

**Studi Kandungan Logam Pb, Cu dan Zn pada Lapisan
Sedimen yang Berbeda di Perairan Pantai
Telaga Tujuh Kabupaten Karimun
Kepulauan Riau**

Oleh

Taufik Hidayat¹⁾, Binal Amin²⁾, Rifardi²⁾

¹⁾Mahasiswa Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru
28293, th_27pdg@yahoo.co.id

²⁾Dosen Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru
28293

ABSTRACT

The research was conducted in August 2012, by taking samples from Telaga Tujuh Coastal Waters District of Karimun in the province of Kepulauan Riau. This research aimed to obtain information about the distribution of the metal content of Pb, Cu and Zn in the sediments both horizontally and vertically, as well as to determine the level of metal pollution in Telaga Tujuh Coastal Waters due to the abandoned tin mining and anthropogenic activity around the area. The average content of heavy metals Pb, Cu, and Zn in the coastal waters of Telaga Tujuh are 60.76 µg/g, 38.24 µg/g and 108.41 µg/g, respectively. Average metal content of Pb, Cu and Zn are different between the upper layer (0-1 cm), middle layer (10-11 cm) and lower layer (20-21 cm). The highest metal content were found in the upper layer (0-1 cm), Pb 65.78 µg/g, Cu 49.12 µg/g and Zn 128.69 µg/g, which are related to the current input from anthropogenic activities. Upper part of the sediment (0-1 cm) are the fastest layer influenced by heavy metal deposition than others coming from anthropogenic activities around the Telaga Tujuh Coastal Waters.

Keywords : Karimun, Former of Tin Mining, Sediment Layers, Metals Pb, Cu and Zn, Pollution.

PENDAHULUAN

Kabupaten Karimun memiliki wilayah seluas 7.984 km², terdiri dari wilayah daratan seluas 1.524 km² dan wilayah lautan seluas 6.420 km² dengan potensi sumberdaya alam yang dapat dikembangkan, diantaranya yaitu timah, disamping pasir dan granit yang menjadi komoditi ekspor.

Sebagai salah satu wilayah perairan yang berada di Pulau Karimun, Telaga Tujuh merupakan kawasan bekas pertambangan timah yang dilakukan oleh PT Tambang Timah (persero), yang dimulai sekitar tahun 1977 dan berakhir pada tahun 1984. Daerah bekas penambangan timah menyisakan lobang bekas galian tambang yang berisi air menyerupai

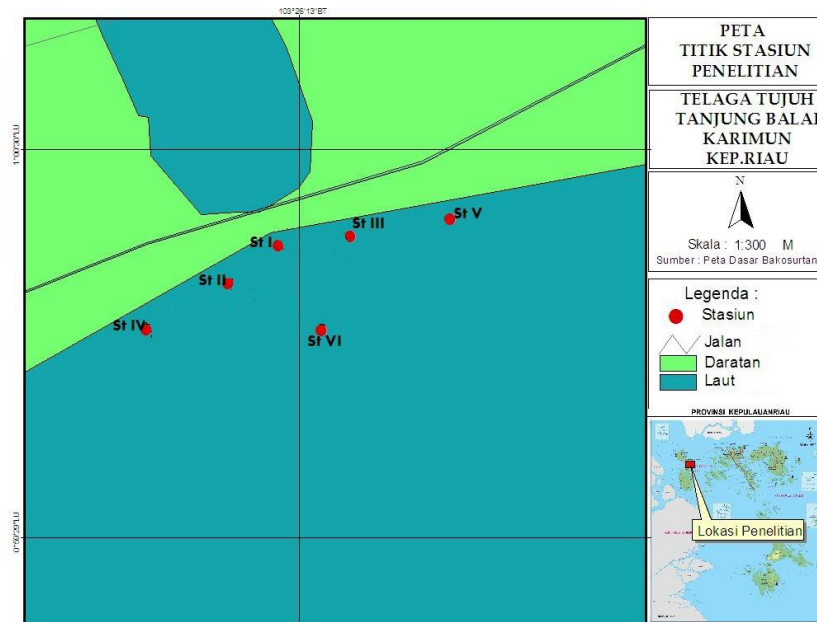
danau-danau kecil yang disebut “kolong”. Henny (2011) menyatakan, kolong umumnya mempunyai air yang bersifat asam tergantung dari tipe mineral dominan di area tambang tersebut dan mengandung logam-logam terlarut berbahaya yang tidak dapat dimanfaatkan dalam kurun waktu yang cukup panjang. Espana *et al* (2008), juga menyatakan bahwa area tambang yang didominasi oleh batuan mineral sulfida dan besi akan menghasilkan kolong yang airnya asam dan mengandung sulfat dan logam Fe yang tinggi. Oksidasi mineral sulfida juga dapat melepaskan logam lainnya antara lain Pb, Cu dan Zn.

Kolong bekas penambangan timah di Desa Telaga Tujuh yang terhubung oleh parit-parit kecil ke perairan pantai, diduga memberikan pengaruh ancaman logam yang akan mengalami pengendapan, pengeceran dan dispersi pada sedimen perairan pantai. Logam yang masuk ke lingkungan perairan pantai kemudian terakumulasi ke dalam sedimen. Selain itu di sekitar perairan ini juga terdapat aktivitas penduduk seperti pemukiman, tempat pembuangan sampah, pencucian kendaraan bermotor, pelayaran, pelabuhan bagi kapal barang dan perikanan, serta adanya aktivitas kapal keruk di sekitar wilayah pantai diduga menjadi sumber masuknya logam ke perairan. Kompleksnya aktivitas disekitar kawasan ini diperkirakan dapat memberikan masukan bahan pencemar logam Pb, Cu dan Zn pada sedimen dan perairan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai distribusi kandungan logam Pb, Cu dan Zn pada sedimen baik secara horizontal maupun vertikal, serta mengetahui tingkat pencemaran logam tersebut di Perairan Pantai Telaga Tujuh akibat bekas penambangan timah serta aktifitas antropogenik di sekitarnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2012, pengambilan sampel di Perairan Pantai Telaga Tujuh Kabupaten Karimun Propinsi Kepulauan Riau. Sampel sedimen diambil secara *purposive sampling* dari Perairan Pantai Telaga Tujuh. Lokasi pengambilan sampel dibagi menjadi enam stasiun (Gambar 1), yang diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi Perairan Pantai Telaga Tujuh. Stasiun I di sekitar outlet atau gorong – gorong bagian luar kolam bekas daerah galian. Stasiun II di sekitar pemukiman penduduk (aliran ke laut) dan berjarak ± 150 m sebelah kiri dari Stasiun I. Stasiun III terletak di sebelah kanan Stasiun I berjarak ± 150 m. Stasiun IV dan V masing – masing berjarak 200 Km dari Stasiun II dan III sekitar 20 m sejajar garis pantai, dan Stasiun VI berjarak ± 800 m kearah laut dari Stasiun I. Analisis sampel dilaksanakan di Laboratorium Terpadu dan Laboratorium Kimia Pangan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau.



Gambar 1. Peta Titik Stasiun Penelitian

Pengambilan sampel sedimen untuk penentuan kandungan logam Pb, Cu dan Zn dilakukan pada saat surut, sampel sedimen diambil secara vertikal dengan menggunakan pipa PVC *corer*, yang diturunkan secara vertikal kedasar perairan pantai, untuk mengambil sedimen dari bagian sedimen permukaan sampai sedimen kedalaman 30 cm, setelah itu pipa PVC *corer* ditutup agar sedimen yang masuk kedalam pipa PVC *corer* dapat tertahan. Pipa PVC *corer* diangkat untuk dilakukan pengambilan sampel yang dibagi menjadi tiga bagian yaitu lapisan pertama (0-1 cm), lapisan kedua (10-11 cm) dan lapisan ketiga (20-21 cm), kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik yang telah diberi label berdasarkan lapisan dan stasiunnya. Sampel dimasukkan ke dalam *ice box*, selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

Sampel sedimen diperlakukan dan didestruksi sesuai prosedur Yap *et al* (2002), serta Analisis kandungan logam Pb, Cu, dan Zn menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) tipe Perkin – Elmer 3110. Perhitungan kandungan logam pada sampel sedimen menurut Yap *et al* (2002), dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

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

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

Tingkat pencemaran logam di Perairan Pantai Telaga Tujuh dilihat dari perbandingan hasil analisis logam Pb, Cu dan Zn pada sedimen dengan standar konsentrasi ERL (*Effects Range Low*) dan ERM (*Effects Range Median*) merujuk kepada Long *et al dalam* Amin *et al* (2009a). Perhitungan nilai *Index of Geoaccumulation* (I_{geo}) dari hasil analisis konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn dengan menggunakan rumus Muller *dalam* Amin *et al* (2009a).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Umum Daerah dan Parameter Kualitas Perairan

Wilayah Telaga Tujuh berada pada 00°11' LU - 01°51' LU, 103°14' - 103°36' BT. Perairan Pantai Telaga Tujuh selain mendapat aliran langsung dari kolam daerah bekas penambangan/galian timah dan terdapat jalur pelayaran kapal. Perairan Pantai Telaga Tujuh juga mendapat pengaruh dari aktifitas antropogenik dari pemukiman penduduk disekitar perairan Pantai, selain itu juga terdapat ekosistem mangrove. Perairan Pantai Telaga Tujuh memiliki pola arus yang dipengaruhi oleh pasang dan surut yang terjadi dua kali dalam sehari (*semi diurnal*). Kondisi pantai pada saat arus surut, air laut surut sampai rata – rata \pm 800 meter dari pantai. Pola arus pasang dan surut ini sangat berpengaruh pada aktifitas pelayaran kapal, dimana pada saat surut aktifitas pelayaran kapal akan terhenti.

Pengukuran parameter kualitas perairan dilakukan untuk mendapatkan gambaran umum kondisi Perairan Pantai Telaga Tujuh pada saat dilakukan penelitian, pengukuran kualitas perairan di Perairan Pantai Telaga Tujuh didapatkan rata-rata untuk suhu 29,2 °C, salinitas 23,4 ‰, serta pH 6,4. Untuk kecerahan, kedalaman dan kecepatan arus rata-rata yang didapatkan dari pengukuran 4 stasiun yaitu Stasiun 1, 3, 5 dan 6 berturut-turut adalah 32,2 cm, 1,4 m dan 0,5 m/dt. Stasiun 2 dan 4 tidak dapat dilakukan pengukuran parameter kecerahan karena kondisi Perairan Pantai Telaga Tujuh saat dilakukan penelitian dalam kondisi surut. Hal ini juga berlaku untuk kecerahan dan kecepatan arus dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Perairan

Waktu Pengukuran	St	Parameter					
		Suhu (°C)	pH	Salinitas ‰	Keccerahan (cm)	Kedalaman (m)	Kec. Arus (m/dt)
15:25:05	1	30	6	22,0	28,5	1,05	1,03
16:05:11	2	29,8	6	22,8	-	-	-
16:35:51	3	29,6	6	23,0	32,2	1,12	0,28
16:47:31	4	29,2	6	23,2	-	-	-
17:16:57	5	29	6	23,6	32,5	1,56	0,31
17:32:41	6	28	7	24,0	35,6	1,72	0,28
Rata – Rata		29,2	6,4	23,4	32,2	1,4	0,5

2. Distribusi Kandungan Logam Pb, Cu dan Zn Secara Horizontal

Rata-rata kandungan logam berat Pb, Cu, dan Zn dalam sedimen pada masing-masing stasiun di Perairan Pantai Telaga Tujuh berturut-turut adalah 60,76 $\mu\text{g/g}$, 38,24 $\mu\text{g/g}$ dan 108,41 $\mu\text{g/g}$ dapat dilihat pada Tabel 2. Kandungan logam Pb tertinggi terdapat pada Stasiun 1 (94,95 $\mu\text{g/g}$) dan terendah pada Stasiun 6 (13,44 $\mu\text{g/g}$). Untuk kandungan logam Cu tertinggi terdapat pada Stasiun 2 (76,04 $\mu\text{g/g}$) dan terendah pada Stasiun 6 (14,57 $\mu\text{g/g}$), sedangkan kandungan logam Zn tertinggi terdapat pada Stasiun 6 (120,82 $\mu\text{g/g}$) dan kandungan terendah terdapat pada Stasiun 2 (93,88 $\mu\text{g/g}$).

Tabel 2. Konsentrasi Rata-Rata Logam Pb, Cu, dan Zn di Setiap Stasiun

Stasiun	Konsentrasi Logam Berat ($\mu\text{g/g}$)		
	Pb	Cu	Zn
1	94,95 \pm 8,10	65,67 \pm 7,14	101,95 \pm 48,13
2	76,92 \pm 14,98	76,04 \pm 20,05	93,88 \pm 12,54
3	82,76 \pm 12,11	37,93 \pm 15,12	100,32 \pm 3,29
4	40,30 \pm 2,35	15,23 \pm 3,93	113,77 \pm 17,81
5	56,16 \pm 2,37	20,03 \pm 7,54	119,73 \pm 18,30
6	13,44 \pm 2,29	14,57 \pm 5,21	120,82 \pm 15,79
Rata-Rata	60,76 \pm 29,39	38,24 \pm 26,98	108,41 \pm 22,57

Tingginya kandungan logam Pb pada Stasiun 1, hal ini diduga karena terakumulasinya logam berat Pb dari waktu ke waktu akibat aliran air daerah bekas penambangan/galian timah. Stasiun 2 yang merupakan daerah pemukiman penduduk memiliki kandungan logam Cu tertinggi dibandingkan stasiun lainnya, hal ini diduga besarnya pengaruh buangan limbah padat penduduk pada daerah ini, selain itu juga karena sebagian besar kapal-kapal kecil nelayan setempat yang menggunakan cat anti karat yang mengandung logam Cu berlabuh di daerah ini selama mereka tidak melaut. Seperti yang diungkapkan Suwondo *et al* (2005) bahwa logam berat Cu yang masuk keperairan dapat berasal dari limbah rumah tangga, limbah perkotaan dan cat pengawetan lambung kapal. Saat surut Stasiun 6 yang merupakan daerah paling jauh dari pantai, tidak mengalami pengaruh yang besar terhadap aktifitas pelayaran kapal-kapal serta menjadi tempat pemberhentian sementara untuk kapal-kapal besar sebelum berlabuh ke pelabuhan yang berada pada Stasiun 5 yang mengalami pendangkalan akibat surut. Hal ini berpengaruh terhadap tingginya kandungan logam berat Zn pada Stasiun ini dibandingkan stasiun lainnya.

3. Distribusi Kandungan Logam Pb, Cu dan Zn Secara Vertikal

Hasil analisis logam Pb, Cu dan Zn pada tiga lapisan sedimen yang berbeda yaitu ; lapisan atas/permukaan diambil pada kedalaman 0-1 cm, lapisan tengah pada kedalaman 10-11 cm, serta lapisan bawah pada kedalaman 20-21 cm. Rata-rata konsentrasi logam berat pada setiap lapisannya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 5. Rata-Rata Kandungan Logam Pb, Cu dan Zn Berdasarkan Lapisan Sedimen.

Lapisan (cm)	Rata-Rata Konsentrasi Logam ($\mu\text{g/g}$)		
	Pb	Cu	Zn
Atas (0-1)	65,78 \pm 32,56	49,12 \pm 32,42	128,69 \pm 20,10
Tengah (10-11)	61,91 \pm 32,94	34,73 \pm 24,58	102,89 \pm 13,59
Bawah (20-21)	54,57 \pm 26,72	30,87 \pm 24,50	93,65 \pm 18,76

Dari Tabel 2, dapat dilihat rata-rata kandungan logam Pb, Cu dan Zn pada lapisan atas (0-1 cm), tengah (10-11 cm) dan bawah (20-21 cm) mengalami penurunan konsentrasi seiring bertambahnya kedalaman lapisan. Secara umum kandungan logam pada lapisan bagian atas lebih tinggi dibandingkan lapisan dibawahnya. Dimana pada lapisan atas (0-1 cm) merupakan lapisan dengan kandungan logam tertinggi, Pb 65,78 $\mu\text{g/g}$, Cu 49,12 $\mu\text{g/g}$ dan kandungan logam Zn tertinggi dengan konsentrasi 128,69 $\mu\text{g/g}$. Sedimen lapisan atas (0-1 cm) menjadi lapisan paling cepat mendapat pengaruh dari masuknya logam berat dari pada lapisan lain. Hal ini disebabkan karena lapisan ini yang senantiasa menerima semua material yang berasal dari aktivitas antropogenik di sekitar Perairan Pantai Telaga Tujuh. Lebih rendahnya kandungan logam Pb, Cu dan Zn pada lapisan bawah (20-21 cm), diduga karena pada lapisan ini keadaan sedimennya relatif sudah tidak mendapat pengaruh dari aktifitas yang ada, sehingga tidak ada pemasukan logam Pb, Cu dan Zn.

4. Status Pencemaran Logam Pb, Cu dan Zn

Hasil analisis kandungan rata-rata logam Pb, Cu dan Zn pada sedimen di Perairan Pantai Telaga Tujuh dibandingkan dengan standar konsentrasi ERL (*Effects Range Low*) dan ERM (*Effects Range Median*) untuk melihat kemungkinan adanya dampak negatif pada lingkungan, menunjukkan nilai konsentrasi Pb dan Cu berada diatas standar konsentrasi ERL namun masih dibawah ERM, serta logam Zn masih berada dibawah standar konsentrasi ERL. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Konsentrasi Logam Berat ($\mu\text{g/g}$) Pada Sedimen di Perairan Pantai Telaga Tujuh dengan Nilai Standar ERL dan ERM

Logam	Konsentrasi Logam ($\mu\text{g/g}$)	ERL ($\mu\text{g/g}$)	ERM ($\mu\text{g/g}$)
Pb	60,755	46,700	218,000
Cu	38,241	34,000	270,000
Zn	108,411	150,000	410,000

Kandungan rata-rata logam berat Pb 60,76 $\mu\text{g/g}$ dan Cu 38,24 $\mu\text{g/g}$. Konsentrasi ini berada diatas nilai standar ERL, namun masih berada dibawah nilai standar ERM, yang berarti logam Pb dan Cu diduga akan memberikan dampak negatif dimasa yang akan. Sedangkan konsentrasi logam Zn 108,411 $\mu\text{g/g}$ masih berada dibawah ERM maupun ERL, yang berarti belum memberikan dampak negatif yang nyata pada Perairan Pantai Telaga Tujuh.

Hasil perhitungan nilai *Indeks of Geoaccumulation* pada sedimen menunjukkan bahwa logam Pb, Cu dan Zn pada seluruh stasiun termasuk kedalam Kelas 1 atau belum tercemar, untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-Rata Nilai *Index of Geoaccumulation* (I_{geo}) dan Klasifikasinya Pada Sedimen di Perairan Pantai Telaga Tujuh

Stasiun	Nilai I_{geo}			Klasifikasi		
	Pb	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn
1	0,95	0,29	0,22	1	1	1
2	0,77	0,34	0,20	1	1	1
3	0,83	0,17	0,21	1	1	1
4	0,40	0,07	0,24	1	1	1
5	0,56	0,09	0,25	1	1	1
6	0,13	0,07	0,26	1	1	1
Rata-rata	0,61	0,17	0,23	1	1	1

Hasil perhitungan nilai *Index of Geoaccumulation* (I_{geo}) pada sedimen menunjukkan bahwa logam Pb, Cu dan Zn pada seluruh stasiun di Perairan Pantai Telaga Tujuh berada pada Kelas 1 (belum tercemar). Namun dilihat dari nilai indeksinya, terutama nilai indeks Pb yaitu 0,61 sudah mendekati untuk masuk Kelas 2 (tercemar ringan).

Pada penelitian Amin *et al* (2009b) di perairan Dumai untuk logam Pb, Cu dan Zn berdasarkan hasil perhitungan *Index of Geoaccumulation* (I_{geo}), secara keseluruhan masih berada pada Kelas 1 (belum tercemar). Pada perairan Semenanjung Selatan Malaysia berdasarkan penelitian Yap dan Wong (2011) dengan melihat hasil perhitungan I_{geo} untuk logam Pb, Cu dan Zn berada pada Kelas 1, namun kemungkinan untuk tercemar dapat terjadi jika dilihat dari nilai indeksinya. Amin *et al* (2009a) menyatakan monitoring kondisi perairan pantai sangat diperlukan sejalan dengan semakin banyaknya aktivitas pembangunan yang ada sehingga kualitas lingkungan perairan pantai akan tetap terjaga.

4.2.5. Perbandingan Dengan Beberapa Penelitian Lain

Kandungan rata-rata logam berat pada sedimen di Perairan Pantai Telaga Tujuh dibandingkan dengan beberapa daerah lainnya, seperti; Pantai Tanjung Buton (Pb 21,07 $\mu\text{g/g}$ dan Cu 0,80 $\mu\text{g/g}$) Amin *et al* (2011), serta Perairan Dumai (Pb 32,34 $\mu\text{g/g}$, Cu 6,08 dan Zn 53,89 $\mu\text{g/g}$) Amin *et al* (2009a) secara umum kandungan logam di Perairan Pantai Telaga Tujuh lebih tinggi.

Lebih tingginya kandungan logam Pb, Cu dan Zn pada sedimen di Perairan Pantai Telaga Tujuh dibanding penelitian daerah perairan lainnya, disebabkan karena kondisi lingkungan perairan yang sangat berbeda. Besarnya pengaruh bekas penambangan timah, aktivitas pelayaran, pelabuhan kapal, pencucian kapal, serta aktivitas perairan lainnya seperti penambangan pasir pantai, memberi input yang sangat besar terhadap Perairan Pantai Telaga Tujuh dibandingkan perairan lainnya.

Jika dibandingkan dengan penelitian Amin (2002), di perairan Telaga Tujuh (Pb 85,83 $\mu\text{g/g}$, Cu 45,27 $\mu\text{g/g}$ dan Zn 95,59 $\mu\text{g/g}$) dengan penelitian ini, dalam 11 tahun terjadi penurunan konsentrasi untuk logam Pb, namun terjadi kenaikan konsentrasi untuk logam Cu dan Zn, hal ini diduga pengaruh dari bekas penambangan timah dari waktu ke waktu

mengalami penurunan, namun semakin meningkatnya aktivitas perkapalan di Perairan Pantai Telaga Tujuh serta semakin padatnya penduduk di sekitar Perairan Pantai Telaga Tujuh menjadi penyebab meningkatnya konsentrasi logam Cu dan Zn. Arisandi (2004) menyatakan bahwa galangan kapal beserta kegiatan di pelabuhan merupakan salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam perairan pantai. Razak (1987) menambahkan bahwa logam Zn digunakan pada lapisan campuran logam, galvanisir, cat baterai dan karet yang secara langsung dan tidak langsung berhubungan dengan aktifitas pelabuhan dan aktifitas penduduk di sekitar lokasi penelitian.

KESIMPULAN

Distribusi kandungan logam Pb, Cu dan Zn antar stasiun, kandungan logam tertinggi untuk logam Pb terdapat pada Stasiun 1, kandungan logam Cu pada Stasiun 2 dan kandungan logam Zn terdapat pada Stasiun 6. Distribusi vertikal kandungan logam Pb, Cu, dan Zn berbeda pada setiap lapisan dan lapisan tertinggi dijumpai pada lapisan atas (0-1 cm).

Perbandingan konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn dengan Standar ERL dan ERM serta perhitungan *Index of Geoaccumulation* (I_{geo}), menunjukkan secara umum Perairan Pantai Telaga Tujuh berada dalam kondisi belum tercemar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian Bapak Prof. Dr. Ir. Bintal Amin. M.Sc yang bersumber dari dana PNBP Universitas Riau, untuk penelitian Guru Besar tahun anggaran 2012. Untuk itu ucapan terimakasih disampaikan kepada Ketua Lembaga Penelitian UR, yang telah menyediakan dana penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, B., E. Afriyani, M dan A. Saputra., 2011. Distribusi Spasial Logam Pb dan Cu pada Sedimen dan Air Laut Permukaan di Perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *Jurnal Teknobiologi* Vol 2 (1) : 1-8.
- Amin, B., M. Galib dan I. Nurrachmi., 2009a. Evaluasi Tingkat Pencemaran Logam Berat di Perairan Dumai dengan Pendekatan Indeks Pencemaran dan Standard Quality Guidelines. Laporan Penelitian Unggulan Lokal. Universitas Riau.
- Amin, B., A. Ismail, A. Arshad, C. K. Yap dan M. S. Kamarudin., 2009b. Antropogenic impacts on heavy metal concentrations in the coastal sediments of Dumai, Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment* ; 148(1-4): 291-305.
- Amin, B. 2002. Distribusi Logam Berat Pb, Cu dan Zn di Perairan Telaga Tujuh Karimun Kepulauan Riau. *Jurnal Natur Indonesia* Vol 5 (1): 9 – 16.
- Espana J. S.; E. L. Pamo; E. S. Pastor & M. D. Ercilla. 2008. The acidic mine pit lakes of the Iberian pyrite belt: An approach to their physical limnology and hydrogeochemistry. *Applied Geochemistry*, 23:1260-1287.

- Henny, C. 2011. "Kolong" Bekas Tambang Timah di Pulau Bangka: Permasalahan Kualitas Air dan Alternatif Solusi Untuk Pemanfaatan. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 37(1): 119-138.
- Suwondo, Y. Fauziah, Syafrianti dan S. Wariyanti. 2005. Akumulasi Logam Cuprum (Cu) dan Zincum (Zn) di Perairan Sungai Siak dengan Menggunakan Biokumulator Eceng Gondok. *Jurnal Biogenesis* Vol. 1(2):51-56.
- 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.