

**PEMODELAN DISTRIBUSI RADIONUKLIDA  $^{137}\text{Cs}$  DI MUARA SUNGAI  
CISADANE PERAIRAN TELUK JAKARTA BERDASARKAN DATA  
RADIOLOGI DAN OSEANOGRAFI  
Agustini Sinaga <sup>\*)</sup>, Muslim <sup>\*)</sup>, Heny Suseno <sup>\*\*)</sup>**

<sup>\*)</sup> Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H Soedarto, S. H, Tembalang Semarang. 50275 Telp/fax (024)74746998

<sup>\*\*)</sup> Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR), BATAN

Jl. Lebak Bulus Raya No. 49 Jakarta

Email : [aqua\\_muslim@yahoo.com](mailto:aqua_muslim@yahoo.com), [henis@batan.go.id](mailto:henis@batan.go.id)

**Abstrak**

Radionuklida merupakan unsur cemaran yang sangat penting untuk diketahui persebarannya. Radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  bersifat konservatif sehingga penyebarannya dalam laut sangat dipengaruhi oleh proses pencampuran dan difusi. Tujuan dari penelitian ini memodelkan distribusi radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  di Perairan Teluk Jakarta seandainya di Muara Sungai Cisadane terdapat limbah  $^{137}\text{Cs}$  dengan pendekatan model hidrodinamika menggunakan *Software Surface Water Modelling System* (SMS). Penelitian ini dibagi dalam dua tahap yaitu tahap survey lapangan dan tahap pemodelan hidrodinamika menggunakan *Software Surface Water Modeling System* (SMS) modul *Resources Management Associates-2* (RMA2) untuk memodelkan arah dan kecepatan arus laut serta dilanjutkan modul *Resources Management Associates-4* (RMA4) untuk memodelkan distribusi  $^{137}\text{Cs}$ . Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan penetapan lokasi penelitian dipilih secara *purposive sampling*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi hidrodinamika perairan Teluk Jakarta menunjukkan bahwa kecepatan arus maksimum yaitu 0,036 m/s pada saat pasang. Distribusi Radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  di perairan Teluk Jakarta selama 15 hari menunjukkan, bahwa  $^{137}\text{Cs}$  telah menyebar lebih dominan ke arah timur, namun nilai aktivitasnya masih lebih banyak terdapat didaerah awal mulanya lepasan. Hal ini menunjukkan ternyata waktu simulasi selama 15 hari nilai aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  belum mampu tersebar seluruhnya ke perairan laut, karena lemahnya arus.

**Kata kunci:** distribusi  $^{137}\text{Cs}$ ; model hidrodinamika; Perairan Teluk Jakarta

**Abstract**

Radionuclide is a very important element to be known its distribution.  $^{137}\text{Cs}$  radionuclide is a conservatif element spreading in the sea is very influenced by the process of mixing and diffusion. The object of modelling the distribution of radionuclide  $^{137}\text{Cs}$  in the waters of Jakarta Bay if in the Cisadane estuary waste there  $^{137}\text{Cs}$  by hydrodynamics model approach using Surface Water Modeling System (SMS) software. This study is divided two phases which were field survey phase and modelling phase with Software Surface Water Modeling System (SMS) to model the direction and velocity of ocean currents by modules Resources Management Associates-2 (RMA2) and continued to model the distribution of  $^{137}\text{Cs}$  by modules Resources Management Associates-4 (RMA4). This study used a quantitative method and determination of the location by purposive sampling. The results, condition of hydrodynamics in Jakarta Bay Waters showed that the maximum speed of current is 0,036 m/s at high tide. Distribution of  $^{137}\text{Cs}$  radionuclide in Jakarta Bay Waters have results of simulation during 15th days of showed that has spread more inclined to the east, but the value of its activity still more in beginning removable areas. That showed the simulation time during the 15th days of show value activity of  $^{137}\text{Cs}$  has not gone entirely dispersed into marine waters because of weak current so slow  $^{137}\text{Cs}$  distributed into marine waters.

**Keyword:**  $^{137}\text{Cs}$  Distribution; Hydrodynamics Model; Jakarta Bay Waters

## 1. Pendahuluan

Radionuklida merupakan unsur cemaran yang sangat penting untuk diketahui persebarannya. Aktivitas radionuklida di perairan ditentukan oleh faktor persebaran, perpindahan dan peluruhan radionuklida. Parameter terpenting dalam persebaran radionuklida di perairan adalah pergerakan massa air, seperti halnya di estuari yang juga bergantung pada luasan dan interaksi air sungai dengan air laut (IAEA, 2005).

Radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  mendapat perhatian karena mempunyai umur paroh yang panjang (30 Tahun), bersifat *toxic* dan dapat terakumulasi dalam tubuh manusia sehingga sangat berbahaya keberadaannya di perairan laut (Suseno, 2013). Unsur tersebut bersifat konservatif didefinisikan sebagai radionuklida yang sangat mudah larut dalam air laut sehingga penyebarannya dalam laut sangat dipengaruhi oleh proses pencampuran dan difusi, oleh karena itu sangat penting dilakukan suatu penelitian yaitu untuk memudahkan peneliti mengetahui nilai aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  pada jarak dan waktu tertentu di suatu perairan dengan waktu yang lebih efisien dan biaya yang murah maka perlu dilakukan suatu pemodelan atau simulasi.

Cahyana (2005) menyatakan, bahwa sebaran radionuklida sangat dipengaruhi oleh pola gerak air laut sehingga perlu dilakukan analisis data oseanografi fisika yang meliputi arus, pasang surut dan gelombang karena dinamika perairan laut akan menentukan pola dan jangkauan sebaran unsur radioaktif sebagai fungsi waktu. Pola gerak air laut dapat dikaji dengan model hidrodinamika laut. Hidrodinamika merupakan cabang dari mekanika fluida yang terdiri dari konsep momentum, kontinuitas, tekanan, viskositas, waktu, turbulensi dan gesekan.

Hasil pemodelan hidrodinamika ini dapat digunakan untuk mengetahui sampai seberapa jauh tingkat persebarannya dalam kurun waktu tertentu serta sebagai prakiraan persebaran unsur radioaktif di perairan laut sehingga dapat digunakan sebagai data basis penyusunan rencana penanggulangan pencemaran radioaktifitas di perairan laut.

## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif (Sugiyono, 2009) karena telah memenuhi kaidah-kaidah ilmiah yaitu konkret, obyektif, terukur, rasional dan sistematis. Metode ini disebut metode kuantitatif karena data penelitian berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistik atau model. Metode penentuan lokasi pengambilan sampel air laut, pengukuran arus laut dan suhu air laut menggunakan metode *purposive sampling* (Sudjana, 1992 dalam Utama, 2013). Pengukuran arus laut dilakukan dengan pendekatan lagrangian pengamatan gerakan massa air permukaan dalam rentang waktu tertentu menggunakan bola duga. Kecepatan diperoleh dengan menghitung waktu kecepatan pelampung yang diikat dengan tali yang bergerak terbawa arus. Hasil pengukuran kemudian dicatat meliputi besarnya derajat arah pergerakan dan waktunya (Emery *et al.*, 2007). Pemodelan Distribusi  $^{137}\text{Cs}$  dilakukan dengan *software* SMS (*Surface Water modeling Sistem*) dengan menggunakan 2 modul yang terdapat dalam *software*, yaitu RMA2 untuk penentuan pola arus dan RMA4 untuk distribusinya.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Hasil Uji Verifikasi Data Arus Lapangan dan Data Arus Peramalan

Nilai MRE diperoleh dari verifikasi data arus lapangan dengan arus peramalan. Nilai MRE arah arus sebesar 33,51% dan nilai MRE kecepatan arusnya sebesar 43,28%. Hasil pengukuran di lapangan selalu lebih besar dari data hasil model, hal ini dikarenakan data pengukuran lapangan hanya mewakili satu lapisan kedalaman, sedangkan data model adalah hasil dari rata-rata kedalaman sehingga selalu lebih rendah dari hasil pengukuran. Hal ini berarti hasil model telah dianggap mampu mempresentasikan keadaan yang sebenarnya, pemodelan dapat digunakan karena tidak menunjukkan selisih yang signifikan.

Tabel 1. Verifikasi Kecepatan dan Arah Arus

Stasiun	Kecepatan Lapangan (m/detik)	Kecepatan Model (m/detik)	RE (%)	Arah Lapangan (°)	Arah Model (°)	RE (%)
1	0,166	0.092	44.578	310	200,84	35,213
2	0,086	0.048	44.186	300	170,96	43,013
3	1,801	0.140	92.227	105	98,860	5,8476
4	0,044	0.018	59.091	305	199,16	34,702
5	0,142	0.143	0.7040	290	171,83	40,748
6	0,037	0.044	18.919	300	175,41	41,530
MRE=43,28%			MRE= 33,51%			

**Kondisi Kualitas Perairan**

Kondisi cuaca saat pengambilan sampel pada hari pertama dan hari kedua yaitu cerah dan berawan. Pengukuran data suhu air laut dan arus laut pada setiap stasiun adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai Suhu Air Laut dan Kecepatan Arus

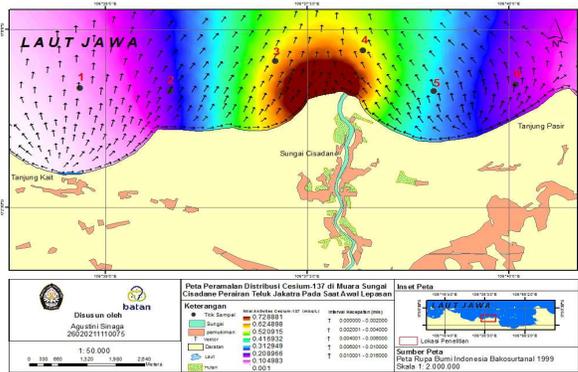
No	Longitude (BD)	Latitude (LS)	Suhu °C	Kecepatan Arus (m/s)	Arah Arus	Kedalaman (m)
1	106°34'40,9"	06°00'49,1"	30,0	0,166	Barat	5
2	106°35'48,3"	06°00'51,6"	31,5	0,086	Utara	4
3	106°37'6,44"	06°00'26,6"	31,2	1,801	Timur	3
4	106°38'11,6"	06°00'17,3"	31,3	0,044	Barat	5
5	106°39'4,35"	06°00'51,7"	31,4	0,142	Utara	3
6	106°40'4,99"	06°02'46,3"	31,8	0,037	Barat	4

**Hasil Pemodelan Distribusi <sup>137</sup>Cs**

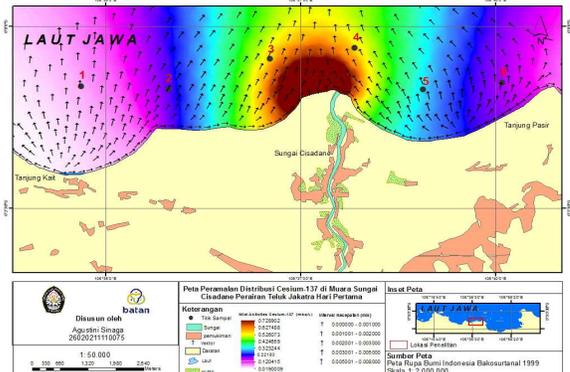
Hasil simulasi distribusi <sup>137</sup>Cs di Perairan Teluk Jakarta dengan menggunakan modul *Resources Management Associates-4 (RMA4)* diasumsikan kondisi awal terjadinya lepasan <sup>137</sup>Cs pada tanggal 26/11/2014 pukul 00.00 AM. Waktu simulasi selama 15 hari yaitu 11/12/2015 pukul 00.00 AM setelah terjadinya lepasan. Terdapat satu sumber lepasan <sup>137</sup>Cs ke lingkungan laut yaitu dari Sungai Cisadane dengan nilai debit aliran sebesar 87,8 m<sup>3</sup>/dt. Jumlah lepasan yang diskenariokan adalah 0,729 mBq/L. Nilai peluruhan <sup>137</sup>Cs adalah 6,33 x 10<sup>-5</sup> d<sup>-1</sup>. Secara kualitatif menunjukkan, bahwa arah dan kecepatan arus berpengaruh besar terhadap sebaran <sup>137</sup>Cs di laut. Pola sebaran <sup>137</sup>Cs menuju ke arah timur. Hal ini diperkuat oleh Cahyana (2005) menyatakan, bahwa sebaran radionuklida sangat dipengaruhi oleh pola arus air laut karena dinamika perairan laut akan menentukan pola dan jangkauan sebaran unsur radioaktif sebagai fungsi waktu.

Model skenario pada saat awal mulanya lepasan (Gambar 2) terletak di Sungai Cisadane menunjukkan bahwa nilai aktivitas <sup>137</sup>Cs sebesar 0,729 mBq/L. Hari pertama radionuklida <sup>137</sup>Cs mulai masuk perairan laut mengarah ke utara, hal ini disebabkan oleh debit air sungai (87,8 m<sup>3</sup>/dt) yang memiliki aliran arus yang cukup kuat sehingga mampu menyebarkan radionuklida <sup>137</sup>Cs secara

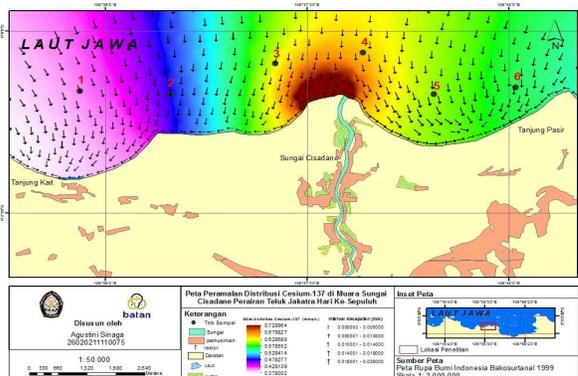
horizontal ke lingkungan laut. Saat hari ke sepuluh  $^{137}\text{Cs}$  di perairan laut tersebar menuju ke arah barat dan timur (Gambar 4), namun lebih dominan ke arah timur. Hari ke lima belas atau simulasi hari terakhir (Gambar 5), bahwa  $^{137}\text{Cs}$  telah menyebar lebih dominan ke arah timur dibandingkan ke arah barat, namun nilai aktivitasnya masih lebih banyak terdapat didaerah awal mulanya lepasan. Persebarannya lebih besar mengarah ke arah timur dari pada ke arah barat. Hal ini menunjukkan ternyata waktu simulasi selama 15 hari nilai aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  belum habis tersebar seluruhnya ke perairan laut. Hal ini disebabkan oleh lemahnya arus laut dengan nilai rata-rata sebesar 0,036 m/s, sehingga  $^{137}\text{Cs}$  lambat terdistribusi ke perairan laut. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Muslim (2007), bahwa aktivitas radionuklida di perairan laut ditentukan oleh faktor persebaran, perpindahan, pengadukan air laut (*mixing*) dan peluruhan radionuklida. Parameter terpenting dalam persebaran radionuklida di lingkungan air laut adalah pergerakan massa air laut



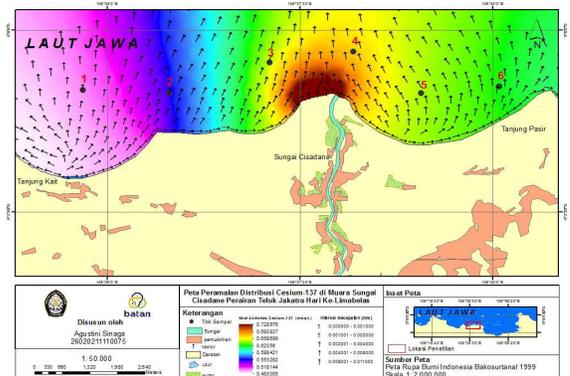
Gambar 2. Peta Peramalan Distribusi  $^{137}\text{Cs}$  di Muara Sungai Cisadane Perairan Teluk Jakarta pada saat Awal Lepasn (Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2015)



Gambar 3. Peta Peramalan Distribusi  $^{137}\text{Cs}$  di Muara Sungai Cisadane Perairan Teluk Jakarta pada Hari Pertama (Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2015)



Gambar 4. Peta Peramalan Distribusi  $^{137}\text{Cs}$  di Muara Sungai Cisadane Perairan Teluk Jakarta pada Hari Ke-sepuluh (Sumber : Pengolahan Data, 2015)



Gambar 5. Peta Peramalan Distribusi  $^{137}\text{Cs}$  di Muara Sungai Cisadane Perairan Teluk Jakarta pada Hari Ke-Lima belas (Sumber : Pengolahan Data, 2015)

#### **4. Kesimpulan**

Hasil simulasi model distribusi  $^{137}\text{Cs}$  di Perairan Teluk Jakarta selama 15 hari menunjukkan bahwa  $^{137}\text{Cs}$  telah menyebar lebih dominan ke arah timur. Ternyata waktu simulasi selama 15 hari nilai aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  belum mampu tersebar seluruhnya ke perairan laut, karena arus yang terjadi sangat lemah sehingga  $^{137}\text{Cs}$  lambat terdistribusi ke perairan laut.

#### **Daftar Pustaka**

- Cahayana, C. 2005. Kontur Konsentrasi Radionuklida K-40 pada Sedimen Laut Bangka. *J. Tek. Pengelolaan Limbah.*,15(2):24-29.
- Emery, W. J., L. D. Talley and G. L. Pickard. 2007. *Descriptive Physical Oceanography*. Elsevier.
- Hutama, P.B.P. 2013. Distribusi Radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  di Perairan Selat Panaitan – Selatan Garut. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang, 50 hlm.
- IAEA (International Atomic Energy Agency). 2005. *World Wide Marine Radioactivity Studies (WOMARS) Radionuclide Levels in Oceans and Seas*. [Final Report]. Coordinated Research Project IAEA-TECDOC, 1429.
- Muslim. 2007. *Marine Radionuclide (Nuklir di Laut)*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Suseno, H. 2013. Korelasi Konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  Terhadap Mineral Lempung dalam Sedimen Perairan Semenanjung Muria Jepara. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta, Bandung.
- Sudjana, M. M. 1992. *Metode Statistika*. Tarsito, Bandung.