

## STUDI KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA TUMBUHAN DARI PERAIRAN BATAM, KEPULAUAN RIAU

## STUDY OF HEAVY METALS CONTENT IN PLANTS FROM COAST BATAM, RIAU ISLANDS

Ismarti<sup>1</sup>, Ramses<sup>2</sup>, Fitrah Amelia<sup>3</sup> dan Suheryanto<sup>4</sup>

<sup>1,3</sup>Prodi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Riau Kepulauan, Batam, Indonesia

<sup>2</sup>Prodi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Riau Kepulauan Indonesia

<sup>4</sup>Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya Indonesia

<sup>1</sup>[ismarti78@gmail.com](mailto:ismarti78@gmail.com), <sup>2</sup>[ramses.firdaus@gmail.com](mailto:ramses.firdaus@gmail.com), <sup>3</sup>[fitrah.amelia@yahoo.com](mailto:fitrah.amelia@yahoo.com),

<sup>4</sup>[suheryanto\\_mhg254@yahoo.com](mailto:suheryanto_mhg254@yahoo.com)

### Abstrak

Studi ini bertujuan menentukan kadar logam tembaga (Cu), kadmium (Cd) dan timbal (Pb) pada berbagai jenis tumbuhan di perairan Batam. Sampel tumbuhan yang dianalisis meliputi lamun, makro alga dan mangrove yang diambil dari enam lokasi sepanjang perairan barat pulau Batam. Penentuan kadar logam Cu, Cd dan Pb mengacu pada metode SNI dengan menggunakan Spektrometri Serapan Atom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar logam berat Cu, Cd dan Pb pada sampel di semua lokasi bervariasi dan telah melebihi baku mutu yang ditetapkan di Indonesia (Cu dan Pb 0,008 mg/kg dan Cd 0,001 mg/kg). Rata-rata kadar logam Cu dan Pb tertinggi ditemukan pada sampel dari area Pelabuhan Sekupang yaitu 23,94 mg/kg dan 11,24 mg/kg. Rata-rata kadar logam Cd tertinggi yaitu 0,49 mg/kg ditemukan di area Pelabuhan Sagulung. Berdasarkan hasil penelitian ini, disimpulkan bahwa perairan pulau Batam telah tercemar logam Cu, Pb dan Cd.

**Kata kunci:** pencemaran laut, logam berat, metode AAS, pulau Batam

### Abstract

This study is aim to determine level of heavy metals copper (Cu), cadmium (Cd) and lead (Pb) in various sample of plants that collected from coast Batam have been done. Sample of plants are seagrass, macro algae and mangrove from six locations along west Batam island. Determination of heavy metals Cu, Cd and Pb refer to SNI method using Atomic Absorption Spectrophotometric. The result of analysis show that concentrations of Cu, Cd and Pb in all locations was exceed Indonesia regulation (Cu and Pb 0,008 mg/kg, Cd 0,001 mg/kg). The highest average concentrations of Cu and Pb found at samples from Sekupang Port are 23,94 mg/kg and 11,24 mg/kg respectively. The highest average concentrations of Cd are 0,49 mg/kg found at Sagulung's samples. Based on these result, it was concluded that coastal water of Batam Island have been contaminated with metals Cu, Pb and Cd.

**Keywords:** marine pollution, heavy metals, AAS method, Batam island

## PENDAHULUAN

Salah satu pencemar yang berpotensi menurunkan dan merusak daya dukung lingkungan adalah logam berat. Logam berat merupakan bahan pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik jika terdapat dalam jumlah besar dan mempengaruhi berbagai aspek dalam perairan,

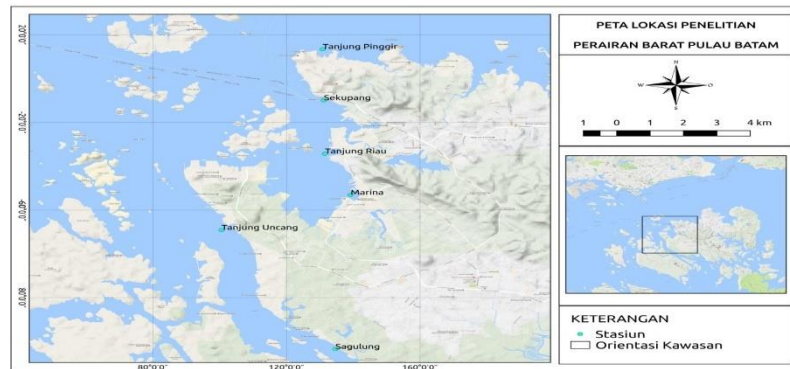
baik secara biologis maupun ekologis. Keberadaan logam berat di perairan laut dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain dari kegiatan pertambangan, rumah tangga, limbah pertanian dan buangan industri (Rochyatun *et al*, 2006).

Kandungan logam berat yang meningkat dalam perairan (air dan sedimen) akan mempengaruhi kehidupan organisme di perairan tersebut. Logam berat dapat masuk ke dalam sistem rantai makanan dan melalui proses biomagnifikasi akan terakumulasi (Darmono, 1995). Peningkatan kadar logam berat pada air laut akan mengakibatkan logam berat yang semula dibutuhkan untuk proses metabolisme berubah menjadi racun bagi organisme laut. Hal ini berkaitan dengan sifat logam berat yaitu sulit terurai sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (Ika, T & Irwan S, 2012). Logam berat mempunyai sifat mudah mengikat bahan organik, mengendap di perairan dan bersatu dengan sedimen. Organisme yang hidup di dasar perairan dapat mengakumulasi logam berat secara efektif sehingga dapat digunakan untuk menilai kesehatan lingkungan perairan, termasuk keberadaan, tingkat cemaran dan perubahan dari kontaminan tersebut. Beberapa organisme yang telah digunakan untuk monitoring cemaran logam adalah rumput laut (Ambo-Rappe *et al*, 2011; Rijal *et al*, 2014; Sudharsan *et al*, 2012; Supriyantini *et al*, 2016), makroalga (Al-Homaidan *et al*, 2011; Mamboya, 2007; Napan *et al*, 2016; Arukumara & Zhank, 2008). Rumput laut banyak digunakan sebagai biomonitor untuk cemaran logam dan tingkat cemaran logam dalam sedimen. Beberapa jenis rumput laut diketahui mempunyai kemampuan yang tinggi dalam mengakumulasi logam sehingga dapat digunakan sebagai indikator logam berat di perairan (Sohrab *et al*, 2011).

Padatnya aktivitas industri, pemukiman dan transportasi laut di pesisir barat Pulau Batam, baik untuk pelayaran rakyat maupun internasional berpeluang memberikan andil besar terhadap tingginya kadar logam berat di wilayah tersebut. Namun penelitian tentang kadar logam berat di perairan Batam masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar logam berat pada beberapa jenis tumbuhan yang diperoleh dari perairan Pulau Batam yang dapat digunakan sebagai monitoring dan *baseline* data untuk penilaian kondisi logam berat di perairan Batam di waktu mendatang.

## METODOLOGI

### Lokasi penelitian



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di perairan sebelah barat pulau Batam (Gambar 1). Sampel lamun *E. accoroides* dikumpulkan dari 6 lokasi sampling yaitu: stasiun 1 (Tanjung Pinggir), stasiun 2 (Pelabuhan Sekupang), stasiun 3 (Tanjung Riau), stasiun 4 (Pantai Marina), stasiun 5 (Tanjung Uncang) dan stasiun 6 (Sagulung). Sampling lapangan dilaksanakan pada 29 Mei 2015.

### Sampling dan preparasi

Sampel tumbuhan dikumpulkan dari masing-masing lokasi dengan menyelam ke dasar laut. Sampel dikumpulkan dalam kantong plastik, disimpan dalam *cool box* dan dibawa ke laboratorium. Sampel tumbuhan dikeringkan dalam oven dengan suhu 80-105°C. Selanjutnya sampel dipotong kecil-kecil dan dilakukan destruksi.

### Prosedur analisa logam berat

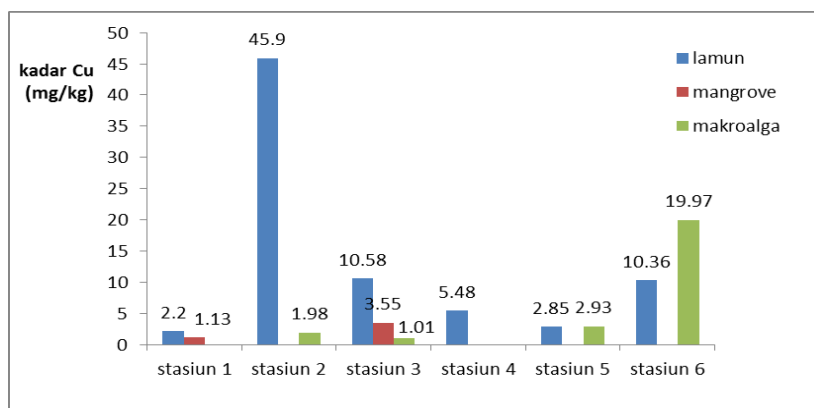
Prosedur analisa logam berat dalam lamun dilakukan mengacu pada SNI (SNI 6989.6:2009 untuk logam Cu, SNI 6989.16:2009 untuk logam Cd dan SNI 6989.8:2009 untuk logam Pb). Destruksi basa dilakukan dengan menimbang sebanyak 5 gram dari masing-masing bagian sampel pada setiap lokasi kemudian ditambahkan air bebas mineral sebanyak 50 ml. Setelah homogen, sampel ditambahkan 5 ml HNO<sub>3</sub> pekat dan dipanaskan menggunakan *heat mantel* hingga diperoleh larutan jernih sebanyak ± 10 ml. Sampel yang telah didestruksi disaring menggunakan kertas saring Whatman No.42. Filtrat yang diperoleh ditampung dalam labu ukur 50 ml dan diencerkan sampai tanda batas. Kadar logam Cu, dan

Pb diukur dengan menggunakan AAS Merk Shimadzu Tipe AA-7000 pada garis resonansi Cu 324,77 nm, Cd 228,72 nm dan Pb 283,30 nm.

## PEMBAHASAN

### Kadar logam tembaga (Cu) pada sampel tumbuhan.

Hasil pengukuran kadar logam Cu pada beberapa jenis tumbuhan dari perairan Batam bervariasi (Gambar 2). Kadar logam tembaga pada tumbuhan di lokasi sampling berkisar antara 1,01-45,9 mg/kg. Kadar logam tembaga paling tinggi ditemui pada tumbuhan lamun yaitu 12,895 mg/kg, selanjutnya pada makroalga sebesar 5,178mg/kg dan mangrove 2,34 mg/kg. Variasi kadar logam dalam sampel dari masing-masing lokasi diduga berkaitan erat dengan *intake* logam berat di lokasi tersebut.



Gambar 2. Kadar logam Cu pada berbagai jenis tumbuhan di perairan Batam

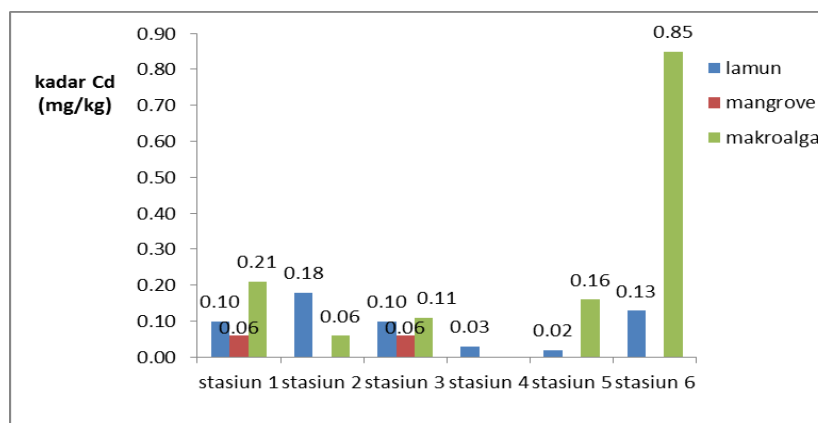
Keberadaan logam Cu di perairan dapat berasal dari sumber alami yaitu dari kerak bumi atau pengikisan batuan dan partikulat debu di lapisan udara yang terbawa air hujan. Selain itu, aktivitas manusia dapat meningkatkan intake logam Cu melalui buangan industri yang mengandung limbah Cu, industri galangan kapal, pengolahan kayu dan limbah rumah tangga (Widowati *et al*, 2008). Kawasan perairan barat pulau Batam merupakan area yang padat industri galangan kapal, sehingga berpotensi besar terhadap tingginya cemaran logam Cu di wilayah tersebut.

Tembaga merupakan logam esensial bagi tumbuhan yang digunakan untuk pertumbuhan jaringan terutama jaringan daun dimana berlangsung proses fotosintesis. Selain itu logam Cu juga berfungsi sebagai salah satu mikronutrien yang diperlukan dalam mitokondria dan kloroplas, enzim yang berhubungan dengan transport elektron II, proses sintesis dan metabolisme karbohidrat dan protein serta sebagai dinding sel lignin (Hamzah & Setiawan,

2010). Namun tembaga bersifat toksik terhadap semua tumbuhan pada konsentrasi larutan di atas 0,1 ppm (Widaningrum *et al*, 2007).

Berdasarkan Gambar 1, diketahui bahwa akumulasi logam Cu tertinggi dijumpai pada tumbuhan lamun. Menurut Sohrab *et al* (2011) logam tembaga cenderung akan terakumulasi pada lamun dan makroalga terutama jenis *Chlorophyta*. Namun penelitian Mamboya (2007) melaporkan bahwa makroalga hanya mengakumulasi ion logam yang terlarut dalam air.

### Kadar logam kadmium (Cd) pada sampel tumbuhan.



Gambar 3. Kadar logam Cd pada berbagai jenis tumbuhan di perairan Batam

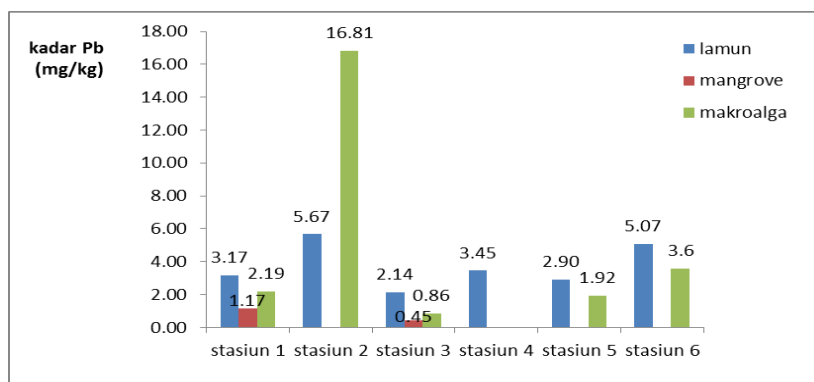
Hasil pengukuran kadar logam Cd pada beberapa jenis tumbuhan yang ditemukan pada lokasi sampling dapat dilihat pada Gambar 3. Kadar logam kadmium pada berbagai tumbuhan di lokasi sampling bervariasi pada rentang 0,02-0,85 mg/kg. Rata-rata logam Cd berturut-turut adalah makroalga yaitu 0,278 mg/kg, lamun sebesar 0,093 mg/kg dan mangrove sebesar 0,060 mg/kg.

Menurut Efendi (2015), kadar Cd pada lamun mencerminkan kandungan Cd dalam air. Kation Cd yang terlarut di air laut akan berinteraksi dengan anion-anion yang ada ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ) membentuk kompleks anorganik maupun organik sehingga mengurangi keberadaan ion Cd dalam bentuk bebas. Pada salinitas rendah akan terjadi peningkatan konsentrasi ion Cd dalam bentuk bebas (Yudiati *et al*, 2009).

### Kadar logam timbal (Pb) dalam sampel tumbuhan

Hasil pengukuran kadar logam Pb pada beberapa jenis tumbuhan dari perairan Batam bervariasi (Gambar 4). Kadar logam Pb yang ditemukan pada tumbuhan di lokasi sampling

berkisar antara 0,45-16,81 mg/kg. Kadar logam Pb paling tinggi dijumpai pada makroalga sebesar 5,076 mg/kg, pada lamun sebesar 3,733 mg/kg dan mangrove sebesar 0,81 mg/kg.

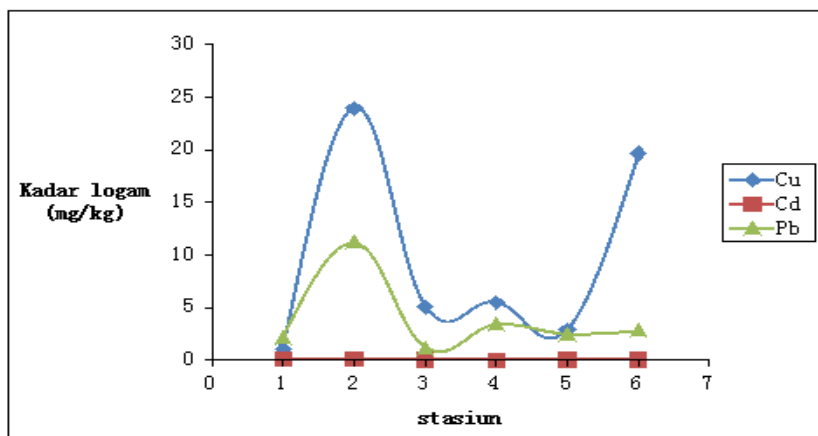


Gambar 4. Kadar logam Pb pada berbagai jenis tumbuhan di perairan Batam

Makroalga mempunyai kemampuan untuk mengakumulasi berbagai logam berat dalam dinding selnya. Selain muatan negatif dari polisakarida, makroalga memiliki *physodes*, suatu kompartemen khusus yang mempertinggi kemampuannya mengakumulasi logam berat (Mamboya, 2007). Lamun *Enhalus acoroides* adalah tumbuhan yang memiliki rhizoma yang ditumbuhi oleh rambut-rambut padat dan kaku serta hidup di perairan yang bersubstrat pasir dan lumpur. Menurut Efendi (2015), kadar Pb dalam lamun mencerminkan kadar Pb dalam sedimen.

### Kadar logam berat Cu, Cd dan Pb berdasarkan lokasi sampling

Berdasarkan Gambar 5, kadar logam Cu tertinggi dijumpai pada sampel dari Stasiun 2 yaitu Pelabuhan Sekupang dan Stasiun 6 yaitu di Pelabuhan Sagulung. Tingginya kadar tembaga pada sampel tumbuhan di Stasiun 2 dan 6 diduga berkaitan dengan tingginya aktivitas pelabuhan dan industri galangan kapal di lokasi tersebut. Menurut Palar (1994) secara alamiah tembaga masuk ke dalam perairan dari peristiwa erosi, pengikisan batuan ataupun dari atmosfer yang dibawa turun oleh air hujan. Sedangkan dari aktifitas manusia seperti kegiatan industri, pertambangan tembaga, maupun industri galangan kapal beserta kegiatan di pelabuhan merupakan salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan logam Cu dalam perairan.



Gambar 5. Rata-rata logam berat dalam tumbuhan berdasarkan lokasi sampling

Kadar logam Cd tertinggi dijumpai pada sampel tumbuhan dari lokasi 6 yaitu Pelabuhan Sagulung. Diduga tingginya kadar logam Cd pada tumbuhan di lokasi ini berasal dari industri galangan kapal dan aktivitas domestik yang membuang limbahnya ke laut. Kadmium digunakan sebagai stabilizer dalam produk PVC, pigmen warna, industri alloy dan dalam baterai nikel-kadmium. Logam Cd banyak digunakan sebagai anti korosi dan merupakan polutan dalam pupuk posfat. Keracunan logam Cd ringan dapat menyebabkan perut mual, muntah-muntah, diare, luka hati, syok dan gagal ginjal. Sedangkan keracunan berat menyebabkan sakit ginjal, liver, tulang rapuh dan kerusakan sel-sel darah (Jarub: 2003; Kamran *et al*: 2013).

Kadar logam Pb tertinggi dijumpai pada sampel tumbuhan dari Stasiun 2 yaitu Pelabuhan Sekupang yang merupakan kawasan pelabuhan baik jalur rakyat (antar pulau), jalur nasional maupun internasional. Tingginya kadar logam Pb pada lokasi ini diduga berkaitan dengan aktivitas transportasi laut di kawasan tersebut yang menggunakan logam Pb sebagai aditif pada bahan bakardan cat kapal serta asap kendaraan bermotor.

Logam berat yang terlarut dalam air secara alamiah berbentuk ion bebas, pasangan ion-anorganik, kompleks anorganik maupun organik (Connel & Miller, 1995). Pembentukan logam berat secara fisika dan kimia dalam lingkungan perairan dipengaruhi oleh salinitas, temperatur, pH, potensial redoks, bahan organik dan padatan terlarut, aktivitas biologi dan sifat dasar logam. Pada pH rendah, logam umumnya berada dalam bentuk kation bebas, sedangkan pada pH tinggi logam Cu, Cd dan Pb cenderung mengendap sebagai hidroksida tidak larut, oksida, karbonat atau posfat. Nilai pH air laut yang cenderung basa akan mendorong pengendapan logam-logam dalam air laut (Mamboya, 2007).

Kadar logam berat pada tumbuhan di perairan Batam secara umum masih lebih rendah dibandingkan dengan di beberapa perairan Indonesia lainnya (Tabel 10. Berdasarkan Tabel 1, kadar logam Cu pada tumbuhan di perairan Batam lebih rendah dibandingkan dengan di Muara Angke. Sedangkan untuk logam Cd, tidak jauh berbeda dengan kadar Cd di Tanjung Laut, Kepulauan Riau, namun masih jauh di bawah kadar Cd yang ditemukan di Muara Angke, Cilacap dan Banyuwangi. Sedangkan untuk logam Pb, perairan Batam lebih tinggi jika dibandingkan dengan perairan Teluk Kendari dan Tanjung Laut namun masih di bawah kadar Pb pada perairan Muara Angke. Perbedaan ini disebabkan perbedaan kondisi lingkungan penelitian dan diduga dipengaruhi juga oleh spesies tumbuhan yang digunakan sebagai bioindikator pencemaran.

Tabel 1. Perbandingan kadar logam berat pada sampel tumbuhan di perairan Batam dengan beberapa perairan Indonesia lainnya

Lokasi	Kisaran logam berat dalam tumbuhan (ppm)			Referensi
	Kadar Cu	Kadar Cd	Kadar Pb	
Pulau Batam	1,67-23,94	0,03-0,49	1,15-11,24	Penelitian ini
Teluk Kendari	-	-	0,005-0,023	Deri <i>et al</i> , 2013
Muara Angke	16,567-24,431	14,765-21,342	-	Handayani, 2006
Muara Angke	12,17-37,68	-	20,98-59,16	Hamzah, 2010
Cilacap	-	10,56-44,99	-	Heriyanto, 2011
Banyuwangi	-	14,6-55,04	-	Heriyanto, 2011
Tanjung Laut, Kepri	-	0,3907-0,4536	0,1088-0,1915	Pratiwi <i>et al</i> , 2013

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kadar logam berat Cu, Cd dan Pb pada berbagai jenis tumbuhan yang ditemukan di perairan Batam sebelah Barat telah melampaui baku mutu lingkungan yang ditetapkan. Kadar logam Cu dan Pb tertinggi ditemukan pada sampel tumbuhan dari Pelabuhan Sekupang masing-masing 23,94 mg/kg dan 11,24 mg/kg, sedangkan logam Cd tertinggi yaitu 0,49 mg/kg ditemukan pada sampel tumbuhan dari Pelabuhan Sagulung. Disarankan untuk melakukan monitoring dan evaluasi secara berkala terhadap industri di sepanjang perairan barat pulau Batam untuk mencegah meningkatnya cemaran di lokasi tersebut.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) yang telah memberikan bantuan dana penelitian melalui Hibah Pekerti Tahun Anggaran 2015 dengan No. Kontrak 01/SP-PEKERTI/UNRIKA/IV/2015 Tanggal 25 April 2015.

## REFERENSI

- Al-Homaidan, A. A., Al-Ghanayem, A. A., & Alkhalifa, A. H. 2011. Green Algae as Bioindicators of Heavy Metal Pollution in Wadi Hanifah Stream, Riyadh, Saudi Arabia. *International Journal of Water Resources and Arid Environments*, 1(1):10–15. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2014.12.009>
- Ambo-Rappe, R., Lajus, D. L., Schreider, M. J. 2011. Heavy metal impact on growth and leaf asymmetry of seagrass, *Halophila ovalis*. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 3(6): 149–159. Retrieved from <http://www.academicjournals.org/jece>
- Arunakumara, K.K.I.U, & Zhang X. 2008. Heavy Metal Bioaccumulation and Toxicity with Special Reference to Microalgae. *J. Ocean Univ. China*, 7(1): 25-30.
- Connel, D.W. dan Miller, G.J. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. UI-Press. Jakarta.
- Darmono, 1995. *Logam dalam Sistem Makhluk Hidup*. UI Press. Jakarta.
- Deri, E., La Ode A.A. 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut Indonesia* 1(1): 38-48.
- Efendi, E., 2015. Akumulasi Logam Cu, Cd dan Pb pada Meiofauna Intertidal dan Epifit di Ekosistem Lamun Monotipic (*Enhalus Acoroides*) Teluk Lampung, *Aquasains*. [http://download.portalgaruda.org/article.php?article=313789&val=4014&title=Akumulasi%20Logam%20Cu,%20Cd%20dan%20Pb%20Pada%20Meiofauna%20Intertidal%20Dan%20Epifit%20Di%20Ekosistem%20Lamun%20Monotipic%20\(Enhalus%20Acoroides\)](http://download.portalgaruda.org/article.php?article=313789&val=4014&title=Akumulasi%20Logam%20Cu,%20Cd%20dan%20Pb%20Pada%20Meiofauna%20Intertidal%20Dan%20Epifit%20Di%20Ekosistem%20Lamun%20Monotipic%20(Enhalus%20Acoroides)), diakses 13 Agustus 2015.
- Govindasamy C, Arulpriya M, Ruban P, Francisca Jenifer, Ilayaraja A. 2011. Concentration of Heavy Metals in seagrasses tissue of The Palk Strait, Bay of Bengal. *International Journal of Env. Sciences*, 2(1): 145-153.
- Hamzah, F., Agus Setiawan. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 2(2): 41-52.
- Handayani. 2006. Bioakumulasi Logam Berat dalam Mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* di Muara Angke Jakarta. *J. Tek.Ling*. 7(3): 266-270.

- Heriyanto, N.M., 2011. Kandungan Logam Berat pada Tumbuhan, Tanah, Air, Ikan dan Udang di Hutan Mangrove. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 8(4): 197-205.
- Ika, T., Said, I., 2011. Analisis Logam Timbal (Pb) dan Besi (Fe) dalam Air Laut di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa kecamatan Palu Utara. *Jurnal Akademi Kimia*, 1(4): 181-186.
- Järup, L. 2003. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68, 167–182. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>
- Kamran, K., Shafaqat Ali. 2013, Heavy Metals Contamination and what are the Impacts on Living Organisms, *Greener Journal of Environmental Management and Public Safety*. 2(4): 172-179.
- Mamboya, F. A. 2007. *Heavy metal contamination and toxicity Studies of Macroalgae from the Tanzanian Coast*. Stockholm University.
- Napan, K., Kumarasamy, K., Quinn, J. C., Wood, B. 2016. Contamination levels in biomass and spent media from algal cultivation system contaminated with heavy metals. *Algal Research*, 19, 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.05.009>
- Palar, H. 1994. *Pencemaran & Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Pratiwi, AR, Arief Pratomo dan Nancy Willian. 2013. Analisis Kandungan Logam Berat Pb dan Cd terhadap Lamun (*Enhalus acoroides*) sebagai Bioindikator di Perairan Tanjung Lanjut Kota Tanjungpinang, [http://jurnal.umrah.ac.id/wp-content/uploads/gravity\\_forms/1-ec61c9cb232a03a96d0947c6478e525e/2014/08/Asih-Resti-Pratiwi-100254241013.pdf](http://jurnal.umrah.ac.id/wp-content/uploads/gravity_forms/1-ec61c9cb232a03a96d0947c6478e525e/2014/08/Asih-Resti-Pratiwi-100254241013.pdf) diakses 13 Agustus 2015.
- Rijal, M., Rosmawati, T., Alim, N., & Amin, M. 2014. Bioakumulasi Heavy Metals Lead (Pb) and Cadmium (Cd) Seagrass (*Enhalus acoroides*) in Waai and Galala Island Ambon. *IJSBAR*, 16(2): 349–356.
- Rochyatun, E., M.T. Kaisupy, dan A. Rozak. 2006. Distribusi Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Makara Sains*, 10(1): 35-40.
- Sohrab, Ali Dadolahi, Alireza Nikvarz. 2011, Environmental Monitoring of Heavy Metals in Seaweed and Associated Sediment from the Strait of Hormuz, I.R. Iran, *World Journal of Fish and Marine Sciences* 3(6): 576-589
- Sudharsan, S., Seedeivi, P., Ramasamy, P., Subhapradha, N., Vairamani, S., Shanmugam, A. 2012. Heavy metal accumulation in seaweeds and sea grasses along southeast coast of India. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 4(9): 4240–4244.

- Supriyantini, E., Sedjati, S., Nurfadhli, Z. 2016. Akumulasi Logam Berat Zn (seng) pada Lamun *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii* di Perairan Pantai Kartini Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 5(1): 14–20.
- Widaningrum, Miskiyah., Suismono. 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian* 3: 16-27.
- Widowati, W., Sastiono, A., Jusuf, R. 2008. *Efek toksik logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Yudiati, E. 2009. Dampak Pemaparan Logam Berat Kadmium pada Salinitas yang Berbeda terhadap Mortalitas dan Kerusakan Jaringan Insang Juvenile Udang Vanama (*Litopeneus vannamei*), *Ilmu Kelautan* 14(4): 29-35.