

ANALISYS OF HEAVY METAL CONCENTRATION OF Pb, Cu AND Zn IN SEAWATER AND SEDIMENT IN THE COASTAL WATERS OF SERGANG AND MAROK TUA OF LINGGA RIAU ISLAND PROVINCE

Audilla Pardova¹⁾, Bintal Amin²⁾ and Aras Mulyadi²⁾

Department of Marine Science, Faculty of Fisheries and Marine Science,
University of Riau, Pekanbaru 28293
Email: audisyarla1994@gmail.com

ABSTRACT

This study was conducted in June 2015 to determine heavy metal concentration of lead, copper and zinc in seawater and sediment in the coastal waters of Sergang and Marok Tua of Singkep Island Riau Islands Province. The study used a survey method, samples were taken from two stations and heavy metal analysis was carried out in Marine Chemistry Laboratory, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, University of Riau by using AAS Perkin Elmer 3110. Metal concentrations in the seawater and sediment were found to be highest in Marok Tua (Pb 0.076 mg/L, Cu 0.100 mg/L and Zn 0.335 mg/L) and the highest concentrations in the sediment were also found in Marok Tua (Pb 6.074 µg/g, Cu 6.684 µg/g and Zn 30.021 µg/g). Concentrations of Pb, Cu and Zn in sediment in the study area were still below the Dutch Quality Standard for metals in sediments as well as the default value of the ERL and ERM. Based on The Potential Ecological Risk Index calculations it was considered that Sergang and Marok Tua coastal waters were considerably safe and still has low impact on aquatic ecology.

Key Words: Heavy Metals, Water, Sediment, Singkep

¹⁾Student at Faculty of Fisheries and Marine Science, Riau University

²⁾Lecture at Faculty of Fisheries and Marine Science, Riau University

PENDAHULUAN

Air laut merupakan suatu komponen yang dipengaruhi oleh lingkungan darat karena buangan limbah dari daratan akan bermuara ke laut, limbah yang mengandung polutan akan masuk ke ekosistem laut dan pantai yang mana limbah tersebut sebagian akan larut di dalam air, sebagian akan masuk ketubuh organisme dan yang sebagian lagi akan mengendap dan terkonsentrasi ke sedimen. Pencemaran laut diartikan sebagai masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam lingkungan laut oleh kegiatan manusia yang menyebabkan lingkungan laut tidak sesuai lagi dengan fungsinya.

Pergerakan logam serta ketersediaannya di lingkungan perairan sangat dipengaruhi oleh bentuk dan tipe perikatan logam tersebut. Sedimen yang merupakan tempat akhir senyawa di lingkungan perairan sangat memegang peranan penting

dalam menentukan bentuk-bentuk logam di perairan. Logam di sedimen bisa berada dalam berbagai bentuk dan perikatan antara lain sebagai ion bebas dan berikatan dengan karbonat (Yu *et al.*, 2010).

Dabo Singkep merupakan salah satu pulau di Kabupaten Lingga Kepulauan Riau yang memiliki kekayaan alam tambang timah yang cukup besar jika dibandingkan dengan daerah lain di Indonesia. Hampir seabad timah di bumi Singkep dieksplorasi besar-besaran. Ekplorasi dengan kapal keruk itu dimulai tahun 1910 oleh perusahaan Belanda. Saat ini masih ada kegiatan penambangan timah, bauksit dan pasir, meskipun dalam skala yang lebih kecil. Aktivitas pertambangan menghasilkan sekitar 97% tailing yang mengandung logam-logam berat dalam kadar yang cukup mengkhawatirkan, seperti tembaga, timbal atau timah hitam, merkuri, seng dan arsen. Di perairan, logam tersebut akan berada di kolom air dan mengendap di sedimen. Ketika masuk ke dalam tubuh makhluk hidup logam-logam berat tersebut akan terakumulasi di dalam jaringan tubuh organisme dan dapat menimbulkan efek yang dapat membahayakan kesehatan (Amin *et al.*, 2014).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2015. Sampel air laut dan sedimen diambil pada dua stasiun yakni di perairan Pantai Sergang dan di perairan Marok Tua, Pulau Singkep, Kabupaten Lingga, Kepulauan Riau (Gambar 1). Analisis logam berat pada air laut dan sedimen dilakukan di Laboratorium Kimia Laut Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru.



Gambar 1. Gambar Pulau Singkep dan lokasi penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi asam nitrat pekat (HNO_3), asam chlorat pekat (HClO_4), asam chloride (HCl), larutan standar Pb, larutan standar Cu, gas asitilen, akuades dan larutan blanko. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah pipa paralon, Atomic Absorbtion Spectrophometer (AAS) tipe Perkin Elmer 3110, ice box, sendok plastik, kantong plastik, timbangan analitik,

pipet ukur, labu takar, beaker glass, kertas saring 63 μm , timbangan dan peralatan untuk mengukur kualitas perairan seperti secchi disk, thermometer, pH indicator, handrefractometer, dan current drogoue serta kamera untuk dokumentasi kegiatan selama penelitian. Parameter kualitas air yang diukur dalam penelitian ini adalah suhu, oksigen terlarut, kecerahan, kecepatan arus, salinitas, pH, kedalaman.

Lokasi sampling ditetapkan pada 2 stasiun dimana Stasiun 1 terdapat di Perairan Pantai Sergang dan Stasiun 2 di Perairan Marok Tua yang mana setiap stasiun memiliki 3 titik sampling yang dianggap dapat mewakili secara keseluruhan daerah penelitian. Perairan Pantai Sergang merupakan daerah pariwisata yang belum banyak dipengaruhi oleh kegiatan antropogenik atau dipengaruhi dari perindustrian sedangkan Perairan Marok Tua merupakan area estuaria yang terdapat vegetasi mangrove dan pemukiman penduduk. Selain itu pada kawasan ini terdapat aktivitas penambangan timah dan pasir serta pelabuhan kapal nelayan.

Sampel air laut permukaan diambil sebanyak 500 ml dengan menggunakan botol pada setiap titik sampling. Sampel air laut dimasukkan ke dalam botol plastik polyetilen yang telah dibilas tiga kali dengan air laut. Kemudian ditambahkan dengan asam nitrat (HNO_3), selanjutnya dimasukkan ke dalam ice box dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Sampel sedimen diambil dengan menggunakan Eckman Grab sebanyak 500 gram berat basah dan kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik yang telah diberi label berdasarkan titik samplingnya. Sampel ini dimasukkan ke dalam ice box dan selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

Sedimen yang telah kering digerus dengan menggunakan penumbuk (mortar) dan selanjutnya disaring dengan menggunakan saringan berukuran 63 mikron. Antara 0,5 – 1,0 gram sampel sedimen didestruksi dalam kombinasi 10 ml larutan HNO_3 dan HClO_4 dengan perbandingan 4 : 1, menggunakan block digester pada suhu 40°C selama 1 jam dan kemudian suhu dinaikkan menjadi 140°C selama 3 jam (Yap *et al.*, 2002). Setelah sampel sedimen terdestruksi sempurna, larutan tersebut didinginkan dan diencerkan dengan menggunakan aquades menjadi 50 ml dan disaring dengan kertas Whattman no 63 (untuk menghindari penyumbatan pipa kapiler pada saat analisis sampel dengan AAS) dan disimpan dalam botol sampel. Selanjutnya larutan sampel tersebut dianalisis konsentrasi logam beratnya dengan AAS.

Prosedur analisis kadar logam Pb, Cu dan Zn pada air laut dilakukan berdasarkan prosedur Hutagalung (1993) sebagai berikut: Sampel air laut uji dikocok dan diukur 50 ml secara duplo, selanjutnya dimasukkan masing-masing kedalam gelas piala 100 ml. Kemudian ditambahkan 5 ml asam nitrat HNO_3 pekat dan dipanaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 15-20 ml. Kemudian ditambahkan lagi 5 ml HNO_3 pekat dan gelas piala ditutup dengan kaca arloji, kemudian dipanaskan lagi. Penambahan asam dan pemanasan dilakukan sampai semua logam larut, ini terlihat dari terbentuknya endapan dalam sampel air laut menjadi agak putih dan larutan menjadi jernih. Kemudian ditambahkan lagi 2 ml asam

nitrat HNO₃ pekat dan dipanaskan kira-kira 10 menit. Kaca arloji dibilas dengan air suling dan air bilasnya dimasukkan kedalam gelas piala. Larutan uji disaring dengan saringan Whatman nomor 63 yang bertujuan mencegah penyumbatan dalam analisis dengan AAS. Larutan uji dipindahkan masing-masing kedalam labu ukur 50 ml dan ditambahkan air suling sampai tepat tanda tera, kemudian larutan uji dipindahkan kedalam botol uji untuk analisis contoh air laut yang telah diberi label. Sampel air laut uji siap untuk dianalisis dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

Analisis ukuran butir (tekstur) sedimen dilakukan dengan tujuan untuk melihat persentase fraksi kerikil, pasir dan lumpur. Prosedur penentuan jenis sedimen dilakukan berdasarkan petunjuk Rifardi (2008) dengan metode pengayakan dan metode pipet.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pulau Singkep merupakan bagian dari Kabupaten Lingga yang terletak diantara 0° 31' 0,49'' S dan 104° 26' 20,64'' E dengan luas 757 km² (292 mil²). Pulau ini terpisah dari pantai timur Sumatera oleh Selat Berhala. Pulau ini dikelilingi oleh Pulau Posik di sebelah barat, Pulau Serak di sebelah barat daya, Pulau Lalang di sebelah selatan dan Pulau Selayar, Kepulauan Riau di antara Lingga dan Singkep.

Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas perairan yang diukur dalam penelitian ini adalah suhu, oksigen terlarut, pH, salinitas, kecerahan, kedalaman dan kecepatan arus (Tabel 1). Hasil pengukuran parameter kualitas perairan di lokasi penelitian untuk oksigen terlarut di Stasiun 1 8 ppm sedangkan Stasiun 2 dengan rata-rata 2,93 ppm, suhu 30°C, pH Stasiun 1 dengan rata-rata 7,96, sedangkan Stasiun 2 7,5, salinitas Stasiun 1 rata-rata 15‰ dan Stasiun 2 30‰, kecerahan di Stasiun 1 dengan rata-rata 15 cm, sedangkan Stasiun 2 10 cm dan kecepatan arus Stasiun 1 berkisar dengan rata-rata 1,3 m/dt dan Stasiun 2 1,6 m/dt.

Tabel 1. Parameter Kualitas Perairan

Stasiun	Titik Sampling	DO (ppm)	Suhu (°C)	pH	Salinitas	Kec. Arus (m/det)	Kecerahan (cm)	Kedalaman (m)
1	1	8	30	7,1	5	0,02	25	2
	2	8	30	8,4	20	0,1	10	1
	3	8	30	8,4	20	0,2	10	1
Rata Rata		8	30	7,96	15	0,10	15	1,3
2	1	2,4	30	7,5	28	0,2	10	3
	2	3,2	30	7,5	32	0,1	10	1
	3	3,2	30	7,5	30	0,1	10	1
Rata Rata		2,93	30	7,5	30	0,13	10	1,6

Hasil analisis fraksi sampel sedimen dalam bentuk diameter rata-rata sedimen (Mz) di Perairan Pantai Sergang dan Marok Tua dapat dilihat pada Tabel 2.

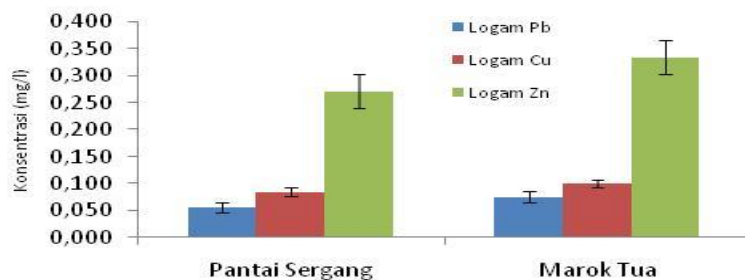
Tabel 2. Persentase Fraksi Sedimen pada Masing-masing Stasiun

Stasiun	Titik Sampling	Fraksi Sedimen			Jenis Sedimen
		Kerikil	Pasir	Lumpur	
1	1	25,82	35,553	3,863	Lumpur berpasir kerikil
	2	12,53	47,97	34,49	Pasir Berlumpur
	3	1,89	52,29	45,87	Pasir Berlumpur
2	1	0,89	56,88	42,22	Pasir Berlumpur
	2	0,67	55,47	43,87	Pasir Berlumpur
	3	3,09	65,23	31,69	Pasir Berlumpur

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa jenis fraksi yang mendominasi di Stasiun 1 adalah fraksi pasir berlumpur, namun terdapat fraksi lumpur berpasir kerikil untuk titik sampling 3, untuk Stasiun 2 fraksinya adalah pasir berlumpur untuk kesemua titik sampling.

Kandungan Logam Pb dan Cu pada Air Laut

Perbedaan rata-rata konsentrasi logam berat setiap stasiun pada sedimen tidak jauh berbeda seperti halnya konsentrasi logam berat pada air laut. Konsentrasi logam berat Pb, Cu maupun Zn yang lebih tinggi terdapat pada Stasiun 2, sedangkan konsentrasi logam berat Pb, Cu dan Zn lebih rendah terdapat pada Stasiun 1. Adapun perbandingan konsentrasi logam berat Pb dan Cu pada air laut di setiap stasiun (Rata-rata \pm Std. Deviasi) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kandungan Logam Pb, Cu dan Zn pada Air Laut pada masing-masing stasiun penelitian (Rata-rata \pm Std. Deviasi)

Perairan Marok Tua memiliki konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn lebih tinggi dibanding dengan di Pantai Sergang. Hal ini diduga karena Marok Tua merupakan daerah bekas penambangan timah yang besar serta banyaknya rumah-rumah penduduk yang pastinya memberikan masukkan limbah ke perairan Marok Tua.

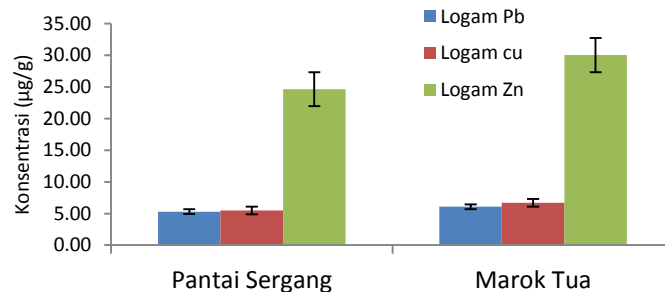
Tabel 3. Konsentrasi Logam berat di Air dengan Baku Mutu

Logam Berat	Stasiun		Baku Mutu (Kepmen LH No. 51 Tahun 2004)
	1	2	
Timbal (Pb)	0,056	0,076	0,008 mg/l
Tembaga (Cu)	0,084	0,100	0,008 mg/l
Seng (Zn)	0,272	0,335	0,05 mg/l

Konsentrasi logam berat Pb pada air di perairan Pantai Sergang (0,056mg/l) dan Marok Tua (0,076 mg/l) berada di atas tingkat aman baku mutu Konsentrasi logam Cu pada air di perairan. Pantai Sergang (0,0847mg/l) dan Marok Tua (0,100 mg/l) juga menunjukkan bahwa logam tersebut berada di atas baku mutu (0,008mg/l). Sedangkan konsentrasi logam Zn pada Pantai Sergang (0,272 mg/l) dan Marok Tua (0,035 mg/l) juga berada diatas baku mutu (0,05 mg/l). Namun jika konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn pada air di perairan ini berada di atas baku mutu perairan, perlu diperhatikan bahwa keberadaan logam berat dapat terakumulasi pada tubuh biota laut melalui proses rantai makanan maka sangat berbahaya jika biota laut ini dikonsumsi oleh manusia.

Kandungan Logam Pb dan Cu Pada Sedimen

Seperti halnya konsentrasi logam berat pada air laut. Konsentrasi logam berat Pb, Cu maupun Zn yang lebih tinggi terdapat pada Stasiun 2, sedangkan konsentrasi logam berat Pb, Cu dan Zn lebih rendah terdapat pada Stasiun 1. Adapun perbandingan konsentrasi logam berat Pb dan Cu pada air laut di setiap stasiun (Rata-rata±Std. Deviasi) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kandungan Logam Pb, Cu dan Zn pada Sedimen pada masing-masing stasiun penelitian (Rata-rata ± Std. Deviasi)

Konsentrasi logam Pb, Cu maupun Zn nilai yang paling tinggi terdapat pada Stasiun 2 karena selain bekas tambang timah, Marok Tua berada didekat kawasan penduduk yang pastinya memberikan masukkan limbah ke perairan.

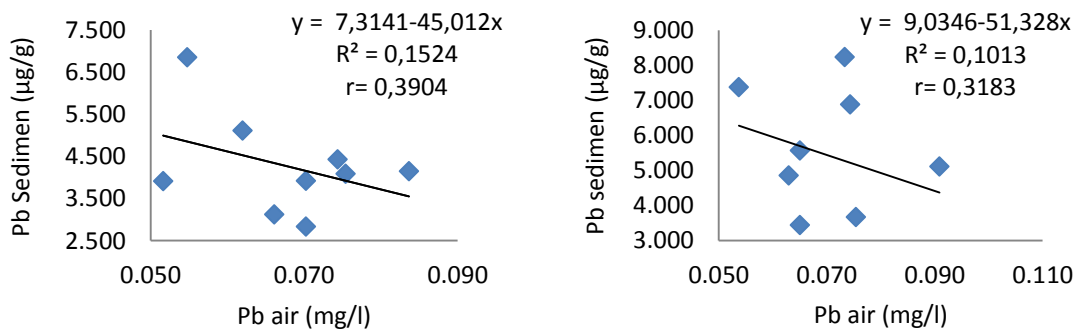
Tabel 4. Perbandingan Konsentrasi Logam Berat di Sedimen dengan Baku Mutu

Logam Berat	Stasiun		Baku Mutu IADC/CEDA (1997)
	1	2	
Timbal (Pb)	5,294	6,074	85 µg/g
Tembaga (Cu)	5,487	6,684	35 µg/g
Seng (Zn)	24,635	30,021	150 µg/g

Besarkandungan logam berat Pb pada sedimen di perairan Pantai Sergang (5,294µg/g) dan Marok Tua (6,074 µg/g) masih berada di tingkat aman baku mutu menurut *Dutch Quality Standards for Metals in Sediments* (IADC/CEDA 1997). Mengacu pada baku mutu yang ada, dijelaskan bahwa pada level target, konsentrasi maksimum logam Pb adalah 85 µg/g. Penjelasan yang terdapat pada *Dutch Quality Standards for Metals in Sediments* menyatakan bahwa jika konsentrasi kontaminan yang ada pada sedimen memiliki nilai yang lebih kecil dari nilai level target, maka substansi yang ada pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan (IADC/CEDA, 1997). Kandungan logam Cu pada sedimen di perairan Pantai Sergang (5,487µg/g) dan Marok Tua (6,684 µg/g) juga menunjukkan bahwa logam tersebut masih berada di bawah level target (35 µg/g).Kandungan logam Zn padaPantai Sergang (24,635 µg/g) dan Marok Tua (30,021 µg/g) masih dibawah level target (>150 µg/g).

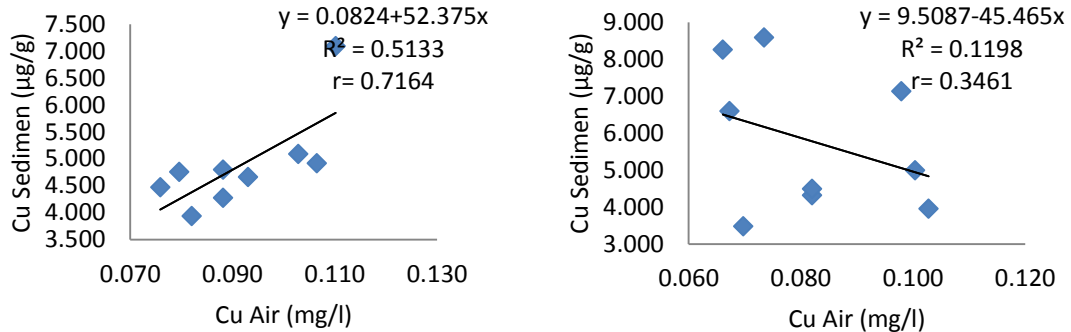
Hubungan Kandungan Logam Berat Pada Air Laut dan Sedimen

Analisis regresi linier sederhana antara konsentrasi logam berat Pb pada air laut dengan Pb pada sedimen didapat persamaan regresi pada Stasiun1 yakni $Y = 7,3141-45,012x$ dan menunjukkan hubungan yang negatif, nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,152$ dan koefisien korelasi $r = 0,3904$ yang menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel lemah.Dan untuk konsentrasi logam berat Pb pada air laut dengan Pb pada sedimen di Stasiun 2 didapat persamaan regresi $Y = 9,0346 - 51,328x$ yang menunjukkan hubungan negatif, nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,1031$ dan koefisien korelasi r yang diperoleh sebesar 0,3183 yang menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel lemah.



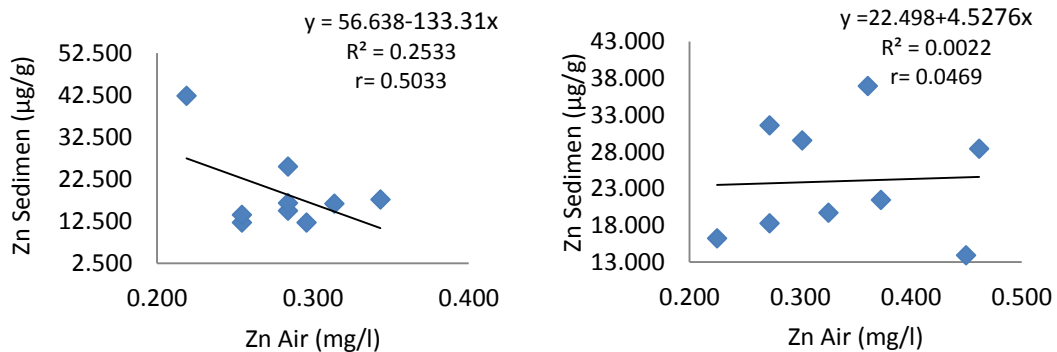
Gambar 4. Hubungan Kandungan Logam Pb pada Air Laut dan Sedimen

Hasil analisis regresi linier sederhana antara kandungan logam Cu pada air laut dan Cu pada sedimen di Stasiun 1 menunjukkan hubungan yang positif dengan persamaan regresi $Y = 0,0824 + 52,375x$ dengan nilai koefisien determinasinya $R^2 = 0,5133$ Koefisien korelasi $r = 0,7164$ yang menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel kuat. Sedangkan regresi linier antara logam Cu pada air dengan logam Cu pada sedimen di Stasiun 2 menunjukkan hubungan yang negatif dengan persamaan regresi $Y = 9,5087 - 45,465x$ nilai koefisien determinasinya $R^2 = 0,1198$, dan koefisien $r = 0,3461$ menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel lemah.



Gambar 5. Hubungan Kandungan Logam Cu pada Air Laut dan Sedimen

Analisis regresi linier sederhana antara kandungan logam Zn pada air laut dan Zn pada sedimen di Stasiun 1 menunjukkan hubungan yang positif dengan persamaan regresi menunjukkan hubungan yang negatif dengan persamaan regresi $Y = 56,638 - 133,31x$ dengan nilai koefisien determinasinya $R^2 = 0,2533$ dan koefisien korelasi $r = 0,5033$ yang menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel sedang. Sedangkan regresi linier antara logam Zn pada air dengan logam Zn pada sedimen di Stasiun 2 menunjukkan hubungan yang negatif dengan persamaan regresi $Y = 22,498 + 4,5276x$ dengan nilai koefisien determinasinya $R^2 = 0,0022$ dan koefisien $r = 0,0499$ menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel sangat lemah.



Gambar 6. Hubungan Kandungan Logam Zn pada Air Laut dan Sedimen

Status Pencemaran Perairan Pantai Sergang dan Marok Tua

Untuk mengetahui tingkat kontaminasi yang terjadi di perairan Pantai Sergang dan Marok Tua maka konsentrasi logam berat pada sedimen tersebut dibandingkan dengan standar ERL dan ERM sebagaimana yang dikemukakan oleh Long *et al* (1995).

Tabel 5. Perbandingan Logam Berat ($\mu\text{g/g}$) pada Sedimen di Perairan Pantai Sergang dan Marok Tua dengan Nilai Standar ERL dan ERM

<u>Logam</u>	<u>Konsentrasi ($\mu\text{g/g}$)</u>		
	<u>Penelitian ini</u>	<u>ERL*</u>	<u>ERM*</u>
<u>Pb (Stasiun 1)</u>	5,294	46,70	218,00
<u>Pb (Stasiun 2)</u>	6,074		
<u>Cu (Stasiun 1)</u>	5,487	34,00	270,00
<u>Cu (Stasiun 2)</u>	6,684		
<u>Zn (Stasiun 1)</u>	24,635	150,00	410,00
<u>Zn (Stasiun 2)</u>	30,021		

Kandungan logam Pb, Cu dan Zn pada sedimen di perairan Pantai Sergang dan Marok Tua masih berada jauh di bawah nilai ERL maupun ERM, ini menunjukkan kandungan logam Pb, Cu dan Zn di perairan Pantai Sergang dan Marok Tua belum memberikan dampak buruk terhadap bentos yang ada di perairan tersebut.

Potential Ecological Risk Index (PERI)

Pada penelitian ini didapat nilai PERI untuk logam Pb pada Stasiun 1 sebesar 0,756. Pada Stasiun 1 kemungkinan dampak ekologisnya tergolong ke dalam resiko rendah. Kemudian pada Stasiun 2 dengan nilai 0,870 untuk nilai PERI pada logam Cu di Stasiun 1 sebesar 1,055. Kemudian pada Stasiun 2 dengan nilai 1,285. Untuk nilai PERI pada logam Zn di Stasiun 1 sebesar 0,283. Kemudian pada Stasiun 2 dengan nilai 0,319.

Dari hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa kemungkinan dampak ekologi pada perairan untuk logam Pb, Cu dan Zn memiliki resiko yang rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa logam Pb, Cu dan Zn belum memberikan pengaruh buruk terhadap Perairan Pantai Sergang dan Marok Tua Kabupaten Lingga Provinsi Kepulauan Riau.

KESIMPULAN DAN SARAN

Rata-rata konsentrasi logam berat pada air dan sedimen berturut-turut adalah $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb}$. Konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn pada air dan sedimen lebih tinggi pada Perairan Marok Tua yang dekat dengan aktifitas antropogenik seperti

pemukiman penduduk, pertambangan dan pelayaran dibanding dengan pada Pantai Sergang. Logam Pb, Cu dan Zn pada air di Perairan Pantai Sergang dan Marok Tua telah melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Kepmen LH No. 51 Tahun 2004, sedangkan untuk logam Cu masih dibawah baku mutu tersebut. Konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn pada sedimen belum menunjukkan tingkat pencemaran menurut *Dutch Quality Standards for Metals in Sediments* (IADC/CEDA 1997) dan nilai standar ERL dan ERM.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, B, I Nurrachmi, Jamalus. 2014. Konsentrasi Dan Distribusi Logam Berat Pada *Cerithidea Obtusa* Di Perairan Pantai Pulau Singkep Kepulauan Riau. Laboratorium Kimia Laut Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau.Pekanbaru.
- Ernawati. 2010. Kerang Bulu (*Anadara Inflata*) sebagai bioindikator Pencemaran logam berat timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) di muara Sungai Asahan (Tesis, USU 2010).
- Hutagalung, H.P. 1993. Pencemaran Logam Berat dan Analisa Logam Berat.Kerjasama antara UNESCO/UNDP, P₃OLUPI dan Universitas Riau, Puslit UNRI, Pekanbaru.15 hal.
- Long, E.R., L.J. Field and D.D. MacDonal. 1997. *Predicting Toxicity In Marine Sediments with Numerical Sediment Quality Guidelines*. Environment *Toxicology and Chemistry* 17(4): 714-727.
- Rifardi, 2008.Tekstur Sedimen, Sampling dan Analisis. Unri Press. Pekanbaru.101 halaman.
- Yap, C. K. Ismail, A. Tan, S. G and Umar, H. 2002. Concentration of Cu and Pb in Offshore and Intertidal Sediments of the West Coast of Peninsular Malaysia.Environment International. 20: 267-479
- Yu, X., Y. Yana, W. Wang. 2011. The distribution and speciation of trace metalsin surface sediments from the Pearl River Estuary and the Daya Bay, Southern China. Marine Pollution Bulletin 60 : 1364–1371
- .