

## SEBARAN LOGAM BERAT DALAM IKAN, ALGAE, AIR DAN SEDIMEN LAUT DI SEMENANJUNG LEMAHABANG MURIA

Sukirno., J Djati Pramana., Sumining  
Puslitbang Teknologi Maju

### ABSTRAK

**SEBARAN LOGAM BERAT DALAM IKAN, ALGAE, AIR DAN SEDIMEN LAUT DI SEMENANJUNG LEMAHABANG MURIA.** Telah dilakukan analisis logam berat pada ikan kerapu, algae, air dan sedimen laut dari semenanjung Muria Jepara dengan metoda analisis aktivasi neutron (AAN). Iradiasi cuplikan dilakukan selama 12 jam dengan menggunakan fasilitas Lazy Susan dengan fluks neutron  $0,585 \times 10^{11} \text{ .n.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Pengukuran dilakukan dengan cara komparatif untuk menghindari kesalahan karena parameter fluks netron. Dari hasil analisis terdapat 6 unsur yang diperhatikan dengan menggunakan spektrometri gamma dengan detektor Ge(Li). Unsur-unsur tersebut yang terkandung dalam algae, ikan kerapu, air dan sedimen laut adalah Co, Sb, Sc, Fe, Cr dan Cd. Konsentrasi unsur yang tertinggi dalam sedimen adalah Fe =  $65,625 \pm 3,12 \%$  dan unsur yang terendah adalah Co =  $0,00256 \pm 0,00045 \mu\text{g/g}$ , konsentrasi yang ada di air laut. Metoda ini memberikan harga presisi dan akurasi relative < 10% untuk semua unsure.

### ABSTRACT

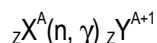
**THE DISTRIBUTION OF HEAVY ELEMENT FROM FISH, ALGAE, WATER AND SEA SEDIMENT IN LEMAHABANG MURIA PENINSULA.** The analysis of heavy elements from fish, algae, water and sea sediments in Muria peninsula Jepara has been carried out using neutron activation analysis (NAA) method. Irradiation of sample was carried out for twelve hours with using Lazy Susan facility with neutron flux of  $0.585 \times 10^{11} \text{ .n.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Comparative mode of measurements was used for avoiding the effects of neutron flux parameters on the results. The result of analysis using gamma spectrometry with a Ge(Li) detector showed that there were 6 elements which observed. Those elements contained in algae, fish, water and sea sediment were Co, Sb, Sc, Fe, Cr and Cd. The highest element concentration found in sediment was Fe of  $65.625 \pm 3.12 \%$  and the lowest was Co of  $0.00256 \pm 0.00045 \mu\text{g/g}$  for sea water. This method give precision and relative accuracy of < 10 % for all elements.

### PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia khususnya di daerah pantai utara pulau Jawa seperti Semarang dan Gresik sudah semakin pesat. Termasuk rencana pemerintah dengan akan beroperasinya industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tanjung Jati B di Tubanan pada tahun 2005 dan rencana lokasi pembangunan Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) telah dilakukan studi tapak dan studi lingkungan pada tahun 1991 – 1996 oleh konsultan NEWJEC<sup>(1)</sup> dari Jepang, serta diikuti pembangunan industri-industri lainnya. Dengan perkembangan industri tersebut tidak menutup kemungkinan terjadinya polusi terhadap lingkungan khususnya polusi zat bukan radioaktif antara lain anorganik logam atau interaksinya dengan salah satu medium lingkungan terlarut, padatan yang dapat berpindah dari salah satu tempat ke tempat lain. Maka perlu sedini mungkin diamati kualitas lingkungan pada waktu sekarang dan akan datang di sekitar daerah tersebut.

Kerusakan sumber daya kelautan tidak hanya disebabkan oleh pengelolaan dan pemanfaatannya yang tidak ramah lingkungan, tetapi juga disebabkan oleh pencemaran. Sekitar 70 % pencemaran laut berasal dari sumber di darat, termasuk kota-kota besar, industri, konstruksi, pertanian, kehutanan dan pariwisata<sup>(2)</sup>. Zat pencemar yang merupakan ancaman terbesar bagi lingkungan laut adalah limbah selokan, bahan kimia, sedimen, sampah padat dan plastik, limbah radioaktif dan minyak. Beberapa diantaranya bahan tersebut mengandung racun, lambat laun terurai dalam lingkungan dan berakumulasi dalam makluk hidup. Dalam air laut logam berat terdapat dalam bentuk terlarut dan tersuspensi, dan kadar sangat rendah, yaitu berkisar antara  $10^{-5}$  –  $10^{-2}$  ppm<sup>(3)</sup>. Dalam kondisi alami ini logam berat dibutuhkan oleh organisme hidup untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya.

Analisis aktivasi neutron (AAN) adalah suatu metoda analisis unsur-unsur dalam suatu bahan cuplikan yang menggunakan hasil radioaktif buatan dari unsur-unsur stabil. Prinsip dasar AAN adalah apabila suatu bahan cuplikan yang terdiri dari berbagai unsur kimia dibombardir dengan neutron termal, maka akan terjadi penangkapan neutron oleh unsur-unsur tersebut. Proses pembentukan radioaktif akibat reaksi ini disebut aktivasi neutron. Sinar  $\gamma$  yang dipancarkan oleh berbagai radionuklida dalam cuplikan dapat dianalisis secara spektrometri  $\gamma$ . Analisis kualitatif dilakukan berdasarkan penentuan tenaga sinar  $\gamma$ , sedangkan analisis kuantitatif dilakukan dengan menentukan berdasarkan intensitasnya<sup>(4,5,6)</sup>. Reaksi yang terjadi dalam reaktor nuklir, dapat secara singkat ditulis seperti di bawah:



Hasil aktivasi Y bersifat radioaktif dan memancarkan sinar  $\gamma$  dengan beberapa tenaga yang spesifik dengan waktu paro yang tidak sama setiap radionuklida dalam suatu bahan cuplikan. Tujuan penelitian ini adalah tersusunnya data rona awal logam berat biota dan abiotik di daerah calon tapak PLTN Ujung Lemahabang, yang mengakomodasikan data lingkungan terkini dalam rangka memperoleh izin tapak dan AMDAL PLTN. Penelitian juga bertujuan untuk melindungi lingkungan dan segala isinya dari bahaya kontaminasi dan akumulasi logam berat maupun zat-zat radioaktif agar tidak melampaui baku mutu lingkungan yang berlaku baik secara nasional maupun internasional.

## TATA KERJA

### Bahan

Standar sekunder yang mengandung unsur-unsur (Sc, Cr, Cd, Co, Sb dan Fe), standar primer berupa NBS kode SRM 2704 dan SRM 1645 river sediment,  $\text{HNO}_3$ , air, sedimen laut, algae dan ikan kerapu, serbuk selulosa, dan aquabides.

### Alat

Reaktor Nuklir Kartini, seperangkat spektrometer gamma dengan detektor Ge(Li), timbangan analitik Ohaus-GT 410, ayakan Karl Kolb 100 mesh, agat porselin, lumpang tahan karat, vial polietilen, cawan, pemanas lampu, kompor listrik wadah cuplikan berlabel. Wadah sampling: algae, cool box tempat pendinginan ikan, freezer dan alat-alat gelas

### Cara kerja

#### Sampling

Cuplikan algae merah, algae hijau algae coklat dan ikan kerapu, air dan sedimen laut diambil di laut sekitar Lemahabang pada musim penghujan (27 Februari 2003) dan musim kemarau (23 Juli 2003). Algae dipisahkan sesuai dengan jenisnya, dimasukkan dalam kantong plastik untuk dibawa ke laboratorium dan disimpan dalam freezer. Ikan kerapu dipancing diperairan Lemahabang dan sebagian dibeli pada nelayan. Ikan tersebut dimasukkan dalam cool box kemudian dibawa ke laboratorium dan di dalam freezer sebelum dilakukan preparasi. Air laut diambil 5 liter kemudian diteteskan 5 ml  $\text{HNO}_3$  dan sedimen diambil sekitar 5 kg basah.

#### Preparasi

Cuplikan algae merah (rhodophyceae), coklat (phaeophyceae) dan hijau (chlorophyceae) dipisahkan sesuai dengan jenisnya, dibersihkan dari kotoran kemudian dicuci dengan menggunakan aquabides dimasukkan dalam lumpang tahan karat, untuk siap ditumbuk. Ikan kerapu (ephiphelus tauvina) diambil dagingnya kemudian ditimbang dan dimasukkan ke dalam lumpang tahan karat untuk siap ditumbuk. Air laut diuapkan dalam cawan sampai menjadi kristal dan sedimen dibersihkan dari kotoran kemudian dikeringkan dalam udara terbuka.

Algae dan ikan kerapu masing-masing ditumbuk dalam lumpang tahan karat dibantu dengan menggunakan  $\text{N}_2$  cair. Setelah halus dikeringkan dengan menggunakan lampu pengering, selanjutnya dilakukan penggerusan dan pengayakan dengan 100 mesh lolos kemudian diserbasamakan dan dimasukkan dalam wadah penyimpanan berlabel. Sedimen yang telah kering ditumbuk dalam lumpang tahan karat dan disaring kemudian diserbasamakan dan masukan dalam tempat yang bebas kontaminasi dan berlabel.

Cuplikan algae sesuai jenisnya dan ikan kerapu, kristal garam dan sedimen laut dimasukan dalam vial iradiasi dengan berat tertentu. Ditimbang juga standar sekunder dan primer dalam vial. Cuplikan bersama-sama dengan standar sekunder di dalam kelongsong iradiasi, kemudian diradiasi pada fasilitas Lazy Susan selama 12 jam dengan fluks neutron  $0,585.10^{11} \text{ n.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Cuplikan lingkungan dan standar yang telah selesai diiradiasi didinginkan selama 12 hari kemudian dilakukan pencacahan, hasil pencacahan disimpan dalam file komputer. Pencacahan dilakukan dengan menggunakan Maestro II EG&G spektrometer gamma Ortec dengan detektor Ge(Li).

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui kadar dalam cuplikan adalah sebagai berikut (persamaan 1)

$$W_C = \frac{C_C}{C_S} \times W_S \quad (1)$$

$W_C$  &  $W_S$  = Kadar unsur yang diperhatikan & kadar unsur dalam standar (mg/kg)

$C_C$  &  $C_S$  = Laju cacah untuk cuplikan dan standar (cps)

Untuk menghitung presisi digunakan persamaan (2) dan akurasi persamaan (3)

$$\text{Presisi} = \left[ \frac{S_C}{K_R} \right] \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Akurasi} = \left[ \left| \frac{K_S - K_T}{K_S} \right| \right] \times 100\% \quad (3)$$

dengan

$S_C$  = Simpangan baku latar & cuplikan

$K_R$  = Kadar rerata cuplikan (mg/kg)

$K_S$  = Kadar unsur sertifikat (mg/kg)

$K_T$  = Kadar unsur terukur (mg/kg)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penentuan secara kualitatif

Penentuan unsur secara kualitatif dilakukan dengan menentukan tenaga dari puncak-puncak spektrum kemudian dicocokkan dengan tabel isotop, pada umumnya isotop mempunyai lebih dari satu tenaga<sup>(6, 8)</sup> dan dipilih yang mempunyai probabilitas yang paling besar. Pada Tabel 1, disajikan hasil analisis kualitatif ada 6 unsur yang diperhatikan dalam cuplikan lingkungan kelautan merupakan proses (n,  $\gamma$ ) analisis aktivasi neutron

Tabel 1: Analisis kualitatif Proses (n, $\gamma$ ) dengan aktivasi neutron

Unsur	Reaksi	Isotop	Tenaga (KeV)	T $\frac{1}{2}$	Pobabilitas, %
Cd	$^{114}\text{Cd}(n, \gamma) ^{115}\text{Cd}$	$^{115}\text{Cd}$	336,3; 527	2,23 h	46,10; 32,90
Sb	$^{121}\text{Sb}(n, \gamma) ^{122}\text{Sb}$	$^{122}\text{Sb}$	564,1; 692,8	2,7 h	71,0; 3,92
Cr	$^{50}\text{Cr}(n, \gamma) ^{51}\text{Cr}$	$^{51}\text{Cr}$	320	27,7 h	100
Sc	$^{45}\text{Sc}(n, \gamma) ^{46}\text{Sc}$	$^{46}\text{Sc}$	889,3; 1120,5	83,85 h	99,98; 99,99
Fe	$^{58}\text{Fe}(n, \gamma) ^{59}\text{Fe}$	$^{59}\text{Fe}$	1098,6; 1291,5	45,6 h	50,0; 40,0
Co	$^{59}\text{Co}(n, \gamma) ^{60}\text{Co}$	$^{60}\text{Co}$	1173,1; 1332,4	5,26 t	100; 100

### Penentuan secara kuantitatif

Setelah diketahui beberapa jenis unsur logam yang diperhatikan dalam cuplikan secara kualitatif, maka selanjutnya adalah penentuan secara kuantitatif. Analisis kuantitatif ini dilakukan dengan cara relatif yaitu metoda komparatif unsur-unsur dalam cuplikan dibandingkan dengan unsur-unsur yang ada dalam standar sekunder, dengan menggunakan persamaan (1)

Hasil kuantitatif logam berat yang terdapat dalam algae baik pada musim kemarau disajikan pada Tabel 2. Pada musim penghujan algae tidak diambil hal ini disebabkan pada musim tersebut algae sukar didapat, dan tidak representatif. Hasil data yang tersaji kelihatan tidak begitu mencolok untuk masing-masing kadar yang ada pada musim kemarau. Kadar Fe terlihat paling besar konsentrasinya yaitu sekitar  $37,899 \pm 0,539$  mg/kg terdapat pada algae hijau pada musim kemarau, sedangkan kadar tekecil adalah tidak terdeteksi sampai dengan  $0,055 \pm 0,001$  mg/kg merupakan logam berat Sb yang terdapat pada algae merah pada kedua musim

Data hasil analisis logam berat dan beracun dalam sidemen dan air laut disajikan pada Tabel 3. Pada tabel tersebut konsentrasi berbeda signifikan adalah besi (Fe) dengan kadar yang terhitung sebesar  $65,505 \pm 13,12$  % pada musim kemarau, hal ini menunjukkan bahwa sedimen yang diambil banyak mengandung besi (dalam %).

Tabel 2 : Hasil analisis kuantitatif unsur dalam cuplikan (mg/kg) algae pada musim kemarau

Unsur	Musim kemarau		
	Coklat	Merah	Hijau
Cd	$2,088 \pm 0,024$	$0,781 \pm 0,116$	$2,434 \pm 0,142$
Cr	ttd	ttd	$0,289 \pm 0,089$
Sb	ttd	$0,055 \pm 0,001$	ttd
Sc	$0,246 \pm 0,048$	$0,145 \pm 0,017$	$0,191 \pm 0,024$
Fe	$16,723 \pm 3,744$	$29,487 \pm 3,703$	$37,899 \pm 0,539$
Co	$1,726 \pm 0,0705$	$2,966 \pm 0,475$	$3,957 \pm 1,042$

Keterangan : ttd = tidak terdeteksi

Sedang logam berat yang terkecil pada sedimen merupakan logam berat Cd mempunyai kadar  $1,456 \pm 0,115$  mg/kg untuk logam Sb pada sedimen tidak terdeteksi pada musim kemarau.

Tabel 3: Hasil analisis kuantitatif unsur dalam cuplikan sedimen laut (mg/kg), dan air laut (mg/l), musim penghujan dan kemarau

Unsur	Musim penghujan		Musim kemarau	
	Air laut	Sedimen	Air laut	Sedimen
Cd	$0,004 \pm 0,0004$	$1,31 \pm 0,1$	$0,009 \pm 0,001$	$1,456 \pm 0,115$
Cr	$0,005 \pm 0,0009$	$1,42 \pm 0,1$	$0,0051 \pm 0,007$	$14,201 \pm 1,931$
Sb	$0,0009$	$0,23 \pm 0,02$	$0,0018 \pm 0,003$	ttd
Sc	$0,0025 \pm 0,0004$	$11,3 \pm 0,5$	$0,006 \pm 0,001$	$23,669 \pm 1,257$
Co	$0,04 \pm 0,004$	$64,8 \pm 13,1$	$0,00150 \pm 0,001$	$13,395 \pm 0,550$
Fe			$0,0862 \pm 0,021$	$65,505 \pm 13,12$ *

Catatan untuk Fe (\*) = kadar dalam %

Tabel 4: Hasil analisis kuantitatif unsur dalam cuplikan ikan kerapu (mg/kg)

Unsur	Musim kemarau	Musim penghujan
Cd	$0,0383 \pm 0,006$	$0,017 \pm 0,04$
Cr	ttd	$0,003 \pm 0,0004$
Sb	$0,012 \pm 0,003$	$0,008 \pm 0,0006$
Sc	$0,003 \pm 0,0008$	$0,018 \pm 0,003$
Co	$0,035 \pm 0,005$	$0,91 \pm 0,019$
Fe	$2,118 \pm 0,430$	

Konsentrasi yang disajikan dalam Tabel 3, masih jauh di bawah baku mutu air laut dan biota laut yang diperbolehkan. Khusus untuk logam Cr dan Cd, yang menurut Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No Kep-02/MENKJ/II/1988<sup>(11)</sup> diperbolehkan atau terdapat dalam air laut adalah sebesar 0,01 mg/l. Sedangkan pada Tabel 3 terlihat konsentrasi untuk Cr dan Cd masing-masing adalah  $0,0039 \pm 0,0004$

mg/l dan  $0,0074 \pm 0,0009$  mg/l. Pada Surat Keputusan tersebut logam lain yang tertera dalam Tabel 3, tidak tercantum dalam baku mutu akan tetapi diperkirakan konsentrasinya lebih besar dari pada 0,01 mg/l.

Hasil pengukuran logam berat pada ikan kerapu tersaji pada Tabel 4. Terlihat bahwa logam berat yang terdeteksi merupakan unsur kelumit, dan pada musim penghujan logam Sc dan Sb tidak terdeteksi, sedangkan pada musim kemarau logam Cr tidak terdeteksi. Logam yang kadarnya terbesar adalah Fe dengan konsentrasi sebesar  $2,118 \pm 0,430$  mg/kg pada musim kemarau. Logam berat dan beracun yang tersajikan pada Tabel 4, masih jauh di bawah batas maksimum (1 sampai dengan 100 ppm) cemaran logam dalam makanan terutama makanan ikan dan hasil olahan, menurut keputusan DIRJEN Pengawasan Obat dan Makanan<sup>(10)</sup> No: 03725/B/SK/VII/89.

### Pengujian Mutu Hasil Analisis

Presisi dan akurasi, sangat perlu dilakukan untuk menguji kualitas hasil analisis dari suatu perhitungan pencacahan cuplikan dengan menggunakan teknik pencacahan spektrometri gamma. Hasil presisi dari perhitungan dengan menggunakan persamaan (2) dan akurasi dengan menggunakan persamaan (3) dapat disajikan pada Tabel 4. Pengaruh semua parameter terhadap keberhasilan hasil analisis dapat dievaluasi dengan melihat besaran presisi (kesesamaan) dan akurasi (ketelitian) pengukuran.

Kesesamaan hasil analisis dipengaruhi oleh deviasi standar atau simpangan baku dari pengukuran yang dilakukan berulang ulang. Harga presisi semakin kecil maka data perhitungan pencacahan semakin baik. Pada Tabel 5 terlihat harga presisi masih di bawah 10 %. Sedangkan ketelitian hasil analisis dapat dilihat dari seberapa dekat kadar unsur hasil analisis yang diperhatikan dengan kadar unsur yang tercantum dalam sertifikat. Semakin dekat kadar unsur yang diperhatikan dengan kadar yang ada tercantum dalam sertifikat berarti penggunaan metoda AAN untuk analisis logam berat semakin baik. Hal ini menunjukkan hasil akurasi yang dihitung pada Tabel 5 sekitar (3 % - 10 %) maka hasil analisis cukup baik dan dapat dipertanggung jawabkan untuk analisis lingkungan terutama cuplikan padatan pada unsur kelumit maupun mayor. Untuk analisis dengan metoda AAN akurasi yang diperbolehkan maksimum adalah lebih kecil 15 %.

Tabel 5. Data hasil pengukuran NBS kode SRM 1645 dan SRM 2704 river sediment, Pada penentuan presisi dan akurasi

Unsur	Pengukuran		Data sertifikat, mg/kg	Akurasi (%)
	AAN, mg/kg	Presisi (%)		
Cd	$9,45 \pm 0,72$	7,62	$10,2 \pm 1,5$	7,35
Sb	$139,56 \pm 9,87$	7,07	$135 \pm 5$	3,37
Cr	$3,98 \pm 0,41$	10,30	$3,79 \pm 0,15$	5,01
Sc	$2,14 \pm 0,21$	8,97	2	7,00
Fe	$12,11 \pm 1,17$	9,66	$11,3 \pm 1,2$	7,17
Co	$11,01 \pm 0,98$	8,90	$10,1 \pm 0,6$	9,01

### KESIMPULAN

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari hasil pembahasan dan penting untuk diingat adalah sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan metoda AAN dapat ditentukan 6 unsur logam berat dan beracun (Cd, Cr, Sb, Sc, Co dan Fe) yang diperhatikan dalam cuplikan algae, ikan kerapu, air dan sedimen laut pada musim penghujan dan kemarau, dan logam-logam tersebut yang terdeteksi dalam cuplikan pada musim penghujan tidak jauh berbeda. dengan musim kemarau.
2. Kadar unsur logam berat dan beracun yang terdapat dalam ikan kerapu yang diperhatikan masih jauh di bawah batas maksimum cemaran logam dalam makanan menurut SK DIRJEN Pengawasan Obat dan Makanan No 03725/B/SK/VII/89.
3. Akurasi terhitung sekitar (3 % - 10 %) maka hasil analisis cukup baik dan dapat dipertanggung jawabkan untuk analisis cuplikan lingkungan, pada analisis dengan metoda AAN

#### DAFTAR PUSTAKA

1. NEWJEC. Laporan Environment Impact Assessment Report, Feasibility Study of the First Nuclear Power Plant at Muria Peninsula Region. Jakarta (1996)
2. WARDANA, W.A., DAMPAK PENCEMARAN LINGKUNGAN, Andi Offset Yogyakarta, (1995)
3. ASIAH NINIEK. T.W., dkk., "Pengkajian Karakteristik Pencemar Air Laut di Daerah Pesisir dan Pantai di Indonesia., P3KRBin-BATAN., Jakarta (2001)
4. TOJO. T. Instrumental Neutron Activation Analysis. BATAN JAERI, Training Course on Radiation Measurement and Nuclear Spectroscopy. Jakarta (1998)
5. GRIMANIS, A.P., "Neutron Activation Analysis In Greece", Significance and Impact of Nuclear Research In Developing Countries., IAEA, VIENNA (1987)
6. SUKIRNO., SUDARMADJI., "Aplikasi APN Untuk Menentukan Multiunsur dalam sedimen., Prosiding PPI, P3TM BATAN., Yogyakarta (1999)
7. SAEFUL. Y. dkk. "Pengembangan AANI di Reaktor G.A. Siwabessy Untuk Analisis lingkungan. PIK Radiasi dan Lingkungan. PPSN Batan.Jakarta (1993)
8. ERDTMANN, G., NEUTRON ACTIVATION TABLES., New York (1976)
9. IAEA., Measurement of Radionuclides in Food and The Environment., A Guide Book., Tech Rep Ser No 295, IAEA, Vienna (1989)
10. Surat Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan No 03725/B//SK/VII/89. Jakarta (1989)
11. Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No Kep-02/MENKJI/1988. Jakarta (1988)