

## **KORELASI ANTARA KEDALAMAN SEDIMEN DI PELABUHAN BENOA DAN KONSENTRASI LOGAM BERAT Pb DAN Cu**

**I M. Siaka.**

*Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran*

### **ABSTRAK**

Telah dilakukan penelitian tentang korelasi antara kedalaman sedimen di Pelabuhan Benoa dan konsentrasi logam berat Pb dan Cu. Secara statistik, lokasi pengambilan sampel dan kedalaman sedimen berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan logam Pb dan Cu. Demikian juga dengan sumber keragaman interaksi antara lokasi pengambilan sampel dan kedalaman sedimen menunjukkan pengaruh sangat nyata. Secara umum semakin dalam sedimen semakin kecil kandungan Pb dan Cu-nya. Konsentrasi logam berat rata-rata pada kedalaman sedimen 0 cm (permukaan sedimen) adalah 15,52 mg/kg untuk Pb dan 35,85 mg/kg untuk Cu. Sedimen pada kedalaman 10 cm mengandung Pb sebesar 13,49 mg/kg dan Cu sebesar 33,69 mg/kg, sementara pada kedalaman 20 cm konsentrasi rata-rata Pb dan Cu masing-masing 11,51 mg/kg dan 32,22 mg/kg.

Kata kunci : korelasi, kedalaman, sedimen, logam berat

### **ABSTRACT**

An investigation on the correlation between the depth of sediment in Benoa estuary and the concentration of Pb and Cu. Statistically, the sample collecting location and the sediment depth influenced the concentration of lead (Pb) and copper (Cu) significantly. The variation resources of interaction between sample collecting location and the sediment depth also showed a great influence. In general, the deeper the sediments, the lower the concentration of Pb and Cu are. The average concentrations of heavy metals found in surface layer (0 cm) were 15.52 mg/kg of Pb and 35.85 mg/kg of Cu. Sediment in the depth of 10 cm contained 13.49 mg/kg of Pb and 33.69 mg/kg of Cu, while the sediment in the depth of 20 cm contained 11.51 mg/kg of Pb and 32.22 mg/kg of Cu.

Keywords : correlation, sediment, depth, heavy metals

### **PENDAHULUAN**

Sekitar 70% permukaan bumi diselubungi oleh air. Oleh karena itu, air dapat dikatakan sebagai bagian yang esensial dari sistem kehidupan. Hampir 97,2% dari air yang ada di bumi merupakan air laut (Manahan, 1994).

Seperti air tawar, air laut juga mempunyai kemampuan yang besar untuk melarutkan bermacam-macam zat, baik yang berupa gas, cairan, maupun padatan. Laut merupakan tempat bermuaranya sungai-sungai

yang mengangkut berbagai macam zat, dapat berupa zat hara yang bermanfaat bagi ikan dan organisme perairan, dapat pula berupa bahan-bahan yang tidak bermanfaat, bahkan mengganggu pertumbuhan dan perkembangan ikan dan organisme perairan atau dapat mengakibatkan penurunan kualitas air (Cahyadi, 2000).

Penurunan kualitas air ini diakibatkan oleh adanya zat pencemar, baik berupa komponen-komponen organik maupun anorganik. Komponen-komponen anorganik,

diantaranya adalah logam berat yang berbahaya. Beberapa logam berat tersebut banyak digunakan dalam berbagai keperluan sehari-hari, oleh karena itu diproduksi secara rutin dalam skala industri. Penggunaan logam-logam berat tersebut dalam berbagai keperluan sehari-hari, baik secara langsung maupun tidak langsung, atau sengaja maupun tidak sengaja, telah mencemari lingkungan. Beberapa logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan terutama adalah merkuri (Hg), timbal/timah hitam (Pb), arsenik (As), tembaga (Cu), kadmium (Cd), khromium (Cr), dan nikel (Ni) (Fardiaz, 1992). Logam-logam berat tersebut diketahui dapat berkumpul di dalam tubuh organisme, dan tetap tinggal dalam tubuh dalam jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Fardiaz, 1992; Palar, 1994).

Selain dalam tubuh organisme, logam berat juga dapat terakumulasi dalam padatan yang ada dalam perairan seperti sedimen. Sedimen adalah lapisan bawah yang melapisi sungai, danau, *reservoir*, teluk, muara, dan lautan. Pada umumnya logam-logam berat yang terdekomposisi pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi makhluk hidup perairan, tetapi oleh adanya pengaruh kondisi akuatik yang bersifat dinamis seperti perubahan pH, akan menyebabkan logam-logam yang terendapkan dalam sedimen terionisasi ke perairan. Hal inilah yang merupakan bahan pencemar dan akan memberikan sifat toksik terhadap organisme hidup bila ada dalam jumlah yang berlebih (Connel and Miller, 1995; Siaka, 1998).

Berkaitan dengan hal tersebut, maka banyak peneliti yang telah meneliti logam berat pada sedimen, baik yang berlokasi di sungai maupun di laut. Penelitian tentang logam berat pada sedimen di laut terutama dilakukan di sekitar daerah yang dicurigai sebagai tempat terakumulasinya logam berat (misalnya daerah di sekitar pelabuhan).

Dilihat dari keberadaan Pelabuhan Benoa sebagai pelabuhan internasional, maka setiap tahun aktivitasnya terus bertambah (dengan kunjungan kapal yang tertinggi dibandingkan dengan pelabuhan lainnya yang berada di Bali). Bahkan tahun ini Pelabuhan Benoa dengan luas 52 hektar telah dijadikan sebagai ajang kegiatan pelayaran, dimana

Pelabuhan Benoa tidak hanya digunakan sebagai tempat berlabuhnya kapal dagang dan kapal penangkap ikan, tetapi juga digunakan sebagai tempat pelaksanaan kegiatan marina. Hal ini mengindikasikan bahwa kemungkinan besar kandungan logam berat pada sedimen di Pelabuhan Benoa cukup tinggi (Indu, 2001).

Data menunjukkan besarnya kandungan logam berat pada sedimen di Pelabuhan Benoa, diperkuat oleh hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan oleh sejumlah peneliti. Yuli Santosa melaporkan bahwa konsentrasi logam Pb pada sedimen berkisar antara 12,496 – 21,804 ppm (Yuli Santosa, 2000). Selanjutnya Cahyadi menyatakan bahwa kandungan total logam Pb dalam sedimen sebesar 16,604 – 72,242 mg/kg dan untuk logam Cu 62,299 – 133,229 mg/kg (Cahyadi, 2000). Terakhir, Agustinawati melaporkan bahwa kandungan Pb dan Cu dalam ukuran sedimen yang berbeda-beda, berturut-turut : untuk ukuran sedimen <63  $\mu\text{m}$  konsentrasi Pb berkisar 21,364 – 53,012 mg/kg dan konsentrasi Cu berkisar 104,137- 132,816 mg/kg, sedangkan untuk ukuran partikel sedimen 88 - 63  $\mu\text{m}$  konsentrasi Pb dan Cu masing-masing berkisar 12,042 - 28,943 mg/kg dan 46,355 –196,359 mg/kg, pada sedimen yang berukuran 100 - 88  $\mu\text{m}$  konsentrasi Pb dan Cu masing-masing berkisar 2,231 – 8,692 mg/kg dan 33,635 - 50,470 mg/kg, untuk ukuran partikel sedimen 300 - 100  $\mu\text{m}$  konsentrasi Pb berkisar 1,496 – 39,953 mg/kg dan konsentrasi Cu berkisar 0,474 - 26,039 mg/kg, sedangkan sedimen yang berukuran >300  $\mu\text{m}$  memiliki konsentrasi Pb dan Cu masing-masing berkisar 0,760 mg/kg dan 0,153 – 9,242 mg/kg (Agustinawati, 2001). Kesemua laporan tentang kandungan logam Pb dan Cu di dalam sedimen pada Pelabuhan Benoa telah melebihi ambang batas (untuk Pb adalah 0,075 mg/L dan 0,06 mg/L untuk Cu) yang ditetapkan oleh Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup.

Akan tetapi, dari hasil-hasil penelitian tersebut belum ada yang menjelaskan mengenai korelasi antara kedalaman sedimen di Pelabuhan Benoa dan tingkat pencemaran logam berat Pb dan Cu. Oleh karena itu maka diperlukan penelitian lebih lanjut tentang hal tersebut.

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah sampel sedimen yang diambil secara acak di Pelabuhan Benoa. Disamping itu juga digunakan bahan-bahan kimia lainnya seperti :  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  yang semuanya pro-analisis dan akuades.

### Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk analisis adalah : Spektrofotometer Serapan Atom Varian model Spectra A-30.

### Cara Kerja

#### Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel dilakukan pada 5 lokasi secara acak di sekitar Pelabuhan Benoa, dengan pengambilan sedimen pada tiga kedalaman yaitu 0, 10, dan 20 cm (dari permukaan sedimen) (Siaka, 1998). Pengambilan sampel ini dilakukan dengan menggunakan pipa polietilen. Sebelum digunakan, pipa dan botol polietilen direndam dalam  $\text{HNO}_3$  10 % selama tidak kurang dari 24 jam, kemudian dibilas beberapa kali dengan air suling (Agustinawati, 2001; Cahyadi, 2000; Yuli Santosa, 2000; Siaka, 1998). Setelah pengambilan selesai sampel yang diperoleh dimasukkan ke dalam botol polietilen, didinginkan dengan es dan segera dibawa ke laboratorium (Agustinawati, 2001; Cahyadi, 2000; Siaka, 1998). Sampel disimpan dalam lemari es ( $4^\circ\text{C}$ ) sebelum diayak. Air laut juga diambil ditempat pengambilan sampel sedimen untuk membantu dalam proses pengayakan. Hal ini dilakukan untuk membuat kondisi sama seperti di tempat pengambilan sampel.

#### Perlakuan Sampel

##### Pengayakan sampel sedimen

Sedimen basah diayak dengan ayakan 63  $\mu\text{m}$  dengan bantuan air yang diambil dari tempat pengambilan sampel. Ayakan dilakukan terhadap sedimen basah dengan tujuan agar semua butiran sedimen yang lolos dari ayakan mencerminkan ukuran yang sebenarnya di alam. Ukuran  $\leq 63 \mu\text{m}$  dipilih karena pada ukuran tersebut lebih banyak mengikat senyawa-senyawa logam (Agustinawati, 2001; Birch and

Irvine, 1998; Siaka, 1998). Butiran sedimen yang bercampur dengan air laut (ukuran  $\leq 63 \mu\text{m}$ ) diendapkan selama paling sedikit 24 jam. Selanjutnya, cairan yang jernih didekantasi dan endapannya dikeringkan dalam oven pada suhu tidak lebih dari  $60^\circ\text{C}$  hingga diperoleh berat konstan (Agustinawati, 2001; Cahyadi, 2000; Yuli Santosa, 2000; Siaka, 1998).

Sedimen kering yang diperoleh digerus kemudian disimpan dalam botol kering sebelum dianalisis lebih lanjut (Agustinawati, 2001; Cahyadi, 2000; Yuli Santosa, 2000).

##### Penyiapan sampel

Ditimbang dengan teliti 2 gram sedimen kering dan dimasukkan ke dalam gelas piala, kemudian ditambahkan 20 mL campuran  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  (1:1) dan didestruksi selama 3 jam pada suhu  $120^\circ\text{C}$ . Hasil destruksi ini disaring dan filtratnya ditampung dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Filtrat ini kemudian diukur dengan AAS (Agustinawati, 2001; Cahyadi, 2000; Siaka, 1998).

#### Penentuan Kandungan Logam Pb dan Cu

##### Pembuatan kurva kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan cara mengukur absorbans dari sederetan konsentrasi larutan standar yang telah dibuat, kemudian dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara absorbans dengan konsentrasi larutan standar. Masing-masing larutan diukur absorbansnya pada  $\lambda = 217,0 \text{ nm}$  untuk Pb dan  $\lambda = 324,7 \text{ nm}$  untuk Cu (Agustinawati, 2001; Cahyadi, 2000; Yuli Santosa, 2000; Siaka, 1998).

##### Penentuan konsentrasi logam Pb dan Cu

Filtrat hasil destruksi diukur dengan AAS menggunakan lebar celah 1 nm untuk Pb dan 0,5 nm untuk Cu. Penentuan konsentrasi logam Pb dan Cu pada sampel dilakukan dengan teknik kurva kalibrasi yang berupa garis linier, sehingga dapat ditentukan konsentrasi sampel dari absorbansi yang terukur. Setelah konsentrasi pengukuran diketahui, maka konsentrasi sebenarnya dari Pb dan Cu dalam sampel kering dapat ditentukan dengan perhitungan :

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

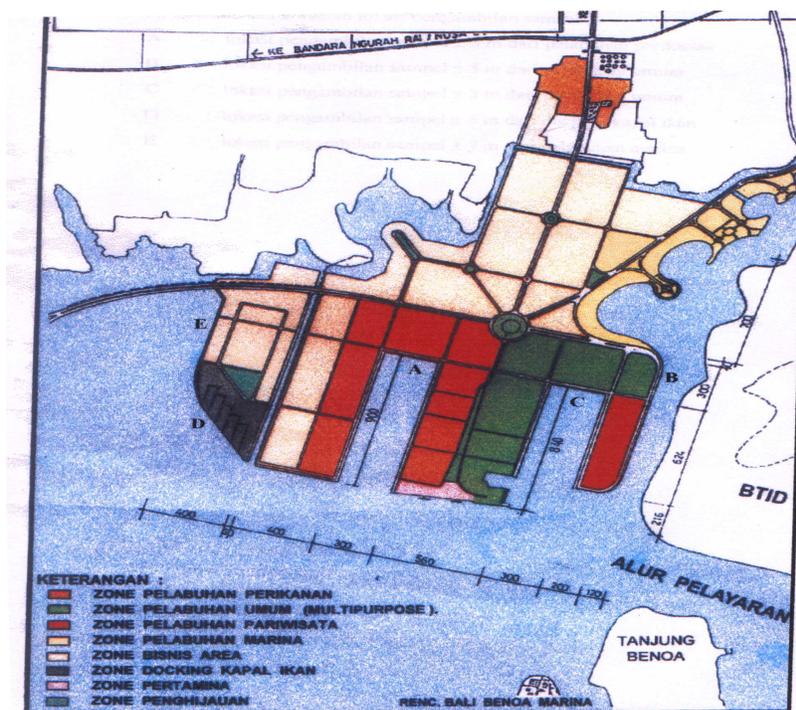
$$M = \frac{C.V.F}{B}$$

dimana :

- M : Konsentrasi logam (Pb atau Cu) dalam sampel (mg/kg),
- C : Konsentrasi yang diperoleh dari kurva kalibrasi (mg/L),
- V : Volume larutan sampel (mL),
- F : Faktor pengenceran, dan
- B : Bobot sampel (gram).

**Logam Berat Pb (timbal/timah hitam)**

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa sumber keragaman lokasi pengambilan sampel dan kedalaman sedimen berpengaruh sangat nyata ( $P > 0,01$ ) terhadap kandungan logam Pb (Tabel 1). Demikian juga sumber keragaman interaksi antara lokasi pengambilan sampel dan kedalaman sedimen mempunyai pengaruh yang sangat nyata ( $P > 0,01$ ).



Gambar 1. Peta Pelabuhan Benoa

Sedangkan sumber keragaman (kesalahan) ulangan berpengaruh tidak nyata, hal ini menandakan bahwa penelitian ini menghasilkan data dengan jarak ketelitian yang bagus.

Konsentrasi logam Pb pada lokasi A (sekitar 200 m sebelah utara dari zona pelabuhan

marina) menurun perlahan-lahan dengan semakin tebalnya lapisan sedimen (Gambar 2).

Pada lokasi B ( $\pm 100$  m sebelah utara dari zona pelabuhan marina) konsentrasi logam Pb antara permukaan (kedalaman 0 cm) dengan kedalaman 10 cm menunjukkan penurunan yang perlahan-lahan, tetapi antara kedalaman 10 cm sampai kedalaman 20 cm menunjukkan

penurunan konsentrasi yang cukup drastis. Sedangkan rata-rata kandungan logamnya mempunyai nilai yang lebih tinggi dibanding dengan lokasi A. Hal ini dikarenakan bahwa lokasi B lebih dekat dengan zona kegiatan marina dibandingkan dengan lokasi A.

Konsentrasi logam Pb pada lokasi C ( $\pm 10$  m sebelah utara dari zona pelabuhan marina) antara permukaan (kedalaman 0 cm) dengan kedalaman 10 cm menunjukkan penurunan yang relatif drastis, sedangkan antara kedalaman 10 dan 20 cm menunjukkan penurunan yang perlahan-lahan (Gambar 2). Lokasi ini mempunyai nilai rata-rata kandungan logam Pb terbesar di antara empat lokasi lainnya yaitu 16,66 mg/kg. Hal ini disebabkan karena, selain lokasi ini merupakan lokasi terdekat dengan kegiatan marina yang mana kapal induk selayaknya kapal lainnya juga menggunakan cat anti korosi yang pada umumnya mengandung Pb (Austin, 1984) dan dalam menjalankan aktivitasnya kegiatan marina ini menghabiskan bahan bakar solar  $\pm 5.000$  L/hari (dalam

menjalankan kapalnya) serta sebelum berangkat kapal tersebut harus dihidupkan di pelabuhan  $\pm 2$  jam. Selain hal tersebut, knalpot (pembuangan sisa gas hasil proses pembakaran bahan bakar) terletak di bawah kapal (di bawah permukaan air laut), sehingga gas buangnya langsung berinteraksi dengan air laut. Tingginya kandungan Pb pada lokasi ini juga disebabkan oleh adanya kegiatan selain kegiatan marina tersebut yaitu kegiatan transportasi dalam rangka pengangkutan pasir oleh truk-truk.

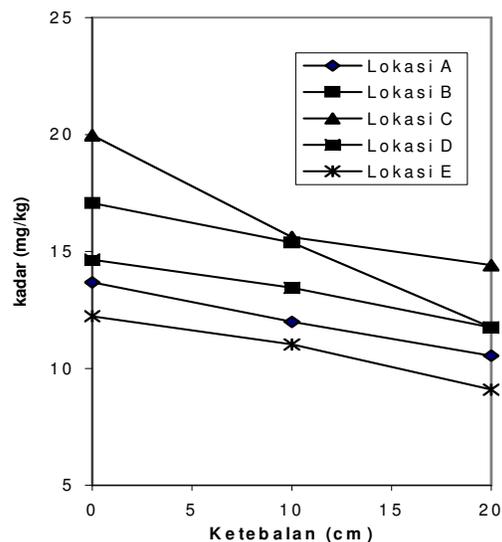
Lokasi C mempunyai kandungan logam Pb lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi A dan B (Tabel 1), karena lokasi C memang mempunyai jarak yang lebih dekat dengan zone marina dibandingkan dengan lokasi A dan B.

Pada lokasi D ( $\pm 10$  m sebelah utara dari docking kapal ikan) konsentrasi logam Pb mengalami penurunan perlahan-lahan yang relatif konstan dengan semakin tebalnya lapisan sedimen (Gambar 2).

Tabel 1. Nilai Rata-rata Kandungan Logam Pb (mg/kg) pada Berbagai Kedalaman Sedimen dari Masing-masing Lokasi

Kedalaman	Lokasi					Rata-rata
	A	B	C	D	E	
0 cm	13,68	17,07	19,97	14,65	12,23	15,52 a
10 cm	11,99	15,37	15,62	13,44	11,02	13,49 b
20 cm	10,54	11,75	14,41	11,75	9,09	11,51 c
Rata-rata	12,07	14,73	16,66	13,28	10,78	
	a	b	c	d	e	

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P>0,01$ ), berturut-turut lokasi a :  $\pm 200$  m, lokasi b :  $\pm 100$  m, dan lokasi c :  $\pm 10$  m sebelah utara dari zone pelabuhan marina ; sedangkan lokasi d dan e berturut-turut  $\pm 10$  m dan  $200$  m sebelah utara docking kapal ikan (Lihat Gambar 1)



Gambar 2. Logam Pb pada berbagai kedalaman sedimen dari masing-masing lokasi

Pola penyebaran konsentrasi logam Pb pada lokasi E ( $\pm 200$  m sebelah utara dari docking kapal ikan) menunjukkan pola yang sama dengan empat lokasi lainnya, yaitu mengalami penurunan konsentrasi logam dengan semakin tebalnya lapisan sedimen dari permukaan. Pada lokasi ini mempunyai nilai rata-rata kandungan logam Pb terkecil yaitu 10,78 mg/kg (Tabel 1). Hal ini disebabkan selain letak lokasi E yang lebih jauh dibandingkan dengan lokasi D, lokasi E juga mempunyai sumber pencemar Pb (docking kapal ikan) yang lebih kecil dibandingkan dengan pelabuhan marina (lokasi A, B, dan C) (disajikan pada Gambar 1).

#### Logam Berat Cu (tembaga)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa sumber keragaman lokasi pengambilan sampel dan kedalaman sedimen berpengaruh sangat nyata ( $P > 0,01$ ) terhadap kandungan logam Cu (Tabel 2). Demikian juga sumber keragaman interaksi antara lokasi pengambilan sampel dan kedalaman sedimen mempunyai pengaruh yang sangat nyata ( $P > 0,01$ ).

Sedangkan sumber keragaman (kesalahan) ulangan berpengaruh tidak nyata, hal ini menandakan bahwa penelitian

ini menghasilkan data dengan jarak ketelitian yang cukup bagus.

Konsentrasi logam Cu pada lokasi A ( $\pm 200$  m sebelah utara dari zone pelabuhan marina) menurun perlahan-lahan dengan semakin tebalnya lapisan sedimen (Gambar 3). Sedangkan kandungan logam Cu pada lokasi ini menunjukkan nilai terendah rata-rata 28,32 mg/kg (Tabel 2). Hal ini dikarenakan selain lokasi A mempunyai letak yang lebih jauh dibandingkan dengan lokasi B dan C, lokasi A juga mempunyai sumber pencemar Cu (pelabuhan marina) yang menghasilkan cemaran logam Cu lebih kecil dibandingkan dengan sumber pencemar docking kapal ikan (lokasi D dan E).

Pada lokasi B ( $\pm 100$  m sebelah utara dari zone pelabuhan marina) konsentrasi logam Cu mengalami penurunan perlahan-lahan. Sedangkan rata-rata kandungannya mempunyai nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi A, hal ini dikarenakan lokasi B lebih dekat dengan zone kegiatan marina dibandingkan dengan lokasi A.

Konsentrasi logam Cu pada lokasi C ( $\pm 10$  m sebelah utara dari zone pelabuhan marina) menunjukkan pola yang relatif sama

dengan pola pada lokasi B, tetapi kandungan logam Cu-nya lebih tinggi dibandingkan

dengan lokasi A dan B (karena letaknya lebih dekat dengan sumber pencemar).

Tabel 2 Nilai Rata-rata Kandungan Logam Cu (mg/kg) pada Berbagai Kedalaman Sedimen dari Masing-masing Lokasi Logam Pb (mg/kg) pada Berbagai Kedalaman Sedimen dari Masing-masing Lokasi

Kedalaman	Lokasi					Rata-rata
	A	B	C	D	E	
0 cm	29,69	32,57	37,83	41,12	38,08	35,85 a
10 cm	28,13	30,43	36,10	36,92	36,84	33,69 b
20 cm	27,15	27,56	33,64	36,68	36,10	32,22 c
Rata-rata	28,32	30,19	35,86	38,24	37,01	
	a	b	c	d	e	

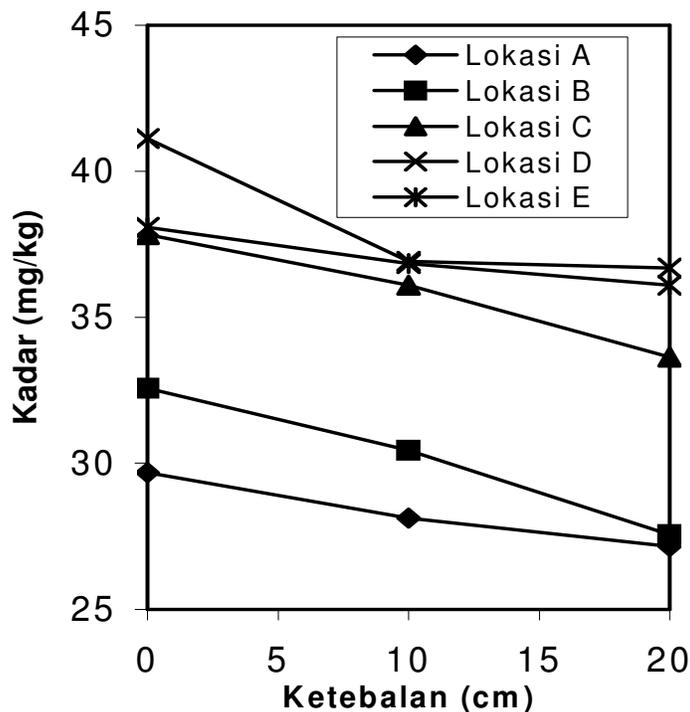
Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P>0,01$ ), berturut-turut lokasi a :  $\pm 200$  m, lokasi b :  $\pm 100$  m, dan lokasi c :  $\pm 10$  m sebelah utara dari zone pelabuhan marina ; sedangkan lokasi d dan e berturut-turut  $\pm 10$  m dan  $200$  m sebelah utara docking kapal ikan (Lihat Gambar 1)

Rata-rata kandungan logam Cu terbesar terdapat di Lokasi D ( $\pm 10$  m sebelah utara dari docking kapal ikan) yaitu  $38,24$  mg/kg (Tabel 2), karena lokasi ini mempunyai letak terdekat dengan docking kapal para nelayan yang mana banyak terbuat dari kayu (Cu banyak dipakai sebagai pengawet kayu (Palar, 1994 dan Connel, and Miller, 1995) dan cat *antifouling* (Austin, 1984). Terlihat dalam Gambar 3 bahwa penurunan konsentrasi logam Cu drastis antara kedalaman 0 cm ke 10 cm dan kemudian penurunan yang perlahan-lahan antara kedalaman 10 cm ke 20 cm.

Pola konsentrasi Cu pada lokasi E ( $\pm 200$  m sebelah utara dari docking kapal ikan) menunjukkan pola yang sama dengan keempat lokasi lainnya, yaitu mengalami penurunan konsentrasi logam Cu dengan semakin tebalnya lapisan sedimen dari

permukaan. Pada lokasi E ini mempunyai kandungan logam Cu yang lebih kecil dibandingkan dengan lokasi D, karena lokasi E mempunyai letak yang lebih jauh dari sumber pencemarnya.

Perbedaan konsentrasi dari logam Pb dan Cu ini dipengaruhi oleh perbedaan aktivitas manusia dan proses alam seperti banjir, kekeringan dan temperatur (Namminga and Wilhm, 1977). Bahkan Namminga dan Wilhm menemukan bahwa konsentrasi logam berat dalam sedimen pada umumnya lebih besar di musim panas daripada musim dingin. Temperatur yang tinggi pada musim panas mungkin menghasilkan peningkatan pada aktivitas mikrobial dalam sedimen yang nantinya akan menghasilkan peningkatan akumulasi logam (Namminga and Wilhm, 1977).



Gambar 3 Logam cu pada berbagai kedalaman sedimen dari masing-masing lokasi

Pola penyebaran logam Pb dan Cu pada berbagai kedalaman sedimen di beberapa lokasi di Pelabuhan Benoa (lokasi A, B, C, D, dan E) menunjukkan persamaan. Hal ini terlihat dalam Tabel 1 dan 2, baik kandungan logam Pb maupun Cu mengalami penurunan sebanding dengan kenaikan kedalaman sedimen di masing-masing lokasi (perbedaannya sangat nyata). Konsentrasi paling besar ditemukan pada permukaan sedimen (Kedalaman 0 cm). Hal ini mungkin disebabkan karena logam yang ada pada permukaan sedimen merupakan logam yang terakumulasi relatif baru sebelum pengambilan sampel dilaksanakan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa pada sedimen semakin ke bawah dari permukaannya mempunyai

kandungan logam berat yang semakin kecil (Batley, 1987; Siaka, 1998).

### SIMPULAN DAN SARAN

#### Simpulan

Adapun simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Ada korelasi yang positif antara konsentrasi logam berat Pb dan Cu dengan kedalaman sedimen, dimana pada umumnya kandungan logam Pb dan Cu berkurang dengan semakin tebalnya lapisan sedimen.
2. Untuk kedalaman sedimen 0 cm (permukaan), konsentrasi Pb rata-rata 15,52 mg/kg dan konsentrasi Cu rata-rata 35,85 mg/kg, sedangkan untuk kedalaman sedimen 10 cm konsentrasi rata-rata Pb dan Cu masing-masing 13,49 mg/kg dan 33,69 mg/kg. Pada sedimen dengan kedalaman 20

cm konsentrasi rata-rata Pb dan Cu masing-masing 11,51 mg/kg dan 32,22mg/kg (Tabel 1 dan 2).

3. Lokasi A, B, dan C dengan sumber pencemar pelabuhan marina mempunyai kandungan logam Pb yang lebih besar dibandingkan dengan lokasi D dan E dengan sumber pencemar docking ikan, sedangkan pada logam Cu lokasi dengan sumber pencemar pelabuhan marina mempunyai kandungan yang lebih rendah dibandingkan dengan lokasi dengan sumber pencemar docking ikan.
4. Dari penelitian ini juga dapat diketahui bahwa semakin jauh dari sumber pencemar, maka kandungan logam Pb dan Cu semakin mengecil.

#### Saran

Ada dua hal yang dapat disarankan dari penelitian ini :

1. Perlunya penelitian lebih lanjut mengenai korelasi logam-logam berat lainnya (misalnya : Hg, As, Cd, dan sebagainya) dengan kedalaman sedimen.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai laju sedimentasi di Pelabuhan Benoa, agar nantinya dapat memprediksi sejak kapan terjadinya proses pengakumulasi logam berat tersebut.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui kesempatan ini penulis menyampaikan banyak-banyak terimakasih kepada : Irdhawati, S.Si., M.Si. dan Khairul Anwar yang telah membantu dalam penelitian ini, serta Pihak Pelabuhan Benoa yang telah mengizinkan dalam pengambilan sampel sedimen.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agustinawati, N. L. P., 2001, Distribusi Logam Pb dan Cu Pada Berbagai Ukuran Partikel Sedimen di Pelabuhan Benoa, *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA, UNUD, Denpasar
- Austin, G. T., 1984, *Shreve's Chemical Process Industries*, Fifth Edition, Mc Graw-Hill Book Company, New York
- Batley, G. E., 1987, *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 591 – 605
- Birch, G. F. and Irvine, 1998, *Distribution of heavy Metal in Surficial Sediments of Port Jackson, Sidney, New South Wales*, Australia
- Cahyadi, A. G., 2000, Bioavailabilitas dan Spesiasi Logam Pb dan Cu pada Sedimen di Pelabuhan Benoa, *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA UNUD, Denpasar
- Connel, W. D. and G. J. Miller, 1995, *Chemistry and Ecology of Pollution*, a.b. Y. Koestoer, Penerbit UI Press, Jakarta
- Fardiaz, S., 1992, *Polusi Air dan Udara*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- Graha, D. S., 1987, *Batuan dan Mineral*, Penerbit Nova, Bandung
- Haryono, S., T. Subowo, dan A. Sunjaya, 1989, *Laporan Penelitian Monitoring Logam Berat di Perairan Pantai Semarang 1988 - 1989*, LIPI – Semarang
- Hutagalung, H. P., 1980, Mengenal AAS, *Perwarta Oseana*, Th. UI, No.3, Lembaga Oseanologi Indonesia – LIPI, Jakarta
- Indu, 2001, Benoa Potensial Jadi Pelabuhan Bisnis, *Bali Post* 29 Mei 2001, Denpasar
- Manahan, S. E., 1994, *Environmental Chemistry*, Sixth Edition, Lewis Publishers, United State of America
- Namminga, H. and J. Wilhm, Juli 1977, *Journal WPCF*, 1725 – 1730
- Nur, M. A. dan H. Adijuwana, 1989, *Teknik Spektroskopi dalam Analisis Biologis*, IPB, Bogor
- Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta
- Pun., 2000, Keracunan Timbal Bisa Melumpuhkan *Kompas*, 18 November 2000, Jakarta

- Sadiq, M., 1992, *Toxic Metal Chemistry in Marine Environments*, Marcel Dekker Inc, New York
- Yuli Santosa, K., 2000, Kandungan Logam Timbal (Pb) dalam Air Laut, Sedimen, dan Ikan Lemuru (*sardinella Longiceps*) di Pelabuhan Benoa, *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA, UNUD, Denpasar
- Siaka, M. I, 1998, The Application of Atomic Absorption Spectroscopy to the Determination of Selected Trace Element in Sedimen of the Coxs River Catchment, *Thesis*, Departement of Chemistry, Faculty of Science and Technology, University of Western Sydney Nepean
- Sugandi, E. dan Sugiarto, 1993, *Rancangan Percobaan*, Penerbit Andi Offset Yogyakarta, Yogyakarta.
- Wein, H. E. M., 1991, *Metal and Their Compuonds in Environment*, Cambridge
- Zainudin, M., Aminudin, P., dan Soegianto, 1986, *Atomic Absorption Spektrofotometer*, Paket A – AAS, Analisa Kimia Instrumen, Fak. Farmasi, UNAIR, Surabaya