

KERAGAMAN PLANKTON DAN KANDUNGAN LOGAM BERATNYA DI PERAIRAN CAGAR ALAM LAUT KEPULAUAN KRAKATAU

PLANKTON DIVERSITY AND ITS HEAVY METALS CONTENT IN KRAKATAU NATURE MARINE RESERVE

Vielda Rahmah Afriyanti, Endang Linirin Widiastuti¹, Sri Murwani*

Jurusan Biologi, FMIPA - Universitas Lampung,
Jalan Prof.DR.Sumantribrojonegoro No. 1 Bandar Lampung-LAMPUNG 35145
¹e-mail : endang.linirin@fmipa.unila.ac.id

ABSTRAK

Perairan cagar alam laut (CAL) Krakatau merupakan perairan yang berada di wilayah vulkanik yang berasal dari Gunung Anak Krakatau. Aktivitas kegunungapian Anak Krakatau akan mempengaruhi kandungan logam berat di wilayah perairannya, untuk itu perlu diketahui seberapa besar kandungan logam berat yang dimiliki oleh perairannya, khususnya yang terkandung pada planktonnya. Studi ini juga bertujuan untuk mengetahui keragaman jenis plankton yang dimiliki oleh perairan tersebut. Pengambilan sampel dilakukan pada 3 titik pengamatan yang ketiganya mengarah pada posisi Gunung Anak Krakatau sebagai pusatnya, yaitu di perairan Pulau Rakata, Pulau Panjang, dan Pulau Anak Krakatau serta dilaksanakan pada bulan April-Desember 2017. Analisis logam berat di air serta plankton menggunakan ICP-OES (varian 715-ES). Hasil identifikasi plankton didapat 8 kelas dan 25 spesies. Nilai indeks keanekaragaman plankton di perairan ini termasuk dalam kategori sedang, dengan nilai 2,078 (Pulau Anak Krakatau), 2,005 (Pulau Panjang), dan 2,456 (Pulau Rakata), serta tidak ada spesies plankton yang mendominasi. Kandungan logam berat pada plankton, yaitu Pb, Zn, Cr, Cd, Ag, Ni, dan Mn berada di atas standar baku mutu yang telah ditetapkan (KEPMEN LH No. 51 tahun 2004 dan No. 5 tahun 2014), sedangkan untuk logam Co berada di bawah standar baku mutu dan logam Fe tidak terdeteksi di semua lokasi pengambilan sampel. Pada air laut kandungan logam Fe dan Ag tidak terdeteksi, serta logam Co berada di bawah baku mutu, namun kandungan logam Pb, Zn, Cr, Cd, Ni, dan Mn berada di atas standar baku mutu.

Kata kunci : Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau, Plankton, Logam Berat

ABSTRACT

The Krakatau Nature Marine Reserve (CAL Krakatau) lies in the volcanic area of Anak Krakatau Mount which its activities has influenced on the trace elements content of the surrounding water. For this reason, the study was established in order to determine the trace elements contents of both in plankton and seawater, beside its plankton diversity. Three sampling sites were defined which pointed to the Mouth of Anak Krakatau there were in closed to Rakata Island, Panjang Island and adjunction of Anak Krakatau Island and water and plankton were collected on April - December 2017. The trace

element contents of Pb, Zn, Cr, Cd, Ag, Ni, Co, Ag and Mn was analysed by using ICP-OES (varian 715-ES). The results indicated that there were 8 classes consisted of 25 species of plankton found and with population of 21.800 individuals/L. Based on the category for index diversity, the index lied in moderate and there was no dominant plankton species found. The plankton index diversity as followed 2,078 (in Anak Krakatau adjunction), 2,005 (in Panjang Island) and 2,456 (in Rakata Island). The trace element contents of plankton and seawater for Pb, Zn, Cr, Cd, Ag, Ni, and Mn were all in above quality standard based on Decree of Environment Ministry (KEPMEN LH No. 51 year 2004 and No. 5 year 2014), meanwhile, Co was detected below than quality standard and Fe was undetectable in all sampling locations.

Keywords: Krakatau Nature Marine Reserve, plankton, trace elements

PENDAHULUAN

Cagar Alam Laut Krakatau terletak di Selat Sunda yang merupakan jalur pelayaran internasional dan penyebrangan kapal utama yang menghubungkan antara Pulau Sumatra dan Jawa. Di kawasan ini terdapat Cagar Alam Laut Krakatau yang memiliki aktivitas vulkanik aktif dari Gunung Anak Krakatau. Kedua aktivitas ini dapat berpotensi membuat kawasan perairan tersebut mengandung berbagai logam berat/trace elements sebagai salah satu bahan yang berpotensi mencemarkan perairan, sebagai salah satu pencemar toksik yang sulit didegradasi.

Logam berat adalah bahan inorganik yang dikenal dengan “*conservative pollutants*” yang proses masuknya bahan-bahan konservatif ke laut seiring dengan waktu akan semakin bertambah dalam kuantitas (Ompi, 2016). Faktor yang menunjang sulitnya logam-logam berat di dalam laut hilang karena logam berat tidak dapat mengalami pemecahan secara biologis dan logam berat cenderung mengendap di dasar perairan, atau berikatan bersama senyawa-senyawa organik lainnya (Sumardjo, 2006). Logam berat dapat terkonsentrasi dalam tubuh organisme seperti plankton melalui proses bioakumulasi.

Plankton dapat di bagi menjadi dua kelompok besar, yaitu fitoplankton dan zooplankton. Fitoplankton dan zooplankton hidup melayang-layang mengikuti arus di perairan (Nontji, 2008). Kondisi inilah yang memudahkan biota laut ini terakumulasi logam berat, karena logam berat yang masuk perairan tidak dapat terdegradasi. Dalam hal ini, fitoplankton memiliki peluang yang besar untuk terakumulasi logam berat karena luas permukaannya lebih besar dibandingkan rasio volumenya, sehingga memiliki kemampuan akumulasi yang tinggi dalam waktu yang relatif singkat. Logam berat pada perairan masuk kedalam fitoplankton melalui membran sel dan terakumulasi dalam sel.

Fitoplankton yang telah terakumulasi logam berat berperan sebagai produsen pertama akan dimangsa oleh zooplankton yang berperan sebagai konsumen pertama, kemudian di konsumsi oleh organisme yang lebih besar seperti ikan-ikan kecil, lalu ikan-ikan kecil dimakan oleh ikan-ikan yang lebih besar. Bioakumulasi ini diperlihatkan pula oleh Bhattacharya dkk., (2014), yang menunjukkan bahwa zooplankton sebagai pemangsa fitoplankton di perairan pantai Indian Sundarban, dapat menjadi biokonsentrasi logam berat sebanyak 4 – 6 kali. Hal ini membuat logam berat yang terakumulasi pada ikan, dapat memberikan dampak negatif pada organisme perairan. Selanjutnya, dampak negatif dari

organisme perairan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Untuk itu perlu dilakukan penelitian mengenai identifikasi logam berat pada plankton di daerah tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan April-Desember, diawali dengan pengambilan sampel air dan plankton di 3 titik, yaitu titik dekat Pulau Anak Krakatau, Pulau Panjang, dan Pulau Rakata (Lagoon Cabe). Ketiga titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Titik 1 : Pulau Anak Krakatau

Titik 2 : Pulau Panjang

Titik 3 : Pulau Rakata (Lagoon Cabe)

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu sampel plankton, sampel air laut, formalin 4%, batu es, aquabidest, dan HNO₃ 76%. Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu *plankton net 25*, *cool box*, plastik zipper, kertas saring, tissue, tabung reaksi, gelas ukur, pipet tetes, gelas objek, mikroskop, *thermometer*, *refractometer*, pH meter, *secchi disk*, GPS, DO meter, Destruktor Behr DSR 300, dan alat ICP-OES. Identifikasi plankton dilakukan di Laboratorium Biomolekuler Jurusan Biologi, preparasi sampel di Laboratorium Analitik Jurusan Kimia, dan analisis sampel di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Universitas Lampung.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-eksplorasi, berupa pengambilan sampel secara acak. Data konsentrasi logam berat yang diperoleh akan dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui keadaan dari objek penelitian yang akan dibandingkan dengan parameter lingkungan yang di ukur seperti temperatur, derajat keasaman (pH), salinitas, dan kecerahan.

Pengambilan sampel dilakukan secara acak di tiga lokasi dengan masing-masing tiga pengulangan. Pengambilan sampel plankton dilakukan menggunakan ember lalu di saring menggunakan *plankton net 25*, dimasukkan dalam botol film 50 ml lalu diberi 3 tetes formalin 4% dan disimpan di *coolbox*. Pada pagi hari pengambilan sampel dilakukan di permukaan air, sedangkan siang dan sore hari pengambilan

sampel dilakukan pada kedalaman 5-10 meter. Sampel air laut diambil menggunakan botol 600 ml lalu di simpan dalam *coolbox*.

Identifikasi plankton dilakukan dengan cara mengambil sampel plankton menggunakan pipet tetes, lalu diteteskan pada gelas objek, kemudian di amati menggunakan mikroskop binokuler. Plankton yang telah ditemukan kemudian diidentifikasi berdasarkan ciri morfologi menggunakan acuan buku identifikasi plankton dari Davis (1955).

Sampel plankton dan air laut di destruksi dengan cara mengambil 25 ml sampel lalu di beri HNO₃ 76% sebanyak 3 tetes lalu disaring menggunakan kertas saring hingga bersih, kemudian dimasukkan ke dalam botol film. Selanjutnya sampel di analisis menggunakan ICP-OES (varian 715-ES), untuk melihat konsentrasi logam berat Timbal (Pb), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Besi (Fe), Kobalt (Co), Zink (Zn), Perak (Ag), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaman plankton di CAL Kepulauan Krakatau

Berdasarkan hasil identifikasi plankton diperoleh 8 kelas yaitu bacillariophyceae, chlorophyceae, cyanophyceae, dinophyceae, spirotrichea, oligotrichea, scyphozoa, dan euglenophyceae plankton yang terdiri dari 25 jenis plankton, dan total 21800 individu/liter. Hasil identifikasi dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis plankton

No	Nama Kelompok dan Spesies	Jumlah Individu/liter		
		P1	P2	P3
a. Bacillariophyceae				
1.	<i>Rhizosolenia</i> sp.	1400	2200	600
2.	<i>Fragilaria</i> sp.	200	200	-
3.	<i>Nitzschia</i> sp.	1600	600	800
4.	<i>Campylodiscus</i> sp.	-	200	-
5.	<i>Navicula</i> sp.	600	400	-
6.	<i>Triceratium</i> sp.	-	-	400
7.	<i>Achnanthea</i> sp.	200	-	-
8.	<i>Streptotheca</i> sp.	-	200	200
9.	<i>Gramatophora</i> sp.	-	200	-
10.	<i>Pleurosigma</i> sp.	800	200	400
11.	<i>Asterionellopsis</i> sp.	-	-	200
12.	<i>Synedra</i> sp.	200	-	200
13.	<i>Tabellaria</i> sp.	2400	800	1200
14.	<i>Bacillaria paxilifera</i>	-	200	200
b. Chlorophyceae				

1. <i>Closterium</i> sp.	-	-	1200
2. <i>Leptocylindrus</i> sp.	400	-	-
c. Cyanophyceae			
1. <i>Oscillatoria amphibian</i>	-	200	-
2. <i>Aphanocapsa rivularis</i>	200	-	-
d. Dinophyceae			
1. <i>Pyrocystis</i> sp.	400	-	1000
2. <i>Ceratium</i> sp.	-	200	200
e. Spirotrichea			
1. <i>Salpingella</i> sp.	-	-	400
f. Oligotrichea			
1. <i>Epiplocyliis</i> sp.	200	-	-
g. Scyphozoa			
1. <i>Aurelia</i> sp.	-	-	400
h. Euglenophyceae			
1. <i>Anisonemman ovale</i>	-	-	200
2. <i>Euglena</i> sp.	-	200	-
Indeks Keanekaragaman	2,078	2,005	2,456
Indeks Dominansi	0,158	0,2	0,098

Pengambilan sampel plankton dilakukan pada waktu yang berbeda di setiap lokasi, Pulau Anak Krakatau pengambilan plankton dilakukan pada pagi hari di permukaan air, diperoleh 5 kelas yaitu bacillariophyceae (8 spesies), chlorophyceae (1 spesies), cyanophyceae (1 spesies), dinophyceae (1 spesies), dan oligotrichea (1 spesies) dengan jumlah 8600 individu/liter.

Pada Pulau Panjang pengambilan sampel dilakukan pada siang hari di kedalaman 5-10 meter diperoleh 4 kelas yaitu bacillariophyceae (10 spesies), cyanophyceae (1 spesies), dinophyceae (1 spesies), dan euglenophyceae (1 spesies) dengan jumlah 5600 individu/liter.

Pada Pulau Rakata (Lagoon Cabe) pengambilan sampel dilakukan pada sore hari pada kedalaman 5-10 meter diperoleh 6 kelas yaitu bacillariophyceae (9 spesies), chlorophyceae (1 spesies), dinophyceae (2 spesies), spirotrichea (1 spesies), scyphozoa (1 jenis), dan euglenophyceae (1 spesies) dengan jumlah 7600 individu/liter.

Plankton dari kelas bacillariophyceae (diatom) merupakan spesies yang paling banyak ditemukan. Menurut Odum (1988) hal ini disebabkan oleh kemampuan diatom untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang berubah-ubah dan memiliki daya reproduksi paling tinggi dibandingkan plankton dari kelas yang lainnya.

Indeks keanekaragaman mencakup dua hal yaitu variasi jumlah spesies dan jumlah individu tiap spesies. Nilai indeks keanekaragaman menunjukkan bahwa pada tiga pulau tersebut memiliki keanekaragaman sedang. Nilai indeks keanekaragaman plankton yang diperoleh yaitu 2,078 (Pulau Anak Krakatau), 2,005 (Pulau Panjang), 2,456 (Pulau Rakata).

Indeks dominansi menggambarkan ada tidaknya spesies plankton yang mendominasi di suatu perairan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada ke tiga pulau, nilai indeks dominansi mendekati 0 (<0,5). Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada spesies plankton yang mendominasi sehingga tekanan ekologis tidak terjadi diwilayah tersebut (Supriadi dkk., 2015). Nilai indeks dominansi yang diperoleh yaitu 0,158 (Pulau Anak Krakatau), 0,200 (Pulau Panjang), dan 0,098 (Pulau Rakata).

Kandungan Logam Berat Pada Plankton

Berdasarkan hasil analisis logam berat pada plankton menggunakan ICP-OES diperoleh bahwa logam Pb, Zn, Cr, Cd, Ag, Ni, dan Mn berada di atas standar baku mutu yang telah ditetapkan, sedangkan logam Co berada di bawah standar baku mutu dan logam Fe tidak terdeteksi di semua lokasi pengambilan sampel. Baku mutu yang digunakan yaitu baku mutu logam berat untuk air laut yang ditetapkan oleh KEPMEN LH No 51 tahun 2004, USEPA, EPA, dan Menteri LH No 5 tahun 2014. Nilai kandungan logam berat di CAL Kepulauan Krakatau dapat dilihat pada Tabel 2 dan baku mutu tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Logam berat pada plankton

Sampel	Logam (ppm)								
	Pb	Zn	Cr	Cd	Fe	Co	Ag	Ni	Mn
A	0,333	0,383	Ttd	0,123	Ttd	0,165	0,161	1,011	0,136
B	1,447	1,539	0,025	0,157	Ttd	0,299	0,047	1,052	0,145
C	0,177	0,564	0,027	0,181	Ttd	0,106	Ttd	0,988	0,137
Rata-rata	0,652	0,828	0,017	0,153	-	0,19	0,693	1,017	0,139
D	0,251	5,200	Ttd	0,157	Ttd	0,166	Ttd	1,384	0,237
E	0,935	0,756	Ttd	0,138	Ttd	0,578	Ttd	0,959	0,181
F	0,566	3,449	0,027	0,188	Ttd	0,358	Ttd	1,276	0,237
Rata-rata	1,752	3,135	0,009	0,161	-	0,367	-	1,206	0,655
G	Ttd	1,645	0,024	0,052	Ttd	0,165	Ttd	1,202	0,397
H	1,579	0,271	Ttd	0,203	Ttd	0,263	0,006	0,946	0,210
I	0,521	3,234	Ttd	0,199	Ttd	0,349	0,062	0,803	0,369
Rata-rata	0,7	1,716	0,008	0,151	-	0,259	0,023	0,983	0,976

Baku Mutu	0,008 ¹	0,05 ¹	0,005 ¹	0,001 ¹	0,5 ²	0,4 ³	0,5 ³	0,05 ¹	0,1 ²
	0,0056 ²			0,009 ²					

Ttd : Tidak terdeteksi

A, B, C : Pulau Anak Krakatau

D, E, F : Pulau Panjang

G, H, I : Pulau Rakata (Lagoon Cabe)

¹KEPMEN LH No 51 tahun 2004, ²EPA tahun 1987, ³KEPMEN LH No 5 tahun 2014

Pada penelitian ini terlihat bahwa kandungan logam Pb, Zn, Cr, Cd, Ag, Ni, dan Mn yang terdapat di plankton berada di atas standar baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan KEPMEN LH No 51 tahun 2004, EPA tahun 1987, dan KEPMEN LH No 5 tahun 2014. Hal ini terjadi karena luas permukaan tubuh plankton lebih besar dibandingkan dengan rasio volumenya, sehingga absorpsi ataupun adsorpsi logam berat pada plankton cukup tinggi. Menurut Harteman (2011) biota yang berukuran kecil (plankton) mengakumulasi logam berat lebih tinggi dibandingkan dengan organisme yang berukuran besar. Luas permukaan yang lebih besar pada plankton akan membuat akumulasi yang tinggi dalam waktu yang relatif singkat terhadap zat anorganik maupun organik, dengan berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam (KullenBerg, 1987).

Penyerapan logam berat oleh fitoplankton dapat melalui dua jalur, yaitu pengikatan pada dinding sel (adsorpsi) dan penyerapan logam ke dalam sel (absorpsi) (Moreno, 2000). Menurut Das dkk (2008), dinding sel fitoplankton memiliki protein dan polisakarida yang mampu mengikat ion logam. Selanjtnya, logam yang telah melewati dinding sel melalui penyerapan pasif akan masuk ke dalam sel melalui membran sel (Kumar, 2006). Disamping itu, logam berat yang dapat melintasi membran sel harus dan umumnya bersifat lipofik. Namun demikian, logam yang tidak bersifat lipofilik akan mengalami proses difusi dipermudah (*facilitated diffusion*) ke dalam sel fitoplanton. Protein membran sel akan berikatan dengan ion logam berat, sehingga dapat melintasi lapisan lipid bilayer membran sel dan menuju enzim-enzim dan organel sel dalam sitoplasma pada fitoplanton (Das dkk., 2008 ; Purbonegoro, 2008). Fitoplankton yang telah terakumulasi logam berat akan di mangsa oleh zooplankton. Hal ini akan menyebabkan akumulasi logam berat pada zooplankton pula.

Keberadaan logam berat di CAL Kepulauan Krakatau erat kaitannya dengan adanya Gunung Anak Krakatau yang masih aktif hingga saat ini. Duguaan kuat, sumber utama logam berat berasal dari aktifitas vulkanik dari gunung tersebut. Gunung Anak Karakatau seringkali mengeluarkan abu vulkanik yang mengandung logam berat berat, dengan intensitas yang hamper setiap tahun atau dalam satu tahun dapat menyemburkan abu vulkanik lebih dari 2 -5 kali. Menurut Wahyuni (2012), abu vulkanik gunung berapi mengandung beberapa logam berat, berupa unsur mayor maupun unsur minor. Unsur minor yang berupa logam antara lain logam Co, Pb, dan Zn, sedangkan salah satu logam mayor yaitu Fe yang bernilai tinggi dan dapat membahayakan lingkungan. Hal ini sesuai dengan penelitian Hanuun (2017) bahwa logam Fe di CAL Kepulauan Krakatau memiliki kadar yang tinggi pada sedimen.

Kandungan Logam Berat pada Air Laut

Analisis kandungan logam berat tidak hanya dilakukan pada sampel plankton, tetapi juga sampel air laut, hasil analisis kandungan logam berat pada air laut di CAL Kepulauan Krakatau tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Logam berat di air laut

Sampel	Logam								
	Pb	Zn	Cr	Cd	Fe	Co	Ag	Ni	Mn
Air Laut 1	Ttd	1,110	Ttd	0,188	Ttd	0,305	Ttd	1,089	0,127
Air Laut 2	1,436	0,455	Ttd	0,047	Ttd	0,367	Ttd	1,184	0,139
Air Laut 3	2,366	1,002	0,016	0,157	Ttd	0,121	Ttd	0,877	0,118

Ket : Air laut 1 (Pulau Anak Krakatau) ; air laut 2 (Pulau Panjang) ; air laut 3 (Pulau Rakata).

Tabel tersebut menunjukkan bahwa pada sampel air laut logam Fe dan Ag tidak terdeteksi, logam Co berada di bawah baku mutu yang telah ditetapkan oleh Menteri LH No 5 tahun 2014 sedangkan logam Pb, Zn, Cr, Cd, Ni, dan Mn berada di atas standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh KEPMEN LH No 51 tahun 2004 dan EPA.

Kandungan logam berat di plankton lebih tinggi dibandingkan pada air laut. Hal ini dikarenakan logam berat yang masuk ke dalam perairan akan mengalami pengenceran akibat pengaruh pasang surut, adsorpsi dan absorpsi oleh organisme perairan seperti plankton (Bryan, 1976).

Kondisi Perairan

Berikut adalah tabel hasil pengukuran parameter lingkungan di CAL Kepulauan Krakatau.

Tabel 4. Parameter Lingkungan

No	Parameter	Lokasi	Satuan	Baku Mutu	Nilai
1	Suhu	P. Anak Krakatau	°C	28-32	29
		P. Rakata			29
		P. Panjang			29
2	Kecerahan	P. Anak Krakatau	Meter	>3	>25
		P. Rakata			>25
		P. Panjang			>25
3	pH	P. Anak Krakatau	-	7-8,5	6
		P. Rakata			6

		P. Panjang			6
4	Salinitas	P. Anak Krakatau	%o	33-34	30
		P. Rakata			30
		P. Panjang			30

Sumber baku mutu : KEPMEN LH no 51 tahun 2004

Kualitas perairan di CAL Kepulauan Krakatau masih tergolong cukup baik, meskipun dua parameter lingkungan yaitu pH (6) dan salinitas (30 ‰) berada di bawah baku mutu yang telah ditetapkan, namun kedua parameter tersebut masih dapat di golongan ke dalam parameter air laut yang normal

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Terdapat 25 spesies plankton dari kelas bacillariophyceae (14 spesies), chlorophyceae (2 spesies), cyanophyceae (2 spesies), dinophyceae (2 spesies), spirotrichea (1 spesies), scyphozoa (1 spesies), dan euglenophyceae (2 spesies), dengan total 21.800 individu yang ditemukan di CAL Kepulauan Krakatau.
2. Kandungan logam Pb, Zn, Cr, Cd, Ag, Ni, dan Mn pada plankton melewati standar baku mutu air laut, kandungan logam Co berada dibawah standar baku mutu air laut, sedangkan logam Fe tidak terdeteksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharya, B.D., Jiang-Shiou Hwang, Li-Chun Tseng, S. K. Sarkar, D. Rakshit, S. Mitra. 2014. Bioaccumulation of trace elements in dominant mesozooplankton group inhabiting in the coastal regions of Indian Sundarban mangrove wetland. *Marine Pollution Bulletin* 87: 345-351
- Bryan, G.W. 1976. Heavy metal contamination in the sea. In R. Johnston (Ed.). *Effects of pollutants on aquatic organisms*. Cambridge University press. Cambridge.
- Das, N. R. Vimala, and P. Karthika. 2008. Biosorption of Heavy Metal – An Overview, *Indian Journal of Biotechnology*. Vol.7 159 -169.
- 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
- Harteman E. 2011. Dampak kandungan logam berat terhadap kemunculan polimorfisme ikan Badukang (*Arius maculatus* Fish & Bian) dan sembilang (*Plotosus Canius Web & Bia*) di Muara Sungai Kahayan serta Katingan, Kalimantan Tengah [disertasi]. Bogor: IPB
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 : Tentang Baku Mutu Air Laut
- Kullenberg, G. 1987. *Pollutant Transfer and Transport In The Sea. Vol II*. CRC Press.Florida.
- Kumar, K. Kishore, M. Krishna Prasad, G.V.S. Sarma, and Cg. V.R. Murthy. 2006. Biosorption Studies for Removal of Chromium Using Immobilized Marine Alga Isochrysis galbana. *Indian Journal of Marine Sciences*. Vol. 35 263 267.

- Moreno -Garrido, L. M. Lubian, and A. M. V. M. Soares. 2000. Influence of Cellular Density on Determination of EC50 in Microalgal Growth Inhibition Tests," *Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol.47 112 -116.
- Nontji, A. 2008. *Plankton Laut*. LIPI. Jakarta.
- Odum, E.P. 1998. *Dasar-Dasar Ekologi : Terjemahan dari Fundamentals of Ecology*. Alih Bahasa Samingan, T. Edisi Ketiga. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Ompi. 2016. *Larva Avertebrata dasar Laut*. Dee publish. Sleman.
- Purbonegoro, T. 2008. Pengaruh Logam Berat Kadmium (Cd) Terhadap Metabolisme dan Fotosintesis di Laut. *Oseana*. Oseana, Vol. XXXIII. No. 1, 25-31.
- Sumardjo. 2006. *Pengantar Kimia : Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran Dan Program Strata 1 Fakultas Bioeksakta*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Supriadi, A. Romadhon, A. Farid. 2015. Struktur Komunitas Mangrove di Desa Martajasah Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Kelautan*. Volume 8, No 1.
- Wahyuni, E.T, S. Triyono, dan M. Suherman. 2012. Penentuan Komposisi Kimia Abu Vulkanik dari Erupsi Gunung Merapi. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Vol 19, No 2.