

DISTRIBUSI LOGAM BERAT DALAM SEDIMEN DAERAH ALIRAN SUNGAI CIUJUNG BANTEN

Th Rina Mulyaningsih, Alfian, Sutisna
Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir, BATAN
e-mail : thrinam@batan.go.id

Diterima editor 14 Agustus 2012
Disetujui untuk publikasi 28 September 2012

ABSTRAK

DISTRIBUSI LOGAM BERAT DALAM SEDIMEN DAERAH ALIRAN SUNGAI CIUJUNG BANTEN. Peningkatan aktivitas masyarakat dan industri di sekitar Sungai Ciujung dapat berdampak terhadap penurunan kualitas Sungai Ciujung. Akibatnya peruntukan sungai untuk bahan baku air minum, irigasi dan perikanan sudah tidak sesuai lagi. Pemantauan kualitas sungai merupakan salah satu strategi proteksi lingkungan hidup, untuk itu diperlukan data yang memadai bagi Pemerintah guna melakukan perencanaan. Telah dilakukan penelitian distribusi logam berat di DAS Ciujung untuk mengetahui kualitasnya. Sejumlah cuplikan sedimen diambil dari beberapa titik sampling di DAS, berdasarkan identifikasi sumber pencemarnya. Sampling dibatasi pada batang tubuh Sungai Ciujung (tidak mencakup anak-anak sungai) dari Ciujung bagian hulu sampai dengan Ciujung bagian hilir ada 31 titik pengambilan. Analisis logam menggunakan teknik analisis aktivasi neutron dan AAS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi logam Co, As, Sb, Cr, Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Ni dan Cd berfluktuasi tergantung lokasi titik sampling. Konsentrasi tertinggi untuk logam tersebut ditemukan di daerah industri-1 dan hilir. Evaluasi berdasarkan faktor pengkayaan, faktor kontaminasi dan indeks geoakumulasi, disimpulkan bahwa pada daerah hulu kualitas masih bagus tidak terkontaminasi/tercemar. Daerah Industri-1, industri-2 dan Muara sudah terkontaminasi oleh logam Cd yang bersumber dari kegiatan manusia (antropogenik). Evaluasi berdasarkan indeks beban pencemaran menunjukkan bahwa perairan belum terkontaminasi, tetapi daerah muara, industri-1 dan industri -2 memiliki nilai indeks beban pencemaran yang hampir mendekati *baseline level*, sehingga monitoring kualitas perairan ke depan tetap perlu dilakukan.

Kata kunci: Ciujung, AAN, unsur beracun, polutan, sedimen, DAS.

ABSTRACT

DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SEDIMENTS OF THE CIUJUNG WATERSHEDS BANTEN. Decrease of Ciujung river quality due to industry and community activities, leading to decreased quality of the river. As a result, river designation for raw drinking water, irrigation and fisheries are not suitable. Monitoring the quality of the river is one of the strategies for the environmental protection; therefore a suitable data should be required by government in a regional planning. A study of heavy metal distribution in the watershed Ciujung was carried out to determine its quality. Number of sediment samples was taken from several sampling points in the watershed, based on its pollutant sources identification. Sampling should be limited on main river (not including tributaries) from upstream to downstream river, there are 31 sampling points. Metal was analyzed using neutron activation analysis technique and AAS. The results showed that the distribution of metals Co, As, Sb, Cr, Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Ni and Cd fluctuate depending on the location. The highest concentrations of metals were found in downstream and industries-1 area. Evaluation based on the enrichment factor, contamination factor and index of geoaccumulation, were concluded that the quality of upstream is still good has not contaminated / polluted. Industrial-1, industrial-2 area and the downstream were contaminated by Cd metal source from human activity (anthropogenic). Evaluation based on pollution load index indicates that the river has not been contaminated, but the downstream, industry-1 and 2 areas has a value almost close IBT baseline level, therefore water quality monitoring in the future remains to be carried out.

Key word: Ciujung, NAA, toxic elements, pollutant, sediment, watersheds.

PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah dan jenis industri di Serang Banten di satu sisi telah mampu meningkatkan sosio ekonomi penduduk, tetapi disisi lain juga telah memberikan dampak negatif terhadap kualitas lingkungan. Keberadaan logam berat di perairan dapat bersumber dari kegiatan pertambangan, rumah tangga, limbah pertanian dan buangan industri. Beberapa logam berat bersifat racun, seperti As, Co, Se, Cd, Cr, Cu, Fe, Zn dan Hg [1] dan terakumulasi pada sedimen perairan.

Penurunan kualitas Sungai Ciujung akibat pembuangan limbah industri telah terjadi sejak tahun 1992 [2]. Kondisi ini berdampak terhadap kehidupan masyarakat yang memanfaatkan air sungai untuk kebutuhan air minum, mandi, cuci pakaian, irigasi pertanian maupun perikanan. Terutama dimusim kemarau dimana debit air sungai menurun maka terjadi pemekatan konsentrasi polutan di dalam air.

Keberadaan logam berat di perairan, secara langsung maupun tidak langsung membahayakan terhadap kehidupan organisme dan kesehatan manusia[3]. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai. Terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan, sehingga membahayakan kesehatan konsumen. Terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Disamping itu sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan masa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu.

Menurut pengamatan beberapa pemerhati lingkungan hidup, kondisi sungai Ciujung sangat memprihatinkan dan ada indikasi telah terjadi pencemaran[2]. Namun belum ada penelitian yang komprehensif mengenai daerah aliran sungai (DAS) Ciujung. Data-data pengukuran kualitas DAS Ciujung masih minim, padahal data ini dapat digunakan sebagai indikator terukur untuk memproteksi lingkungan hidup dari pencemaran.

Selama ini karena keterbatasan peralatan laboratorium di daerah maka pemantauan kualitas lingkungan perairan, pada umumnya hanya terbatas pada aspek fisik dan kimia umum seperti pH, BOD, COD dan amonia, padahal unsur beracun hanya dapat dideteksi pada skala mikro. Teknologi nuklir analisis aktivasi neutron (AAN) adalah suatu teknologi analisis unsur yang memiliki keunggulan, selain memiliki akurasi dan presisi yang tinggi, juga mampu menganalisis unsur sampai orde kelumit dengan konsentrasi ppm [mg/kg] bahkan ppb [$\mu\text{g}/\text{kg}$], baik cuplikan lingkungan maupun kesehatan [4,5]. Logam toksik walau jumlahnya kecil tapi keberadaan dilingkungan dapat menimbulkan efek serius bagi kesehatan [3].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar dan sebaran logam berat di DAS Ciujung, yang dipilih sebagai lokasi penelitian karena aliran sungai ini melewati beberapa Kabupaten di wilayah Banten dan terdapat beberapa kegiatan industri dan rumah tangga yang memanfaatkan air tersebut dan di musim kemarau debit air menurun sehingga terjadi pemekatan konsentrasi polutan di badan sungai, padahal peruntukan air sungai ini sangat vital bagi kegiatan penduduk.

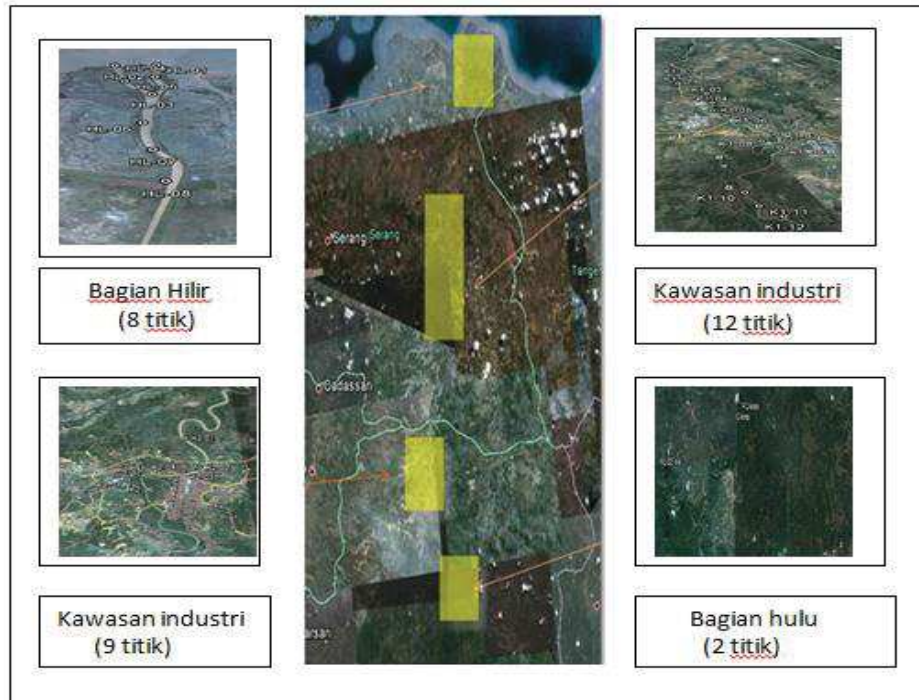
METODOLOGI

Lokasi Pencuplikan

Pengambilan cuplikan sedimen dilakukan pada tiga lokasi, yaitu di bagian hilir (Pontang dan sekitarnya), didaerah padat industri (Kawasan Kragilan, Serang dan Malabar) dan di bagian hulu sebagai ambien, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Pencuplikan dilakukan secara random dan posisi pencuplikan ditetapkan dengan menggunakan GPS(Global Positioning System), Tabel 1. Sampling dilakukan satu kali pada bulan April – Mei 2012 menggunakan sistem pipa Poli Vinil Khlorida yang dirancang khusus untuk keperluan pencuplikan sedimen (Gambar 2a). Pada Gambar 2b dan 2c ditunjukkan kegiatan sampling dan cuplikan sedimen yang diambil. Di setiap titik sampling diambil tiga pencuplikan sedimen permukaan pada kedalaman antara 0-10 cm [6]. Sedimen dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2 hari dan dihaluskan dengan menggunakan mortar, diayak dan disimpan dalam botol kaca sebelum analisis dilakukan. Sedimen kemudian ditimbang sejumlah 25 – 100 mg dalam mikrovial yang telah dibersihkan terlebih dahulu.

Iradiasi dan akuisisi data

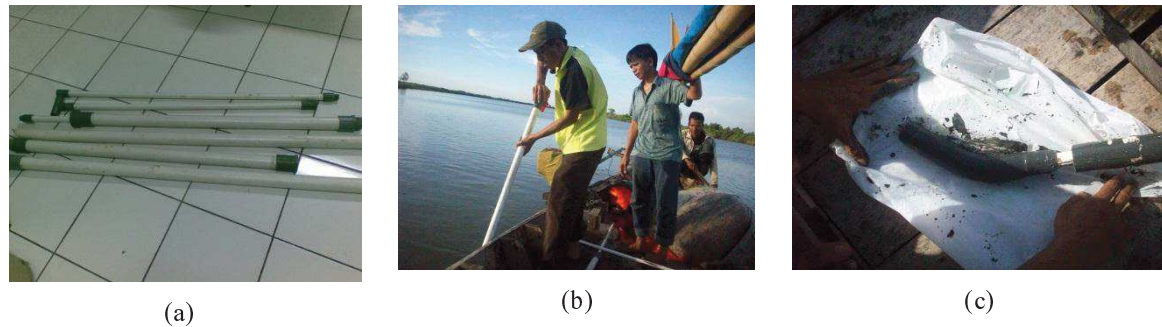
Target (yaitu cuplikan dalam mikroviai dalam kapsul rabbit), diiradiasi di Pusat Reaktor Serba Guna pada fluks neutron termal sekitar $10^{13} \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Komparator paduan Al-0,1%Au (IRMM 530R) ditempatkan pada setiap layer untuk memantau fluks neutron termal yang diterima oleh target. Sinar- γ yang diemisikan, selanjutnya dideteksi oleh detektor HPGe resolusi tinggi yang dirangkai dengan Multiport II dari Canberra. Waktu iradiasi (Ti), waktu luruh (Td) dan waktu cacah (Tc) akan sangat bergantung pada waktu paruh dari radionuklida yang akan dianalisis (Tabel 2)



Gambar 1. Peta lokasi pencuplikan contoh sedimen di DAS Ciujung.

Tabel 1. Koordinat lokasi sampling

Kode lokasi	Posisi sampling	Kode Lokasi	Posisi sampling	Kode Lokasi	Posisi sampling
HILIR		INDUSTRI-1		INDUSTRI-2	
HL-01	S5.96417 E106.36169	KI-1	S6.08970 E106.29714	K2-01	S6.34237 E106.25431
HL-02	S5.96890 E106.35928	KI-2	S6.09685 E106.29453	K2-02	S6.34733 E106.25323
HL-03	S5.97407 E106.35725	KI-3	S6.11149 E106.29977	K2-03	S6.34886 E106.24953
HL-04	S5.96277 E106.35664	KI-4	S6.12028 E106.29957	K2-04	S6.34887 E106.24499
HL-05	S5.96985 E106.35555	KI-5	S6.12630 E106.29662	K2-05	S6.34863 E106.24235
HL-06	S5.98282 E106.35163	KI-6	S6.13227 E106.29992	K2-06	S6.35126 E106.24091
HL-07	S5.99206 E106.35000	KI-7	S6.15266 E106.30894	K2-07	S6.35385 E106.28485
HL-08	S6.00084 E106.34785	KI-8	S6.15684 E106.30226	K2-08	S6.35839 E106.21570
HULU		KI-9	S6.16193 E106.30577	K2-09	S6.38208 E106.24210
HU-01	S6.51360 E106.19335	KI-10	S6.46381 E105.99836		
HU-02	S6.49630 E106.10945	KI-11	S6.19705 E106.28316		
		KI-12	S6.20261 E106.28552		



Gambar 2. Pencuplikan sedimen (a). alat pengambil cuplikan sedimen (b) kegiatan pengambilan sedimen (c) Hasil pencuplikan.

Tabel 2. Skema iradiasi, peluruhan dan pencacahan pada penentuan unsur-unsur logam.

Skema	Waktu radiasi (T_i)	Waktu peluruhan (T_p)	Waktu pencacahan (T_c)	Radioisotop
I	10 detik	2-5 menit	2 menit	^{47}Mn
II	15 menit	2-3 jam	10-15 menit	^{59}Fe , ^{51}Cr , ^{76}As ,
III	4 jam	3-4 minggu	30-60 menit	^{60}Co , ^{65}Zn , ^{125}Sb

Analisis dan interpretasi data

Analisis spektrum gamma dari cuplikan hasil iradiasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Genie 2000, untuk mengidentifikasi unsur beracun. Penentuan kuantitas logam As, Co, Sb, Cr, Fe, Mn, dan Zn dengan metode k0-AANI dan logam Pb, Cd, Cu dan Ni dengan AAS [7].

Uji mutu internal dilakukan dengan cara menentukan kandungan unsur dalam standard reference material (SRM) river sediment. Hasil yang diperoleh dibandingkan terhadap nilai sertifikat dari SRM yang bersangkutan dan dihitung nilai Z score untuk mengetahui validitas data yang dihasilkan [8].

Penentuan Faktor Pengkayaan

Untuk mengevaluasi keberadaan logam berat bersumber dari antropogenik atau alami, maka dievaluasi berdasarkan nilai faktor pengkayaan (FP). FP ini dihitung berdasarkan persamaan berikut [9,10] :

$$FP = \frac{\left(\frac{X}{Fe}\right)_{\text{sedimen}}}{\left(\frac{X}{Fe}\right)_{\text{kerak bumi}}} \quad (1)$$

Dimana X adalah konsentrasi logam yang diteliti, dan Fe adalah konsentrasi besi di sedimen. Sebagai pembanding X/Fe adalah rasio konsentrasi unsur X terhadap besi untuk crustal (kerak bumi) dengan data kelimpahan diambil dari Mason [11]. Fe dipilih sebagai unsur untuk normalisasi karena kadarnya yang tinggi di alam [12].

Penentuan Faktor Kontaminasi

Tingkat kontaminasi sedimen oleh logam sering dinyatakan dalam faktor kontaminasi (FK) yang dihitung dengan persamaan berikut [13] :

$$FK = \frac{C_n \text{ sampel}}{C_n \text{ latar}} \quad (2)$$

Dimana C_n adalah kadar logam n dalam sampel dan latar. Nilai $FK < 1$ menunjukkan kontaminasi rendah, $1 \leq FK < 3$ berarti kontaminasi sedang, $3 \leq FK \leq 6$ menunjukkan kontaminasi tinggi dan $FK > 6$ kontaminasi sangat tinggi.

Indeks Geoakumulasi

Nilai indeks geoakumulasi Igeo menggambarkan pengkayaan konsentrasi logam diatas nilai dasar (baseline level), dihitung menggunakan persamaan yang aslinya dikembangkan oleh Muller (1969), dan digunakan untuk menentukan tingkat kontaminasi dalam sedimen [14,15] sebagai berikut:

$$I_{geo} = \log_2 \left[\frac{Cn \text{ sampel}}{1,5 \times Cn \text{ latar}} \right] \tag{3}$$

Dimana Cn konsentrasi logam n terukur dalam sampel sedimen dan latar. Nilai latar dapat diukur atau diambil dari pustaka untuk data latar dari lumpur [14]. Faktor 1,5 untuk menormalisasi variasi nilai latar karena variasi litogenik. Muller mengenalkan 7 tingkat nilai indeks geoakumulasi yang menggambarkan kualitas sedimen [15,16].

Tabel 3. Igeo berkaitan dengan kualitas sedimen

Nilai Igeo	Tingkat Igeo	Kualitas Sedimen
>5	6	Terkontaminasi sangat tinggi
4-5	5	Terkontaminasi tinggi sampai sangat tinggi
3-4	4	Terkontaminasi tinggi
2-3	3	Moderat terkontaminasi
1-2	2	Moderat terkontaminasi
0-1	1	Tidak terkontaminasi sampai moderat
0	0	Tidak terkontaminasi

Tingkat Igeo = 0 menunjukkan bahwa tidak ada kontaminasi sedangkan = 6 menunjukkan bahwa kontaminasi melebihi batas pada pengkayaan 100 x lipat dibandingkan nilai latar.

Indeks Beban Pencemaran

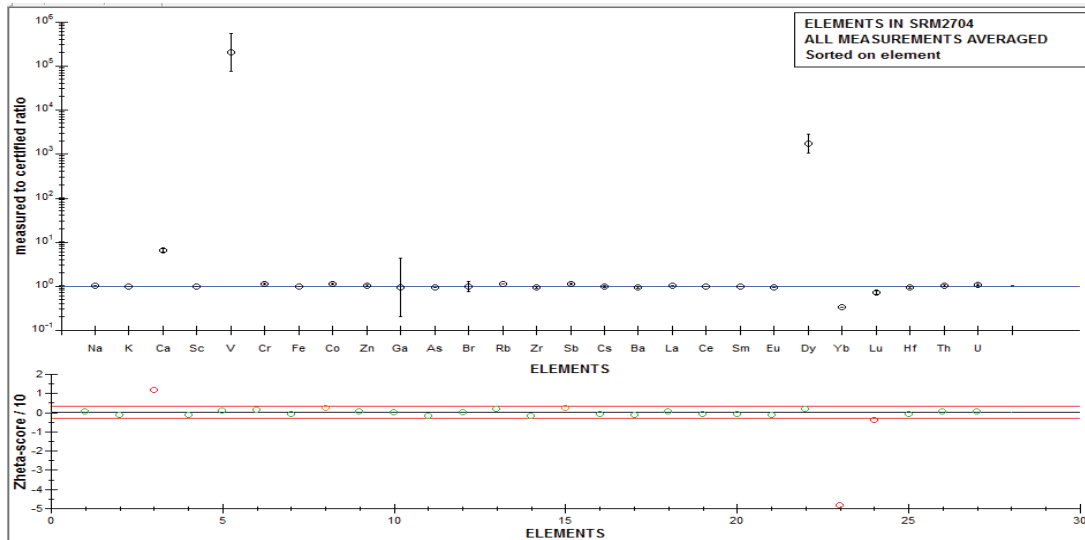
Luas pencemaran oleh logam berat penilaian menggunakan indeks beban pencemaran (IBP) yang dikembangkan oleh Thomilson etal [14, 16] , dengan persamaan sebagai berikut :

$$IBP = (FK_1 \times FK_2 \times FK_3 \dots \times FK_n)^{1/n} \tag{4}$$

n adalah jumlah logam yang diteliti, dan FK adalah faktor kontaminasi yang dihitung berdasarkan persamaan (2). IBP adalah cara sederhana untuk menilai kualitas suatu perairan. Nilai =0 menyatakan bahwa kualitas perairan bagus, nilai =1 merupakan tingkat nilai dasar keberadaan polutan yang ada dan nilai >1 menunjukkan kerusakan progresif dari perairan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kontrol mutu internal metode dengan menggunakan NIST SRM 2704 Buffalo river sediment disajikan pada Gambar 3. Hasil pengukuran Fe, Co, As, Sb, Cr dan Zn diperoleh dibandingkan nilai sertifikat mendekati $\cong 1$, hampir semua terletak pada satu garis dan memiliki nilai Z score di dalam range ± 3 . Hal ini berarti bahwa data hasil pengujian dengan metode k0-AANI cukup valid. Pada gambar terlihat bahwa untuk analisis vanadium dan Dy diperoleh rasio yang cukup tinggi anatar hasil analisis dan sertifikat, tetapi pada penelitian ini unsur-unsur tersebut tidak dianalisis dan untuk analisis V biasanya menggunakan metode komparatif.



Gambar 3. Hasil kontrol mutu metode menggunakan NIST SRM 2704 Buffalo river sediment.

Hasil analisis logam berat di DAS Ciujung ditampilkan pada Tabel 3. Dari tabel ini dapat diketahui nilai rerata dan nilai kisaran konsentrasi logam As, Cr, Sb, Zn, Pb, Cd, Cu, Ni, Mn, Co dan Fe pada empat stasiun pengambilan sampel. Pada daerah hulu tidak terdeteksi logam Cd, sedangkan daerah lainnya terdeteksi yang mengalami peningkatan dari daerah industri-2, industri-1 dan hilir. Sumber Cd ini kemungkinan berasal dari aktivitas industri, ataupun leaching dari pembuangan limbah baterai [3]. Pb dari hulu ke hilir, nilai rata-rata berfluktuasi, sumber Pb ini dapat berasal dari alam atau limbah dan penggunaan bahan bakar [3].

Tabel 3. Hasil Analisis Logam berat dalam sedimen DAS Ciujung

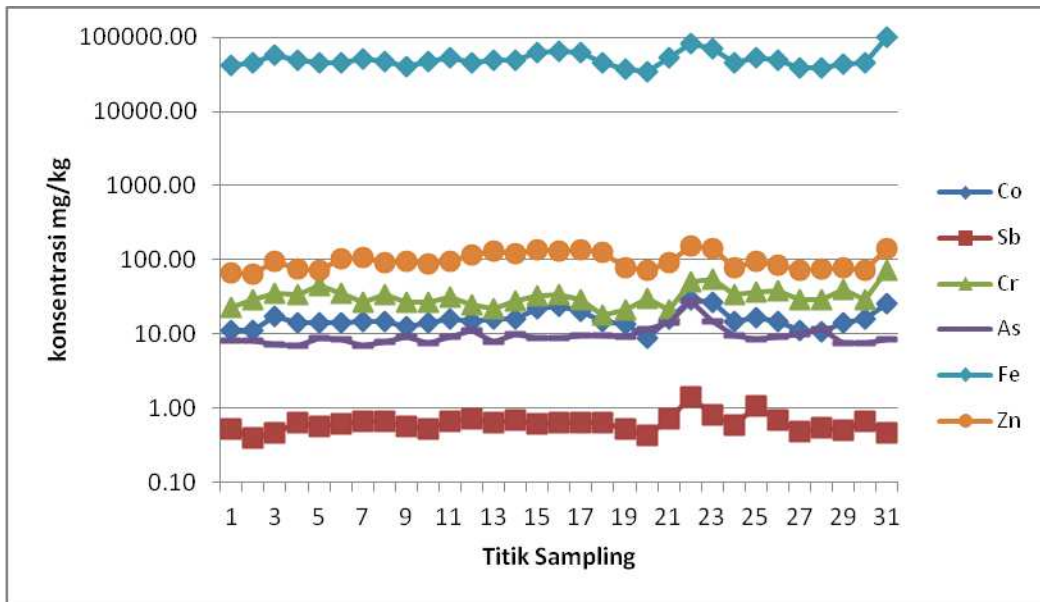
Unsur	Konsentrasi unsur logam (mg/kg berat kering)							
	Hulu		Industri-1		Industri-2		Hilir	
	Kisaran	Rerata	Kisaran	Rerata	Kisaran	Rerata	Kisaran	Rerata
As	8,12-8,13	8,12	7,74-27,64	11,9	6,85-9,27	7,99	7,41-11,49	9,04
Cr	22,87-28,39	25,63	17,73-54,64	28,12	26,37-44,77	32,6	28,92-71,30	38,37
Sb	0,39-0,51	0,45	0,42-1,39	0,7	0,45-0,66	0,59	0,46-1,05	0,62
Zn	64,13-65,95	65,04	71,52-143,57	119,61	71,10-108,95	92,18	70,97-141,28	87,01
Pb	15,67-22,61	19,14	12,95-17,91	15,87	7,57-28,99	19,07	9,05-26,43	17,92
Cd	<0,06	<0,06	<0,06-2,46	2,06	<0,06-1,81	1,63	<0,06-3,06	2,26
Cu	7,19-8,06	7,625	13,47-14,88	14,23	8,1-12,8	10,79	8,15-15,59	12,16
Ni	9,48-14,05	11,765	8,1-10,26	8,93	10,06-12,32	11,16	9,77-13,92	12,58
Co	11,01-11,24	11,13	8,85-28,93	18,32	12,36-17,20	14,59	10,56-25,13	15,35
Mn	1047-1295	1170,94	7610-1179	959,06	675-1068	888,03	618-1321	969,4
Fe*	4,14-4,63	4,38	3,4-7,03	5,46	3,9-5,8	4,83	3,9-9,8	5,18

Fe dalam %,

Kecenderungan sebaran data ditampilkan dalam Gambar 4. Titik sampling 1 dan 2 mewakili daerah hulu (Leuwidamar) dan bergerak ke arah hilir(muara), yaitu titik 3-11 mewakili daerah industri-2 (Malabar). Kegiatan yang ada di daerah ini adalah industri rumah tangga pembuatan tahu dan tempe, penambangan pasir secara tradisional dan kegiatan masyarakat mandi cuci. Titik 12-24 mewakili daerah industri-1 (Kragilan, Serang), di daerah ini diantaranya beroperasi industri pulp dan kertas, tekstil, kimia. Titik 25-31 mewakili daerah muara (Pontang), pada ujung daerah ini sungai bermuara ke laut.

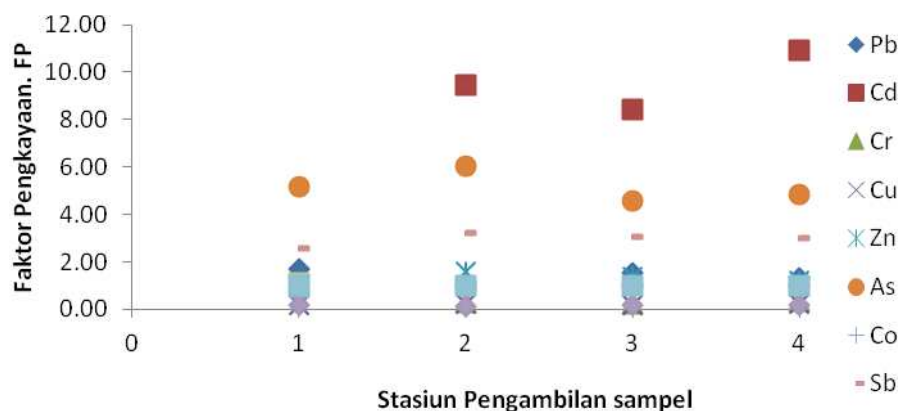
Dari Gambar 4 dapat diketahui distribusi unsur diamati berfluktuasi tergantung jenis unsur dan lokasi. Pada daerah hulu dimana lingkungan sekitar perairan masih cukup bagus terdiri dari pepohonan (hutan), rata-rata konsentrasi unsur logam lebih rendah dibandingkan lokasi yang lain. Konsentrasi unsur logam di daerah industri-1 lebih tinggi dari pada di daerah industri-2 kecuali untuk

logam Cr, Pb dan Ni yang lebih rendah, semakin menuju ke muara konsentrasi unsur diamati makin tinggi.



Gambar 4. Distribusi logam di DAS Cuijung Banten

Untuk mengevaluasi sumber unsur yang ada didalam sedimen DAS Cuijung maka telah dilakukan penghitungan faktor pengkayaan, FP. Gambar 5 menampilkan FP tiap unsur diamati pada empat stasiun pengamatan (1=hulu, 2=industri-2, 3= industri-1 dan 4=hilir). Nilai $FP \geq 10$ menunjukkan bahwa sudah ada penambahan kadar yang berasal dari antropogenik dan FP mendekati satu menunjukkan bahwa sumber unsur logam adalah *crystal origin* [10]. Hasil perhitungan FP unsur diamati hampir semuanya memiliki nilai dibawah 10 kecuali Cd yang nilainya adalah 9,43; 8,44 dan 10,91. Hal ini menunjukkan bahwa sudah ada pengkayaan bersifat sedang logam Cd dari antropogenik, bisa bersumber dari kegiatan yang ada di sekitar perairan, seperti buangan industri yang menggunakan logam Cd pada prosesnya maupun aktivitas pembuangan sampah yang mengandung logam Cd. Untuk logam lainnya FP berkisar 1 kecuali As hampir mendekati 6, ini berarti sudah ada penambahan tapi dalam tingkat moderat.



Gambar 5. Faktor Pengkayaan logam diamati pada daerah sampling.

Faktor kontaminasi FK logam diamati ditampilkan pada Tabel 4. Dengan mengacu pada nilai kriteria FK yang telah dituliskan sebelumnya, hasil menunjukkan bahwa daerah Industri-1 dan Muara terkontaminasi sangat tinggi oleh Cd ($FK > 6$), sedangkan Industri-2 terkontaminasi Cd pada level tinggi ($3 \leq FK \leq 6$) dan pada daerah hulu tidak terdeteksi adanya Cd. Daerah Industri-1 terkontaminasi sedang oleh Zn ($1 \leq FK < 3$). Mn dan Fe mengkontaminasi pada level sedang untuk ke-empat daerah penelitian, kecuali daerah hulu tingkat kontaminasi Fe masih rendah. Untuk logam lainnya memiliki

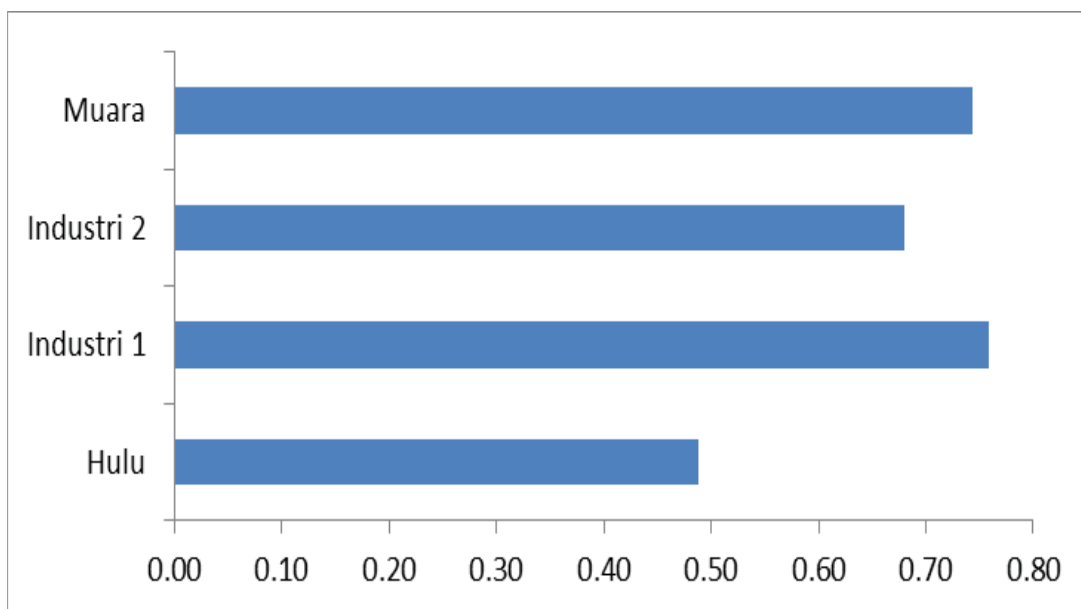
nilai $FP < 1$ di ke-empat daerah penelitian, ini menunjukkan bahwa tingkat kontaminasi masih rendah oleh As, Pb, Cr, Cu, Co, Sb dan Ni.

Tabel 4. Faktor Kontaminasi logam di stasiun pengambilan sampel DAS Ciujung

	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn	As	Co	Sb	Mn	Fe	Ni
Hulu	0,96	*)	0,28	0,17	0,68	0,62	0,59	0,30	1,38	0,93	0,17
Industri 1	0,79	6,87	0,31	0,32	1,26	0,92	0,96	0,47	1,13	1,16	0,13
Industri 2	0,95	5,43	0,36	0,24	0,97	0,61	0,77	0,39	1,04	1,02	0,16
Muara	0,90	7,53	0,43	0,27	0,92	0,70	0,81	0,41	1,14	1,10	0,19

*) tidak dihitung karena konsentrasi Cd lebih kecil dari nilai limit deteksi

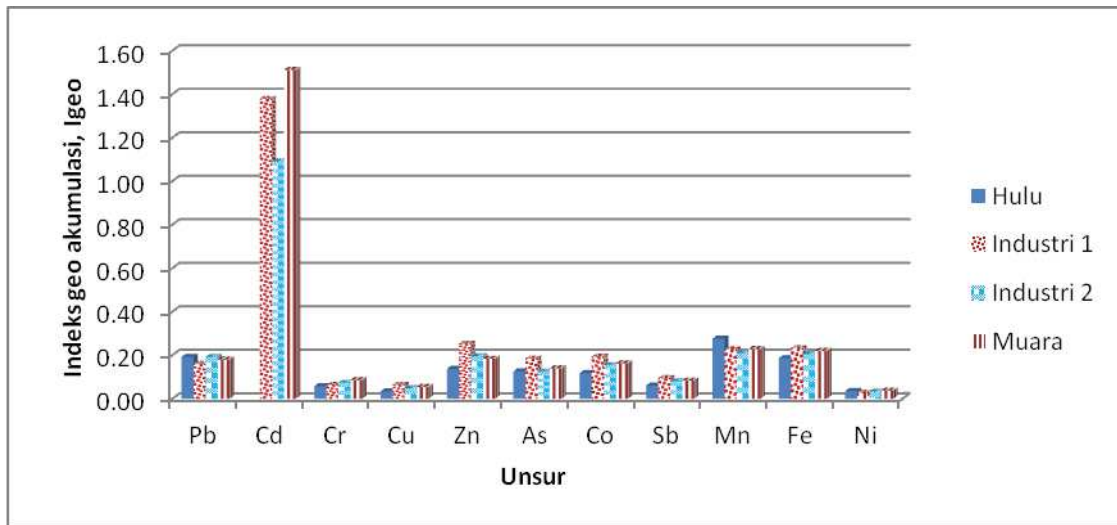
Untuk membandingkan secara efektif apakah di empat stasiun pengambilan sampel terkontaminasi atau tidak oleh semua unsur logam yang diamati (bukan per unsur), dapat dievaluasi dengan menggunakan nilai indeks beban pencemaran, IBP. Gambar 6 menunjukkan hasil IBP dari 11 logam diamati pada keempat stasiun pengamatan.



Gambar 6. IBP dari 11 unsur diamati pada stasiun pengamatan.

Didasarkan pada hasil IBP dalam Gambar 6, maka derajat kontaminasi dari keseluruhan unsur diamati adalah di daerah Industri-1>muara>Industri-2>hulu. Sebagai baseline level adalah $IBP = 1$. Nilai IBP pada ke empat daerah pengambilan sampel masih dibawah baseline level, yang berarti bahwa daerah tersebut belum terkontaminasi secara keseluruhan oleh 11 logam diamati.

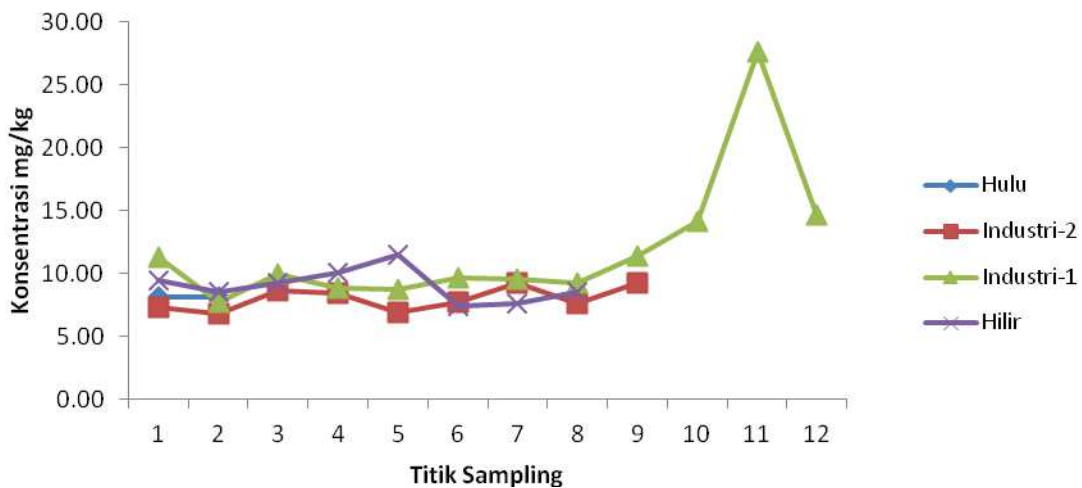
Nilai indeks geoakumulasi Igeo ditampilkan pada Gambar 7. Disini terlihat bahwa nilai Igeo antara 0-2. Pada daerah hulu nilai Igeo 0-1, berarti bahwa daerah ini pada kondisi tak terkontaminasi hingga kontaminasi sedang oleh logam Pb, Cr, Cu, Zn, Co, As, Sb, Mn dan Fe. Tetapi bila lebih dicermati Igeo untuk logam tersebut dibawah satu, jadi belum terkontaminasi. Sedangkan pada daerah industri-1, industri-2 dan hilir memiliki nilai Igeo 1-2, jadi daerah ini terkontaminasi sedang oleh logam Cd, sedangkan untuk logam lainnya pada posisi antara tidak terkontaminasi hingga kontaminasi sedang.



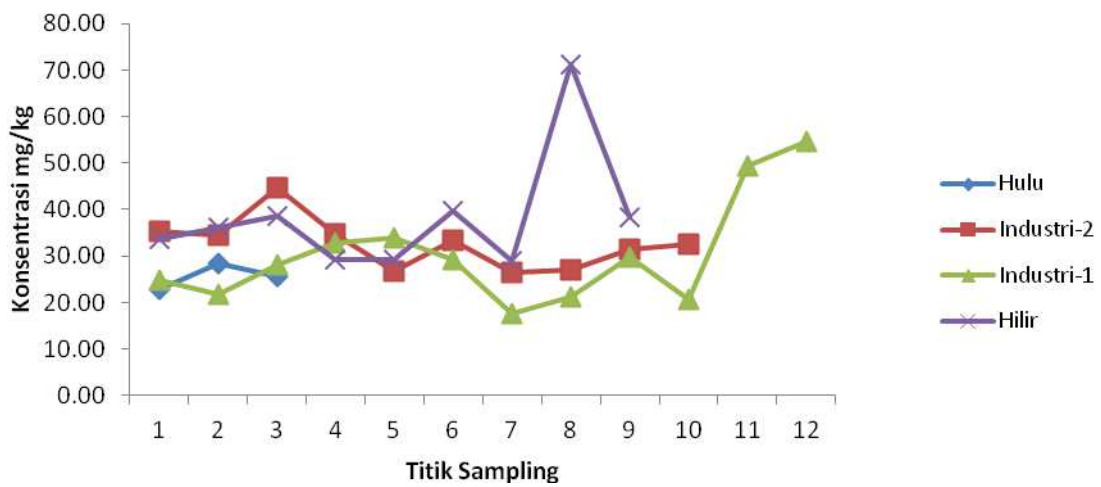
Gambar 7. Indeks geoakumulasi logam pada daerah pengamatan

Dari apa yang telah diuraikan untuk melihat kualitas perairan berdasarkan FP, FK, IBP dan Igeo, maka dapat diketahui bahwa pada daerah hulu kualitas masih bagus tidak terkontaminasi/tercemar. Daerah industri-1, industri-2 dan muara sudah terkontaminasi oleh logam Cd yang bersumber dari kegiatan manusia (antropogenik). Apabila tinjauannya secara bersama-sama (gabungan logam diamati), maka daerah diamati belum terkontaminasi, walaupun begitu daerah muara dan industri-1 memiliki nilai IBP yang hampir mendekati baseline level, sehingga monitoring dan pengaturan pembuangan limbah ke perairan perlu dilakukan.

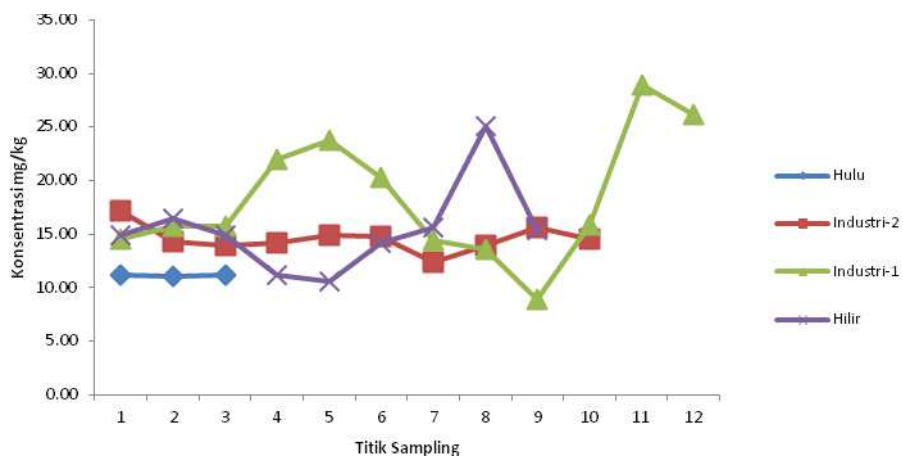
Untuk mengetahui distribusi logam pada tiap titik pengambilan sampel Gambar 8 – 15 menampilkan kondisi tersebut. Distribusi logam As dari titik ke titik lokasi sampling cukup merata, konsentrasi tertinggi pada titik 11 di daerah industri-1. Distribusi Cr cukup fluktuatif, konsentrasi tinggi didapat di titik 8 pada hilir dan titik 12 pada industri-1. Distribusi Co di daerah industri-1 cukup fluktuatif dan tertinggi pada titik 11 daerah industri-1. Sb distribusi hampir merata kecuali di titik 2 daerah hilir dan titik 11 daerah industri-1. Distribusi Fe hampir merata dan tertinggi pada titik 8 daerah hilir dan titik 11 daerah industri-1. Sebaran Zn dan Mn berfluktuasi dari titik ke titik dan tertinggi pada titik 8 daerah hilir. Sedangkan sebaran Pb, Cu, Cd dan Ni dalam sedimen berfluktuasi di keempat daerah sampling.



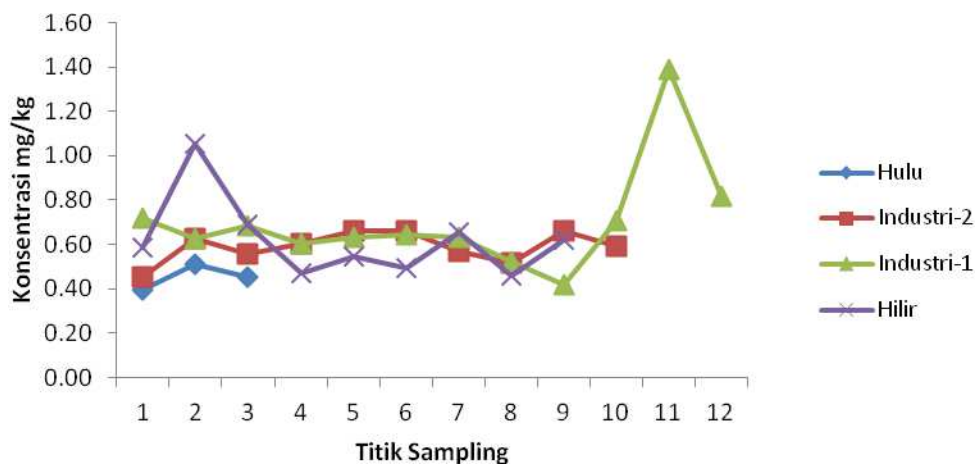
Gambar 8. Distribusi arsen (As) dalam sedimen DAS Ciujung Banten



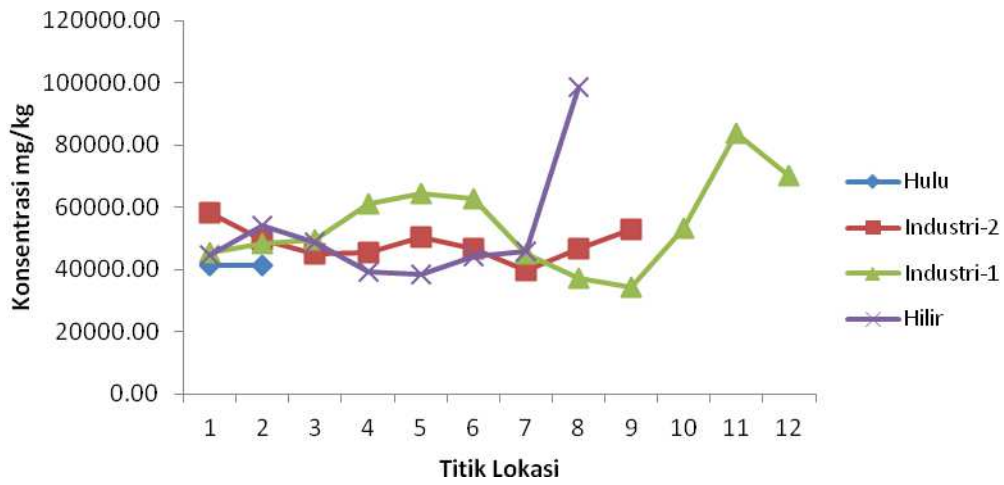
Gambar 9. Distribusi kromium (Cr) dalam sedimen DAS Ciujung Banten



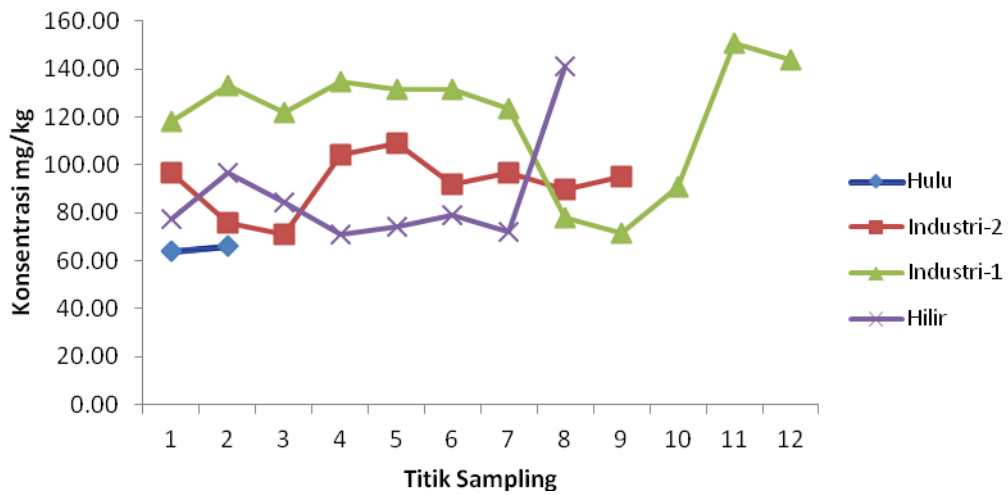
Gambar 10. Distribusi cobalt (Co) dalam sedimen DAS Ciujung Banten



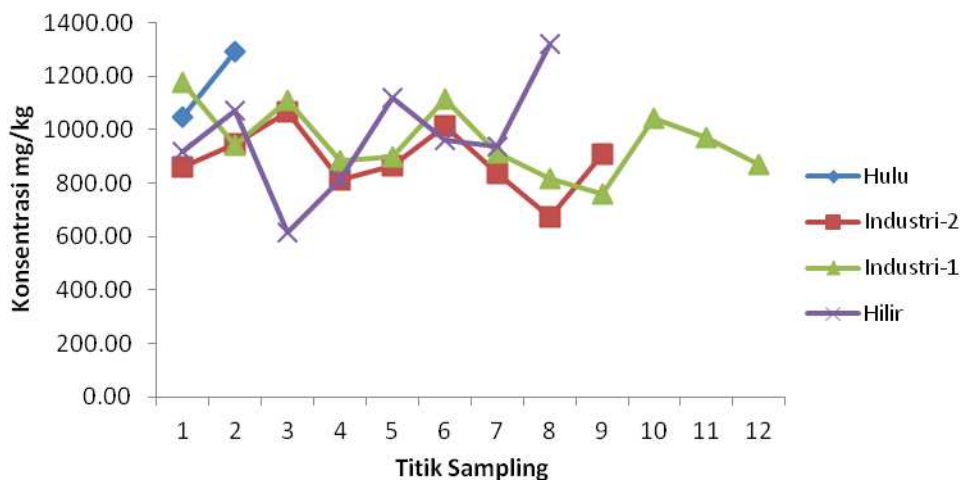
Gambar 11. Distribusi antimon (Sb) dalam sedimen DAS Ciujung Banten



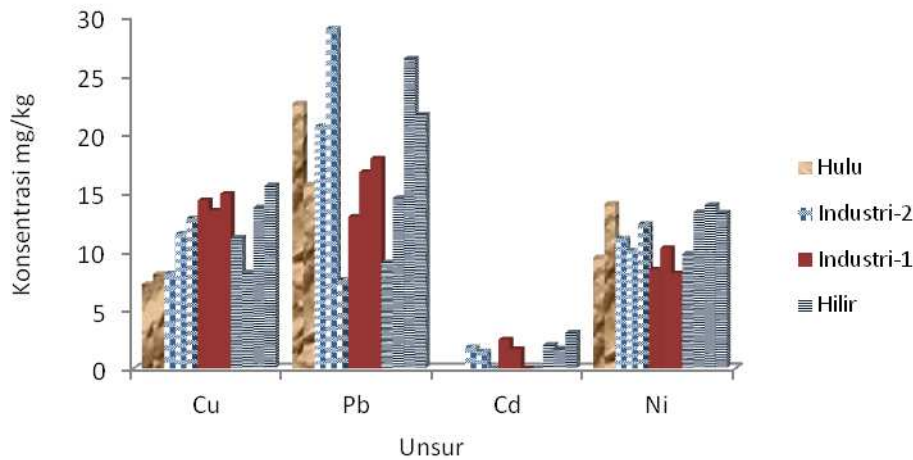
Gambar 12 Distribusi besi (Fe) dalam sedimen DAS Ciujung Banten



Gambar 13. Distribusi seng (Zn) dalam sedimen DAS Ciujung Banten



Gambar14. Distribusi mangan (Mn) dalam sedimen DAS Ciujung Banten



Gambar15. Distribusi logam berat (Cu, Pb, Cd dan Ni) dalam sedimen DAS Ciujung Banten.

KESIMPULAN

Dari penelitian dapat diketahui bahwa distribusi logam berat dalam sedimen berfluktuasi tergantung lokasi sampling, tetapi konsentrasi tertinggi untuk logam Zn, Sb, Co, Cr, As, Ni, Cu, Pb dan Cd ditemukan di daerah industri-1 dan muara. Kualitas DAS Ciujung bagian hulu masih bagus tidak terkontaminasi/tercemar, sedangkan daerah industri dan muara sudah terkontaminasi oleh logam Cd yang bersumber dari kegiatan manusia (antropogenik). Daerah muara dan industri memiliki nilai indeks beban pencemaran hampir mendekati baseline level, sehingga aktivitas yang berkaitan dengan pembuangan limbah ke perairan perlu dicegah dengan regulasi yang memadai dari pemerintah, dan monitoring kualitas perairan perlu dilakukan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada KemenRistek yang telah mendanai penelitian ini, dan kepada teman-teman di Kelompok AAN Siti Prapti, Sumardjo dan Istanto yang telah membantu dalam melakukan sampling dan preparasi sehingga penelitian ini dapat berlangsung dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Milenkovic N, Damjanovic M, Ristic M. Study of heavy metal pollution in sediments from the Iron Gate (Danube River), Serbia and Montenegro. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2005; 14(6):781-87.
2. Limbah pabrik sebabkan air sungai berwarna hitam, 30 Juli 2008. Available from: URL:[http://www. antara.net.id](http://www.antara.net.id). Accessed Maret 2011.
3. Duruibe JO, Ogwuegbu MOC, Egwurugwu JN. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *Int. J. Of Physical Sci*. 2007;2(5):112-18.
4. Muhammad BG, Jaafar MS, Rahman AA, Ingawa FA. Determination of radioactive elements and heavy metals in sediments and soil from domestic water sources in northern Penninsular Malaysia. *Environ Monit assess*. 2012; 184:5043-49.

5. Silva RA, Saiki M. Concentration of trace elements in livers of the Great Egret (*Ardea alba*) from the metropolitan region of Sao Paulo, SP, Brazil. *J Radioanal. Nucl. Chem* 2012; 291:119-22.
6. Simpson SL, Batley GE, Chariton A A, Stauber JL, King CK, Chapman JC. Handbook for sediment quality assessment. CSIRO Energy Technology: Lucas Height, NSW ; 2005.
7. Maitera ON, Ogugbuaja VO, Barminas JT. Determination of trace metal levels in water and sediments of River Benue in Adamawa state, Nigeria. *Journal of Ecology and the Natural Environment*. 2011 Apr ; 3(4) :149-56.
8. Development and use of reference materials and quality control materials. IAEA-TECDOC-1350. Printed by the IAEA in Austria. 200
9. Zoller, W.H., Gladney, E.S., Duce, R.A. Atmospheric concentrations and sources of trace metals at the South Pole. *Science* 1974; 183:199-201.
10. Anonymous. Sampling and Analytical Methodologies for INAA of airborne Particulate matter, Training Course series no. 4. Vienna. IAEA. 1992.
11. Zang, IP, Ye X, Feng H, et al. Heavy Metal Concentration in Western Xiamen Bay Sediments and Its Vicinity, China, *Marine Pollution Bulletin*. 2007 ; 54:974-82.
12. Harikumar PS, Jisha TS. Distribution Pattern of Trace Metal Pollutants in the Sediments of an Urban Wetland in the Southwest coast of India, *Int. J. Eng. Sci.Tech*. 2010; .2(5): 840-50.
13. Qingjie G, Jun D. Calculating Pollution Indices by Heavy Metals in Ecological Geochemistry Assessment and a Case Study in Parks of Beijing. *J. of China Univ. of Geo Sci*. 2008 June: 19(3):230-41.
14. Rabee AM, Al-Fatlawy YF, Abd-Al-Husain Najim Abd own, and Nameer M. Using Pollution Load Index (PLI) and Geoaccumulation Index (I-Geo) for the Assessment of Heavy Metals Pollution in Tigris River Sediment in Baghdad Region. *Journal of Al-Nahrain University*. 2011 Dec : 14(4):108-14.
15. Muller G. Index of Geoaccumulation in Sediment of The Rain River. *Geol. J*. 1969; 2(3): 108-18.
16. Molowa KBM, Likuku AS, and Gaboutloeloe GK. 2011, Assessment of Heavy Metal Pollution in Soil along major roadside areas in Botswana, *African J. of Env. Sci & Tech*. 2011; 5(3): 186-196.