

**THE CONTENT ANALYSIS OF HEAVY METALS OF Pb, Cu, Zn, Ni
AND ORGANIC MATTER IN THE SEDIMENT
OF EAST COAST OF SUMATERA**

By
Wahyuni Fitria¹⁾, Bintal Amin²⁾, Joko Samiaji²⁾

ABSTRACT

The research was conducted in August – November 2013. The purpose of this study was to determine the content of heavy metals of Pb, Cu, Zn and Ni in the sediment and its organic matter content in the east coast of Sumatera. The method used was survey method in which the East coast of Sumatera coastal waters was used as the location of sampling.

The results showed that different sediment fraction had different concentration of heavy metals. The sediment fraction of >250 μm had higher concentration than the fraction <63 μm and 63 μm – 250 μm . The concentration of Pb, Cu, Zn and Ni in the sediment were 7.29, 12.91, 8.69 and 14.57 $\mu\text{g/g}$ respectively. Simple linear regression analysis showed of negative correlations for Pb, Cu, and Zn. and positive correlations for Ni with the content of organic matter in the sediment. The Pb, Cu, Zn and Ni concentrations were still below the value of ERL and ERM.

Keywords : heavy metals, sediment, organic matter, east coast of Sumatera

¹ Student of Fisheries and Marine Science Faculty Riau University, Pekanbaru

² Lecturer of Fisheries and Marine Science Faculty Riau University, Pekanbaru

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Pb, Cu, Zn dan Ni dan BAHAN ORGANIK PADA SEDIMEN DI PERAIRAN PANTAI TIMUR SUMATERA

Oleh
Wahyuni Fitria¹⁾, Bintal Amin²⁾, Joko Samiaji²⁾

ABSTRAK

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Agustus - November 2013. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kandungan logam berat Pb, Cu, Zn dan Ni pada sedimen dan kandungan bahan organik sedimen serta hubungan kandungan logam berat dengan bahan organik sedimen di perairan pantai Timur Sumatera. Metode yang digunakan adalah metode survei dimana perairan pantai Timur Sumatera dijadikan sebagai lokasi penelitian dan pengambilan sampel.

Hasil analisis logam Pb, Cu, Zn, dan Ni pada fraksi sedimen yang berbeda memiliki nilai konsentrasi yang berbeda dimana fraksi sedimen $>250 \mu\text{m}$ memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi $<63 \mu\text{m}$ dan $63 \mu\text{m} - 250 \mu\text{m}$. Hasil kandungan Pb pada sedimen $7,29 \mu\text{g/g}$, Cu pada sedimen $12,91 \mu\text{g/g}$, Zn pada sedimen $8,69 \mu\text{g/g}$, dan Ni pada sedimen $14,57 \mu\text{g/g}$. Hasil analisis regresi linear sederhana kandungan Pb, Cu dan Zn menunjukkan hubungan yang negatif dan kandungan logam Ni menunjukkan hubungan yang positif dengan kandungan bahan organik pada sedimen. dan kandungan Logam Pb, Cu, Zn dan Ni masih jauh dibawah nilai ERL dan ERM.

Kata kunci : logam berat, sedimen, bahan organik, pantai Timur Sumatera

¹ Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru

² Dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru

PENDAHULUAN

Perairan pantai Timur Sumatera merupakan suatu sistem ekologi yang banyak dipengaruhi oleh perairan tawar (sungai). Sungai-sungai yang terdapat pada perairan pantai Timur Sumatera merupakan sungai-sungai besar yang memberikan masukan bahan organik pada perairan ini. Kegiatan di wilayah pantai timur Sumatera disibukkan dari kegiatan kapal, pelabuhan, pelayaran, pemukiman penduduk, industri dan berbagai aktivitas yang padat melalui aliran sungai-sungai diatas yang kemungkinan besar menghasilkan buangan limbah termasuk logam berat.

Meningkatnya aktivitas di kawasan perairan pantai Timur Sumatera ini akan berpotensi terjadinya penurunan kualitas lingkungan. Salah satu pencemaran yang berpotensi dapat menurunkan dan merusak daya dukung lingkungan adalah logam berat. Menurut Chen *et al* (2007) aktivitas pelabuhan dapat menjadi salah satu sumber pencemaran logam berat di perairan sekitarnya. Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar yang berbahaya karena sifat fisik toksik jika dalam jumlah besar dan mempengaruhi berbagai aspek dalam perairan baik dari segi aspek biologis maupun dari aspek ekologis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat di sekitar perairan pantai Timur Sumatera, dengan mengacu pada hasil analisis konsentrasi logam berat dan bahan organik pada sedimen dan Mengetahui status atau tingkat pencemaran logam berat di perairan pantai Timur Sumatera.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pengambilan sampel diambil dari kawasan perairan pantai Sumatera bagian Timur, Penentuan titik sampling mengacu pada lokasi-lokasi yang telah ditetapkan dalam “*cruise*” riset program SPICE (*Science for Protection of Indonesia Coastal Ecosystem*). Stasiun yang telah ditetapkan tersebut antara lain Stasiun 1, 2 dan 3 berada di perairan Provinsi Sumatera Selatan. Stasiun 4, 5, 6 dan 7 berada di perairan Provinsi Jambi. Stasiun 8, 9 dan 10 berada di perairan Provinsi Riau (Gambar 1).



Gambar 1. Perairan pantai Timur Sumatera yang menunjukkan letak stasiun pengambilan data penelitian

Pengambilan dan Penanganan Sampel

Sampel sedimen diambil dengan menggunakan *Ekman grab* sebanyak 500 g berat basah. Sampel sedimen lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 80 - 100°C sampai dicapai berat konstan (Mucha *et al.*, 2003, Yap *et al.*, 2002). Setelah dikeringkan di dalam oven, sebanyak 300 g sampel digerus dengan menggunakan mortar dan selanjutnya diayak menggunakan saringan bertingkat dengan kategori < 63 μm , 63-250 μm , dan besar > 250 μm .

Analisis Logam Berat dalam Sedimen

Analisis sampel ditentukan dengan menggunakan metode yang digunakan oleh Yap *et al.*, (2002). Sedimen didestruksi sebanyak 1 g dalam kombinasi 10 ml larutan HNO_3 dan HClO_4 dengan perbandingan 4:1 pada suhu 140°C selama 3 jam hingga hampir kering. Setelah sampel sedimen terdestruksi secara sempurna, larutan tersebut didinginkan dan diencerkan dengan akuades menjadi 50 ml dan disaring dengan kertas saring *Whatman* yang bertujuan untuk menghindari penyumbatan pipa kapiler pada saat analisis sampel dengan AAS dan kemudian

disimpan dalam botol sampel. Selanjutnya larutan siap untuk dianalisis kandungan logam beratnya. kandungan logam pada sampel sedimen menurut Yap *et al.*, (2002), dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C = \frac{AxV}{G}$$

Keterangan : C = Kandungan yang sebenarnya dari sampel ($\mu\text{g/g}$)
A = Hasil Pengukuran AAS ($\mu\text{g/ml}$)
V = Volume sampel (ml)
G = Berat sampel (gram)

Analisis Kandungan Bahan Organik

Bahan organik dianalisis dengan menggunakan metode yang digunakan oleh Tech (1986). dimana cawan penguap dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105° selama 15 menit, Sampel sedimen sebanyak ± 50 g dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105° selama 1-3 jam sampai benar-benar kering, lalu didinginkan kembali ke dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang beratnya. Sampel dalam cawan penguap kemudian dibakar dalam *furnace* pada suhu 550° selama 3 jam dan didinginkan dalam desikator selama 30-60 menit selanjutnya ditimbang beratnya.

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan uji OneWay ANOVA dengan bantuan software Microsoft Excel dan *Statistical Package for Social Science* (SPSS) versi 17.0

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Daerah Penelitian

Secara umum pantai timur Sumatera merupakan wilayah perairan yang dipengaruhi oleh banyak Sungai dan juga Selat. Hal ini dapat dilihat pada kondisi perairan yang masih keruh karena dipengaruhi oleh air sungai dan substratnya yang berlumpur. Terdapat beberapa sungai besar yang mengalir pada perairan pantai Timur Sumatera yaitu, Sungai Musi, Sungai Batanghari, Sungai Indragiri, Sungai Kampar, Sungai Siak dan Sungai Rokan. Sedangkan Selat yang melintasi pantai timur Sumatera meliputi Selat Bangka dan Selat Malaka.

Parameter Kualitas Perairan

Hasil pengukuran parameter lingkungan perairan pantai Timur Sumatera selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Perairan.

Stasiun	Suhu (°C)	Ph	Salinitas ‰	Kec.Arus (cm/dtk)
1	30	7	25	87
2	31	8	30	46,3
3	31	8	28	36
4	31	8	30	51,5
5	31	8	31	39
6	30	8	20	41,2
7	30	7	25	92,7
8	31	7	27	41,2
9	31	7	25	36
10	31	8	30	51,5

Kandungan Logam Pb, Cu, Zn dan Ni pada Sedimen

Kandungan rata-rata logam Pb, Cu, Zn dan Ni pada sedimen di setiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan rata-rata logam Pb, Cu, Zn dan Ni pada sedimen

Stasiun	Kandungan Logam ($\mu\text{g/g}$)			
	Pb	Cu	Zn	Ni
1	5,46	15,08	9,52	12,36
2	8,16	9,24	8,65	13,45
3	6,54	15,36	8,00	12,37
4	6,60	8,67	7,89	15,78
5	8,52	7,03	9,80	17,13
6	7,20	9,42	8,25	16,28
7	7,20	9,86	7,56	16,16
8	7,12	8,53	8,70	13,56
9	8,23	8,45	10,80	14,09
10	7,89	10,02	7,79	14,59
Rata-rata Total	7,29	12,91	8,69	14,57

Kandungan Bahan Organik Sedimen

Hasil pengukuran bahan organik sedimen menunjukkan kisaran antara 9,06 - 14,74 %. (Tabel 3).

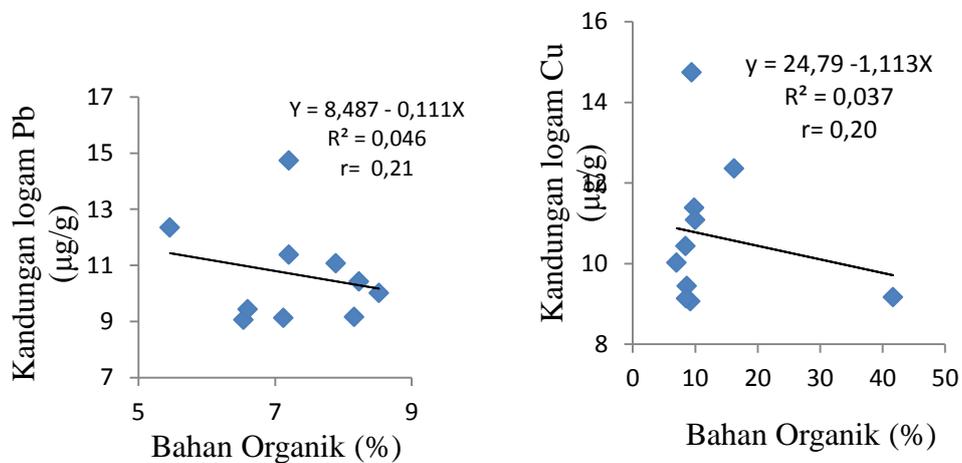
Tabel 3. Persentase Rata-rata Kandungan Bahan Organik Sedimen

Stasiun	Kandungan Bahan Organik %
1	12,35
2	9,16
3	9,06
4	9,44
5	10,02
6	14,74
7	11,38
8	9,13
9	10,43
10	11,08

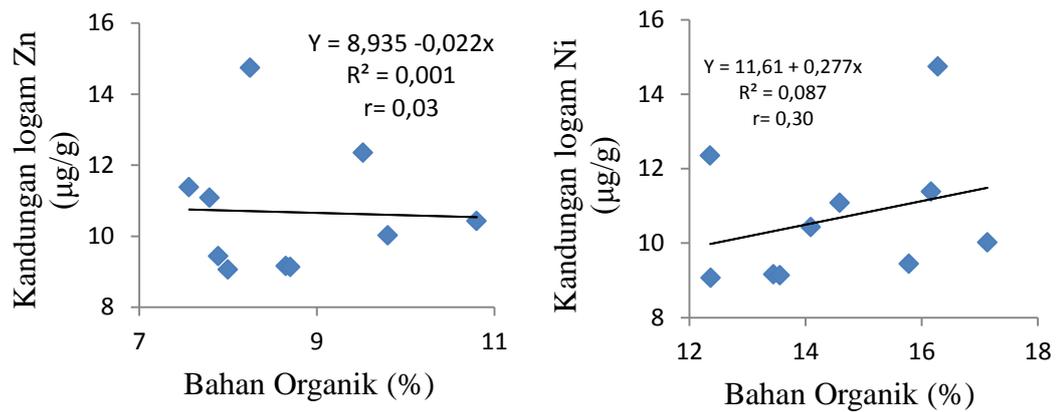
Hubungan Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Zn dan Ni dengan kandungan Bahan Organik pada Sedimen.

Analisis regresi linier sederhana antara kandungan logam berat Pb dengan kandungan bahan organik pada sedimen menunjukkan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,046$ dan koefisien korelasi $r = 0,21$, dimana untuk logam Pb menunjukkan hubungan yang lemah dengan persamaan yaitu : $Y = 8,487 - 0,111x$. Hasil analisis regresi linier sederhana untuk kandungan logam Cu dengan kandungan

bahan organik pada sedimen menunjukkan koefisien determinasi $R^2=0,037$ dan koefisien korelasi $r= 0,20$. Dari analisis terlihat untuk logam Cu menunjukkan hubungan yang sangat lemah dengan persamaan yaitu : $Y = 24,79 - 1,113x$. Sementara itu hasil analisis regresi antara kandungan logam berat Zn dengan kandungan bahan organik pada sedimen menunjukkan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,001$ dan koefisien korelasi $r= 0,03$ terlihat bahwa logam Zn menunjukkan hubungan yang sangat lemah terhadap kandungan bahan organik sedimen yaitu dengan persamaan : $Y = 8,935 - 0,022x$. Hasil analisis regresi linier sederhana untuk kandungan logam Ni dengan kandungan bahan organik pada sedimen menunjukkan koefisien determinasi $R^2 = 0,087$ dan koefisien korelasi $r= 0,30$. logam Ni menunjukkan hubungan yang lemah terhadap kandungan bahan organik di sedimen yaitu dengan persamaan : $Y = 11,61 + 0,277x$.



--	--



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Kandungan Logam Ni dengan Kandungan Bahan Organik pada Sedimen.

Pembahasan

Kualitas perairan di suatu kawasan seperti pantai dan muara sungai ditentukan oleh limbah-limbah yang terbuang secara langsung maupun tidak langsung yang berupa bahan-bahan organik, anorganik dan bahan-bahan tersuspensi (Ubbe, 1992). Suhu di perairan pantai timur Sumatera berkisar antara 30 – 31 °C, Suhu di perairan pantai timur Sumatera berkisar antara 30 – 31 °C, dimana suhu tersebut cukup baik untuk mendukung kehidupan organisme yang ada didalamnya. Hal ini didukung oleh pernyataan Hutabarat dan Evans (1985) yang menyatakan kisaran suhu optimal bagi kehidupan organisme adalah 25-32°C.

Perairan pantai Timur Sumatera selama penelitian memiliki kisaran pH 7 – 8 Palar (1994) menyatakan pH sangat mempengaruhi keberadaan logam berat dan demikian juga sebaliknya., Salinitas perairan pada lokasi penelitian berkisar antara 20 – 31‰. Kecepatan arus pada perairan sekitar perairan pantai Timur Sumatera pada saat penelitian berkisar antara 36 – 92,7 cm/s. Cepat lambatnya

arus akan mempengaruhi sebaran logam berat di suatu kawasan perairan dimana perairan yang memiliki arus yang kuat cenderung kandungan logam beratnya tidak tinggi hal ini karena logam berat yang ada di perairan terdistribusi secara merata. Hoshika *et al.*, (1991) menyatakan bahwa keberadaan logam berat dalam air dipengaruhi oleh pola arus karena arus perairan dapat menyebabkan logam berat yang terlarut dalam air permukaan ke segala arah.

Logam berat yang masuk ke perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi. Logam berat yang mengendap di dasar laut akan terakumulasi ke dalam sedimen (Bhosale dan Sahu, 1991).

Stasiun 5 merupakan stasiun yang memiliki konsentrasi kandungan logam Pb tertinggi dan daerah ini merupakan daerah yang terletak pada pantai Timur Pulau Sumatera berhadapan dengan laut Cina Selatan dan Lautan Pasific, pada alur lalu lintas Internasional dan Regional sehingga tingginya kandungan logam Pb diduga oleh buangan air ballast oleh kapal, aktivitas pelabuhan yang membuang limbah cair seperti pengecatan lambung kapal yang mengandung logam Pb (MEN-KLH, 2004).

Tingginya kandungan logam Cu terdapat pada Stasiun 3 yang berada di sekitar perairan Selat Bangka Sumatera Selatan diduga karena pada stasiun tersebut merupakan kawasan Berbagai industri seperti tekstil, Petrokimia, CPO, Karet, Batubara dan juga merupakan alur pelayaran kapal nasional dan internasional yang mengangkut bahan baku untuk industri serta aktivitas transportasi laut. Kondisi arus perairan yang lemah dan salinitas yang rendah, juga ikut berperan dalam meningkatkan tingginya logam Cu. Arus yang lemah dapat terjadi proses pengendapan, sesuai yang nyatakan oleh GESAMP (1985) bahwa

konsentrasi logam berat tergantung pada kondisi perairan termasuk pola arus yang terjadi di kawasan tersebut.

Kandungan logam Zn tertinggi terdapat pada Stasiun 9 yang berada pada perairan muara sungai indragiri diduga karena adanya masukan logam dari material- material yang banyak mengandung bahan logam Zn seperti atap, pelapisan campuran logam melalui kanal-kanal perusahaan dan *run-off* oleh hujan menuju laut.

Untuk kandungan logam Ni tertinggi terdapat pada Stasiun 5 yang merupakan kawasan yang memiliki potensi kekayaan alam minyak bumi, gas bumi, batubara dan timah putih tentunya kawasan ini padat akan aktivitas pelayaran yang mengangkut minyak-minyak mentah yang akan dibawa ke daerah sekitarnya. Dalam hal pengangkutan minyak-minyak tersebut ada kemungkinan terjadinya kecelakaan kapal sehingga meningkatkan kadar logam Ni yang ada di perairan tersebut.

Hasil pengukuran kandungan bahan organik sedimen pada setiap titik pengamatan di perairan pantai timur Sumatera dapat dilihat pada Tabel 3, kandungan bahan organik berkisar antara 9,06 - 14,74 %. Kandungan bahan organik tertinggi terdapat pada Stasiun 6 yang terletak di mulut muara sungai Batanghari Bagi masyarakat Jambi keberadaan Sungai Batanghari sangat penting artinya bagi kehidupan. Semenjak dahulu secara turun temurun masyarakat telah bermukim di bantaran Sungai Batanghari. Sungai Batanghari telah menjadi sumber kehidupan masyarakat khususnya yang bermukim di sepanjang aliran Sungai Batanghari. Tingginya kandungan bahan organik pada stasiun ini

disebabkan oleh aktivitas pemukiman yang dapat memberikan sumbangan bahan organik dari limbah rumah tangga yang langsung dibuang ke perairan.

Hubungan kandungan logam berat Pb dan Ni dengan bahan organik pada sedimen menunjukkan hubungan yang lemah antara kedua variabel. dan pada logam Cu dan Zn menunjukkan hubungan yang sangat lemah. Hal ini disebabkan oleh arus yang kuat sehingga partikel yang ada pada kolom air tidak sempat mengendap pada bahan organik sedimen. Kandungan logam Pb, Cu dan Zn memiliki hubungan yang negatif dan kandungan logam Ni memiliki hubungan positif dengan kandungan bahan organik pada sedimen.

Perbandingan Hasil Penelitian dengan beberapa Penelitian Di Daerah Lain

Apabila dibandingkan kandungan logam berat pada sedimen di perairan Pantai Timur Sumatera dengan beberapa daerah lainnya, secara umum kandungan logam di perairan ini relatif lebih rendah dibandingkan dengan daerah penelitian lainnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 13. Perbandingan Kandungan Logam Pb, Cu, Zn, dan Ni pada Sedimen antara Perairan Pantai Timur Sumatera dengan Perairan Lainnya.

Perairan	Kandungan Logam ($\mu\text{g/g}$)				Referensi
	Pb	Cu	Zn	Ni	
Pantai timur Sumatera	7,29	12,91	8,69	14,57	Fitria, 2014*
Desa Lalang	26,23	44,97	-	-	Manalu 2011
Dumai	1,59	-	0,62	223,3	Siagian 2006
PT. Marcopolo Batam	12,33	135,67	-	-	Zaldi, 2011
Pantai Timur Sumatera bagian tengah	57,83	8,31	2,13	18,78	Ardiana, 2013
Dumai	32,34	6,08	53,89	11,48	Amin <i>et al.</i> 2008
Tanjung Balai Asahan	4,81	13,92	9,50	-	Putra 2010
Tanjung Buton	20,07	0,77	-	-	Amin <i>et al.</i> 2010
Telaga Tujuh	88,17	46,34	96,79	-	Amin, 2002

Ket : - : Tidak dianalisa

* : Penelitian ini

Dari penelitian sebelumnya di perairan pantai Timur Sumatera bagian tengah menunjukkan konsentrasi logam Pb lebih tinggi bila dibandingkan dengan penelitian ini. Ardiana (2013) menyatakan untuk kandungan logam Pb sudah melewati nilai ERL yang berarti ada kemungkinan akan terjadi efek negatif terhadap organisme yang ada di perairan tersebut khususnya organisme yang menyaring makanan seperti benthos. Penelitian Zaldi (2011) menyatakan bahwa Logam Cu di Perairan sekitar PT. Marcopolo Batam tergolong tinggi ($135,67\mu\text{g/g}$) jika dibandingkan dengan penelitian ini. Hal ini dikarenakan tingginya aktivitas antropogenik terutama galangan kapal, pelayaran dan aktivitas penduduk di daerah ini sehingga terjadi akumulasi pada sedimen cukup tinggi.

Status Pencemaran Perairan Pantai Timur Sumatera

Perbandingan konsentrasi logam Pb, Cu Zn dan Ni yang didapat selama penelitian dengan standar nilai ERL (*Effect Range Low*) dan ERM (*Effect Range Median*) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Kandungan Logam Berat ($\mu\text{g/g}$) pada Sedimen di Perairan pantai timur sumatera dengan Nilai Standar ERL dan ERM.

Logam	Kandungan ($\mu\text{g/g}$)		
	Penelitian ini	ERL*	ERM*
Pb	7,29	46,70	218,00
Cu	12,91	34,00	270,00
Zn	8,69	150,00	410,00
Ni	14,57	20,90	51,60

* Long *et al* (1995)

Sebagaimana yang terlihat pada Tabel 4, kandungan logam Pb, Cu, Zn dan Ni masih jauh dibawah nilai ERL maupun ERM yang berarti bahwa logam Pb, Cu, Zn dan Ni di perairan pantai timur sumatera belum memberikan dampak negatif terhadap organisme yang ada di perairan tersebut. Menurut Long *et al*

(1995, 1997) Jika nilai kandungan logam berat sudah melewati nilai ERL namun masih berada dibawah nilai ERM berarti ada kemungkinan akan terjadi efek negatif terhadap organisme yang ada di perairan tersebut khususnya organisme yang menyaring makanan yaitu benthos, dan apabila kandungan logam berat sudah melewati nilai ERM maka sudah memberikan efek negatif yang ditimbulkan dari kandungan logam berat terhadap organisme perairan.

KESIMPULAN

Dilihat dari distribusi kandungan logam antar stasiun juga berbeda setiap stasiunnya. Kandungan logam Pb, Cu dan Zn memiliki hubungan yang negatif dan kandungan logam Ni memiliki hubungan positif dengan kandungan bahan organik pada sedimen. Perairan pantai Timur Sumatera menunjukkan kandungan logam berat Pb, Cu, Zn dan Ni Berada dibawah nilai standar ERL dan ERM yang berarti bahwa kandungan logam berat Pb, Cu, Zn dan Ni di perairan pantai timur Sumatera belum memberikan dampak negatif terhadap organisme perairan tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Bintal Amin. M.Sc selaku pembimbing I dan selaku pembimbing II Bapak Dr. Ir. Joko Samiaji. M.Sc yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis serta rekan-rekan yang telah memberikan bantuan dan motivasi kepada penulis. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada SPICE Project Phase III, Program riset kerjasama Jerman – Indonesia yang telah memberikan kesempatan untuk pengambilan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Bhosale, U and K. C. Sahu. 1991. Heavy Metals and Pollution Around the Island City of Bombay, India. Part II : Distribution of Heavy Metals Between Water, Suspended Particle and Sediment an a Polluted Aquatic Regime. Chemistry Geology. 90: 285-305.

- Chen, C. W., Koa, C. M., Chen, C. F., and Dong, C. D., 2007. Distribution and Accumulation of Heavy Metals in Sediments of Koashiung Harbor, Taiwan. *Chemospher* 66: 1431-1440
- GESAMP (Join Group of Experts on The Scientific Aspect of Marine Pollution). 1985. *Marine Pollution Implication of Ocean Energy Development. Report and Studies*, Rome. 43 p
- Hutabarat, S dan Evans, S. M. 1985. *Pengantar Oceanografi. Edisi 2*. Universitas Indonesia Press, Jakarta. 159 hal
- Hoshika, A., Shiozawa, T., Kawana, K., and Tanimoto, T. 1991. Heavy Metal Pollution in Sediment From the Seto Island, Sea Japan. *Marine Pollution. Bulletin* 23 : 101 -105.
- Long, E.R., D.D. MacDonald, S.C. Smith dan F.D. Calder. 1995. Incidence of Adverse Biological Effects Within Ranges of Chemical Concentrations in Marine and Estuarine Sediments. *Environmental Management* 19 (1) : 81-97.
- Mucha, A. P., Vasconcelos, M. T. S. D and Bordalo, A. A., 2003. Macrobentic Community in the Douro Estuary Relations With Trace Metals and Natural Sediment Characteristics. *Environment Pollution*. 121 : 160-180.
- Tech, T. 1986. *Recomended Protocols for measuring conventional sediment variabels in puget sound, final report tc-3991-04 for u. s. environmental protection agency, region 10, seattle, WA*. 22pp (partial)
- Ubbe, U. 1992. *Analisis Limbah Logam Berat yang Terdistribusi di Muara Sungai Tallo Ujung Pandang*. Lembaga Penelitian Universitas Hasanuddin. Unjung Pandang. 45 hal (Tidak Diterbitkan).
- Yap, C. K., Ismail, A., Tan, S. G and Umar, H. 2002. Concentration of Cu and Pb in the Offshore and Intertidal Sediments of the West Coast of Peninsular Malaysia. *Environment International*. 20: 267 - 479.