

STUDI KANDUNGAN RADIONUKLIDA CESIUM-137 (¹³⁷Cs) DALAM SEDIMEN DI PERAIRAN SEMENANJUNG MURIA KABUPATEN JEPARA

Sigit Kurniawan¹⁾, Muslim^{*}, Heny Suseno^{**)}

^{1*)}Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

^{***)}Bidang Radioekologi Pusat Teknologi Limbah RadioaktifBATAN

Email : ^{*)}aqua_muslim@yahoo.com; ^{***)}henis@batan.go.id

Abstrak

Sejak tahun 1950 hingga 1960 banyak unsur radionuklida antropogenik yang terlepas baik di laut dan di darat. Radionuklida yang masuk ke lautan akan tertransportasi ke beberapa tempat, termasuk juga ke perairan laut sampai ke sedimen laut melalui fenomena laut yang ada. Pada sedimen konsentrasi radionuklida mencapai 10^2 hingga 10^6 kali lebih besar daripada di air laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat konsentrasi ¹³⁷Cs pada sedimen dan pola sebarannya berdasarkan arus pasang surut di perairan Semenanjung Muria. Pengambilan data lapangan dilakukan pada tanggal 07 Mei 2013 dan proses analisa dilakukan di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) pada bulan Juni 2013. Metode penelitian yang digunakan bersifat deskriptif karena menggambarkan situasi yang diteliti dalam waktu terbatas dan tempat tertentu untuk melihat situasi dan kondisi secara lokal. Hasil penelitian menunjukkan nilai konsentrasi ¹³⁷Cs pada sedimen berkisar antara 1,45-1,63 Bq/kg. Sebaran radionuklida ¹³⁷Cs dipengaruhi oleh arus pasang surut dan topografi pantai. Sedangkan dari analisis regresi menunjukkan tidak adanya hubungan antara tingkat konsentrasi radionuklida ¹³⁷Cs terhadap ukuran butir sedimen.

Kata Kunci : Radionuklida, ¹³⁷Cs, Sedimen, Arus Pasang Surut, Semenanjung Muria

Abstract

Since 1950-1960 many radionuclide anthropogenic released both at sea and on land. Radionuclides in the ocean will transported to several places, including sea waters and sediments through ocean phenomenon. In the sediments, radionuclides will have a concentration of 10^2 to 10^6 times greater than in sea water. The purpose of this study are to determine the level of concentration of ¹³⁷Cs in the sediments and the dissemination pattern based of tidal current in Muria Peninsula waters. Collection of field data held on May 7, 2013 and analysis process carried out in the National Nuclear Energy Agency (BATAN) in June 2013. The study used descriptive method because it describes the situation observed in a limited time and a specific place to look at the situation and conditions locally. The results show that the value of the concentration of ¹³⁷Cs in the sediment ranged between 1.45 to 1.63 Bq/kg. Dissemination of ¹³⁷Cs influent by tidal currents and coast topography. Whereas from regression analysis show that there is no relation between ¹³⁷Cs concentration level toward sedimen grain size.

Keywords: Radionuclide, ¹³⁷Cs, Sediment, Tidal Current, Muria Peninsula

1. Pendahuluan

Pada tahun 1950-1960 telah dilakukan lebih dari 520 tes senjata nuklir atmosferik yang menghasilkan lepasan radionuklida antropogenik baik di laut dan di darat. Kecelakaan PLTN Chernobyl

tahun 1986 dan PLTN Fukushima tahun 2011 juga turut menyumbang sebagian besar lepasan radionuklida ke lingkungan. Salah satu unsur radionuklida antropogenik yang berasal dari lepasan tersebut adalah ^{137}Cs (Gafvert *et al.*, 2003 dalam Friedlander *et al.*, 2005; Tsumune *et al.*, 2012).

Indonesia sampai saat ini belum mempunyai sumber radionuklida antropogenik, namun kejadian-kejadian yang mengakibatkan lepasan radionuklida memungkinkan mempengaruhi kondisi radioaktivitas perairan laut Indonesia. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya arus global (*The Great Ocean Conveyor Belt*) yang mengalir dari Samudra Pasifik melewati perairan Indonesia menuju Samudra Hindia. Dalam proses tersebut, material radionuklida terangkut oleh arus dan dapat mempengaruhi kondisi radioaktivitas di perairan Indonesia, salah satunya di Semenanjung Muria Jepara.

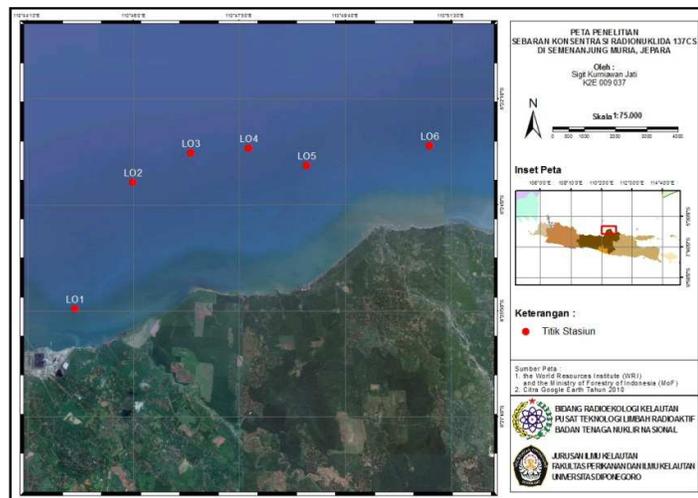
Semenanjung Muria Jepara, merupakan salah satu lokasi terpilih untuk calon Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Studi lingkungan perlu dilakukan sebelum PLTN dioperasikan, sehingga lokasi tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai radionuklida. Hasil studi tersebut nantinya dapat digunakan sebagai kontrol terhadap tingkat radioaktivitas lingkungan saat PLTN mulai beroperasi.

Pengukuran dilakukan pada sedimen karena sedimen merupakan tempat endapan (*sink*) dari sebagian besar unsur kimia yang ada di suatu perairan. dalam bentuk partikel suspensi mudah terendapkan. Livingston dan Povinec, (2000) mengatakan bahwa walaupun sifatnya yang mudah larut dalam air, tetapi ^{137}Cs dapat dengan mudah terperangkap dengan material partikulat kemudian tenggelam ke dasar laut, Sehingga Prihatiningsih, (2011) mendapatkan bahwa radionuklida yang ada di sedimen memiliki konsentrasi 10^2 hingga 10^6 kali lebih besar dibandingkan pada air laut

2. Materi dan Metode Penelitian

Materi yang digunakan pada penelitian ini meliputi data lapangan (data primer) dan data pendukung dari instansi terkait (data sekunder). Data primer meliputi data konsentrasi ^{137}Cs dalam sedimen dan beberapa parameter lain seperti suhu permukaan, salinitas, pH dan ukuran butir. Sedangkan untuk data sekunder meliputi data pasang surut air laut dan peta bathimetri Jepara yang selanjutnya akan digunakan sebagai data pendukung.

Sampel yang diambil berupa sedimen yang berada di dasar perairan. Pengambilan sampel dilakukan di daerah sepanjang pantai. Pada saat dilakukan pengambilan sampel, kondisi cuaca cerah dengan sedikit awan dan gelombang relatif kecil. Sampel sedimen diambil menggunakan *Sedimen Grab* sebanyak 2-3 kali pengambilan. Sampel dimasukkan dalam wadah *plastic zipper* dan diberi label keterangan sampel.



Gambar 1. Daerah Studi Semenanjung Muria

Analisa sedimen menggunakan metode Eleftheriou dan McIntyre (2005). Sampel sedimen diencerkan dengan air kemudian disaring dengan kertas saring dengan ukuran $63 \mu\text{m}$. Sedimen yang tersaring dikeringkan lalu diayak dengan *sieveshaker* untuk memisahkan sesuai ukuran butir (2.000 mm, 1.000 mm, 0.500 mm, 0.250 mm, 0.125 mm dan 0,064 mm). Sampel dengan ukuran $< 0,064$ mm kemudian dipindahkan dalam gelas ukur volume 1 liter, dikocok hingga homogen untuk selanjutnya

dilakukan pemipetan. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan persentase masing-masing fraksi.

Sedimen basah dikeringkan dalam oven bersuhu 80°C kemudian ditumbuk dan digiling dengan grinder sehingga didapat ukuran 0,5 µm. Sedimen kemudian ditimbang sebanyak 1000 gr (1 kg) dan dimasukkan ke dalam wadah geometri standar *marinelli*.

Sampel sedimen yang telah dimasukkan dalam (*marinelli*) dilakukan analisa tingkat radiasinya dengan menggunakan gamma spektrometer yang telah terkalibrasi selama 259.200 detik (±3 hari). Analisa gamma spektrometri dilakukan menggunakan sistem komputer yang terintegrasi dengan detektor *gammacoaxialHPG* yang terhubung dengan *highvoltagepowersupply* (HVPS Model 3106D), spektroskop *amplifier* (model 2022) dan perangkat lunak Genie-2000 sebagai penganalisa spektrum gamma.

Penentuan sebaran sedimentasi dilakukan dengan *software SMS (Surface Water modeling Sistem)* 8.01 dengan menggunakan 2 modul yang terdapat dalam *software*, yaitu RMA2 untuk penentuan pola arus dan SED2D untuk sebaran sedimennya.

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik kualitas perairan dapat diketahui dengan melihat faktor-faktor lingkungan yang terdapat di wilayah tersebut, seperti suhu, salinitas, derajat keasaman (pH) maupun distribusi sedimen seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Sifat Fisik Air Laut

| Parameter Lingkungan | Stasiun | | | | | |
|----------------------|---------|------|------|------|------|------|
| | LO1 | LO2 | LO3 | LO4 | LO5 | LO6 |
| pH | 7,98 | 7,96 | 7,97 | 8,02 | 7,92 | 8,00 |
| Suhu (°C) | 31,5 | 30,5 | 30,5 | 30,6 | 30,5 | 30,6 |
| Salinitas (‰) | 29,3 | 29,3 | 29,2 | 29,1 | 28,1 | 28,1 |

Suhu yang terdeteksi menggambarkan bahwa daerah penelitian dikategorikan normal untuk perairan tropis. Menurut Nybakken (1992) suhu di perairan tropis umumnya berkisar pada 25,6-32,3°C. Pengukuran menunjukkan stasiun 1 memiliki suhu tertinggi dibanding stasiun lainnya, hal tersebut terjadi karena lokasi stasiun 1 berada paling dekat dengan PLTU dimungkinkan memiliki nilai yang berbeda karena adanya pengaruh buangan panas dari PLTU Tanjung Jati.

Pengukuran salinitas menunjukkan nilai yang bervariasi. Pada stasiun 5 dan 6 menunjukkan nilai yang rendah karena lokasi tersebut dekat dengan daerah muara sungai. Air tawar yang masuk ke perairan membuat nilai salinitas menurun. Menurut Nontji (1987) dan Nybakken (1992) berbagai faktor seperti sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai mempengaruhi nilai salinitas. Di mana nilai salinitas rendah disebabkan oleh pengaruh daratan, yaitu ketika air tawar masuk ke perairan melalui aliran sungai.

Derajat keasaman (pH) di lokasi penelitian adalah basa dengan nilai yang cenderung sama di setiap stasiun. Nilai pH yang relatif stabil dimungkinkan karena jarak antar stasiun cukup berdekatan dan tidak ada sumber pencemar yang membuat perairan menjadi asam, seperti buangan limbah rumah tangga maupun industri kecil. Berdasarkan baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004, suatu perairan dikatakan baik jika memiliki nilai pH dengan kisaran 7,0-8,5. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, kondisi perairan Semenanjung Muria masih tergolong baik.

Distribusi sedimen di perairan Semenanjung Muria (**Tabel 2**), menunjukkan bahwa jenis sedimen yang terdapat di lokasi penelitian terdiri dari pasir halus, lanau dan lempung. Distribusi sedimen didominasi oleh sedimen jenis lanau.

Tabel 2. Data Sedimen Dasar

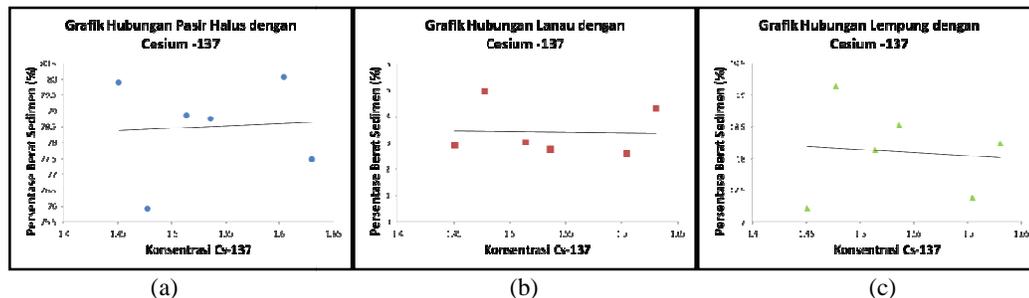
| Stasiun | Persentase Berat Sedimen (%) | | | | |
|---------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| | Pasir Kasar (0,5 - 2 mm) | Pasir Sedang (0,25 - 0,5 mm) | Pasir Halus (62,5 - 250 µm) | Lanau (3,9 - 62,5 µm) | Lempung (< 3,9 µm) |
| LO1 | 0 | 0 | 2,89 | 79,89 | 17,22 |
| LO2 | 0 | 0 | 2,57 | 80,06 | 17,38 |
| LO3 | 0 | 0 | 4,94 | 75,92 | 19,14 |
| LO4 | 0 | 0 | 4,29 | 77,48 | 18,23 |
| LO5 | 0 | 0 | 2,73 | 78,75 | 18,52 |
| LO6 | 0 | 0 | 3,01 | 78,86 | 18,13 |

Data di atas menunjukkan hasil analisa dalam bentuk persentase berat sedimen di semua stasiun. Penentuan nama sedimen berdasarkan pada klasifikasi *Wenworth*. Secara umum, wilayah Semenanjung Muria didominasi oleh lanau (3,9 - 62,5 µm). Namun secara umum, perairan Semenanjung Muria tergolong dengan distribusi sedimen berukuran kecil atau halus (< 0,25 mm). Hal tersebut disebabkan karena karakter perairan Semenanjung Muria yang tenang dengan arus yang relatif kecil yaitu 0,2–1 m/s (**Gambar 3** dan **4**). Hal ini sesuai dengan pendapat *Purnamanetal.* (2012) yang menyebutkan bahwa kecepatan arus mempengaruhi sebaran sedimen, di mana butiran sedimen berukuran kecil ditemukan pada daerah dengan arus yang kecil.

Konsentrasi ¹³⁷Cs pada sedimen berkisar pada nilai 1,45-1,63 Bq/kg dengan rata-rata 1,53 Bq/kg. Aktivitas dengan nilai tertinggi terdapat pada stasiun 4 dan aktivitas terendah terjadi pada stasiun 1. Hasil analisa menunjukkan nilai yang hampir seragam. Kisaran nilai yang tak jauh berbeda mungkin disebabkan lokasi penelitian merupakan perairan yang terbuka dengan kondisi arus sangat dipengaruhi oleh pola pasang surut daerah tersebut. Pergerakan arus dan proses fisik lainnya mengakibatkan kolom air mengalami pengadukan secara terus-menerus sehingga ¹³⁷Cs tersebar merata dalam kolom air yang kemudian terendapkan dalam sedimen. Prihatiningsih (2011) menjelaskan bahwa karakter pesisir yang dinamis menyebabkan terjadinya pencampuran secara terus-menerus dan hal tersebut memberi pengaruh terhadap sebaran konsentrasi radionuklida.

Jika dibandingkan dengan penelitian yang lain menunjukkan bahwa konsentrasi ¹³⁷Cs mengalami peningkatan, pada penelitian yang dilakukan oleh Nareh dan Warsana tahun 1999 nilainya kurang dari 0,16 Bq/kg dan meningkat pada tahun 2004 menjadi 0,575 Bq/kg (Suseno dan Umbara, 2006). Nilai tersebut mengalami kenaikan hingga 1 Bq/kg dari tahun 2004 ke tahun 2013. Naiknya konsentrasi ¹³⁷Cs mungkin disebabkan oleh kecelakaan PLTN Fukushima yang terjadi tanggal 11 Maret 2011 lalu. Kecelakaan tersebut melepaskan unsur radioaktif ke lingkungan/perairan kemudian terbawa oleh massa air menuju Samudra Pasifik. Melalui arus Pasifik yang mengarah ke samudra Hindia, unsur masuk ke wilayah Indonesia melalui ARLINDO. Hal tersebut tentunya dapat berdampak pada peningkatan konsentrasi radionuklida di wilayah Indonesia, termasuk juga Semenanjung Muria. Menurut Sasongko dan Kusminarto (1998) radionuklida dipengaruhi berbagai macam faktor. Antara lain arus laut, gelombang atau pengadukan air laut (mixing). Arah penyebaran cenderung mengikuti arah arus yang terjadi, salah satunya adalah ARLINDO.

Hubungan antara konsentrasi ¹³⁷Cs terhadap jenis atau ukuran butir sedimen ditunjukkan pada grafik berikut.

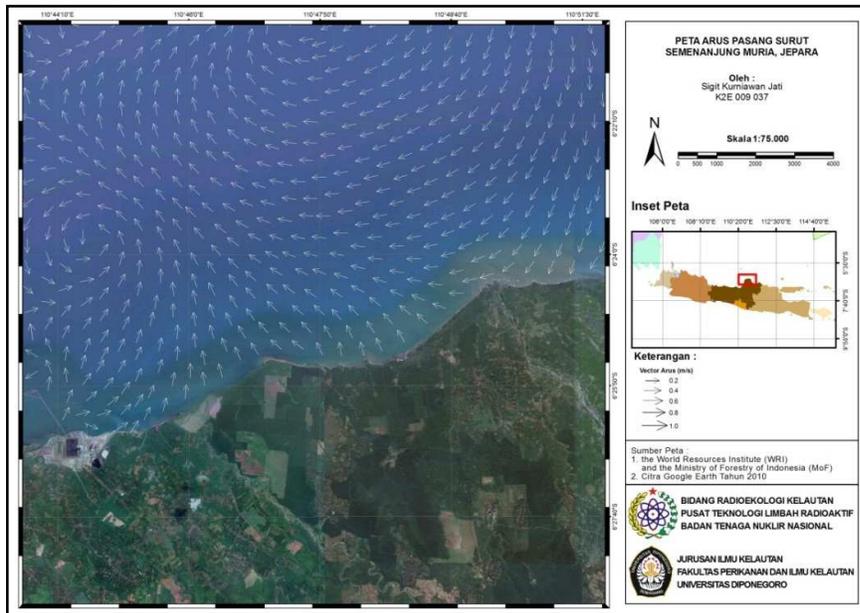


Gambar 2. Hubungan Jenis Sedimen terhadap Konsentrasi ¹³⁷Cs

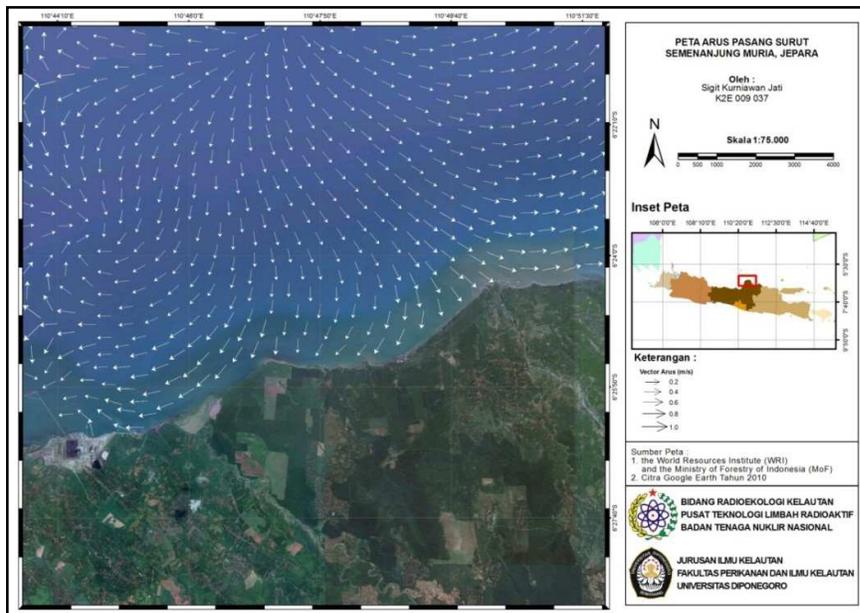
Perbandingan antara distribusi pasirhalus (a), lanau (b) dan lempung (c) terhadap konsentrasi (Gambar 2), menunjukkan tidak ada hubungan yang kuat antara jenis sedimen dengan tingkat konsentrasi dengan nilai R^2 pada pasirhalus 0,0038, lanau 0,0009 dan lempung 0,0009. Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Hutabarat (2006) juga menyatakan bahwa distribusi ukuran butir tidak berpengaruh langsung terhadap konsentrasi ^{137}Cs .

Hasil pendekatan model dengan software SMS 8.01 seperti yang ditunjukkan Gambar 3 dan Gambar 4 memperlihatkan pola pergerakan arus berdasarkan pergerakan pasang surut.

Gambar 3 menunjukkan bahwa pergerakan arus saat air sedang surut cenderung bergerak dari arah timur menuju barat daya dengan kecepatan yang bervariasi antara 0,2-1 m/s. Sedangkan pada Gambar 4 menunjukkan pergerakan arus saat pasang bergerak menuju daratan kemudian menyebar mengikuti topografi pantai yang dominan bergerak ke arah barat.

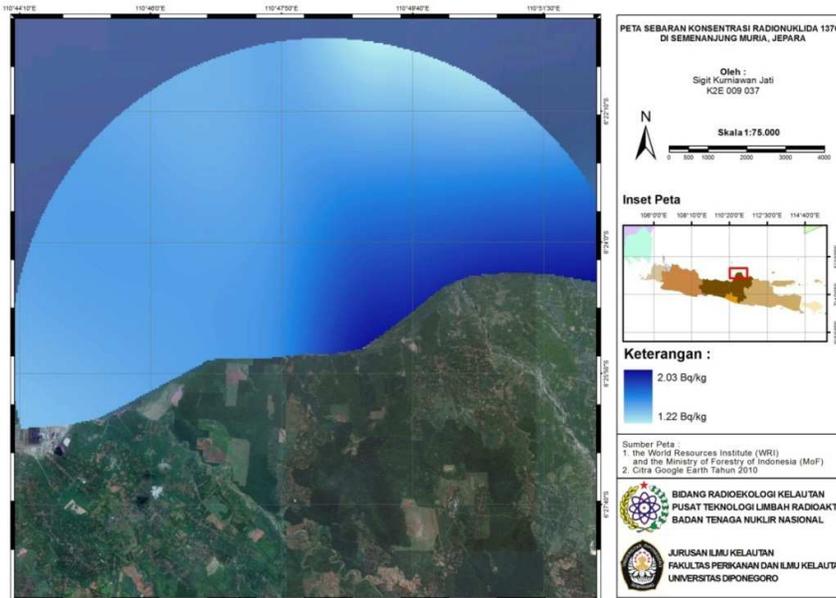


Gambar 3. Pola Pergerakan Arus saat Surut



Gambar 4. Pola Pergerakan Arus saat Pasang

Gambar 5 menunjukkan pola sebaran ^{137}Cs sesuai dengan pola pergerakan arus yang dominan, di mana terjadi penurunankonsentrasi ke arah barat.



Gambar 5. Pola Persebaran ^{137}Cs

Pola persebaran radionuklida ^{137}Cs yang tampak seperti di **Gambar 5** mungkin disebabkan karena di wilayah sebelah barat memiliki bathimetri yang lebih dangkal dan terdapat masuknya air dari sungai, hal tersebut mengakibatkan dinamika air di wilayah barat lebih dominan daripada wilayah timur. Proses ini menjadikan pengadukan di wilayah tersebut terjadi lebih dahulu. Karena sifat radionuklida ^{137}Cs yang mudah terikat dalam sedimen maka selama proses pengadukan sebagian dari radionuklida ^{137}Cs terserap dalam sedimen. Kemudian sisa radionuklida ^{137}Cs yang belum terserap terbawa kembali oleh arus dan terakumulasi di wilayah lain. Oleh karena itu, tingkat konsentrasi ^{137}Cs terlihat lebih pekat di wilayah barat daripada wilayah timur. Hasil ini menunjukkan bahwa arah, kecepatan arus dan morfologi pantai berpengaruh terhadap sebaran ^{137}Cs di laut.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat ditarik kesimpulan bahwa tingkat konsentrasi ^{137}Cs dalam sedimen di perairan Semenanjung Muria 1,45-1,63 Bq/kg dengan rata-rata sebesar 1,53 Bq/kg. Hasil uji regresi menunjukkan bahwa jenis sedimen tidak berpengaruh terhadap konsentrasi radionuklida ^{137}Cs . Arus yang dihasilkan dari pasang surut dan morfologi pantai, turut membawa dampak dalam transpor radionuklida ^{137}Cs di sedimen. Hasil model menunjukkan tingkat konsentrasi ^{137}Cs mengikuti pola arus yang dominan bergerak ke arah timur dan menunjukkan nilai yang relatif sama dengan pengukuran lapangan.

Daftar Pustaka

- Friedlander, B.R., M. Gochfeld., J. Burger and C.W. Powers. 2005. Radionuclides in the Marine Environment. A CRESO Science Review, pp 95.
- Tsumune, D., Tsubono T, Aoyama M, and Hirose K. 2012. Distribution of Oceanic ^{137}Cs from the Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant Simulated Numerically by a Regional Ocean Model. J. Environ. Radioactivity., 111:100-108.
- Livingston, H.D and P.P. Povinec. 2000. Anthropogenic Marine Radioactivity. Ocean and Coastal Management, 43:689-712.
- Nontji, A. 1987. Laut Nusantara. Djambatan, Jakarta, 368 hlm.

- Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologis. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 459 hlm. (diterjemahkan oleh H.M. Eidman, R. Widodo dan D.G. Bengen)
- Prihatiningsih, W. R. 2011. Radioekologi Kelautan di Semenanjung Muria : Studi Distribusi dan Prilaku Radionuklida di perairan Pesisir. [Tesis]. Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia, 85 hlm.
- Purnawan, S., I. Setiawan dan Marwantim. 2012. Studi Sebaran Sedimen Berdasarkan Ukuran Butir di Perairan Kuala Gigieng, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Depik, 1(1): 31-36.
- Sasongko, Dwi P. dan Kusminarto. 1998. Kajian Radioaktivitas Alam Laut Pesisir Semarang. Manusia dan lingkungan. PPLH-UGM. Yogyakarta, Hlm. 33.
- Suseno, H. dan H. Umbara. 2006. Pengukuran Radionuklida Alam dan Anthropogenik Di Kawasan Semenanjung Muria. Seminar Keselamatan Nuklir 2-3 Agustus 2006, pp 359-373.
- Nareh, M dan A. Warsona. 1999. Penentuan Konsentrasi ^{137}Cs dan $^{239/240}\text{Pu}$ dalam Sedimen di Semenanjung Muria dan Daerah Sekitarnya. *Dalam: Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan VIII*, 23-24 Agustus 2000., Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir-BATAN, pp 131-137.
- Hutabarat, T. 2006. Distribusi Radionuklida Alam dalam Sedimen pada Daerah Tangkapan Sungai. Studi Kasus sungai Jugiong, New South Wales Australia. *Dalam: Seminar Nasional II SDM Teknologi Nuklir* 21-22 Desember 2006., Yogyakarta, pp 111-116.