

**ANALISIS DISTRIBUSI LOGAM BERAT TIMBAL DAN CADMIUM DALAM
SEDIMEN SEPANJANG MUARA SUNGAI DAN LAUT PERAIRAN SPERMONDE,
SULAWESI SELATAN, INDONESIA**

**Distribution of Pb and Cd Heavy Metal Content in Sediments Along the River Estuary
and Spermonde Waters, South Sulawesi, Indonesia**

Waode Rustiah^{1*}, Alfian Noor¹, Maming¹, Muhammad Lukman², Nurfadilah³

¹*Department of Chemistry, Faculty Mathematic and Natural Science, Hasanuddin University,
Jl. Perintis Kemerdekaan 90245, Makassar-Indonesia*

²*Marine Science Department, Faculty of Marine Science and Fisheries, Hasanuddin University,
South Sulawesi, Indonesia.*

³*Marine Science Department, Faculty of Fisheries and Marine Science, Mulawarman University,
East Kalimantan, Indonesia.*

**Corresponding author, e-mail: waoderustiah79@gmail.com*

Received: Jan. 2019 Published: Jul. 2019

ABSTRACT

Determination of lead and cadmium levels in sediment samples in Spermonde waters have been determined. Sampling was carried out in river and sea estuary waters. The method was used in the analysis of Pb and Cd is specified by SNI 06-6992.3-2004 and SNI 06-6992.4-2004. The results showed that Spermonde waters received more Pb metal input than Cd metal. Pb metal content in river estuary and sea waters averaged 17.38 ppm. The highest Pb metal content was found in Lanjukang Island and Bone Tambung Island with range from 20.88 ppm and 20.19 ppm. Meanwhile, the lowest Pb metal content on Barang Lompo island was 9.86 ppm. The detected metal content of Cd is only found in the Barrang Lompo and Kondong Bali islands with range from 1.04 ppm and 0.19 ppm, while the other locations Cd metal are undetectable. Based on the SQG value, the content of Cd and Pb in sediments in Spermonde waters is still in the standard range for sediment that has not been contaminated.

Keywords: *Sediments, Spermonde waters, Heavy metals Pb, Cd.*

PENDAHULUAN

Sedimentasi merupakan salah satu proses yang terjadi disebabkan oleh alam dan artifisial manusia yang telah memberikan perubahan tatanan ekosistem, dimana sedimen tersebut diendapkan. Perpindahan logam berat yang terlarut dari badan air ke dalam sedimen akan terjadi apabila terdapat material organik pada permukaan sedimen yang akan mengikat logam tersebut (Qu dan Kroeze, 2012; Testa dkk., 2013). Laut merupakan tempat bermuaranya berbagai aliran sungai. Dengan demikian, laut menjadi wadah bagi semua bahan buangan hasil aktivitas yang ada di daratan dan lautan. Secara alamiah laut akan melakukan asimilasi terhadap semua bahan asing yang diterimanya. Apabila kecepatan asimilasi lebih lambat dari suplai bahan tersebut, maka laut akan kehilangan kemampuan asimilasinya dan pada saat itulah terjadi tekanan ekosistem yang mengakibatkan

pencemaran. Beban masukan yang terdapat dalam bentuk terlarut dan tersuspensi dapat berdampak pada lingkungan perairan pesisir dan laut (Glibert dkk., 2008; Garnier dkk., 2010), yang akan merusak ekosistem terumbu karang dan biodiversity (Costa dkk., 2008; Gypens dkk., 2009).

Zona pesisir, khususnya muara, banyak menerima beban masukan bahan antropogenik yang berasal dari berbagai sumber, diantaranya buangan limbah industri, pertambangan, rumah tangga dan limbah pertanian (Bayram dkk., 2013; Strokal dan Kroeze, 2013), yang selanjutnya akan memasuki perairan pesisir dan laut melalui limpasan air hujan, aliran sungai dan *runoff* dari daratan. Diperkirakan sekitar 450 mega ton/tahun bahan cemar organik berasal dari limbah domestic, pupuk, pestisida, bahan organik sintesis, produksi kimiawi dan terjadinya tumpahan minyak yang dibuang ke pesisir dan

laut di seluruh dunia (Schwarzenbach dkk., 2006), merupakan sumber utama pencemaran logam berat. Dalam banyak kasus, logam berat terdapat secara alami dalam badan air, pada tingkat dibawah ambang batas beracun, namun sifat logam yang tidak dapat didegradasi walaupun dalam konsentrasi rendah, masih memungkinkan menimbulkan resiko kerusakan melalui penyerapan dan bioakumulasi oleh organisme. Kadar logam berat yang meningkat di perairan dapat menjadi racun bagi organisme (Agustina, 2010; Riani, 2012). Proses akumulasi logam berat dapat terjadi pada tumbuhan (Mulyani dkk., 2012), biota (Ali dan Bream 2010; Riani 2012) melalui proses absorpsi dan biomagnifikasi (Riani, 2014; 2015) dan terakumulasi pada sedimen (Balachandran dkk., 2005; Rifardi, 2008a) melalui proses gravitasi. Hal penting yang dilakukan adalah bagaimana menentukan masuknya logam berat di perairan pesisir Makassar dan pesisir Pangkep, dan mengelolanya sehingga konsentrasi logam tersebut ketika terendapkan ke dalam sedimen tidak mencapai tingkat yang beracun.

Perairan pesisir Makassar, khususnya yang mendapat limpasan dari muara sungai Tallo, dimana aliran sungai ini membelah kota Makassar, Sulawesi Selatan dan berakhir di Selat Makassar. Pada sekitar mulut sungai terdapat permukiman yang sangat padat dan beberapa industri besar. Sedangkan pesisir Pangkep banyak mendapat limpasan dari aktifitas pertanian, pertambangan, dimana kebutuhan akan pupuk urea untuk kegiatan pertanian dan perikanan. Terjadinya peningkatan limpasan antropogenik dalam jangka panjang, diasumsikan akan membuat semakin memburuknya kondisi ekosistem pesisir dan laut. Penelitian yang sama di sungai Jeneberang, dimana kandungan pada sedimen mengandung Pb dan Cd yaitu masing-masing sebesar 10.3971 ppm dan 0.1 ppm. Sementara di bendungan Bili-bili, mengandung Pb dan Cd masing-masing sebesar 29.249 ppm dan 0.10 ppm (Setiawan, 2014). Sejauh ini, belum ada penelitian terkait yang dilakukan di sepanjang pesisir pantai barat Sulawesi Selatan, yaitu di perairan Makassar dan Pangkep. Pentingnya memahami karakter limpasan material daratan di wilayah pesisir dalam mengisi kesenjangan informasi terutama dalam mengidentifikasi kesehatan ekosistem. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan

konsentrasi Pb dan Cd dalam sedimen, sebagai dampak limpasan material organik yang bermuara ke perairan laut Spermonde secara spasial.

METODOLOGI

Lokasi Sampling

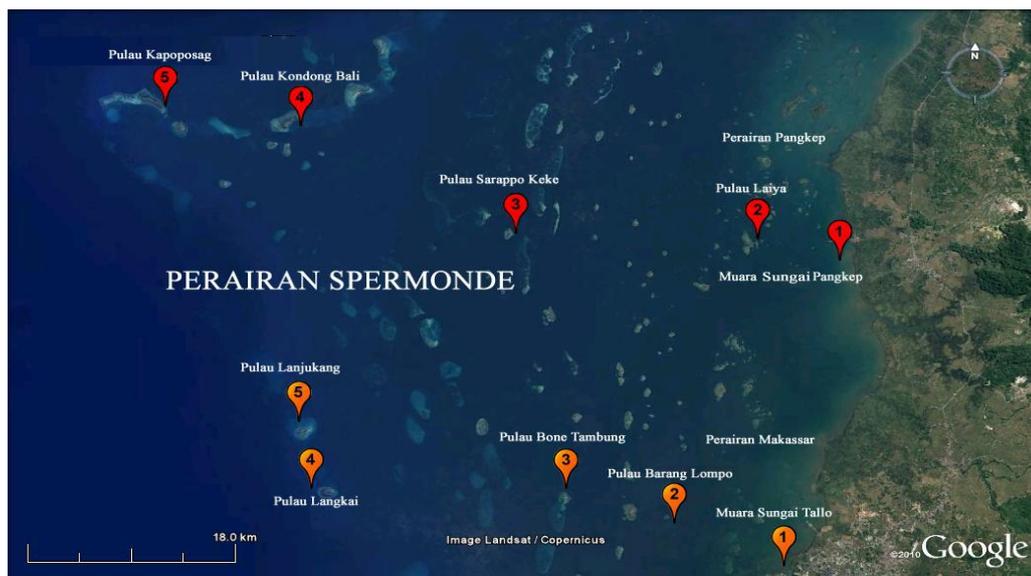
Penentuan posisi stasiun penelitian selama pengamatan ditetapkan menggunakan GPS (Tabel 1). Pengambilan sampel dilaksanakan di bulan Maret 2018. Secara spasial, studi lokasi penelitian di area perairan pesisir Tallo dan Pangkep, dipilih yang tegak lurus dari daratan utama. Perairan pesisir dibagi dalam 2 (dua) domain berdasarkan transport material daratan ke pesisir yaitu domain perkotaan di pesisir Tallo dan domain pertanian di pesisir Pangkep (Gambar 1). Contoh sedimen diambil dari 10 stasiun.

Tabel 1. Posisi geografis stasiun pengambilan sampel penelitian

Lokasi Sampling	Lintang Selatan	Bujur Timur
Muara Sungai Tallo (MT)	05.05.42,3	119.26.34,5
Pulau Barrang Lompo (BL)	05.03.32,3	119.21.18,3
Pulau Bone Tambung (BT)	05.02.16,4	119.17.16,8
Pulau Langkai (LK)	05.01.44,4	119.06.19,1
Pulau Lanjukang (LYK)	04.58.44,3	119.05.07,1
Muara Sungai Pangkep (MP)	04.49.47,3	119.29.23,5
Pulau Laiya (LY)	04.48.31,9	119.24.30,4
Pulau Sarappo Keke (SKK)	04.48.20,8	119.13.31,2
Pulau Kondong Bali (KB)	04.43.24,0	119.02.34,4
Pulau Kapoposang (KPPS)	04.41.13,6	118.57.09,5

Prosedur kerja

Sampel diambil dengan alat Grab sampler. Total berat sedimen yang diambil ± 1 kg pada setiap titik lokasi. Secara visual terlihat bahwa sedimen di muara sungai Tallo dan Pangkep cenderung dominan fraksi halus yaitu berlumpur, sedangkan sedimen yang berasal dari perairan laut berupa lumpur ukuran butiran lempung sampai pasir. Sedimen diayak menggunakan ayakan 63 mesh dengan bantuan air laut yang diambil dari tempat pengambilan sampel. Butiran sedimen yang bercampur dengan air diendapkan selama satu hari. Hasil saringan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C. Setelah kering dilanjutkan dengan penggerusan, kemudian disimpan di gelas kimia yang ditutup dengan aluminium foil sebelum dianalisis lebih lanjut (Sahara, 2009).



Gambar 1. Lokasi sampling

Penyiapan sampel. 5 gram sedimen kering ditimbang dan dimasukkan dalam gelas kimia, kemudian ditambahkan 125 mL campuran HNO₃ dan HClO₄ (4 :1) dan didestruksi selama 3 jam pada suhu 120°C. Hasil destruksi ini disaring dan filtratnya ditampung dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan sampai tanda batas. Tingkat pencemaran ditentukan berdasarkan standar yang dibuat oleh institusi. Penentuan kadar logam berat dalam contoh dilakukan dengan uji AAS. Selengkapnya metode analisis mengikuti acuan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis data sedimen dan metode analisisnya

No.	Parameter	Unit	Metode
1	Timbal (Pb)	mg/kg	SNI 06-6992.3-2004
2	Kadmium (Cd)	mg/kg	SNI 06-6992.4-2004

HASIL DAN PEMBAHASAN

Logam berat dan kualitas perairan

Identifikasi sumber logam yang masuk ke dalam perairan merupakan salah satu cara untuk mengetahui potensi bahaya logam berat. Dengan demikian akan dapat diketahui sumber logam berat tersebut berasal dari kegiatan manusia atau alamiah, karena potensi bioavailabilitas logam di sedimen sangat dibutuhkan untuk menunjang

kegiatan monitoring dan evaluasi pencemaran logam dalam suatu lokasi (Riani dkk., 2014).

Logam dalam bentuk partikel akan berasosiasi dengan partikel tersuspensi di kolom air atau akan terakumulasi di sedimen dasar dalam perairan (Stecko dan Bendell-Young, 2000). Logam yang mengendap di sedimen, juga akan berpartisipasi pada fraksi-fraksi di sedimen, yang akan menentukan bioavailabilitas bagi biota. Selain daripada itu, penting mengidentifikasi sumber logam yang masuk ke perairan, apakah bersumber dari kegiatan manusia (antropogenik) atau alamiah. Dari hasil identifikasi tersebut, sangat menunjang kegiatan monitoring dan evaluasi pencemaran logam di suatu lokasi (Nopriani dkk., 2011).

Logam-logam dalam lingkungan perairan umumnya berada dalam bentuk ion, diantaranya pasangan ion kompleks, ion-ion bebas, ion organik, dan bentuk ion lainnya. Umumnya kisaran parameter oseanografi di perairan estuary dan laut Spermonde tidak berfluktuatif dan masih dalam kisaran sesuai kebutuhan organisme di perairan tersebut (Gambar 2). Proses masuknya logam berat ke dalam perairan, pertama akan mengendap, dispersi dan pengenceran, selanjutnya diserap oleh organisme-organisme di perairan. Kenaikan pH perairan akan menyebabkan kelarutan logam berat semakin kecil. Selanjutnya menyatakan bahwa kenaikan suhu, rendahnya nilai salinitas dan pH di perairan tersebut, menyebabkan

semakin besar tingkat bioakumulasi logam berat (Riani dkk., 2015).

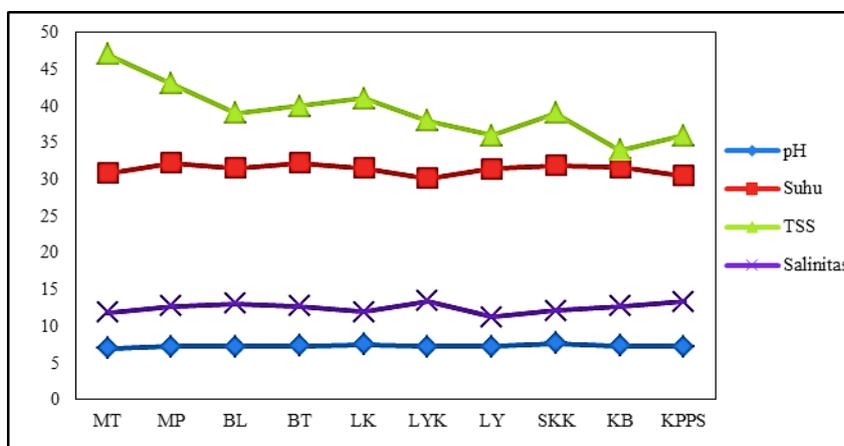
Konsentrasi logam berat di perairan, juga dipengaruhi oleh pH, dimana jika pH rendah, maka kelarutan logam berat lebih tinggi. Secara umum logam berada dalam bentuk kation bebas pada pH yang rendah, sehingga toksisitas logam berat akan semakin besar. Nilai pH pada perairan Spermonde menunjukkan bahwa dari muara sungai sampai ke laut, mengalami penurunan nilai pH yaitu dari 7,93-6,21. Rendahnya kelarutan dari senyawa logam Pb dan Cd, akan diikuti dengan kenaikan pH pada badan perairan. Selanjutnya jika nilai pH semakin tinggi, mengakibatkan kestabilan bergeser dari karbonat ke hidroksida. Pada badan perairan, hidroksida-hidroksida akan membentuk ikatan permukaan dengan partikel-partikel. Pada akhirnya persenyawaan antara partikel-partikel dengan hidroksida yang ada di badan perairan akan mengendap (Nopriani dkk., 2011).

Keberadaan logam berat juga dipengaruhi oleh salinitas di perairan pesisir dan laut. Peningkatan daya toksik logam berat Pb dan Cd terjadi akibat penurunan salinitas, sehingga mengakibatkan semakin besar tingkat

perairan laut, dibandingkan disekitar muara Sungai Tallo dan Pangkep.

Suhu mempengaruhi *uptake* logam berat dan laju metabolisme dalam organisme. Selain itu, suhu juga mempengaruhi distribusi organisme dalam suatu ekosistem, dan toksisitas logam berat Pb dan Cd (Mamboya, 2007). Proses kelarutan logam-logam berat yang masuk ke muara sungai sampai ke laut juga dipengaruhi oleh suhu. Dalam hal ini suhu perairan yang tinggi, baik di muara sungai sampai ke laut, kelarutan logam berat Pb dan Cd juga semakin tinggi. Pada muara sungai sampai ke laut, suhu perairan menunjukkan nilai semakin rendah 32,8-30,5 °C, sehingga kelarutan akan bahan pencemar di perairan semakin rendah, sedangkan kandungan logam berat pada muara sungai lebih tinggi dibandingkan ke arah laut. Hal tersebut menyebabkan laju proses biodegradasi pada suhu tinggi yang dilakukan oleh bakteri pengurai aerobik menjadi naik dan mampu melepaskan bahan kimia ke udara (Nopriani dkk., 2011).

Tingkah laku logam-logam berat di dalam badan perairan, dipengaruhi karena terjadi interaksi antara air dengan endapan sedimen (Sudirman dkk., 2013). Keadaan ini terutama



Gambar 2. Parameter oseanografi meliputi pH, suhu, TSS dan salinitas di perairan pesisir dan laut Spermonde

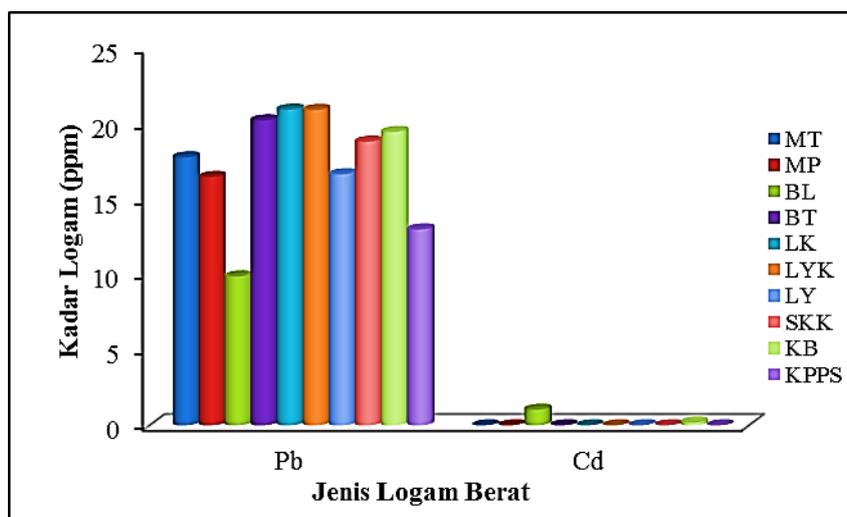
bioakumulasi logam berat (Yudiati dkk., 2009). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa nilai salinitas pada muara sungai Tallo dan Pangkep sampai ke laut masing-masing berkisar 13,6-11,2‰ dan 11,2-12,7‰, memperlihatkan peningkatan kandungan logam berat Pb dan Cd pada

sekali terjadi pada bagian dasar dari perairan. Bagian dasar perairan, ion logam kompleks yang terlarut, akan membentuk partikel-partikel yang lebih besar dengan cepat, meskipun terjadi kontak dengan partikulat suspensi dalam badan perairan. Partikel tersebut akan membentuk ikatan permukaan (Yang dkk., 2007; Zhang dkk., 2008). Sedimen yang terdapat pada perairan muara sungai Tallo Makassar dan muara sungai

Pangkep tergolong pada jenis substrat berpasir dan berlumpur, yang memudahkan masuknya logam-logam berat.

Terlihat pada dasar perairan laut, pengikatan antara ion-ion logam dengan substrat berpasir tidak terjadi, dengan demikian nilai padatan tersuspensi di laut lebih rendah (berkisar 34-41 ppm). Sebaliknya pada muara sungai Tallo dan Pangkep, ion-ion logam yang terdapat di badan perairan tersebut berikatan dengan partikel-partikel tersuspensi dengan nilai kandungan TSS yang tinggi (masing-masing berkisar 47 ppm untuk muara sungai Tallo dan 43 ppm).

logam Pb lebih tinggi dari pada logam Cd di semua lokasi pengambilan sampel, baik di muara sungai maupun di perairan laut. Dari nilai-nilai tersebut terlihat bahwa nilai kandungan logam Pb cukup berfluktuasi diberbagai stasiun selama penelitian. Hasil analisis varians menunjukkan bahwa nilai kandungan logam Pb tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa perairan Spermonde menerima masukan logam Pb lebih banyak dibandingkan dengan logam Cd.



Gambar 3. Perbandingan distribusi kandungan logam berat di muara sungai dan laut Spermonde

Untuk muara sungai Pangkep), sehingga membentuk ikatan kompleks yang terlarut dan terjadi pengendapan pada dasar perairan yang memiliki substrat berlumpur.

Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd)

Hasil analisis kadar logam berat Pb dan Cd pada sedimen di 10 lokasi pengambilan sampel bervariasi, disajikan pada Gambar 3. Kadar logam Pb baik di muara sungai dan perairan laut rata-rata 17,38 ppm dengan standar deviasi 3,59. Kadar logam Pb tertinggi terdapat pada pulau Lanjukang dan pulau Bone Tambung, masing-masing berkisar 20,88 ppm dan 20,19 ppm. Sementara, kadar logam Pb yang terendah terdapat pada pulau Barang Lompo sebesar 9,86 ppm. Menilik data tersebut, kadar

Tabel 3. SQG menurut USEPA dan panduan TEL/PEL untuk *trace elements*

	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
SQG tidak tercemar ^a	<40	<40
SQG tercemar sedang ^a	>6	>60
SQG tercemar berat ^a	>6	>60
TEL ^b	0,68	30,2
PEL ^b	4,2	112,2

Merujuk pada petunjuk kualitas sedimen pada Tabel 3, Threshold Effect Level (TEL) logam Pb dalam sedimen adalah 30,2 mg/kg (Barakat dkk., 2012). Jika dibandingkan dalam Sedimen Quality Guideline menurut USEPA, pada sampel sedimen di Perairan Spermonde, kadar logam Pb masih berada di bawah 40 mg/kg. Hal ini dikarenakan sedimen mudah tersuspensi oleh karena pergerakan massa air dalam melarutkan kembali logam Pb dalam

sedimen ke dalam air laut (Payung dkk, 2013; Ismarti dkk, 2015).

Aliran sungai berpengaruh terhadap peningkatan jumlah partikel kolom air dan tingkat sedimentasi yang ada. Penyebab lain disebabkan oleh debu yang berjatuhan diyakini mengandung Pb dari hasil pembakaran bahan bakar yang mengandung timbal, hasil erosi dari daratan dan juga limbah industri yang terbuang ke sungai akan terangkut dan terbawa oleh aliran sungai ke muara (Suwarsito dkk., 2014). Timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena memiliki sifat-sifat antara lain: memiliki titik cair yang rendah, maka akan membutuhkan teknik sederhana dan murah jika digunakan dalam bentuk cair; timbal sifatnya yang lunak, memudahkan diubah dalam berbagai bentuk; timbal memiliki sifat kimia yang menyebabkan logam berat ini berfungsi sebagai lapisan pelindung, jika terjadi kontak dengan udara lembab; timbal dapat membentuk alloy dengan logam lain dan mempunyai sifat yang berbeda dengan timbal murni; timbal memiliki densitas yang tinggi jika dibandingkan dengan logam lain, kecuali jika dibandingkan dengan emas dan merkuri.

Namun lain halnya pada logam Cd, kandungan logam Cd yang terdeteksi sangat rendah yaitu hanya terdapat pada pulau Barrang Lompo dan pulau Kondong Bali, yaitu masing-masing berkisar 1,04 ppm dan 0,19 ppm, sedangkan lokasi sampling yang lain kandungan logam Cd tidak terdeteksi, hal ini diduga minimnya masukan bahan pencemar yang mengandung logam Cd di perairan, serta kecepatan sedimentasi yang rendah membuat bahan pencemar yang masuk di transportasikan ke perairan lainnya. Rata-rata hasil pengukuran 0,62 ppm dengan standar deviasi 3,59. Terdeteksinya kandungan logam Cd pada pulau Barrang Lompo dan Kondong Bali, diduga pengaruh dari aktifitas antropogenik yang turun ke perairan, dan pada saat arus melemah maka logam Cd akan mengendap di partikel-partikel sedimen di dasar perairan tersebut.

Keberadaan logam kadmium di perairan dapat bersumber dari pembakaran sampah-sampah kota, batu bara serta kayu, peleburan berbagai jenis biji tambang, pengendapan logam kadmium dari atmosfer, dan limbah domestik (Supriyanto dkk., 2008). Menurut Yu dkk. (2011), logam di sedimen berada sebagai ion

bebas yang berikatan dengan karbonat, sehingga logam bentuk ini sangat labil, yang akhirnya mudah lepas ke perairan, serta mudah diserap oleh organisme (bioavailable). Logam yang bersifat bioavailable akan terakumulasi pada biota yang bersifat toksik bagi tubuh hewan air tersebut, dan bahkan dapat mematikan individu yang sangat sensitive (Riani., 2012).

KESIMPULAN

Kondisi umum perairan Spermonde untuk parameter suhu, pH, TSS dan salinitas perairan muara sungai dan laut berada dalam kondisi baik. Konsentrasi logam berat Timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam sedimen lingkungan perairan muara sungai dan laut masih layak untuk kehidupan organisme perairan, dan status pencemaran masih berada dibawah standar baku mutu yang ditetapkan oleh beberapa negara. Hasil analisis logam berat diketahui bahwa Pb tertinggi dibandingkan dengan Cd. Penelitian ini hanya pada sedimen, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap akumulasi logam berat pada air dan biota yang hidup didalamnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Hibah Disertasi Doktor Kementrian Riset dan Teknologi tahun 2018. Ucapan terima kasih yang luar biasa untuk semua pihak yang sudah banyak membantu penelitian ini hingga dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T., 2010, Kontaminasi logam berat pada makanan dan dampaknya pada kesehatan, *Teknubuga*, 2 (2), 53-65.
- Ali, R. A. S., Bream, A., 2010, The effects of sewage discharge on the marine gastropod *Gibbula* sp collected from the coast of Al-Hanyaa, Libya. *Egypt. Acad. J. Bio.*, 2 (2), 47- 52.
- Balachandran, K. K., Lalu Raj, C. M., Nair, M., Joseph, T., Sheeba, P., Venugopal, P., 2005, Heavy metal accumulation in a flow restricted, tropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65, 361-370.
- Barakat, A., M. El Baghdadi, J. Rais, Nadem. S., 2012, Assesment of Heavy Metal in Surface Sediments of Day River at Beni-Mellal

- Region, Marocco, *Res. J. Environ. Earth Sci.*, 4(8), 797-806.
- Bayram, A., Onsoy, H., Bulut, V.N., Akinci, G., 2013, Influences of Urban Wasterwaters on the Stream Water Quality: A Case Study from Gumushane Province, Turkey. Turkey, *Environ. Monit. Asses*, 185, 1285-303.
- Costa Jr, O.S., Nimmo, M., Cordier, E., 2008, Coastal Nutrifiction in Brazil: A Review of the Role of Nutriet Excess on Coral Reef Demise, *J. South Americ. Earth Sci.*, 25(2), 257-270.
- Garnier, J., Beusen, A., Thieu, V., Billen, G., Bouwman, L., 2010, N:P:Si Nutrient Export Ratios and Ecological Consequences in Coastal Seas Evaluated by the ICEP Approach. *Global Biogeochem. Cycles* 24, GBOA05.
- Glibert, P.M., Mayorga, E., Seitzinger, S.P., 2008, Proocentrum Minimum Tracks Anthropogenic Nitrogen and Phosphorus Inputs on a Global Basis: Application of Spatially Explicit Nutrient Export Models, *Harmful Algae*, 8(1), 33-38.
- Gypens, N., A. V. Borges, C., Lancelot., 2009, Effect of eutrophication on air-sea CO₂ fluxes in the coastal Southern North Sea: a model study of the past 50 years, *Global Change Biology*, 15(4), 1040-1056.
- Ismarti, Amelia F, Ramses., 2015, Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Sedimen dan Kerang di Perairan Batam. *J. Dimensi*, 4(3), 1-8.
- Mamboya, F.A., 2007, Heavy Metal Contamination and Toxicity, *Dissertation*, Stockholm University.
- Mulyani, S., T. I. G. A. Lani, S. E. N. Arief., 2012, Identifikasi cemar logam Pb dan Cd pada kangkung yang ditanam di Daerah Kota Denpasar. *Bumi Lestari* 12(2), 345 - 349.
- Nopriani, L.S., 2011, Teknik Uji Cepat Untuk Identifikasi Pencemaran Logam Berat di Lahan Apel Batu, *Disertasi*, Malang: Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.
- Payung, Febrianti Lolo., Ruslan dan Agus B.B., 2013, Studi Kandungan dan Distrbusi Spasial Logam Berat Timbal (Pb) pada sedimen dan Kerang (*Anadara* sp) di Wilayah Pesisir Kota Makasar. Diakses pada 12 Juni 2015, <http://repository.unhas.ac.id>.
- Qu, H.J., Kroeze, C., 2012, Nutrient Export by Rivers to the Coastal Waters of China: Management Strategies and Future Trends, *Reg. Environ. Change.*, 12(1), 153-167.
- Riani, E., 2012, Perubahan Iklim dan Kehidupan Akuatik Dampak pada Bioakumulasi Bahan Berbahaya Beracun dan Reproduksi. *IPB Press*, Bogor.
- Riani, E., Y. Sudarso, M. R. Cardova., 2014, Heavy Metals Effect on Unviable Larvae of *Dicrotendipes simpsoni* (diptera: Chironomidae), a Case Study From Saguling Dam, Indonesia. *Aquacultur, Aquarium, Conservation and Legislation (AACL), Inter. J. Bioflux Soc.*, 2(7), 76-84.
- Riani, E., 2015, The Effect Of Heavy Metals on Tissue Damage in Different Organs of Goldfish Cultivated in Floating Fish Net in Cirata Reservoir, Indonesia, *PARIPEX – Ind. J. Res.*, 4(2), 54-58.
- Rifardi., 2008a, Deposisi Sedimen di Perairan Laut Paya Pesisir Pulau Kundur-Karimun-Riau, *Ilmu Kelautan* 13(3), 147-152.
- Schwarzenbach, R.P., Escher, B.I., Fenner, K., Hofstetter, T.B., Johnson, C.A., Von Gunten, U., Wehrli, B., 2006, *Review : The Challenge of Micropollutans in Aquatic Systems*, *Science*, 313 (5790): 1072-1077.
- Setiawan, H., 2014, Pencemaran Logam Berat di Perairan Pesisir Kota Makassar dan Upaya Penanggulangannya, *Info Teknis Eboni*, 11(1), 1-13.
- Strokal, M., Kroeze, C., 2013, Nitrogen and Phosphorus Inputs to the Black Sea in 1970-2050, *Reg. Environ. Change* 13, 179-192.
- Sudirman, N., S. Husrin, Ruswahyuni., 2013, Baku Mutu Air Laut Untuk Kawasan Pelabuhan dan Indeks Pencemaran Perairan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Kejawanan Cirebon., *J. Saintek Perikanan* 9(1),14-22.
- Supriyanti C, Zainul Kamal, Saman., 2008, Analisis Cemar Logam Berat Pb, Cu dan Cd Pada Ikan Air Tawar Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir*, Yogyakarta.
- Suwarsito, E. Sarjanti, 2014, Analisa Spasial Pencemaran Logam Berat pada Sedimen dan Biota Air di Muara Sungai Serayu, Kabupaten Cilacap, *Geoedukasi*, 3(1), 30-37.

- Testa, J.M., Brady, D.C., Di Toro, D.M., Boynton, W.R., Kemp, W.M., 2013, Sediment Flux Modeling: Nitrogen, Phosphorus and Silica Cycles. *Estuarine, Coastal and Shelf Sci.*, 131, 245-263.
- Yang T., Liu Q., Chan L., and Liu Z., 2007, Magnetic Signature of Heavy Metals Pollution of Sediments: Case Study From The east Lake in Wuhan, China. *J. Environ. Geology*, 52(8), 1639-1650.
- Yu, X., Y. Yana, W. Wang., 2011, The distribution and speciation of trace metals in surface sediments from the Pearl River Estuary and the Daya Bay, Southern China, *Marine Pollution Bull.*, 60(8), 1364–137.
- Yudiati E., Sedjati S., Enggar, Hasibuan I., 2009, Dampak Pemaparan Logam Berat Kadmium Pada Salinitas Yang Berbeda Terhadap Mortalitas dan Kerusakan Jaringan Insang Udang Vanamae (*Litopeneus vannamei*), *J. Ilmu Kelautan* 14(4), 29-35.
- Zhang, W., Feng, H., Chang, J., Qu, J., & Yu, L., 2008, Lead (Pb) isotopes as a tracer of Pb origin in Yangtze River intertidal zone, *Chemical Geology*, 257(3/4), 260-2636.