

## EVALUASI KADAR LOGAM BERAT DALAM SAMPEL LINGKUNGAN PANTAI INDRAMAYU DENGAN TEKNIK ANALISIS AKTIVASI NEUTRON

Agus Taftazani, Muzakky dan Sumining

P3TM – BATAN

### ABSTRAK

EVALUASI KADAR LOGAM BERAT DALAM SAMPEL LINGKUNGAN PANTAI INDRAMAYU DENGAN TEKNIK ANALISIS AKTIVASI NEUTRON (AAN). Telah dilakukan evaluasi kadar logam berat Hg, Cd, Cr, Cu, As dan Zn dalam sampel air laut, sedimen permukaan dan ikan Kiper (*scatophagus argus*) dari pantai Timur Indramayu, Jawa Barat dengan metode AAN. Sampel dari 5 lokasi diradiasi selama 12 jam dengan flux neutron  $1,05 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}.\text{det}^{-1}$ , kemudian dianalisis dengan Spektrometer  $\gamma$  dilengkapi detektor Ge(Li). Hasil penelitian menunjukkan, logam Cu tidak terdeteksi, kadar 5 logam dalam sampel air laut telah melebihi ambang batas yang diijinkan menurut SK 51/Kep/Men KLH/I/2004. Kadar tertinggi 5 logam dalam air terdeteksi di lokasi Singaraja dan Majakerta. Kadar Hg dalam sampel ikan di lokasi Singaraja dan Majakerta, telah melebihi ambang batas yang diijinkan menurut Kep. DIRJEN POM No. 03725/SK/B/VII/1989. Nilai Faktor Bioakumulasi  $F_B$  untuk 5 logam pada ikan dari seluruh lokasi berkisar antara 1205,7 L/Kg sampai 20151,1 L/Kg. Kadar 5 logam berat dalam sampel sedimen lebih tinggi dari sampel air dan ikan. Digunakan metode ANOVA (derajat kepercayaan  $\alpha_{0,05}$ ) untuk pengujian statistik, ditunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari perbedaan lokasi sampling terhadap kadar 5 unsur logam berat diatas pada sampel air laut dan sedimen. Pada sampel ikan ditunjukkan hanya kadar unsur Hg yang dipengaruhi oleh perbedaan lokasi sampling.

**Kata kunci** : Logam berat, Indramayu, AAN

### ABSTRACT

EVALUATION OF HEAVY METALS CONCENTRATION IN THE ENVIRONMENTAL SAMPLES AROUND EAST COAST OF INDRAMAYU USING NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS TECHNIQUE (NAA). Heavy metals concentration of Hg, Cd, Cr, Cu, As and Zn in coastal water, sediment and Kiper fish from the east coast of Indramayu, West Java have been evaluated. The samples from 5 locations were irradiated for 12 hours using neutron flux of  $1.05 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}.\text{sec}^{-1}$  and then they were determined using Ge(Li) detector. The result showed that Cu element was not detected and the concentration of five heavy metals in coastal water were higher than maximum permissible concentration stated by the decree of No.51/Kep/Men KLH/I/200. The five heavy metals concentration of water from Singaraja and Majakerta locations were highest detected. Concentration of Hg in Kiper fish from Singaraja and Majakerta were higher than maximum permissible concentration stated by the decree of Dirjen POM 03725/SK/B/VII/1989. Value of biological factor  $F_B$  of the five heavy metals were from 1205.70 L/kg to 2015.10 L/kg. The five heavy metals concentration of sediment were higher than that of water and fish samples. ANOVA method (confidence level of  $\alpha_{0,05}$ ) for statistic calculation was used proved that the sampling location were significantly influence the concentration of five metals in water and sediment samples, except Hg metal concentration in fish sample.

Key word : Heavy metal, Indramayu, Neutron Activation Analysis.

### PENDAHULUAN

Kabupaten Indramayu sebagai daerah pesisir dalam jalur pantura, mempunyai panjang garis pantai 114 km dimana batasan tengahnya

terdapat tanjung yang membagi pantai Barat dan pantai Timur dengan karakteristik yang sangat dipengaruhi pola arus yang terjadi.

Lokasi pengambilan sampel dilakukan di Pantai Timur Kabupaten Indramayu Jawa Barat, pada akhir musim penghujan. Curah hujan rata-rata dalam 10 tahun adalah 1,669 mm/tahun dengan jumlah hari 88 hari. Pada tahun 1996 jumlah curah hujan 2,211 mm/tahun dengan jumlah hari 118 hari<sup>[1]</sup>.

Pencemaran yang berasal dari pemukiman terutama berasal dari lumpur buangan domestik, mengandung Cu, Cd, Pb, Zn, As dan Ag di badan air penerima<sup>[2]</sup>. Logam-logam berat juga banyak dijumpai dari berbagai buangan industri, dimana pada umumnya ditemukan logam berat Cu, Cd, Cr, Zn, dan Ni<sup>[2]</sup> atau dari penggunaan aditive pada proses *polymerisasi resin* pada industri plastik seperti Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ba<sup>[3]</sup>. Dalam perjalanannya melalui badan air, logam tersebut akan terakumulasi di laut serta pada biota sebagai Bioakumulasi dan Biomagnifikasi, dimana laut sebagai akhir sekaligus awal dari suatu proses aliran hidrologi<sup>[2]</sup>.

Dari daerah Indramayu dilaporkan, beberapa jenis ikan dan udang terutama dari budidaya tambak mengalami gagal panen yang serius selama hampir setahun lebih pada tahun 1999. Buruknya kualitas air laut setempat ditambah adanya “*gelombang merah*” dimana warna air laut kemerah-merahan berminyak yang melanda sepanjang pantai Indramayu dan sekitarnya atau sekitar 114 km garis pantai dianggap sebagai penyebab kasus tersebut. Masyarakat mengidentifikasi pada kehadiran industri strategis yang ada disana seperti PERTAMINA OEP IV Balongan, POLYTAMA PROPINDO, KATALIS INDOPRATAMA dan PT TBM sebagai sumber pencemaran<sup>[4]</sup>.

Sebagai daerah pesisir pantai, kab. Indramayu memiliki potensi sumberdaya perikanan laut, budidaya tambak juga pariwisata bahari. Pada sektor perikanan, konsumsi atau pasokan hasil ikan propinsi Jawa Barat sekitar 50% berasal dari Indramayu.

Berdasar latar belakang diatas, segala bentuk perubahan sistem keseimbangan ekosistem laut atau pesisir pantai harus sudah dipantau sejak dini untuk diamati kualitasnya pada waktu sekarang dan yang akan datang. Sehingga diperlukan suatu kajian untuk mengetahui konsentrasi logam berat yang terkandung dari perairan pantai Timur Indramayu. Kajian tersebut dilakukan dengan mengambil sampel-sampel lingkungan yang merupakan wakil habitat dari komponen ekosistem perairan pantai Timur Indramayu. Penentuan titik lokasi sampling dapat diambil pendekatan berdasarkan

perbedaan karakteristik daerah, sehingga dapat diketahui perbandingan konsentrasi logam berat dari masing-masing daerah terhadap sumber pencemar potensial yang ada.

Tujuan penelitian ini pertama adalah evaluasi kadar logam berat (Hg, Cd, Cu, Cr, As, dan Zn) dalam sampel air laut, sedimen dan ikan dari lokasi penelitian terpilih di pesisir pantai timur Indramayu dengan metode Aktivasi Neutron (AAN). Kedua untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh titik sampling terhadap kandungan logam berat pada sampel air laut, sedimen dan ikan.

## TATA KERJA

### Alat dan Bahan Penelitian

#### Alat penelitian

Fasilitas iradiasi Lazy Susan (Reaktor Atom Kartini), spektrometer  $\gamma$  dilengkapi detektor Ge(Li) ORTEC, MCA 92X *Spectrum Master* ORTEC dan *Software* Maestro II, peralatan preparasi dan peralatan sampling.

#### Bahan penelitian

1. Sampel penelitian: air dan sedimen pantai diambil dari 5 stasiun lokasi, sedang sampel ikan diambil dari 3 lokasi /3TPI, lihat Gambar 1.
2. Bahan kimia: N<sub>2</sub> Cair, HNO<sub>3</sub> p.a., sumber standar multi  $\gamma$  -<sup>152</sup>Eu, standar primer SRM NIST 2704 (*Buffalo rivers sediment*), *Cellulose Powder* CC41 dari *Whatman, England*, larutan Standar sekunder Hg, Cr, Cu, Zn, Cd dan As.

#### Cara sampling

Cara sampling mengacu pada metode *Environmental Monitoring Specimen Bank* (EMSB, 1995)<sup>[5]</sup>.

#### Preparasi sampel<sup>[6]</sup>

##### Preparasi air laut

Sampel air diasamkan dengan asam nitrat (HNO<sub>3</sub> 0,1 N) *supra pure* sebagai pengawet untuk penyimpanan dalam jangka waktu tertentu, sehingga pH sampel = 2 selanjutnya disaring dan dilakukan pemekatan dengan faktor pemekatan 5. Analisis unsur Hg tanpa pemekatan air (Hg *volatil*), setelah disaring. Untuk radiasai diperlukan sampel air 2 ml.

##### Preparasi sedimen

Sedimen pada nampan plastik dibersihkan dari cangkang kerang, kerikil dsb., dikeringkan pada suhu kamar, kemudian sampel ditumbuk,

diayak lolos 100 mesh dan dihomogenkan. Untuk radiasi, sedimen diambil sebanyak 0,1 gram (*duplo*) dalam *vial polyethylene* untuk masing-masing lokasi.

#### **Preparasi ikan**

Ikan diambil dagingnya, ditumbuk sambil ditambahkan N<sub>2</sub> cair, dikeringkan dalam *Freeze drier* Lyovac GT-2 selama 3x24 jam, diayak lolos 100 mesh, dihomegenkan. Untuk keperluan radiasi diambil sebanyak 0,1 gram dan dimasukkan kedalam *vial polyethylene*.

#### **Preparasi standar**

Standar primer dari SRM *Buffalo rivers sediment* seberat 0,1gr (*duplo*) dimasukkan kedalam *vial*. Standar sekunder padat dibuat dari *Cellulose Powder CC41* sejumlah 0,1 gr, kemudian ditambahkan larutan standar campuran Cd, Cu, Cr, As, Zn (larutan standar campuran B1) dan secara terpisah larutan standar Hg, masing-masing sebanyak 2 ml. Matriks standar tersebut dapat dianggap mendekati matriks sampel padat. Standar sekunder larutan campuran dibuat dengan kadar masing-masing 25 ppm Cd, 10 ppm As serta 50 ppm untuk Cr, Cu dan Zn serta 5 ppm Hg (terpisah) dibuat dari *Fisher Scientific, USA*.

#### **Iradiasi sampel<sup>[7]</sup>**

Masing-masing *vial polyethylene* yang berisi sampel, SRM dan larutan standar sekunder dimasukkan kedalam satu kelongsong (kecuali standar Hg terpisah) untuk diiradiasi bersama-sama selama 12 jam pada fasilitas *lazy susan* (dengan flux neutron berorde  $1,05 \times 10^{11} \text{ n. cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Setelah iradiasi selesai, sampel didinginkan selama 2-3 hari untuk <sup>197</sup>Hg dan <sup>76</sup>As serta 10 -15 hari untuk <sup>115</sup>Cd, <sup>51</sup>Cr, dan <sup>65</sup>Zn agar sinar gamma dari radionuklida berumur pendek diharapkan meluruh habis agar tidak berinteraksi dengan sinar gamma dari unsur (radionuklida) teraktivasi yang akan ditentukan.

#### **Analisis Data**

Analisis kuantitatif dalam AAN dilakukan dengan secara *nisbi*. Cara pengukurannya digunakan suatu zat standar yang mempunyai matriks mendekati sama dengan matriks sampel dengan membandingkan laju cacah sampel dan standar, dapat dihitung kadar suatu unsur dalam sampel. Rumus perhitungan untuk penentuan kadar unsur, keseksamaan (presisi), akurasi, faktor bioakumulasi (F<sub>B</sub>) dan faktor distribusi

(F<sub>D</sub>) menggunakan rumus-rumus sebagaimana dalam A.Taftazani (2001)<sup>[8]</sup>

#### **Uji Hipotesis**

Untuk menguji hipotesis penelitian digunakan uji Anava model Desain Lengkap Acak (*Completely Randomized Design*) untuk menguji pengaruh perlakuan perbedaan lokasi sampling terhadap kandungan unsur logam berat (Hg, Cd, Cr, As dan Zn) dalam sampel air laut, sedimen dan ikan.

#### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Lima stasiun lokasi sampling (masing-masing 3 titik) diambil secara merata sepanjang Pantai Timur (*Purposive Random Sampling*) dengan asumsi tiap stasiun sampling yang dipilih mempunyai kesamaan (homogenitas) kondisi perairan pantainya, tetapi memiliki karakter daerah yang berbeda (Lihat peta Gambar 1).

Analisa kualitatif pada sampel air laut, sedimen dan ikan dari pantai Timur Indramayu mengandung unsur-unsur sebagai berikut:

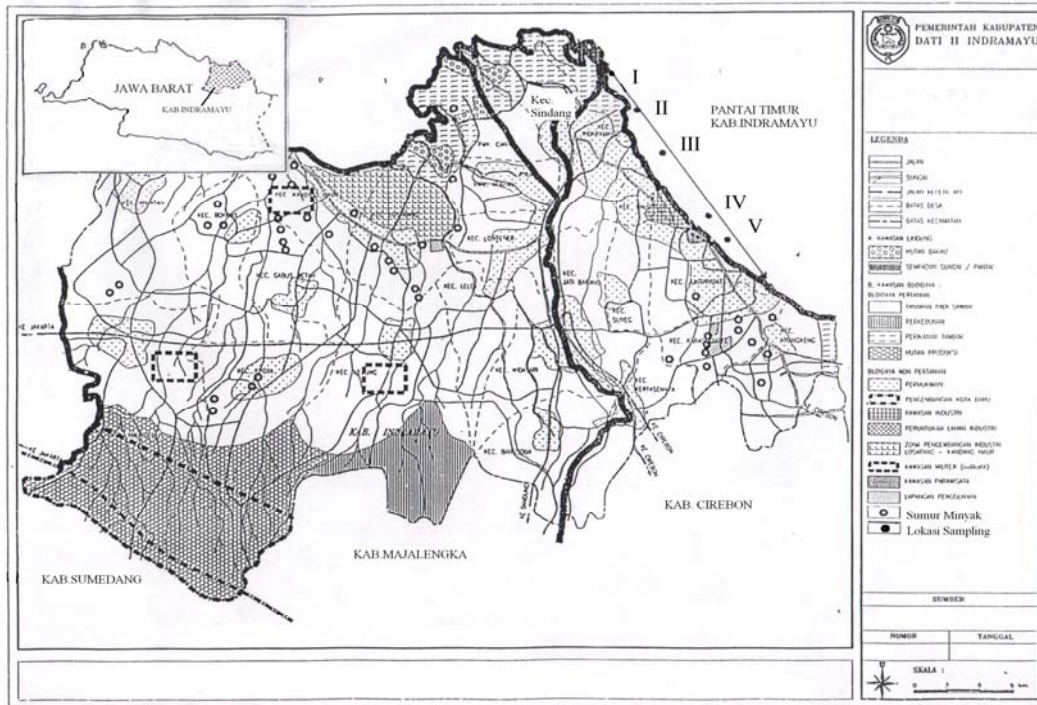
Berdasarkan Tabel 1, pada analisis kualitatif, identifikasi unsur logam berat yang terdeteksi dengan metode AAN menunjukkan adanya 14 unsur. Secara keseluruhan, dari ke 14 unsur tersebut yang terdapat dalam ketiga sampel baik air laut, sedimen dan ikan Kiper laut terdeteksi 9 unsur Hg, Ce, Cr, Cd, As, Fe, Co, Na dan Cl.

Unsur Cu tidak bisa dideteksi karena karakteristik isotop <sup>64</sup>Cu mempunyai dua energi 1345 keV dan 511 keV. Pada energi tinggi 1345 keV tidak bisa dibaca karena tertutup oleh spektrum Na (1368 keV) yang sangat banyak terkandung dalam sampel laut (air, sedimen dan ikan), juga pada energi 511 keV kurang dapat dipercaya, karena pada energi tersebut adalah sama juga dengan energi annihilasi. Analisis Cu dapat dilakukan dengan cara AANR (pemisahan Natrium sebelum iradiasi) pada energi 1345 keV.

Sementara dari unsur yang diteliti, hanya unsur Zn yang tidak bisa dideteksi pada sampel sedimen. Hal tersebut disebabkan tertutupnya puncak tenaga Zn oleh puncak tenaga Sc-46 sehingga tidak bisa ditentukan.

#### **Analisis Kuantitatif**

Penyajian data perhitungan konsentrasi 6 unsur dari masing-masing sampel di lokasi Brondong (Brd), Karang Song (Krs), Singaraja (Sng), Majakerta (Mjk) dan Limbangan (Lim) dapat dilihat pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 5.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel di pantai timur Indramayu

- Lokasi I : Perairan Brondong dekat kawasan tambak dan hutan bakau.  
 Lokasi II : Perairan Karang Song dekat kawasan tambak dan pemukiman.  
 Lokasi III : Perairan Singaraja merupakan daerah peralihan kawasan industri Balongan.  
 Lokasi IV : Perairan Majakerta merupakan daerah peralihan kawasan industri Balongan.  
 Lokasi V : Perairan Limbangan merupakan daerah pariwisata

Tabel 1. Hasil identifikasi unsur dalam sampel air laut, sedimen dan ikan Kiper laut, 12 jam iradiasi, flux neutron  $1,05 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}.\text{det}^{-1}$ , waktu cacah 300 detik

No	Radionuklida	Tenaga (keV)	Sampel		
			Air Laut	Sedimen	Ikan
1	Sm – 145	61,2	Ttd	✓	Ttd
2	Hg – 197	77,6	✓	✓	✓
3	Ce – 141	145,1	✓	✓	✓
4	Cr – 51	320,0	✓	✓	✓
5	Cd – 115	527,7	✓	✓	✓
6	As – 76	559,2	✓	✓	✓
7	Br – 80	617,6	Ttd	✓	✓
8	Cs – 132	667,2	Ttd	✓	Ttd
9	Se – 83	717,8	✓	Ttd	Ttd
10	Fe – 59	1098,6	✓	✓	✓
11	Zn – 65	1115,4	✓	Ttd	✓
12	Co – 60	1173,1	✓	✓	✓
13	Na – 24	1368,4	✓	✓	✓
14	<b>Cu - 64</b>	511,0	<b>Ttd</b>	<b>Ttd</b>	<b>Ttd</b>
		1345,0	<b>Ttd</b>	<b>Ttd</b>	<b>Ttd</b>
15	Cl - 38	1642,0	✓	✓	✓

Keterangan :

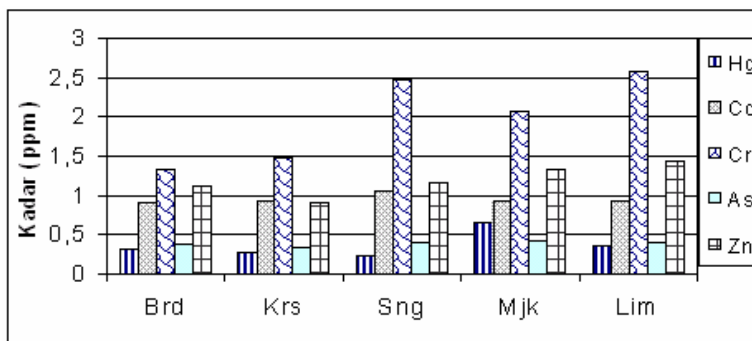
Ttd = Tidak terdeteksi

✓ = Terdeteksi

Sampel Air

Data analisis kuantitatif secara fluktuasi kadar unsur logam berat dalam sampel air laut di

lima lokasi pengambilan sampel ditunjukkan oleh grafik Gambar 2.



Gambar 2. Grafik kandungan logam berat dalam sampel air laut pantai Indramayu di 5 lokasi

Catatan :

K = kadar unsur yang dianalisa (µg/ml atau µ/gr atau ppm)

$$K_{\text{sampel}} = \frac{(CPS)_{\text{sampel}}}{(CPS)_{\text{standar}}} W_{\text{standar}}$$

Unsur Hg yang terdeteksi antara 0,2671-0,6493 ppm dengan lokasi tertinggi di Majakerta. Sedangkan unsur Cd terdeteksi antara 0,9058-1,0549 ppm dengan lokasi tertinggi di Singaraja. Unsur Cr terdeteksi antara 1,3254-2,4843 ppm dengan lokasi tertinggi di Limbangan. Sementara unsur As terdeteksi antara 0,3251-0,4201 ppm dengan lokasi tertinggi di Majakerta dan unsur Zn terdeteksi antara 0,91-1,1682 ppm dengan lokasi tertinggi di Limbangan.

Nilai keseksamaan (presisi) dari setiap pengukuran pada sampel air laut menunjukkan nilai yang cukup baik antara 89,94 - 98,93 %, kecuali data unsur Hg dilokasi Singaraja hanya 82,43%. Hal ini menunjukkan, dari setiap pengukuran mempunyai bias mendekati 10 %. Hanya pada pengukuran unsur Hg di lokasi Singaraja mempunyai nilai keseksamaan 82,43 % yang berarti terjadi bias pengukuran sebesar 17,17 % atau terjadi penyimpangan dalam ketepatan pengukuran sebesar 0,04 ppm.

Bila data kadar unsur dalam air laut dibandingkan dengan nilai dalam Baku Mutu Lingkungan untuk air laut menurut No. 51/Kep. Men KLH/I/2004<sup>[9]</sup> kadar terukur keseluruhan unsur logam berat dalam sampel air laut pantai Timur Indramayu telah jauh diatas nilai batas ambang (NBA: Hg = 0,0006 µg/mL, Cd = 0,05 µg/mL, Cr = 0,10 µg/mL, Cu = 0,05 µg/mL, As = 0,01µg/mL dan Zn = 0,10 µg/mL) yang

dijinkan baik untuk kategori pantai sebagai perairan umum, pariwisata perikanan dan peternakan.

Semua unsur yang terdeteksi dari ke 5 lokasi pengambilan sampling menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu lokasi Brondong dan Karang Song sebagai lokasi terendah dan lokasi Singaraja dan Majakerta sebagai lokasi dengan kadar tertinggi. Hal tersebut dapat dilihat dari peta lokasi sampling (Gb. 1) dimana kedua lokasi tersebut (Singaraja dan Majakerta ) berbatasan langsung dengan kawasan industri Balongan sebagai salah satu sumber potensial pencemar.

Kondisi tersebut sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya oleh BLH PEMDA Indramayu yang melaporkan bahwa kondisi di sekitar pantai Balongan telah mengalami pencemaran Hasil pengujian laboratorium yang dilakukan pada tanggal 15 Desember 1998 dan dilanjutkan pada tanggal 2 Maret 1999 menyimpulkan bahwa TDS, DHL, As, Cd, Pb, Mn, Ni, Zn, NO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub>S telah melebihi NAB yang ditentukan (Anonim, 1999)<sup>[10]</sup>.

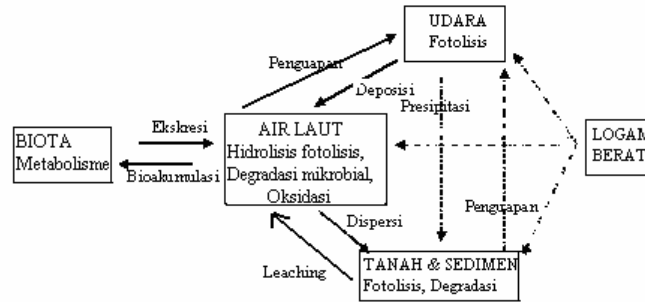
Adanya perbedaan konsentrasi logam berat terukur di setiap titik lokasi sampling dengan menunjukkan kecenderungan Singaraja dan Majakerta sebagai lokasi dengan kadar tertinggi dapat disebabkan oleh:

1. Sifat Psikokimia dari polutan (logam berat ) dalam air laut.
2. Proses transport yang terjadi.
3. Proses transformasi logam berat dalam air laut.

Menurut Connel (1984)<sup>[2]</sup>, sifat Psikokimia mempengaruhi pergerakan dan kenaikan

konsentrasi logam berat dalam air laut ke sedimen dan begitu pula sebaliknya. Mekanisme yang terjadi adalah interaksi antara media (baik air laut dengan sedimen ataupun karena degradasi oleh mikrobiologi laut dalam sedimen). Dalam hal ini faktor kelarutan, koefisien pemisahan dan pengaruh suhu perairan

dapat mempengaruhi konsentrasi logam berat baik berupa ion bebas, berasosiasi dengan partikel tersuspensi ataupun bersenyawa dengan logam lain dalam air laut sebagai senyawa *chloride* menjadi garam chloride ( $HgCl_2$ ) yang juga akan terendapkan dalam sedimen (Connel, 1984)<sup>[2]</sup>.



**Gambar 3.** Skema proses transport dan transformasi logam berat dalam air laut

Mekanisme yang terjadi antara ke 3 proses diatas dalam 3 komponen baik air laut, sedimen dan ikan Kiper (*scatophagus argus*) sebagai biota laut dapat digambarkan seperti Gb.3. Selain ke 3 proses yang menjelaskan mekanisme kelarutan logam berat dalam air laut, juga terdapat faktor dispersi. Mekanisme yang terjadi dimana penyebaran mempunyai suatu pola tergantung dari karakteristik daerah pantainya. Dalam hal ini mekanisme yang terjadi adalah *Hydrodynamics*, dimana pergerakan suatu material dari satu tempat ke tempat yang lain dipengaruhi oleh pola arus yang terjadi sebagai media transportnya. Selain itu turbulensi, pasang surut dan klimatologi di sekitar lokasi tersebut (iklim mikro) menjadi dasar dari pergerakan material dalam air laut.

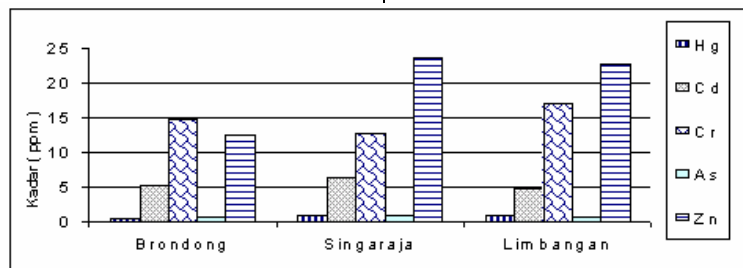
Data dari lapangan selama sampling dan survei menunjukkan pola arus yang terjadi secara keseluruhan di pantai Timur Indramayu terjadi arus Timur yang mengarah ke Barat Daya. Sementara dekat tanjung Indramayu, arus mengalami turbulensi karena tertahan oleh

tanjung sehingga arus berbalik mengarah ke Selatan Tenggara dan bertemu kembali dengan arus Timur.

Hal tersebut ditunjukkan dengan data kandungan logam berat pada sampel air laut dalam Gambar 2, dimana lokasi III (Singaraja) dipengaruhi oleh lokasi IV dan V (Majakerta dan Limbangan). Sementara lokasi I (Brondong) mempunyai kesamaan nilai seperti lokasi V. Bila dikaitkan dengan Balongan sebagai salah satu sumber potensial pencemaran, maka lokasi tertinggi akan ditunjukkan dengan : lokasi III, IV dan V > daripada lokasi II dan I. Atau : Majakerta, Singaraja dan Limbangan > Karang Song maupun Brondong.

#### Sampel Ikan

Hasil pengukuran unsur logam berat dalam sampel ikan Kiper laut (*Scatophagus argus*) dapat dilihat fluktuasinya dari masing-masing lokasi sampling seperti dalam grafik (Gambar 4).



**Gambar 4.** Grafik kandungan logam berat dalam sampel ikan kiper laut (*Scatophagus argus*) dari pesisir pantai Timur Indramayu.

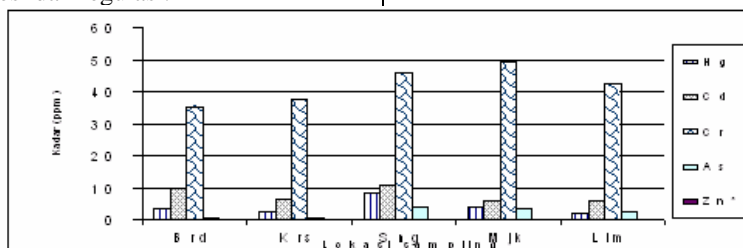
Pada sampel ikan dari hasil pengukuran menunjukkan telah terjadi pencemaran terhadap unsur raksa (Hg) di lokasi Singaraja dan Limbangan menurut Kep. Dirjen POM No.03725/B/SK/VII/1989<sup>[11]</sup>. Batas cemaran yang diijinkan dalam tubuh ikan untuk unsur Hg adalah 0,5 mg/Kg. Sementara kadar terukur dari kedua lokasi tersebut  $0,9773 \pm 0,06$  mg/Kg di lokasi Singaraja dan  $0,8807 \pm 0,06$  di lokasi Limbangan.

Jika ditinjau dari asal lokasi, kedua daerah tersebut mempunyai konsentrasi yang tinggi juga pada sampel air laut dan sedimen. Sehingga ikan yang mempunyai habitat pada kondisi tercemar mempunyai resiko menyerap logam berat melalui insang dan makanan sebagai Biomagnifikasi dan Bioakumulasi. Namun terlihat tidak semua unsur yang terakumulasi melainkan hanya unsur Hg yang memang mempunyai sifat kumulatif pada jaringan otak, syaraf pusat, limpa dan otot. Sehingga tidak bisa dikeluarkan melalui insang, feses ataupun urine dalam proses eksresi dan regulasi.

Banyak penelitian menyebutkan, kenaikan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuh ikan seiring dengan penambahan usia (berat dan ukuran tubuh), variasi musim dan proses penyimpanannya dalam jaringan lemak sebagai absorpsi<sup>[2]</sup>. Proses absorpsi itu sendiri dipengaruhi oleh faktor perubahan sifat psikokimia logam berat dalam air laut (temperatur, pH, salinitas) dan kebiasaan psikologis dari organisma itu sendiri (stress, resistensi, adaptasi) sehingga mempengaruhi kenaikan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuh ikan<sup>[2]</sup>.

#### Sampel sedimen

Pada sampel sedimen laut dari seluruh lokasi sampling di Pantai Timur Indramayu, hasil pengukuran unsur logam berat menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi dari pada sampel air laut dan ikan. Untuk melihat fluktuasi kadar unsur logam berat dari seluruh lokasi sampling pada sampel sedimen laut dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5. Grafik kandungan logam berat dalam sampel sedimen laut pantai Indramayu dari 5 lokasi.**  
Brd = Brondong; Krs = Karang Song; Sng = Singaraja; Mjk= Majakerta; Lim = Limbangan

Hasil analisa pada sampel sedimen seperti ditunjukkan Gambar 5., unsur Hg terdeteksi antara 2,0906 – 8,5019 ppm dengan lokasi tertinggi di Singaraja dan lokasi terendah di Limbangan. Sementara unsur Cd terdeteksi antara 5,81 – 10,92 ppm dengan lokasi tertinggi di Singaraja juga dan lokasi terendah di Majakerta. Unsur Cr terdeteksi antara 35,5686 – 49,32 ppm dengan lokasi tertinggi berada di Majakerta dan lokasi terendah di Brondong. Unsur As terdeteksi antara 0,6195 – 4,3285 ppm dengan lokasi tertinggi di Singaraja dan lokasi terendah di Karang Song. Sementara unsur Zn tidak bisa ditentukan seperti telah dijelaskan dimuka.

Seperti halnya pada pembahasan air laut, sampel sedimen juga menunjukkan kecenderungan yang sama yaitu lokasi Singaraja dan Majakerta menunjukkan penjelasan yang mengarah pada pola transport unsur logam berat oleh arus laut yang terjadi (lihat Gambar 5).

Disini dapat disimpulkan sebelum terjadi sedimentasi logam berat dalam air laut mengalami pencampuran (tersuspensi) dan mempunyai kecenderungan berasosiasi dengan partikel terlarut yang seterusnya terbawa arus dan terendapkan di sedimen. Hal tersebut menjelaskan tingginya konsentrasi terukur pada sampel sedimen jika dibanding dengan sampel air laut.

#### Keandalan pengukuran

Untuk menguji keandalan pengukuran digunakan standar primer diradiasi dan dianalisis. Keakuratan (*accuracy*) hasil pengukuran unsur logam berat dalam sampel sedimen dapat dilihat pada perbandingan hasil pengukuran unsur logam berat dalam standar primer SRM – 2704 “*Buffalo River Sediment*” (Tabel 2).

Tabel 2. Data akurasi analisis unsur Hg, Cd, Cr, As dan Zn dalam SRM-2704 “Buffalo River Sediment”.

No	Unsur	Kadar rata-rata ( $\mu\text{g}/\text{gr}$ )		Akurasi (%)
		Hasil Pengukuran ( $\bar{K}_c$ )	Sertifikat ( $\bar{K}_s$ )	
1.	Hg	$1,54 \pm 0,04$	$1,47 \pm 0,07$	95,39
	Cd	$3,69 \pm 0,52$	$3,45 \pm 0,22$	93,2
	Cr	$142,89 \pm 2,45$	$135,00 \pm 5,00$	94,16
	As	$23,87 \pm 0,26$	$23,40 \pm 0,80$	98,00
	Zn	Tbd*	$438,00 \pm 12,0$	x

Keterangan:

Tbd = Tidak dapat diukur

x = tidak bisa dihitung

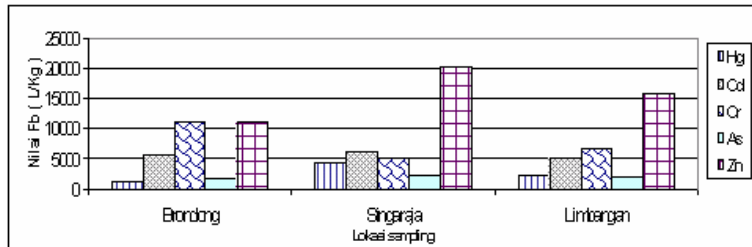
$$\text{Akurasi (\%)} = 100\% - \left| \frac{\bar{K}_c - \bar{K}_s}{\bar{K}_s} \times 100\% \right|,$$

$K_c$  = Konsentrasi hasil pengukuran;

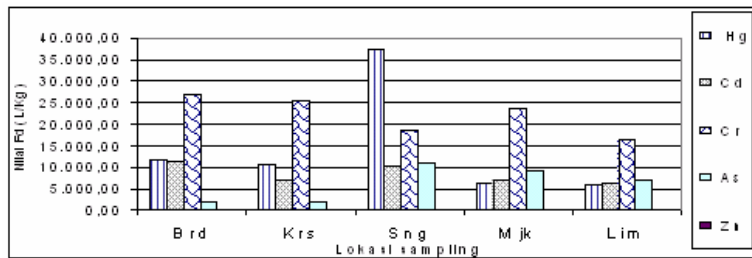
$K_s$  = konsentrasi dalam sertifikat

### Faktor Bioakumulasi dan Faktor Dispersi

Untuk menghitung faktor bioakumulasi unsur logam berat dalam ikan serta faktor distribusi unsur logam berat tersebut dalam sedimen laut, diperlukan data konsentrasi yang terkandung dalam kedua sampel tersebut. Fluktuasi kedua nilai tersebut di seluruh lokasi penelitian dapat dilihat dalam grafik pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 6. Grafik nilai Faktor Bioakumulasi unsur logam berat dalam sampel ikan Kiper laut (*Scatophagus argus*)



Gambar 7. Grafik nilai Faktor Distribusi unsur-unsur logam berat dari lokasi 1 s.d. 5

Catatan :Faktor Bioakumulasi ( $F_B$ ) dari sampel

ikan dihitung dengan rumus:  $F_B = \frac{C_b}{C_w}$  dan

Faktor Distribusi ( $F_D$ ) dari sampel sedimen

dihitung dengan rumus<sup>[12]</sup>:  $F_D = \frac{C_s}{C_w}$ .

dimana :

$C_s$  = Konsentrasi logam berat dalam sedimen ( $\mu\text{g}/\text{g}$ )

$C_w$  = Konsentrasi logam berat dalam air laut ambient ( $\mu\text{g}/\text{ml}$ )

$C_B$  = Konsentrasi logam berat dalam biota ( $\mu\text{g}/\text{g}$ )

Hasil perhitungan faktor Bioakumulasi seperti ditunjukkan pada Gambar 6, nilai faktor Bioakumulasi untuk keseluruhan unsur logam berat pada ikan dari seluruh lokasi berkisar antara 1.205,7 L/Kg sampai 20.151,1 L/Kg. Pada beberapa organisme laut dilaporkan, nilai faktor Bioakumulasi berkisar antara  $10^2 - 10^6$  L/Kg<sup>[2]</sup>, jadi data penelitian ini masih masuk dalam daerah tersebut.



### Analisis Statistik

Uji hipotesis untuk pengaruh perbedaan lokasi pada kandungan keseluruhan logam berat dalam sampel air laut. Berdasarkan data pada Gb.2 . nilai kandungan unsur logam berat dalam sampel air laut dari lokasi I s.d.V dilakukan uji F. Hasil perhitungan menunjukkan sebagai berikut :

Pada unsur raksa (Hg), nilai  $F_{hitung} = 43,54 >$  nilai  $F_{tabel 0,05} = 5,19$ ; untuk unsur Kadmium (Cd), nilai  $F_{hitung} = 8,45 >$  nilai  $F_{tabel 0,05} = 5,19$ ; untuk unsur Krom (Cr) nilai  $F_{hitung} = 21,29 >$  Nilai  $F_{tabel 0,05} = 5,19$ ; untuk unsur Arsen (As) nilai  $F_{hitung} = 11,83 >$  nilai  $F_{tabel 0,05} = 5,19$  dan terakhir unsur Seng (Zn) nilai  $F_{hitung} = 20,96 >$  nilai  $F_{tabel 0,05} = 5,19$ .

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  ditolak dan  $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$  diterima. Data tersebut menunjukkan terdapat beda nyata/signifikan antar masing-masing lokasi sampling terhadap kandungan keseluruhan logam berat yang terukur pada sampel air laut dari lokasi I s.d. V. Dengan metode yang sama, diperlakukan pada sampel sedimen dan ikan. Diperoleh data statistik dan disimpulkan bahwa *terdapat pengaruh yang signifikan* terhadap perbedaan lokasi sampling dari keseluruhan unsur logam berat (Hg, Cd, Cr, As dan Zn) pada sedimen. Namun pada sampel ikan menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu pada unsur Hg disimpulkan terdapat perbedaan pengaruh lokasi sampling terhadap kadar terukur. Sementara pada unsur Cd, Cr, As dan Zn disimpulkan *tidak* terdapat pengaruh yang nyata dari kadar keseluruhan logam berat yang terukur dari masing-masing lokasi sampling.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

Berdasarkan hasil analisis kualitatif unsur terdeteksi 14 unsur dan hasil analisis kuantitatif menyebutkan bahwa, 5 unsur Hg, Cd, Cr, As, Zn terdapat dalam semua sampel. Unsur Cu tidak terdeteksi dalam semua sampel.

Konsentrasi logam berat terukur pada sampel air laut menunjukkan telah di atas NBA baku mutu lingkungan untuk air laut menurut SK No. 51/KepMenKLH/2004 Lokasi dengan kadar tertinggi berada di lokasi Singraja dan Majakerta.

Konsentrasi Logam berat terukur dalam sampel sedimen laut > sampel ikan > sampel air

laut. Hal tersebut menunjukkan telah terjadi akumulasi kandungan logam berat dalam sedimen dasar perairan dan ikan. Lokasi tertinggi ditunjukkan oleh lokasi Singaraja dan Majakerta.

Konsentrat logam berat terukur pada sampel ikan laut menunjukkan telah terjadi pencemaran terhadap unsur Hg di atas ketentuan yang telah ditetapkan oleh Kep Dirjen POM No. 03725/B/SK/VII/1989.

Hasil perhitungan  $F_B$  untuk keseluruhan unsur logam berat pada ikan dari seluruh lokasi berkisar antara  $1,2 \times 10^3$  L/Kg sampai  $20,1 \times 10^3$  L/Kg. Nilai  $F_D$  yang terukur dari keseluruhan lokasi pada semua unsur logam berat berkisar antara  $1,9 \times 10^3$  L/Kg sampai  $37,4 \times 10^3$  L/Kg. Pada umumnya nilai  $F_D > F_B$  untuk semua unsur kecuali Zn.

Berdasarkan uji statistik dengan menggunakan metode Anava model Desain Acak Lengkap dengan derajat kepercayaan  $\alpha_{0,05}$  menunjukkan pada sampel air laut, keseluruhan unsur Hg, Cd, Cr, As dan Zn disimpulkan perbedaan lokasi sampling mempunyai pengaruh yang signifikan. Pada sampel sedimen menunjukkan hasil yang sama, kecuali unsur Cr, sedang pada sampel ikan hasil pengujian statistik menunjukkan tidak terjadi pengaruh perbedaan lokasi sampling, kecuali unsur Hg.

### DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIM, 1997. *Neraca Sumber Daya Alam Daerah Kabupaten Daerah Tingkat II Indramayu (Laporan Akhir)*. Pemerintah Daerah Tingkat II Kabupaten Indramayu Tahun Program 1996/1997
2. CONNELL, D.W. *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution*, Env. Science and Technology, Willey Interscience Publication (1984).
3. SHREEVE S. M. *Chemical Process Industries*, Fourth Ed., Inter - student Ed., Mc. Graw Hill Inc (1975).
4. OUSHJ. *Fenomena Industrialisasi, Limbah dan Amdal - Lingkungan Hidup PEMDA Telah Mati*, Tabloid Exodus, edisi 05 Thn. 01, 13 Des - 27 Des (1999).
5. AGUS TAFTAZANI, A. PRAMUDITA, K. TRI BASUKI, S. WIDAYATI, NGASIFUDIN. *The Indonesian Pilot Projects On Environmental Monitoring and Specimen Bank (EMSB)*. Proceedings of Indonesia-German Symposium on

- Environmental Monitoring and Specimen Bank, Yogyakarta-Indonesia, December 12-13 1995. Scientist series of the Int. Bureau Vol. 41, Juelich, Germany (1995).
6. AGUS TAFTAZANI, KRIS TRI BASUKI, MD. SUBAKIR, SISTOJO PRAMUSISWOJO, JHONY WAHYUADI. *Evaluasi Kadar Logam Berat Co, Cr, dan Hg Pada Air dan Ikan di Sungai Surabaya Dengan Metode Akativasi Neutron*. Proceeding FTUI Seminar-Quality in Research Volume IV. Kampus UI Depok, 3-6 August (1999).
  7. AGUS TAFTAZANI, SUMINING, KRIS TRI BASUKI. *Penggunaan Makrobentos sebagai Bioindikator Radioaktivitas Lingkungan Perairan Jawa I*. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Litdas Iptek Nuklir. PPNY-BATAN Yogyakarta 14-15 Juli (1999).
  8. AGUS TAFTAZANI, SUMINING dan KRIS TRI BASUKI. *Unjuk Kerja AAN pada Analisis Logam Berat dalam Cuplikan Lingkungan*. Puslitbang Teknik Nuklir-BATAN. Bandung, 23 Juni (2001).
  9. ANONIM, 2004. *Keputusan Menteri Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor: Kep-51/MENKLH/I/1988 Tentang Penetapan Baku Mutu Lingkungan*
  10. ANONIM. *Neraca Kualitas Lingkungan Hidup Daerah (NKLHD) Buku II (Laporan Akhir)*. Pemerintah Daerah Kabupaten Indramayu- Bagian Lingkungan Hidup (1999)
  11. ANONIM. Kep. Dirjen POM No. 03725/B/SK/VII/1989 (1989).
  12. TAFTAZANI, A., BASUKI, K.T., SUMINING, SASONGKO, D.P., KUSMINARTO. *Faktor Distribusi dan Bioakumulasi Radionuklida dalam Sedimen dan Kerang di Perairan Pantai Semarang*. Sem. Nas. VII Kimia dalam Industri dan Lingkungan. JASAKIAI, Yogyakarta 15-16 Desember (1998).

---

## TANYA JAWAB

### Gatot Suhariyono

- *Dalam kesimpulan ditulis Cu tidak terdeteksi, padahal alat ukur dengan metode AAN pulsanya berhimpitan, jadi sebaiknya ditulis unsur Cu dapat dideteksi secara kualitatif tetapi tidak dapat diukur secara kuantitatif atau tidak usah ditampilkan unsur Cu-nya!*

### Agus Taftazani

- Terima kasih atas pertanyaan/usulnya.
- Unsur Cu tidak baik ditentukan pada energi 511 keV (annihilasi) dan pada energi 1345 keV yang berdekatan dengan unsur natrium (yang kadarnya tinggi pada sampel dari laut). Jadi akan kami tulis : unsur Cu tidak baik (valid) ditentukan pada energi 511 & 1345 keV, sehingga kadarnya diragukan.

### Sutarman

- *Bagaimana cara sampling air laut, sedimen dan ikan?. Mengapa yang diambil ikan kiper?, mohon dijelaskan!*
- *Saran: apa yang diberikan kepada penduduk di sekitar lokasi sampling?, karena ada data yang > batas ambang?*

### Agus Taftazani

- Cara sampling air laut, sedimen dan ikan: Air laut dengan water sampler 2 x 5 L, sedimen dengan Eickman Dredger sebanyak 2 x 5 kg, ikan kiper  $\pm$  3 kg tiap lokasi dengan besar ikan yang relatif seragam. Ikan kiper dipilih karena ia ikan yang relatif menetap (bertelur dan besar di lokasi yang sama/berdekatan) di karang.
- Sebelum memberi saran masyarakat/orang luar, lebih baik analisisnya harus diulangi lagi (sampling periodik/variasi waktu, dan sebagainya), maka data analisis akan lebih meyakinkan, kemudian dilaporkan kepada Pemda setempat untuk ditindak lanjuti/pencegahan, dan sebagainya.