

## PEMANTAUAN RADIONUKLIDA ANTROPOGENIK DI PERAIRAN SELAT MAKASAR

Wahyu Retno Prihatiningsih, Heny Suseno  
Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN

### ABSTRAK

PEMANTAUAN RADIONUKLIDA ANTROPOGENIK DI PERAIRAN SELAT MAKASAR. Telah dilakukan penelitian yang berkaitan dengan pemantauan lingkungan laut selat Makasar terhadap kandungan  $^{137}\text{Cs}$ . Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data konsentrasi radionuklida antropogenik yang direpresentasikan oleh  $^{137}\text{Cs}$  untuk melengkapi ASPARAMARD. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel dalam program *Instant (International Stratification and Transport) Cruise*, analisis dan uji profisiensi. Hasil penelitian menunjukkan Konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  di perairan Selat Makasar merupakan karakter Samudra Pasific yang berhubungan dengan ARLINDO.

### ABSTRACT

ANTROPOGENIC RADIONUCLIDES MONITORING AT MAKASAR STRAIT. The reseach that associated with marine environment monitoring for  $^{137}\text{Cs}$  have been done. The aim of research to found radionuclides concentration data that representate by  $^{137}\text{Cs}$  to completed the ASPARAMARD. The research was performance by sampling at programme of INSTANT (International Stratification and Transport) cruise, analysis and proficiency test. The result was shown that cocentration at Makasar strait was caracter of Pasific ocean that related with ARLINDO.

### PENDAHULUAN

Program pemantauan radionuklida di lingkungan laut mempunyai fungsi utama mengkaji derajat kontaminasi radionuklida pada biota atau media, mengevaluasi kecenderungannya terhadap waktu, membandingkan hasil pemantauan terhadap regulasi, menentukan potensial sumber lepasan dan menginterpretasikan resiko terhadap kesehatan manusia dalam sudut pandang konsumsi makanan laut. Radionuklida spesifik dalam lingkungan kelautan merefleksikan emisi dari sumber lokal, remobilisasi dari deposit sedimen dan kontaminan yang datang dari jarak yang cukup jauh. Program pemantauan lingkungan laut telah dilakukan secara nasional, regional maupun internasional. Dalam konvensi OSPAR (*Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic*) disetujui agenda yang mana pelepasan emisi radioaktif dan kehilangan sumber radioaktif akan direduksi dan dipantau. Tujuan utama dari OSPAR adalah mereduksi konsentrasi radionuklida di wilayah utara timur Atlantik. Selanjutnya dalam lingkup multi regional dikaji *HAM database (Historical Artificial Radionuclides in the Pacific Ocean and its Marginal Seas)* termasuk konsentrasi radionuklida di dalam air laut, *ASPAMARD database (Asia-Pacific Marine Radioactivity Database)* termasuk konsentrasi radionuklida dalam air dan sedimen serta biota laut.

Pemantauan radionuklida dalam lingkungan laut Indonesia telah dilakukan terutama di Semenanjung Muria untuk memperoleh data *base line* bagi pembangunan PLTN. Sangat sedikit pemantauan lingkungan yang dilakukan di perairan laut lainnya, terutama di luar Jawa. Disisi lain data kandungan radionuklida di perairan Indonesia khususnya yang berkaitan dengan Samudra pasific dibutuhkan untuk berkontribusi dalam program ASPAMARAD. Selat Makasar merupakan jalur pertemuan antara Samudra Pasifik dengan Samudra Hindia, dimana arus yang menjadi perantara dua samudera besar di atas, dikenal dengan nama Arus Lintas Indonesia (Arlindo) dan menjadi elemen penting dalam sistem global iklim dunia dan sirkulasi termohalin (arus yang terbentuk oleh perubahan suhu dan salinitas). Status riset saat ini menunjukkan bahwa 80% dari total Arlindo tersebut mengalir lewat Selat Makasar. Fakta ini menunjukkan Selat Makasar juga mempunyai karakteristik radioekologi yang berbeda dibandingkan dengan laut-laut lainnya karena berkaitan dengan aliran dari Samudra Pasifik. Hal ini karena diantara lautan dunia deposisi material radioaktif di Samudra pasifik lebih kompleks dibandingkan lautan lainnya. Sebanyak 68 percobaan nuklir diatas permukaan telah dilakukan di Kepulauan Bikini dan Enewetak yang tidak hanya menghasilkan *fallout* lokal tetapi deposisi troposferik regional dan menyebabkan penyebarannya ke wilayah Pasifik Utara sebelah selatan dengan skala yang menyamai *global fallout*<sup>[2]</sup>.

Pembuangan limbah nuklir ke Samudra pasifik juga dilakukan oleh berbagai negara seperti Amerika Serikat, New Zeland, Republik Korea, Federasi Rusia dan Jepang. Hong *et al* (2004) melaporkan bahwa Indonesia, Malaysia, Amerika Serikat, Uni Sovyet dan Federasi Rusia juga berkontribusi terhadap masuknya material radioaktif di Samudra Pasifik yang diakibatkan oleh kecelakaan dan mempunyai potensi melepas radionuklida ke Samudra pasifik<sup>[2]</sup>. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan program pemantauan lingkungan secara berkala. Penelitian dan kajian ini akan memaparkan berbagai aspek dan hasil pemantauan lingkungan laut di Selat makasar dan dibandingkan dengan pemantauan lingkungan laut di Indonesia lainnya.

## TATA KERJA

Sample diambil dari perairan Selat Makasar pada koordinat:

05° 33' 299" S; 109° 37' 78" E  
 04° 33' 078" S; 118° 30' 4,34" E  
 03° 30' 4,14" S; 118° 06' 4,38" E  
 03° 29' 52,32" S; 118° 19' 23,44" E

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan RV Baruna Jaya I dalam Program Instant Cruist 2004. Sebagai pembandingan dilakukan pengambilan sampel di Pulau Duntungan pare-pare Sulawesi Selatan pada tahun 2007. Sampel diawetkan menggunakan prosedur baku IAEA dan kandungan <sup>137</sup>Cs dianalisis menggunakan spektrometer gamma dengan metoda pemekatan Amonium Phospho Molibdat (AMP)<sup>[4]</sup>.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pogram pemantauan lingkungan termasuk lingkungan laut, pengukuran medan laju dosis juga dilakukan disamping kandungan radionuklida. Hasil pengukuran laju dosis Selat Makasar ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Laju dosis perairan Selat Makasar

Lokasi	Laju dosis ( $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ )
05° 33' 299,0" S; 109° 37' 78,00" E	0,15 $\pm$ 0,02
04° 33' 78,00" S; 118° 30' 4,340" E	0,10 $\pm$ 0,02
03° 30' 4,140" S; 118° 06' 4,380" E	0,13 $\pm$ 0,02
03° 29' 52,32" S; 118° 19' 23,44" E	0,14 $\pm$ 0,02

Mengacu pada Tabel 1 maka laju dosis berkisar antara 0,1 sampai dengan 0,14 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  atau 876 sampai dengan 1314  $\mu\text{Sv}$  per tahun yang merupakan laju dosis normal yaitu masih dibawah 0,1mSv per tahun.

Sumber radioanuklida antropogenik pada lingkungan laut Samudra Pasific adalah berasal dari percobaan persenjataan nuklir diatmosfer, lepasan dari kecelakaan fasilitas nuklir sipil dan militer termasuk satelit saat, pembuangan limbah radioaktif ke laut. Radioisotop <sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs dan <sup>239+240</sup>Pu merupakan radionuklida yang merepresentasikan studi, distribusi dan tabiatnya di Samudra pasifik. Pada skala global <sup>137</sup>Cs merepresentasikan radionuklida antropogenik dan <sup>210</sup>Po merepresentasikan radionuklida alam dalam lingkungan kelautan. Masukan <sup>137</sup>Cs dan <sup>90</sup>Sr yang berasal dari deposisi *global fall out* di Samudra Pasifik adalah 50% dari total deposisi yang sama di seluruh lautan dunia<sup>[4]</sup>. Disisi lain Friedlander *et al* (2005) menyatakan bahwa program pemantauan radionuklida dilingkungan laut harus ditunjang oleh kemampuan laboratorium yang cukup untuk mengukur konsentrasi dalam sampel pada konsentrasi yang mendekati latar belakang (MDA)<sup>[1]</sup>. Potensial kapasitas pengukuran dinamakan minimum zat yang dapat diukur yang merupakan fungsi dari sistem pencacahan. Harga dari MDA adalah salah satu nilai legitimasi dimanan menunjukkan kemampuan pengukuran dengan jaminan yang dapat dipertanggungjawabkan. Disisi lain justifikasi kinerja analisis dapat dilakukan dengan mengikuti program profisiensi sehingga ketepatan analisis dapat dipertanggungjawabkan. Untuk menunjang program pemantauan lingkungan ini dilakukan kegiatan profisiensi analisis pada sampel-sampel air sedimen dan biota yang dikelola oleh IAEA dalam program *The IAEA-CU-2006-03 Word-wide open proficiency test on determination of gamma emmiting radionuclides*. Hasil profisiensi menunjukkan untuk radionuklida <sup>137</sup>Cs sesuai dengan *reference material*. Mengacu pada hal tersebut, maka sistem instrumentasi gamma spektrometer yang digunakan untuk melakukan pemantauan lingkungan memenuhi persyaratan, dimana radionuklida-radionuklida dalam sampel profisiensi yang terdeteksi secara benar adalah <sup>137</sup>Cs, <sup>134</sup>Cs dan <sup>60</sup>Co.

Masukan radionuklida dari *global fallout* pada lautan di dunia terutama disebabkan oleh pengujian persenjataan nuklir dapat diestimasi dari pemantauan di seluruh dunia. Disisi lain pelepasan radionuklida dari fasilitas reprocessing atau membuang limbah radioaktif padat maupun cair umumnya mempunyai karakter lokal walaupun radionuklida yang larut ditransportasikan kesegala arah bantuan arus<sup>[4]</sup>. Karakter lokal juga dimungkinkan berasal dari kehilangan sumber radioaktif yang masuk ke dalam lingkungan laut. Sumber radioaktif tertutup umumnya digunakan dalam lingkungan laut berhubungan dengan kegiatan pertambangan minyak dan gas. Dalam berbagai kasus peralatan *logging* tertinggal dalam lubang pengeboran dan sulit diambil kembali. Umumnya peralatan tersebut dibiarkan ditempat dan lubang disementasi oleh matrik semen. Situasi ini dapat memberikan kontribusi terhadap masuknya radionuklida ke dalam lingkungan laut.

Hong *et al* (2004) melaporkan Indonesia telah berkontribusi dalam masuknya radionuklida antropogenik di Samudra Pasific yang dirangkum dari Technical Dokumen IAEA<sup>[2]</sup>. Hasil rangkuman ini ditunjukkan pada Tabel2.

Tabel2. Kecelakaan di laut yang berpotensi melepaskan radionuklida ke dalam Samudra Pasifik (Hong, *et al* 2004)

Negara	Kejadian	Daerah	Kedalaman	Kandungan
Federasi Rusia	1997	Laut Okhotsk	Tidak diketahui	RTG power supply, <sup>90</sup> Sr sumber tertutup 1,3 PBq
Uni Sovyet	1987	Laut Okhotsk	Tidak diketahui	RTG power supply, <sup>90</sup> Sr sumber tertutup 25,3 PBq
USA	1970	Pasifik Utara Tonga	6000 m	SNAP-27 generator, 1,63 TBq
USA	1965	Selatan Kyushu	4000 m	Sky-Hawk Jey A-41E1 (senjata nuklir)
USA	1962	Johnston Island	3800	Peralatan pengujian nuklir
Indonesia	-	Perairan Indonesia	300-4058	<sup>241</sup> Am, <sup>137</sup> Cs 4077,9 GBq
Malaysia	1990-1995	Laut China selatan	1800-3132	<sup>241</sup> Am, <sup>137</sup> Cs 333 GBq
USA	1982-1988	Pasific Coast, lepas pantai Australia	Tidak diketahui	<sup>226</sup> Ra, <sup>241</sup> Am, <sup>137</sup> Cs, 703 GBq

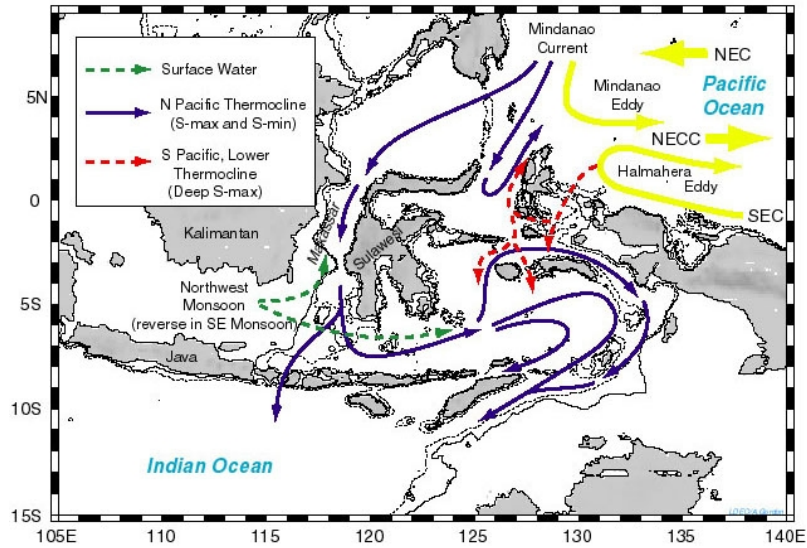
Berdasarkan rangkuman Hong *et al* maka kemungkinan perairan laut Indonesia mempunyai karakter lokal kandungan <sup>137</sup>Cs dalam air laut. Untuk mengetahui secara detail lokasi mana terjadi kehilangan sumber radioaktif tertutup yang menurut Hong *et al* berkontribusi terhadap masukan radionuklida di Samudra Pasifik, lokasi kehilangan tersebut ditunjukkan pada Tabel 3 yang diacu dari Technical Document IAEA.

Mengacu pada Tabel 2 dan 3 maka jika benar terjadi kehilangan sumber tertutup tersebut, maka lepasan radionuklida tidak akan berkontribusi pada masukan radionuklida di Samudra Pasific. Hal ini karena justru aliran air laut dari Samudra Pasific kearah Samudra Hindia sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.<sup>[7]</sup>

Berdasarkan Gambar 1, maka karakter radionuklida di Selat makasar merupakan karakter dari Samudra Pasific yang tidak dipengaruhi oleh kontribusi hilangnya sumber radioaktif di perairan Indonesia.

Tabel 3. Kehilangan sumber tertutup yang menghasilkan aktual maupun potensial lepasan dalam lingkungan laut Indonesia

Kejadian	Wilayah geografis	Koordinat		Kedalaman (m)	Material Radioaktif	Aktivitas Total	Keterangan
		Lintang	Bujur				
Tidak ada informasi	Handil, East Kalimantan	1° 51' 49" S	117° 15' 49" E	2548	<sup>241</sup> Am/ <sup>Be</sup> <sup>137</sup> Cs	666 GBq 55,5 GBq	Tidak ada keterangan
Tidak ada informasi	Java sea offshore	5° 56' 28" S	107° 26' 2" E	2367	<sup>241</sup> Am/ <sup>Be</sup> <sup>137</sup> Cs	740 GBq 74 GBq	Tidak ada keterangan
Tidak ada informasi	Natuna sea, Ribu	-	-	1468,5	<sup>241</sup> Am/ <sup>Be</sup> <sup>137</sup> Cs	740 GBq 74 GBq	Tidak ada keterangan
Tidak ada informasi	Handil, East Kalimantan	0° 46' 18" S	117° 48' 6" E	300	<sup>241</sup> Am/ <sup>Be</sup> <sup>241</sup> Am/ <sup>Be</sup> <sup>137</sup> Cs	666 GBq 18,5 GBq 55,5 GBq	Tidak ada keterangan
Tidak ada informasi	West Java offshore	5° 46' 4" S	107° 35' 75" E	4058	<sup>241</sup> Am/ <sup>Be</sup> <sup>137</sup> Cs	592 GBq 55,5 GBq	Tidak ada keterangan
Tidak ada informasi	Natuna sea, Ribu	5° 13' 52" S	107° 35' 39" E	1468,5	<sup>241</sup> Am/ <sup>Be</sup> <sup>137</sup> Cs	740 GBq 74 GBq	Tidak ada keterangan



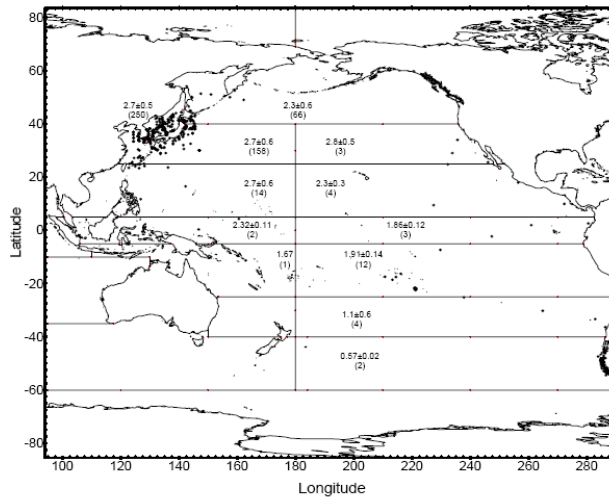
Gambar 1. Aliran air laut dari Samudra Pasifik ke arah samudra Hindia

Hasil analisis radionuklida di perairan selat Makasar ditunjukkan pada Tabel 4.

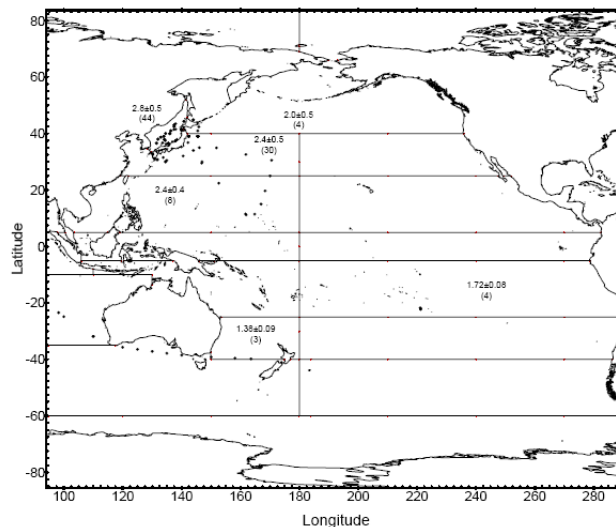
Tabel 4. Konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  di perairan Selat Makasar

Lokasi	$^{137}\text{Cs}$ (mBq/l)
05° 33' 299,0" S; 109° 37' 78,00" E	1,10 ± 0,22
04° 33' 78,00" S; 118° 30' 4,340" E	0,85 ± 0,25
03° 30' 4,140" S; 118° 06' 4,380" E	1,18 ± 0,24
03° 29' 52,32" S; 118° 19' 23,44" E	1,11 ± 0,21

Mengacu pada Tabel 4, kisaran konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  di perairan Selat Makasar adalah 1,11 sampai dengan 1,54 mBq/l. Hasil analisis ini menunjukkan karakter radionuklida Samudra Pasific. Karakter radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  di Samudra Pasific ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  dalam air permukaan laut tahun 1991-1996



Gambar 3. Konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  dalam air permukaan laut tahun 2000

Mengacu pada hasil analisis dan Gambar 2 serta Gambar 4 sebagai pembandingan, maka pada tahun 2000 konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  di Samudra Pasific mengalami penurunan dibandingkan tahun 1991 – 1996. Hal ini disebabkan oleh peluruhan radionuklida tersebut dan tidak adalagi masukan radionuklida antropogenik oleh uji coba persenjataan nuklir<sup>[4,5,6]</sup>.

#### KESIMPULAN

1. Konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  di perairan Selat Makasar merupakan karakter Samudra Pasific yang berhubungan dengan ARLINDO.
2. Kehilangan sumber radioaktif tidak menyebabkan perubahan karakter lokal pada Selat Makasar.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Friedlander, B., Gochfeld, M., Burger, J., Powers, CW(2005), RADIONUCLIDES IN THE MARINE ENVIRONMENT A CRESP Science Review Draft, Consortium for Risk Evaluation with Stakeholder Participation
2. Hong, G. Baskaran, H, Povinec, P.P. (2004), Artificial Radionuclides in the western North Pacific: A Review, Global Environmental change in the ocean and on Land, Eds., M. shiyomi et al', pp' 147-172'
3. IAEA(2001), Inventory of accidents and losses at sea involving radioactive material IAEA TECDOC-1242, Vienna.
4. IAEA (2005), Worldwide marine radioactivity studies (WOMARS) Radionuclide levels in oceans and seas, *Final report of a coordinated research project*, IAEA-TECDOC-1429
5. MEL IAEA, Monaco
6. Nagaya, Y and. Nakamura K (1992),  $^{239,240}\text{Pu}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in the East China and the Yellow Seas, *Journal of Oceanography* 48:23-35
7. Sazykina, T., Kryshev, I (2007) Radioecological assessment of radionuclide permissible
8. levels and low-level releases in the seas, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 9, 00291,
9. European Geosciences Union 2007
10. Syamsudin, F (2004), Selat Makasar Indikator Perubahan Iklim Dunia? Buletin Geomet, Dept. Geofisika dan Meteorologi IPB
11. Ugur, A., Yener, G (2000), Plutonium isotopes,  $^{241}\text{Am}$  and  $^{137}\text{Cs}$  activity concentrations in marine sediments of gökova bay aegean turkish coast, *Ege University, Institute of Nuclear Sciences, 35100 Bornova-IZMIR*