

ANALISIS LOGAM BERAT PADA SPESIES IKAN KARANG DI PERAIRAN CAGAR ALAM LAUT KEPULAUAN KRAKATAU

TRACE ELEMENTS ANALYSIS ON REEF FISHES IN THE SEAWATER OF KRAKATAU ISLANDS NATURE PRESERVATION

Sri Murwani¹, Eka Prasetiawati¹, Endang Linirin Widiastuti^{1,3}, Supriyanto², Ida Farida Rivai¹

¹Jurusan Biologi, ²Jurusan Kimia - Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

³Puslitbang Pesisir dan Kelautan-LPPM - Universitas Lampung

Corresponding Author: elwidi@yahoo.com

Abstrak

Kepulauan Krakatau merupakan kawasan Cagar Alam dan Cagar Alam Laut yang memiliki aktivitas vulkanik Gunung Anak Krakatau setiap tahunnya. Abu vulkanik yang di erupsi mengandung material kimia yang berpotensi berbahaya berupa logam berat/trace elements. Logam berat yang masuk ke dalam perairan pada kadar tertentu dapat menyebabkan pencemaran yang membahayakan bagi kehidupan biota, sumberdaya alam lainnya hingga kenyamanan ekosistem laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi Logam berat Pb, Ni, Cd, Cr, Fe, Mn, Zn, Co, dan Ag pada spesies ikan karang di Kepulauan Krakatau. Pengambilan sampel ikan dilakukan pada tiga titik, yaitu Pulau Anak Krakatau, Pulau Panjang dan Pulau Rakata. Jumlah individu yang didapatkan adalah 9 individu yang terdiri dari 5 famili, 5 genera dan 7 spesies. Sampel ikan karang dianalisis menggunakan *Inducible Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometry* (ICP-OES - ThermoFischers Scientific). Konsentrasi logam berat Pb pada *P. vittatus*, *S. virgatus*, *S. schlegeli* dan *A. xanthopterus* sudah melebihi nilai baku mutu yang ditetapkan oleh FAO (1983). Konsentrasi logam Ni paling tinggi terdapat pada *P. vittatus* dan Cd pada semua spesies ikan karang sudah melebihi baku mutu. Selain *S. virgatus*, logam Co pada semua spesies berada di atas nilai baku mutu 0.1 mg/kg. Sementara itu, seluruh spesies yang didapati tidak mengandung konsentrasi Cr, Mn, Fe dan Zn yang melebihi nilai baku mutu. Logam yang terkandung pada *Z. cornutus*, paling tinggi adalah Fe dengan nilai 14.427 mg/kg dan paling rendah adalah Co dengan nilai 0.099 mg/kg.

Kata Kunci : Logam berat, ikan karang, Krakatau, ICP-OES

ABSTRACT

Krakatau Islands is an area of Nature Preserve that has shown volcanic activity of Mount Anak Krakatau in almost every year. The erupted volcanic ash contains potential hazardous chemicals such as heavy metals/trace elements. The heavy metals entering the waters at a certain level can cause harmful pollution to the marine life, natural resources and discomfort of the marine ecosystem. This study aims to determine the concentration of heavy metals or trace elements of Pb, Ni, Cd, Cr, Fe, Mn, Zn, Co, and Ag on species of coral reef fish in Krakatau Islands. Fish sampling was collected from three sites, each from Anak Krakatau island, Panjang island and Rakata island. Total of fish sample caught were from 5 families, 5

Genera and 7 species. Fish tissues were analyzed using *Inducible Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometry* (ICP-OES - ThermoFischers Scientific). The concentrations of heavy metals of Pb in *P. vittatus*, *S. virgatus*, *S. schlegeli* and *A. xanthopterus* have exceeded the permitted concentration of FAO (1983). The highest concentration of Ni found in *P. vittatus* and Cd in all reef fish species has also exceeded the permitted concentration. Beside *S. virgatus*, Co metals in all species are above the standard value of 0.1 mg / kg. Meanwhile, in all species of fish samples, the concentration of Cr, Mn, Fe and Zn did not exceed the permitted concentration. The highest heavy metals contained in *Z. cornutus* was Fe with concentration of 14.427 mg/kg and the lowest was Co with concentration of 0.099 mg/kg.

Keywords: Heavy metals, corals reef fish, Krakatau, ICP-OES

PENDAHULUAN

Kepulauan Krakatau beserta perairannya merupakan kawasan cagar alam dan cagar alam laut yang terletak di Selat Sunda, yaitu antara Pulau Jawa dan Pulau Sumatera. Kepulauan ini terdiri dari pulau-pulau kecil yang meliputi Pulau Anak Krakatau, Pulau Krakatau kecil (Panjang), Pulau Sertung, dan Pulau Krakatau besar (Rakata) (BKSDA, 2012). Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) (2014) melaporkan bahwa Gunung Anak Krakatau tercatat mulai 10 Oktober 2010 mengalami letusan abu yang disertai lontaran material pijar dengan ketinggian asap berkisar 100-1700 m serta berlangsung setiap hari hingga saat ini. Menurut Wahyuni *et al*, (2012), abu vulkanik hasil erupsi gunung merapi mengandung beberapa unsur mayor berupa Si, Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Ti dan unsur minor berupa Ba, Co, Cr, Cu, Pb, Sr, Zn, dan Zr. Selain itu, terdapat unsur logam berbahaya lainnya seperti As, Cd, dan Ni.

Logam berat merupakan bahan kimia pencemar yang sulit terdegradasi apabila masuk ke dalam perairan dan dalam konsentrasi tertentu dapat menyebabkan pencemaran. Logam berat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu logam berat esensial dan non esensial. Logam berat esensial adalah logam yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam jenis ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, dan Mn. Sedangkan logam berat non esensial adalah logam yang keberadaannya dalam tubuh belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, dan Cr (Putra, 2006).

Dalam sistem perairan, logam-logam berat berbahaya dapat terakumulasi secara hayati (*bioaccumulation*) melalui rantai makanan. Bioakumulasi berbeda dengan proses-proses lainnya karena dapat meningkatkan konsentrasi dan bukan mengencerkan bahan kimia (Menzer & Nelson, 1986). Bioakumulasi menyangkut beberapa hal, yaitu pengambilan secara langsung oleh organisme dari perairan melalui insang atau jaringan epitel dan pengambilan melalui makanan atau asupan sedimen (Katagi, 2010). Bahan-bahan pencemar akan masuk ke dalam jaringan makanan melalui plankton-plankton dalam air. Plankton yang sudah mengandung residu bahan pencemar dikonsumsi oleh ikan kecil dan konsentrasi bahan pencemar akan semakin meningkat. Hal ini akan terjadi secara terus-menerus dan melalui

proses bioakumulasi akan meningkatkan konsentrasi bahan pencemar pada tingkat trofik teratas dalam perairan, yaitu ikan. Ikan-ikan yang sudah tercemar tersebut dikonsumsi oleh manusia dan akan mengakibatkan gangguan kesehatan (Goyer, 1986). Ikan karang merupakan organisme yang jumlahnya terbanyak dan juga merupakan organisme besar yang mencolok yang dapat ditemui di terumbu karang (Nybakken, 1992). Ikan karang dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama, di antaranya ikan-ikan target yang biasa dikonsumsi oleh manusia, ikan-ikan indikator yang khas mendiami terumbu karang, dan ikan-ikan major yang dikenal juga sebagai ikan hias. Selain mudah ditemui karena jumlahnya berlimpah, ikan karang juga merupakan salah satu top predator dalam rantai makanan yang berpotensi terakumulasi logam berat. Untuk itu, dianggap perlu adanya penelitian mengenai Analisis logam berat pada spesies ikan karang di perairan tersebut.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan mulai bulan April – Desember 2017 di Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau. Analisis logam berat dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah kapal kecil dan perahu kapal, GPS (*Global Positioning System*), alat selam, kantong sampel, botol air mineral, Asam nitrat (HNO_3) 76 %, akuabides, plastik, *speargun*, *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometry* (ICP-OES – ThermoFishers Scientific), *pH stick*, *Thermometer*, *Refractometer*, *Sechi-disc*, dan *cool box*.

Pengambilan Sampel Ikan Karang

Pengambilan sampel ikan karang dilakukan pada tiga titik yaitu di perairan Pulau Anak Krakatau dengan koordinat $06^{\circ}06'02.1''$ LS dan $105^{\circ}26'02.4''$ BT, di perairan Pulau Panjang dengan koordinat $06^{\circ}04'56.6''$ LS dan $105^{\circ}27'21.4''$ BT, dan di perairan Pulau Rakata dengan koordinat $06^{\circ}08'47.4''$ dan $105^{\circ}27'45.2''$ BT (Gambar 1). Sampel ikan karang diambil menggunakan *speargun* kemudian dimasukkan ke dalam kantong sampel. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam *cool box* yang sudah berisi es.

Preparasi Sampel Ikan Karang

Sampel daging ikan karang dicuci dengan akuades sebanyak 3 kali, kemudian sampel ditimbang sebanyak 2 gram dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, selanjutnya ditambahkan 6 ml HNO_3 76 % dan didestruksi basah pada suhu 150°C . Setelah itu, larutan yang diperoleh diencerkan dengan akuabides hingga volume 25 ml. Sampel siap dianalisis

dengan menggunakan *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometry* (ICP-OES – ThermoFishers Scientific).



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel di Perairan Kepulauan Krakatau – Lampung Selatan

Analisis Data

Hasil analisis logam berat pada ikan karang di perairan Pulau Anak Krakatau, Pulau Panjang, dan Pulau Rakata dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan konsentrasi logam berat Cadmium (Cd), Nikel (Ni), kromium (Cr), Timbal (Pb), Besi (Fe), Mangan (Mn), Seng (Zn), Cobalt (Co) dan Perak (Ag) dengan Kriteria Baku Mutu Logam Berat pada Ikan dari FAO (1983).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengambilan sampel ikan karang di lokasi penelitian diperoleh sebanyak 9 individu yang terdiri dari 5 famili, 5 genera dan 7 spesies (Tabel 1). Famili *Acanthuridae* yang didapat terdiri dari *Acanthurus sohal*, *Acanthurus xanthopterus*, dan *Acanthurus nigricans*. Sedangkan *Siganus virgatus* termasuk ke dalam famili *Siganidae*, *Plectorhincus vittatus* termasuk ke dalam famili *Haemulidae*. *Scarus schlegeli* termasuk ke dalam famili *Scaridae*, dan *Zanclus cornutus* termasuk ke dalam famili *Zanclidae*. Lima spesies yang teridentifikasi termasuk ke dalam kelompok ikan target dan ikan hias. Ikan target merupakan ikan yang biasa dikonsumsi oleh manusia di antaranya adalah *A. sohal*, *S. virgatus*, *A. xanthopterus*, *P. vittatus*, *S. schlegeli*, dan *A. nigricans*. Sedangkan yang termasuk ke dalam ikan hias adalah *Z. cornutus*.

Tabel 1. Sampel ikan karang di peroleh di lokasi penelitian

Famili	Spesies (n)	T1	T2	T3
<i>Acanthuridae</i>	<i>Acanthurus sohal</i> (1)	+	-	-
	<i>Acanthurus xanthopterus</i> (2)	-	+	-
	<i>Acanthurus nigricans</i> (1)	-	-	+
<i>Siganidae</i>	<i>Siganus virgatus</i> (1)	+	-	-

<i>Scaridae</i>	<i>Scarus schlegeli</i> (2)	-	+	+
<i>Haemulidae</i>	<i>Plectorhincus vittatus</i> (1)	-	+	-
<i>Zanclidae</i>	<i>Zanclus cornutus</i> (1)	-	-	+

Keterangan : n : Jumlah individu ; + : Ada ; - : Tidak ada

Hasil konsentrasi logam berat pada *Plectorhincus vittatus*, *Siganus virgatus*, *Scarus schelegli*, *Ancathurus sohal*, dan *Acanthurus nigricans* dibandingkan dengan baku mutu logam berat pada ikan menurut FAO (1983), WHO (1989), WHO (1985), FAO/WHO, dan IAEA-407 (Tabel 2). Konsentrasi logam timbal (Pb) pada *P. vittatus*, *S. schlegeli*, *S. virgatus* dan *A. xanthopterus* sudah melebihi baku mutu menurut (FAO, 1983). Sementara itu konsentrasi Pb pada spesies lainnya masih berada di bawah baku mutu (Tabel 2). Akumulasi timbal dalam dosis tinggi dalam tubuh manusia dapat menyebabkan anemia, gangguan metabolisme zat besi dan sintesis globin dalam sel darah merah, menghambat aktivitas enzim yang diperlukan untuk sintesis haem serta gangguan pada sistem pencernaan, ginjal dan sistem saraf (Widowati *et al.*, 2008). Pada ikan, timbal dapat menyebabkan penurunan kelangsungan hidup, pertumbuhan, perkembangan, perilaku dan metabolisme, dan meningkatkan pembentukan mukus (Eisler, 1988; 1998).

Plectorhincus vittatus memiliki konsentrasi Ni paling tinggi dengan nilai yang sudah melebihi kisaran baku mutu menurut WHO (1985) yaitu 1.060 mg/kg. Sementara itu, konsentrasi Ni yang terkandung pada *A. sohal*, *S. virgatus*, *S. schlegeli* masih berada pada kisaran baku mutu dan pada *A. xanthopterus* dan *A. nigricans* masih berada di bawah kisaran baku mutu (Tabel. 2). Nikel merupakan logam berat non esensial yang bersifat racun kumulatif, yaitu racun yang timbul akibat akumulasi logam nikel dalam jumlah yang cukup besar pada tubuh makhluk hidup. Nilai toksik nikel pada organisme akuatik bervariasi bergantung dengan kesadahan, pH, dan kandungan bahan organik, seperti parameter monitor lingkungan lainnya (Sanusi, 2009). Nikel mempunyai dampak negatif bagi kesehatan terutama jika kadarnya sudah melebihi ambang batas (Haspari, 2008). Pada manusia, akumulasi nikel secara terus-menerus dapat menyebabkan kanker paru-paru, kanker hidung, kanker pangkal tenggorokan, dan kanker prostat, merusak fungsi ginjal, menyebabkan kehilangan keseimbangan, menyebabkan kegagalan respirasi, cacat kelahiran, menyebabkan penyakit asma dan bronkitis serta merusak hati (Mardin, 2011).

Kadmium adalah logam berat non esensial yang tidak memiliki peran pada proses biologi makhluk hidup. Pada konsentrasi yang rendah, kadmium dapat membahayakan organisme hidup (Tsui and Wang, 2004). Konsentrasi logam kadmium (Cd) pada semua spesies ikan karang dalam penelitian ini sudah melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh FAO (1983) (Tabel 2). Bioakumulasi Cd pada ikan dapat menimbulkan efek toksik berupa kekurangan kalsium (*hypocalcaemia*) yakni dengan menghambat pengambilan kalsium dari air (AMAP, 1998). Apabila ikan tersebut dikonsumsi oleh manusia maka secara terus-menerus dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Efek toksisitas akut Cd pada manusia dapat menyebabkan iritasi lokal pada saluran pencernaan seperti mual, muntah, diare dan sakit perut. Sedangkan paparan jangka panjang dapat menyebabkan penyakit paru obstruktif, emfisema, dan kerusakan tubular ginjal. Selain itu, kadmium juga dapat menyebabkan deformasi tulang (Godt *et al.*, 2006; Gad, 2005).

Konsentrasi kobalt (Co) pada *A. sohal*, *A. xanthopterus*, *P. vittatus*, dan *A. nigricans* sudah melebihi baku mutu. Sementara itu, konsentrasi Co pada *S. virgatus* sudah mencapai pada nilai baku mutu yaitu 0.099 mg/kg (Tabel 2). Studi mengenai efek toksik akut logam kobalt pada ikan laut belum didokumentasikan secara luas. Pada manusia, paparan Co kronis telah terbukti menginduksi patologis yang mirip dengan hipoksia kronis dan *mountain sickness* kronis, termasuk kardiomiopati, peningkatan konsentrasi hemoglobin, dan polisitemia seperti yang ditunjukkan oleh beberapa jenis ikan (Wood *et al*, 2012).

Konsentrasi Cr, Fe, Mn dan Zn pada semua spesies ikan karang masih berada di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan oleh WHO (1989), WHO/FAO (2011), dan WHO/FAO (1989) (Tabel 2). Logam kromium (Cr) merupakan nutrisi penting yang dibutuhkan dalam metabolisme karbohidrat, namun pada konsentrasi yang lebih tinggi dapat bersifat toksik (Solomon, 2008). Konsentrasi Cr paling tinggi terdapat pada *S. virgatus* dengan nilai 0.472 mg/kg. Besi memiliki peran penting dalam proses oksidasi enzim *cytochrome* dan pigmen pernapasan (haemoglobin) (Hasbi, 2007). Konsentrasi logam besi (Fe) paling tinggi terdapat pada *A. nigricans* yaitu 23.265 mg/kg. Di antara spesies lainnya, *A. nigricans* mengandung Konsentrasi Mn paling tinggi yaitu 0.766 mg/kg (Tabel 2). Logam ini berperan penting dalam pertumbuhan dan proses metabolisme, serta merupakan salah satu komponen penting pada enzim (Effendi, 2003). Logam Seng (Zn) merupakan salah satu mineral mikro dengan fungsi dan kegunaan yang penting bagi tubuh. Zn dibutuhkan oleh berbagai organ tubuh, seperti kulit, mukosa saluran pencernaan dan hampir seluruh sel membutuhkan Zn (Underwood, 2001). Peran penting dari Zn berhubungan dengan aktivitas sel, ekspresi gen, sintesis protein, dan juga berperan dalam menjaga aktivitas sel imun (Prasad *et al.*, 2007). Konsentrasi logam Seng (Zn) paling tinggi terdapat pada *P. vittatus* yaitu 10.529 mg/kg.

Tabel 2. Rerata konsentrasi logam berat pada spesies ikan karang di Kep. Krakatau

Spesies	Rerata logam (mg/kg)								
	Pb	Ni	Cd	Cr	Fe	Mn	Zn	Co	Ag
<i>Acanthurus sohal</i>	0.203	0.669	0.108	0.007	1.743	0.409	4.305	0.278	-0.567
<i>Siganus virgatus</i>	0.942	0.638	0.065	0.472	8.664	0.300	5.675	0.067	-0.525
<i>Scarus schlegeli</i>	1.670	0.517	0.126	0.212	15.694	0.611	7.277	0.137	-0.558
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	0.730	0.195	0.106	0.117	8.477	0.445	8.012	0.123	-0.596
<i>Plectorhincus vittatus</i>	1.935	1.060	0.153	0.128	7.835	0.428	10.529	0.135	-0.605
<i>Zanclus cornutus</i>	0.121	0.467	0.103	0.115	14.427	0.436	6.548	0.099	0.992
<i>Acanthurus nigricans</i>	0.362	0.249	0.203	0.130	23.265	0.766	8.204	0.196	-0.559
Baku Mutu									
FAO (1983)	0.5	-	0.05	1.00	-	-	30	-	-
WHO (1985)	2.0	0.5-0.6	2.0	-	-	-	-	-	-
FAO/WHO	0.5	-	0.5	-	-	5.5	40	-	-
IAEA-407 (2003)	0.12	0.6	0.19	0.73	146	3.52	67.1	0.1	0.037
WHO (1989)	2	-	1	-	100	1	30	-	-

LOD	0.955	2.589	0.811	1.129	0.509	0.921	0.654	2.491	0.657
LOQ	3.183	8.632	2.703	3.762	1.696	3.070	2.179	8.304	2.188

Keterangan : LOD : *Limited of Detection* ; LOQ : *Limited of Quantity*
Z. cornutus dikenal sebagai ikan hias laut yang hidupnya juga sangat bergantung dengan terumbu karang. Konsentrasi logam berat paling tinggi pada spesies ini adalah Fe dengan nilai 14.427 mg/kg dan paling rendah adalah Co dengan nilai 0.099 mg/kg.

Rerata logam berat Pb, Cd dan Co pada spesies ikan karang di semua lokasi penelitian sudah melebihi baku mutu. Sementara itu, rerata logam berat paling tinggi pada spesies ikan karang di lokasi penelitian secara umum adalah Fe (Tabel 3). Gunung Anak Krakatau dapat menjadi sumber utama keberadaan logam berat di perairan tersebut. Abu vulkanik yang dihasilkan oleh erupsi gunung berapi mengandung beberapa logam berat, baik berupa unsur mayor maupun minor. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni (2012) mengenai komposisi abu vulkanik dari erupsi Gunung Merapi bahwa Fe merupakan salah satu logam mayor yang dirupsikan oleh gunung merapi dengan kadar yang tinggi yaitu 9.17 %. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hanuun (2017), bahwa sedimen di pulau Anak Krakatau, Pulau Panjang, dan Pulau Rakata sudah mengandung logam Fe dengan kadar yang sangat tinggi dengan nilai berturut yaitu 0.743 %, 0.514 %, dan 0.753 %. Konsentrasi logam berat di tubuh biota laut, seperti ikan ini berkorelasi positif dengan konsentrasi logam berat yang terdapat di sedimen, seperti yang diperlihatkan pada beberapa jenis moluska di perairan laut Mediterania (Abdallah, 2013).

Disamping itu, distribusi zat pencemar dan akumulasi logam berat di perairan Kepulauan Krakatau dipengaruhi oleh arus dan adukan turbulensi (Bahri, 2003) di Selat Sunda.

Tabel 3. Rerata logam berat di perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau

Lokasi Penelitian	(mg/kg)								
	Pb	Ni	Cd	Cr	Fe	Mn	Zn	Co	Ag
Titik 1	0.68	0.626	0.094	0.229	7.69	0.475	5.648	0.149	-0.561
Titik 2	1.131	0.483	0.121	0.120	8.268	0.439	8.851	0.127	-0.559
Titik 3	0.976	0.393	0.149	0.153	18.806	0.569	7.412	0.155	-0.031

Semua organisme laut seperti ikan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti suhu, pH, salinitas, dan kecerahan. Berbagai faktor alam tersebut sangat berperan dalam kemampuan beraktivitas maupun proses fisiologi makhluk hidup di perairan. Selain itu, kualitas air laut juga sangat menentukan kelarutan dan ketoksikan suatu logam berat. Suhu merupakan faktor yang sangat penting dalam pengaturan proses kehidupan dan penyebaran organisme, serta metabolisme di dalam tubuh makhluk hidup (Azwar *et al.*, 2016). Suhu yang terukur di lokasi penelitian memperlihatkan rata-rata nilai 29 °C. Nilai tersebut masih dalam kisaran yang ditetapkan oleh keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 yaitu 28-30 °C. Sedangkan nilai pH dan salinitas air laut di lokasi penelitian

sudah berada di bawah kisaran nilai yang ditetapkan oleh KepMen LH No. 51 tahun 2004. Nilai pH yang di dapatkan adalah 6 dengan kisaran yang di tetapkan 7-8,5 dan nilai salinitas yang didapatkan adalah 30 ‰ dengan kisaran yang ditetapkan 33-34 ‰. Penurunan pH dan salinitas air laut dapat menyebabkan toksisitas logam berat semakin besar (Rochyatun & Rozak, 2007; Hutagalung, 1991). Kecerahan merupakan suatu kondisi yang menunjukkan kemampuan cahaya untuk menembus lapisan air pada kedalaman tertentu (Effendi, 2003). Berdasarkan hasil pengukuran di lokasi penelitian masih memperlihatkan kecerahan pada kedalaman 25 meter. Hal ini menunjukkan bahwa penetrasi cahaya di perairan Krakatau tersebut masih sangat baik sehingga aktifitas fotosintesis juga masih berjalan dengan maksimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa kosentrasi logam berat Pb, Ni, Cd, dan Co pada *A. sohal*, *S. virgatus*, *S. schlegeli*, *P. vittatus*, *A. xanthopterus*, dan *A. nigricans* sudah melebihi baku mutu. Sementara itu logam berat paling tinggi pada *Z. cornutus* adalah Fe dengan nilai 14.427 mg/kg dan paling rendah adalah Co dengan nilai 0.099 mg/kg.

PENGHARGAAN/ACKNOWLEDGEMENT

Terima kasih kami ucapkan kepada Balai Konservasi Sumberdaya Alam (BKSDA – Bengkulu) – resort Lampung atas fasilitas yang diberikan dalam penelitian ini. Terima kasih juga kami ucapkan pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Lampung atas dukungan dana dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdallah, M. A. M. 2013. Bioaccumulation of Heavy Metals in Mollusca Species and Assessment of Potential Risks to Human Health. *Bull Environ Contam Toxicol* 90:552–557
- Azwar, M., Emiyarti, Yusnaini. 2016. Critical Thermal Dari Ikan *Zebrasoma scopas* Yang Berasal Dari Perairan Pulau Hoga Kabupaten Wakatobi. *Sapa Laut*. 1(2): 60-66.
- Bahri, S. 2003. Tingkat Kontaminasi Logam Berat Hg dan Pb di Perairan Muara Cunda Lhokseumawe Aceh Utara. *Thesis* Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA). 2012. Kepulauan Krakatau. BKSDA Lampung - Lampung.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius. Yogyakarta.
- Eisler R. 1988. Lead hazard to fish, wildlife, and invertebrates: A synoptic review. *US Fish and Wildlife Service Report* 85:1-14.
- Eisler R. 1998. Nickel hazard to fish, wildlife, and invertebrates: A synoptic review. *Biological Science Report USG/BRD/BSR-1998-0001*. Laurel, MD

- FAO. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. FAO Fishery Circular No. 464, 764, pp 5–100
- Gad, S.C. 2005. Cadmium. *Dalam: Encyclopedia of toxicology* (Ed. Ke-2, Vol. 1, Halaman 375-377). Elsevier. USA.
- Godt, J., Scheidig, F., Grosse-Siestrup, C., Esche, V., Brandenburg, P., Reich, A., and Groneberg D. A. 2006. *The toxicity of cadmium and resulting hazard for human health*. 10 Desember 2017.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1578573/>
- Goyer, R.A. 1986. Toxic Effect of Metals. In *Toxicology. The Basic Science of Poison*. Third Edition. Edited by: C.D Klaassen, M.O Amdur & J. Doull. Macmillan Publishing Company New York.
- Hanuun, N.I. 2017. Analisis Logam Berat (Pb, Ni, Cd, Cr, Fe, Mn, Zn, Co, dan Ag) pada Sedimen laut dan foraminifera Bentik di Perairan Cagar Alam Laut Krakatau Provinsi Lampung dengan metode ICP-OES. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Hasbi, R. 2007. Analisis Polutan Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Dalam Sedimen Laut Pelabuhan Pantoloan Berdasarkan Kedalamannya. (*Skripsi*). UNTAD Press. Palu.
- Haspari. 2008. Penurunan Nikel (Ni) dan Seng (Zn) dalam pengolahan limbah cair industry elektronik menggunakan Nikel. Thesis. Universitas Gajah Mada – Jogakarta.
- Hutagalung, H.P. 1991. Pencemaran Laut Oleh Logam Berat. Puslitbang Osenologi Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. LIPI. Jakarta.
- Katagi, T. 2010. Bioconcentration, Bioacumulation, and Metabolims of Pesticides in Aquatic Organism. In D. M. Whitacre, *Reviews of Enviromental Contamination Toxicology* (pp. 1-123). New York: Springer. Doi: 10.1007/978-4419-1440-8_1.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) .2014. Gunung Krakatau. <http://www.vsi.esdm.go.id>. Diakses pada 16 September 2017.
- Mardin. 2011. Toksisitas Nikel (Ni) Terhadap Ikan Nila GIFT (*Oreochromis niloticus*) Pada Media Berkesadahan Lunak (Soft Hardness). (*Tesis*). Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Menzer, R.E and J.O. Nelson. 1986. Water and Soil Pollutants. In *Toxicology. The Basic Science of Poison*. Third Edition. Edited by: C.D Klaassen, M.O Amdur & J. Doull. Macmillan Publishing Company New York.
- Nybakken, J. W. 1992. *Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis* (dari Marine Biology: An Ecological Approach. Penerjemah E.H. Muhammad *et al.*, (edisi pertama). PT. Gramedia. Jakarta.
- Prasad, A.S., F.W. Beck, B. Baso, J.T. Fitzgerald, D.C. Snell, J.D. Steinberg and L.J. Cardoso. 2007. Zinc supplementation decreases incidence of infection in the Elderly: Effect of zinc on generation of cytokines and oxidative stress. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 85: 837-844.
- Putra, J. A. 2006. *Bioremoval, Metode Alternative Untuk Mengangani Pencemaran Logam Berat*. <http://www.chemistry.org>. Diakses pada 09 Oktober 2017.
- Rochyatun E dan Rozak A. 2007. Pemantauan Kadar Logam Berat Dalam Sedimen Di Perairan Teluk Jakarta. *Makara, Sains*. 11(1): 28-36.
- Sanusi HS, Putratno S. 2009. *Kimia Laut dan Pencemaran, Proses Fisik Kimia dan Interaksi dengan Lingkungan*. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Solomon, F. 2008. Impact of metals on Aquatic Ecosystem and Human Health, *Journal of Enviroment and Communities*.
- Tsui M. T. K. and Wang W. V. 2004. Uptake and elimination routes of inorganic mercury

- And methyl mercury in *Daphnia magna*. *Environ.Sci.Tecno.* 38: 808-816.
- Underwood, E.J. And N.F Suttle. 2001. *The Mineral Nutrition of Livestock*. CABI Publishing. USA.
- Wahyuni, E.T., S. Triyono, dan Suherman. 2012. Penentuan Komposisi Kimia Abu Vulkanik Dari Erupsi Gunung Merapi. *J. Manusiaan Dan Lingkungan.* 19(2): 150-159.
- WHO. 1989. Evaluation of certain food additives and contaminants. 33rd Report of the Joint FAO/WHO expert committee on food additives. Technical Report Series Geneva.
- Widowati, W., Sastiono, A., Jusuf, R. 2008. *Efek Toksik Logam*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Wood, C., A. Farrell, C. Brauner. 2012. *Fish Physiology: Homeostasis and Toxicology of Essential Metals*. Vol. 31. A . 1st Edition. Academic Press – England. 520 pages.