

DISTRIBUSI RADIONUKLIDA ¹³⁷Cs DI PERAIRAN SELAT PANAITAN – SELATAN GARUT

Pinta Budi Pradana Utama*, Muslim*, Heny Suseno, Ikhsan Budi Wahyono*****

- *) Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698.
- **) Bidang Radioekologi Kelautan, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, (Badan Tenaga Nuklir Nasional) BATAN.
- ***) Balai Teknologi Survey Kelautan, (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) BPPT.
 Email : aqua_muslim@yahoo.com ; henis@batan.go.id ; budi_wahyono92@yahoo.com

Abstrak

Penggunaan radionuklida dalam pengembangan energi terbarukan sangat marak dilakukan akhir-akhir ini. Penggunaan tersebut tidak terlepas dari resiko kecelakaan yang dapat terjadi. Kecelakaan Fukushima pada tahun 2011 silam merupakan salah satu contohnya, dan menyumbangkan sejumlah radionuklida antropogenik ke lingkungan laut salah satunya ialah ¹³⁷Cs. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran konsentrasi ¹³⁷Cs di perairan Selat Panaitan – Selatan Garut yang mungkin terbawa dari sumber (Fukushima) oleh pola arus global. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan September dengan kapal riset Baruna Jaya IV BPPT. Sampel selanjutnya dipreparasi dan dianalisis di Laboratorium Bidang Radioekologi Kelautan BATAN pada bulan Oktober 2012 – Desember 2012. Metode penelitian ini bersifat deskriptif. Pengambilan sampel menggunakan metode sampling purposive sedangkan analisis konsentrasi ¹³⁷Cs menggunakan metode dari IAEA – MEL (International Atomic Energy Agency’s Marine Environmental Laboratories). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebaran konsentrasi ¹³⁷Cs di perairan Selat Panaitan – Selatan Garut terdeteksi relatif sama antar stasiun penelitian yakni 0,14 – 0,30 mBq/L. Nilai tersebut sangatlah kecil bila dibandingkan penelitian sebelumnya di daerah dekat sumber. Hal ini dapat terjadi karena adanya pola arus global yang membawa lepasan ¹³⁷Cs dari sumber hingga perairan Indonesia.

Kata Kunci : radionuklida, ¹³⁷Cs, Selat Panaitan, Selatan Garut, arus global

Abstract

Applied of radionuclide in sustainable energy development has a high trend in recent years. Although, this trend can't resist from any risk of accident. Fukushima accident back on 2011 is the example, and released amount of anthropogenic radionuclide, included ¹³⁷Cs, to marine environment. Aim of this research is to find out the concentration distribution of ¹³⁷Cs in Panaitan Strait – South Garut which suspected transported from the source (Fukushima) by global sea current circulation. Sampling has take in September with Baruna Jaya IV BPPT research vessel. Sample prepared and analysed in Marine Radioecology – National Nuclear Power Agency Laboratories from October 2012 to December 2012. Method from this research is descriptive. Sampling method used sampling purposive method and concentration analysis from ¹³⁷Cs used method from IAEA – MEL (International Atomic Energy Agency’s Marine Environmental Laboratories). The results showed that the concentration distribution of ¹³⁷Cs in Panaitan Strait – South Garut have a similar level between the research stations (0,14 – 0,30 mBq/L). This level is lower compared with previous research which closer from source. This phenomena suspect happened by global sea current circulation which is transported ¹³⁷Cs from the source to Indonesia’s sea.

Keyword: radionuclide, ¹³⁷Cs, Panaitan Strait, South Garut, global sea current

1. Pendahuluan

Perkembangan industri dan teknologi di berbagai bidang sangatlah pesat belakangan ini, salah satunya ialah di bidang energi. Penggunaan unsur-unsur radionuklida pun menjadi teknologi alternatif yang cukup berkembang. Hal ini tidak terlepas dari adanya limbah yang dihasilkan teknologi tersebut, di mana pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) memungkinkan lepasnya radionuklida antropogenik ke lingkungan perairan, diantaranya ialah unsur ¹³⁷Cs (IRSN, 2011).

¹³⁷Cs merupakan unsur yang memiliki tingkat radioaktif yang cukup berbahaya, bersifat *toxic* dan memiliki waktu paruh yang sangat lama yaitu 30 tahun (Richman et al, 1993). Disamping itu, ¹³⁷Cs merupakan radionuklida yang bersifat non konservatif, artinya mudah terdispersi dalam lingkungan akuatik dan tidak

mudah terendap. Hal ini memungkinkan radionuklida tersebut masuk ke dalam biota laut melalui rantai makanan (Livingston dan Povenic, 2000). Seperti disinggung di atas, radionuklida merupakan unsur yang patut mendapat perhatian. Apabila biota dari perairan yang tercemar unsur tersebut dikonsumsi, maka akan berdampak buruk bagi tubuh manusia.

Kecelakaan Fukushima pada tahun 2011 melepas ^{137}Cs ke dalam lingkungan laut (IRSN, 2011). ^{137}Cs yang terlepas ke perairan sekitar Jepang kemudian terbawa oleh Arus Khatulistiwa Utara, yang mana merupakan salah satu arus pembangun subtropical gyre (Povenic et al, 2004). Subtropical gyre diduga membantu sebaran radionuklida di Samudera Pasifik dan membawanya ke bagian utara Indonesia Timur. Radionuklida yang sudah berada di utara Indonesia Timur diperkirakan terbawa oleh Arus Mindanao masuk ke dalam Arus Lintas Indonesia (arlando) melalui Selat Makassar, kemudian Selat Lombok, dan akhirnya terbawa oleh Arus Khatulistiwa Selatan hingga ke Samudera Hindia (Hasanudin, 1998).

Perairan Selat Panaitan – Selatan Garut dipilih sebagai lokasi penelitian dikarenakan perairan tersebut diharapkan mampu merepresentasikan kandungan radionuklida yang ada di Samudera Hindia. Penelitian kandungan radionuklida di daerah ini akan menjadi *baseline* untuk pencemaran perairan yang disebabkan radionuklida. Pada makalah ini dilaporkan hasil pemantauan konsentrasi ^{137}Cs di Selat Panaitan – Selatan Garut. Data konsentrasi tersebut masih akan dipublikasikan oleh BATAN setelah dilakukan berbagai pengolahan.

2. Materi dan Metode

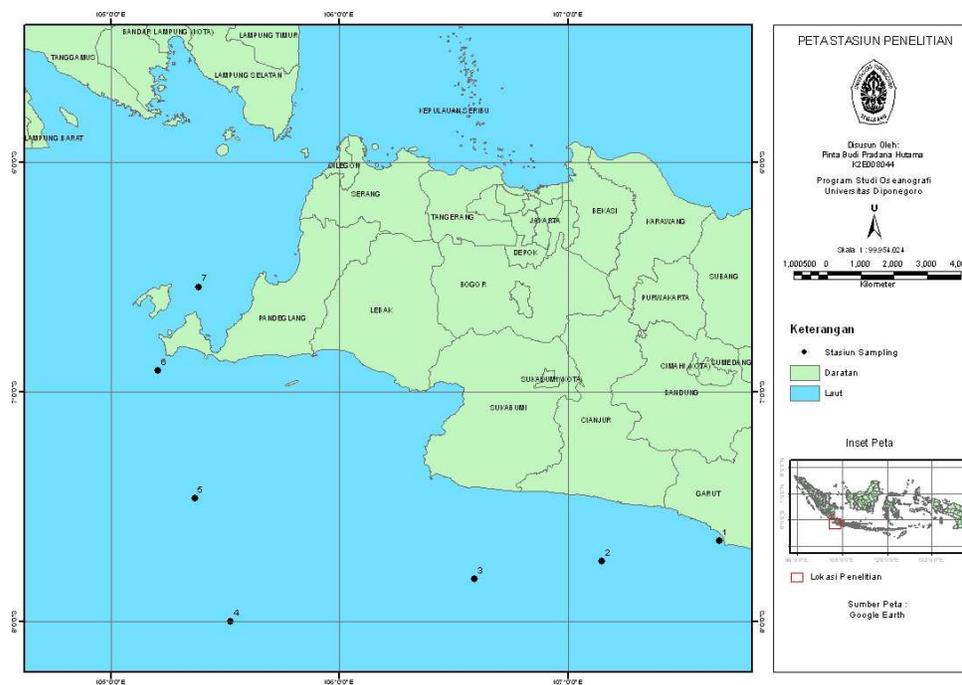
A. Materi Penelitian

Materi yang digunakan pada penelitian ini adalah air laut yang diukur beberapa parameternya. Data primer meliputi data hasil pengukuran langsung baik parameter fisika maupun kimia. Parameter yang diukur secara langsung pada saat pengambilan sampel air laut ialah temperatur dan salinitas. Sedangkan untuk pH dan kandungan radionuklida ^{137}Cs (Cesium) pada air dianalisis di laboratorium Bidang Radioekologi Kelautan, BATAN. Data sekunder meliputi peta Indonesia Kabupaten serta data arus yang didapatkan dari Balai TEKSURLA – BPPT.

B. Metode Penelitian, Pengolahan dan Analisis Data

Metode Penentuan Lokasi

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan menggunakan metode sampling yakni *purposive sampling method*. Penelitian metode deskriptif merupakan penelitian yang meneliti sekelompok manusia, suatu objek, kondisi, sistem atau peristiwa pada masa sekarang (Hadi, 2004). Adapun metode *purposive sampling* ini ialah metode penentuan titik pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan dari peneliti (Sudjana, 1992) dalam hal ini ialah jalur pelayaran, kedalaman, dan jarak antar titik. Terdapat 7 stasiun pengamatan dan stasiun pengambilan sampel air laut



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode Analisis Sampel

Metode yang digunakan dalam menentukan konsentrasi ^{137}Cs merujuk pada metode yang digunakan oleh IAEA – MEL (*International Atomic Energy Agency's Marine Environmental Laboratories*) dalam Levy *et al* (2010). Sampel air laut yang telah dibawa ke laboratorium kemudian dilakukan tahap preparasi. Mula-mula, sampel air dari jerigen dipindahkan ke dalam ember ukuran 80 liter. Setelah itu, ditambahkan $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ke dalam sampel dan diaduk selama 30 menit. Sampel selanjutnya ditambahkan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan diaduk kembali selama 30 menit. Setelah senyawa kompleks terbentuk, sampel diendapkan selama 1 hari. Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan filtrat, dengan cara filtrat dipindahkan ke jerigen sampel dengan bantuan selang akuarium. Endapan yang masih berada di dalam ember 80 liter dipindahkan ke ember ukuran 5 liter agar mudah dalam proses penyaringan.

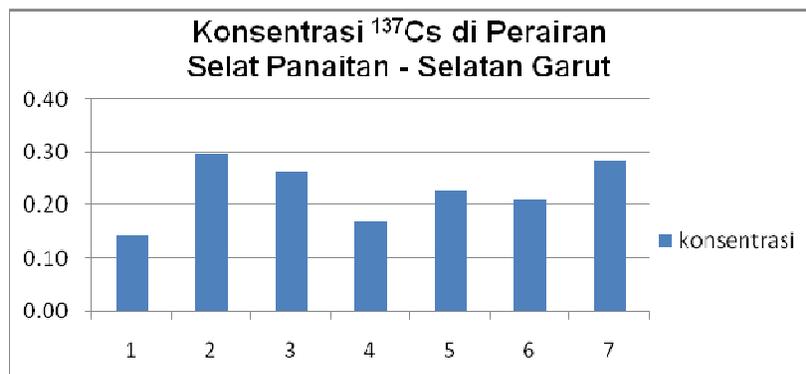
Penyaringan dilakukan dengan menggunakan kertas saring yang ditempelkan ke corong. Sampel dituang ke atas kertas saring dan ditunggu hingga endapan benar-benar tersaring dari air. Setelah itu kertas saring yang sudah ada endapannya dikeringkan ke dalam oven dengan suhu 80°C dan dibiarkan hingga endapan benar-benar kering. Endapan yang sudah kering kemudian dimasukkan ke dalam container untuk siap pengukuran menggunakan *Gamma Spectrometer*. Pengukuran konsentrasi ^{137}Cs dalam sampel menggunakan metode pengukuran langsung selama 1 hari.

Metode Analisis Parameter Oseanografi

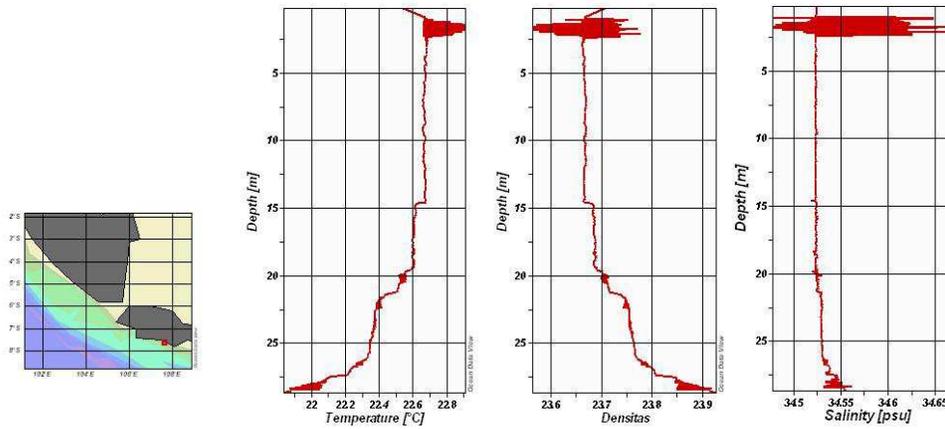
Untuk mengetahui kondisi fisis oseanografi daerah penelitian, maka dilakukan pengambilan data temperatur, salinitas, dan densitas secara vertikal dengan menggunakan CTD di tiga titik pemantauan. Data hasil rekaman CTD dapat digunakan sebagai bahan untuk menganalisis pola arus yang terjadi di lokasi penelitian. Menggunakan *software Ocean Data View (ODV)*, data CTD diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik terhadap kedalaman. Variasi temperatur, salinitas, dan densitas yang ditunjukkan dari grafik bisa menggambarkan pola arus yang terjadi melalui sebaran nilainya secara vertikal. Data densitas pada tiga titik pemantauan ini pun mampu menunjukkan adanya pergerakan massa air secara umum di lokasi penelitian secara horizontal, karena perbedaan densitas merupakan faktor pembangkit arus.

3. Hasil dan Pembahasan

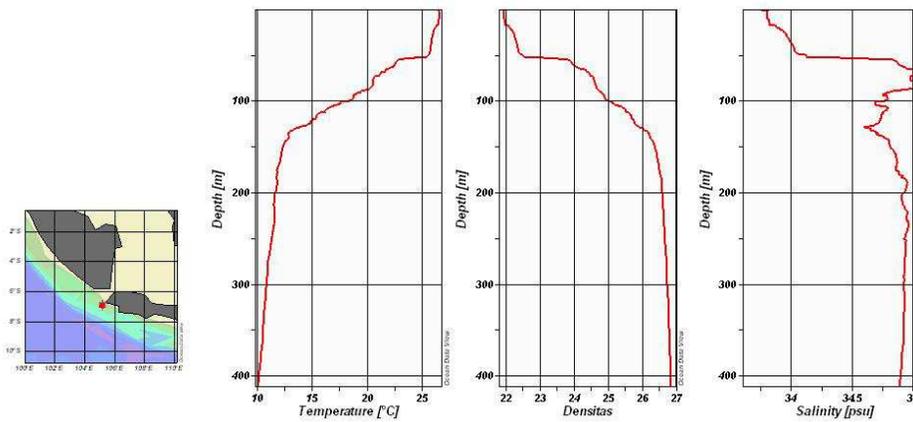
Hasil



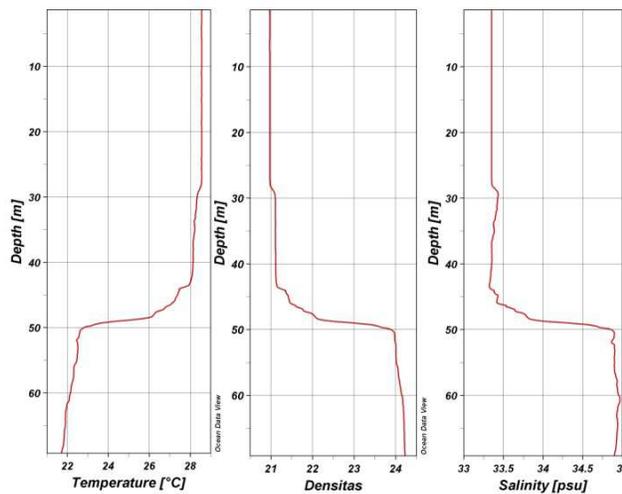
Gambar 2. Grafik konsentrasi ^{137}Cs di 7 stasiun pengamatan di wilayah perairan Selat Panaitan – Selatan Garut



Gambar 3. Grafik temperatur, densitas, dan salinitas terhadap kedalaman di stasiun pengamatan 1, Pantai Santolo, Pamengpeuk Garut.



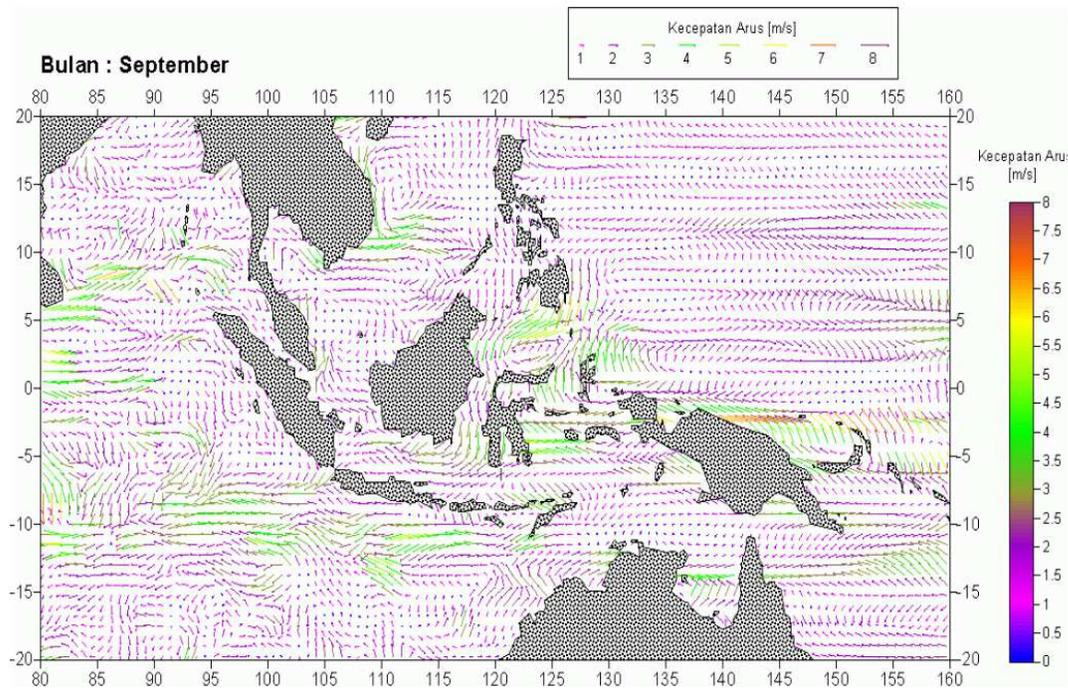
Gambar 4. Grafik temperatur, densitas, dan salinitas terhadap kedalaman di stasiun pengamatan 2, selatan Selat Panaitan.



Gambar 5. Grafik temperatur, densitas, dan salinitas terhadap kedalaman di stasiun pengamatan 2, utara Selat Panaitan.

Tabel 1. Parameter oseanografi secara eksitu.

Stasiun	pH	Salinitas (%)
1	7,9	3,2
2	8,0	3,2
3	7,8	3,2
4	7,8	3,2
5	7,8	3,1
6	7,6	3,1
7	7,6	3,0



Gambar 6. Model arus laut pada keadaan normal Bulan September

Sumber: Balai TEKSURLA – BPPT

Hasil penelitian menunjukkan adanya konsentrasi ^{137}Cs di perairan Selat Panaitan – Selatan Garut. Hal ini bisa terjadi karena sifat dari ^{137}Cs yang mudah terdispersi dan memiliki waktu-paruh yang lama sangat mendukung tersebarnya radionuklida tersebut hingga jarak yang jauh (Livingston dan Povenic, 2000). Jepang, sebagai salah satu negara di wilayah Pasifik, baru-baru ini menjadi sorotan dunia karena kecelakaan reaktor nuklir yang terjadi di Fukushima tahun 2011 silam. Akibatnya, terjadi pelepasan radionuklida antropogenik ke dalam lingkungan laut, salah satunya adalah ^{137}Cs . Radionuklida tersebut masuk ke perairan Jepang yang merupakan bagian dari Samudera Pasifik. Hal ini didukung oleh Lujaniene *et al* (2011) yang mengatakan bahwa pada 11 Maret 2011 terjadi gempa bumi kuat diikuti tsunami dan terbakarnya tiga reaktor dan kolam bahan bakar di PLTN Fukushima Dai-ichi di Jepang dengan pelepasan radionuklida ke atmosfer dan laut.

Arus Kuroshio yang berada di perairan Jepang mampu membawa ^{137}Cs ke sistem North Equatorial Current. Radionuklida antropogenik di wilayah ini tidak hanya dari Fukushima, melainkan ada pula inputan dari percobaan senjata nuklir di Atol Bikini dan Enewetak (Povinec et al, 2004). North Equatorial Current itu sendiri berhubungan dengan Subtropical Gyre, yaitu putaran/siklus arus yang berada di wilayah subtropis. Gyre

tersebut membawa ^{137}Cs ke sistem Arus Eddy Mindanao. Arus tersebut memiliki pola berputar, mentranspor sejumlah massa air ke Pasifik Selatan melalui Laut Seram dan terbagi dua cabang. Cabang ke arah utara kembali ke Samudera Pasifik, dan ke arah selatan mengalir memasuki Laut Banda (Liu et al, 2005 dalam Hadikusumah, 2010) dan masuk ke dalam sistem ARLINDO.

Data hasil rekaman CTD di tiga stasiun pengamatan menunjukkan terdapatnya variasi sebaran temperatur, salinitas, dan densitas secara vertikal terhadap kedalaman. Pada stasiun pengamatan 1 (Gambar 3), data temperatur, densitas, dan salinitas menunjukkan nilai yang seragam. Ini bisa terjadi karena kedalaman perairan yang cukup dangkal sehingga pergerakan massa air yang ada mampu menghomogenkan parameter-parameter tersebut.

Data rekaman CTD pada stasiun pengamatan 2 (Gambar 4) dan stasiun pengamatan 3 (Gambar 5) terlihat lebih variatif. Secara umum dari tiga parameter yang ditinjau, tampak pada kedalaman 50 – 150 m terjadi perubahan nilai yang cukup signifikan (Gambar 4). Begitu pula pada Gambar 5 adanya perubahan distribusi nilai parameter antara 0 – 40 m dengan 40 – 50 m. Stewart (2003) mengatakan bahwa arus di samudera tergantung dari perbedaan tekanan, yang mengikuti variasi sebaran densitas yang ada. Jika kita tinjau pada data salinitas yang tampak pada grafik (Gambar 4), terlihat cukup jelas adanya distribusi nilai yang tidak merata di kolom tersebut. Artinya, pola arus yang tidak stabil karena perbedaan densitas mempengaruhi sebaran material di laut.

Konsentrasi ^{137}Cs yang terdeteksi di seluruh daerah penelitian (Gambar 2) terlihat sangat kecil bila dibandingkan dengan daerah Samudera Pasifik yaitu 4000 – 10.000 Bq m⁻³ pada tahun 2011. Tingkat konsentrasi ini masih bisa ditoleransi meninjau batasan air yang bisa diminum untuk ^{137}Cs di Amerika Serikat adalah 7400 mBq/L (batasan oleh EPA dari 40 $\mu\text{Sv yr}^{-1}$ dihitung di AS untuk konsumsi 1 L per hari) dan 10000 mBq/L (Buesseler et al, 2011). Rendahnya konsentrasi ^{137}Cs tersebut dikarenakan jauh dari sumbernya (Fukushima) (Richman et al, 1993), dan dimungkinkan karena ^{137}Cs tersebut sudah banyak terakumulasi pada partikel, karena lokasi sampling tidak jauh dari daratan. Menurut Szymczak (2013), sifat ^{137}Cs di perairan akan menurut pada daerah yang tingkat kekeruhannya tinggi.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa konsentrasi ^{137}Cs di semua stasiun penelitian menunjukkan nilai yang relatif sama (dari 0,14 – 0,30 mBq/L). Hal ini disebabkan karena kondisi permukaan perairan di daerah penelitian relatif homogen sesuai dengan kondisi parameter yang lain seperti salinitas dan pH yang relatif sama pada setiap stasiun penelitian (Tabel 4). Kejadian ini terjadi dikarenakan arus permukaan yang terjadi di daerah penelitian dengan kecepatan sekitar 2 m/detik (Gambar 6) mampu menghomogenkan parameter hidrooseanografi di permukaan. Muslim (2009) mengatakan bahwa keberadaan radionuklida di suatu perairan bila jauh dari sumbernya maka konsentrasi yang muncul disamping nilainya rendah juga relatif seragam.

Nilai konsentrasi ^{137}Cs yang terdeteksi di daerah penelitian yang paling rendah terdapat pada stasiun 1 yaitu 0,14 mBq/L, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada stasiun 2. Fenomena ini dapat terjadi karena stasiun 1 berlokasi di dekat daratan di mana jauh dari pengaruh ARLINDO. Menurut Hasanudin (1998), ARLINDO merupakan arus yang mentranspor sejumlah massa air dari Samudera Pasifik ke perairan Indonesia yang seiring perjalanannya mengalami proses turbulensi, sinking, upwelling, downwelling dan diikuti oleh proses-proses fisis maupun proses-proses yang lain.

Ditinjau nilai konsentrasi ^{137}Cs , stasiun 3 dan 4 nilainya lebih rendah dari stasiun 2. Terjadinya fenomena ini bisa disebabkan karena adanya perbedaan kedalaman perairan, di mana stasiun 3 dan 4 lebih dalam dari stasiun 2. Perbedaan kedalaman dapat mempengaruhi sebaran ^{137}Cs yang berada di permukaan, karena bisa jadi radioisotop ^{137}Cs sudah ada yang tenggelam ke dasar laut. Longford (1983) menyatakan penyebaran radionuklida yang terjadi di antara air dan sedimen sangat ditentukan oleh sifat fisika dan kimia yang dimiliki oleh radionuklida itu sendiri. Pada perairan yang terbuka kemungkinan terendapkan lebih besar dari perairan yang dangkal yang mudah teraduk kembali dan akan dilepaskan kembali.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah terdapatnya konsentrasi ^{137}Cs di perairan Selat Panaitan – Selatan Garut dengan kisaran 0,14 – 0,30 mBq/L yang menunjukkan pola arus global mampu mentranspor ^{137}Cs dari sumber (Fukushima) ke perairan Indonesia, khususnya daerah penelitian. Arus yang berada di Samudera Pasifik masuk ke perairan Indonesia melalui sistem ARLINDO. Nilai konsentrasi terendah dan tertinggi terjadi karena perbedaan jarak stasiun penelitian dengan ARLINDO.

Daftar Pustaka

- Buesseler, K., M. Aoyama, and M. Fukasawa. 2011. Impacts of the Fukushima Nuclear Power Plants on Marine Radioactivity. *Environmental Science and Technology* 2011, 45, 9931-9935.
- Hadi, S. 2004. *Metodologi Research*. Jilid 1. Yogyakarta; Andi, 150 hlm.
- Hadikusumah. 2010. Massa Air Subtropical di Perairan Halmahera. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 2, No. 2, Hal. 92-108.
- Hasanudin, M. 1998. Arus Lintas Indonesia. *Oseana*, Volume XXIII, Nomor 2, 1998: 1-9. ISSN 0216 – 1877.

- IRSN (Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire). 2011. Impact on Marine Environment of Radioactive Releases Resulting from the Fukushima-Daiichi Nuclear Accident.
- Levy, I., P.P. Povinec, M. Aoyama, K. Hirose, J.A. Sanchez-Cabeza, J-F. Comanducci, J. Gastuad, M. Eriksson, C.S. Kim, K. Komura, I. Osvath, P. Roos, and S.A. Yim. 2010. Marine Anthropogenic Radiotracers in the Southern Hemisphere: New Sampling and Analytical Strategies. Elsevier. *Progress in Oceanography* 89 (2011) 120-133.
- Livingston, H.D. dan P.P. Povinec. 2000. Anthropogenic Marine Radioactivity. Elsevier. *Ocean & Coastal Management* 43 (2000) 689-712.
- Longford, T.E. 1983. Electricity Generation and the Ecology of Natural Waters. Liverpool University Press: Liverpool, UK.
- Lujaniene, G., S. Bycenkiene, P.P. Povinec, and M. Gera. 2011. Elsevier. *Journal of Environmental Radioactivity* xxx (2012) 1-10.
- Muslim. 2009. Distribution of ²²⁶Ra Radionuclide in Upwelling Event Off Ulsan, Gampo and Pohang, Korea. *Atom Indonesia* Vol. 35 2 (2009) 137-152.
- Povinec, P.P., A. Aarkrog, Ken O., Buesseler, R. Delfianti, K. Hirose, Gi H. Hong, T. Ito, H.D. Livingston, H. Nies, Victor E., Noshkin, S. Shima, and O. Togawa. 2004. ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, ^{239,240}Pu Concentration Surface Water Time Series in the Pacific and Indian Oceans – WOMARS Results. Elsevier. *Journal of Environmental Radioactivity* 81 (2005) 63-87.
- Richman, B., P.W. Albers, R. Lane, V. Piazza, J. Faulk, F. Kotowski Jr., and R.W. Mannino. 1993. McGraw-Hill Encyclopedia of Chemistry. Lakeside Press: Ohio.
- Sudjana, M. M. 1992. *Metode Statistika*. Tarsito. Bandung
- Szymczak, R. 2013. Marine Biogeochemistry of Radionuclides. IAEA/RCA RTC Xiamen CPR.