

## SPEIASI DAN BIOAVAILABILITAS LOGAM Pb DALAM SEDIMEN DI KAWASAN PESISIR SANUR

Sri Dian Meita Sari, I Made Siaka dan I Gusti Agung Gede Bawa  
Jurusan Kimia, Fakultas MIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran-Bali  
Email: dhieand\_lorenzo.2105@yahoo.com

### ABSTRACT

Total content of Pb metal in sediments has been reported or published frequently, but it could not provide information about various forms of metals contained in sediments and did not show the true metal concentrations involved in the process of bioaccumulation by organisms. Therefore, this study was aimed to determine the bioavailability of Pb metal and speciation the metal in various forms or compounds existing in the sediments. A quantitative analysis of total metal content, Pb in the sediments was initiated performing the digestion method using the mixture of HNO<sub>3</sub> and HCl (3:1) in ultrasonic bath at 60 °C for 45 minutes, and continued heating on a hotplate for another 45 minutes at 140 °C. Moreover, analysis of Pb metals as bioavailability fraction was performed by single extraction method of EDTA and HCl, while for metal speciation fractions on each phase using Sequential Extraction Technique. Consequently, the metal concentrations of digestion and extraction solutions were measured by using an atomic absorption spectroscopy (AAS) technique with the application of calibration method. The total concentrations of Pb in sediments collected from Sanur Beach ranged from 139,9945 to 260,1521 mg/kg. The highest bioavailability of Pb obtained in sediments at site II (Sindhu Beach), in which the Pb extracted from sediments was 21.44%. Generally, the Pb metal associated in the sediments at Sanur Beach was bounded in oxidisable organic fraction (2.08 – 3.50%).

**Keywords:** speciation; bioavailability; Pb metal; sediment; Sanur Beach

### 1. PENDAHULUAN

Wilayah pesisir dan pantai di Bali ditinjau dari aspek rencana tata ruang wilayah, sebagian besar merupakan kawasan pariwisata atau Objek dan Daya Tarik Wisata (ODTW). Dari 15 kawasan pariwisata di Bali, 14 kawasan pariwisata berada di wilayah pesisir. Oleh karena sebagai kawasan pariwisata yang di dalamnya terdapat aktivitas wisata bahari dan rekreasi pantai, maka kualitas air laut hendaknya memenuhi kriteria baku mutu air laut untuk pariwisata dan rekreasi yang kualitasnya lebih dari peruntukan lainnya (Anonim, 2009).

Salah satu laut atau pantai di Bali yang berpotensi tercemar adalah Pantai Sanur. Pantai Sanur merupakan objek wisata pantai utama di kawasan Denpasar, sudah tentu banyak industri yang mendukung kegiatan wisata di daerah tersebut seperti hotel, restoran, laundry, transportasi air dan olah raga air. Industri ini memberikan kontribusi limbah yang cukup besar di samping limbah domestik dan pertanian yang mengalir ke pantai ini.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Susilawan (2003) kandungan total logam berat Pb dalam sedimen di Pantai Sanur berkisar 15,7660 – 110,0250 mg/kg. Kandungan logam total tersebut tidak dapat memberikan informasi mengenai berbagai bentuk logam yang ada dalam sampel serta tidak menunjukkan kandungan/konsentrasi logam yang sesungguhnya terlibat dalam proses

bioakumulasi oleh organisme.

Logam berat Pb dalam perairan merupakan suatu masalah yang perlu mendapatkan perhatian khusus, karena logam berat dapat berpengaruh buruk terhadap organisme yang hidup di perairan tersebut. Logam berat dapat berakumulasi lebih besar pada organisme tropik tingkat tinggi dalam rantai makanan (Nyabakken, 1985).

Pada umumnya logam-logam berat yang terkomposisi pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi makhluk hidup di perairan, akan tetapi oleh adanya pengaruh kondisi aquatik yang bersifat dinamis seperti perubahan pH, akan menyebabkan logam-logam yang terendapkan dalam sedimen terionisasi ke perairan (Siaka, 1998). Hal inilah yang merupakan bahan pencemar dan akan memberikan sifat toksik terhadap organisme hidup bila ada dalam jumlah yang berlebihan.

Logam – logam yang ada pada sedimen tidak seluruhnya memberi dampak negatif pada biota yang ada di perairan. Bagian logam yang masuk ke dalam biota pada sistem aquatik di istilahkan dengan “bioavailability”. Umumnya “bioavailability” logam dalam sedimen lebih kecil jumlahnya dibandingkan pada permukaan air karena sedimen seringkali mengandung agen pengompleks (seperti sulfida dan karbon organik) yang dapat mengurangi “bioavailability” logam tersebut (Siaka, 1998).

Konsentrasi total logam yang dihasilkan dengan ekstraksi asam pada sedimen tidak dapat memberikan informasi sepenuhnya tentang besarnya

“bioavailability” (Siaka, 1998). Hal ini dapat dijelaskan karena logam – logam yang terdapat pada sedimen dapat pula terikat dengan beberapa fase diantaranya : penukar ion, karbonat, pereduksi Fe/Mn dan hidroksida, material organik dan material kristal (Hanna, 1992). Seperti penelitian yang dilakukan oleh Cahyadi (2000), bahwa logam Pb yang ada di Pelabuhan Benoa paling banyak terikat pada fase karbonat (16 – 61 %) dan penukar ion (12 – 35 %).

Berdasarkan sifat fisika dan kimianya, logam renik (trace) memiliki perbedaan bentuk. Penentuan besarnya konsentrasi logam dalam bentuk kimia mutlak diketahui sebelum membahas lebih lanjut interaksi antara logam tersebut dengan komponen biotik dan abiotik dalam lingkungan akuatik (Siaka, 1998).

Berkaitan dengan hal di atas, perlu kiranya diteliti bioavailabilitas dan spesiasi logam berat Pb yang ada di Pantai Sanur. Dengan demikian, diharapkan nantinya dapat dipakai sebagai acuan untuk pengelolaan pantai agar akumulasi logam tersebut dapat dikurangi sehingga Pantai Sanur aman dari pencemaran logam berat Pb.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : sampel sedimen, Akuades, NaOH, NH<sub>2</sub>OH.HCl, CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, EDTA, HNO<sub>3</sub>, HCl, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Semua zat kimia yang digunakan mempunyai derajat kemurnian pro analisis.

### 2.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : labu ukur, pipet volume, pipet tetes, gelas ukur, gelas beaker, shaker (penggojog elektrik), sentrifuge, mortar, kertas saring, neraca analitik, desikator, oven, ayakan 100 µm, sendok polietilen, kantong plastik, pH meter, ultrasonic bath, hot plate, Eikman Grab Sediment Sampler dan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).

### 2.3. Cara Kerja

#### a. Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel dilakukan pada 3 lokasi berbeda di Pantai Sanur. Sampel diambil di 3 tempat secara acak dalam satu lokasi yang sama. Sampel sedimen yang diambil yaitu pada bagian permukaan (0-10 cm) kira-kira sebanyak 100 gr dari masing-masing lokasi dengan menggunakan Eikman Grab Sediment Sampler. Sebelum digunakan, alat dan kantong plastik direndam dalam asam nitrat 10 % tidak kurang dari 24 jam untuk menghilangkan kontaminan logam yang ada pada alat yang

digunakan kemudian dibilas beberapa kali dengan air suling. Bahan sampel yang terkumpul, dimasukkan ke dalam kantong plastik, didinginkan dalam kotak es dan segera dibawa ke laboratorium.

#### b. Pengayakan sampel sedimen

Sampel basah diayak dengan ayakan 100 µm dengan bantuan air yang diambil dari tempat pengambilan sampel. Ayakan dilakukan terhadap sedimen basah dengan tujuan agar semua butiran sedimen yang lolos dari ayakan mencerminkan ukuran yang sebenarnya di alam. Butiran sedimen yang bercampur dengan air diendapkan selama paling sedikit satu hari. Selanjutnya cairan yang jernih di dekantasi dan endapannya dikeringkan dalam oven pada suhu tidak lebih dari 600C hingga kering (berat konstan). Sedimen kering yang diperoleh digerus kemudian disimpan dalam botol kering sebelum analisis lebih lanjut.

#### c. Pembuatan kurva kalibrasi

Larutan stok Pb 100 ppm dibuat dengan menimbang teliti Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0,1598 gram kemudian dilarutkan dalam asam nitrat 1% pada labu ukur 1 L, dan diencerkan sehingga volumenya menjadi 1 liter. Dari larutan stok Pb 100 ppm ini dibuat larutan seri standar Pb 0, 3, 5, dan 15 ppm, dengan cara, dipipet sebanyak 0, 3, 5, dan 15 ml larutan stok Pb 100 ppm kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml setelah itu diencerkan sampai tanda batas.

#### d. Ekstraksi Logam Pb dalam Sedimen dengan EDTA dan HCl

Sampel serbuk sedimen pada masing-masing lokasi ditimbang teliti 1 gram, ditambahkan 40 ml 0,05 M EDTA pada pH 6 dan digojog selama 8 jam. Campuran sampel kemudian disentrifugasi untuk memisahkan fraksi padat dan cair. Fraksi cair yang diperoleh selanjutnya dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 50 ml dan diencerkan dengan aquades hingga tanda batas, kemudian diukur dengan AAS untuk menentukan besarnya kadar Pb yang “bioavailable” dalam bentuk kompleksnya. Ditimbang teliti sebanyak 1 gram sampel kering, ditambahkan 20 ml 0,5 M HCl digojog selama 8 jam. Campuran kemudian disentrifugasi dan cairan yang terpisah dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 50 ml dan diencerkan dengan aquades hingga tanda batas. Larutan tersebut diukur dengan AAS untuk menghitung besarnya kadar Pb pada fraksi “bioavailable” dalam bentuk ionnya. Prosedur ini mengacu pada prosedur yang diterapkan oleh Siaka (1998).

#### e. Rangkaian Ekstraksi Bertahap (Sequential Extraction Technique)

Prosedur yang digunakan dalam ekstraksi ini mengikuti prosedur yang diaplikasikan oleh Arifin dan Fadhlina (2007).

*Ekstraksi langkah 1*

Sampel serbuk sedimen kering ditimbang teliti 5 g. Kemudian ditambahkan 25 mL CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> 1 M, diatur pada pH 7 dengan ditambahkan NaOH kemudian digojog selama 3 jam dengan shaker dan disentrifugasi. Semua bagian yang jernih didekantasi dan dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Pb dalam filtrat diukur dengan AAS pada panjang gelombang 217,0 nm. Pada tahap ini akan dihasilkan fraksi EFLE (easily, freely, leachable dan exchangeable) atau fraksi karbonat. Residu yang dihasilkan digunakan untuk ekstraksi selanjutnya.

*Ekstraksi langkah 2*

Residu dari fraksi EFLE (easily, freely, leachable dan exchangeable) ditambahkan 25 mL NH<sub>2</sub>OH.HCl 0,25 M, diatur pada pH 2 dengan ditambahkan HCl dan digojog selama 3 jam dengan shaker dan disentrifugasi. Bagian yang jernih dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml. Residu dibilas dengan 10 mL akuademineralisata dan disentrifugasi, didekantasi bagian yang jernih dan dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml tadi dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas. Pada tahap ini akan dihasilkan fraksi acid reducible (mudah direduksi asam). Pb dalam filtrat diukur dengan AAS pada panjang gelombang 217,0 nm. Residu yang dihasilkan digunakan untuk ekstraksi selanjutnya.

*Ekstraksi langkah 3*

Residu dari fraksi acid reducible. Selanjutnya ditambahkan 7,5 mL larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% dan dipanaskan dalam waterbath pada suhu 90 – 95°C. Campuran kemudian ditambahkan dengan 25 mL larutan CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> 1 M, diatur agar pH 2 dengan ditambahkan HCl kemudian digojog selama 3 jam dengan shaker dan disentrifugasi. Bagian yang jernih didekantasi dan dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas. Pada tahap ini akan dihasilkan fraksi oxidisable organic (organik dapat dioksidasi). Pb dalam filtrat diukur dengan AAS pada panjang gelombang 217,0 nm. Residu digunakan untuk ekstraksi selanjutnya.

*Ekstraksi langkah 4*

Residu dari fraksi oxidisable organic ditambahkan 20 mL larutan aquaregia (campuran 15 mL HCl pekat dan 5 mL HNO<sub>3</sub> pekat (3:1)). Campuran kemudian dipanaskan diatas hotplate pada suhu 140°C selama 45 menit. Filtrat yang diperoleh didekantasi kemudian ditampung dalam labu ukur 25 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas lalu dianalisis dengan AAS. Pada tahap ini diperoleh logam Pb yang bersifat resistant (non-bioavailable).

**f. Penentuan konsentrasi Pb dalam sampel sedimen**

Filtrat hasil ekstraksi dan destruksi diukur pada panjang gelombang 217,0 nm, lebar celah 1 nm dan dengan nyala udara–asetilen. Penentuan konsentrasi logam Pb pada sampel dilakukan dengan teknik kurva kalibrasi dari nilai absorbans yang dihasilkan dari AAS, baik absorbans dari larutan standar maupun sampel. Dari kurva kalibrasi yang berupa garis linear, dapat ditentukan konsentrasi sampel dari absorbans yang terukur. Setelah konsentrasi pengukuran diketahui, maka ditentukan konsentrasi sebenarnya dari larutan sampel, dengan perhitungan (Siaka, 1998):

$$M = \frac{C.V.f}{B} \quad (1)$$

Dimana :

- M = Konsentrasi Pb dalam sampel (mg/Kg)
- C = Konsentrasi berdasarkan nilai absorbans (ppm)
- V = Volume larutan dari ekstraksi sampel (mL)
- f = Faktor pengenceran
- B = Berat sampel sedimen (gram)

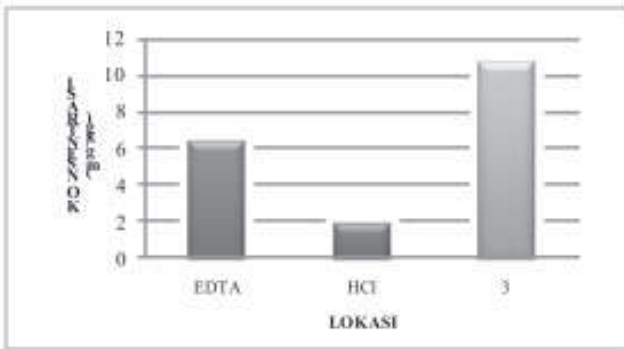
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN****3.1. Kandungan Logam Total Pb dalam Sedimen**

Kandungan logam Pb dalam sedimen disajikan dalam Tabel 1 dan diilustrasikan pada Gambar 1. Kandungan Pb tertinggi (260,1521 mg/kg) diperoleh pada sampel sedimen yang diambil pada lokasi I yaitu lokasi sebelah utara Hotel Bali Beach, Sanur. Tingginya konsentrasi logam Pb di Pantai Sanur dapat disebabkan oleh banyaknya aktivitas transportasi air dekat lokasi tersebut yang dapat menghasilkan emisi gas yang mengandung tetrametil-Pb dan tetraetil-Pb yang selalu ditambahkan dalam bahan bakar kendaraan bermotor dan berfungsi sebagai anti ketuk (anti-knock) pada mesin-mesin kendaraan. Adanya limbah yang terbawa oleh aliran sungai campuhan dan kemudian bermuara di Pantai Sanur. Serta dekatnya Pantai Sanur dengan pipa pembuangan limbah dari Hotel Bali Beach. Selain itu, di bandingkan dua lokasi lainnya keadaan fisik Pantai Sanur yang aliran air lautnya tenang karena lokasi tersebut berada di ujung pantai. Menurut Sadiq (1994) dengan aliran air yang tenang menyebabkan proses sedimentasinya lebih tinggi sehingga akumulasi Pb pada sedimen banyak. Di samping itu, sedimen di lokasi I mempunyai butiran partikel yang halus sehingga memiliki luas permukaan yang lebih besar dengan kerapatan ion partikel yang lebih stabil untuk mengikat partikel logam Pb daripada partikel sedimen yang besar (Munir, 1984).

Penelitian sebelumnya yang juga dilakukan di sepanjang Pantai Sanur, dilaporkan bahwa logam Pb pada sedimen bervariasi yaitu antara 14,85 dan 114,06 mg/kg (Siaka, 2010). Akan tetapi, lokasi sekitar Hotel Bali Beach dilaporkan mengandung Pb jauh lebih rendah (< 50 mg/kg) dibandingkan dengan yang diperoleh pada penelitian ini. Perbedaan hasil yang diperoleh disebabkan oleh semakin meningkatnya aktivitas yang ada di kawasan tersebut seperti industri, transportasi air dan domestik yang limbahnya terbawa oleh aliran sungai serta kurangnya upaya dalam mengurangi pencemaran di daerah tersebut. Konsentrasi logam berat di pantai sangat tergantung pada karakteristik sedimen dan kandungan bahan organik total dalam sedimen (Arifin dan Fadhlina, 2007).

**Tabel 1.** Kandungan Logam Pb Total Dalam Sedimen Pantai Sanur (n=3)

Lokasi	Konsentrasi(mg/kg)
I	260,1521 ± 2,3460
II	148,5758 ± 17,3081
III	139,9945 ± 0,7489



**Gambar 1.** Kandungan Logam Pb Total Dalam Sedimen Pantai Sanur

### 3.2. Kandungan Logam Pb pada Fraksi Bioavailabilitas

Hasil perhitungan berupa konsentrasi dan persentase logam Pb yang terekstraksi dari sedimen disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3 serta diilustrasikan pada Gambar 2. Semua logam Pb yang terekstraksi oleh HCl merupakan fraksi yang bioavailabel, sedangkan yang terekstraksi oleh EDTA adalah fraksi yang bioavailabel dan berpotensi bioavailabel pada suatu kondisi tertentu. Logam yang berpotensi bioavailabel dapat menjadi bioavailabel jika kondisi lingkungannya ekstrim misalnya pH air sangat asam. Jumlah logam yang berpotensi bioavailabilitas adalah selisih dari logam yang terekstraksi oleh EDTA dan HCl. HCl dapat mengekstraksi logam-logam yang teradsorpsi dalam bentuk garam, dan logam dalam bentuk ionnya serta logam-logam yang dalam ikatan ion dimana anion yang berikatan dengan logam memiliki avinitas lebih rendah dari HCl, sehingga proses substitusi mudah

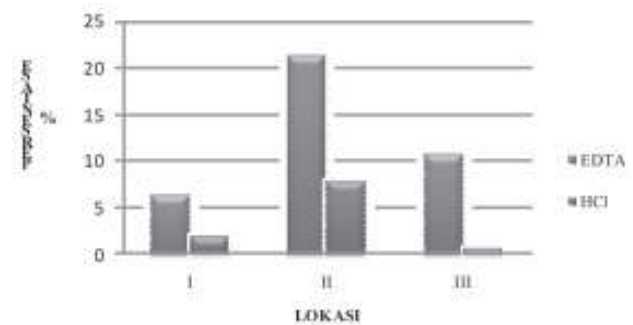
terjadi. Ekstraksi EDTA mampu mengikat logam-logam yang sudah ada dalam bentuk kompleksnya di alam yang memiliki ikatan lebih lemah dibandingkan kompleks pada EDTA. EDTA pada pH <7 cenderung mengikat logam-logam yang berikatan ion (misalnya  $PbCl_2, PbI_2$ ) sehingga logam yang diekstraksi oleh EDTA selalu lebih besar dibandingkan dengan HCl. Ikatan logam dengan EDTA dalam pembentukan kompleks kelat terletak pada dua atom N dan empat atom O (dari OH) yang memberikan enam pasangan elektronnya kepada satu ion logam dengan membentuk lima cincin kelat. Struktur senyawa kompleks yang terbentuk antara berbagai logam dengan EDTA adalah sama, berbeda hanya pada muatannya (Sahara dan Siaka, 2007).

**Tabel 2.** Konsentrasi dan Persentase Logam Pb yang terekstraksi pada EDTA sebagai Fraksi Bioavailabilitas (n=3)

Lokasi	Pengekstrak EDTA	
	Konsentrasi Pb(mg/kg)	Pb Terekstraksi(%)
I	16,8177 ± 1,9883	6,46
II	31,8597 ± 1,4750	21,44
III	15,1323 ± 3,4895	10,81

**Tabel 3.** Konsentrasi dan Persentase Logam Pb yang terekstraksi pada HCl sebagai Fraksi Bioavailabilitas (n=3)

Lokasi	Pengekstrak HCl	
	Konsentrasi Pb(mg/kg)	Pb Terekstraksi(%)
I	5,3077 ± 1,4836	2,04
II	11,8880 ± 1,9775	8,00
III	1,0356 ± 0,0003	0,74



**Gambar 2.** Persentase (%) Logam Pb yang Terekstraksi sebagai Fraksi Bioavailabilitas

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa logam Pb paling bioavailabel pada Lokasi II (Pantai Sindhu), diikuti oleh Lokasi I (Pantai Sanur) dan terakhir Lokasi III (Mertasari). Pantai Sanur memiliki persentase logam Pb yang bioavailabel sebesar 2,04%, dan sebanyak 4,42% berpotensi

bioavailabel. Pantai Sindhu memiliki persentase logam Pb yang bioavailabel sebesar 8,00%, dan sebanyak 13,44% berpotensi bioavailabel. Pantai Mertasari memiliki persentase logam Pb yang bioavailabel sebesar 0,74%, dan sebanyak 9,27% berpotensi bioavailabel. Pantai Sindhu memiliki tingkat bioavailabilitas logam Pb paling tinggi diantara ketiga lokasi sampling, dimana logam Pb dapat dengan mudah diserap oleh organisme. Logam yang berpotensi bioavailabel dalam bentuk kompleksnya akan kurang berbahaya bagi biota laut dibandingkan dengan logam yang bioavailabel dalam bentuk ionnya karena logam dalam bentuk ion memiliki kemampuan mobilitas yang baik dibandingkan dengan bentuk kompleks sehingga akan lebih mudah terakumulasi dalam organisme laut. Semakin kuat ikatan logam dengan permukaan sedimen maka akan semakin sedikit kandungan logam yang terionisasi ke perairan (Siaka,1998). Persentase logam Pb yang bioavailabel pada lokasi I paling sedikit yaitu 6,46 %. Hal ini dikarenakan logam Pb pada lokasi I banyak ditemukan terikat kuat dengan permukaan sedimen di sana sehingga logam tersebut kurang tersedia untuk hayati (*less available*).

Bioavailabilitas logam Pb yang diperoleh dari semua lokasi pengambilan sampel dengan pengekstrak EDTA dan HCl jika dibandingkan dengan kandungan Pb maksimum menurut Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor : KEP.51/MENEG LH/I/2004 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Laut Untuk Biota Laut (Taman Laut Konservasi) sebesar 0,008 ppm (mg/L) maka kadar Pb dalam fraksi bioavailabilitas di semua lokasi pengambilan sampel telah melewati batas maksimum yang diperbolehkan.

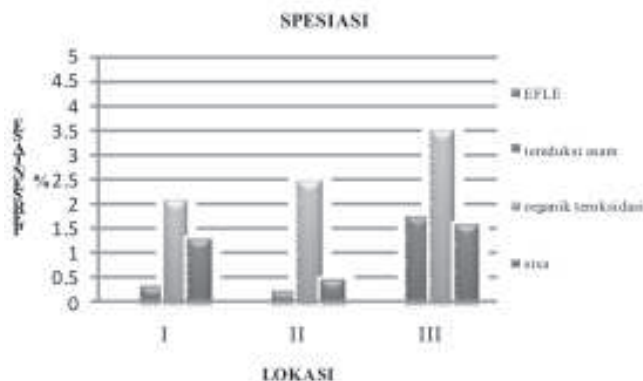
**3.3. Spesiasi Logam Pb pada Sedimen**

Hasil perhitungan berupa konsentrasi dan persentase logam Pb yang terekstraksi dari sedimen disajikan pada Tabel 4 dan diilustrasikan pada Gambar 3. Fraksi EFLE (*Easily, freely or leachable and exchangeable*) mencakup logam yang terikat pada permukaan tanah, mudah mengalami ionisasi, mudah bebas dalam bentuk ion atau logam, mudah lepas dan mudah dipertukarkan tanpa melalui reaksi oksidasi reduksi seperti ikatan karbonat dan penukar ion. Fraksi tereduksi asam (*acid reducible*) atau fraksi Fe–Mn oksida mencakup logam yang terikat dengan Fe–Mn oksida atau hidroksida dan mudah lepas ketika direduksi oleh asam. Fraksi organik teroksidasi (*oxidisable organic*) menunjukkan logam yang terikat secara organik dan mudah lepas ketika dioksidasi misalnya oleh peroksida. Fraksi sisa (*resistant*) mencakup logam yang terikat kuat di dalam mineral silikat (Badri and Aston, 1983).

**Tabel 4.** Kandungan Logam Pb Rata-rata pada Masing-masing Fraksi Sedimen

Lokasi	Fraksi	Kadar(mg/kg)	Pb Terekstraksi(%)
I	A	-	-
	B	0,9366 ± 0,0498	0,36
	C	5,4183 ± 0,1908	2,08
	D	3,4073 ± 0,3026	1,31
II	A	-	-
	B	0,3623 ± 0,0000	0,24
	C	3,6976 ± 0,3028	2,49
	D	0,7073 ± 0,0001	0,48
III	A	-	-
	B	2,4899 ± 0,3029	1,78
	C	4,9051 ± 0,2491	3,50
	D	2,2599 ± 0,2283	1,61

Keterangan : n = 3, A = EFLE, B = tereduksi asam, C = organik teroksidasi, D = sisa



**Gambar 3.** Spesiasi Logam Pb pada masing-masing lokasi

Berdasarkan analisis spesiasi logam Pb, diketahui spesiasi logam Pb di semua lokasi didominasi oleh fraksi organik teroksidasi (2,08 - 3,50 %). Sedimen Pantai Sanur dan Pantai Sindhu memiliki trend yang sama dimana fraksi sisa (1,31 dan 0,48 %) > dari fraksi tereduksi asam (0,36 dan 0,24 %). Namun sedimen Pantai Mertasari memiliki perbedaan dimana fraksi tereduksi asam (1,78%) sedikit lebih besar di bandingkan fraksi sisa (1,61%) sedangkan pada fraksi EFLE (*Easily, Freely, Leachable, Exchangeable*) tidak terdeteksi disemua lokasi. Hal ini menandakan bahwa di semua lokasi pengambilan sampel tidak ditemukan logam Pb yang mudah lepas dan mudah dipertukarkan serta bentuknya yang berikatan dengan karbonat. Banyaknya fraksi organik teroksidasi di semua lokasi pengambilan sampel dibandingkan fraksi yang lain, disebabkan banyaknya limbah organik yang dihasilkan oleh aktifitas manusia seperti limbah hotel, laundry, kemungkinan juga berasal dari tumpahan minyak pada saat pengisian bahan bakar yang mengandung tetrametil-Pb dan tetraetil-Pb. Terdeteksinya fraksi tereduksi asam menandakan logam Pb cenderung berasosiasi dengan Fe-Mn oksida. Logam yang berikatan dengan Fe-Mn oksida ini

mempunyai mobilitas (perubahan) yang tidak terlalu tinggi dibanding EFLE. Perubahan potensial redoks sedimen akan menyebabkan terlepasnya logam Pb (John dan Leventhal, 1995).

Hasil ini sama dengan penelitian yang dilakukan Arifin dan Fadhlina (2007) yang dilakukan di Teluk Jakarta bahwa logam Pb didominasi oleh fraksi organik teroksidasi berkisar 8,55 – 93,77%. Dengan demikian logam Pb yang terdapat pada lokasi pengambilan sampel di Pantai Sanur banyak ditemukan berikatan dengan senyawa organik dan sulfida. Penjumlahan secara matematis fraksi ELFE, tereduksi asam dan organik teroksidasi disebut sebagai fraksi *non-resistant*. Ketiga fraksi tersebut (ELFE + tereduksi asam + organik teroksidasi) berperan sangat penting dalam menentukan tingkat bioavailabilitas logam Pb bagi biota benthik. Fraksi *non-resistant* sangat dipengaruhi oleh masukan antropogenik (aktivitas manusia) logam dibandingkan sumber alami logam sedangkan fraksi *resistant* berhubungan dengan sumber yang berasal dari proses alam (*natural origins*), yaitu dari penguraian kristal silikat pada batuan (Badri dan Aston, 1983 ; Yap *et al.*, 2003 dalam Arifin dan Fadhlina, 2007).

#### 4. SIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: kandungan total logam Pb pada sedimen di beberapa lokasi pengambilan sampel di kawasan pesisir Sanur adalah sebesar 139,9945 - 260,1521 mg/kg berat kering. Bioavailabilitas logam Pb tertinggi di peroleh di lokasi II (Pantai Sindhu) dengan persentase logam Pb yang bioavailabel sebesar 8,00%, dan sebanyak 13,44% berpotensi bioavailabel. Logam Pb yang terdapat di tiga lokasi sampling lebih banyak terikat sebagai organo logam (bentuk geokimia) yaitu pada fraksi *oxidisable organic* (organik teroksidasi) dengan persentase di Pantai Sanur sebesar 2,08 %, Pantai Sindhu sebesar 2,49 % dan Pantai Mertasari sebesar 3,50%.

##### 4.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan simpulan di atas, maka dapat disarankan sebagai berikut: perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap logam-logam berbahaya lainnya di Pantai Sanur seperti Hg, As, Cd dan sebagainya. Perlu adanya penelitian yang bertahap dalam jangka waktu tertentu untuk memonitor perkembangan tingkat pencemaran dari logam Pb. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang cara untuk mengurangi tingkat distribusi logam Pb di Pantai Sanur. Berdasarkan hasil spesiasi logam Pb dalam sedimen di Pantai Sanur perlu adanya upaya untuk mengurangi tingkat pencemaran logam Pb dengan adsorben yang mampu mengikat lebih kuat fase-fase yang ada pada sedimen.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2009, “*Status Lingkungan Hidup Provinsi Bali*”, Badan Lingkungan Hidup Provinsi Bali, Denpasar.
- Arifin, Z. dan D. Fadhlina, 2007, Geokimia Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta, Seminar sehari : “*Kontribusi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan dalam Memenuhi Kebutuhan Energi Terbaharukan, Pangan dan Obat-obatan di Indonesia, Pertemuan Ilmiah Tahunan V Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia (PIT-ISOI)*”, Bandung 11 November 2008, Bandung.
- Bandell-Young, L., M. Dutton, dan F.R. Pick, 1992.” *Contrasting Two Methods for Determining Trace Metal Partitioning in Oxidized Lake Sediments*”, Biogeochemistry 17 : 205 – 219.
- Bernhard, T and J. Neff, 2001, *Metals Bioavailability in the Navy’s Tiered Ecological Risk Assessment Process, Issue Paper*, 20 April 2001.
- Cahyadi, A., 2000, “*Bioavailabilitas dan Spesiasi Pb dan Cu pada Sedimen di Pelabuhan Benoa*”, Skripsi, Jurusan Kimia, F.MIPA, UNUD, Denpasar.
- John, D.A. and Leventhal, J.S, 1995, Bioavailability of Metals, In “*Preliminary Compilation of Descriptive Geoenvironmental Mineral Deposit Models*”, ed. E. du Bray, United State Geological Survey, Denver, 10-18.
- Munir, H.M., 1984, “*Geologi dan Mineralogi Tanah*”, Pustaka Jaya.
- Nyabakken, W.J., 1985, “*Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologi*”, PT.Gedia, Jakarta.
- Sadiq, M., 1992 “*Toxic Metal Chemistry in Marine Enviroments*”, Marcel Dekker Inc., New York.
- Sahara, E. dan Siaka, I.M., 2007, “*Kimia Analisis Kuantitatif Grafimetri dan Titrimetri*”, Laboratorium Analisis, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Udayana, Denpasar.
- Siaka, I.M., 1998, “*The Application of Atomic Absorption Spectroscopy to the Determination of Selected Trace Elements in Sedimen of Coss River Catchment*,” Thesis, Departement of Chemistry, Faculty of Science and Technology, University of Western Sydney, Nepean, Sydney.
- Siaka, I M., 2010, “*Distribution of Pb and Cu in Sediment and Seawater Along Sanur Beach*”, *Proceedings: 2<sup>nd</sup> International Conference on Biosciences and Biotechnology*, Udayana University, Bali, Indonesia, 23-24 September 2010.
- Susilawan, I.P.N., 2003, “*Distribusi Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Dalam Air Laut, Sedimen, dan Terumbu Karang di Pantai Sanur*”, Skripsi, Jurusan Kimia, F.MIPA, UNUD, Denpasar.
- Yap, C.K., A. Ismail, dan S.G. Tan, 2003, “*Concentration, Distribution and Geochemical of Copper In Surfance Sedimen of the Strait of Malacca*”, *Pakistan Journal of Sciences*, 6 (12) : 1021-1026.