



# STUDI WAKTU TINGGAL PARTIKULAT DALAM AIR LAUT PERMUKAAN SEMENANJUNG MURIA MELALUI PENGUKURAN $^{238}\text{U}$ Dan $^{234}\text{Th}$ .

Erwansyah Lubis

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN

## ABSTRAK

STUDI WAKTU TINGGAL PARTIKULAT DALAM AIR LAUT PERMUKAAN SEMENANJUNG MURIA MELALUI PENGUKURAN  $^{238}\text{U}$  Dan  $^{234}\text{Th}$ . Konsentrasi  $^{238}\text{U}$  dan  $^{234}\text{Th}$  dalam air laut permukaan S. Muria pada kedalaman 0, 5, 10 dan 15 m telah dianalisis. Hasil yang diperoleh menunjukkan konsentrasi  $^{238}\text{U}$  sebagai fungsi kedalaman relatif homogen yaitu  $29,6 \pm 2,3$  mBq/L. Konsentrasi  $^{234}\text{Th}$  sebagai fungsi kedalaman mengalami peningkatan, hal ini memberikan informasi bahwa konsentrasi  $^{234}\text{Th}$  yang mengalami *scavenging* berkurang dengan bertambahnya kedalaman air laut. Waktu tinggal partikulat rerata dalam air laut permukaan yang dihitung berdasarkan nisbah konsentrasi  $^{234}\text{Th} / ^{238}\text{U}$  adalah 99 hari.

## ABSTRACT

**THE STUDY RESIDENCE TIME OF PARTICLES IN SURFACE SEA WATER OF MURIA PENINSULA.** The concentrations of  $^{238}\text{U}$  and  $^{234}\text{Th}$  in surface sea water of M. Peninsula was analyzed. The results indicated that the concentrations of  $^{238}\text{U}$  as function of the water depth relatively homogeneous, that is  $29,6 \pm 2,3$  mBq/L. The concentrations of  $^{234}\text{Th}$  increased as the function of the water depth, indicated that the scavenging process is exist. The averages of residence time of particles in sea surface sea water calculated based on the ratio of  $^{234}\text{Th} / ^{238}\text{U}$  is 99 days.

## LATAR BELAKANG

Teknik nuklir (*isotope*) mempunyai kontribusi yang besar dalam studi lingkungan laut, khususnya dalam pemahaman proses-proses dasar oceanografi, distribusi polutan, rekonstruksi dan prakiraan kondisi laut dimasa yang akan datang.

$^{238}\text{U}$  adalah radionuklida alami yang mempunyai waktu-paro ( $T_{1/2}$ ) panjang, yaitu  $4,47 \times 10^9$ , mudah larut dan mempunyai konsentrasi yang homogen dalam air laut. Radionuklida  $^{234}\text{Th}$  adalah anak luruh dari  $^{238}\text{U}$  mempunyai waktu-paro ( $T_{1/2}$ ) 24,1 hari. Radionuklida ini relatif sangat reaktif, mudah teradsorpsi pada partikulat yang ada di sekitarnya, termasuk pada partikulat organik yang terlibat dalam siklus biogeokimia di dalam laut. Berdasarkan proses ini konsentrasi  $^{234}\text{Th}$  di permukaan laut akan lebih rendah dibandingkan dengan radionuklida induknya,  $^{238}\text{U}$ . Devisit radionuklida dalam air laut permukaan sebagai fungsi kedalaman dapat memberikan informasi total pembentukan partikulat biotik dan abiotik, mineralisasi dan proses eksport partikulat yang terjadi dalam laut [1,2].

Dalam penelitian ini dilakukan analisis konsentrasi  $^{238}\text{U}$  dan  $^{234}\text{Th}$  dalam air laut permukaan dan sedimen di Semenanjung Muria. Data yang diperoleh akan digunakan untuk menghitung nisbah  $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$  sebagai fungsi kedalaman dan mempelajari waktu tinggal partikulat dan laju sedimentasi yang terjadi.

## TEORI

Konsentrasi  $^{234}\text{Th}$  dari permukaan laut ke partikulat yang tenggelam dapat diperkirakan dengan persamaan,

$$\frac{\partial^{234}\text{Th}}{\partial t} = [N_{U^{238}} \lambda - (N_{Th^{234}} \lambda) - P] \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\partial^{234}\text{Th}}{\partial t} = \text{Perubahan aktivitas } ^{234}\text{Th} \text{ terhadap waktu}$$

$$\lambda = \text{Tetapan peluruhan } ^{234}\text{Th, yaitu, } \frac{0,693}{T_{1/2}} = 0,0288/\text{hari.}$$

$$P = \text{Total fluks thorium yang dipindahkan oleh partikulat.}$$

$(N_{U^{238}})$  dan  $(N_{Th^{234}})$  = adalah total aktivitas uranium dan thorium

Waktu tinggal partikulat adalah jumlah materi dalam reservoir dibagi oleh partikulat yang masuk (*inflow*) atau yang keluar (*outflow*) dalam kondisi kestimbangan. Waktu tinggal partikulat dalam air laut berdasarkan *scavenging*  $^{234}\text{Th}$  dapat dihitung dengan persamaan,

$$\tau = \tau_m \times R - ((1 - R))^{-1} \dots\dots\dots (2)$$

$$\tau = \text{Waktu tinggal partikulat } ^{234}\text{Th}$$

$$\tau_m = \text{mean life dari } ^{234}\text{Th} \text{ yaitu } 34,8 \text{ hari}$$

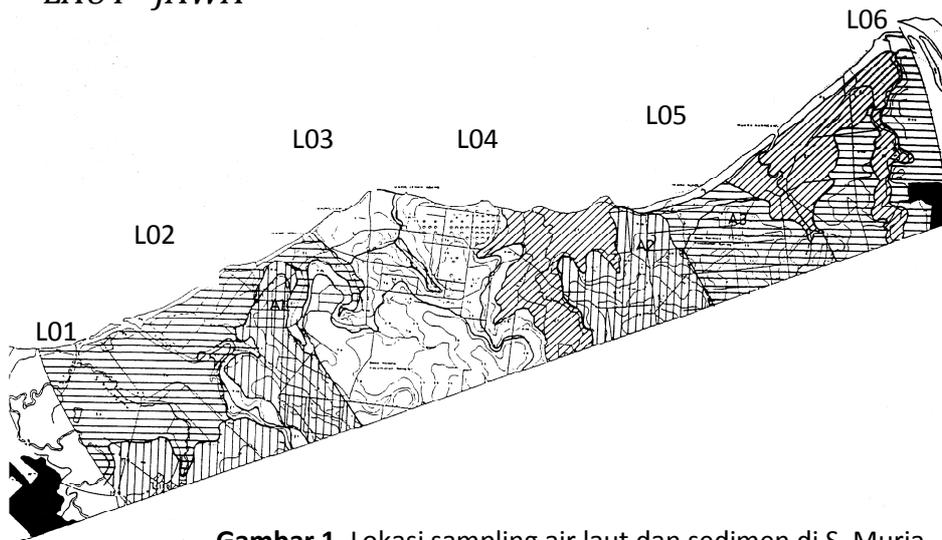
$$R = \text{nisbah konsentrasi } (^{234}\text{Th}/^{238}\text{U})$$

## METODOLOGI [3,4,5,6].

### Lokasi Sampling

Sampling air laut permukaan pada kedalaman 0 m, 5 m serta 10 m serta sedimen dilakukan di daerah S. Muria, koordinat sampling sebagai berikut, lokasi sampling ditunjukkan dalam **Gambar 1**.

### LAUT JAWA



**Gambar 1.** Lokasi sampling air laut dan sedimen di S. Muria.

L01 :  $110^{\circ} 45' 00''$  BT,  $06^{\circ} 25' 48,30''$  LS

L02 :  $110^{\circ} 46' 00''$  BT,  $06^{\circ} 23' 37,26''$  LS

L03 :  $110^{\circ} 47' 00''$  BT,  $06^{\circ} 23' 06,48''$  LS

L04 :  $110^{\circ} 48' 00''$  BT,  $06^{\circ} 23' 01,62''$  LS

L05 :  $110^{\circ} 49' 00''$  BT,  $06^{\circ} 23' 19,44''$  LS

L06 :  $110^{\circ} 45' 00''$  BT,  $06^{\circ} 24' 13,36''$  LS

### Bahan dan Peralatan

Bahan penelitian meliputi wadah sampel berupa jerigen plastik volume 20 liter dan kantong plastik untuk sedimen volume 5 kg. Bahan kimia berupa NaOH, HCl, indikator *thymol blue*,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{HNO}_3$  dan *Aceton* semua dalam derajat *pro-analysis* (p.a). Peralatan yang digunakan adalah alat sampling air laut (pompa peristaltik), sampling sedimen (jenis piston), *Centrifuge*, Elektroplating yang dilengkapi *power supply* pemberi arus, dan alat  $\alpha$ -Spektrometer yang dilengkapi dengan detektor *silicon surface barrier*.

## Tata Kerja

### a. Jumlah sampel dan deteksi limit

Untuk memperoleh jumlah sampel yang dibutuhkan pertama-tama harus dipertimbangkan kemampuan deteksi  $\alpha$ -Spektrometer. Hal ini karena program pemantauan radionuklida pada lingkungan harus didukung oleh: kemampuan pengukuran sampel, sistem pencacahan, ketidakpastian pengukuran, waktu pencacahan dan ukuran sampel. Kapasitas potensial ini yang dinamakan MDA (*minimum detectable amount or activity*), merupakan fungsi yang berkaitan dengan kapabilitas mengkaji radionuklida yang diuji dan ukuran sampel secara teoritis. MDA merupakan salah satu harga yang dapat melegitimasi suatu pengukuran dengan jaminan kualitas yang memadai, dihitung dengan persamaan,

$$MDA = \left( \frac{Std.Dev.of Background}{(T)(Y)(E)(M)(K)} \right) + 2,71 \quad \dots\dots\dots (3)$$

T = waktu pencacahan (dalam detik) per sample

Y = yield radiasi per peluruhan

E = Efisiensi detektor

M = berat sampel (gram)

K = unit konversi (dari cacahan per detik ke Bq)

*Std. Dev. of Background* = standard deviasi cacah latar;

MDA untuk analisis U dan Th, ditunjukkan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Nilai MDA untuk analisis U dan Th pada berbagai kompartemen lingkungan

.Radionuklida	Metoda	Jenis sampel	MDA (Bq)
<sup>232</sup> Th	$\alpha$ -Spektrometer	Tanah/sedimen	0,2
<sup>232</sup> Th	$\alpha$ -Spektrometer	Air	0,02
<sup>232</sup> Th	$\alpha$ -Spektrometer	Biota	0,02
<sup>234</sup> U	$\alpha$ -Spektrometer	Air	0,02
<sup>238</sup> U	$\alpha$ -Spektrometer	Biota	0,01

Berdasarkan hal tersebut maka harus dipertimbangkan jumlah sampel air laut minimal sebanyak 50 liter.

### b. Sampling air laut dan sedimen

Sebanyak 50 liter air laut diambil dan ditempatkan pada jerigen volume 20 liter dan ditambahkan 1 ml asam nitrat pekat. Sedimen diambil menggunakan *grap* dan hasil sampling dipotong-potong per 3 cm untuk memperoleh profil konsentrasi per kedalaman sedimen.

**c. Preparasi di lapangan (*in-situ*)**

Sebanyak 50 liter air laut di tambahkan 30 ml  $\text{FeCl}_3$  1 %, diaduk dan ditambahkan  $\text{NH}_4\text{OH}$  pekat hingga pH sampel menjadi 9. Pengadukan selanjutnya dilakukan selama 1 jam dan setelah itu dibiarkan selama 12 jam. Endapan yang diperoleh mengandung U dan Th yang selanjutnya dibawa ke laboratorium PTLR

**d. Preparasi sampel di laboratorium**

Preparasi sampel sedimen dilakukan dengan mendetruksi sebanyak 5 gram sampel kering menggunakan  $\text{HNO}_3$  pekat sehingga diperoleh U dan Th dalam fase air. Untuk hasil preparasi air laut *in situ* ditambahkan 10 ml asam klorida 5M dan dipanaskan sampai dengan seluruh endapan larut. Selanjutnya kedua hasil preparasi laboratorium siap diekstraksi. Proses ekstraksi dilakukan menggunakan TBP sehingga U dan Th berada dalam fase organik. Uranium dan thorium yang berada dalam fase organik dijadikan senyawa anorganik dengan menambahkan 10 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10M dan dididihkan sampai kering selanjutnya ditambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  encer. Setelah menjadi fase anorganik uranium dan thorium dilakukan elektroplating pada *disk* berukuran 1 cm dengan rapat arus  $0,2 \text{ A/cm}^2$  selama 5 jam. Hasil elektroplating siap dianalisis menggunakan  $\alpha$ -Spektrometer.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil analisis  $^{238}\text{U}$  dalam air laut dan sedimen S. Muria ditampilkan dalam **Tabel 2**. Konsentrasi  $^{238}\text{U}$  dalam air laut pesisir di S. Muria berkisar antara 25 – 33 mBq/L dengan rerata  $29,6 \pm 2,3 \text{ mBq/L}$ . Data ini menunjukkan bahwa konsentrasi  $^{238}\text{U}$  sebagai fungsi kedalaman tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Berdasarkan informasi dari beberapa pustaka [2,3], menyatakan bahwa konsentrasi  $^{238}\text{U}$  di dalam air laut relatif homogen terhadap kedalaman. Konsentrasi  $^{238}\text{U}$  di pesisir pantai dapat saja relatif lebih tinggi dibandingkan dengan yang di tengah lautan. Hal ini dapat terjadi bila pemasukan  $^{238}\text{U}$  ke laut melalui sungai oleh adanya berbagai kegiatan di darat. Kegiatan di darat yang berpotensi meningkatkan konsentrasi  $^{238}\text{U}$  di pesisir pantai anatara lain adalah berbagai kegiatan yang menggunakan bahan produksi mengandung *naturally occurred radioactive material* (NORM), misalnya penggunaan batu-bara untuk pembangkitan listrik dan pupuk phsopat dalam kegiatan pertanian. Hasil ini menunjukkan bahwa kegiatan lokal di S. Muria belum menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi uranium dalam air laut. Konsentrasi  $^{238}\text{U}$  dalam sedimen adalah  $97,5 \pm 17,3 \text{ Bq/kg}$ , berdasarkan lokasi sampling menunjukkan adanya keragaman.

**Tabel 2.** Konsentrasi  $^{238}\text{U}$  dalam air laut dan sedimen S. Muria

Lokasi Sampling	Dalam air laut, mBq/L.				Dalam sedimen, Bq/kg.
	0 m	5 m	10 m	15 m	
L1	27,0	29,0	31,0	33,0	75,6
L2	29,0	30,0	25,0	31,0	101,8
L3	31,0	26,0	32,0	28,0	91,4
L4	25,0	32,0	29,0	30,0	111,7
L5	32,0	27,0	31,0	31,0	83,6
L6	31,0	29,0	33,0	29,0	121,3
Rerata	29,2	28,8	30,2	30,3	97,5
Deviasi	2,7	2,1	2,8	1,8	17,3

Konsentrasi  $^{234}\text{Th}$  dalam air laut dan sedimen di S. Muria ditunjukkan dalam Tabel 3. Berdasarkan data yang ditampilkan dalam Tabel 3 terlihat bahwa konsentrasi  $^{234}\text{Th}$  dalam air laut sebagai fungsi kedalaman terlihat ada perbedaan nilai, walaupun relatif kecil. Bertambahnya kedalaman konsentrasi  $^{234}\text{Th}$  meningkat, hal ini memberikan informasi bahwa  $^{234}\text{Th}$  yang tenggelam bersama dengan partikulat lainnya menurun terhadap kedalaman. Secara teoritis konsentrasi  $^{234}\text{Th}$  pada kedalaman tertentu akan sama dengan radionuklida induknya ( $^{238}\text{U}$ ), namun hal ini tidak terobservasi karena keterbatasan teknis, sampling hanya dilakukan hingga kedalaman 15 m. Konsentrasi rerata  $^{234}\text{Th}$  dalam sedimen adalah 69,7 Bq/kg.

**Tabel 3.** Konsentrasi  $^{234}\text{Th}$  dalam air laut dan sedimen S. Muria

Lokasi Sampling	Dalam air laut, mBq/L.				Dalam sedimen, Bq/kg.
	0 m	5 m	10 m	15 m	
L1	19,1	20,6	21,4	22,5	65,6
L2	19,8	21,0	21,7	22,3	70,1
L3	18,7	20,9	21,5	22,0	68,4
L4	20,5	21,2	22,0	22,7	73,6
L5	19,4	20,7	21,9	22,5	71,3
L6	19,5	20,4	21,0	22,4	69,8
Rerata	19,5	20,8	21,6	22,4	69,7
Deviasi	6,2	2,8	3,6	2,4	2,7

Berdasarkan data yang terdapat dalam **Tabel 2** dan **Tabel 3** nisbah konsentrasi  $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$  dalam sedimen ditunjukkan dalam **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Nisbah konsentrasi  $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$  dalam sedimen

Lokasi Sampling	$^{234}\text{Th}$ , mBq/kg	$^{238}\text{U}$ , mBq/kg	$^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$
L-1	65,6	75,6	0,87
L-2	70,1	101,8	0,69
L-3	68,4	91,4	0,75
L-4	73,6	111,7	0,66
L-5	71,3	83,6	0,85
L-6	68,8	121,3	0,57
Rerata	69,7	97,5	0,73
Deviasi	2,7	17,3	0,11

Konsentrasi  $^{234}\text{Th}$  dan  $^{238}\text{U}$  dalam sedimen laut di S. Muria ditunjukkan dalam **Tabel 4**, terlihat bahwa konsentrasi  $^{238}\text{U}$  antar lokasi sampling menunjukkan keragaman relatif besar dibandingkan dengan keragaman konsentrasi  $^{234}\text{Th}$ . Nisbah  $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$  antara lokasi mempunyai rerata sebesar 0,73 dengan deviasi 0,11. Secara teoritis, bila laju pengendapan adalah homogen di dalam laut, maka konsentrasi  $^{238}\text{U}$  dan  $^{234}\text{Th}$  dalam sedimen juga homogen demikian pula nilai nisbah  $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$ . Namun data yang diperoleh dalam **Tabel 4** menunjukkan adanya keragaman yang relatif tinggi pada konsentrasi  $^{238}\text{U}$ , hal ini terjadi mungkin karena kesalahan dalam analisis.

Berdasarkan data yang terdapat dalam **Tabel 2** dan **Tabel 3** diperoleh nisbah konsentrasi  $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$  dan jumlah partikulat ( $^{234}\text{Th}$ ) yang tenggelam, dengan asumsi pada saat sampling telah terjadi kesetimbangan dalam air laut antar anak luruh ( $^{234}\text{Th}$ ) dengan radionuklida induknya ( $^{238}\text{U}$ ), ditunjukkan dalam **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Nisbah konsentrasi ( $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$ ) dan  $^{234}\text{Th}$  yang tenggelam.

Kedalaman, m	$^{234}\text{Th}$ , mBq/L	$^{238}\text{U}$ , mBq/L	( $^{238}\text{U} - ^{234}\text{Th}$ ), mBq/L	$^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$
0	19,5	29,2	9,7	0,67
5	20,8	28,8	8,0	0,72
10	21,6	30,2	8,6	0,71
15	22,4	30,3	7,9	0,74

Dalam **Tabel 5** ditunjukkan bahwa nisbah  $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$  sebagai fungsi kedalaman terlihat ada kecenderungan peningkatan, nilai nisbah  $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$  bertambah besar dengan bertambahnya kedalaman. Hal ini memberikan informasi bahwa konsentrasi  $^{234}\text{Th}$  meningkat dengan meningkatnya kedalaman, atau dengan kata lain  $^{234}\text{Th}$  yang terikat oleh partikulat yang tenggelam terakumulasi pada laut yang lebih dalam. Dengan menggunakan

persamaan (2) waktu tinggal partikulat dalam tiap kedalaman dapat dihitung, hasil yang diperoleh ditunjukkan dalam **Tabel 6**. Dalam **Tabel 6** terlihat bahwa waktu tinggal partikulat di dalam air laut pesisir di S. Muria adalah antara 70 – 99 hari dengan rerata 86 hari.

**Tabel 6.** Waktu tinggal partikulat dalam air laut.

Kedalaman, m	$^{234}\text{Th} / ^{238}\text{U}$	Waktu tinggal partikulat ( $\Gamma$ ), hari.
0	0,67	70,65
5	0,72	89,48
10	0,71	85,2
15	0,74	99,05

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan hal-hal berikut,

1. Konsentrasi  $^{238}\text{U}$  dalam air laut permukaan di S. Muria relatif homogen sebagai fungsi kedalaman, yaitu dengan rerata  $29,6 \pm 2,3$  mBq/L. Konsentrasi  $^{234}\text{Th}$  sebagai fungsi kedalaman mengalami penurunan oleh adanya scavenging  $^{234}\text{Th}$  ke dalam partikulat yang ada di sekitarnya.
2. Konsentrasi  $^{238}\text{U}$  dalam sedimen adalah  $97,5 \pm 17,3$  Bq/kg dan  $^{234}\text{Th}$  dalam sedimen adalah  $69,7 \pm 2,7$  Bq/kg. Rerata nisbah konsentrasi  $^{234}\text{Th} / ^{238}\text{U}$  dalam sedimen adalah  $0,73 \pm 0,11$ .
3. Waktu tinggal partikulat dalam air laut permukaan (0 – 15 m) di S. Muria berkisar antara 70 – 99 hari dengan rerata selama 86 hari.

## DAFTAR PUSTAKA

1. STANEVA J., BUESSELER K., LIVINGSTON H., *Application of Isotope Tracers to Study Ocean Circulation. Validation of Numeric Simulations Against Observed Chernobyl 137Cs and 90Sr data. Department of Meteorology and Geophysics, University of Sofia, Sofia Bulgaria National science Foundation, Ocean Sciences Division, Arlington USA.*
2. WWW, elsevier.com/locate/epsl., *The Influence of Particle Composition on Thorium Scavenging in the NE Atlantic Ocean.*
3. [WWW.Waterencyclopedia.com/Po-Re/rRadionuclides-in-the-ocean](http://WWW.Waterencyclopedia.com/Po-Re/rRadionuclides-in-the-ocean)
4. HODGE V. L., GURNEY M. E., *Analytical Chemistry*, 47, 1866 – 68, 1975.
5. IAEA, *Collection and Preparation of Bottom Sediment Samples for Analysis of Radionuclides and Trace Elements*, IAEA-TECDOC-1360
6. JOHN GRIGGS, *The Radionuclides Rule Analytical Issues and Considerations*, U.S. EPA, Office of Radiation and Indoor Air National Air and Radiation Environmental Laboratory.
7. U.S. Environmental Protection Agency Eastern Environmental Radiation Facility (EPA-EERF), Department of Energy Environmental Measurements Laboratory (DOE-EML), and commercial laboratories.