

**KONSENTRASI LOGAM BERAT Pb, Cu dan Zn PADA AIR DAN SEDIMEN
PERMUKAAN EKOSISTEM MANGROVE DI MUARA SUNGAI PORONG,
SIDOARJO, JAWA TIMUR**

*Concentration of heavy metal Pb, Cu and Zn in the water and surface sediments of mangrove ecosystem
in Porong river estuary, Sidoarjo, East Java*

Oleh

Ledhyane Ika Harlyan¹ dan Syarifah Hikmah Julinda Sari²✉

¹Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya

²Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya
✉syarifahsari@ub.ac.id

Diterima (15 Desember 2014) dan disetujui (10 Maret 2015)

ABSTRACT

Porong River Estuary is potentially assumed to be contaminated of heavy metals Pb, Cu and Zn from anthropogenic and industrial activities in Sidoarjo, East Java. This study aimed to analyze the difference of heavy metal contaminations (Pb, Cu and Zn) in water and sediment of mangrove ecosystem located in Porong River Estuaries in September 2014. The location of sampling was selected by purposive sampling method considering the river parts: (1) upstream, (2) downstream and (3) open sea. Analysis of heavy metal contaminations (Pb, Cu and Zn) were performed by using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The average concentration of Pb, Cu and Zn in water were <0.0044, 0.0226 dan 0.3555 mg/kg, respectively. While those of Pb, Cu and Zn in sediments were 0.0648, 0.3543 and 0.5653 mg/kg, respectively. It showed significance different of Pb and Cu concentration in water and sediments. On the other hand, there was no difference of Zn concentration between those medium.

Keywords: Porong River, mangrove, Pb, Cu, Zn, sediments, water.

ABSTRAK

Sebagai tempat aliran akhir dari Sungai Porong, wilayah Muara Sungai Porong diduga berpotensi mengandung logam berat Pb, Cu dan Zn yang berasal dari aktivitas antropogenik dan industri di sekitar Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan konsentrasi logam berat Pb, Cu dan Zn di air dan sedimen pada ekosistem mangrove yang terletak di muara Sungai Porong pada September 2014. Stasiun penelitian dipilih secara metode sampling purposif dengan mempertimbangkan jarak sesuai aliran sungai yaitu pada bagian hulu Sungai Porong (stasiun 1), muara Sungai Porong (stasiun 2) dan bagian depan dari muara sungai porong/mendekati laut lepas (stasiun 3). Analisis logam berat terlarut Pb, Cu dan Zn total dilakukan dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Kandungan Pb, Cu dan Zn rata-rata di air adalah <0,0044, 0,0226 dan 0,3555 mg/L. Kandungan Pb, Cu dan Zn rata-rata di sedimen permukaan adalah 0,0648, 0,3543 dan 0,5653 mg/kg. Konsentrasi logam berat Pb dan Cu menunjukkan perbedaan yang signifikan antara konsentrasinya di air dengan sedimen permukaan, sebaliknya kandungan Zn di air dan sedimen tidak dapat dibedakan secara signifikan.

Kata kunci: Sungai Porong, mangrove, Pb, Cu, Zn, sedimen, air

I. PENDAHULUAN

Kawasan industri yang berada di sekitar Kabupaten Sidoarjo dapat memunculkan beberapa dampak negatif. Industri yang menggunakan logam berat dalam proses produksinya berpotensi menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat, yang terbawa ke aliran sungai atau udara ke laut dan kelak menurunkan kualitas lingkungan laut disekitarnya. Selain itu, tragedi lumpur lapindo juga diindikasikan dapat menurunkan kondisi lingkungan muara sungai Porong karena secara tidak langsung karena merupakan tempat aliran pembuangan lumpur lapindo. Oleh karena itu, sejumlah logam berat ditemukan pada sepanjang Sungai Porong dan daerah muaranya. Parawita et al., (2009) menemukan rata-rata kandungan Pb di perairan Muara Sungai Porong 0,126 mg/L. Angka ini jauh melebihi baku mutu untuk kualitas air laut yang disyaratkan Pemerintah dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no. 51 Tahun 2004. Kandungan logam berat Cd dan Zn juga ditemukan di perairan Muara Sungai Porong dengan konsentrasi melebihi baku mutu (Handika, 2013; Rachmawatie, et al., 2009).

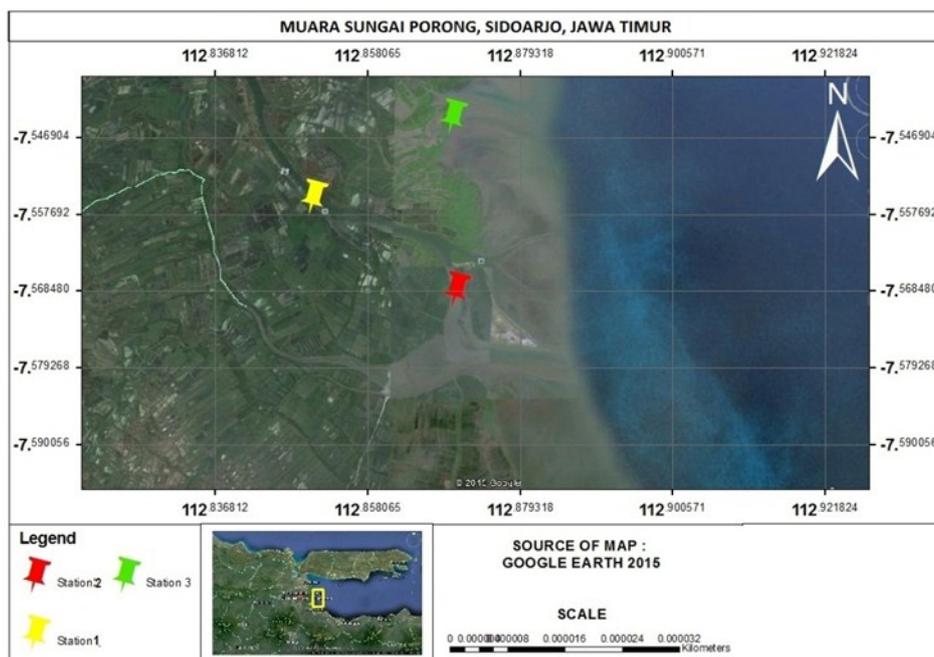
Pada muara sungai, terjadi pertemuan antara perairan laut dan darat sehingga konsentrasi logam berat di wilayah tersebut akan cenderung berubah-ubah. Tinggi rendahnya konsentrasi logam berat ditentukan oleh beban masukan limbah tersebut ke perairan. Semakin besar limbah masuk ke dalam suatu perairan, semakin besar konsentrasi logam berat di perairan (Sarjono, 2009).

Logam berat yang masuk ke perairan muara akan tersebar dan sebagian lagi akan terikat pada partikel tersuspensi dan akan mengendap ke dasar perairan. Proses sedimentasi logam berat menyebabkan logam berat akan terakumulasi di dalam sedimen sehingga akan menimbulkan dampak ekologis yang membahayakan lingkungan dan organisme benthik pada khususnya (Clark, 1986). Dengan konsentrasi yang tinggi, keberadaan logam berat akan meningkatkan daya toksisitas, persistensi dan bioakumulasi di lingkungan air maupun sedimen (Lindsey et al., 2004). Peningkatan kadar logam berat di air dan sedimen akan mengakibatkan logam berat golongan esensial (Cu dan Pb) yang semula dibutuhkan oleh organisme untuk metabolisme menjadi toksik.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan konsentrasi logam berat terlarut Pb dan Cu yang terdapat di permukaan air dan sedimen pada ekosistem mangrove Muara Sungai Porong. Logam berat Pb, Cu dan Zn dipilih karena mewakili keberadaan logam berat esensial (Cu dan Zn) dan logam berat Pb (Non Esensial). Penelitian ini diharapkan dapat menjadi usaha monitoring terhadap kualitas perairan di Muara Sungai Porong.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada Muara Sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur bulan September 2014. Stasiun penelitian dipilih secara purposive method dengan mempertimbangkan jarak sesuai aliran sungai yaitu pada *downstream* Sungai Porong (stasiun 1), Muara Sungai Porong (stasiun 2) dan bagian depan dari Muara Sungai Porong/mendekati laut lepas (stasiun 3). Adapun letak geografis ketiga stasiun adalah 07° 34' 02,3" S dan 112° 52' 14,8" E (stasiun 1), 07° 33' 42,4" S dan 112° 51' 40,6" E (stasiun 2) dan 07° 32' 18,8" S dan 112° 52' 18,7" E. Lokasi pengambilan sampel air dan sedimen permukaan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Stasiun Pengambilan Sampel di Muara Sungai Porong

Sampel air di permukaan (± 10 cm) untuk keperluan uji laboratorium diambil dengan menggunakan Van Dorn water sampler, kemudian air sampel dimasukkan ke dalam 1 L botol polietilen yang sudah direndam oleh HNO_3 2.5 N dan dibilas dengan akuades. Sampel sedimen diambil dengan menggunakan pipa PVC sebanyak 250 g. Selanjutnya, sampel dimasukkan ke dalam plastik sampel, diletakkan di cool box dan siap untuk dibawa ke laboratorium. Sampel air dan sedimen permukaan diambil dengan dua kali pengulangan pada setiap stasiun.

Analisis logam berat terlarut Pb, Cu dan Zn total dilakukan dengan metode US EPA-311B untuk pengukuran di air dan metode US EPA 3050B untuk pengukuran di sedimen. Pengukuran tersebut dilaksanakan pada Laboratorium Kualitas Air Jasa Tira dengan menggunakan Shimadzu AA-6800 *Flame Atomic Absorption Spectrophotometer* (FAAS). Pengukuran insitu dilakukan dengan menggunakan thermometer untuk suhu, refraktometer untuk salinitas, DO meter untuk mengukur kandungan oksigen terlarut (DO) dan pH meter untuk mengukur pH. Analisis ANOVA digunakan untuk melihat apakah terdapat perbedaan rata-rata konsentrasi logam berat Pb, Cu dan Zn terlarut pada air dan sedimen permukaan dan pada setiap stasiun percobaan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Fisika dan Kimia Perairan

Parameter fisika dan kimia perairan yang diukur pada penelitian ini adalah DO, suhu, pH dan Salinitas. Hasil pengukuran disajikan pada Tabel 1. Secara umum, konsentrasi DO di perairan muara sungai porong berkisar antara 8,3-8,9 mg/L. Nilai tersebut tergolong tinggi jika dibandingkan dengan baku mutu kualitas air laut. Perbedaan DO pada setiap stasiun dapat dipengaruhi oleh faktor lokasi pengukuran, musim, waktu pengukuran, suhu, dan kondisi pasang surut. Faktor lain yang mempengaruhi DO yaitu dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan organik (Hadinaftah, 2009).

Nilai suhu di perairan Muara Porong jatuh pada kisaran 30,3-33,3⁰C dengan rata-rata 31,5⁰C. Perbedaan suhu dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti musim, lintang, penutupan awan, waktu, sirkulasi udara dan ketinggian permukaan laut. Faktor lain yang mempengaruhi yaitu curah hujan, kelembaban, intensitas matahari dan penguapan (Sanusi dan Sugeng, 2009).

Salinitas di perairan muara sungai porong ditemukan dengan kisaran 24,83-31‰. Salinitas terendah ditemukan di Stasiun 1, sedangkan salinitas tertinggi terdapat pada Stasiun 2. Permana (2006) menyatakan terjadi peningkatan penyebaran salinitas dari muara ke arah laut.

Derajat Keasaman (pH) rata-rata di muara sungai porong adalah 7,83. pH tertinggi terdapat pada stasiun 3, sedangkan pH terendah pada Stasiun 2. Menurut Susana (2009), kenaikan nilai pH pada daerah yang mengarah ke laut disebabkan adanya pencampuran air tawar bersalinitas rendah dengan air laut bersalinitas tinggi.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Fisika-Kimia di Muara Sungai Porong

Stasiun	DO (mg/L)	Suhu (⁰ C)	pH	Salinitas (‰)
1	8,3	30,3	7,83	24,83
2	8,9	31	7,5	31
3	8,4	33,3	8,17	30,83
Rata-rata	8,53	31,5	7,83	28,89
Baku Mutu	>4	Alami	6,5-8,5	Alami

Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Air

Hasil pengukuran logam berat terlarut untuk Pb, Cu dan Zn total di Muara Sungai Porong dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil pengukuran logam berat Pb di perairan Muara Sungai Porong adalah <0,0044 mg/L untuk semua stasiun penelitian. Konsentrasi Pb di air permukaan Muara Sungai Porong sangat kecil sekali sehingga tidak dapat dideteksi oleh Shimadzu AA 6800 Flame Atomic Absorption Spectrophotometer yang memiliki Method Detection Limit 0,0044 mg/L. Penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni, *et al.* (2013) menemukan kandungan Pb terlarut dengan kisaran 0,0001-0,0926 mg/L di Kabupaten Bangka Tengah. Tingginya nilai Pb terlarut pada penelitian ini dikarena terdapat kegiatan pertambangan di sekitar wilayah penelitian.

Tabel 2. Konsentrasi logam berat terlarut Pb, Cu dan Zn total (mg/L) di muara sungai

Logam Berat	Satuan	Stasiun			rata-rata
		1	2	3	
Pb	mg/L	<0,0044	<0,0044	<0,0044	<0,0044
Cu	mg/L	<0,0209	<0,0209	0,02595	0,0226
Zn	mg/L	0,8800	0,1250	0,0615	0,3555

Logam berat Cu di perairan muara sungai porong ditemukan dengan konsentrasi rata-rata 0,0226 mg/L. Nilai tersebut sudah berada di atas nilai ambang batas yang dipersyaratkan oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 51 Tahun 2004 Lampiran 3 tentang kualitas air laut untuk biota laut. Konsentrasi tertinggi ditemukan pada Stasiun 3, sedangkan pada Stasiun 1 dan 2 tidak terdeteksi. Konsentrasi logam berat Cu di Stasiun 3 perairan muara sungai porong sudah melebihi

nilai ambang batas yang telah ditetapkan pemerintah (0,008 mg/L). Konsentrasi Cu terlarut di Muara Sungai Porong lebih tinggi duapuluh kali lipat dibandingkan konsentrasi Cu terlarut di Muara Sungai Membramo, Papua sebesar 0,0011 mg/L (Tarigan, 2003).

Konsentrasi rata-rata logam berat terlarut Zn di perairan Muara Sungai Porong adalah 0,3555 mg/l. Konsentrasi Zn tertinggi ditemukan pada stasiun 1 pada bagian muara sungai porong. Konsentrasi ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan baku mutu yang dipersyaratkan pemerintah yaitu sebesar 0,05 mg/L. Konsentrasi Zn di perairan Muara Sungai Porong jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi Zn di perairan Teluk Kelabat, Pulau Bangka tahun 2006 sebesar 1-4 µg/L (Arifin, 2011). Konsentrasi Zn di estuari Banjir Kanal Barat Semarang juga menunjukkan nilai yang lebih kecil (0,002-0,01 mg/L) dibandingkan dengan konsentrasi Zn di perairan muara Sungai Porong (Maslukah, 2007). Kandungan logam berat terlarut pada suatu perairan sangat dipengaruhi oleh kondisi perairan tersebut. Aktivitas antropogenik yang tinggi pada darat dan laut akan menyebabkan semakin tinggi kandungan logam berat di dalam air laut (Amin. *et al.*, 2011). Konsentrasi Zn menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi Pb dan Cu yang terlarut di dalam air (Zn>Cu>Pb). Hal ini mengindikasikan sumber pemasukan substansi yang mengandung Zn lebih tinggi dibandingkan logam berat lainnya. Zn banyak diaplikasikan di bidang industri karena sifatnya yang mempunyai daya energi yang baik, bisa di daur ulang dan tidak meninggalkan emisi (Rompas, 2010). Beberapa industri yang menggunakan Zn dalam produksinya seperti industri elektronik dan elektroplating berlokasi di sekitar Sungai Porong yang berpotensi menghasilkan limbah logam berat Zn.

Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Sedimen

Kandungan logam berat Pb, Cu dan Zn di dalam sedimen pada ekosistem Mangrove di Muara Sungai Porong disajikan pada Tabel 2. Kandungan Pb total di dalam sedimen pada ekosistem Mangrove di Muara Sungai Porong ditemukan berkisar 0,0585 – 0,0683 mg/kg dengan rata-rata sebesar 0,0648 mg/kg. Konsentrasi tertinggi ditemukan pada stasiun 1 (Muara), sedangkan terendah pada stasiun 3 (Depan muara). Kandungan Pb di dalam sedimen Estuari Sungai Porong masih tergolong berada di bawah baku mutu kualitas sedimen menurut CCME (*Canadian Council of Minister of The Environment*) sebesar 30,2 mg/kg. Sebaliknya, konsentrasi Pb di Estuari Way Kuala, Bandar Lampung pada tahun 2010 dilaporkan sebesar 188,38 mg/kg sehingga nilai tersebut jauh melebihi baku mutu kualitas sedimen menurut US EPA yaitu sebesar 161,06 mg/kg (Hidayat, 2011). Konsentrasi rata-rata Pb pada sedimen di Teluk Kelabat, Pulau Bangka yang ditemukan oleh Arifin (2011) jauh lebih rendah yaitu sebesar 11,46 mg/kg jika dibandingkan dengan konsentrasi Pb di Estuari Way Kuala, namun masih tetap jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi Pb di Muara Sungai Porong.

Tabel 2. Konsentrasi logam berat Pb, Cu dan Zn total (mg/kg) pada sedimen di Muara Sungai Porong

Logam Berat	Satuan	Stasiun			rata-rata
		1	2	3	
Pb	mg/kg	0,0683	0,0675	0,0585	0,0648
Cu	mg/kg	0,3570	0,3723	0,3338	0,3543
Zn	mg/kg	0,5743	0,5995	0,5223	0,5653

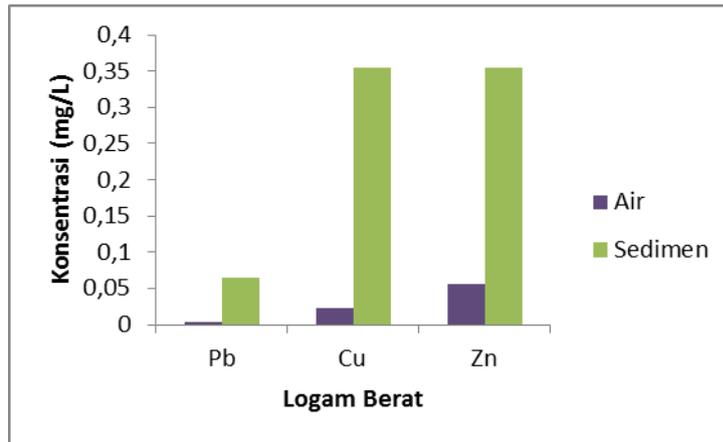
Kandungan rata-rata Cu pada sedimen Muara Sungai Porong adalah 0,3543 mg/L, sedangkan kandungan rata-rata Zn pada lokasi yang sama adalah 0,5653 mg/kg. Pada stasiun 2 (bagian depan muara) terdapat Cu dan Zn tertinggi, sebaliknya pada stasiun 3 (downstream Sungai Porong) kandungan Cu dan Zn di dalam sedimen paling rendah dibandingkan stasiun lainnya. Tingginya konsentrasi logam berat di wilayah bagian depan muara sungai disebabkan adanya akumulasi buangan yang mengandung logam berat dari dengan aktivitas yang ada di kawasan daratan seperti industri, pelabuhan/perkapalan dan limbah domestik yang terbawa oleh aliran air sungai (Arifin dan Fadlina, 2009). Berdasarkan standar baku mutu kualitas sedimen Kanada (CCME), konsentrasi Cu pada sedimen permukaan di Muara Sungai Porong masih dalam batas normal yaitu di bawah 18,7 mg/kg. Konsentrasi Cu pada sedimen di Teluk Jakarta tahun 2004 ditemukan sebesar 4,8-76,8 mg/kg (Susianingsih, 2005). Selanjutnya, Arifin (2008) melaporkan konsentrasi Cu pada sedimen Delta Berau dengan kisaran 1,58-34,1 mg/kg. Kedua nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan konsentrasi Cu pada sedimen Muara Sungai Porong pada tahun 2014.

Konsentrasi Zn pada sedimen mangrove di Muara Sungai Porong pada tahun 2014 berkisar antara 0,5223-0,5995 mg/kg dengan rata-rata konsentrasi sebesar 0,5653 mg/kg. Nilai tersebut relatif sama pada setiap stasiun penelitian. Nilai tersebut jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan kandungan Zn pada sedimen Muara Sungai Badung, Bali tahun 2013 sebesar 50,83 mg/kg (Puspasari *et al.*, 2014). Secara umum, kandungan Zn pada sedimen ditemukan paling tinggi dibandingkan Cu dan Pb ($Zn > Cu > Pb$). Urutan ini sama dengan kandungan logam berat yang ditemukan di sedimen pada daerah estuari Bengal Bagian Barat, India. Kandungan logam berat pada sedimen permukaan selalu berubah tergantung pada masukan material tersuspensi. Dengan kata lain, konsentrasi logam berat pada sedimen permukaan akan berubah-ubah tergantung derajat kontaminasinya terhadap wilayah tersebut (Chakraborty *et al.*, 2009).

Perbandingan Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu dan Zn di Sedimen dan Air

Berdasarkan Gambar 1, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi rata-rata pada ketiga stasiun untuk logam berat Pb, Cu, dan Zn di sedimen permukaan lebih tinggi daripada konsentrasinya di perairan. Masuknya logam berat ke dalam kolom air dapat berinteraksi dengan bahan organik bebas atau partikel tersuspensi dan tersedimentasi ke dasar perairan. Perpindahan logam berat dari kolom air ke dalam lapisan sedimen sangat dipengaruhi oleh keberadaan anion karbonat, hidrosil dan klorida. Proses sedimentasi logam berat yang terjadi secara terus menerus sehingga akan terakumulasi di sedimen. Hal ini membuat konsentrasi logam berat ditemukan lebih tinggi di sedimen dibandingkan pada kolom perairan (Hutagalung, 1994)

Hasil statistik yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan perbedaan yang signifikan antara konsentrasi logam berat di air dan sedimen permukaan (media) pada logam berat Cu dan Pb. Namun, konsentrasi logam berat Zn tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kandungannya di air dengan sedimen. Logam berat dengan konsentrasi tertinggi baik pada sedimen permukaan maupun pada air ditemukan pada logam berat Zn, diikuti oleh Cu dan Pb. Hal tersebut diduga karena logam berat Pb dan Cu memiliki daya larut yang rendah di dalam air. Sifat Zn yang mudah terabsorpsi oleh partikel tersuspensi sehingga mengalami sedimentasi menyebabkan Zn ditemukan tinggi di sedimen dibandingkan logam berat lain (Hamzah dan Setiawan, 2010).



Gambar 1. Perbandingan rata-rata konsentrasi logam berat Pb, Cu dan Zn pada air dan sedimen permukaan Muara Sungai Porong

Hasil statistik dengan menggunakan ANOVA untuk melihat apakah terdapat perbedaan yang signifikan pada setiap stasiun terhadap konsentrasi logam berat Pb, Cu dan Zn di air dan sedimen (media) juga disajikan pada Tabel 3. Konsentrasi rata-rata logam berat Pb, Cu dan Zn di air dan sedimen permukaan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada setiap stasiunnya. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rochyatun, et al. (2006) yang mengukur konsentrasi logam berat pada stasiun yang dekat dengan muara Sungai Cisadane hingga stasiun yang jauh dari muara Sungai Cisadane. Penelitian tersebut mengungkapkan bahwa kandungan logam berat (Pb, Cu, Zn dan Cd) menunjukkan distribusi yang seragam di sepanjang muara Sungai Cisadane. Aliran air pada sungai akan membawa logam berat yang berikatan dengan partikel tersuspensi menuju ke muara hingga laut lepas. Pada wilayah muara, aliran tersebut akan mengalami pengenceran yang cukup rendah akibat arus pasang dan kondisi gelombang yang tenang. Hal ini memuat konsentrasi logam berat di sepanjang muara sungai hanya mengalami sedikit perbedaan dengan wilayah pada bagian lain.

Tabel 3. Hasil uji statistik dengan ANOVA

Logam Berat	Stasiun			Media		
	df	F	P-value	df	F	P-value
Pb	2	1	0,5000	2	369,1717	0,0027*
Cu	2	0,5744	0,6351	2	676,5480	0,0015*
Zn	2	1,0950	0,4773	2	0,6626	0,5011

*significant ($p < 0,05$)

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pengukuran rata-rata logam berat Pb, Cu dan Zn di perairan Muara Sungai Porong menunjukkan berada di atas nilai ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah. Namun, sebaliknya, kandungan rata-rata logam berat Pb, Cu dan Zn di sedimen pada lokasi yang sama masih berada pada level aman menurut baku mutu (US EPA dan CCME). Secara umum, konsentrasi logam berat di air dan sedimen di Muara Sungai Porong jatuh dengan urutan $Zn > Cu > Pb$. Namun, konsentrasi logam berat Zn tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kandungannya di air dengan sedimen. Penelitian selanjutnya hendaknya dapat mengkaji distribusi logam berat Pb,

Cu dan Zn dengan menambah jumlah stasiun pengamatan dan meluaskan lingkup analisis konsentrasi logam berat berdasarkan kedalaman yang berbeda-beda pada kolom air dan sedimen di Muara Sungai Porong.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana melalui dana penelitian Hibah Bersaing Hasil Pelatihan Universitas Brawijaya. Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas Brawijaya, dan LPPM Universitas Brawijaya. Terima kasih juga ditujukan kepada Andre Syafriotman, Dwi Retnowati, Azmi Fadly Aprilyanda dan Dio Aditya Murtianto atas bantuannya dalam sampling dan analisis data.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Amin, B., Afriyani, E., dan Saputra, M.A. 2011. Distribusi Spasial Logam Pb dan Cu pada Sedimen dan Air Laut Permukaan di Perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *Jurnal Teknobiologi*, II(1) : 1 – 8
- Arifin, Z. 2008. Nasib kontaminan logam dan implikasinya pada komunitas bentik di Delta Berau, Kalimantan Timur. Laporan akhir kumulatif Riset Kompetitif Tahun 2006-2008, Puslit Oseanografi-LIPI. Jakarta
- Arifin, Z. 2011. Konsentrasi Logam Berat di Gravitasi Air, Sedimen Dan Biota Di Teluk Kelabat, Pulau Bangka. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Topis*, 3(1): 10-114
- Arifin, Z dan D. Fadhlina. 2009. Fraksinasi Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn dalam Sedimen dan Bioavailabilitasnya bagi Biota di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 14 (1): 27-32
- Chakraborty, R., Zaman, S., Mukhopadhyay, N., Banerjee, K., and Mitra, A. 2009. Seasonal variation of Zn, Cu and Pb in the estuarine stretch of west bengal. *Indian Journal of Marine Science*, 38(1):104-109
- Hadinafta, R. 2009. Analisis Kebutuhan Oksigen Untuk Dekomposisi Bahan Organik di Lapisan Dasar Perairan Estuari Sungai Cisadane, Tangerang. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB Bogor
- Hamzah, F dan A. Setiawan. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2(2): 41-52
- Handika, F. 2013. Konsentrasi Logam Berat Merkuri (Hg) dan Seng (Zn) di Muara Sungai Porong, Sidoarjo Jawa Timur. Skripsi. Universitas Brawijaya
- Hidayat, D. 2011. Kajian Sebaran Logam Berat Pb pada Sedimen di Muara Sungai Way Kuala Bandar Lampung. *Jurnal Sains MIPA UNILA*, 17(3): 115 – 119
- Hutagalung, P dan Setiapermana, D. 1994. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Lindsey, H.D., M.M. James, and M.G. Hector. 2004. An Assessment of Metal Contamination in Mangrove Sediments and Leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama. *Marine Pollution Bulletin.*, 50:, 547-552.

- Maslukah, L. 2007. Konsentrasi Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Zn) Terlarut, Dalam Seston, Dan Dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 2(1): 1-4
- Parawita, D., Insafitri., dan Nugraha, A.W. 2009. Analisis konsentrasi logam berat timbal (Pb) di muara Sungai Porong. *Jurnal Kelautan*, 2(2): 34-41.
- Permana, Yudha Akhmad. 2006. Kualitas Perairan Laut dan Dugaan Tingkat Pencemaran Teluk Jobokuto Pantai Kartini, Jepara, Jawa Tengah. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB Bogor
- Puspasari, D.A., Suprihatin, I.E., dan Dewi, I.G.A.K.S.P. 2014. Spesiasi dan Bioavailabilitas Logam Cu dan Zn Dalam Perairan dan Sedimen Muara Sungai Badung pada Jalur Taman Hutan Raya Ngurah Rai Denpasar Bali. *Jurnal Kimia*, 8 (2), 14: 153-158
- Rachmawatie, Hidayah, Z., dan Abida, I.W. 2009. Analisis Konsentrasi Mercury (Hg) and Cadmium (Cd) di Muara Sungai Porong Sebagai Area Buangan Limbah Lumpur Lapindo. *Jurnal Kelautan*, 2(2) : 42-50.
- Rochyatun, E., M.T. Kaisupy, dan A. Rozak. 2006. Distribusi Logam Berat Dalam Air Dan Sedimen Di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Makara Sains*, 10(1) : 35-40
- Rompas, R.M., 2010. Toksikologi Kelautan. Sekretariat Dewan Kelautan Indonesia. Jakarta Pusat.
- Sanusi, H.S dan Sugeng, P. 2009. Kimia Laut & Pencemaran : Proses Fisik Kimia dan Interaksi Dengan Lingkungan. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Sarjono, A. 2009. Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb dan Hg Pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara, Jakarta Utara. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB Bogor
- Susana, T. 2009. Tingkat Keasaman (pH) dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 5(2):33 – 39.
- Susianingsih, A. 2005. Pendugaan sebaran spasial logam berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni di air dan sedimen Perairan Teluk Jakarta. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB Bogor
- Tarigan, Z., Edward dan Abdul Rozak. 2003. Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni dalam Air Laut dan Sedimen Di Muara Sungai Membramo, Papua dalam Kaitannya dengan Kepentingan Budidaya Perikanan. *Jurnal Makara Sains*, 7(3) : 119-127
- Wahyuni, H., Sasongko, S.B., dan Sasongko, D.P. 2013. Kandungan Logam Berat pada Air, Sedimen dan Plankton di Daerah Penambangan Masyarakat Desa Batu Belubang Kabupaten Bangka Tengah. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013 : 489-494