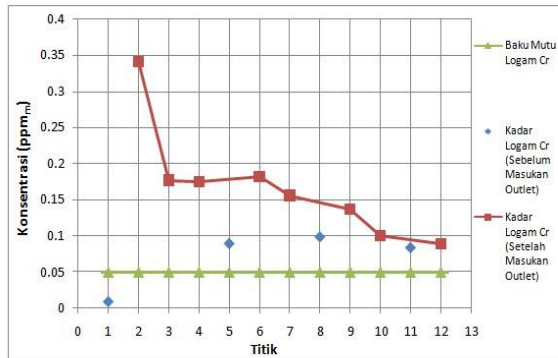
(b)

Gambar 6. Profil konsentrasi Cu dalam Air (a) ; Sedimen (b)

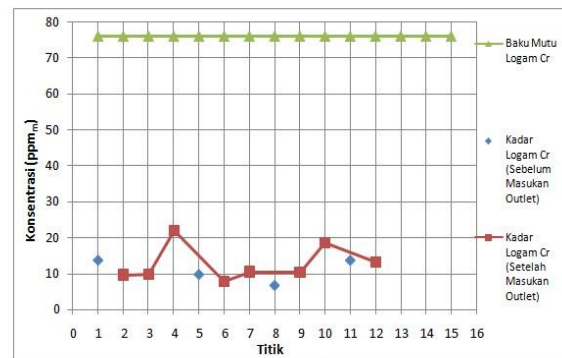
Berdasarkan **Gambar 6.b**, konsentrasi Cu dalam sedimen berada pada kisaran 7,31 ppm sampai 24,99 ppm dengan rata-rata 18,37 ppm. Titik 11 memiliki konsentrasi yang paling tinggi (24,99 ppm) dan konsentrasi yang paling rendah dimiliki oleh Titik 8 (7,31 ppm). Hal ini disebabkan, kondisi sedimen pada Titik 11 tersebut yang berupa lumpur, dimana lumpur tersebut mempunyai pori-pori yang cukup kecil, daya adsorbsinya cukup tinggi, sehingga konsentrasi logam berat yang didapat cukup tinggi. Persebaran konsentrasi Cu di sedimen cukup merata dan tidak ada perubahan signifikan karena keberadaan TPA. Secara umum, konsentrasi Cu dalam sedimen memenuhi baku mutu sebesar 49,98 ppm (US-EPA, 2004).

Konsentrasi Logam Berat Kromium (Cr) dalam Air dan Sedimen

Dari **Gambar 7.a**, kisaran konsentrasi kromium dalam air adalah 0,0837 ppm hingga 0,3408 ppm dengan rata-rata 0,1438 ppm.



(a)



(b)

Gambar 7. Profil konsentrasi Cr dalam air (a) dan sedimen (b)

Konsentrasi Cr tertinggi dimiliki oleh Titik 2, yang merupakan efluen TPA Sarimukti. Sedangkan konsentrasi terendah Cr terdapat pada Titik 11 yang merupakan Hulu Sungai Cimeta. Dari **Gambar 7.a**, dapat dilihat bahwa konsentrasi kromium menurun secara signifikan pada Titik 3. Hal ini disebabkan karena ada proses pengenceran dengan badan air Sungai Ciganas. Walaupun konsentrasi Cr dalam air semakin menurun, apabila dibandingkan dengan logam berat lainnya, logam Cr memiliki konsentrasi lebih tinggi. Hal ini disebabkan, dalam kondisi teraerasi ini kromium trivalen (Cr^{3+}) yang terdapat dalam lumpur dapat teroksidasi menjadi kromium heksavalen (Cr^{6+}) yang larut dalam air (U.S EPA, 2004).

Menurut Masscheleyn *et al.*, (1991) di dalam Allen *et al.*, (1998), bahwa oksigen terlarut dapat mengoksidasi Cr (III) yang sukar larut dalam air menjadi Cr (VI) yang terlarut dalam air, namun, reaksi oksidasi ini berlangsung lambat dalam temperatur normal lingkungan perairan. Menurut PP No. 82 tahun 2001 tentang baku mutu Cr untuk sumber air kelas III adalah 0,05 ppm, menyebabkan semua titik lokasi pengambilan air tersebut tidak memenuhi baku mutu tersebut.

Berdasarkan **Gambar 7.b**, konsentrasi Cr pada sedimen berkisar antara 6,63 ppm (Titik 4) hingga 21,88 (Titik 8) dengan rata-rata 12,09 ppm. Secara umum, distribusi logam Cr dalam sedimen merata, tidak ada peningkatan maupun penurunan yang signifikan. Tinggi konsentrasi kromium pada Titik 4, disebabkan kondisi aliran dari efluen yang tidak deras dan kondisi sedimen yang berlumpur yang dapat menyerap logam berat Cr lebih besar. Baku mutu sedimen untuk logam Cr adalah sebesar 76,00 ppm (US-EPA, 2004) sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh konsentrasi logam Cr pada seluruh titik pengambilan sampel memenuhi baku mutu tersebut.

Perbandingan Konsentrasi Logam Berat dalam Air dan Sedimen

Apabila dibandingkan konsentrasi logam berat dalam air dengan sedimen menunjukkan bahwa seluruh konsentrasi logam berat pada sedimen jauh lebih tinggi dibandingkan pada air. Logam berat yang semula terlarut dalam air sungai diadsorpsi oleh partikel halus dan oleh aliran air sungai dibawa ke muara. Air sungai bertemu dengan arus di muara sungai, sehingga partikel halus tersebut mengendap di muara sungai sehingga menyebabkan konsentrasi logam berat dalam sedimen lebih tinggi. Pada umumnya muara sungai mengalami proses sedimentasi, dimana logam yang sukar larut mengalami proses pengenceran yang berada di air berangsur-angsur akan turun ke dasar dan mengendap dalam sedimen (Facetti *et al.*, 1998).

Presipitasi Pb, Cd, Cu, dan Cd dapat disebabkan oleh pH basa sehingga terbentuk hidroksida, oksida, dan karbonat yang tidak larut. Logam berat Pb, Cd, Cu, dan Cd dapat juga berinteraksi dengan materi organik dalam fasa larut dan kemudian mengendap, sehingga menimbulkan konsentrasi yang tinggi di sedimen (Begum *et al.*, 2009b). Apabila kecepatan air rendah, sedimen semakin mudah terdeposit dalam sedimen, terutama pada *clay* dan *silt* (Johnson *et al.*, 2005). Apabila ditinjau secara keseluruhan, konsentrasi logam berat dalam sedimen tersebut memenuhi baku mutu USEPA (2004). Namun demikian, logam berat tersebut dapat terakumulasi dalam sedimen badan air sehingga konsentrasinya akan terus meningkat (Begum *et al.*, 2009a).

Sementara pada air, logam berat cenderung mengikuti aliran air dan pengenceran ketika ada air masuk, seperti air hujan mengakibatkan menurunnya konsentrasi logam berat pada air. Konsentrasi logam berat pada air akan turut mempengaruhi konsentrasi logam berat yang ada pada sedimen. Kecenderungan peningkatan konsentrasi logam berat di sedimen diakibatkan oleh tingginya konsentrasi logam berat tersebut di air. Selain itu, terdapat parameter-parameter lain yang berpengaruh dalam kesetimbangan reaksi di sistem perairan, seperti pH, konsentrasi logam dan types senyawanya, kondisi reduksi-oksidasi perairan, dan bilangan oksidasi dari logam tersebut (Singh *et al.*, 2005).

KESIMPULAN

Urutan konsentrasi logam berat dalam air dari yang terbesar ke terkecil adalah Cr > Pb > Cu > Cd, sedangkan urutan konsentrasi logam berat dalam sedimen dari yang terbesar ke terkecil adalah Cr > Cu > Pb > Cd. Secara umum, konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cu, dan Cr tersebut dari sumber pencemar TPA Sarimukti ke hilir Sungai Cimeta cenderung mengalami penurunan, konsentrasi pencemar tersebut menurun setelah mengalami pengenceran oleh hulu sungai yang tidak menerima efluen TPA Sarimukti. Dari data yang diperoleh dapat

disimpulkan konsentrasi logam berat pada sedimen cenderung lebih besar daripada konsentrasi logam berat pada air.

Keberadaan TPA yang mengeluarkan lindi ke badan air menyebabkan peningkatan logam berat sehingga pada logam berat Pb, Cu, dan Cr melewati baku mutu Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001. Sedangkan pada sedimen logam berat Pb, Cu, Cd, dan Cr tidak melewati baku mutu yang ditetapkan oleh USEPA (2004).

Daftar Pustaka

- Allen, H. E., Garrison, A., Luther, dan George, W. (1997). *Metals in Surface Water*. Ann Arbor Press. Michigan
- Andarani, Pertiwi. (2009). *Profil Pencemaran Logam Berat (Cu, Cr, Zn, dan Hg) dalam Air Permukaan di Sekitar Industri Tekstil (Studi Kasus : Sungai Cikijing, Rancaekek)*. Tugas Akhir S-1. Program Studi teknik Lingkungan, FTSL, ITB. Bandung.
- APHA. (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 20th Edition*, APHA, American Public Health Association.
- Begum, A., Krishna, H., Irfanulla, K., (2009a), *Analysis of Heavy metals in Water, Sediments and Fish samples of Madivala Lakes of Bangalore, Karnataka*. International Journal of ChemTech Research, Vol.1, No.2: 245-249.
- Begum, A., Ramaiah, M., Harikrishna, Irfanulla, K. dan Veena, K. (2009b). *Heavy Metal Pollution and Chemical Profile of Cauvery River Water*, E-Journal of Chemistry, Vol 6(1): 47-52
- Candrianto. (2001). *Analisis Beberapa Logam Berat Pada Air Sumur Penduduk di TPA Air Dingin Padang*. Tesis S2. Universitas Negeri Padang. Padang.
- Darmono. (1995). *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI Press. Jakarta.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air. Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Evanko, C.R. dan Dzombak, (1997). *Remediation of Metals-Contaminated Soil and Groundwater*, Ground-water Remediation Technologies Analysis Center. Departmen of Civil and Environmental Engineering. Carnegie Mellon University, Pittsburg.
- Facetti, J. Dekov, V. M. and Grieken, R. V. (1998). *Journal Science of the Total Environment*, vol. 209: 79–86.
- Fitriadi, S. (2008). *Kandungan Logam Berat (Cd, Cu dan Zn) pada Fraksi Sedimen yang Berbeda di Perairan Dumai, Provinsi Riau*. Skripsi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau. Pekanbaru
- Health Research Board. (2003). *Health and Environmental Effects of Landfilling and Incineration of Waste*, A Literature Review, Health Research Board, Dublin