

PENENTUAN KADAR Hg, Cd, Fe DALAM BIOTA DAN RAMBUT KONSUMENNYA DENGAN TEKNIK PENGAKTIFAN NEUTRON CEPAT

Zainul Kamal, M. Yazid, Sunardi

Puslitbang Teknologi Maju - Batan

ABSTRAK

PENENTUAN KADAR Hg, Cd, Fe DALAM BIOTA DAN RAMBUT KONSUMENNYA DENGAN TEKNIK PENGAKTIFAN NEUTRON CEPAT. Telah dilakukan penentuan kualitatif dan kuantitatif, terhadap ikan, kerang, udang, rambut. Ikan, kerang dan udang diperoleh dari lokasi Tritih, Sleko, dan Prencah, rambut diambil dari lokasi Surabaya dan Krakal. Cuplikan-cuplikan tersebut diiradiasi dengan menggunakan akselerator dengan metode Pengaktifan Neutron Cepat selama 30 menit. Secara kualitatif, unsur-unsur yang terkandung di dalam ikan, kerang, udang, rambut dan air adalah : Hg, Cd, Fe, Mn, Cr, Al, dan Eu. Secara kuantitatif didalam ikan, konsentrasi Fe = 2,53 ppm, Hg = 9,95 ppm, dan Cd = 2,27 ppm. Dalam kerang, konsentrasi Fe = 1,09 ppm, Hg = 7,44 ppm. Pada udang konsentrasi Hg = 8,12 ppm, Cd = 2,03 ppm. Pada rambut konsentrasi Hg = 2,56 ppm, Cd = 1,77 ppm.

ABSTRACT

DETERMINATION OF Hg, Cd AND Fe CONTENTS IN BIOTA AND HAIR CONSUMER USING FAST NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS. The ratio of Hg, Fe and Cd content in fish, lobster and kerang in Prencah, Sleko and Tritih, hair of consumer from Krakal and Surabaya have been analysis using neutron activation analysis method. The result of analysis showed that qualitatively the contents of fish, lobster and kerang are Hg, Cd, Fe, Mn, Cr, Al, and Eu, in fish, concentration of Fe = 2,53 ppm, Hg = 9,95 ppm, and Cd = 2,27 ppm, in kerang, concentration of Fe = 1,09 ppm, Hg = 7,44 ppm, in lobster concentration of Hg = 8,12 ppm, Cd = 2,03 ppm and in hair, concentration of Hg = 2,56 ppm, Cd = 1,77 ppm.

PENDAHULUAN

Limbah industri dan rumah tangga yang mengandung logam Hg, Cd, Fe pada waktu tertentu dapat mencemarkan perairan. Limbah tersebut dibuang ke perairan Cilacap (Tritih, Sleko, Prencah) yang di dalamnya terdapat ikan, kerang dan udang. Biota-biota tersebut dikonsumsi oleh para nelayan maupun pihak lain yang menyukai biota tersebut sebagai bahan konsumsinya oleh para konsumen di beberapa daerah antara lain Krakal dan Surabaya. Di dalam tubuh konsumen, Hg, Cd, Fe di *ekskresikan* kedalam rambut, dimana kandungan unsur logam tersebut dalam rambut sangat kecil sehingga rambut dapat digunakan sebagai indikator adanya hubungan antara kadar Hg, Cd, Fe dalam tubuh manusia dengan kadar Hg, Cd, Fe dalam biota^[1].

Permasalahan yang ditimbulkan adalah Hg, Cd, Fe pada tingkat tertentu dapat mengganggu dan merusak kesehatan manusia, karena logam tersebut beracun tidak dapat dihancurkan oleh organisme lain, sukar mengalami proses pelapukan, dapat diakumulasi, kadarnya sangat kecil sehingga untuk mengetahui kadarnya diperlukan teknik analisis yang sangat peka antara lain teknik Analisis Pengaktifan Neutron Cepat (APNC).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar logam Hg, Cd dan Fe yang terdapat di dalam air, kerang, ikan, udang dan rambut di wilayah Surabaya, Krakal, Tritih, Sleko, dan Prencah dengan metode Analisa Pengaktifan Neutron Cepat (APNC).

METODE PENELITIAN

BAHAN, ALAT DAN CARA PENELITIAN

BAHAN

Cuplikan yang dianalisis yaitu ikan, kerang dan udang yang diambil dari beberapa lokasi perairan di Indonesia, diantaranya Tritih, Sleko dan Prencah, sedangkan rambut konsumennya adalah rambut laki-laki dan rambut perempuan yang diambil di Surabaya dan Krakal.

ALAT

Beberapa peralatan yang biasa digunakan di Laboratorium Kimia dan Neraca Digital Ohaus GT-410 Germany untuk membantu kelancaran dari penelitian ini. Sebagai wadah digunakan plastik klip untuk cuplikan ikan, kerang, udang, rambut dan

cuplikan standar, sedangkan untuk cuplikan air digunakan vial plastik dan Generator Neutron.

CARA PENELITIAN

Cuplikan ikan, kerang, udang dan rambut masing-masing diambil dan ditimbang sebanyak 250 – 500 mg dengan menggunakan neraca digital, kemudian dimasukkan ke dalam plastik klip dan diberi label sesuai dengan lokasi pengambilannya, cuplikan siap diiradiasi.

Iradiasi cuplikan dilakukan dengan Pengaktifan Neutron Cepat (Bidang Akselerator P3TM-BATAN, Yogyakarta) selama \pm 30 menit. Setelah itu cuplikan dan cuplikan standar tersebut dicacah dan dianalisa dengan menggunakan Spektrofotometer γ ^[6].

Penentuan kadar Hg, Cd, Fe ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$W_c = \frac{Cps. cuplikan}{Cps. s\ tan\ dar} \times W_s \quad (1)$$

dengan W_c = kadar cuplikan

W_s = kadar cuplikan standar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menguji keandalan metode maka digunakan SRM 1577b (Bovine Liver) dan hasil analisis SRM menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh cukup akurat sehingga APNC dapat digunakan sebagai metode analisis. Hasil analisis SRM 1577b (Bovine Liver) dinyatakan pada Tabel 1.

Hasil analisis kualitatif menunjukkan bahwa unsur-unsur logam berat yang terkandung di dalam cuplikan ikan, kerang, udang, rambut dan air adalah:

Hg-199, Cd- 115m, Cd-115, Fe-54, Mn-56, Cr-52, Cd-106, Al-28, Ar-40 dan Eu-151. Secara lengkap hasil analisis kualitatif disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengukuran kadar logam dalam SRM 1577b (Bovine Liver).

Jenis SRM	Unsur	Kadar ($\mu\text{g/g}$)		Bias %
		Pengukuran	Sertifikat	
SRM No. 1577b (Bovine Liver)	Hg	00,00294 \pm 0,00126	0,003	1,833
	Cd	0,42175 \pm 0,0413	0,50 \pm 0,03	15,650
	Fe	132,8705 \pm 43,1493	184 \pm 15	2,919
	Co	0,2741 \pm 0,0489	0,25	9,670

Keterangan: SRM = Standard Reference Material

Sumber: Data Sekunder, Agustus 2001

Tabel 2. Data kualitatif unsur-unsur yang terdapat pada kerang, ikan dan udang dengan waktu iradiasi 30 menit, waktu cacah 120 detik, lokasi Prencah, Sleko dan Tritih.

No.	Nama Isotop	Tenaga (keV)	Waktu Paruh	Prencah			Sleko			Tritih		
				Kr	Ik	Ud	Kr	Ik	Ud	Kr	Ik	Ud
1	Hg-199	458	3,14 hari	Tt	Tt	Tt	Tt	Tt	Tt	Tt	Tt	Tt
2	Cd-155m	484,9	44 hari	Tt	T	T	Tt	Tt	T	Tt	T	T
3	Cd-155	492,5	53 jam	Tt	Tt	Tt	Tt	Tt	Tt	Tt	Tt	Tt
4	Fe-54	511	8,53 menit	T	Tt	Tt	T	T	Tt	T	Tt	Tt
5	Mn-56	846,9	2,58 jam	T	Tt	Tt	T	T	Tt	Tt	Tt	Tt
6	Cr-52	1434,2	3,775 menit	Tt	Tt	Tt	Tt	Tt	T	Tt	Tt	Tt
7	Cd-106	1692,9	55,5 menit	Tt	Tt	Tt	Tt	Tt	T	Tt	Tt	Tt
8	Al-28	1778	2,31 menit	T	Tt	Tt	T	Tt	Tt	T	Tt	T
9	Ar-40	3102,4	5.06 menit	T	Tt	Tt	Tt	T	Tt	T	Tt	Tt

10	Eu-151	4065	12,6 hari	Tt	T	T	Tt	Tt	T	Tt	T	Tt
----	--------	------	-----------	----	---	---	----	----	---	----	---	----

Sumber : Data Primer, Juli 2001

Keterangan : T = Terdeteksi, Tt = Tidak Terdeteksi
Kr = Kerang, Ik = Ikan, Ud = Udang

Tabel 3. Data kualitatif unsur-unsur yang terdapat pada rambut perempuan dan rambut laki-laki dengan waktu iradiasi 30 menit, waktu cacah 120 detik, lokasi Surabaya.

No.	Nama Isotop	Tenaga (keV)	Waktu Paruh	Jenis Cuplikan	
				Rambut Perempuan	Rambut Laki - laki
1	Hg-199	458	3,14 hari	Tt	Tt
2	Cd-155m	484,9	44 hari	Tt	Tt
3	Cd-155	492,5	53 jam	Tt	T
4	Fe-54	511	8,53 menit	T	Tt
5	Mn-56	846,9	2,58 jam	Tt	Tt
6	Cr-52	1434,2	3,775 menit	Tt	Tt
7	Cd-106	1692,9	55,5 menit	Tt	Tt
8	Al-28	1778	2,31 menit	Tt	Tt
9	Ar-40	3102,4	5.06 menit	Tt	Tt
10	Eu-151	4065	12,6 hari	T	T

Tabel 4. Data kualitatif unsur-unsur yang terdapat pada rambut perempuan dan rambut laki-laki dengan waktu iradiasi 30 menit, waktu cacah 120 detik, lokasi Krakal.

No.	Nama Isotop	Tenaga (keV)	Waktu Paruh	Jenis Cuplikan	
				Rambut Perempuan	Rambut Laki - laki
1	Hg-199	458	3,14 hari	Tt	Tt
2	Cd-155m	484,9	44 hari	Tt	Tt
3	Cd-155	492,5	53 jam	T	T
4	Fe-54	511	8,53 menit	Tt	Tt
5	Mn-56	846,9	2,58 jam	Tt	Tt
6	Cr-52	1434,2	3,775 menit	Tt	Tt
7	Cd-106	1692,9	55,5 menit	Tt	Tt
8	Al-28	1778	2,31 menit	Tt	Tt
9	Ar-40	3102,4	5.06 menit	Tt	Tt
10	Eu-151	4065	12,6 hari	T	T

Sumber : data Primer, Juli 2001

Keterangan : T = Terdeteksi, Tt = Tidak terdeteksi

Tabel 5. Hasil analisis kandungan logam berat dalam ikan, kerang dan udang dengan waktu iradiasi 30 menit, waktu cacah 120 detik, lokasi Prencah, Tritih dan Sleko.

No	Lokasi Cuplikan	Unsur	Kadar (ppm)		
			Ikan	Kerang	Udang
1	Prencah	Hg	5,38	12,26	5,89
		Cd	0,23		0,24
		Fe		0,0084	
2	Tritih	Hg		4,47	14,64
		Cd			
		Fe			
3	Sleko	Hg	14,51	5,58	3,38
		Cd			0,17
		Fe	0,025	0,013	

Tabel 6. Hasil analisis kandungan logam berat dalam rambut perempuan dan rambut laki-laki dengan waktu iradiasi 30 menit, waktu cacah 120 detik, lokasi Prencah, Tritih dan Sleko.

No	Lokasi Cuplikan	Unsur	Kadar (ppm)	
			Rambut Perempuan	Rambut Laki - laki
1	Surabaya	Hg	3,56	1,09
		Cd	0,17	0,15
		Fe		
2	Kralak	Hg	3,12	2,44
		Cd	0,18	0,21
		Fe		

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan 2 metode dalam menganalisa data, yaitu analisa kualitatif dan kuantitatif. Analisa kualitatif dilakukan dengan mengamati puncak-puncak spektrum dari unsur-unsur logam yang terkandung di dalam cuplikan, sedangkan untuk analisa kuantitatif dilakukan dengan membandingkan unsur-unsur logam yang terkandung dalam cuplikan terhadap unsur-unsur logam yang terkandung dalam cuplikan standar. Analisa kuantitatif bertujuan untuk menentukan kadar dari suatu unsur logam yang terkandung di dalam cuplikan .

Unsur logam berat yang dapat diamati pada analisa kualitatif ini adalah : Hg-199, Cd- 115m, Cd-115, Fe-54, Mn-56, Cr-52, Cd-106, Al-28, Ar-40 dan Eu-151. Tampilan spektrum dari unsur logam yang diperoleh dari pencacahan, cukup sulit untuk diamati secara kualitatif karena puncak-puncak spektrum dari logam-logam tersebut tertutup oleh luas puncak yang ada, terutama pada logam-logam yang mempunyai radioaktivitas rendah. Gangguan pengamatan ini disebabkan karena adanya protein, natrium dan fosfor yang terkandung di dalam cuplikan ikan, kerang, dan udang. Setelah diiradiasi natrium berubah menjadi radionatrium, sedangkan fosfor berubah menjadi ³²

P yang merupakan pemancar partikel β . Radionatrium dengan radio-aktifitas yang tinggi dapat menyebabkan luas puncak menjadi tinggi sehingga kesalahan pengukuran akan menjadi sangat besar.

Berdasarkan Tabel 1 - 6, menunjukkan bahwa cuplikan ikan, kerang dan udang di lokasi Prenchah unsur-unsur logam yang terkandung yaitu : Cd-115m dengan energi 484,9 keV, Al-28 dengan energi 1778 keV, Ar-40 dengan energi 3102,4 keV dan Eu-151 dengan energi 4065 keV. Sedangkan di lokasi Sleko, unsur-unsur logam yang terkandung dalam cuplikan ikan, kerang dan udang yaitu : Cd-115m dengan energi 484,9 keV, Fe-54 dengan energi 511 keV, Mn-56 dengan energi 846 keV, Cr-52 dengan energi 1434,2 keV, Cd-106 dengan energi 1692,9 keV, Ar-40 dengan energi 3102 keV dan Eu-151 dengan energi 4065 keV. Pada lokasi Tritih cuplikan biota yang dianalisa hanya ada dua macam yaitu kerang dan udang. Unsur-unsur yang terkandung pada kedua cuplikan biota tersebut yaitu : Cd-115m dengan energi 484,9 keV, Fe-54 dengan energi 511 keV, Al-28 dengan energi 1778 keV dan Ar-40 dengan energi 3102,4 keV.

Berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa di dalam jaringan tubuh ikan, kerang dan udang banyak terdapat unsur-unsur logam berat, diantaranya logam Cd, dimana logam ini dapat menyebabkan kematian dan kelumpuhan total pada jaringan tubuh.^[1] Hal ini menunjukkan bahwa pada lokasi Prenchah, Sleko, dan Tritih perlu dijaga keseimbangan ekosistemnya, terutama terhadap peningkatan kadar unsur-unsur logam berat dan beracun.

Pada cuplikan rambut laki-laki dan perempuan yang berlokasi di Surabaya, hasil penelitian menunjukkan bahwa di dalam cuplikan rambut tersebut terdapat unsur-unsur logam berat, yaitu : Cd-115 dengan energi 492,5 keV, Fe-54 dengan energi 511 keV, dan Eu-151 dengan energi 4065 keV. Sedangkan di lokasi Krakal unsur-unsur logam berat yang terkandung di dalam cuplikan rambut laki-laki dan perempuan, yaitu : Cd-115 dengan energi 492,5 keV, Cr-52 dengan energi 1434,2 keV dan Eu-151 dengan energi 4065 keV.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa dalam tubuh konsumen, baik yang berlokasi di Surabaya ataupun di Krakal sebagian besar mengandung unsur logam Cd dan Eu yang diakumulasi dalam tubuh. Dalam hal ini konsumen tersebut adalah manusia. Adanya unsur-unsur logam di dalam tubuh manusia dapat disebabkan oleh banyak hal, salah satunya adalah melalui makanan yang dikonsumsi, dimana di dalam

makanan yang dikonsumsi mengandung logam berat.^[5]

Dari tabel diperoleh hasil kandungan logam berat dalam cuplikan yang dianalisa secara kuantitatif. Untuk cuplikan ikan, kerang dan udang yang berlokasi di Prenchah logam Hg yang terkandung berkisar antara 5,38–12,26 ppm, dan logam Cd berkisar antara 0,23–0,24 ppm. Sedangkan logam Fe hanya terdapat pada cuplikan kerang dengan kadar sebesar 0,0084 ppm.

Di lokasi Tritih hanya cuplikan kerang dan udang yang dianalisa dan unsur logam yang terkandung pada kedua cuplikan tersebut adalah Hg dengan kadar berkisar 4,47–14,64 ppm. Sedangkan logam Cd dan Fe tidak terdapat pada kedua cuplikan ini. Di lokasi Sleko Hg yang terkandung dalam cuplikan ikan, kerang dan udang berkisar antara 3,38–14,51 ppm, sedangkan Cd hanya terdapat pada cuplikan udang dengan kadar sebesar 0,17 ppm dan Fe yang terkandung berkisar antara 0,13 – 0,025 ppm.

Pada cuplikan rambut laki-laki dan rambut perempuan yang berlokasi di Surabaya untuk kandungan Hg berkisar antara 1,09–3,56 ppm, sedangkan kandungan Cd berkisar antara 0,15–0,17 ppm. Logam Fe untuk cuplikan rambut laki-laki dan rambut perempuan yang berlokasi di Surabaya dan Krakal tidak terdapat pada cuplikan ini.

Pada analisa kuantitatif penentuan kadar dibatasi pada unsur-unsur logam berat Hg, Cd dan Fe. Berdasarkan hasil penentuan kadar terhadap cuplikan ikan, kerang dan udang di lokasi Prenchah, kandungan unsur logam yang terkecil adalah Fe, yaitu pada cuplikan kerang (0,0084 ppm). Sedangkan kandungan unsur logam terbesar adalah Hg, yaitu pada cuplikan kerang (12,26 ppm). Untuk cuplikan kerang dan udang yang berlokasi di Tritih hanya terdapat kandungan Hg saja. Sedangkan logam Fe dan Cd terdapat pada kedua cuplikan tersebut. Dan kandungan Hg yang terbesar terdapat pada cuplikan udang (14,64 ppm). Di lokasi Sleko kandungan unsur logam terkecil yang terkandung dalam cuplikan ikan, kerang dan udang adalah Fe, yaitu pada cuplikan kerang (0,013 ppm), sedangkan kandungan unsur logam terbesar adalah Hg, yaitu pada cuplikan ikan (14,51 ppm). Dari ketiga lokasi pengambilan cuplikan ini, daerah Tritih kandungan logamnya sedikit dibandingkan daerah Prenchah dan Sleko. Hal ini menunjukkan bahwa daerah Tritih keseimbangan ekosistemnya lebih baik dibandingkan daerah Prenchah dan Sleko.

Pada cuplikan rambut perempuan dan laki-laki yang berlokasi di Surabaya unsur logam

terbesar yang terkandung pada cuplikan tersebut adalah Hg, yaitu pada cuplikan rambut perempuan (3,56 ppm), sedangkan unsur logam terkecil adalah Cd, yaitu pada cuplikan rambut laki-laki (0,15 ppm). Di lokasi Krakal unsur logam terbesar yang terdapat pada cuplikan rambut perempuan dan laki-laki adalah Hg, yaitu pada cuplikan rambut perempuan dan kandungan terkecil adalah Cd, yaitu pada cuplikan perempuan. Untuk kedua cuplikan ini baik di lokasi Surabaya ataupun Krakal unsur logam Fe terdapat pada cuplikan ini. Cd, yaitu pada cuplikan rambut perempuan. Untuk kedua cuplikan ini baik di lokasi Surabaya ataupun Krakal unsur logam Fe tidak terdapat pada cuplikan ini.

Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada cuplikan rambut perempuan kandungan unsur logamnya lebih besar dibandingkan rambut laki-laki. Hal ini berarti perempuan lebih banyak mengonsumsi zat-zat yang mengandung unsur logam dibandingkan laki-laki.

Dari keseluruhan cuplikan di atas, terlihat bahwa Hg merupakan unsur logam terbanyak yang terkandung di dalam cuplikan, sedangkan Fe merupakan unsur logam yang paling sedikit yang terkandung di dalam cuplikan.

Berdasarkan hasil penelitian, baik kualitatif maupun kuantitatif menunjukkan bahwa di dalam tubuh biota (ikan, kerang dan udang) banyak mengandung unsur-unsur logam berat, dimana diantara unsur-unsur logam berat tersebut adalah logam beracun, yang membahayakan kesehatan, dan apabila kelebihan logam tersebut dapat menyebabkan kematian. Adanya logam-logam berat ini di dalam tubuh biota sebagian besar adalah karena pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh pembuangan limbah industri dan rumah tangga. Pembuangan limbah industri tersebut paling banyak dilakukan ke perairan. Sehingga secara otomatis biota-biota yang terdapat di perairan tersebut akan tercemar oleh logam-logam berat hasil dari pembuangan limbah industri.

Ikan, kerang dan udang merupakan salah satu dari biota yang banyak dikonsumsi oleh manusia. Dan jika biota-biota tersebut mengandung unsur-unsur logam berat, kemudian dikonsumsi oleh manusia maka secara tidak langsung manusia itu sendiri akan tercemar. Hal ini telah dibuktikan melalui cuplikan rambut.

Pada kadar tertentu, logam berat ini memang berguna bagi jaringan tubuh, karena apabila tubuh kekurangan unsur-unsur logam berat akan menyebabkan efek defisiensi (*deficiency syndrome*), namun sebaliknya apabila tubuh kelebihan unsur logam berat, maka logam tersebut akan menjadi

racun yang dapat membahayakan kesehatan dan apabila batas maksimalnya terlewati, maka dapat menyebabkan kematian.

Kadar logam berat pada suatu perairan selalu berubah-ubah, konsentrasinya bisa naik turun. Hal tersebut disebabkan karena kondisi dari perairan yang labil. Faktor-faktor yang mempengaruhi kandungan logam dalam air adalah perubahan kondisi lingkungan yang tidak teratur, curah hujan dan pergerakan arus gelombang. Perubahan ini secara langsung mempengaruhi biota yang terdapat di perairan tersebut. Konsentrasi tiap logam yang terkandung dalam biota selalu berbeda-beda. Selain faktor-faktor di atas, perbedaan kadar logam dalam tubuh biota juga disebabkan oleh kemampuan dari biota itu sendiri dalam mengabsorpsi dan mengekresikan logam yang terdapat di perairan tersebut.

Kerang lebih mudah mengakumulasi logam berat dibandingkan dengan ikan yang mempunyai mobilitas yang tinggi. Adsorpsi logam oleh biota tergantung pada beberapa faktor antara lain ; kadar garam pada air, alkalinitas pada air, temperatur, pH, besar kecilnya biota, adanya senyawa kimia lain dan kondisi kelaparan dari biota.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Di lokasi Prencah pada cuplikan ikan, kandungan Hg = 5,38 ppm, Cd = 0,27 ppm. Cuplikan kerang kandungan Hg = 12,26 ppm, logam Cd tidak terdapat pada cuplikan ini dan Fe sebesar 0,0084 ppm. Cuplikan udang kandungan Hg = 5,89 ppm, Cd = 0,24 ppm dan unsur logam Fe tidak terdapat pada cuplikan ini. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan logam berat pada kerang cukup tinggi sehingga perlu dijaga kelestarian perairan di lokasi tersebut.
2. Di lokasi Tritih unsur logam yang terkandung dalam cuplikan kerang dan udang adalah Hg, sedangkan Fe dan Cd tidak terdapat pada cuplikan tersebut. Pada cuplikan kerang kandungan Hg = 4,47 ppm. Kandungan Hg pada udang cukup tinggi, mengingat efek dari logam berat yang sangat berbahaya maka kesinambungan ekosistemnya perlu dijaga.
3. Di lokasi Sleko pada cuplikan ikan kandungan Hg = 14,51 ppm, Cd tidak terdapat pada cuplikan ini, Fe = 0,025 ppm. Cuplikan kerang

kandungan Hg = 5,58 ppm, Cd tidak terdapat pada cuplikan ini, Fe = 0,013 ppm. Cuplikan udang kandungan Hg = 3,38 ppm, Cd = 0,17 ppm dan logam Fe tidak terdapat pada cuplikan ini. Dari ketiga logam berat ini,

4. Hg yang paling banyak dikandung oleh cuplikan, mengingat logam Hg sangat beracun maka perlu ditingkatkan lagi kelestarian ekosistem.
5. Di lokasi Surabaya kandungan logam berat pada cuplikan rambut perempuan dan laki-laki untuk Hg = 3,56 ppm dan 1,09 ppm, Cd = 0,17 ppm. Di lokasi Krakal pada cuplikan rambut laki-laki dan rambut perempuan untuk Hg = 2,24 ppm dan 3,12 ppm, Cd = 0,21 ppm dan 0,18 ppm. Dari hasil penelitian ini membuktikan bahwa pencemaran lingkungan pada akhirnya akan sampai pada manusia, salah satu penyebabnya adalah melalui makanan yang dikonsumsi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] AGUS TAFTAZANI dkk., *Studi Sebaran Logam Berat Hg, Cd, Fe, Co Dalam Terang Bukur (Cardenin Uledu) dan Sedimen Dari perairan Pantai Semarang Dengan Metode APN*, Prosiding PPI IPTEK Nuklir, Yogyakarta, 2001.
- [2] IAEA, *Nuclear Techniques for Toxic Elements in Foodstuff*, Report on an IAEA Co-ordinated Research Programme, IAEA, Vienna, 1994.
- [3] MURYONO dkk., *Metode Analisa Pengaktifan Neutron Untuk Identifikasi dan Determinasi Unsur-unsur Toksik (As, Cu dan Cr) Dalam Algae di Lingkungan Pantai Muria dan Krakal Jateng*, Prosiding PPNY-BATAN, Yogyakarta, 1994.
- [4] SUMINING dkk, *Penentuan Unsur Mayor, Minor dan Kelumit Dalam Cuplikan Air Sungai dan Air Laut sekitar Muria*, Prosiding PPNY – BATAN, Yogyakarta, 1997.
- [5] UNDERWOOD, E.J, *Trance Element in Human and Animal Nutrition*, thitd ed., Academic Press New York and London, 1971.
- [6] WISNU SUSETYO dkk, *Spektrofotometri Gamma*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 1998.
- [7] ZAINUL KAMAL dkk, *Penentuan Kadar Logam-logam dan Radionuklida dalam Ikan, Bintang dan Gasing serta Relevansinya dengan Pencemaran Lingkungan*, Belum dipublikasikan.

TANYA JAWAB

Agus Purwadi

- Mengapa energi yang digunakan PNC tidak disebutkan dalam judul makalah (yang optimum).
- Dari 10 jenis cuplikan (Tabel 2), mengapa cuma pada no. 4 dan 10 (rambut perempuan) dan no. 3 dan 7 (rambut laki-laki) yang dapat terdeteksi?
- Mengapa orang laki-laki dominan Cd-155 dan rambut orang perempuan Fe-54?

Zainul Kamal

- Energi yang digunakan 14,5 MeV.
- Karena kadar logam-logam tersebut sangat kecil, di bawah batas deteksi alat.
- Karena Cd mudah diakumulasi di dalam rambut laki-laki sedang Fe mudah diakumulasi di dalam rambut perempuan.

Sumaryadi

- Apa maksud dan tujuan dilakukan analisis pada biota dan rambut.

Zainul Kamal

- Untuk mengetahui kandungan logam dalam biota melebihi batas yang diijinkan sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan biota tipe layak/tak layak dikonsumsi.
- Untuk mengetahui apakah rambut dapat dipakai sebagai indikator pencemaran logam.