

KANDUNGAN LOGAM Pb DAN Cu TOTAL DALAM AIR, IKAN, DAN SEDIMEN DI KAWASAN PANTAI SERANGAN SERTA BIOAVAILABILITASNYA

I Gusti Ngurah Raka Aryawan^{1*}, Emmy Sahara¹, dan Iryanti Eka Suprihatin¹

¹*Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran*

**E-mail: raka.italy@gmail.com*

ABSTRAK

Dalam paper ini dibahas mengenai kandungan logam berat Pb dan Cu dalam air laut, ikan, dan sedimen di kawasan Pantai Serangan beserta bioavailabilitasnya. Tujuan penelitian ini untuk menentukan konsentrasi kedua logam pada berbagai sampel dan melakukan spesiasi terhadap kedua logam tersebut dengan teknik ekstraksi bertahap sehingga bioavailabilitasnya dapat ditentukan. Destruksi untuk penentuan logam Pb dan Cu total dalam ikan dan sedimen dilakukan dengan menggunakan campuran pelarut H₂SO₄ dan HNO₃ untuk ikan dan *aqua regia* untuk sedimen, sedangkan ekstraksi bertahap dilakukan dengan mengikuti 4 tahap ekstraksi dengan berbagai pelarut. Konsentrasi Pb dan Cu total dalam air laut di kawasan Pantai Serangan adalah berturut-turut sebesar 0,0389 ± 0,02 mg/L dan 0,0017 ± 0,00 mg/L, dalam ikan sebesar 2,4248 ± 1,11 mg/kg dan 1,5514 ± 0,06 mg/kg dan dalam sedimen sebesar 32,3011 ± 3,02 mg/kg dan 9,1232 ± 1,62 mg/kg. Hasil spesiasi untuk logam Pb dan Cu dalam sedimen berturut-turut sebagai berikut: fraksi EFLE sebesar 6,20% dan 1,55%; fraksi Fe/Mn oksida sebesar 12,03% dan 1,01%; fraksi organik sulfida sebesar 31,77% dan 20,04% serta fraksi resistant sebesar 50,00% dan 77,40%. Dengan demikian maka fraksi bioavailabel dalam sedimen untuk Pb dan Cu adalah berturut-turut sebesar 50,00% dan 22,60% sedangkan fraksi *resistant* nya sebesar 50,00% dan 77,40%

Kata Kunci: Pb dan Cu, bioavailabilitas, Pantai Serangan, air, ikan, sedimen

ABSTRACT

This paper discusses the content of Pb and Cu in sea water, fish and sediment collected from Serangan Beach as well as their bioavailabilities. The aim of this study was to determine the concentrations of both metals in the samples and the fractions of the two metals with the application of the sequential extraction techniques, therefore the bioavailabilities of the metals could be determined. Destruction for the determination of total Pb and Cu in fish and sediments were achieved with the use of the mixture of H₂SO₄ and HNO₃ for fish and *aqua regia* for sediment, whereas the sequential extraction was carried out by applying the four stages extraction with various solvents. The concentrations of total Pb and Cu in the sea water of Serangan Beach area were 0.0389 ± 0.02 mg/L and 0.0017 ± 0 mg/L, in the fish were of 2.4248 ± 1.11 mg/kg and 1.5514 ± 0.06 mg / kg and in sediments were 32.3011 ± 3.02 mg/kg and 9.1232 ± 1.62 mg/kg. The speciation results for Pb and Cu in sediments were as follows: EFLE fractions were 6.2% and 1.55%; Fe/Mn oxides fractions were 12.03% and 1.01% and the fractions of organic sulphide were 31.77% and 20.04% while the resistant fractions were 50% and 77.4%, respectively. From the results obtained, it could be concluded that the bioavailable fractions of the metals in the sediments for Pb and Cu were 50% and 22,6%. whereas the resistant fractions were 50% and 77,4%

Keywords: Pb and Cu, bioavailability, Serangan Beach, fish, seawater, sediments

PENDAHULUAN

Pantai merupakan sarana wisata yang sangat digemari untuk dikunjungi berbagai kalangan masyarakat, dimana wisatawan dapat melakukan berbagai aktivitas seperti berenang, memancing, berjemur dan lain-lainnya. Selain wisatawan, ada juga aktivitas yang dilakukan oleh nelayan, industri tertentu maupun

pelabuhan disekitar pantai. Kondisi pantai menjadi rusak karena banyaknya pencemaran seperti kontaminasi logam berat, sampah organik maupun anorganik dan yang lainnya. Telah dilaporkan bahwa ada 13 pantai di Bali yang sudah tercemar diantaranya adalah Pantai Kuta, Pantai Sanur, Pantai Mertasari (Sanur), Pantai Serangan (Denpasar), Pantai Benoa (Denpasar), Pantai Lovina (Buleleng), Pantai

Kandungan Logam Pb dan Cu Total dalam Air, Ikan, dan Sedimen
di Kawasan Pantai Serangan serta Bioavailabilitasnya
(I Gusti Ngurah Raka Aryawan, Emmy Sahara, dan Iryanti Eka Suprihatin)

Soka (Tabanan), Pantai Tandjung (Kuta), Pantai Candidasa (Karangasem), Pantai Padangbai (Karangasem), Pantai Tulamben (Karangasem), Pantai Pengambengan, dan Pantai Gilimanuk (Jembrana) (Suarjana, 2011).

Salah satu pantai yang dikenal dengan keberadaan rumah makan lesehannya adalah Pantai Serangan dimana tempat makan ini berada dipinggir pantai. Limbah-limbah yang masuk ke perairan pantai ini dikhawatirkan mengandung logam-logam berat yang berbahaya bagi biota laut maupun manusia. Ikan yang merupakan makanan yang sering dikonsumsi masyarakat sangat rentan terhadap pencemaran logam berat. Logam berat yang sering dijumpai dalam perairan adalah timbal (Pb) dan tembaga (Cu). Menurut Rompas (2010), logam berat Pb dan Cu berasal dari pewarna cat yang digunakan untuk melapisi perahu agar tidak mudah berkarat.

Pencemaran perairan ini menyebabkan terjadinya bioakumulasi di dalam tubuh ikan. Bioakumulasi merupakan menumpuknya zat atau bahan organik pada tubuh organisme secara langsung dari lingkungan abiotiknya (air, tanah dan udara) (Goyer, 2001). Selain pada ikan, logam berat yang berasal dari limbah dapat terakumulasi dalam sedimen di perairan (Connel dan Miller, 1995).

Sedimen adalah partikel-partikel yang berasal dari bongkahan batu, sisa-sisa jasad organisme laut. Keberadaan logam berat sangat mempengaruhi tingkat pencemaran pada sedimen dimana logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen, sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air (Harahap, 1991). Konsentrasi logam yang tinggi dalam sedimen belum tentu direspon oleh biota laut karena hal ini tergantung pada tingkat bioavailabilitas logamnya (Nowierski, *et al.*, 2002; Janssen, *et al.*, 2003)

Logam Pb dalam tubuh dapat mengakibatkan terhambatnya aktivitas kerja pada sistem enzim yang dikarenakan Pb terikat pada gugus -SH pada molekul protein (Sahetapy, 2011). Logam Cu yang sering dijumpai dalam perairan merupakan logam esensial yang berguna bagi hewan dan tumbuhan. Logam Cu dalam jumlah tertentu dibutuhkan dalam proses metabolisme, pembentukan hemoglobin dan fisiologi pada

hewan (Burns, 1981). Logam Cu dalam konsentrasi yang berlebihan menyebabkan lesi membran sel ataupun oksidasi lipida yang dapat mengakibatkan hemolisis dan nekrosis sel hati (Rompas, 2010).

Beberapa peneliti telah melaporkan kandungan ke dua logam di atas dalam sedimen beberapa perairan di Bali seperti Sanur, Benoa, Sindhu dan Merta Sari. Berdasarkan penelitian Yanthy (2013) konsentrasi logam Pb di ketiga pantai tersebut berturut-turut sebesar 22,6627 mg/kg, 10,0771 mg/kg, dan 14,0597 mg/kg. Agustina (2014) melaporkan bahwa konsentrasi logam Cu dalam sedimen di Pelabuhan Benoa sebesar 179,9797 mg/kg, sementara menurut Lusiana (2014) sebesar 23,3974 mg/kg.

Dewasa ini banyak penelitian mengenai spesiasi dan bioavailabilitas untuk mengetahui tingkat pencemaran suatu logam. Analisis spesiasi merupakan suatu proses pendekatan untuk menentukan konsentrasi logam dalam berbagai bentuk perikatannya yang menyusun konsentrasi total logam tersebut dalam suatu sampel (Pascoli, 1999), sedangkan bioavailabilitas logam merupakan ketersediaan logam yang dapat diserap oleh hayati yang dapat menimbulkan respon fisiologis dan menimbulkan sifat toksik (Bernard dan Neff, 2001). Dengan demikian analisis spesiasi dapat digunakan untuk menduga bioavailabilitas suatu zat.

Belum ada data mengenai kandungan logam Pb dan Cu total dalam air, ikan dan sedimen di kawasan Pantai Serangan, begitu pula dengan tingkat bioavailabilitas ke dua logam tersebut dalam sedimen di kawasan pantai ini. Dengan demikian maka perlu dilakukan penelitian mengenai kadar logam Pb dan Cu total pada air, ikan dan sedimen serta bioavailabilitas ke dua logam itu dalam sedimen di kawasan Pantai Serangan.

MATERI DAN METODE

Bahan

Sampel sedimen, ikan dan air laut, HNO_3 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, HCl , H_2SO_4 , CH_3COOH , $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$, H_2O_2 , $\text{CH}_3\text{COONH}_4$.

Peralatan

Labu ukur, pipet volume, pipet mikro, gelas ukur, gelas beaker, botol semprot, kertas

saring, mortar, labu Erlenmeyer, ayakan 63 μm , sendok polietilen, botol polietilen, tabung ekstraksi, penggojog listrik, pemanas listrik, oven, neraca analitik, buret, *ultrasonic bath*, dan *Atomic Absorption Spektrofotometer* (AAS).

Cara Kerja

Preparasi Sampel

Diambil 1 L sampel air menggunakan botol polietilen, diasamkan dengan asam nitrat sehingga konsentrasinya 1%, lalu disimpan dalam *coolbox*. Sampel air disaring dengan kertas saring kemudian untuk analisis dengan AAS.

Sampel ikan yang diambil yaitu ikan tuna dewasa. Sampel ikan dicuci bersih lalu dipisahkan bagian daging dan bagian tulangnya. Kemudian daging diiris tipis-tipis, dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C sampai massanya konstan. Sampel ikan kering kemudian digerus dengan mortar sehingga diperoleh sampel yang siap untuk dianalisis lebih lanjut.

Sampel sedimen yang telah dikumpulkan, dimasukkan ke dalam oven pada suhu 60°C hingga didapatkan massa konstan. Sampel sedimen selanjutnya digerus dan diayak dengan ayakan 63 μm . Kemudian sampel halus disimpan dalam botol kering untuk dianalisis lebih lanjut.

Destruksi Daging Ikan

Serbuk sampel ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam labu destruksi. Ditambahkan 7 mL H_2SO_4 pekat dan 15 mL HNO_3 pekat secara hati-hati. Campuran dipanaskan secara hati-hati hingga terbentuk larutan jernih. Campuran disaring dan filtratnya dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL lalu diencerkan dengan aquades hingga tanda batas. Absorbansi larutan kemudian diukur menggunakan AAS untuk logam Pb pada panjang gelombang 217,0 nm dan logam Cu pada panjang gelombang 324,7 nm.

Penentuan Konsentrasi Pb dan Cu Total dalam Sedimen

Sebanyak 1 gram sampel sedimen diambil dan dimasukkan ke dalam gelas beaker. Selanjutnya ditambah 10 mL campuran HNO_3 pekat dan HCl pekat (1:3) lalu ditutup dengan gelas arloji. Campuran tersebut didigesti dengan *ultrasonic bath* pada suhu 60°C selama 45 menit. Kemudian campuran sampel

dipanaskan pada *hotplate* pada suhu 140°C selama 45 menit. Campuran hasil pemanasan disaring dan filtratnya dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Filtrat tersebut diencerkan dengan aquades hingga tanda batas (Siaka *et al.*, 2006). Larutan diukur dengan AAS pada panjang gelombang 217,0 nm untuk Pb dan 324,7 nm untuk Cu.

Ekstraksi Bertahap

a. Ekstraksi Tahap I (Fraksi Easily, Freely, Leachable and Exchangeable)

Sebanyak 2 gram sampel sedimen dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer kemudian ditambah 40 mL CH_3COOH 0,1 M. Kemudian campuran digojog dengan penggojog listrik selama 2 jam. Bagian cair disaring dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Larutan tersebut diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Selanjutnya larutan diukur dengan menggunakan AAS pada panjang gelombang 217,0 nm untuk Pb dan 324,7 nm untuk Cu. Residu yang dihasilkan digunakan untuk ekstraksi tahap berikutnya.

b. Ekstraksi Tahap II (Fraksi Mn dan Fe Oksida)

Residu dari tahap I selanjutnya ditambah 40 mL $\text{NH}_2\text{OH.HCl}$ 0,1 M. Keasaman campuran diatur hingga mendekati pH 2 dengan menambahkan asam nitrat. Campuran digojog selama 2 jam lalu bagian cair disaring dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Larutan tersebut kemudian diukur dengan menggunakan AAS pada panjang gelombang 217,0 nm untuk Pb dan 324,7 nm untuk Cu. Residu yang dihasilkan digunakan untuk ekstraksi tahap berikutnya.

c. Ekstraksi Tahap III (Fraksi Organik dan Sulfida)

Residu dari tahap II ditambah 10 mL H_2O_2 8,8 M dengan hati-hati kemudian campuran ditutup dengan kaca arloji. Campuran sampel didiamkan selama 1 jam pada suhu ruang dan sesekali dikocok. Selanjutnya campuran dipanaskan pada suhu 85°C selama 1 jam dalam penangas air. Kemudian campuran ditambah 10 mL larutan H_2O_2 dan dipanaskan kembali dalam penangas air pada suhu 85°C selama 1 jam. Campuran kemudian didinginkan dan setelah dingin ditambah 20 mL $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1 M. Asam nitrat ditambahkan ke dalam campuran untuk mengatur tingkat keasaman hingga pH 2.

Kandungan Logam Pb dan Cu Total dalam Air, Ikan, dan Sedimen
di Kawasan Pantai Serangan serta Bioavailabilitasnya
(I Gusti Ngurah Raka Aryawan, Emmy Sahara, dan Iryanti Eka Suprihatin)

Campuran digojog selama 2 jam lalu bagian cair disaring dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Larutan tersebut diukur dengan menggunakan AAS pada panjang gelombang 217,0 nm untuk Pb dan 324,7 nm untuk Cu. Residu yang dihasilkan digunakan untuk ekstraksi tahap berikutnya.

d. Ekstraksi Tahap IV (Fraksi *Resistant*)

Fraksi ini ditentukan dengan menggunakan residu dari tahap III dan dilakukan dengan prosedur yang sama seperti penentuan Pb dan Cu total pada sedimen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Logam Pb dan Cu dalam Air Laut

Hasil perhitungan konsentrasi kedua logam selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi Logam Pb dan Cu dalam Air Laut

Ulangan	[Pb] mg/L	[Cu] mg/L
1	0,0584	0,0008
2	0,0365	0,0008
3	0,0219	0,0034
Rata-rata	$0,0389 \pm 0,02$	$0,0017 \pm 0,00$

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa konsentrasi logam Pb dalam air sebesar 0,0389 mg/L dan logam Cu sebesar 0,0017 mg/L. Menurut Keputusan MNLH (2004) nilai ambang batas yang diperbolehkan Pb dan Cu dalam air laut sebesar 0,008 mg/L untuk kepentingan biota laut, Dengan demikian, konsentrasi logam Pb dalam air laut di kawasan Pantai Serangan telah melewati ambang batas yang diperbolehkan untuk logam Pb dalam air laut dan logam Cu masih berada di bawah ambang batas.

Banyaknya aktivitas masyarakat di Pantai Serangan sangat memungkinkan terjadinya pencemaran di perairan tersebut. Adanya konsentrasi logam Pb dalam air dapat disebabkan oleh banyaknya aktivitas nelayan di sekitar pantai serta penambahan tetrametil-Pb dan tetraetil-Pb dalam bahan bakar kendaraan kapal. Adanya logam Cu berasal dari pewarna cat yang melapisi badan perahu (Rompas, 2010). Di samping itu, Pantai Serangan juga berdekatan dengan pemukiman

penduduk sehingga peluang terjadi pencemaran lebih tinggi dikarenakan oleh adanya limbah dari kegiatan rumah tangga. Derajat keasaman (pH), suhu dan salinitas dapat mempengaruhi konsentrasi logam Pb dan Cu dalam air laut ini. Dalam pH basa, logam Pb dan Cu dalam air laut dapat mengalami pengendapan karena kedua logam mengalami kelarutan yang kecil sehingga memudahkan terbentuknya endapan. Salinitas yang tinggi menyebabkan potensi logam Pb dan Cu untuk berikatan dengan ion klorida menjadi semakin tinggi. Selain itu dalam air dengan salinitas yang tinggi tidak banyak organisme dapat bertahan hidup.

Konsentrasi Logam Pb dan Cu dalam Ikan

Bagian ikan yang dianalisis adalah bagian dagingnya, karena menurut Supriyanto (2007) bagian daging mempunyai konsentrasi logam berat lebih tinggi dibandingkan bagian insang. Hasil pengukuran Pb dan Cu dalam sampel ikan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi Logam Pb dan Cu dalam Ikan

Ulangan	[Pb] mg/kg	[Cu] mg/kg
1	2,1832	1,4811
2	3,6351	1,5642
3	1,4562	1,6089
Rata-rata	$2,4248 \pm 1,11$	$1,5514 \pm 0,06$

Ikan merupakan biota yang dapat dijadikan parameter untuk menentukan tingkat pencemaran pada suatu wilayah perairan. Data pada tabel di atas menunjukkan bahwa logam Pb pada ikan sebesar 2,4248 mg/kg dan logam Cu sebesar 1,5514 mg/kg. Berdasarkan peraturan SNI 7389:2009, cemaran logam Pb dan Cu yang diperbolehkan dalam ikan adalah berturut-turut 0,3 mg/kg dan 0,02 mg/kg. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi kedua logam telah melebihi batas yang diperbolehkan sehingga dapat disimpulkan bahwa ikan di daerah kawasan Pantai Serangan telah tercemar.

Adanya logam berat pada ikan yang jauh lebih tinggi daripada di air laut menunjukkan adanya logam Pb dan Cu dalam air laut yang terserap dalam tubuh ikan yang dapat terakumulasi dalam waktu yang sangat

lama. Di dalam tubuh ikan sendiri terdapat logam Cu yang berfungsi dalam proses metabolisme dan pembentukan hemoglobin dan fisiologinya (Burns, 1981). Logam Cu ini jika ditambah dengan logam Cu yang berasal dari perairan akan meningkatkan konsentrasi di dalam tubuh ikan yang menimbulkan rasa mual, muntah jika dikonsumsi manusia secara terus-menerus.

Konsentrasi Logam Pb dan Cu dalam Sedimen

Hasil perhitungan konsentrasi kedua logam dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Konsentrasi Logam Pb dan Cu dalam Sedimen

Ulangan	[Pb], mg/kg	[Cu], mg/kg
1	31,3243	11,0136
2	29,8911	8,1396
3	35,6879	8,2162
Rata-rata	32,3011 ± 3,02	9,1232 ± 1,62

Dari data dalam tabel di atas dapat dilihat bahwa konsentrasi logam Pb lebih besar dari konsentrasi Cu yaitu berturut-turut adalah 32,3011 mg/kg dan 9,1232 mg/kg. Konsentrasi logam dalam air lebih kecil dibandingkan dengan dalam sedimen, karena logam berat lebih mudah mengikat bahan organik dan mudah mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen (Harahap, 1991). Dalam beberapa penelitian tentang kedua logam ini dalam sedimen di kawasan Pelabuhan Bena, yang sama-sama termasuk dalam wilayah selatan Bali, dilaporkan kandungan logam Cu sebesar 178,4144 - 179,9797 mg/kg (Agustina, 2013) dan Pb sebesar 18,4852 - 23,3974 mg/kg (Dewi, 2013). Di lain tempat yaitu muara sungai Badung pada jalur Taman Hutan Raya Ngurah Rai didapat kandungan logam Pb dan Cu sebesar 31,8832 mg/kg dan 33,9036 mg/kg (Puspasari, 2013). Perbedaan konsentrasi ketiga logam ini dapat disebabkan oleh adanya perbedaan tingkat pencemaran di ketiga kawasan oleh karena perbedaan aktivitas. Pantai Serangan dan Pelabuhan Bena merupakan wilayah perairan yang sibuk dengan aktivitas perkapalan, sedangkan daerah sekitar Sungai Badung merupakan wilayah yang padat akan aktivitas penduduknya. Dari hal diatas, membandingkan ketiga tempat tersebut dapat menunjukkan tingkat suatu pencemaran. Besarnya logam Pb dibandingkan

dengan Cu di kawasan Pantai Serangan karena Pb dalam sedimen dibawa oleh air sungai menuju samudra.

Berdasarkan pedoman mutu Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC/ARMCANZ) milik Australia dan Selandia Baru (2000), nilai ambang batas yang diperbolehkan untuk Pb dan Cu dalam sedimen berturut-turut adalah 50 - 220 mg/kg dan 65 - 270 mg/kg. Berdasarkan pedoman mutu tersebut, Pb dan Cu dalam sedimen di Kawasan Pantai Serangan masih berada di bawah ambang batas yang diperbolehkan.

Hasil Spesiasi dan Penentuan Bioavailabilitas Logam Pb dan Cu dalam Sedimen

Spesiasi logam Pb dan Cu dalam penelitian ini ditentukan melalui ekstraksi bertahap sehingga dapat diketahui fraksi logam berat dalam berbagai bentuk perikatannya di antaranya adalah fraksi EFLE, fraksi Fe/Mn oksida, fraksi organik dan fraksi *resistan*. Dengan mengetahui berbagai fraksi ini, maka dapat ditentukan bioavailabilitas kedua logam tersebut. Selain itu, dengan melakukan spesiasi akan dapat diduga sumber dari pencemar tersebut, dimana jumlah fraksi EFLE, Fe/Mn oksida dan organik merupakan fraksi pencemar yang berasal dari aktivitas manusia dan fraksi *resistant* adalah fraksi berasal dari alam (Tessier *et al.*, 1979)

Bioavailabilitas suatu logam dapat dinyatakan sebagai % logam yang terekstraksi yang merupakan perbandingan dari konsentrasi yang diperoleh dari tiap tahap ekstraksi dibagi dengan konsentrasi logam total lalu dikalikan 100%. Perhitungan % logam yang terekstraksi dapat dilihat di Lampiran 14 Hasil perhitungan selengkapnya disajikan dalam bentuk Tabel 4.

Dari diagram di atas dapat dilihat bahwa kandungan logam Pb dan Cu pada fraksi EFLE (*Easily, freely, leachable* dan *exchangeable*) berturut-turut sebesar 2,0032 mg/kg (6,20%) dan 0,1412 mg/kg (1,55 %). Hal ini menunjukkan logam Pb lebih banyak berikatan dengan karbonat dari pada logam Cu. Fraksi ini menunjukkan fraksi logam yang mudah terionisasi, mudah bebas, mudah lepas dan dapat dipertukarkan (Gasparatos, *et al.*, 2005).

Kandungan Logam Pb dan Cu Total dalam Air, Ikan, dan Sedimen
di Kawasan Pantai Serangan serta Bioavailabilitasnya
(I Gusti Ngurah Raka Aryawan, Emmy Sahara, dan Iryanti Eka Suprihatin)

Tabel 4 Bioavailabilitas Logam Pb dan Cu dengan Ekstraksi Bertahap

Fraksi	Logam Pb		Logam Cu	
	mg/kg	% terekstraksi	mg/kg	% terekstraksi
I (EFLE)	2,0032 ± 0,31	6,20	0,141 2 ± 0,05	1,55
II (Fe/Mn Oksida)	3,8855 ± 0,64	12,03	0,091 8 ± 0,07	1,01
III (Organik sulfida)	10,2610 ± 3,16	31,77	1,828 7 ± 0,37	20,04
IV (Resistant)	16,1514 ± 7,06	50,00	7,061 5 ± 3,33	77,40

Fraksi EFLE adalah fraksi yang langsung *bioavailable* karena sifatnya yang mudah lepas, sehingga logam Pb dan Cu dalam fraksi ini mudah terbawa oleh arus laut. Dampak yang ditimbulkan adalah mudah terserapnya ion-ion logam ini oleh biota air termasuk oleh ikan dimana ikan akan mudah menyerap kedua ion logam tersebut. Akumulasi logam berat oleh ikan ini dapat membahayakan apabila dikonsumsi berlebihan.

Fraksi selanjutnya yaitu Fe/Mn oksida dimana logam Pb dan Cu yang terekstraksi sebesar 3,8855 mg/kg (12,03%) dan 0,0918 mg/kg (1,01 %). Fraksi Fe/Mn oksida (*acid reducible*) menunjukkan bahwa kedua logam berikatan dengan Fe-Mn oksida yang mudah direduksi oleh asam. Fraksi Fe/Mn oksida adalah fraksi yang tidak stabil di bawah potensial redoks rendah (Gasparatos, *et al.*, 2005).

Fraksi organik sulfida adalah fraksi dimana logam berikatan dengan senyawa organik dan sulfida yang mudah teroksidasi (Gasparatos, *et al.*, 2005). Dalam fraksi ini logam Pb dan Cu yang terekstraksi secara berturut-turut sebesar 10,2610 mg/kg (31,77%) dan 1,8287 mg/kg (20,04 %). Adanya fraksi organik dan sulfida yang cukup tinggi di Kawasan Pantai Serangan ini dapat disebabkan oleh adanya limbah organik yang berasal dari usaha rumah tangga maupun tumpahan bahan bakar yang mengandung tetrametil-Pb dan tetraetil-Pb. Dewi (2013) juga telah melaporkan bahwa fraksi organik dan sulfida dalam

sedimen di Pelabuhan Benoa sangat tinggi yaitu sebesar 40,74 – 57,51 %.

Fraksi yang diperoleh dalam tahap terakhir adalah fraksi *resistant*, yaitu logam yang berasal dari proses alam seperti penguraian kristal silikat pada batuan (Yap, *et al.*, 2003). Logam Pb dan Cu yang didapat pada fraksi ini berturut-turut sebesar 16,1514 mg/kg 50,00 % dan 7,0615 mg/kg 77,40 %. Dari hasil di atas, terlihat bahwa fraksi *resistant* adalah fraksi yang paling besar dibandingkan ketiga fraksi yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa logam Pb dan Cu lebih banyak berasal dari alam. Jumlah fraksi EFLE, Fe/Mn oksida dan organik sulfida merupakan fraksi *bioavailable* yang memiliki hubungan erat dengan sumber yang berasal dari kegiatan manusia. Dalam penelitian ini fraksi *bioavailable* dari logam Pb adalah sebesar 50,00% dan logam Cu sebesar 22,60%. Dari hasil penelitian ini, pencemaran Pb dan Cu yang terjadi di kawasan Pantai Serangan yang berasal dari kegiatan masyarakat lebih didominasi oleh logam Pb dibandingkan logam Cu.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Konsentrasi logam Pb dan Cu total dalam air laut di kawasan Pantai Serangan secara berturut-turut adalah sebesar $0,0389 \pm 0,02$ mg/L dan $0,0017 \pm 0,00$ mg/L, dalam ikan sebesar $2,4248 \pm 1,11$ mg/kg dan $1,5514 \pm 0,06$ mg/kg serta dalam sedimen sebesar $32,3011 \pm 3,02$ mg/kg dan $9,1232 \pm 1,62$ mg/kg

Persen terekstraksi hasil spesiasi terhadap sedimen dengan teknik ekstraksi bertahap terhadap Pb dan Cu yang bioavailabel berturut-turut 50% dan 77,40%. Dengan demikian, maka fraksi logam Pb dan Cu yang bioavailabel adalah sebesar 16,1497 mg/kg dan 2,0617 mg/kg, sedangkan fraksi logam yang *resistant* sebesar 16,1514 mg/kg dan 7,0615 mg/kg.

Saran

Saran yang bisa diberikan disini adalah perlu dilakukan penelitian mengenai logam lainnya, seperti Fe dan Mn ataupun terhadap sampel lainnya seperti udang, kepiting dan lain-lainnya di kawasan Pantai Serangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Ibu Ni Gusti Ayu Made Dwi Adhi Suastuti atas masukannya. Terima kasih juga kepada orang tua dan teman-teman seperjuangan yang selalu mendukung dan memberikan ide kepada penulis sehingga penelitian ini dapat diterbitkan menjadi karya ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, A., Sahara, E., Kunti Sri Panca Dewi, IG.A., 2014, Spesiasi dan Bioavailabilitas Logam Cu dan Zn Dalam Sedimen di Pelabuhan Benoa Yang Diayak Basah dan Kering, *Jurnal Kimia*, Vol. 8 No. 1, hal 9-16
- Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC), 2000, ANZECC interim sediment quality guidelines. Report for the Environmental Research Institute of the Supervising Scientist, Sydney, Australia
- Bernard, T. and Neff, J., 2001, *Metals Bioavailability in the Navy's Tiered Ecological Risk Assessment Process, Issue Paper*, Washington Navy Yard, pg.1-15
- Burns, M. J., 1981, *Role of copper in physiological processes*, Auburn Vet. J. 38 (1): 12-15
- Connel, W.D. and Miller, G.J., 1995, *Chemistry and Ecology of Pollution*, a.b. Y. Koester, Penerbit UI Press, Jakarta
- Gasparatos, D., Haidouti, C., Adrinopoulus and Areta, O., 2005, Chemical Speciation and Bioavailability of Cu, Zn, and Pb in Soil from The National Garden of Athens, Greece, *Proceedings: International Conference on Environmental Science and Technology*, Rhodes Island, Greece, 1-3 September 2005
- Goyer, R. A. and Clarkson, T.W., 2001, *Toxic effects of metals*. In *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*, 6th ed., C. D. Klaassen, ed. New York, McGraw-Hill, pp. 811-867
- Harahap, S. 1991, *Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung Ditinjau dari Sifat Fisika-Kimia Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos Makro*, IPB, Hal 167
- Kantor Kementrian Negara Lingkungan Hidup, 2004, *Keputusan Kementrian Negara Lingkungan Hidup No.Kep-51/2004 Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Laut*, Kantor Negara Lingkungan Hidup, Jakarta
- Lusiana Dewi, N.L.E., Sahara, E., Laksmiwati, A.A.I.A.M., 2014, Fraksinasi dan Bioavailabilitas Logam Pb dan Cr Dalam Sedimen di Pelabuhan Benoa, *Jurnal Kimia*, Vol. 8 No. 1, hal 63-69
- Nowierski, M., Dixon, G. and Borgman, U., 2002, Effect of water source on metal bioavailability and toxicity from field collected sediments, *Proceeding: SETAC, Salt Like City*, 16-20 November 2002
- Pascoli, C., 1999, *Nature Waters and Water Technology*, Italy
- Puspasari, D.A., Sahara, E., Suprihatin, I.E., 2013, Spesiasi dan Bioavailabilitas Logam Cu dan Zn Dalam Perairan dan Sedimen Muara Sungai Badung Pada Jalur Taman Hutan Raya Ngurah Rai Denpasar Bali, *Jurnal Kimia*, Vol.8 No. 2, Hal. 153-158
- Rompas, R.M., 2010, *Toksikologi Kelautan*, Walaw Bengkulen, Jakarta
- Sahetapy, J. M., 2011, Toksisitas Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya pada Konsumsi Oksigen dan Respon Hematologi Juvenil Ikan Kerapu Macan, *Thesis*, Pasca Sarjana IPB, Bogor
- Siaka, M., Owens, C.M. and Birch, G.F., 2006, *Evaluation of Some Digestion Methods for the Determination of Heavy Metals In Sediment Sample by Flame-AAS*, *Analytical Letters*, Vol. 31, Issue 4: 703-718
- Standar Nasional Indonesia 7389:2009 tentang Batas Maksimum Cemar Logam
- Suarjana, Gede, 2011, *Pantai Bali Tercemar Limbah, Badan Lingkungan Hidup Sidak Hotel di Kuta*, Kepala UPT Laboratorium BLH Bali, <http://news.detik.com/berita/1637692/pantai-bali-tercemar-limbah-badan-lingkungan-hidup-sidak-hotel-di-kuta>, diakses pada tanggal 4 Oktober 2014
- Supriyanto, C., Samin, Z., Kamal, 2007, *Analisis Cemar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd pada Ikan Air Tawar dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan*

Kandungan Logam Pb dan Cu Total dalam Air, Ikan, dan Sedimen
di Kawasan Pantai Serangan serta Bioavailabilitasnya
(I Gusti Ngurah Raka Aryawan, Emmy Sahara, dan Iryanti Eka Suprihatin)

- Atom(AAS)*, Sekolah Tinggi Teknologi
Nuklir, Batan
- Tessier, A., Campbell, P.G.C., and Bisson, M., 1979, *Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals*, *Analytical Chemistry*, 51, 844–851
- Yanthy T., K.I., Sahara, E., Kunti Sri Panca Dewi, IG.A., 2013, Spesiasi dan Bioavailabilitas Logam Tembaga (Cu) Pada Berbagai Ukuran Partikel Sedimen di Kawasan Pantai Sanur, *Jurnal Kimia*, Vol. 7 No. 2, hal 141-152
- Yap, C.K., Ismail, A., and Tan, S.G., 2003, Concentration, Distribution and Geochemical Speciation of Copper in Surface Sediment of the Strait of Malacca, *Pakistan Journal of Biological Science*, 6(12):1021-1026