

## DISTRIBUSI LOGAM BERAT Pb DAN Cu PADA AIR LAUT, SEDIMEN, DAN RUMPUT LAUT DI PERAIRAN PANTAI PANDAWA

I Made Siaka\*, Ni Gusti Ayu Made Dwi Adhi Suastuti, dan I Putu Bagus Mahendra

*Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali*

*\*E-mail : madesiaka@yahoo.com*

---

### ABSTRAK

Penelitian mengenai distribusi logam berat Pb dan Cu dalam air laut, sedimen, dan rumput laut di perairan Pantai Pandawa telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan total logam berat Pb dan Cu serta distribusinya di perairan Pantai Pandawa. Preparasi pada sampel sedimen dan rumput laut menggunakan metode digesti dengan larutan *reverse aqua regia* dengan bantuan *ultrasonic bath* pada suhu 60°C selama 45 menit dan dipanaskan dengan hot plate pada suhu 140°C selama 45 menit. Analisis logam berat Pb dan Cu menggunakan spektrofotometri serapan atom. Hasil analisis terhadap logam berat Pb menunjukkan distribusi logam berat Pb dalam air laut, sedimen, dan rumput laut dari masing-masing lokasi pengambilan sampel di perairan Pantai Pandawa berkisar antara 0,8479 sampai 1,9070 mg/L untuk air laut; 17,0833 sampai 76,25 mg/kg untuk sedimen; dan 13,2749 sampai 51,3252 mg/kg untuk rumput laut. Hasil analisis terhadap logam berat Cu menunjukkan distribusi logam berat Cu dalam air laut, sedimen, dan rumput laut dari masing-masing lokasi pengambilan sampel di perairan Pantai Pandawa berkisar 0,0015 sampai 0,0054 mg/L untuk air laut; 0,6699 sampai 1,4554 mg/kg untuk sedimen; dan 0,0623 sampai 0,2233 mg/kg untuk rumput laut. penyebaran dari logam berat Pb dan Cu di perairan Pantai Pandawa menunjukan kandungan logam berat Pb dan Cu lebih banyak berada pada sedimen dari pada air laut dan rumput laut. Logam berat Pb dan Cu cenderung terdistribusi lebih banyak pada lokasi yang memiliki intensitas aktivitas yang lebih banyak di perairan Pantai Pandawa.

Kata kunci : timbal, tembaga, Pantai Pandawa, air laut, sedimen, rumput laut

### ABSTRACT

Research on the distribution of heavy metals lead and copper in seawater, sediments and seaweeds in Pandawa Beach has been conducted. This study aimed to determine total content of heavy metals lead and copper as well as distribution in the waters of Pandawa Beach. Preparation of the samples of sediments and seaweeds used digestion method with reverse aqua regia solution with help ultrasonic bath at 60°C for 45 minutes and heated with a hot plate at a temperature of 140°C for 45 minutes. Analysis of heavy metals lead and copper used atomic absorption spectrophotometry. Analysis of the heavy metals lead showed distribution of the heavy metals lead in sea water, sediment and seaweed from each sampling site in the Pandawa Beach ranged from 0,8479 to 1,9070 mg/L for seawater; 17,0833 to 76,25 mg/kg for sediments; and 13,2749 to 51,3252 mg/kg for seaweeds. Analysis of the heavy metals copper showed distribution of copper heavy metals in seawater, sediments and seaweeds from each sampling locations in Pandawa Beach ranged from from 0,0015 to 0,0054 mg/L for seawater; 0,6699 to 1,4554 mg/kg for sediments; and 0,0623 to 0,2233 mg/kg for seaweeds. Distribution of heavy metals lead and copper in Pandawa Beach showed heavy metals lead and copper were contained in sediments more than in sea water and seaweeds. Heavy metals lead and copper tend to distribute in locations with more activities in Pandawa Beach.

Keywords : lead, copper, Pandawa Beach, seawater, sediments, seaweeds

## PENDAHULUAN

Pencemaran merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi di masa sekarang. Salah satu yang dapat terkena dampak pencemaran yaitu air. Pencemaran air dapat berasal dari beberapa sumber pencemar. Dari sumbernya pencemaran dapat dibagi menjadi 2, yaitu sumber alami dan sumber aktivitas manusia. Pencemaran bersumber dari alam seperti pengikisan batuan, hujan, dan tanah longsor. Pencemaran lebih banyak bersumber dari aktivitas manusia daripada proses alam. Kegiatan-kegiatan manusia yang menghasilkan limbah seperti limbah rumah tangga, limbah industri, kegiatan transportasi serta kegiatan pertanian dapat menjadi sumber pencemaran. Meningkatnya jumlah populasi manusia juga berdampak pada bertambahnya jumlah limbah domestik dan limbah industri yang dibuang ke lingkungan. Hal ini berkaitan dengan peningkatan kebutuhan seperti pangan, bahan bakar, pemukiman dan kebutuhan dasar yang lain, sehingga akan meningkatkan limbah domestik dan limbah industri (Wardhana, 2004). Meningkatnya jumlah limbah domestik dan limbah industri yang masuk ke dalam perairan, mengakibatkan terjadinya perubahan kualitas perairan.

Perairan yang sering menerima bahan pencemar dan sebagai tempat penampungan akhir cemaran adalah laut, karena sungai-sungai bermuara di laut (Hutagalung, 1991). Salah satu bahan pencemar yang cukup mengkhawatirkan yang terjadi adalah logam berat seperti Pb, Cd, Cu, Hg, dan lain-lain. Keberadaan logam berat dalam perairan akan sulit mengalami degradasi bahkan logam tersebut akan terabsorpsi ke dalam tubuh organisme. Logam berat seperti Pb dan Cu merupakan logam berat yang berbahaya dan dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernafasan dan pencernaan (Darmono, 1995).

Logam berat Pb biasa digunakan dalam campuran cat, pestisida serta campuran dalam bahan bakar kendaraan (Harahap, 1991). Logam berat Pb dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis yang ditandai diare, mual-mual, dan anemia (Darmono, 1995).

Selain logam berat Pb, logam berat Cu juga dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis. Logam berat Cu banyak digunakan pembersih lantai, cat, pestisida dan bahan

pengawet. Logam Cu termasuk logam esensial yang diperlukan organisme. Kelebihan logam Cu dalam tubuh dapat mengakibatkan kerusakan hati (Widowati, 2008).

Salah satu perairan yang menjadi perhatian berkaitan dengan pencemaran logam berat Pb dan Cu yaitu perairan Pantai Pandawa. Pantai Pandawa saat ini menjadi objek pariwisata di Bali. Banyaknya para wisatawan yang berdatangan ke Pantai Pandawa dapat menyebabkan sulit terkendalinya tingkat pencemaran di Pantai Pandawa. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan seperti aktivitas dari perahu bermotor yang menggunakan mesin berbahan bakar bensin untuk transportasi, mencari ikan dan olah raga air menghasilkan gas-gas buangan yang mengandung Pb dan banyaknya kendaraan yang ada di sekitar Pantai Pandawa juga dapat menjadi sumber pencemar. Selain kegiatan pariwisata, Pantai Pandawa juga menjadi lokasi budidaya dari rumput laut.

Rumput laut adalah salah satu biota yang dapat hidup di perairan laut. Salah satu jenis rumput laut yang banyak dibudidayakan adalah jenis *Gracilaria sp.* Keberadaan rumput laut di perairan dapat terancam oleh pencemaran yang terjadi. Rumput laut sebagai organisme biota air dapat terkena dampak yang besar dari adanya pencemaran terhadap habitat rumput laut tersebut, khususnya pencemaran dari logam berat Pb dan Cu. Keberadaan logam berat di perairan dapat menyebabkan logam berat terserap oleh rumput laut. Menurut Surahman (2007), rumput laut jenis *Gracilaria sp.* dapat menyerap logam berat Pb mencapai 1,2 mg/L. Logam berat Cu yang dapat diserap oleh rumput laut Jenis *Gracilaria sp.* mencapai 1 mg/L (Yulianto, 2006). Kemampuan rumput laut yang dapat menyerap logam berat Pb dan Cu dapat berbahaya apabila terakumulasi dalam rumput laut kemudian dikonsumsi oleh manusia.

Berkaitan dengan latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian mengenai kandungan logam berat Pb dan Cu serta distribusinya di perairan Pantai Pandawa.

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan yaitu sampel air laut, sampel sedimen, sampel rumput laut, asam nitrat 65%, HCl 37%,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , dan aquades.

### Peralatan

Alat yang digunakan yaitu peralatan gelas, mortar, kertas saring, oven, neraca analitik, ayakan 63 $\mu\text{m}$ , pH meter, *hot plate*, *ultrasonic bath*, dan Spektrofotometer Serapan Atom.

### Cara Kerja

Pengambilan sampel air laut, sedimen dan rumput laut dilakukan pada tanggal 28 April 2015. Pengambilan sampel dilakukan di lokasi yang telah ditentukan. Sampel air laut, sedimen dan rumput laut di destruksi sesuai dengan prosedur dan dianalisis kandungan logam berat Pb dan Cu dengan Spektrofotometer Serapan Atom di Laboratorium Bersama FMIPA Universitas Udayana.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel

Sampel air di ambil lalu ditambahkan asam nitrat pekat hingga pH 2. Sampel air laut disaring lalu filtrat dianalisis kandungan logam berat Pb dan Cu dengan AAS.

Sampel sedimen diambil pada kedalaman 10 cm dari dasar lalu di simpan dalam *cool box*. Sampel rumput laut diambil di setiap titik yang di tentukan lalu di simpan dalam *coolbox*. Perlakuan terhadap sampel sedimen dan rumput laut sama. Sampel di keringkan hingga berat konstan lalu ditumbuk hingga menjadi serbuk. Serbuk sampel lalu ditimbang sebanyak 1 gram lalu di tambahkan larutan *reverse aqua regia* yang dibuat dari campuran  $\text{HNO}_3$  dan HCl dengan perbandingan 3:1. Campuran lalu didigesti dengan *ultrasonic*

*bath* pada suhu 60°C selama 45 menit lalu dilanjutkan dengan *hotplate* pada suhu 140°C selama 45 menit. Campuran lalu disaring dan filtrat diencerkan dengan aquades hingga 25 mL. Larutan dianalisis kandungan logam berat Pb dan Cu dengan AAS.

Data yang telah didapat ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Metode yang digunakan yaitu metode kurva kalibrasi (Khopkar, 1990).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang didapat, diketahui besarnya kandungan logam berat Pb dan Cu pada air laut, sedimen, dan rumput laut masing-masing lokasi ditampilkan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Perbandingan rata-rata kandungan logam berat Pb dan Cu pada air laut dan sedimen

Lokasi	Logam Berat			
	Logam Pb		Logam Cu	
	Air Laut (mg/L)	Sedimen (mg/Kg)	Air Laut (mg/L)	Sedimen (mg/Kg)
A	0,8479	17,0833	0,0015	0,6699
B	1,0688	25,6944	0,0019	0,7413
C	1,0971	43,8889	0,0027	0,9045
D	1,0065	55,1389	0,0042	1,3630
E	1,2896	76,2500	0,0054	1,4248
F	1,4992	60,5556	0,0046	1,4554
G	1,9070	59,7222	0,0050	1,3126
H	1,4539	57,2222	0,0046	1,2922
I	0,8932	55,6944	0,0042	1,1697

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa penyebaran dari logam berat Pb dan Cu lebih banyak berada pada sedimen dari pada air laut pada setiap lokasi pengambilan sampel. Hal ini disebabkan karena keadaan pH air laut pada lokasi pengambilan sampel memiliki rentang pH antara 7,32 hingga 8,27. Pada keadaan pH tersebut, logam berat Pb dan Cu cenderung membentuk oksida atau hidroksida yang dapat mengendap ke dasar perairan sehingga keberadaanya di sedimen lebih besar dari pada di air laut (Darmono, 1995).

Berdasarkan Tabel 2 pada hasil analisis logam berat Pb dan Cu pada rumput laut dapat dilihat bahwa penyebaran logam berat Pb dan Cu akan semakin meningkat kadarnya dari lokasi I hingga IX. Penyebaran dari logam berat Pb dan Cu pada rumput laut bila dibandingkan dengan keberadaannya dari pusat kegiatan, semakin jauh jarak rumput laut dari pusat kegiatan maka kadar logam berat Pb dan Cu akan semakin kecil.

Tabel 2. Perbandingan rata-rata kandungan logam berat Pb dan Cu pada rumput laut

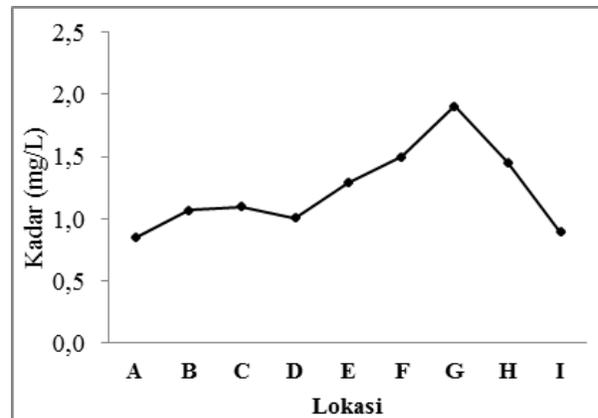
Lokasi	Logam Berat	
	Logam Pb (mg/Kg)	Logam Cu (mg/Kg)
	Rumput Laut	
I	13,2749	0,0623
II	14,5328	0,1052
III	20,8221	0,1052
IV	23,6523	0,1159
V	34,8158	0,1374
VI	40,9479	0,1481
VII	42,6774	0,1481
VIII	40,0674	0,2233
IX	51,3252	0,2018

#### Analisis Logam Berat Pb dan Cu pada Air Laut

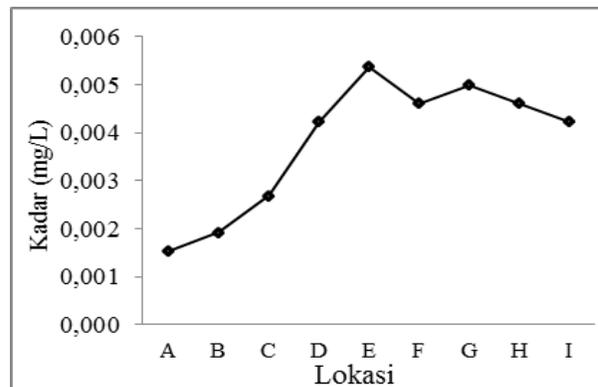
Analisis logam berat Pb dan Cu pada air laut lebih mudah dan cepat bila dibandingkan dengan analisis pada sampel sedimen dan rumput laut. Tetapi menggunakan air laut sebagai sampel memiliki kelemahan karena pergerakan dari air laut yang tidak tetap dan berubah-ubah. Adapun distribusi dari logam berat Pb dan Cu ditampilkan pada Gambar 2 dan 3.

Kadar rata-rata logam berat Pb pada air laut di perairan Pantai Pandawa dari lokasi A hingga lokasi I berkisar antara 0,8479 sampai 1,9070 mg/L. Kadar logam berat Pb pada air laut di semua lokasi pengambilan sampel di perairan Pantai Pandawa dibandingkan dengan kandungan logam berat Pb maksimum dalam air laut yang diperbolehkan menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut Untuk Wisata Bahari sebesar 0,005 mg/L, maka kadar logam berat Pb pada semua lokasi pengambilan sampel telah melewati batas maksimum yang diperbolehkan. Dari

Gambar 2 dapat dilihat bahwa grafik kadar logam berat Pb pada air laut meningkat dari lokasi A hingga puncaknya pada lokasi G. Hal ini disebabkan karena pada lokasi tersebut menjadi pusat tempat kegiatan wisata bahari yang dilakukan di perairan Pantai Pandawa. Pada Gambar 2 menunjukkan penurunan kadar dari lokasi H dan I. Pada lokasi H dan I, tidak banyak kegiatan yang dilakukan di lokasi tersebut bila dibandingkan dengan lokasi C, D, E, F dan G. Sedangkan pada lokasi A dan B memiliki kadar logam berat Pb pada air laut yang lebih kecil dari lokasi C, D, E, F dan G meskipun ada kegiatan wisata bahari disebabkan karena pada lokasi tersebut terdapat budidaya rumput laut Kemampuan dari rumput laut yang dapat menyerap logam berat Pb yang ada di air laut dapat menyebabkan kecilnya nilai kadar logam berat Pb di lokasi A dan B (Surahman, 2007).



Gambar 2. Distribusi Logam Berat Pb pada Air Laut di Pantai Pandawa

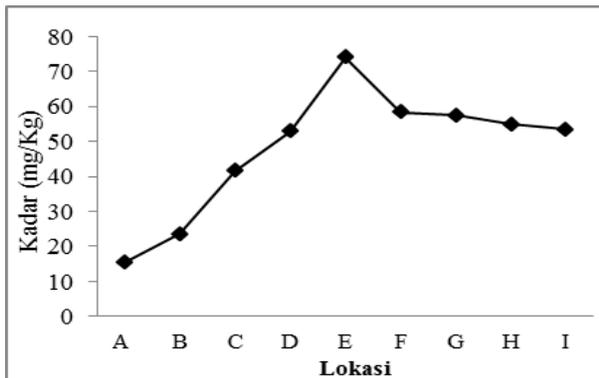


Gambar 3. Distribusi Logam Berat Cu pada Air Laut di Pantai Pandawa

Kadar rata-rata logam berat Cu pada air laut di perairan Pantai Pandawa dari lokasi A hingga lokasi I berkisar antara 0,0015 mg/L sampai 0,0054 mg/L. Bila dibandingkan dengan kandungan logam berat Cu maksimum dalam air laut yang diperbolehkan menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut untuk wisata bahari sebesar 0,05 mg/L maka kadar logam berat Cu pada semua lokasi pengambilan sampel masih berada pada batas yang diperbolehkan. Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 3, kadar logam berat meningkat dari lokasi A hingga puncaknya di lokasi E lalu menurun di lokasi F dan kembali meningkat di lokasi G dan menurun lagi di lokasi H dan I. Lokasi A dan B memiliki kadar logam berat Cu di air laut yang lebih kecil dari lokasi lainnya. Seperti halnya pada logam berat Pb di air laut. Di lokasi A dan B terdapat kegiatan budidaya rumput laut. Kemampuan rumput laut yang dapat menyerap logam berat Cu di air laut menyebabkan kadar logam berat Cu pada air laut di lokasi ini lebih kecil (Yulianto, 2006).

**Analisis Logam Berat Pb dan Cu pada Sedimen**

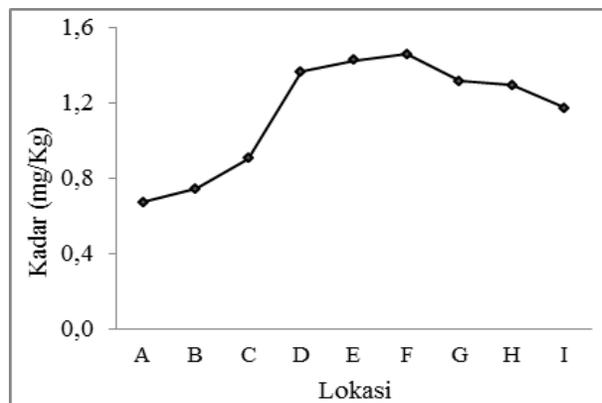
Hasil analisis logam berat Pb dan Cu pada sampel sedimen ditampilkan pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Distribusi logam berat Pb pada sedimen di Pantai Pandawa

Kadar rata-rata logam berat Pb pada sampel sedimen di Pantai Pandawa dari lokasi A hingga I berkisar antara 17,0833 sampai 76,25 mg/kg. Bila dibandingkan dengan kandungan logam berat Pb alami dalam sedimen yang dilaporkan oleh Turekian dan Wadephol (1961) sebesar 20 mg/kg maka hanya kadar rata-rata logam berat Pb di lokasi A yang berada di bawah

kandungan alami logam berat Pb dalam sedimen. Kadar logam berat Pb dalam sedimen di lokasi B hingga I berada di atas kandungan logam berat Pb alami dalam sedimen, ini berarti sedimen di lokasi tersebut tercemar oleh senyawa-senyawa yang mengandung logam berat Pb. Pada Gambar 4, grafik distribusi logam berat Pb dalam sedimen menunjukkan peningkatan dari lokasi A hingga E lalu menurun dari lokasi F hingga I. Berbeda dengan grafik logam berat Pb pada air laut, peningkatan kadar logam berat Pb yang terjadi pada sedimen hampir sama dengan logam berat Pb dalam air. Hal ini berarti distribusi dari logam berat Pb di perairan Pantai Pandawa keberadaannya lebih banyak pada lokasi C hingga G sesuai dengan yang ditunjukkan pada grafik distribusi logam berat Pb pada air laut dan sedimen.



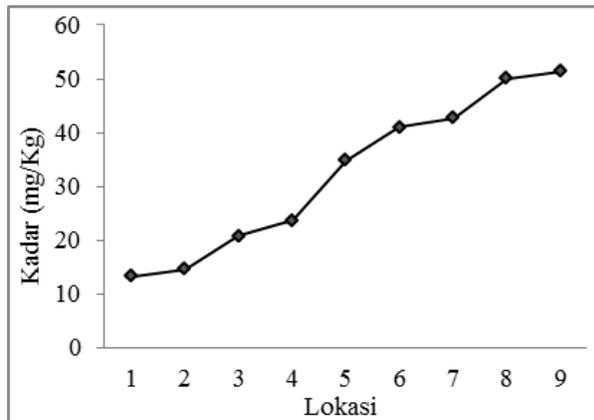
Gambar 5. Distribusi logam berat Cu pada sedimen di Pantai Pandawa

Kadar rata-rata logam berat Cu pada sampel sedimen di Pantai Pandawa dari lokasi A hingga I berkisar antara 0,6699 sampai 1,4554 mg/kg. bila dibandingkan dengan kandungan Cu alami dalam sedimen yang dilaporkan oleh Turekian dan Wadephol (1961) sebesar 45 mg/kg maka kadar logam berat Cu pada sedimen berada di bawah kandungan Cu alami dalam sedimen. Meskipun kadar logam berat Cu masih di bawah kandungan Cu alami, tetapi keberadaannya tetap harus diperhitungkan. Adanya logam berat Cu di sedimen disebabkan oleh pengendapan Cu pada air laut. Kecilnya kadar logam berat Cu yang terdapat pada air laut menyebabkan kecilnya kadar logam berat Cu pada sedimen karena pengendapan logam Cu yang terjadi lebih sedikit.

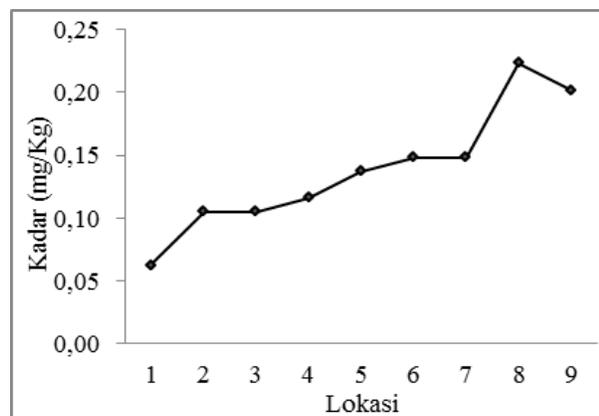
### Analisis Logam Berat Pb dan Cu pada Rumpuk Laut

Hasil analisis logam berat Pb dan Cu pada sampel rumpuk laut ditampilkan pada Gambar 6 dan 7.

Kadar logam berat Pb pada sampel rumpuk laut dari lokasi I hingga IX berkisar antara 13,2749 hingga 51,3252 mg/kg. bila dibandingkan dengan kandungan logam berat maksimum dalam pangan yang diperbolehkan menurut Keputusan Direktur Jendral Pengawasan Obat dan Makanan No.03725/B/SK/VII/1989 Tentang Batas Maksimum Cemar Logam Berat Dalam Makanan sebesar 2,0 mg/kg, maka kadar logam berat Pb pada semua titik pengambilan sampel telah melewati batas maksimum yang diperbolehkan.



Gambar 6. Distribusi logam berat Pb pada rumpuk laut di Pantai Pandawa



Gambar 7. Distribusi logam berat Cu pada rumpuk laut di Pantai Pandawa

Dari grafik distribusi logam berat Pb dalam rumpuk laut dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan kenaikan dari titik I hingga VI. Ini disebabkan karena titik I berada paling jauh dari pusat kegiatan yang dilakukan di perairan Pantai Pandawa. Distribusi logam berat Pb dalam rumpuk laut yang terjadi ialah semakin jauh lokasi pengambilan sampel dari pusat kegiatan di perairan Pantai Pandawa, maka semakin kecil nilai kadar logam berat Pb dalam rumpuk laut karena bila semakin dekat dengan pusat kegiatan maka logam berat Pb yang terserap oleh rumpuk laut akan semakin banyak.

Kadar logam berat Cu pada sampel rumpuk laut dari lokasi I hingga IX berkisar antara 0,0623 hingga 0,2233 mg/kg. Bila dibandingkan dengan kandungan logam berat maksimum dalam pangan yang diperbolehkan menurut Keputusan Direktur Jendral Pengawasan Obat dan Makanan No.03725/B/SK/VII/1989 Tentang Batas Maksimum Cemar Logam Berat Dalam Makanan sebesar 30 mg/kg, maka kadar logam berat Cu pada semua titik pengambilan sampel belum melewati batas maksimum yang diperbolehkan. Kandungan logam berat Cu di rumpuk laut yang lebih kecil dibandingkan dengan logam berat Pb di rumpuk laut disebabkan kemampuan rumpuk laut menyerap logam berat Pb lebih besar dari pada menyerap logam berat Cu. Adanya kemampuan dari rumpuk laut menyerap logam berat Cu menyebabkan terakumulasinya logam berat Cu di dalam rumpuk laut (Yulianto, 2006). Pada grafik distribusi logam berat Cu dalam rumpuk laut dapat dilihat bahwa kenaikan kadar dimulai dari titik I hingga VIII lalu menurun pada titik XI. Titik I memiliki kadar paling kecil kemungkinan disebabkan karena titik I memiliki jarak paling jauh dari pusat kegiatan di perairan pantai Pandawa seperti halnya dengan logam berat Pb dalam rumpuk laut.

### SIMPULAN DAN SARAN

#### Simpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan penyebaran dari logam berat Pb dan Cu di perairan Pantai Pandawa memperlihatkan bahwa kandungan logam berat Pb dan Cu lebih banyak berada pada sedimen dari pada air laut dan rumpuk laut. Adanya hubungan antara peningkatan logam

berat Pb dan Cu pada sedimen dan air laut, semakin besar kandungan logam berat Pb dan Cu di air laut, maka kandungan Pb dan Cu di sedimen juga semakin besar. Adanya hubungan antara kandungan logam berat Pb dan Cu pada rumput laut dengan keberadaannya dari pusat kegiatan, semakin jauh letak rumput laut dari pusat kegiatan maka semakin kecil kandungan logam berat Pb dan Cu di rumput laut.

#### Saran

Ada beberapa hal yang dapat disarankan dari penelitian ini yaitu :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai distribusi logam berat lainnya serta bahan-bahan pencemar lainnya di perairan Pantai Pandawa.
2. Mengingat tingginya distribusi logam berat Pb dalam air laut, sedimen, dan rumput laut di perairan Pantai Pandawa, maka perlu dilakukan penanganan untuk mengurangi tingkat pencemaran logam tersebut.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Made Sarma, I Gusti Ayu Lia Pradnyadari, Putu Desitha Pratiti K.W, D. A. M Wira Adi C., dan semua pihak yang membantu jalannya penelitian ini

#### DAFTAR PUSTAKA

- Darmono, 1995, *Logam Berat dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, UI-Press , Jakarta
- Darmono, 2001, *Lingkungan Hidup dan Pencemaran (Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam)*, Universitas Indonesia Press , Jakarta
- Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan, 1989, *Surat Keputusan Direktur Jendral Pengawasan Obat dan Makanan No.03725/B/SK/VII/1989 Tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Makanan*, Jakarta
- Harahap, S., 1991, *Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung Ditinjau dari Sifat Fisika-Kimia Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos Makro*, IPB , Bandung
- Hutagalung, H.P., 1991, *Pencemaran Laut oleh Logam Berat, Puslitbang Oseanologi, Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*, LIPI , Jakarta
- Khopkar, S.M., 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, UI Press , Jakarta
- Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2004, *Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut*, Jakarta
- Palar, H., 2008, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, PT Rineka Cipta , Jakarta.
- Surahman, H.A., 2007, *Studi Tentang Laju Penyerapan Logam Berat Timbal (Pb) Oleh Rumput Laut *Gracillaria sp.* di Kecamatan Jabon Kota Sidoarjo Provinsi Jawa Timur*, *Skripsi*, Universitas Brawijaya, Malang
- Turekian, K.K., and Wadehol, K.H., 1961, *Distribution of the Elements in Some Major Units of The Earth's Crust*, *Geological Society of America, Bulletin*, 72 : 175-192
- Wardhana, 2004, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi , Yogyakarta.
- Widowati, 2008, *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*, CV Andi Offset , Yogyakarta
- Yulianto, B., Ario, R., dan Triono, A., 2006, *Daya Serap Rumput Laut (*Gracilaria sp*) terhadap Logam Berat Tembaga (Cu) sebagai Biofilter*, *Jurnal Ilmu Kelautan*, 11(2) : 72-78