

**SPEIASI DAN BIOAVAILABILITAS LOGAM Cu DAN Zn  
DALAM PERAIRAN DAN SEDIMEN MUARA SUNGAI BADUNG  
PADA JALUR TAMAN HUTAN RAYA NGURAH RAI DENPASAR BALI**

**Dewa Ayu Puspasari, Iryanti Eka Suprihatin\*, dan I G. A. Kunti Sri Panca Dewi**

*Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran*

*\*email : eka\_suprihatin@unud.ac.id*

---

**ABSTRAK**

Konsentrasi logam di perairan tidak dapat memberikan informasi yang cukup tentang ketersediaan hayati logam tersebut di perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui spesiasi dan bioavailabilitas logam, Cu dan Zn dalam sampel air dan sedimen di muara sungai Badung pada kawasan Taman Hutan Raya Ngurah Rai Denpasar Bali. Penentuan spesiasi dan bioavailabilitas logam – logam tersebut dilakukan dengan metode ekstraksi bertahap.

Secara matematis hasil penjumlahan fraksi non-resistant dan fraksi resistant logam Cu dan Zn di sedimen muara sungai badung pada kawasan Taman Hutan Raya yang didapat pada penelitian ini menunjukkan konsentrasi total logam di sedimen tersebut yaitu sebesar Cu 33,9036 mg/kg dan Logam Zn 50,8296 mg/kg. Hasil spesiasi logam di beberapa fraksi adalah: fraksi logam Cu didominasi oleh fraksi resisten yaitu sebesar 64,38 % sedangkan fraksi non-resisten masing – masing adalah acid reducible sebesar 3,70 %, fraksi oxidisable organic sebesar 31,89 % dan pada fraksi EFLE tidak terdeteksi. Fraksi logam Zn didominasi oleh fraksi Acid reducible sebesar 39,27 % diikuti dengan fraksi oxidisable organic sebesar 25,46 % dan fraksi EFLE sebesar 1,80 % sedangkan fraksi resistennya sebesar 33,47 %. Prosentase bioavailabilitas logam Cu dan Zn adalah 35,59 % ; 66,53 %.

Kata kunci: spesiasi, bioavailabilitas, Cu, Zn, air, sedimen

**ABSTRACT**

Metal concentration in water environment and sediment cannot give sufficient information about bioavailability of those metals in the waterworks. The aims of this study are to determine the bioavailability and specification of Cu and Zn in water environment and sediment in the estuary of Badung river in the “Taman Hutan Raya Ngurah Rai” Denpasar, Bali area. Determination of bioavailability and speciation of those metals were accomplished by sequential extraction method.

The results of this study show that total concentrations of Cu, and Zn in the water samples are 0,1792 mg/L, and 0,0647 mg/L. The sum of the fraction of non-resistant and resistant fractions of Cu and Zn in the sediment obtained in this study indicates the total concentration of metals in the sediment, i.e 33,9036 mg / kg and 50,8296 mg/kg. Results of the metal speciation are as follow: fraction of Cu is dominated by resistant fraction that is 64,38 %, whereas non-resistant fractions are: 3,70 % for acid reducible and 31,89% for oxidisable organic. Fraction of Zn is dominated by acid reducible fraction of 39,27 %, followed by organic oxidisable of 25,46 % and EFLE fraction of 1,80%, whereas the resistant fraction is 33,47 %. The percentages of Cu and Zn bioavailabilities respectively are 35,59 % ; and 66,53 %.

Keywords: Speciation, bioavailability, Cu, Zn, water, sediment

## PENDAHULUAN

Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai merupakan suatu kawasan hutan bertipe hutan payau dan dipengaruhi oleh pasang surut air laut dan merupakan tempat bermuaranya Sungai Badung. Beraneka ragam aktivitas manusia yang terjadi di sepanjang daerah aliran Sungai Badung dan di sekitar muara seperti aktivitas rumah sakit, aktivitas hotel, pasar, bengkel, pertanian, peternakan, industri pencelupan/sablun, industri tahu/tempe, dan aktivitas rumah tangga yang membuang limbahnya ke Sungai Badung dapat mempengaruhi keadaan perairan sungai dan muara sungai tersebut. Limbah yang berasal dari aktivitas manusia tersebut mengandung berbagai jenis logam berat yang dapat berpengaruh terhadap organisme yang hidup pada perairan muara Sungai Badung (Mayun, 1998).

Sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian di muara Sungai Badung. Bawa dan Soprihatin (1997) menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat pada muara Sungai Badung berkisar antara 0,16 -0,66 mg/L tembaga (Cu), 0,14 -0,98 mg/L plumbum (Pb), dan 0,09 -0,55 mg/L kromium (Cr). Pada penelitian Suaniti (2007) diperoleh konsentrasi logam Pb dan Cu dalam kerang hijau di muara Sungai Badung yaitu Pb antara 28,6128 - 29, 8442 mg/kg sampel berat kering. Untuk logam Cu berkisar antara 2,4239 - 2,8558 mg/kg. Pada penelitian Bogoriani (2007) menunjukkan bahwa konsentrasi Pb pada ikan nila rata-rata berkisar antara 10,1910-10,7710 mg/kg berat basah dan konsentrasi Cr yang diperoleh rata-rata berkisar antara 1,3460-2,9640 mg/kg berat basah. Penelitian oleh Dwijani dan Suprihatin (2009) menunjukkan konsentrasi Pb total dalam sedimen basah bervariasi antara 0,26 - 0,51 mg Pb/ kg sedangkan konsentrasi logam Cu 0,4 - 0,58 mg/kg berat sedimen basah dan pada penelitian oleh Pancadewi (2009) diperoleh konsentrasi Logam Pb tertinggi pada muara Sungai Badung sebesar 0,054 mg/L.

Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi beberapa logam berat pada perairan telah melampaui batas kandungan untuk menjamin kehidupan yang layak untuk perikanan dan peternakan yaitu Cu 0,02 mg/L, Pb 0,03 mg/L, dan Cr 0,05 mg/L.

Keberadaan logam berat diperaian dianggap berbahaya karena persenyawaan logam berat yang tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme perairan sehingga terakumulasi dan mengendap di dasar perairan (Rochyatun dan Rozak, 2007). Konsentrasi logam yang ada di perairan dan sedimen tidak selalu berkorelasi positif dengan respon yang timbul pada biota (Nowierski, *et al.*, 2002). Spesiasi logam memberikan informasi tentang perilaku dan karakter suatu unsur misalnya mobilitas, fungsi, bioavailabilitas, dan toksisitasnya.

Dalam Fitri (2008) Spesiasi unsur memberikan informasi tentang perilaku dan karakter suatu unsur misalnya mobilitas, fungsi, ketersediaan, defisiensi dan toksisitasnya. Perilaku suatu unsur baik pada organisme maupun pada sistem ekologis tidak dapat diterangkan hanya dengan mengetahui jumlah total unsur tersebut dalam sampel yang bersesuaian melainkan juga ditentukan oleh bentuk spesi unsur tersebut. Bioavailabilitas adalah ketersediaan jumlah logam total yang dapat terserap ke dalam biota. Bila suatu logam masuk ke perairan, maka logam tersebut dapat mengalami beberapa kemungkinan yaitu, logam langsung tersedia dan diakumulasi oleh organisme, logam langsung tersedia tetapi bioavailabilitasnya menurun seiring dengan waktu, logam tidak tersedia lalu menjadi tersedia, serta kemungkinan logam tidak pernah tersedia (John and Leventhal, 1995).

Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian mengenai spesiasi dan bioavailabilitas logam berat Cu dan Zn di muara Sungai Badung pada kawasan Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai, untuk mengetahui ketersediaan dan konsentrasi logam total tersebut dalam berbagai fraksi sehingga dapat diketahui besarnya konsentrasi logam total Cu dan Zn yang dapat diserap oleh biota di perairan tersebut.

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : sampel sedimen dan sampel air di muara Sungai Badung,  $Pb(NO_3)_2$ ,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $HNO_3$ ,  $NH_4CH_3COO$ ,

NaOH,  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ , HCl,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan aquades yang semuanya memiliki derajat kemurnian pro analisis.

### Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : labu ukur, pipet volum, gelas ukur, gelas beaker, pipet ukur, pipet tetes, mortar, kertas saring, corong, oven, cawan porselen, neraca analitik, desikator, furnace, gelas piala, botol semprot, hotplate, sendok polietilen, kantong plastik polietilen, termometer, sentrifuge, pH meter, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Shimadzu/AA-7000.

### Cara Kerja

#### *Pengambilan Sampel*

Pengambilan sampel dilakukan pada 5 titik pada tanggal 17 April 2013 di kawasan muara Sungai Badung pada jalur Taman Hutan Raya Ngurah Rai. Sampel air yang diambil disimpan dalam botol polietilen dan ditambah pengawet  $\text{HNO}_3$  pekat hingga pH sampel air berada dibawah 2.

Sampel sedimen diambil dengan kedalaman  $\pm 10$  cm kira-kira sebanyak 100 gram. Sebelum digunakan alat dan kantong plastik direndam dalam  $\text{HNO}_3$  10%. Sampel-sampel yang telah diambil dimasukkan dan disimpan dalam *ice box* yang diisi es dan dibawa ke laboratorium.

#### *Preparasi Sampel Sedimen*

Sampel basah diayak dengan ayakan 63  $\mu\text{m}$  dengan bantuan air yang diambil dari tempat pengambilan sampel. Pengayakan dilakukan terhadap sedimen basah dengan tujuan agar semua butiran sedimen yang lolos dari ayakan mencerminkan ukuran yang sebenarnya di alam. Ukuran 63  $\mu\text{m}$  dipilih karena sedimen dengan ukuran tersebut lebih banyak mengikat senyawa - senyawa logam. Butiran sedimen yang bercampur dengan air diendapkan selama paling sedikit satu hari. Selanjutnya cairan yang jernih didekantir dan endapannya dikeringkan dalam oven pada suhu tidak lebih dari 60<sup>0</sup>C hingga kering (berat konstan). Sedimen kering yang diperoleh digerus kemudian disimpan dalam botol kering guna analisis lebih lanjut (Arifin dan Fadhlina, 2007).

#### *Penentuan Konsentrasi Total Logam Cu, dan Zn pada Sampel Air*

Sampel air laut diukur 100 ml, ditambah 10 ml  $\text{HNO}_3$  pekat lalu dipanaskan diatas *hot plate*. Larutan yang diperoleh diendapkan dan disaring fase airnya dengan kertas saring. Larutan yang diperoleh dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL lalu ditambah aquades sampai tanda batas. Larutan yang diperoleh siap dianalisis dengan menggunakan SSA (Makmur, *et al.*, 2013).

#### *Spesiasi Logam Cu dan Zn pada Sampel Sedimen*

Metode spesiasi yang digunakan mengikuti metode ekstraksi berkesinambungan Badri and Aston, (1983) yang telah dimodifikasi oleh Yap, *et al.*, 2003 Metode spesiasi ini meliputi 4 langkah ekstraksi.

##### *Ekstraksi tahap 1 ( penentuan fraksi EFLE)*

Sebanyak 5 gram sampel serbuk sedimen ditimbang dengan teliti, ditambah 25 mL amonium asetat ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) 1 M (pH 7), diaduk selama 3 jam dengan pengaduk magnet dan disentrifugasi. Supernatan didekantir dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Logam Cu dan Zn dalam filtrat diukur dengan SSA pada panjang gelombang 324,7 nm (Cu) dan 213,9 nm (Zn). Pada tahap ini akan dihasilkan fraksi EFLE (*easily, freely, leachable dan exchangeable*) atau fraksi karbonat(fraksi *exchangeable*). Residu yang dihasilkan digunakan untuk ekstraksi selanjutnya.

##### *Ekstraksi tahap 2 (penentuan fraksi tereduksi asam atau fraksi Fe-Mn oksida)*

Residu dari fraksi EFLE (*easily, freely, leachable dan exchangeable*) dicuci dengan 10 mL aquades kemudian ditambah 25 mL  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$  0,25 M, diatur pada pH 2 dengan menambahkan HCl dan diaduk selama 3 jam dengan pengaduk magnet dan disentrifugasi . Supernatan dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml. Residu dibilas dengan 10 mL aquades dan disentrifugasi, Supernatan didekantir dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml tersebut dan diencerkan dengan aquades hingga tanda batas. Pada tahap ini dihasilkan fraksi *acid reducible* (tereduksi asam). Logam Cu dan Zn dalam filtrat diukur dengan SSA. Residu yang dihasilkan digunakan untuk ekstraksi selanjutnya.

**Ekstraksi tahap 3 (penentuan fraksi oxidisable organic (dapat teroksidasi oleh organik))**

Residu dari fraksi *acid reducible* dicuci dengan 10 mL aquades. Selanjutnya ditambah 7,5 mL larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% dan dipanaskan dalam penangas air pada suhu 90 – 95°C. Campuran kemudian ditambah 25 mL larutan CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> 1 M, diatur agar pH 2 dengan menambahkan HCl, kemudian diaduk selama 3 jam dengan magnet stirer dan disentrifugasi. Supernatan didekantir dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan hingga tanda batas. Pada tahap ini dihasilkan fraksi *oxidisable organic* (dapat teroksidasi oleh organik). Logam Cu dan Zn dalam filtrat diukur dengan SSA. Residu digunakan untuk ekstraksi selanjutnya.

**Ekstraksi langkah 4 (penentuan fraksi resitant)**

Residu dari fraksi *oxidisable organic* dicuci dengan 10 mL aquades kemudian ditambah 5 mL HCl pekat dan 15 mL HNO<sub>3</sub> pekat (1:3). Campuran dipanaskan pada suhu 140°C selama 45 menit kemudian dididuk selama 3 jam dengan pengaduk magnet dan disentrifugasi. Filtrat yang diperoleh ditampung dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan sampai tanda batas kemudian dianalisis dengan SSA. Pada tahap ini diperoleh logam Cu dan Zn yang bersifat resistant (*non-bioavailable*).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Konsentrasi Total Cu dan Zn dalam Sampel Air**

Konsentrasi total Cu dan Zn dalam sampel air ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi Logam Total Cu dan Zn Dalam Sampel Air

Logam	Konsentrasi Dalam Air (mg/L)
Cu	0,09± 0
Zn	0,07± 0

Konsentrasi total logam dalam sampel air ditentukan untuk dapat membandingkan antara konsentrasi total masing – masing logam Cu dan Zn dalam air dengan konsentrasi logam – logam tersebut yang bioavailabel di sedimen. Konsentrasi total logam dalam sampel air dilakukan dengan menambahkan HNO<sub>3</sub> 65% ke dalam 10 mL sampel air hingga pH larutan menjadi 2. Dalam proses ini digunakan HNO<sub>3</sub> 65% karena HNO<sub>3</sub> 65% merupakan oksidator kuat yang dapat melarutkan hampir semua logam dan dapat mencegah pengendapan unsur dan pada keadaan asam logam-logam dalam sampel akan mudah terionisasi (Murtini, *et al.*, 2005).

Dari data yang diperoleh konsentrasi total logam Cu 0,09 mg/L dan Zn 0,07 mg/L. Berdasarkan Kepmen LH No. 51 tahun 2004 nilai konsentrasi total logam Cu yang diperoleh telah melebihi ambang batas konsentrasi logam berat di perairan laut yaitu 0,05 mg/L (Cu) sedangkan untuk logam Zn masih berada dibawah ambang batas yaitu Zn 0,1 mg/L.

**Spesiasi dan Bioavailabilitas Cu dan Zn di Sedimen**

Hasil spesiasi dan bioavailabilitas Cu dan Zn dalam sampel sedimen ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesiasi dan Bioavailabilitas Logam Cu dan Zn di Sedimen

Logam	Fraksi	Konsentrasi ± SD (mg/kg)	% terekstraksi
Cu	EFLE	-0,59 ± 0,04	0 %
	Acid reducible	1,26 ± 0,17	3,70 %
	oxidisable organik	10,82 ± 0,93	31,89 %
	resistant	21,83 ± 8,02	64,38 %
Zn	EFLE	0,79 ± 0,25	1,80 %
	Acid reducible	17,12 ± 3,23	39,27 %
	oxidisable organik	11,10 ± 0,78	25,46 %
	resistant	14,59 ± 1,08	33,47 %

Berdasarkan hasil penelitian diketahui fraksi Cu didominasi oleh fraksi *resisten* yaitu sebesar 64,38 %, Sedangkan fraksi *non-resisten* masing – masing adalah *acid reducible* sebesar 3,70 % dan fraksi *oxidisable organik* sebesar 31,89 % dan pada fraksi EFLE tidak terdeteksi. Fraksi Cu resisten lebih tinggi dibandingkan yang non-resisten. Hal ini menunjukkan bahwa potensi ketersediaan logam Cu terserap oleh biota bentik, atau bioavailabilitasnya adalah 35,59 %.

Fraksi Zn didominasi oleh fraksi *Acid reducible* sebesar 39,27 % diikuti dengan fraksi *oxidisable organik* sebesar 25,46 % dan fraksi EFLE sebesar 1,80 % sedangkan fraksi *resistennya* sebesar 33,47 %. Hal ini menunjukkan bahwa potensi ketersediaan logam Zn terserap oleh biota bentik (bioavailabilitasnya) yaitu 66,53 % dari logam total Zn di sedimen. Fraksi non-resisten logam Zn lebih tinggi dibandingkan fraksi resistennya.

Secara matematis hasil penjumlahan fraksi *non-resisten* dan fraksi *resistant* logam Cu dan Zn di sedimen muara sungai badung pada kawasan Taman Hutan Raya yang didapat pada penelitian ini menunjukkan konsentrasi total di sedimen tersebut yaitu sebesar 33,9036 mg/kg (Cu) dan 50,8296 mg/kg (Zn). Pada penelitian sebelumnya oleh Dwijani dan Suprihatin (2009) konsentrasi Pb total dalam sedimen basah bervariasi antara 0,26 – 0,51 mg/kg sedangkan untuk logam Cu 0,4 – 0,58 mg/kg. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan akumulasi logam Cu pada sedimen di muara sungai Badung.

Pada penelitian Dwijani dan Suprihatin (2009) dalam sampel daging ikan yang berasal dari muara sungai badung diperoleh konsentrasi logam Pb tertinggi sebesar 0,95 mg/kg dan Cu 0,96 mg/kg. Pada penelitian ini diperoleh konsentrasi bioavailabilitas (ketersediaan hayati) logam cukup tinggi yaitu Cu 12,0775 mg/kg dan Zn 29,0035 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan hayati logam Cu dan Zn perairan muara Sungai Badung cukup tinggi.

Sepanjang DAS (Daerah Aliran Sungai) sangat padat penduduk dengan berbagai aktivitasnya seperti pasar, bengkel, home industri dan pencelupan, sehingga kemungkinan sumber logam-logam yang masuk ke sungai Badung adalah limbah dari berbagai aktivitas tersebut. Desa Pemogan, Pemecutan Klod, Pedungan, dan

Sesetan merupakan contoh desa yang digunakan oleh pengusaha tekstil untuk mendirikan perusahaan. Sungai dikawasan tersebut sering dijadikan tempat untuk membuang limbah oleh industri tekstil sebagai sumber pencemar logam berat yang utama. Limbah dari industri tekstil merupakan salah satu sumber pencemaran logam berat terutama Pb dan Cu yang dihasilkan dari proses pencelupan dan pewarnaan. Logam Cu di lingkungan diduga paling banyak berasal dari kegiatan-kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar. Logam Zn sering digunakan sebagai bahan alloy seperti kuningan, nikel-perak, logam, pewarnaan dan pencetakan (Palar, 2008).

Penggunaan logam-logam tersebut di atas kemungkinan besar menjadi sumber utama masuknya logam Pb, Cu dan Zn ke dalam perairan dan sedimen muara Sungai Badung. Meningkatnya limbah dari industri percetakan, pewartanaan, kegiatan rumah tangga, bengkel dan pasar di sepanjang daerah aliran Sungai Badung mengakibatkan terjadinya peningkatan konsentrasi logam-logam tersebut di perairan dan sedimen muara Sungai Badung setiap tahunnya, yang mana komponen *nonresistant* berhubungan erat dengan masukan antropogenik, sementara komponen *resistant* berhubungan dengan sumber yang berasal dari proses alam (*natural origins*), yaitu dari pelapukan kristal silikat pada batuan (Badri dan Aston, 1983 in Yap *et al.*, 2003).

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Konsentrasi total logam Cu rata – rata pada sampel air menunjukkan nilai yang lebih tinggi yaitu 0,0881 mg/L dibandingkan dengan konsentrasi total logam Zn (0,0668 mg/L).
2. Secara matematis hasil penjumlahan fraksi *non-resistant* dan fraksi *resistant* logam Cu dan Zn di sedimen muara sungai badung pada kawasan Taman Hutan Raya yang didapat pada penelitian ini menunjukkan konsentrasi total logam di sedimen tersebut yaitu sebesar

Cu 33,9036 mg/kg dan Logam Zn 50,8296 mg/kg.

3. Prosentase bioavailabilitas logam Cu yaitu 35,59% dan fraksi resistennya sebesar 64,38 %.
4. Prosentase bioavailabilitas logam Zn yaitu 66,53% dan fraksi resistennya sebesar 33,47 %..

#### Saran

Beberapa hal yang disarankan dalam penelitian ini adalah perlunya dilakukan penentuan konsentrasi logam total pada biota dan mangrove di muara Sungai Badung dan penelitian secara berkesinambungan untuk memonitor perkembangan tingkat pencemaran logam di perairan Muara Sungai Badung Pada Kawasan Taman Hutan Raya Ngurah Rai Denpasar Bali. Demikian pula perlu dilakukan penelitian tentang cara menanggulangi tingkat pencemaran logam di perairan tersebut.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Drs. Made Arsa, M.Si. dan Bapak I Made Sutha Negara, S.Si., M.Si. atas saran dan masukannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z. dan Fadhlina, D., 2009, Fraksinasi Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn dalam sedimen dan Bioavailabilitasnya bagi Biota di Perairan Teluk Jakarta, *Ilmu Kelautan*, 14 (1) : 27-32
- Bawa, I G. A. dan Supriatin, I. E., 1997, *Chemical Studies of Water Pollution and Bioconcentration of Heavy Metals by water Plants*, Unud, Denpasar, h. 9-14
- Bogoriani, N. W., 2007, Penetapan Konsentrasi Pencemaran Logam Pb Dan Cr Pada Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) Di Muara Sungai Badung, *Ecotrophic*, 2 (1) :
- Dwijani, W. dan Suprihatin, I. E., 2009, Bioakumulasi Pb, Cu, dan Cd Dalam Ikan, *Prosiding : The 2nd Basic Science National Seminar*, BSS\_338\_1\_2 - 3, Malang
- Fitri, N., 2008, Diferensiasi dan Distribusi Spesi (Mg, Ca, Mn, Zn, Mo, dan Cd), Floem, *Ricinus Communis L.*, *Disertasi*, Mathematics and Natural Sciences ITB, Bandung
- John, D. A. dan Leventhal, J. S., 1995, *Bioavaibility of Metals*, U. S. Department of Interior, U. S. Geological Denver, Colorado
- Kunti Sri Panca Dewi, I G. A. dan Armadi, N. M., 2009, Kandungan Pb, Cd, dan Cr Air Sungai Badung, *Prosiding : The 2nd Basic Science National Seminar*, BSS\_336\_1\_2 - 6, Malang
- Makmur, Resky, Emiyarti, dan La Ode Alirman Afu, 2013, Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen di Kawasan Mangrove Perairan Teluk Kendari, *Jurnal Mina Laut Indonesia*, 2 (6) : 47-58
- Mayun, 1998, Penetapan Konsentrasi Cu, Pb, dan Cr Pada Siput Murbei (*Pomacea Canaliculata*) di Waduk Estuari Muara Sungai Badung, *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA Udayana, Bukit Jimbaran
- Nowierski, M., G. Dixon, dan U. Borgman, 2002, Effect of water source on metal bioavailability and toxicity from field collected sediments, *Proceeding SETAC*, Salt Lake City 16-20
- Palar, H., 2008, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta, Jakarta
- Rochyatun, E. dan Rozak, A., 2007, Pemantauan Konsentrasi Logam Berat Dalam Sedimen Di Perairan Teluk Jakarta, *Makara Sains*, 11 (1) : 28-36
- Suaniti, N. M., 2007, Pengaruh EDTA Dalam Penentuan Kandungan Timbal Dan Tembaga Pada Kerang Hijau (*Mytilus Viridis*), *Ecotrophic*, 2 (1) :
- Yap, C. K., A. Ismail, & S. G. Tan., 2003, Concentration, Distribution, and Geochemical Speciation of Copper In Surface Sediment of The Strait of Malacca, *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 6 (12) :1021-1026