

## SEBARAN LOGAM B3 DALAM CUPLIKAN INDIKATOR LINGKUNGAN (AIR, SEDIMEN, BIOTA KANGKUNG) TERESTRIAL MURIA

J. Djati Pramana dan Sukirno

P3TM – BATAN

### ABSTRAK

*SEBARAN LOGAM B3 DALAM CUPLIKAN INDIKATOR LINGKUNGAN (AIR, SEDIMEN DAN BIOTA KANGKUNG) TERESTRIAL MURIA. Telah dilakukan analisis kandungan logam B3 dalam air sungai, tumbuhan kangkung (*Ipomea reptans poir*) dan sedimen sungai dari lima lokasi sampling sungai di daerah Semenanjung Muria dengan metoda AAN Instrumental. Metode sampling, preparasi maupun analisis cuplikan mengikuti prosedur baku analisis lingkungan. Mengacu syarat baku mutu air golongan C maupun baku mutu air golongan D, cuplikan dari kelima lokasi sampling belum melampaui kadar Cd dan Co maksimum yang diijinkan. Tinjauan data menggunakan aplikasi statistik SPSS 10,0, dari harga korelasi Pearson ( $r$ ) menunjukkan bahwa antara konsentrasi Cd dan Cr dalam ketiga indikator menunjukkan korelasi positif signifikan tinggi ( $r = 0,929$ ). Korelasi konsentrasi antara Co dan Cr positif cukup tinggi ( $r = 0,778$ ), dan juga Fe terhadap Sb ( $r = 0,777$ ), sedangkan Cd terhadap Co menunjukkan signifikansi rendah ( $r = 0,565$ )*

*Kata kunci : logam B3, pemantauan lingkungan*

### ABSTRACT

*DISTRIBUTION OF HAZARDOUS METALS IN THE ENVIRONMENTAL INDICATOR SAMPLES (WATER, RIVER SEDIMENT AND KANGKUNG PLANT) OF MURIA TERESTRIAL. Analysis of hazardous metals in the water, kangkung plant (*Ipomea reptans poir*) and river sediment of five rivers sampling location at Muria peninsula region by NAA Instrumental method has been done. The method of sampling, preparation as well as analysis method followed the standard procedure for environmental analysis. Referring to the water quality standard of the group C as well as of group D, the samples the five river sampling location were under permissible of Cd and Cr concentrations. From the observed data by SPSS 10,0 application of the Pearson correlation ( $r$ ) shows that between Cd and Cr concentrations from the three indicators show a highly positive significant correlation ( $r = 0,929$ ). Correlation of concentrations between Co and Cr was sufficiently positive high ( $r = 0,778$ ), and Fe to Sb as well ( $r = 0,777$ ). while Cd to Co shows the significantly low ( $r = 0,565$ ).*

*Keyword : hazardous metal, environmental monitoring*

### PENDAHULUAN

Di negara-negara berkembang dalam membangun industri maupun meembangkan industri yang telah ada dalam kenyataannya cenderung kurang mengindahkan pengendalian dampak pencemaran terhadap kelestarian lingkungan. Bidang-bidang lain yang berdampak serupa dapat terjadi pada kegiatan pertanian dalam penggunaan pestisida, pembangkit tenaga listrik, transportasi, industri nuklir, limbah rumah sakit sampai limbah domestik yang secara kumulatif dapat berdampak terhadap kualitas lingkungan lokal bahkan global. Perjalanan pencemar, biasanya polutan terbawa melewati aliran sungai dari hulu yang terbawa arus menuju muara dan terkonsentrasi pada muara sungai<sup>1,2</sup>.

Berpijak pada kepentingan bersama untuk mengupayakan kualitas lingkungan, dipandang perlu untuk dilakukan pemantauan lingkungan pada daerah calon tapak PLTN yang menurut rencana akan didirikan di Semenanjung Muria. Sementara itu saat ini telah dioperasikan PLTU di Tanjung Jati B, Tubanan. Dengan demikian kegiatan pemantauan ini diharapkan dapat memberi kontribusi sebagai bagian data rona awal yang meliputi kegiatan monitoring dan pengumpulan data khususnya tentang sebaran logam berat beracun berbahaya (B3) dalam indikator lingkungan air, sedimen dan biota kangkung. Ketiga indikator tersebut telah ditetapkan sebagai indikator alternatif tingkat pencemaran lingkungan perairan sungai daerah perairan pantai.

Dipandang dari aspek geografis perairan Semenanjung Muria terletak di antara dua kawasan industri. Sebelah barat kota Semarang dan sebelah timur kawasan Gresik dengan pabrik semen, petrokimia, serta industri besar lainnya. Pelepasan polutan dari kegiatan industri dapat sebagai senyawa kimia ke atmosfer, dapat terlarut bersama air hujan menuju aliran sungai ataupun air jatuhnya dan akan terakumulasi pada perairan pantai. Polutan dapat menyebar ke lingkungan dalam bentuk anorganik, organik maupun senyawa logam-organik dan selanjutnya dapat berinteraksi dengan media bila masuk ke lingkungan<sup>2)</sup>.

Menurut Palar<sup>1)</sup> logam B3 adalah logam-logam yang mempunyai respons biokimia spesifik pada organisme hidup. Biasanya memiliki nomor atom 22 – 34, 40 – 50 ataupun unsur-unsur lantanida dan aktinida serta mempunyai spesifik gravitasi > 4. Dalam konsentrasi rendah unsur logam berat dapat bersifat sebagai zat esensial tubuh, tetapi dalam jumlah berlebihan dapat bersifat racun. Dalam badan perairan logam-logam pada umumnya berada dalam bentuk ion-ion, baik sebagai pasangan ion ataupun dalam bentuk ion-ion tunggal. Ion-ion dapat berbentuk ion-ion bebas, pasangan ion organik, ion-ion kompleks dan bentuk-bentuk ion lainnya. Interaksi antara ion-ion logam dengan spesi kimia berbeda dalam badan perairan dikarenakan dapat terjadi reaksi hidrolisis, pengompleksan dan reaksi redoks.

Penggunaan bioindikator dalam ekosistem akuatik seperti tanaman air, makro algae, ikan dan kerang sangat efektif untuk menentukan tingkat polusi logam-logam berbahaya termasuk didalamnya logam kelumit. Dengan menentukan konsentrasi unsur polutan dalam cuplikan bioindikator perairan pantai/sungai dapat diperkirakan tingkat pencemaran yang terjadi dalam periode atau rentang waktu tertentu. Disamping itu dari data yang diperoleh ada peluang untuk dilakukan prediksi ada atau tidak adanya korelasi antara beberapa macam indikator alternatif yang dipilih dalam kaitannya dengan rantai kehidupannya. Tumbuhan kangkung dipilih sebagai salah satu bioindikator yang dipersyaratkan oleh Roosbach<sup>4)</sup>, yaitu mudah untuk mengumpulkannya, mudah diperoleh dan mencerminkan bagian yang dapat mewakili ekosistem yang sedang dipantau. Tumbuhan kangkung adalah salah satu bioindikator yang telah ditetapkan dalam deservikasi bioindikator yang dikembangkan di Indonesia, juga sebagai tanaman yang dibudidayakan, Karena itu dipandang sebagai *pathway* yang dekat dengan kehidupan manusia. Bioindikator adalah organisme atau populasi

organisme dimana dalam kelangsungan hidupnya memiliki daya tahan serta memberikan perubahan respons akibat dampak dari perubahan kondisi lingkungannya. Sebagai jenis indikator *organism monitoring* dapat mengindikasikan akumulasi logam-logam dan dapat ditentukan komposisi kimia dari spesies unsur yang ditinjau. Ditinjau dari aspek perpindahan massa polutan, khususnya konsentrtasi logam B3 yang ditinjau dalam air sungai sedimen dan tumbuhan kangkung diasumsikan mempunyai korelasi yang signifikan. Hal ini dapat dilakukan menggunakan pendekatan statistik, menggunakan aplikasi statistik program SPSS 10.0

Teknik analisis menggunakan teknik nuklir telah memberikan sumbangan terhadap penentuan unsur dalam cuplikan lingkungan. Leddicotte et al<sup>5)</sup> dan Grimanis<sup>5)</sup> mengemukakan bahwa metode analisis unsur menggunakan teknik aktivasi neutron terutama dalam penentuan unsur kelumit, saat ini terus berkembang dan terbukti dapat diterapkan dalam berbagai tujuan.. Analisis kualitatif ditentukan oleh tenaga spesifik dari nuklida hasil aktivasi. Penentuan secara kualitatif dengan teknik AAN Instrumental dilakukan secara relatif dengan memeperbandingkan laju cacah cuplikan terhadap laju cacah standar. Secara sederhana ditunjukkan oleh persamaan di bawah ini :

$$W_{\text{cupl}} = \frac{(C_{\text{ps o}})_{\text{cupl}}}{(C_{\text{ps o}})_{\text{std}}} \times W_{\text{std}} \quad (1)$$

$W$  = kadar unsur yang diperhatikan

$C_{\text{ps o}}$  = laju cacah saat keluar reaktor

Uji akurasi dilakukan dan dinyatakan dalam % akurasi

$$\text{Akurasi} = \frac{(K_u - K_s)}{K_s} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana

$K_u$  = kadar terukur

$K_s$  = kadar sertifikat.

## TATA KERJA

### Bahan

Cuplikan lingkungan air sungai, sedimen dan tanaman kangkung sampling 19 Agustus 2004 dari lima lokasi sampling yaitu sungai Suru, Balong, Wareng, Kancilan, dan muara Gelis. Sumber standar multigamma <sup>152</sup>Eu. Standar primer SRM 2704 Buffalo River Sediment, standar sekunder buatan Fisher.

### Peralatan

Peralatan sampling, Unit spektrometer  $\gamma$  detektor GeLi dengan sistem pengolah data program Maestro II, timbangan Sartorius,

fasilitas irradiasi neutron Lazy Susan Reaktor Kartini dengan fluks neutron  $5,85 \cdot 10^{10} \text{ n.cm}^{-2} \cdot \text{det}^{-1}$ , kontainer timbal, vial polyetilen dan peralatan gelas.

### Cara Kerja

#### Preparasi cuplikan

Pengambilan cuplikan untuk maksud pemantauan pencemaran diambil secara periodik dan berkesinambungan. Pada kesempatan ini cuplikan diambil dari daerah penelitian pada bulan Agustus tahun 2004 dari lima titik sampling yang sama dan telah ditentukan dengan beberapa pertimbangan, sehingga dianggap representasi daerah perairan sungai Semenanjung Muria pada periode tahun ybs.

Metode sampling sampai preparasi setiap jenis cuplikan mengikuti prosedur baku EMSB (*Environmental Monitoring Speciment Bank*). Preparasi air di laboratorium meliputi penyaringan, diikuti proses pemekatan/penguapan dengan pemanasan. Sedangkan cuplikan tanaman kangkung, dari penyimpanan sementara dalam freezer, dibersihkan, kemudian dilakukan penggerusan dalam suasana  $\text{N}_2$  cair, selanjutnya dikeringkan menggunakan alat pengering lampu pemanas. Setelah halus digerus kembali dan diayak menggunakan ayakan Tyler lolos 100 mesh. Sedangkan untuk preparasi sedimen, pengeringan sedimen basah dengan penguapan diangin-anginkan sampai keadaan kering. Setelah cuplikan kering dilakukan homogenisasi

dengan penggerusan dan pengayakan menggunakan ayakan Tyler lolos 100 mesh. Cuplikan padat dan standar dengan berat masing-masing 0,1 gram dan cuplikan air 0,2 ml masing-masing dimasukkan ke dalam vial polyetilen siap diradiasi bersama standar primer dan standar sekunder.

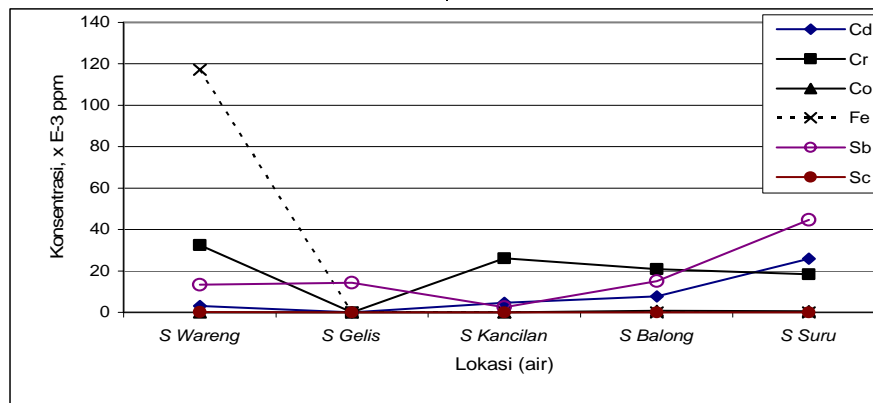
#### Iradiasi cuplikan

Cuplikan bersama standar diiradiasi bersama dalam satu kelongsong untuk mengeliminir pengaruh perbedaan fluks dari masing-masing nomor lubang irradiasi. Radiasi selama 12 jam dalam fasilitas irradiasi Lazy Susan Reaktor Kartini. Lama pendinginan disesuaikan dengan umur paro masing-masing unsur yang ditinjau. Pencacahan radioaktivitas imbas dilakukan menggunakan spektrometer  $\gamma$  dengan detektor GeLi buatan EG & G ORTEC dengan waktu cacah 600 detik.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada periode sampling Agustus 2004 dapat ditentukan unsur-unsur Hg, Cd, Sb, Cr, Sc, Fe dan Co. Secara umum kandungan logam Hg dan Cd tidak terdeteksi pada cuplikan air maupun cuplikan sedimen. namun demikian kedua unsur logam berat beracun tersebut terdeteksi pada cuplikan biota kangkung. Hal ini dapat disimak dari tiga histogram di bawah.

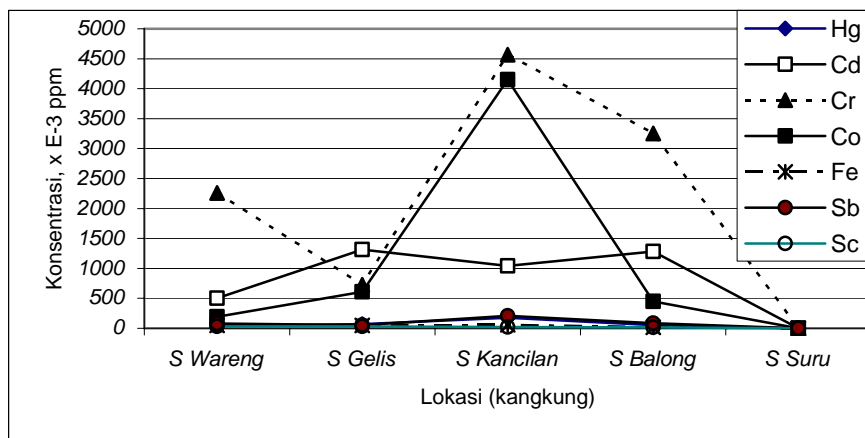
Dari gambar perbandingan konsentrasi logam teridentifikasi dalam cuplikan



Gambar 1. Hubungan konsentrasi logam dalam indikator air berbagai lokasi air sungai.

Gambar 1, terlihat bahwa konsentrasi Cd tertinggi pada lokasi sampling sungai Balong dengan konsentrasi  $(0,00783 \pm 0,00277) \mu\text{g/g}$ , Logam Sb pada lokasi sungai Suru sebesar  $(0,04466 \pm 0,01633) \mu\text{g/g}$ , logam Cr, Sc dan Fe pada air sungai Wareng masing-masing  $(0,03252$

$\pm 0,00531) \mu\text{g/g}$ ,  $(0,00021 \pm 0,00011) \mu\text{g/g}$ , dan  $(0,11723 \pm 0,05339) \mu\text{g/g}$ , sedangkan konsentrasi Co pada lokasi sungai Balong sebesar  $0,00075 \mu\text{g/g}$ . Konsentrasi Hg tidak terdeteksi dari kelima lokasi sampling.

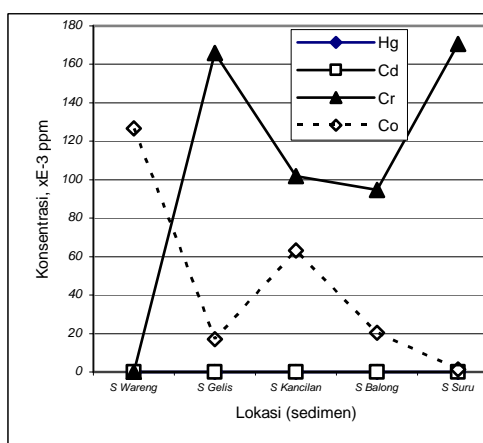
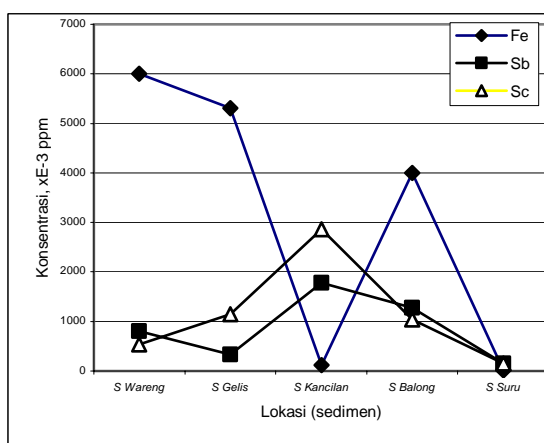


Gambar 2. Hubungan konsentrasi logam dalam biota kangkung berbagai lokasi

Dari gambar perbandingan konsentrasi logam teridentifikasi dalam biota kangkung (Gambar 2), terlihat bahwa konsentrasi Hg tertinggi pada lokasi sampling sungai Kancilan dengan konsentrasii  $(0,17586 \pm 0,0699) \mu\text{g/g}$ , logam Cd pada lokasi sungai Gelis sebesar  $(1,31646 \pm 0,80544) \mu\text{g/g}$ , logam Sb pada lokasi sungai Balong sebesar  $(0,8396 \pm 0,0343) \mu\text{g/g}$ , logam Cr tertinggi pada lokasi sampling sungai  $(4,56843 \pm 1,4075) \mu\text{g/g}$  logam Sc pada ssmpling sungai Gelis  $(0,03223 \pm 0,01322) \mu\text{g/g}$ , logam Fe sungai Kancilan sebesar  $(0,05776 \pm 0,00272) \mu\text{g/g}$ , sedangkan untuk logam Co pada sungai Kancilan juga sebesar  $(4,1493 \pm 0,32696) \mu\text{g/g}$ .

Sebagai catatan pada lokasi sampling sungai Suru tidak diperoleh indikator biota kangkung.

Untuk indikator sedimen (Gambar 3) diperoleh data konsentrasi logam Sb tertinggi pada lokasi sampling sungai Balong sebesar  $(1,27102 \pm 0,07909) \mu\text{g/g}$ , logam Cr pada lokasi sungai Susr sebesar  $(0,17068 \pm 0,03301) \mu\text{g/g}$ , logam Sc pada sungai Kancilan sebesar  $(2,86744 \pm 0,16588) \mu\text{g/g}$ , Logam Fe pada sungai Wareng sebesar  $(6,00066 \pm 0,21723) \mu\text{g/g}$ , sedangkan untuk logam Co pada lokasi sampling sungai Wareng juga sebesar  $(0,12675 \pm 0,00066) \mu\text{g/g}$ . Konsentrasi Hg dan Cd untuk kelima lokasi sampling tidak teramati.



Gambar 3. Hubungan konsentrasi logam dalam indikator sediment berbagai lokasi

Dari hasil uji validasi kelima logam teridentifikasi memberikan presisi dan akurasi dalam rentang yang memenuhi syarat. Data

pengujian akurasi menggunakan standar primer SRM-2704 Buffalo River Sedimen diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Analisis Unsur Cr, Cd, Co, Fe dan Sb dalam SRM-2704 Buffalo River Sediment

No.	Unsur	Kadar rata-rata (mg/kg)		Akurasi, (%)
		Sertifikat (Cs)	Hasil ukur (Cu)	
1	Cr	135 ± 5	144 ± 2,2	6.67
2	Cd	3.45 ± 0.22	2,75 ± 0.12	20,28
3	Co	14 ± 0.6	12,28 ± 0.98	12,28
4	Fe	41 100 ± 10	43 260 ± 14	5.26
5	Sb	3.79 ± 0,15	4.07 ± 0.02	7.38

Menurut Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. Kep-02/MEN KLH/I/1998 tentang baku mutu air Golongan C, ditinjau konsentrasi logam berat Cd pada air sungai dari kelima lokasi sampling masih berada di bawah kadar maksimum yang diperkenankan sebesar 0,01 µg/ml. Sedangkan pada baku mutu air golongan D (air pertanian, perkotaan, industri dan industri tenaga air) kadar logam Cd dan Co dalam air sungai kelima sungai tersebut juga belum melampaui kadar maksimum yang diperkenankan yaitu 0,01 µg/ml untuk Cd dan 0,2 µg/ml untuk Co. Kandungan logam berat pada suatu perairan ataupun badan sungai akan selalu berubah-ubah. Hal ini disebabkan kondisi air sungai yang bersifat labil yang sangat dipengaruhi oleh adanya pergerakan arus, tinggi curah hujan, suhu, pH dan perubahan kondisi lingkungan yang dipengaruhi oleh masuknya polutan ke badan air sungai.

Dari data yang diperoleh, didasarkan pada fenomena transfer massa logam-logam yang ditinjau dapat dilakukan prediksi korelasi antar konsentrasi logam-logam tersebut dalam indikator yang ditinjau. Transfer massa logam sebagai polutan dari air sungai – mengendap dan terikat melalui proses adsorpsi pada permukaan partikel-partikel, terendapkan bersama dalam sedimen kemudian akan diserap oleh tumbuhan kangkung. Sebagai tumbuhan, kangkung hidup sangat dipengaruhi oleh lingkungannya. Lingkungan di sini diartikan sebagai media atau areal setempat yang didalamnya terdapat suatu ekosistem yang saling berkorelasi. Oleh karena itu bila dipandang mata rantai ekosistem air sungai - sedimen - tumbuhan kangkung pada daerah tertentu dapat diprediksi tingkat korelasinya dengan meninjau kandungan logam atau unsur tertentu dari ketiga indikator lingkungan tersebut. Logam berat akan diserap oleh tumbuhan kangkung bersama unsur hara dan terakumulasi pada akar, batang maupun

daun. Dengan asumsi ini maka dapat diprediksi korelasi antara variabel maupun faktor variabel yang terlibat.

Korelasi antara kandungan logam B3 dalam air sungai, kangkung dan sedimen sungai sebagai satu mata rantai rangkaian pencemaran dapat diinterpretasikan menggunakan pendekatan statistik. Sebagai variabel bebas dipilih jenis indikator yaitu air sungai, tumbuhan kangkung dan sedimen. Variabel kedua adalah lokasi yang meliputi ke lima lokasi sampling, sedangkan variabel terikat adalah hasil penentuan konsentrasi logam B3 dalam masing-masing cuplikan.

Pendekatan statistik dilakukan dengan menggunakan aplikasi program *SPSS-10 for Windows* untuk memperoleh interpretasi korelasi antar variabel dari nilai *r* (koefisien korelasi).

Menurut Sutrisnohadi<sup>9)</sup>, ukuran korelasi konservatif diklasifikasikan sebagai interpretasi korelasi tinggi, cukup, agak rendah, rendah dan sangat rendah/ tak berkorelasi dari nilai *r*. Dari output data program aplikasi *SPSS 10,0* diperoleh harga *r* (korelasi Pearson). Selanjutnya dari harga *r* dapat diprediksi signifikansi/tingkat makna korelasi antar variabel yang ditinjau.

Dari Tabel 1, terlihat bahwa korelasi konsentrasi logam Cd terhadap Cr, konsentrasi logam Co terhadap Cr, konsentrasi logam Fe terhadap Sb dan konsentrasi logam Cd terhadap Co mempunyai korelasi positif. Keadaan berkorelasi positif ini memberikan prediksi bahwa bila konsentrasi salah satu logam naik, misalkan dengan kenaikan konsentrasi logam Cd di dalam air sungai maka akan diikuti oleh kenaikan konsentrasi logam Cd dalam sedimen dan biota kangkung pada lokasi yang ditinjau. Selanjutnya karena ada korelasi positif terhadap logam lain dalam hal ini logam Cr, maka logam Cr tersebut juga akan meningkat konsentrasinya sesuai dengan tingkat signifikansi korelasinya. Untuk korelasi logam Cd terhadap Cr

ditunjukkan dengan harga  $r = 0,929$ , berarti mempunyai korelasi signifikan positif tinggi. Sedangkan untuk korelasi antara konsentrasi logam Co dan Cr signifikan positif cukup tinggi ( $r$

$= 0,778$ ), konsentrasi Fe terhadap Sb juga signifikan cukup tinggi ( $r = 0,777$ , sedangkan konsentrasi Cd terhadap Co menunjukkan signifikansi rendah ( $r = 0,565$ ).

**Tabel 1. Output data korelasi antara kandungan logam dalam indikator**

**Correlation**

	Y1=KonCd	Y2=KonCr	Y3=KonCo	Y4=KonFe	Y5=KonSb
Y1=KonCd Pearson Correlation	1,000	,929**	,565*	-,280	-,187
Sig. (2-tailed)	,	,000	,028	,311	,504
N	15	15	15	15	15
Y2=KonCr Pearson Correlation	,929**	1,000	,778**	-,271	-,151
Sig. (2-tailed)	,000	,	,001	,328	,591
N	15	15	15	15	15
Y3=KonCo Pearson Correlation	,565*	,778**	1,000	,148	-,024
Sig. (2-tailed)	,028	,001	,	,600	,932
N	15	15	15	15	15
Y4=KonFe Pearson Correlation	-,280	-,271	-,148	1,000	,777**
Sig. (2-tailed)	,311	,328	,600	,	,001
N	15	15	15	15	15
Y5=KonSb Pearson Correlation	-,187	-,151	,024	,777**	1,000
Sig. (2-tailed)	,504	,496	,932	,001	,
N	15	15	15	15	15

\*\* Correlation is significant at the 0.001 level (2-tailed)

\* Correlation is significant at the 0,05 level (2-tailed)

**KESIMPULAN**

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan dengan membandingkan histogram konsentrasi kandungan logam B3 Cd, Cr, Co, Fe dan Sb, konsentrasi tertinggi terdistribusikan secara acak. Konsentrasi tertinggi untuk cuplikan air sungai secara umum terdapat pada cuplikan dari lokasi sampling sungai Wareng, namun demikian masih berada di bawah batas konsentrasi logam Cd dan Cr yang dipersyaratkan sebagai air golongan C dan D. Pengamatan lebih lanjut untuk mempelajari fenomena transfer masa logam teridentifikasi dari air sungai – sedimen – kangkung ternyata memberikan kenyataan bahwa konsentrasi beberapa logam dalam indikator mempunyai korelasi terhadap konsentrasi logam lain dalam indikator lain pada lokasi yang sama dengan tingkat signifikansi bervariasi dari tidak berkorelasi sampai korelasi positif signifikan tinggi.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. PALAR H, Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat, *Rineka Cipta, Jakarta (1994)*.
2. SOEMARWOTO O, Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan, *Penerbit Djambatan, Edisi ke-dua (1985)*
3. MUNN RE, Environmental Impact Assesment, Principles and Procedure, *Institute*

- for Environmental Studies, The University of Toronto, John Willey & Sons (1977)*
4. ROOSBACH M, Bioindicators from Terrestrial Ecosystem for Environmental Monitoring, *Proceeding of Indonesia-German Symposium on Environmental Monitoring and Specimens Bank, Yogyakarta 12 - 13 Dec, hal 67 - 80. (1995)*
  5. LEDDICOTTE, G.W, et al., The Use of Neutron Activation Analisis in Analytical Chemistry., USA, (1958)
  6. GRIMANIS, A.P., "Neutron Activation Analysis In Greece", Significance and Impact of Nuclear Research In Developing Countries., IAEA, VIENNA, (1987)
  7. SCHLADOT JD, Monitoring and Sampling of Adequate Biological Samples for Environmental Specimens Bank (ESB) Purpose, *Proceeding of Indonesia-German Symposium on Environmental Monitoring and Specimen Bank, Yogyakarta 12 – 13 Dec. hal. 37 -46 (1995)*
  8. OPTASPCZUK P, Biological Indicators in Aquatic Ecosystem, *Proceeding of Indonesia-German Symposium on Environmental Monitoring and Specimens Bank, Yogyakarta 12 13 Dec. hal. 55 – 66 (1995)*
  9. SUTRISNOHADI, Metodologi Research jilid 3, *Andi Offset Yogyakarta (2000)*

10. SANTOSO S, SPSS Pengolahan Data Statistik Secara Profesional, *PT Elex Media Komputindo, Jakarta (1999)*

11. SUSETYO W, Spektrometer Gamma, *Gama Press Yogyakarta (1988.)*

#### LAMPIRAN

**Tabel 3. Data editor untuk penentuan koefisien korelasi Pearson dengan dua variabel bebas lokasi dan indikator, variabel terikat konsentrasi logam teridentifikasi.**

No.	X1=indikator	X2=lokasi	Y1=KonCd	Y2=KonCr	Y3=KonCo	Y4=KonFe	Y5=KonSb
1	airsungai	s.wareng	,003290	,032520	,000000	,117230	,013360
2	kangkung	s.wareng	,499880	2,257260	,192760	,048120	,080570
3	sedimen	s.wareng	,000000	,000000,	,126750	6,000660	,798660
4	airsungai	s.balong	,007830	,020900	,000750	,000000	,015000
5	kangkung	s.balong	1,279590	3,265110	,446380	,014440	,083960
6	sedimen	s.balong	,000000	,094680	,020370	3,998670	1,271020
7	airsungai	s.kancilan	,004560	,026010	,000000	,000000	,002510
8	kangkung	s.kancilan	1,039690	4,568430	4,149300	,057760	,207350
9	sedimen	s.kancilan	,000000	,101740	,063220	,112830	,177700
10	airsungai	s.suru	,025990	,018280	,000540	,000000	,044660
11	kangkung	s.suru	,000000	,000000	,000000	,000000	,000000
12	sedimen	s.suru	,000000	,170680	,001410	,007910	,154730
13	airsungai	s.gelis	,000000	,000000	,000000	,000000	,014320
14	kangkung	s.gelis	1,316460	2,729030	,608690	,046200	,053590
15	sedimen	s.gelis	,000000	,166020	,017000	5,311110	,329490

*Catatan : konsentrasi dalam ppm*

#### TANYA JAWAB

##### Isyuniarto

- Dari manakah logam B3 yang ada dalam sampel?
- Setiap saat kandungan logam B3 tersebut selalu berubah, karena keadaan alam setempat. Bagaimana langkah yang dilakukan?

##### J. Djati Pramana

- Logam B3 sudah ada dalam cuplikan lingkungan. Keberadaannya dalam air dan sedimen sungai karena proses alami, misalnya proses pelarutan oleh zat/air hujan. Sedangkan dalam biota karena secara alami juga diperlukan untuk metabolisme dan pertumbuhannya.
- Langkah dilakukan dengan cara pendekatan, diambil waktu sampling pada waktu musim penghujan dan musim kemarau.

##### Ngatijo

- Pengambilan sampel, apakah sudah mengacu pada prosedur yang berlaku?

##### J. Djati Pramana

- Prosedur sampling sampai preparasi cuplikan sebelum dianalisis mengikuti prosedur baku yang telah ditetapkan, yaitu prosedur baku yang ditetapkan EMSB.

##### Yusuf Nampira

- Apakah data yang diperoleh akan diperbandingkan dengan data yang diperoleh pada hasil penelitian sebelumnya?

##### J. Djati Pramana

- Ya. Data yang diperoleh sampai saat akan dievaluasi dan akan dipakai sebagai data awal kondisi lingkungan daerah perairan Muria sebelum didirikan PLTN Muria.