

## STUDI PLUTONIUM $^{239/240}\text{Pu}$ DALAM SEDIMEN DI PERAIRAN SLUKE, REMBANG

Nindita Eka Setyahandani, Sri Yulina Wulandari, Murdahayu Makmur\*)

Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,  
Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang, Telp/Fax (024) 7474698, 50275 Semarang

Email : [ninditaeka@gmail.com](mailto:ninditaeka@gmail.com), [yulina.wulanda@gmail.com](mailto:yulina.wulanda@gmail.com), [mdahayu@batan.go.id](mailto:mdahayu@batan.go.id)

### Abstrak

Persebaran Radionuklida dapat berasal dari atmosfer maupun run off sungai. Radionuklida yang berada di atmosfer jatuh ke samudra lalu terbawa oleh arus. Arus global dan global fallout merupakan salah satu faktor adanya radionuklida di Perairan Sluke. Perairan Sluke merupakan perairan yang dimanfaatkan dalam kegiatan penangkapan ikan dan aktivitas PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) sehingga perlu dilakukan pemantauan keadaan lingkungan. Salah satu radionuklida yang berbahaya dan digunakan oleh manusia yaitu  $^{239/240}\text{Pu}$ . Radionuklida ini berbahaya karena memiliki radioksisitas yang tinggi dan waktu paro yang panjang.  $^{239/240}\text{Pu}$  memiliki sifat mudah mengendap pada sedimen, terutama pada sedimen yang berbentuk lempung. Radioaktivitas Pu kemungkinan lebih besar di sedimen dibandingkan dengan di air. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai distribusi  $^{239/240}\text{Pu}$  di sedimen berdasarkan jenis sedimen dasar di Perairan Sluke. Informasi ini juga sebagai data dasar (baseline), yang dapat menjadi tolak ukur terjadinya kontaminasi Pu di masa mendatang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberagaman besaran radioaktivitas  $^{239/240}\text{Pu}$  dalam sedimen berkisar antara  $5,0 \times 10^{-4}$  hingga  $2,9 \times 10^{-3}$  Bq/Kg dengan rata-rata  $1,4 \times 10^{-3}$  Bq/Kg. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa distribusi besaran radioaktivitas  $^{239/240}\text{Pu}$  pada perairan Sluke, Rembang cukup dipengaruhi oleh jenis sedimen lanau pada wilayah tersebut.

**Kata kunci:** Sedimen,  $^{239/240}\text{Pu}$ , Perairan Sluke Rembang

### Abstract

Distribution of Radionuclides can be derived from the atmosphere and run off the river. Radionuclides in the atmosphere fell into the ocean and then carried away by the current. Global flows and global fallout is one of the factors for radionuclides in waters Sluke. Sluke waters are waters used in fishing activities and the activities of the power plant ( steam power plant ) that need to be monitoring the state of the environment. One of radionuclides and used by human is  $^{239/240}\text{Pu}$ . These radionuclides are dangerous because it has a high radiotoxicity and long half-life. Pu is easily settles in sediment, especially in the form of clay sediment. Radioactivity of Pu is likely to be greater in sediment than water. The purpose of this research was to obtain information about distribution  $^{239/240}\text{Pu}$  in sediment type of sediment in Sluke water, Rembang. This research also used as a base information to measure the contamination of Pu in future time. The results showed, that the amount of  $^{239/240}\text{Pu}$  radioactivity in sediment were between  $5,0 \times 10^{-4}$  to  $2,9 \times 10^{-3}$  Bq/Kg with an average  $1,4 \times 10^{-3}$  Bq/Kg. The conclusion of this research was the distribution of  $^{239/240}\text{Pu}$  radioactivity in Sluke waters, Rembang was quite influenced by type of sediment silt in the region.

**Keywords:** Sediment,  $^{239/240}\text{Pu}$ , Sluke Waters Rembang

## **1. Pendahuluan**

Salah satu perairan yang berada di bagian utara Laut Jawa yaitu Perairan Sluke yang terdapat di Kabupaten Rembang. Perairan Sluke merupakan perairan yang dimanfaatkan dalam kegiatan penangkapan ikan dan aktivitas PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) sehingga perlu dilakukan pemantauan keadaan lingkungannya. Radionuklida antropogenik lebih berbahaya dibandingkan dengan radionuklida alam. Salah satu radionuklida antropogenik adalah  $^{239/240}\text{Pu}$ . Radionuklida ini berbahaya karena memiliki radioksisitas yang tinggi dan dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui jalur pernafasan dan pencernaan (IAEA, 1989).

Radionuklida  $^{239}\text{Pu}$  memiliki sifat mudah mengendap pada sedimen yaitu pada sedimen berbentuk lempung sehingga radioaktivitas  $^{239}\text{Pu}$  kemungkinan akan lebih besar berada di sedimen dibandingkan di air (Lunjanienne et al., 2011). Rata-rata teridentifikasinya plutonium di sedimen dapat mencapai 50% dari jumlah plutonium yang berada di air. Hal ini diakibatkan oleh aktifitas biologi dan pengadukan yang tinggi yang terjadi pada perairan tersebut (Livingston et al., 2001).

## **2. Materi dan Metode Penelitian**

### **A. Materi Penelitian**

Materi yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer yang merupakan data utama yang diambil secara langsung dan data sekunder yang merupakan data yang diambil secara tidak langsung. Data primer yang diambil meliputi sedimen dasar. Untuk data sekunder yang digunakan yaitu peta batimetri Perairan Sluke, Rembang.

### **B. Metode Penelitian, Pengolahan dan Analisis Data**

#### **Metode Penentuan Lokasi Sampling**

Penentuan titik stasiun pengambilan sampel ditentukan dengan menggunakan alat GPS (Global Positioning System) menggunakan metode sampling purposive, metode ini merupakan teknik dengan mempertimbangkan keadaan tertentu dalam penentuan sampel (Sugiyono, 2011).

#### **Pengambilan Data Sedimen**

Pengambilan sampel sedimen dasar menggunakan sedimen grab. Sampel sedimen diambil sebanyak 1 Kg. Sampel yang telah diambil dimasukkan ke dalam wadah Plastic zipper dan dipersiapkan untuk analisis kimia dan jenis sedimen dasar.

#### **Analisa Sedimen Dasar**

Analisa sedimen dasar dilakukan dengan tahap pertama yaitu mengklasifikasikan ukuran butir sedimen (Granulometri) dengan cara melakukan penyaringan dan pemipetan. Hasil ukuran butir sedimen kemudian diplotkan berdasarkan skala wentworth, selanjutnya dilakukam pemplotan dalam segitiga penamaan sedimen. Metode pemipetan ini mengacu kepada prosedur analisa pemipetan oleh Buchanan (1984) dalam Holme dan McIntyre (1984). Setelah ukuran dan kadar butir sedimen diketahui, data tersebut digunakan untuk mengetahui jenis sedimen.

#### **Analisa $^{239/240}\text{Pu}$ dalam Sedimen**

Sampel sedimen yang digunakan untuk menganalisa  $^{239/240}\text{Pu}$  secara umum melalui tahap leaching, kromatografi, dan elektrodeposisi. Pada proses leaching, Sedimen diolah menggunakan Microwave Digestion, proses ini bertujuan untuk meluruhkan endapan pada sedimen (prosedur Milestone. Inc dalam Makmur (2013)). Setelah itu dilanjutkan dengan proses kromatografi, kemudian dilanjutkan dengan proses counting di spektrometer alpha (Nakano, 2007 dalam Makmur, 2013).

## **3. Hasil dan Pembahasan**

### **Radionuklida $^{239/240}\text{Pu}$**

Hasil counting dan perhitungan aktivitas  $^{239/240}\text{Pu}$  pada sampel sedimen makatelah didapatkan besaran radioaktivitas  $^{239/240}\text{Pu}$  yang terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Radionuklida <sup>239/240</sup> Pu

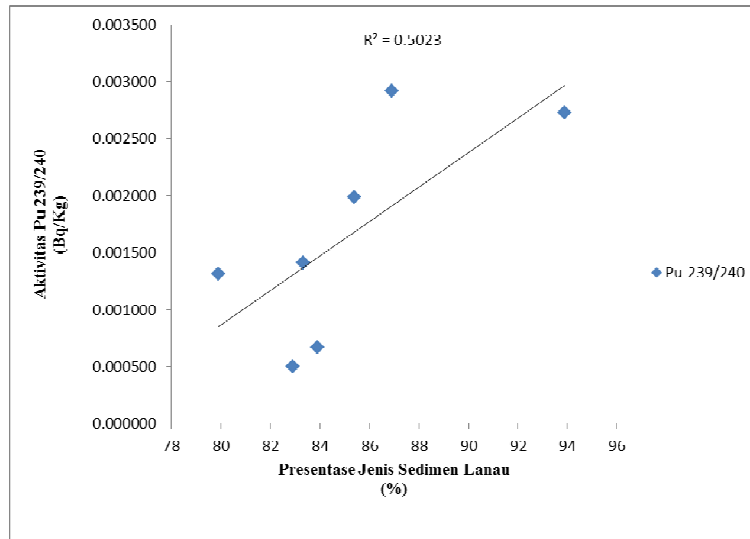
Stasiun	Koordinat		Aktivitas <sup>239/240</sup> Pu
	BT	LS	Bq/Kg
1	111 <sup>0</sup> 46'73"	6 <sup>0</sup> 63'92"	6,7 x10 <sup>-4</sup>
2	111 <sup>0</sup> 46'42"	6 <sup>0</sup> 63'56"	5,0x10 <sup>-4</sup>
3	111 <sup>0</sup> 46'81"	6 <sup>0</sup> 63'32"	1,3x10 <sup>-3</sup>
4	111 <sup>0</sup> 46'24"	6 <sup>0</sup> 62'69"	1,4 x10 <sup>-3</sup>
5	111 <sup>0</sup> 46'38"	6 <sup>0</sup> 62'39"	2,9x10 <sup>-3</sup>
6	111 <sup>0</sup> 47'48"	6 <sup>0</sup> 62'47"	2,7x10 <sup>-3</sup>
7	111 <sup>0</sup> 47'46"	6 <sup>0</sup> 62'34"	2,0x10 <sup>-3</sup>
8	111 <sup>0</sup> 47'23"	6 <sup>0</sup> 62'78"	7,0x10 <sup>-4</sup>
9	111 <sup>0</sup> 47'64"	6 <sup>0</sup> 62'98"	7,7x10 <sup>-4</sup>
Rata-rata			1,4 x10 <sup>-3</sup>

**Hubungan Distribusi Sedimen dan Radioaktivitas**

Hasil analisa diperoleh prosentase ukuran sedimen pada table 2., untuk pasir berkisar 0% hingga 99,76%, sedangkan untuk lanau berkisar 0,19% hingga 93,38% dan untuk lempung berkisar 0,05% hingga 20,82% pada tiap stasiun. Dari data tersebut dapat dilihat, bahwa dominasi jenis sedimen dasar laut pada perairan tersebut yaitu lanau dengan ukuran butir berkisar antara 0,0625 hingga 0,0078 mm. Hubungan antara aktivitas radionuklida dengan sedimen dominan pada daerah tersebut yaitu lanau dapat dilihat pada gambar 1.

**Tabel 2.** Presentase sebaran ukuran dan besaran aktivitas radionuklida

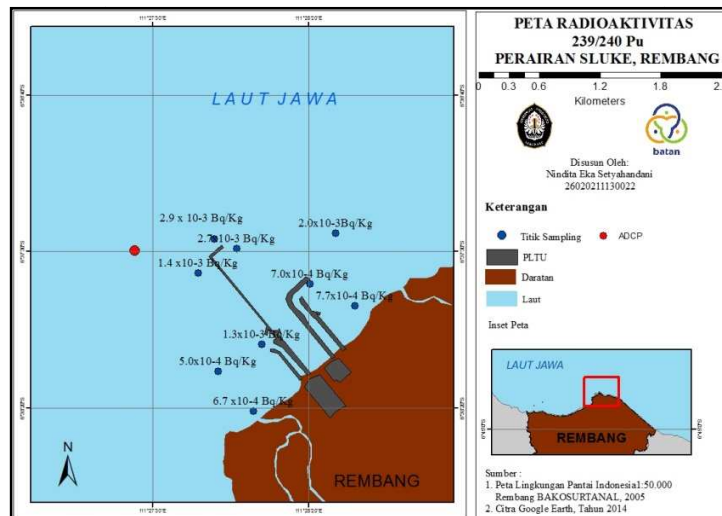
Stasiun	Pasir	Lanau	Lempung	Jenis Sedimen	Aktivitas <sup>239/240</sup> Pu (Bq/Kg)
	(2-0,125 mm) (%)	(0,0625-0,0078 mm) (%)	(0,0039 mm) (%)		
1	99,38	0,50	0,11	Pasir	6,7x10 <sup>-4</sup>
2	0	83,94	16,06	Lanau	5,0-x10 <sup>-4</sup>
3	0	83,16	16,84	Lanau	1,3x10 <sup>-3</sup>
4	0	79,18	20,82	Lanau	1,4x10 <sup>-3</sup>
5	0	83,34	16,66	Lanau	2,9x10 <sup>-3</sup>
6	0	86,47	13,53	Lanau	2,7x10 <sup>-3</sup>
7	0	93,39	6,61	Lanau	2,0x10 <sup>-3</sup>
8	0	84,99	15,01	Lanau	7,0x10 <sup>-4</sup>
9	99,37	0,19	0,05	Pasir	7,7x10 <sup>-4</sup>



Gambar 1. Hubungan jenis sedimen lanau dengan  $^{239/240}\text{Pu}$

### Peta Pola Radioaktivitas $^{239/240}\text{Pu}$

Dari data besaran radioaktivitas  $^{239/240}\text{Pu}$  yang terdapat pada Tabel 1, maka didapatkan peta besaran radioaktivitas  $^{239/240}\text{Pu}$



Gambar 2. Peta radioaktivitas  $^{239/240}\text{Pu}$ .

Besaran Radioaktivitas  $^{239/240}\text{Pu}$  yang diperoleh pada perairan Sluke Rembang berkisar antara  $5,0 \times 10^{-4}$  Bq/kg hingga  $2,9 \times 10^{-3}$  Bq/Kg dengan rata-rata  $1,4 \times 10^{-3}$  Bq/Kg. Tabel 1 memperlihatkan nilai radioaktivitas tersebut sangatlah beragam. Hal ini dapat diakibatkan oleh sumber radionuklida yang berasal dari *global fallout* ataupun masukan arus global. Besaran radioaktivitas  $^{239/240}\text{Pu}$  pada muara sungai stasiun satu dan sembilan tergolong kecil yaitu sebesar  $6,7 \times 10^{-4}$  Bq/Kg dan  $7,7 \times 10^{-4}$  Bq/Kg. Hal tersebut dapat diduga bahwa aktivitas plutonium tidak berasal dari aktifitas manusia yang terbawa pada aliran sungai menuju perairan. Secara umum bila dilihat pada Tabel 1. dan Gambar 2. besaran aktivitas radionuklida semakin kearah laut lepas semakin tinggi. Nilai terbesar terdapat pada stasiun lima yang merupakan stasiun yang ditentukan untuk mewakili daerah laut lepas. Hal ini mengindikasikan bahwa inputan radionuklida dapat berasal dari laut lepas yang terbawa oleh arus global seperti arus *monsoon* yang bergerak pada perairan utara Laut Jawa. Selain itu

hal ini sesuai dengan pernyataan Hong *et al*(1999), plutonium pada daerah pesisir mudah terlepas kembali dibandingkan dengan plutonium yang berada di laut lepas.

Pada grafik linier hubungan antara jenis sedimen dengan besaran radionuklida terlihat yang terdapat pada Gambar 1. Terlihat bahwa nilai regresi pada ukuran butir lanau ( $R^2 = 0,502$ ). Menurut Sarwono (2006) besaran nilai  $R^2 = 0,5$  menandakan adanya nilai yang cukup terikat antar kedua variable tersebut. Selain itu besaran radionuklida yang terdapat pada pasir (stasiun 1 dan 9) tergolong rendah dibandingkan dengan rata-rata besaran radionuklida yang terdapat pada ukuran lanau. Menurut Prhatiningsih (2011), karakteristik pesisir yang dinamis akan mempengaruhi pencampuran sedimen secara terus menerus sehingga dapat mempengaruhi besaran dan sebaran aktivitas radionuklida.

Besaran radioaktivitas  $^{239/240}\text{Pu}$  di perairan Sluke, Rembang jika dibandingkan dengan besaran radioaktivitas  $^{239/240}\text{Pu}$  hasil penelitian yang dilakukan oleh Nareh dan Warsona (2000) di Rembang, lebih kecil yaitu 0,01067. Selain itu, bila dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Durand (2004) mengenai  $^{239/240}\text{Pu}$  yang terkandung dalam sedimen pada Samudra Pasifik di lintang  $35^{\circ}01' - 40^{\circ} \text{ N}$  berkisar 0,1 hingga 3,7 Bq/Kg. Lokasi uji coba senjata nuklir salah satunya telah terjadi di daerah Samudera Pasifik yang merupakan sumber utama keberadaan radionuklida plutonium di laut (IAEA, 2005)

#### **4. Kesimpulan**

Besaran konsentrasi  $^{239/240}\text{Pu}$  dalam sedimen dasar laut di perairan Sluke Rembang yaitu sebesar  $5,0 \times 10^{-4}$  Bq/kg hingga  $2,9 \times 10^{-3}$  Bq/Kg, dengan nilai rata-rata konsentrasi  $^{239/240}\text{Pu}$  sebesar  $1,4 \times 10^{-3}$  Bq/Kg. Hasil pada stasiun satu dan sembilan mengidentifikasi bahwa radionuklida pada perairan tersebut tidak berasal dari aktifitas warga yang terbawa oleh aliran sungai. Jenis sedimen dasar lanau cukup berpengaruh terhadap besaran radionuklida.

#### **Daftar Pustaka**

- Durand, E. B., P.P. Povinec, S.W. Folwer, P.L. Airey dan G.H. Hong. 2004.  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{239+240}\text{Pu}$  Levels in the Asia-Pacific Regional Seas. *Journal of Environment Radioactivity.*, 9(76):139-160.
- Holme, N.A. and A.D. McIntyre. 1984. *Methods for the Study of Marine Benthos*. Blackwell Scientific Publication Oxford, England.
- Hong, G.H., S.H. Lee, S.H. kim, C.S. Chung and M. Baskaran. 1999. Sedimentary of Fluxes of  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in East Sea (Sea of Japan). *The Science of the Total Environment.*, 237(9):225-240.
- [IAEA] International Atomic Energy Agency. 1998. *Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries*, International Atomic Energy Agency, Austria.
- [IAEA] International Atomic Energy Agency. 2005. *Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment*. International Atomic Energy Agency, Austria.
- Livingston, H.D., P.P. Povinec, T. Ito and O. Togawa. 2001. *The Behaviour of Plutonium in The Pasific Ocean*. Elsevier Science Ltd, Austria.
- Lunjanijene, G., P. Benes, K. Stamberg and T. Sciglo. 2011. Kinetics of Plutonium and Americium Sorption to Natural Clay. *Journal of Environmental Radioactivity.*, 9(108):41-49.
- Makmur, M. 2013. Penentuan Nilai Koefisien Distribusi  $\text{Kd}^{239,240}\text{Pu}$  pada Perairan Laut Bangka Selatan. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah.*, 17(1):89-93.
- Nareh, M. dan A. Warsona. 2000. Penentuan Konsentrasi Cs-137 dan Pu-239/240 dalam Sedimen di Semenanjung Muria dan Sekitarnya. Dalam: *Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan VII*. Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir. Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta Selatan.
- Putro, Haryono. 2014. *Survey Pelabuhan dan Perairan Pantai*. Universitas Gunadarma, Jakarta.
- Prihatiningsih. 2011. *Radioekologi Kelautan di Semenanjung Muria : Studi Distribusi dan Perilaku Radionuklida di Pesisir* [Tesis]. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok.
- Sarwono. 2006. *Teori Analisis Korelasi Mengenal Analisis Korelasi* [www.sarwono.info/korelasi.com](http://www.sarwono.info/korelasi.com) (02-10-2015).