

**DISTRIBUSI DAN PREDIKSI TINGKAT PENCEMARAN LOGAM BERAT (Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni) DALAM SEDIMEN DI PERAIRAN PULAU BANGKA MENGGUNAKAN INDEKS BEBAN PENCEMARAN DAN INDEKS GEOAKUMULASI**

***DISTRIBUTION AND PREDICTION ON HEAVY METALS POLLUTION LEVEL (Pb, Cd, Cu, Zn, and Ni) IN SEDIMENT IN BANGKA ISLAND WATERS USING LOAD POLLUTION INDEX AND GEOACCUMULATION INDEX***

**Fasmi Ahmad**

Stasiun Penelitian Lapangan P2O LIPI, Ternate

Email: fasmi\_lipi@ymail.com

**ABSTRACT**

*Bangka Island is rich in natural resources particularly tin minerals. The increasing of tin mining has elevated various wastes such as tailings, oil, and fuel coming from the sand scraper tin boat. These wastes containing toxic heavy metals may harmful to marine organism. Measurement of Pb, Cd, Cu, Zn, and Ni were carried out in September 2010. The purpose of this research was to predict the pollution degree of Pb, Cd, Cu, Zn, and Ni in sediment using two different methods namely geoaccumulation index ( $I_{geo}$ ) and pollution load index (PLI). The samples of sediments were collected at 20 stations using Gravity Core. The content of heavy metals in all samples was determined using Atomic Absorption Spectrophotometer with a mixture of air and acetylene flame. The results showed that there was a different of prediction on sediment pollution level between Load Pollution Index with Geoaccumulation Index. According to Load Pollution Index, sediments in this waters were not polluted by Pb, Cd, Cu, Zn, and Ni ( $PLI < 1$ ). Based on Geoaccumulation Index, sediment were also not polluted by Pb, Cu, Zn, and Ni ( $I_{geo} < 0$ ). While for Cd, sediments divided into three categories, namely not polluted ( $I_{geo} < 0$ ), light polluted ( $0 < I_{geo} < 1$ ), and medium polluted ( $1 < I_{geo} < 2$ ). The concentration of the heavy metals still lower than that sediment quality guideline values.*

**Keywords:** *Bangka Island, heavy metals, geoaccumulation index, pollution load index.*

**ABSTRAK**

Pulau Bangka kaya akan sumber daya mineral khususnya timah. Kegiatan penambangan timah di pulau ini menghasilkan limbah berupa *tailing*, dan limbah bahan bakar minyak yang berasal dari kapal pengeruk pasir timah. Limbah tersebut mengandung logam berat yang bersifat toksis terhadap biota laut. Pengukuran kadar logam berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni dalam sedimen di perairan ini telah dilakukan pada bulan September 2010. Tujuan penelitian ini adalah untuk memprediksi tingkat pencemaran logam berat Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni dalam sedimen dengan menggunakan indeks beban pencemaran (*pollution load index, PLI*) dan indeks geoakumulasi (*geoaccumulation index, I-geo*). Contoh sedimen diambil dari 20 stasiun dengan menggunakan *Gravity Core*. Kadar logam berat dalam semua contoh ditentukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) dengan nyala campuran udara dan asetilen. Hasilnya menunjukkan terdapat perbedaan prediksi tingkat pencemaran sedimen antara Indeks Beban Pencemaran dengan Indeks Geoakumulasi. Berdasarkan nilai indeks beban pencemaran, sedimen di perairan Bangka ini belum tercemar oleh logam Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni ( $PLI < 1$ ). Berdasarkan indeks geoakumulasi, sedimen juga tidak tercemar oleh Pb, Cu, Zn, dan Ni ( $I_{geo} < 0$ ), tetapi untuk Cd termasuk dalam 3 kategori tingkat pencemaran yakni tidak tercemar ( $I_{geo} < 0$ ), tercemar ringan ( $0 < I_{geo} < 1$ ), dan tercemar sedang ( $1 < I_{geo} < 2$ ). Kadar ke lima logam berat tersebut masih lebih rendah dari nilai ambang batas yang diizinkan untuk sedimen.

**Kata kunci:** Pulau Bangka, logam berat, indeks geoakumulasi, indeks beban pencemaran.

## I. PENDAHULUAN

Perhatian terhadap kontaminasi logam berat di lingkungan semakin meningkat, hal ini disebabkan oleh sifat logam berat yang toksis dan persistensi dalam system akuatik (Tijani *et al.*, 2005). Pada dasarnya terdapat tiga tempat penyimpanan logam dalam system akuatik yakni air, sedimen, dan biota (Saha *et al.*, 2001).

Analisa sedimen laut merupakan suatu metode yang sangat berguna dalam mempelajari pencemaran lingkungan oleh logam berat. Logam berat terakumulasi dalam sedimen melalui mekanisme adsorpsi kimia dan fisika yang kompleks tergantung pada matrik sedimen yang ada di alam dan sifat dari senyawa yang diserap (Rabee *et al.*, 2011).

Terjadinya peningkatan konsentrasi logam berat dalam sedimen yang dijumpai di dasar kolom air dapat menjadi suatu indikator yang bagus dari pencemaran yang disebabkan oleh kegiatan manusia dari pada pengayaan sedimen secara alami melalui pelapukan geologi (Wakida *et al.*, 2008).

Prediksi pengayaan sedimen oleh unsur logam dapat terjadi dengan berbagai cara, salah satu cara yang umum adalah dengan menggunakan indek geoakumulasi (Geoaccumulation Index, I-geo) dan indek beban pencemaran (Pollution Load Index, PLI). I-geo telah digunakan secara luas sebagai suatu ukuran dari pencemaran sedimen, sedangkan PLI menyatakan berapa kali konsentrasi logam berat telah melebihi konsentrasi normalnya, dan memberikan suatu indikasi jumlah dari level keseluruhan dari toksisitas logam berat dalam suatu contoh tertentu (Priju *et al.*, 2006).

Oleh karena itu, perlu dilakukan pemantauan pencemaran laut oleh logam berat di perairan Pulau Bangka dan sekitarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah memprediksi tingkat pencemaran

logam berat dalam sedimen di perairan Pulau Bangka dengan menggunakan dua cara yang berbeda yakni cara indek beban pencemaran (Load Pollution Index, PLI) dan indek geoakumulasi (Geoaccumulation Index, Igeo).

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Deskripsi Lokasi Penelitian

Perairan Bangka Belitung terletak pada posisi 01°25'00" LS, 105°32'00" BT dengan 01°32'39,84" LS, 105°41'34,50" BT. Perairan ini termasuk perairan neritik dangkal dan banyak mengandung endapan mineral seperti halnya pegunungan-pegunungan di Malaysia yang banyak mengandung timah yang terbentuk 145 juta tahun silam (Katili, 1986). Di sekitar P. Bangka, P. Belitung, P. Singkep, Kepulauan Riau, dan Selat Malaka terdapat timah *placer*. Mineral yang selain didapat di darat juga dijumpai di lepas pantai sebagai endapan sekunder disebut endapan *placer* (Bakosurtanal, 2002). Mineral berat ditemukan berlimpah di perairan P. Bangka, P. Belitung dan P. Singkep. Jenis mineral tersebut adalah rutil (Ti O<sub>2</sub>), ilmenit (FeTiO<sub>2</sub>), zirkon (ZrSiO<sub>4</sub>), monasit (LTJ.PO<sub>4</sub>.SiO<sub>4</sub>), xenotim (LTJ.PO<sub>4</sub>). Selain itu terdapat bahan galian industri/bangunan berupa endapan lempung *kaolin*, *sirtu* (pasir dan kerikil) terdiri dari 90 % mineral *kuarsa* yang terdapat di sepanjang pesisir Tanjung Kait di P. Sumatera dan pantai Tanjung Limau serta antara pantai Tempilang hingga Tanjung Panggung di P. Bangka, *batu belah yang berasal* dari singkapan *batu granit* di sepanjang pantai utara P. Bangka yaitu Tanjung Ular, pantai Tempilang, Tanjung Berdaun dan Tanjung Labun (Bakosurtanal, 1999).

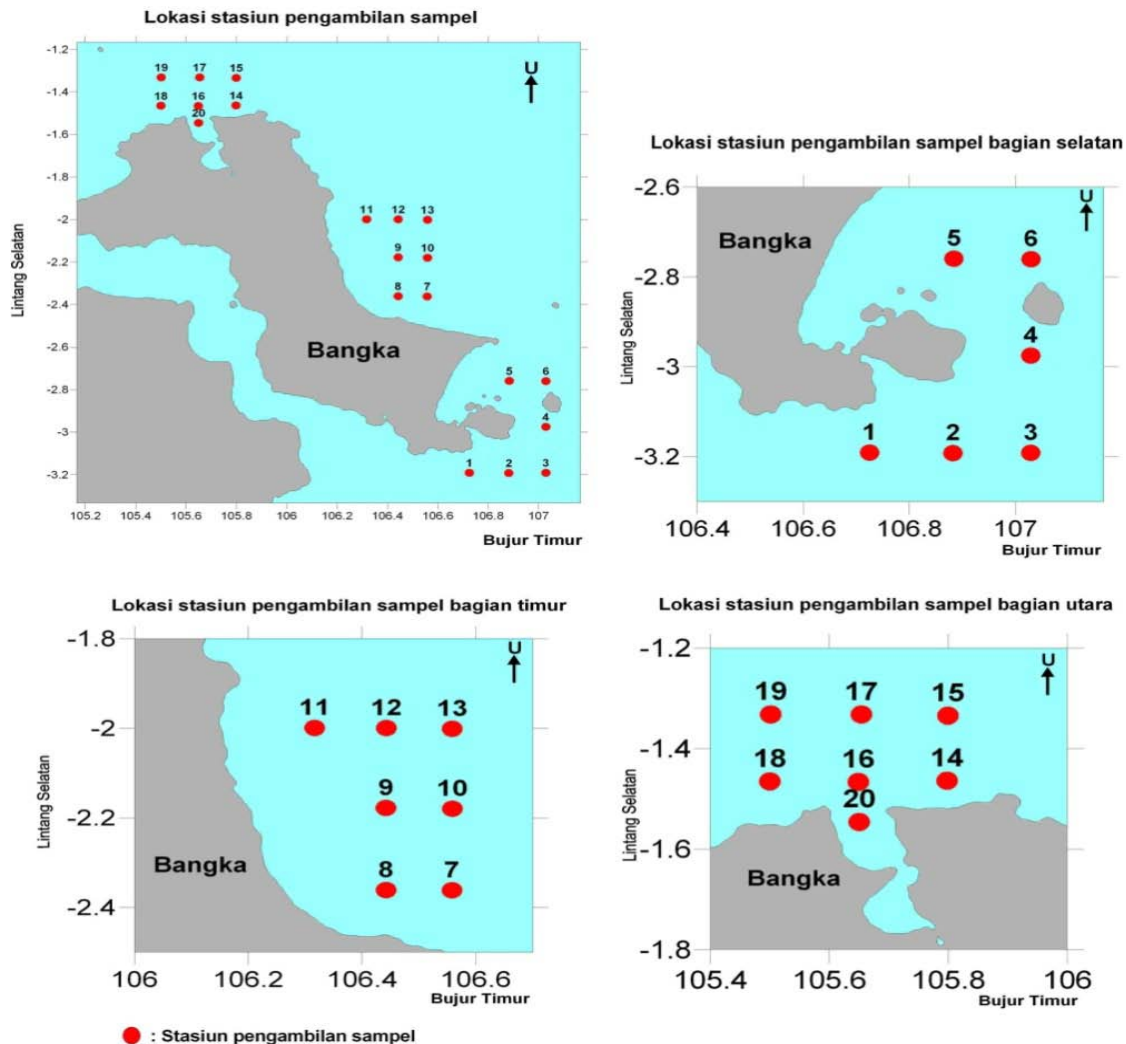
Saat ini aktivitas penambangan timah semakin meningkat, tidak hanya dilakukan oleh pelaku tambang berizin, tetapi juga dilakukan oleh pelaku tambang

secara liar. Keadaan ini terlihat dengan semakin maraknya kegiatan pertambangan rakyat yang sifatnya ilegal, dan cenderung mengabaikan pengelolaan hasil samping pertambangan yang dapat mencemari lingkungan. Eksplorasi timah baik di darat maupun laut secara besar-besaran telah menghasilkan limbah *tailing* yang besar pula dan dibuang langsung ke laut tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal ini menyebabkan terjadinya sedimentasi pada sebagian Laut Bangka. Di samping limbah *tailing*, tumpahan oli dan solar yang berasal dari aktivitas penambangan juga turut menyumbang pencemaran, terutama

berkaitan dengan pencemaran logam berat di perairan Pulau Bangka.

## 2.2. Pengambilan dan Analisis Contoh

Penelitian yang dilaksanakan atas kerja sama Kementerian Pendidikan Nasional dan Pusat Penelitian Oseanografi LIPI dilakukan pada tanggal 22-28 September 2010 dengan menggunakan Kapal Riset Baruna Jaya VIII. Di perairan Pulau Bangka ditetapkan sebanyak 20 stasiun penelitian (Gambar 1). Posisi stasiun ditetapkan secara purposif dengan *Global Positioning System* (GPS).



Gambar 1. Lokasi penelitian dan posisi stasiun pengambilan contoh sedimen di Perairan Pulau Bangka, September 2010.

Contoh sedimen diambil dengan menggunakan grab dari Kapal Riset Baruna Jaya VIII, kemudian dimasukkan ke dalam botol berwarna gelap, dan disimpan dalam lemari pendingin. Di laboratorium contoh dimasukkan ke dalam cawan teflon dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105° C selama 24 jam. Setelah kering dikocok beberapa kali dengan air suling. Contoh sedimen dikeringkan kembali pada suhu 100°C selama 24 jam, kemudian digerus hingga halus. Sebanyak 5 g contoh sedimen kering dimasukkan ke dalam cawan teflon, didestruksi dengan menggunakan HNO<sub>3</sub>/HCl pekat dan dibiarkan pada suhu ruang ± 4 jam. Destruksi dilanjutkan pada suhu 90°C selama 8 jam. Kadar Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni dalam semua contoh (air laut dan sedimen) ditentukan dengan Atomic Absorption Spectrophotometer Varian SpectrAA-20 Plus menggunakan nyala campuran udara-asetilen (Hutagalung *et al.*, 1997)

Tingkat pencemaran logam berat dalam sedimen ditentukan dengan menggunakan Indeks Beban Pencemaran (*Pollution Load Index*, PLI), dan Indeks Geoakumulasi (*Geoaccumulation Index*, I-Geo) (Rabee *et al.*, 2011; Qingjie *et al.*, 2008; Parizanganeh *et al.*, 2012; Veerasingam *et al.*, 2012; Shams *et al.*, 2012) (Tabel 1) dengan rumus:

|                  |  |
|------------------|--|
| I <sub>geo</sub> | = log <sub>2</sub> (C <sub>x</sub> /1,5 B <sub>n</sub> )                                     |
| C <sub>x</sub>   | = Konsentrasi logam x dalam contoh,  |
| B <sub>n</sub>   | = konsentrasi normal logam x di alam (background) (Mohiuddin <i>et al.</i> , 2010)           |
| 1,5              | = konstanta  |
| CF               | = C <sub>x</sub> /C <sub>background</sub> (B <sub>n</sub> )                                  |
| PLI              | = [CF <sub>1</sub> X CF <sub>2</sub> x CF <sub>3</sub> .....CF <sub>n</sub> ] <sup>1/n</sup> |
| n                | = Jumlah logam   |

Tabel 1. Kriteria tingkat pencemaran dan kontaminasi.

| Kriteria  |  |   |
|---|--|---|
| Indek geoakumulasi (geoaccumulation index, I <sub>geo</sub> ) | Indek beban pencemaran (pollution load index, PLI) | Faktor kontaminasi (contamination factor, Cf) |
| I <sub>geo</sub> < 0, tidak tercemar                          | < 0, tidak tercemar                                | Cf < 1, tingkat kontaminasi rendah            |
| 0 < I <sub>geo</sub> < 1, tercemar ringan                     | 0-2, tidak tercemar sampai tercemar ringan         | 1 < Cf < 3, tingkat kontaminasi sedang        |
| 1 < I <sub>geo</sub> < 2, tercemar sedang                     | 2-4, tercemar sedang                               | 3 < Cf < 6, tingkat kontaminasi cukup         |
| 2 < I <sub>geo</sub> < 3, tercemar cukup parah                | 4-6, tercemar parah                                | Cf > 6, tingkat kontaminasi sangat tinggi     |
| 3 < I <sub>geo</sub> < 4, tercemar parah                      | 6-8, tercemar sangat parah                         |   |
| 4 < I <sub>geo</sub> < 5, tercemar luar biasa parah           | 8-10, tercemar luar biasa parah                    |   |
| I <sub>geo</sub> > 5, tercemar sangat luar biasa parah        |  |   |

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Kadar Logam Berat dalam Sedimen

Hasil pengukuran kadar logam berat Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni dalam sedimen di perairan Pulau Bangka disajikan pada Tabel 2. Dari tabel tersebut dapat dilihat kadar Pb tertinggi dijumpai

di perairan Pulau Bangka Selatan yakni berkisar 1,682-16,516 ppm dengan rerata 6,879 ppm, selanjutnya diikuti oleh Bangka Utara yang kadar Pb nya berkisar 0,141-12,442 ppm dengan rerata 5,953 ppm, dan Bangka Timur yang kadar Pb nya berkisar 2,19-15,092 ppm dengan rerata 4,549 ppm.

Tabel 2. Kadar logam berat dalam sedimen di perairan P. Bangka, September 2010.

| St            | Selatan |        |       |        |        |
|---------------|---------|--------|-------|--------|--------|
|               | Pb      | Cd     | Cu    | Zn     | Ni     |
| 1             | 4,270   | 0,324  | 1,897 | 11,246 | 2,711  |
| 2             | 16,516  | 0,594  | 6,663 | 25,025 | 7,226  |
| 3             | 1,682   | 0,616  | 1,707 | 2,491  | 2,473  |
| 4             | 4,695   | 0,413  | 0,835 | 5,827  | 3,709  |
| 5             | 9,731   | 0,672  | 4,918 | 53,132 | 11,355 |
| 6             | 4,380   | 0,443  | 1,885 | 10,529 | 2,862  |
| Min           | 1,682   | 0,324  | 0,835 | 2,491  | 2,473  |
| Mak           | 16,516  | 0,672  | 6,663 | 53,132 | 11,355 |
| SD            | 5,400   | 0,136  | 2,276 | 18,834 | 3,554  |
| Rerata        | 6,879   | 0,510  | 2,984 | 18,042 | 5,056  |
|               | Timur   |        |       |        |        |
| 7             | 3,487   | 0,757  | 1,830 | 14,984 | 4,645  |
| 8             | 2,825   | 0,482  | 1,626 | 13,703 | 5,365  |
| 9             | 15,092  | 0,347  | 2,560 | 21,135 | 4,404  |
| 10            | 2,190   | 0,469  | 1,581 | 12,211 | 4,581  |
| 11            | 2,909   | 0,470  | 1,345 | 8,421  | 3,557  |
| 13            | 2,610   | 0,504  | 2,209 | 17,971 | 7,562  |
| 13            | 2,733   | 0,782  | 1,416 | 15,077 | 5,666  |
| Min           | 2,19    | 0,347  | 1,345 | 8,421  | 3,557  |
| Mak           | 15,092  | 0,782  | 2,56  | 21,135 | 7,562  |
| SD            | 4,664   | 0,1619 | 0,443 | 4,059  | 1,277  |
| Rerata        | 4,549   | 0,544  | 1,795 | 14,786 | 5,111  |
|               | Utara   |        |       |        |        |
| 14            | 4,475   | 0,200  | 0,772 | 3,003  | 2,519  |
| 15            | 6,875   | 0,436  | 3,093 | 20,627 | 7,418  |
| 16            | 0,767   | 0,436  | 1,235 | 8,501  | 3,790  |
| 17            | 7,156   | 0,342  | 2,576 | 25,673 | 10,865 |
| 18            | 9,815   | 0,160  | 3,749 | 32,538 | 13,831 |
| 19            | 12,442  | 0,452  | 3,209 | 29,918 | 10,235 |
| 20            | 0,141   | 0,676  | 0,763 | 0,768  | 1,518  |
| Min           | 0,141   | 0,160  | 0,763 | 0,768  | 1,518  |
| Mak           | 12,442  | 0,676  | 3,749 | 32,538 | 13,831 |
| SD            | 4,512   | 0,173  | 1,251 | 13,087 | 3,698  |
| Rerata        | 5,953   | 0,386  | 2,199 | 17,289 | 7,168  |
| Rerata alami* | 12,5    | 0,2    | 55    | 70     | 75     |

\* Mohiuddin *et al.*, (2010)

Data ini menunjukkan pengayaan/kontaminasi logam Pb dalam sedimen di perairan Bangka Selatan lebih banyak dibandingkan dengan Bangka Utara dan Bangka Timur (Bangka Selatan>Bangka Utara>Bangka Timur).

Pengayaan logam Pb dalam sedimen dapat berasal dari sumber antropogenik maupun pelapukan secara geologis. Kadar Pb rerata hasil pengamatan ini relatif tinggi, Edward (2010; 2011) melaporkan kadar Pb dalam sedimen di perairan Elat (Maluku Tenggara) yang relatif tidak tercemar dan masih alami, berkisar <0,004–0,274 ppm dengan rerata 0,042 ppm, di Ngilngof, Tual (Maluku Tenggara) 3,187-3,921 ppm dengan rerata 3,352 ppm, dan di Ohoimas (Maluku Tenggara) 2,781-4,033 dengan rerata 3,376 ppm. Kadar Pb ini masih lebih rendah bila dibandingkan kadar Pb normal yang terdapat di alam yakni 12,5 ppm (Harikumar *et al.*, 2010). *Canadian Council of Ministers for the Environment* (CCME, 2002) menyatakan Nilai Ambang Batas Pb dalam sedimen untuk perlindungan biota adalah 35 ppm. KMNLH (2010) menetapkan Nilai Ambang Batas Pb dalam sedimen untuk kehidupan biota adalah 36,8 ppm. Kadar rerata Pb alami (background) yang terdapat di lapisan permukaan bumi adalah 12,5 ppm (Mohiuddin *et al.*, 2010). Dengan demikian kadar Pb ini masih aman untuk kehidupan biota laut.

Kadar Cd tertinggi dijumpai di perairan Bangka Timur yang kadar Cdnya berkisar 0,347-0,782 ppm dengan rerata 0,544, selanjutnya diikuti oleh Bangka Selatan 0,324-0,672 ppm dengan rerata 0,510 ppm dan di Bangka Barat 0,160-0,676 ppm dengan rerata 0,386 ppm. Kadar Cd hasil ini juga lebih tinggi dari kadar alamiah Cd yang ada di alam yakni 0,2 ppm. Data di atas menunjukkan bahwa perairan Bangka Timur lebih banyak menerima masukan limbah yang mengandung Cd dibandingkan dengan

Bangka Selatan dan Utara, sehingga terjadi pengayaan logam Cd dalam sedimen. Kadar Cd di ketiga lokasi ini relatif tinggi, Edward (2010; 2011), mendapatkan kadar Cd di perairan Elat (Maluku Tenggara) yang relatif tidak tercemar dan masih alami berkisar <0,001–0,0172 ppm dengan rerata 0,009 ppm, di Ohoimas (Maluku Tenggara) 0,216-0,295 ppm dengan rerata 0,251 ppm dan di Ngilngof (Maluku Tenggara) 0,236-0,295 ppm dengan rerata 0,263 ppm. Kadar rerata Cd alami yang terdapat di lapisan permukaan bumi adalah 0,2 ppm (Mohiuddin *et al.*, 2010).

*Canadian Council of Ministers for the Environment* (CCME, 2002) menetapkan Nilai Ambang Batas Cd dalam sedimen untuk perlindungan biota adalah 0,6 ppm. KMNLH (2010) menetapkan Nilai Ambang Batas Cd dalam sedimen untuk kehidupan biota adalah 6,2 ppm. Menurut Siddique and Aktar (2012) kadar Cd dalam sedimen yang tidak tercemar adalah 0,11 ppm. Berdasarkan ketentuan CCME dan KMNLH dan masih aman untuk kehidupan biota laut.

Kadar Cu tertinggi dijumpai di perairan Bangka Selatan yang kadar Cunya berkisar 0,835-6,663 ppm dengan rerata 2,948 ppm, selanjutnya diikuti oleh Bangka Utara 0,763-3,749 ppm dengan rerata 2,199 ppm dan Bangka Timur 1,345-3,560 ppm dengan rerata 1,795 ppm. Data di atas menunjukkan bahwa perairan Bangka Selatan lebih banyak menerima masukan limbah yang mengandung Cu sehingga terjadi pengayaan logam Cu dalam sedimen di lokasi tersebut. Kadar ini masih lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar Cu alamiah yakni 55 ppm.

Kadar Cu di ketiga lokasi penelitian ini relatif tinggi bila dibandingkan dengan hasil penelitian lain di daerah lain yang masih alami. Edward (2011, 2010) melaporkan kadar Cu di perairan Elat (Maluku Tenggara) yang

relatif tidak tercemar dan masih alami berkisar  $<0,015-0,512$  ppm dengan rerata 0,067 ppm, di Ohoimas (Maluku Tenggara) 0,216-0,295 ppm dengan rerata 0,251 ppm dan di Ngilngof (Maluku Tenggara)  $<0,001-0,029$  ppm dengan rerata 0,039 ppm. *Canadian Council of Ministers for the Environment* (CCME, 2002) menyatakan Nilai Ambang Batas Cu dalam sedimen untuk perlindungan biota adalah 35,7 ppm. KMNLH (2010) menetapkan Nilai Ambang Batas Cu dalam sedimen untuk kehidupan biota adalah 108 ppm. Dengan demikian bila mengacu pada CCME dan KMNLH di atas, dapat dikatakan bahwa sedimen di kedua perairan ini masih baik untuk kehidupan biota laut.

Kadar Zn tertinggi dijumpai di perairan Pulau Bangka Selatan yakni berkisar 2,491-53,132 ppm dengan rerata 18,042 ppm, selanjutnya diikuti oleh Bangka Utara yang kadar Zn nya 0,768-32,538 ppm dengan rerata 17,280 dan Bangka Timur 8,421-21,135 ppm dengan rerata 14,786 ppm. Data ini menunjukkan adanya pengayaan logam Zn dalam sedimen di Bangka Selatan.

Kadar Zn ini relatif tinggi bila dibandingkan dengan hasil penelitian Edward (2011, 2010), dimana dilaporkan kadar Zn di perairan Elat yang relatif tidak tercemar dan masih alami berkisar 0,008–0,361 ppm dengan rerata 0,067 ppm, di Ohoimas 0,294-2,834 ppm dengan rerata 0,888 ppm dan di Ngilngof 0,43-36,85 ppm dengan rerata 14,39 ppm. *Canadian Council of Ministers for the Environment* (CCME, 2002) menyatakan Nilai Ambang Batas Zn dalam sedimen untuk perlindungan biota adalah 123 ppm. KMNLH (2010) menetapkan Nilai Ambang Batas Zn dalam sedimen untuk kehidupan biota adalah 271 ppm. Dengan demikian bila mengacu kepada CCME dan KMNLH di atas dapat dikatakan bahwa sedimen di perairan ini masih baik untuk kehidupan biota laut

Kadar Ni tertinggi dijumpai di perairan Bangka Utara yakni berkisar 1,518-13,831 ppm dengan rerata 7,168 ppm, selanjutnya diikuti oleh Bangka Timur 3,557-7,562 ppm dengan rerata 5,111 ppm dan Bangka Selatan 2,473-11,355 ppm dengan rerata 5,056 ppm. Data ini menunjukkan bahwa perairan Bangka Utara lebih banyak menerima masukan limbah yang mengandung Ni dibandingkan dengan kedua perairan lainnya, sehingga terjadi pengayaan logam Ni di lokasi tersebut. Kadar Ni ini masih lebih rendah dari kadar alamiah Ni yang ada di alam yakni 75 ppm.

Kadar Ni hasil penelitian ini relatif tinggi. Edward (2010) mendapatkan kadar Ni di perairan Ohoimas Maluku Tenggara relatif tidak tercemar dan masih alami berkisar 0,826-1,119 ppm dengan rerata 0,959 ppm, di Ngilngof 0,702-1,141 ppm dengan rerata 0,910ppm. *British Columbia Ministry of Water, Land and Air Protection* (BCMWLAP) (Touchinski *et al.*, 2010) menyatakan nilai terendah Ni dalam sedimen yang dapat menimbulkan efek negatif adalah 16 ppm. Kadar Ni alami yang terdapat di permukaan bumi adalah 75 ppm (Mohiuddin *et al.*, 2010). Berdasarkan BCMWLAP tersebut maka dapat dikatakan bahwa kadar Ni di ketiga lokasi penelitian belum berbahaya bagi biota laut.

Hasil perhitungan nilai faktor kontaminasi (Cf) dan indek beban pencemaran (PLI) logam Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni disajikan pada Tabel 4. Dari tabel tersebut dapat dilihat nilai faktor kontaminasi (Cf) Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni di Bangka Selatan berkisar 0,015-3,36. Nilai Cf yang lebih besar dari 1 dan kecil dari 3 ( $1 < Cf < 3$ ) dijumpai pada Stasiun 2 (Pb), Stasiun 1, 2, 4, dan 6 (Cd), dan yang lebih besar dari 3 dan kecil dari 6 ( $3 < Cf < 6$ ) dijumpai di Stasiun 3 dan 5 (Cd), sedangkan untuk nilai Cf kecil dari 1 untuk Cu, Zn, dan Ni dijumpai di semua stasiun (Stasiun 1-6) (Tabel 3).

Berdasarkan nilai ini maka sedimen di perairan Bangka Selatan ini termasuk kategori terkontaminasi rendah sampai dengan cukup. Meskipun sedimen ini terkontaminasi namun belum sampai ke tingkat tercemar. Keadaan ini dapat dilihat dari nilai PLI nya. Nilai PLI di semua stasiun berkisar 0,108-0,438 ( $<1$ ), yang berarti sedimen tidak tercemar.

Di Bangka Timur nilai faktor kontaminasi (Cf) Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni berkisar 0,013-3,785. Nilai Cf yang lebih besar dari 1 dan kecil dari 3 ( $1 < Cf < 3$ )

dijumpai pada Stasiun 9 (Pb), stasiun 8, 9, 10, 11 dan 12 (Cd), sedangkan nilai Cf kecil dari 1 ( $Cf < 1$ ) untuk Cu, Zn, dan Ni dijumpai di semua stasiun (Stasiun 1-6). Untuk nilai Cf lebih besar dari 3 dan lebih kecil dari 6 ( $3 < Cf < 6$ ) dijumpai di Stasiun 7 dan 13 (Cd) (Tabel 3). Berdasarkan nilai ini maka sedimen di perairan Bangka Selatan ini termasuk kategori terkontaminasi rendah sampai dengan cukup. Keadaan ini sama dengan Bangka Selatan, meskipun sedimen ini terkontaminasi namun belum sampai ke tingkat tercemar.

Tabel 3. Faktor kontaminasi (CF) dan indeks beban pencemaran (PLI) sedimen di perairan Pulau Bangka, September 2010.

| St  | Selatan |       |       |        |       | PLI   |
|-----|---------|-------|-------|--------|-------|-------|
|     | CfPb    | CfCd  | CfCu  | CfZn   | CfNi  |       |
| 1   | 0,341   | 1,62  | 0,034 | 0,160  | 0,036 | 0,255 |
| 2   | 1,321   | 2,97  | 0,121 | 0,357  | 0,096 | 0,438 |
| 3   | 0,134   | 3,08  | 0,031 | 0,035  | 0,033 | 0,108 |
| 4   | 0,375   | 2,065 | 0,015 | 0,083  | 0,049 | 0,136 |
| 5   | 0,778   | 3,36  | 0,089 | 0,759  | 0,151 | 0,361 |
| 6   | 0,350   | 2,215 | 0,034 | 0,150  | 0,038 | 0,171 |
| Min | 0,341   | 1,62  | 0,015 | 0,035  | 0,033 | 0,108 |
| Mak | 1,321   | 3,36  | 0,121 | 0,759  | 0,151 | 0,438 |
|     | Timur   |       |       |        |       |       |
| 7   | 0,278   | 3,785 | 0,033 | 0,214  | 0,062 | 0,215 |
| 8   | 0,066   | 2,41  | 0,029 | 0,195  | 0,071 | 0,144 |
| 9   | 1,207   | 1,735 | 0,046 | 0,301  | 0,013 | 0,206 |
| 10  | 0,175   | 2,345 | 0,028 | 0,174  | 0,065 | 0,167 |
| 11  | 0,232   | 2,35  | 0,024 | 0,120  | 0,047 | 0,149 |
| 12  | 0,208   | 2,52  | 0,040 | 0,256  | 0,100 | 0,221 |
| 13  | 0,218   | 3,91  | 0,025 | 0,215  | 0,075 | 0,202 |
| Min | 0,066   | 1,735 | 0,024 | 0,120  | 0,013 | 0,144 |
| Mak | 1,207   | 3,785 | 0,046 | 0,301  | 0,100 | 0,215 |
|     | Utara   |       |       |        |       |       |
| 14  | 0,358   | 1,0   | 0,014 | 0,043  | 0,033 | 0,093 |
| 15  | 0,550   | 2,18  | 0,056 | 0,294  | 0,105 | 0,290 |
| 16  | 0,061   | 2,18  | 0,022 | 0,121  | 0,050 | 0,111 |
| 17  | 0,572   | 1,71  | 0,046 | 0,366  | 0,144 | 0,298 |
| 18  | 0,782   | 0,8   | 0,068 | 0,464  | 0,184 | 0,325 |
| 19  | 0,995   | 2,26  | 0,058 | 0,427  | 0,136 | 0,376 |
| 20  | 0,011   | 3,38  | 0,013 | 0,010  | 0,020 | 0,000 |
| Min | 0,011   | 0,8   | 0,013 | 0,010  | 0,020 | 0,000 |
| Mak | 0,995   | 3,38  | 0,068 | 0,0464 | 0,184 | 0,376 |



Keadaan ini dapat dilihat dari nilai PLI nya. Nilai PLI di semua stasiun berkisar 0,144-0,215 ( $<1$ ), yang berarti sedimen tidak tercemar. Di Bangka Utara nilai faktor kontaminasi (Cf) Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni berkisar 0,010-3,380. Nilai Cf yang lebih besar dari 1 dan kecil dari 3 ( $1 < Cf < 3$ ) dijumpai di Stasiun 15, 16, 17, 19, dan 20 (Cd), sedangkan nilai Cf kecil atau sama dengan 1 ( $Cf \leq 1$ ) hanya dijumpai di Stasiun 14 dan 18 (Cd). Nilai Cf kecil dari 1 ( $Cf < 1$ ) untuk Pb, Cu, Zn,

dan Ni dijumpai di semua stasiun (Stasiun 1-6) (Tabel 4). Berdasarkan nilai ini maka sedimen di perairan Bangka Utara termasuk kategori terkontaminasi rendah sampai dengan cukup. Keadaan ini sama dengan Bangka Selatan dan Timur, meskipun sedimen ini terkontaminasi namun belum sampai ke tingkat tercemar. Keadaan ini dapat dilihat dari nilai PLI nya. Nilai PLI di semua stasiun berkisar 0,000-0,376 ( $<1$ ), yang berarti sedimen tidak tercemar.

Tabel 4. Nilai indeks akumulasi ( $I_{geo}$ ) sedimen perairan P.Bangka, September 2010.

| Selatan |              |              |              |              |              |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| St      | $I_{geo}$ Pb | $I_{geo}$ Cd | $I_{geo}$ Cu | $I_{geo}$ Zn | $I_{geo}$ Ni |
| 1       | -2,139       | 0,111        | -5,442       | -3,244       | -5,380       |
| 2       | -0,184       | 0,985        | -3,643       | -2,070       | -3,965       |
| 3       | -3,490       | 1,037        | -5,643       | -5,380       | -5,506       |
| 4       | -2,0         | 0,460        | -6,643       | -4,184       | -4,921       |
| 5       | -0,948       | 1,163        | -4,083       | -0,982       | -3,321       |
| 6       | -2,101       | 0,561        | -5,442       | -3,321       | -5,321       |
| Min     | -3,490       | 0,111        | -6,643       | -5,380       | -5,506       |
| Mak     | -0,184       | 1,163        | -3,643       | -2,070       | -3,321       |
| Timur   |              |              |              |              |              |
| 7       | -2,434       | 1,335        | -5,506       | -2,816       | -4,608       |
| 8       | -2,736       | 0,673        | -5,717       | -2,943       | -4,411       |
| 9       | -0,314       | 0,209        | -5,011       | -2,314       | -4,680       |
| 10      | -3,107       | 0,644        | -5,717       | -3,107       | -4,608       |
| 11      | -2,689       | 0,647        | -5,965       | -3,643       | -4,965       |
| 12      | -2,846       | 0,748        | -5,265       | -2,547       | -3,899       |
| 13      | -2,785       | 1,381        | -5,873       | -2,805       | -4,321       |
| Min     | -3,107       | 0,209        | -5,965       | -3,643       | -4,680       |
| Mak     | 0,314        | 1,381        | -5,011       | -2,314       | -3,899       |
| Utara   |              |              |              |              |              |
| 14      | -2,070       | -0,586       | -6,795       | -5,127       | -5,442       |
| 15      | -1,450       | 0,539        | -4,740       | -2,351       | -3,921       |
| 16      | -4,608       | 0,539        | -6,058       | -3,625       | -4,878       |
| 17      | -1,392       | 0,189        | -5,011       | -2,035       | -3,365       |
| 18      | -0,935       | -0,907       | -4,473       | -1,694       | -3,023       |
| 19      | -0,592       | 0,590        | -4,680       | -1,816       | -3,457       |
| 20      | -7,055       | 1,171        | -6,795       | -7,158       | -6,210       |
| Min     | -7,055       | -0,907       | -6,795       | -7,158       | -6,210       |
| Mak     | -0,592       | 1,171        | -4,473       | -1,694       | -3,023       |

Nilai perhitungan indeks geoakumulasi logam Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni dalam sedimen di perairan Bangka disajikan pada Tabel 4. Dari tabel tersebut dapat dilihat nilai indeks geoakumulasi di Bangka Selatan untuk Pb berkisar antara -3,490 dan -0,184 ( $I_{geo} < 0$ ) (tidak tercemar), Cd berkisar 0,111 ( $0 < I_{geo} < 1$ ) (tercemar ringan) sampai 1,163 ( $1 < I_{geo} < 2$ ) (tercemar sedang), Cu berkisar -6,643 sampai dengan -3,643 ( $I_{geo} < 0$ ) (tidak tercemar), Zn berkisar -3,643 sampai -2,314 ( $I_{geo} < 0$ ) (tidak tercemar), dan Ni berkisar -5,506 sampai -3,321 ( $I_{geo} < 0$ ) (tidak tercemar). Nilai  $I_{geo}$  Pb, Cu, Zn, dan Ni  $< 0$ , yang berarti bahwa sedimen di ketiga perairan tersebut tidak tercemar oleh logam Pb, Cu, Zn, dan Ni.

Sebaliknya untuk Cd termasuk kategori tercemar ringan. Di Bangka Timur dan Utara indeks geoakumulasi Pb, Cu, Zn, dan Ni kecil dari nol ( $I_{geo} < 0$ ), yang berarti bahwa sedimen di perairan Bangka Timur dan Utara tidak tercemar oleh logam Pb, Cu, Zn, dan Ni. Untuk Cd di Bangka Timur hanya Stasiun 7 dan 13 yang termasuk kategori tercemar sedang ( $1 < I_{geo} < 2$ ), sedangkan stasiun lainnya  $I_{geo} < 0$  (tidak tercemar). Di Bangka Utara hanya Stasiun 20 yang termasuk kategori tercemar sedang ( $1 < I_{geo} < 2$ ), Stasiun 15,

16, dan 17 termasuk kategori tercemar ringan ( $0 < I_{geo} < 1$ ), dan Stasiun 14 dan 18 termasuk kategori tidak tercemar ( $I_{geo} < 0$ ).

Pada Tabel 5 dapat dilihat perbandingan kadar logam berat dalam sedimen di perairan Bangka dengan kadar alami (geochemical background). Dari tabel tersebut dapat dilihat kadar rerata Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni hasil penelitian lebih rendah dari kadar alamiah geokimia, kecuali Cd. Secara keseluruhan di Bangka Selatan kadar  $Zn > Pb > Cd > Ni > Cu$ , sedangkan di Bangka Timur dan Utara kadar  $Zn > Ni > Pb > Cu > Cd$ .

Dari pembahasan di atas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan hasil prediksi tingkat pencemaran sedimen antara indeks beban pencemaran dan indek geoakumulasi. Berdasarkan indeks beban pencemaran, sedimen di semua stasiun (Stasiun 1-20) termasuk kategori tidak tercemar oleh logam Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni ( $PLI < 1$ ), sedang berdasarkan indek geoakumulasi semua stasiun juga tidak tercemar oleh logam Pb, Cu, Zn, dan Ni ( $I_{geo} < 0$ ), kecuali Cd, terdapat 3 kategori yakni tidak tercemar ( $I_{geo} < 0$ ), tercemar ringan ( $0 < I_{geo} < 1$ ), dan tercemar sedang ( $1 < I_{geo} < 2$ ).

Tabel 5. Perbandingan kadar logam berat dalam sedimen di perairan Bangka dengan kadar alami (geochemical background).

| Logam | Average geochemical background * |                      | Penelitian ini<br>Rerata |
|-------|----------------------------------|----------------------|--------------------------|
|       | Shale standard                   | Continental standard |                          |
| Pb    | 20                               | 12,5                 | 5,793                    |
| Cd    | 0,30                             | 0,20                 | 0,48                     |
| Cu    | 45                               | 55                   | 2,326                    |
| Zn    | 95                               | 70                   | 16,705                   |
| Ni    | 68                               | 75                   | 5,778                    |

\* Mohiuddin *et al.*, (2010)

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang dikaji maka dapat disimpulkan: terdapat perbedaan hasil prediksi tingkat pencemaran logam berat Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni dalam sedimen antara cara indeks beban pencemaran (PLI) dengan indeks geoakumulasi (Igeo). Berdasarkan nilai indeks beban pencemaran (PLI) sedimen di Bangka Selatan, Timur dan Utara, termasuk kategori tidak tercemar oleh logam Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni ( $PLI < 1$ ). Sedangkan berdasarkan nilai indeks geoakumulasi (Igeo), untuk Pb, Cu, Zn, dan Ni juga tidak tercemar, tetapi untuk Cd terdapat 3 kategori tingkat pencemaran yakni tidak tercemar ( $I_{geo} < 0$ ), tercemar ringan ( $0 < I_{geo} < 1$ ), dan tercemar sedang ( $1 < I_{geo} < 2$ ).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bakosurtanal. 1999. Informasi kawasan laut dan pesisir: Selat Bangka menuju pengelolaan sumberdaya yang berkelanjutan. Bakosurtanal, Bogor. 44hlm.
- Bakosurtanal. 2002. Pedoman penyusunan neraca sumberdaya mineral lepas pantai. Bakosurtanal, Bogor. 26hlm.
- Priju C.P. and A.C. Narayana. 2006. Spatial and temporal variability of trace element concentrations in a tropical lagoon, Southwest Coast of India: environmental implications. *J. of Coastal Research Special Issue*, 39:1053-1057.
- Canadian Council of Ministers for the Environment (CCME). 2002. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life summary table. CCME. Winnipeg, MB. 7p.
- Edward. 2010. Kualitas perairan Ohoimas dan Ngilngof, Tual, Maluku Tenggara. Laporan Penelitian LIPI-DIKTI. Tidak diterbitkan. 113hlm.
- Edward. 2011. Kualitas air laut dan sumberdaya perikanan di perairan Elat, Kepulauan Kai Besar Maluku Tenggara. Laporan penelitian LIPI-RISTEK. Tidak diterbitkan. 119hlm.
- Hutagalung, H.P., D. Setiapermana, dan S.H. Riyono. 1997. Metode analisis air laut, sedimen dan biota. Buku 2. P2O LIPI. Jakarta. 182hlm.
- Katili, J.A. 1986. Laksana beraraknya mega. CV. Bina Jasa Ofset. Jakarta. 203hlm.
- Mohiuddin, M.K., H.M. Zakir, K. Otomo, S. Sharmin, N. Shikazono. 2010. Geochemical distribution of trace metal pollutants in water and sediments of downstream of an urban river. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 7(1):17-28.
- Parizanganeh, H.A., V. Bijnavand, A.A. Zamzani, A. Hajabolfath. 2012. Concentration, distribution and comparasion of total and biavailable heavy metals in top soils of banab District in Zanjan Province. *J. of Soil Science*, 2:123-132.
- Qingjie, G., D. Jun, X. Yunchuan, W. Qingfei, Y. Liqiang. 2008. Calculating pollution indices by heavy metals in ecological geochemistry asserssment and a case study in Parks of Baijing. *J. of China University of Geosciences*, 19(3):230-241.
- Rabee, A.M., Y.F. Al-Fatlawy, A.A.H.N.A. Own, and M. Nameer. 2011. Using pollution index (PLI) and geoaccumulation index ( $I_{geo}$ ) for the assessment of heavy metals poluution in Tigris River Sediment in Bagdad Region. *J. of Al-Nahrain University*, 14(4):108-114.

- Sham, T.M., S. Ray, M.I. Kabir, T. Purkayastha. 2012. Assessment of heavy metals contamination in incinerated medical waste. *ARPN J. of Science and Technology*, 2(10):904-911.
- Saha, B.S., S.B. Abhijit, and A. Choudhury. 2001. Statuf of sediment with special reference to heavy metal pollution of a brackishwater tidal ecosystem in Northern Sundarbas of West Bengal. *Tropical Ecol.*, 42(1):127-132.
- Siddique, M.A.M. and M. Aktar. 2012. Heavy metals in salt marsh sediments of porteresia bed along the Karnafully River Coast, Chittagong. *Soil & Water Res.*, 7(3):117-123.
- Tijani, N.M., S. Onodera, and M.A. Adeleye. 2005. Environmental implication of adsorbed and total trace metals concentrations in bottom sediment of an urban drainage network in a developing country. *Materials and Geoenvironment*, 52(1):127-130.
- Touchinski, G.S., T.T. Nguyen, S. Toner, and J. Holm. 2010. Technical data report surface water and sediment quality. Enbrige Northern Gateway Project. AMEC Earth & Environmental A division of AMEC Americas Limited Calgary. Alberta. 120p.
- Veerasingam, S., R. Venkatachalapathy, and T. Ramkumar. 2012. Heavy metals and ecological risk assessment in marine sediments of Chennai, India. *Carpathian J. of Earth and Enviromental Sciences*, 7(2):111-124.
- Wakida, D.T.F., E.J. Lara-Ruiz, and P. Temores. 2008. Heavy metals in sediments of the Tecate River, Mexico. *Environmental Geology*, 54:637-642.
- Diterima : 30 Mei 2013*  
*Direvisi : 21 Juni 2013*  
*Disetujui : 25 Juni 2013*