

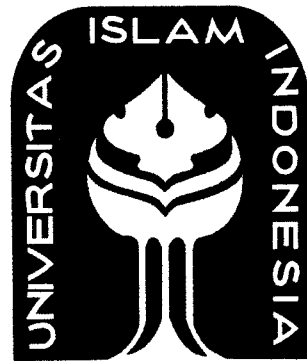
TA/TL/2005/ 0035

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/SELI	
TGL. TERIMA :	26 June 2007
NO. JUDUL :	002402
NO. INV. :	512002402001
NO. INDUK :	

## TUGAS AKHIR

# DISTRIBUSI RADIONUKLIDA DALAM CUPLIKAN SEDIMEN, BIOTA DAN AIR PADA PERAIRAN KOTA SURABAYA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian  
persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Lingkungan

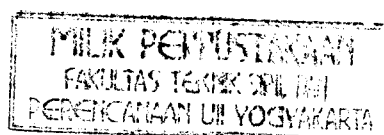


Oleh :

Nama : Gulman Kiroomin Baroroh

Nomor Mahasiswa : 00 513 060

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2005



HALAMAN JUDUL

JUDUL TUGAS AKHIR

*DISTRIBUSI RADIONUKLIDA DALAM CUPLIKAN  
SEDIMEN, BIOTA DAN AIR PADA PERAIRAN  
KOTA SURABAYA*

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR  
DISTRIBUSI RADIONUKLIDA DALAM CUPLIKAN  
SEDIMEN, BIOTA DAN AIR PADA PERAIRAN  
KOTA SURABAYA

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Nama : **Gulman Kiroomin Baroroh**  
No. Mahasiswa : **00 513 060**  
Program Studi : **Teknik Lingkungan**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :



**Dosen Pembimbing I**  
**Dr. Ir. Agus Taftazani**

Tanggal : \_\_\_\_\_

**Dosen Pembimbing II**  
**Luqman Hakim, ST, Msi**



Tanggal :  $\frac{26}{9}$  05

# HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

## DISTRIBUSI RADIONUKLIDA DALAM CUPLIKAN SEDIMEN, BIOTA DAN AIR PADA PERAIRAN KOTA SURABAYA

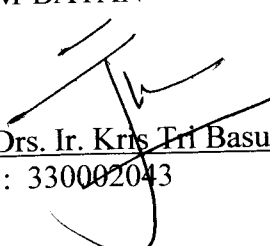
Dipersiapkan dan diajukan oleh :

Nama : Gulman Kiroomin Baroroh  
No. Mahasiswa : 00 513 060  
Program Studi : Teknik Lingkungan FTSP - UII


Telah disetujui dan disahkan oleh :  
Lembaga Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Maju -  
Badan Tenaga Atom Nasional (P3TM-BATAN) Yogyakarta pada  
tanggal .. September 2005 dan dinyatakan telah memenuhi persyaratan

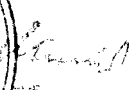
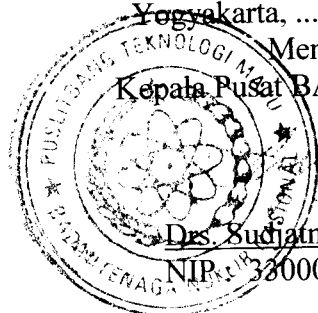
Mengesahkan :

Kepala Bidang Teknofisikokimia  
P3TM-BATAN

  
Dr. Drs. Ir. Kris Tri Basuki, M.Sc, APU  
NIP : 330002043

Pembimbing  
P3TM-BATAN

  
Dr. Ir. Agus Taftazani  
NIP : 330002278

Yogyakarta, .... Sepetember 2005  
Menyetujui,  
Kepala Pusat BATAN - Yogyakarta  
  
Dr. Sudjatmoko, SU, APU  
NIP. 330001101  


## *Motto Hidup*

*" Bacalah dengan menyebut nama Tuhan-mu yang menciptakan" (Al 'Alaq : 1)*

*Harus menjadi yang terbaik dalam segala hal*

*Must be the best in every thing*

## *Halaman Persembahan*

*Karya ini kupersembahkan kepada*

*Ayahku H. Haryono*

*Ibuku Hj. Nana Diana Nurdiningsih*

*Yang telah memberikan kasih sayang*

*Kakakku Annisaa' Hakim*

*Adikku Furqaan Mukarramatiin*

*Adikku Muhammad Khidir Sulaiman*

*Yang selalu memberikan dukungan dan semangat*

*Seseorang Yang Akan Mendampingi Hidupku Selamanya*

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Wr. WB*

Puji syukur saya panjatkan kepada *Allah SWT* yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah -Nya, tidak lupa juga shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir ini dengan judul “*Distribusi Radionuklida Dalam Cuplikan Endapan Dan Biota Serta Air Pada Perairan Kota Surabaya*”.

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar kesarjanaan Strata-1 (S-1) Jurusan Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan tugas akhir ini, antara lain :

1. Bapak Drs. Sudjatmoko, SU, APU., selaku Kepala Pusat Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Drs. Ir. Kris Tri Basuki, Msc, APU., selaku Kepala Bidang Teknofisikokimia (TFK) Pusat Pengembangan dan Penelitian Teknologi Maju - Badan Tenaga Atom Nasional (P3TM-BATAN) Yogyakarta
3. Bapak Dr. Ir. Agus Taftazani selaku Pembimbing Utama yang telah banyak membantu dan mengarahkan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. H. Kasam, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang banyak memberikan saran sehingga tugas ini dapat terselesaikan.

5. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi., selaku Pembimbing Pendamping yang banyak memberikan penjelasan dan saran sehingga tugas akhir ini dilaksanakan dengan baik.
6. Bapak Andik Yulianto, ST., selaku Dosen Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-UII Yogyakarta.
7. Bapak Hudori, ST dan Eko Siswoyo, ST., selaku dosen pengajar Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-UII.
8. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-UII
9. Ibu Sumining, Bapak Sutanto, Bapak Rosidi, Bapak Mulyono, Bapak Iswantoro, Bapak Sudarmadji, Bapak Djati, Bapak Sukirno, beserta seluruh jajaran staf Laboratorium Kelompok Dasar Inovasi Bahan (DIB) P3TM-BATAN Yogyakarta.
10. Sahabatku seperjuangan, Astri Chairina, Nur Aini Hakim, dan Rina Nur Utami yang bersama - sama berjuang dalam mengerjakan tugas akhir ini.
11. Rekan - rekan mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan Angkatan 2000 yang telah memberikan dorongan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu, yang telah banyak membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Jogjakarta, 6 Agustus 2005

Penulis



DISTRIBUSI RADIONUKLIDA DALAM CUPLIKAN ENDAPAN, BIOTA  
DAN AIR PADA PERAIRAN KOTA SURABAYA

---

*DISTRIBUTION OF RADIONUCLIDES IN SEDIMENT, BIOTA AND WATER IN  
TERRITORIAL WATER SURABAYA CITY*

ABSTRAKSI

Telah dilakukan identifikasi radionuklida yang terkandung dalam cuplikan lingkungan: sedimen, biota dan air yang berasal dari sungai dan daerah pesisir pantai menggunakan spektrometer- $\gamma$  dengan semikonduktor Germanium Lithium (Ge(Li)). Cuplikan biota terdiri dari eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms), tanaman bakau (*Rhizophora sp*), ikan belanak (*Molgarda delicatus*) dan ikan gelama (*Johnius (Johnieops) Borneen*). Semua cuplikan lingkungan diambil dari beberapa lokasi di sungai dan pesisir pantai Surabaya. Cuplikan sedimen dan biota dijadikan bentuk serbuk kering yang lolos 100 mesh, sedangkan untuk cuplikan air dipekatan sebanyak 40 kali untuk air sungai dan 3,33 kali untuk air laut. Kemudian dilakukan pencacahan dengan spektrometer- $\gamma$  semikonduktor Ge(Li) selama 7.200 detik (2 jam). Analisis kualitatif menunjukkan terdapat delapan radionuklida yang terkandung dalam semua cuplikan antara lain  $^{210}\text{Pb}$ ;  $^{214}\text{Pb}$ ;  $^{226}\text{Ra}$ ;  $^{208}\text{Tl}$ ;  $^{214}\text{Bi}$ ;  $^{228}\text{Ac}$ ;  $^{40}\text{K}$ . Analisis kuantitatif radionuklida dilakukan secara komparatif, sebagai standar menggunakan *Standard Reference Material (SRM) IAEA - 315 Radionuclides In Marine Sediment* sebagai pembanding aktivitas radionuklida yang tercantum pada sertifikat.

Kata kunci : radionuklida, spektrometer  $\gamma$ , sedimen, biota dan air

---

ABSTRACT

Research was conducted to identify of radionuclide in the sediment, biota and water sample using  $\gamma$ -spectrometer with Germanium Lithium (Ge(Li)) semiconductor. The biota samples consist of eceng gondok (*Eichhornia Crassipes* (Mart) Solms), mangrove crop (*Rhizophora Sp*), fish of belanak (*Molgarda Delicatus*) and fish of gelama (*Johnius (Johnieops) Borneen*). All has been taken away from some location of coastal area and river from territorial water in Surabaya City. Sample of sediment and biota made to powder which get away 100 mesh, than water sample to be condensed 40 times for the water of river and 25 times for sea-water. Is later, counting with spectrometer- $\gamma$  Ge(Li) semiconductor during 7.200 second (2 hour). Analysis qualitative identify 8 (eight) radionuclide which contain in all of environmental samples are  $^{210}\text{Pb}$  ;  $^{212}\text{Pb}$  ;  $^{214}\text{Pb}$  ;  $^{226}\text{Ra}$  ;  $^{208}\text{Tl}$  ;  $^{214}\text{Bi}$  ;  $^{228}\text{Ac}$  ;  $^{40}\text{K}$ . Quantitative analysis of radionuclide using comparative method, and standards used *Standard of Reference Material (SRM) IAEA - 315 Radionuclides In Marine Sediment* as comparator of radionuclide concentration in certificate.

*Keyword : radionuclide,  $\gamma$ -spectrometer, sediment, biota and water*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Motto .....	iv
Halaman Persembahan .....	v
Kata Pengantar .....	vi
Abstraksi .....	viii
Daftar Isi .....	ix
Daftar Tabel .....	xv
Daftar Gambar .....	xvi
<b>BAB I    PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II    TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pengertian Radionuklida .....	6
2.2 Pemanfaatan Radionuklida .....	6
2.3 Pencemaran Radionuklida .....	8
2.4 Sumber Radiasi.....	9
2.4.1 Sumber Radiasi Alam .....	9
2.4.1.1 Sumber Radiasi Kosmis .....	10

2.4.1.2 Sumber Radiasi Terrestrial .....	11
2.4.2 Sumber Radiasi Internal .....	11
2.4.3 Sumber Radiasi Buatan .....	11
2.5 Radionuklida Di Alam .....	12
2.5.1 Radionuklida Di Lingkungan Perairan .....	13
2.5.1.1 Perairan Danau .....	15
2.5.1.2 Perairan Sungai .....	15
2.5.1.3 Air Tanah .....	16
2.5.1.4 Perairan Pesisir Pantai .....	16
2.5.2 Radionuklida Di Lingkungan Atmosfer .....	18
2.6 Transport Radionuklida .....	18
2.7 Perpindahan Radionuklida .....	19
2.8 Faktor Distribusi (Kd) .....	20
2.9 Faktor Bioakumulasi (Fb) .....	21
2.10 Spektrometer Gamma ( $\gamma$ ) .....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat Penelitian .....	24
3.2 Waktu Penelitian .....	24
3.3 Objek Penelitian .....	24
3.4 Variabel Penelitian .....	25
3.4.1 Variabel Bebas .....	25
3.4.2 Variabel Terikat .....	25
3.5 Alat Dan Bahan Penelitian .....	25
3.5.1 Alat Dan Bahan Pengambilan Cuplikan .....	25

3.5.2 Alat Dan Bahan Analisis Laboratorium .....	25
3.6 Metode Penelitian .....	25
3.7 Metode Pengambilan Cuplikan .....	26
3.7.1 Tempat Pengambilan Cuplikan .....	27
3.7.2 Waktu Pengambilan Cuplikan .....	29
3.7.3 Cara Pengambilan Cuplikan .....	29
3.7.3.1 Cuplikan Sedimen .....	29
3.7.3.2 Cuplikan Biota .....	30
3.7.3.3 Cuplikan Air .....	30
3.8 Metode Analisa Laboratorium .....	31
3.8.1 Metode Preparasi Cuplikan .....	31
3.8.1.1 Cuplikan Sedimen .....	31
3.8.1.2 Cuplikan Biota .....	32
3.8.1.3 Cuplikan Air .....	32
3.8.2 Metode Analisis Cuplikan .....	32
3.8.2.1 Kalibrasi Spektrometer Gamma .....	33
3.8.2.2 Kalibrasi Tenaga .....	33
3.8.2.3 Kalibrasi Efisiensi .....	34
3.8.2.4 Uji Kestabilan Spektrometer Gamma .....	36
3.8.3 Pencacahan Cuplikan .....	36
3.9 Metode Analisis Data .....	37
3.9.1 Analisis Kualitatif .....	37
3.9.2 Analisis Kuantitatif .....	38
3.9.3 Bias .....	38

3.9.4 Presisi Data .....	38
3.10 Faktor Distribusi .....	39
3.11 Faktor Bioakumulasi .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Analisa Preparasi Cuplikan .....	41
4.2 Hasil Kalibrasi Spektrometer Gamma .....	42
4.2.1 Hasil Kalibrasi Tenaga Spektrometer Gamma ....	42
4.2.2 Hasil Kalibrasi Efisiensi Spektrometer Gamma ..	43
4.3 Hasil Uji Kestabilan Spektrometer Gamma .....	44
4.4 Analisis Radionuklida Berdasarkan Aktivitas	
Gamma Dalam Cuplikan .....	45
4.4.1 Analisis Kualitatif .....	45
4.4.2 Analisis Kuantitatif .....	47
4.4.2.1 Bias .....	48
4.4.2.2 Presisi .....	49
4.5 Radionuklida Dalam Cuplikan Sedimen .....	49
4.5.1 Radionuklida Dalam Cuplikan Sedimen	
Perairan Sungai Kota Surabaya .....	50
4.5.2 Radionuklida Dalam Cuplikan Sedimen	
Perairan Muara Kota Surabaya .....	52
4.5.3 Radionuklida Dalam Cuplikan Sedimen	
Perairan Pesisir Kota Surabaya .....	54
4.6 Radionuklida Dalam Cuplikan Biota .....	55

4.6.1 Radionuklida Dalam Cuplikan Biota	
Perairan Sungai Kota Surabaya .....	56
4.6.2 Radionuklida Dalam Cuplikan Biota	
Perairan Muara Kota Surabaya .....	58
4.6.3 Radionuklida Dalam Cuplikan Biota	
Perairan Pesisir Kota Surabaya .....	60
4.7 Radionuklida Dalam Cuplikan Air .....	62
4.7.1 Radionuklida Dalam Cuplikan Air	
Perairan Sungai Kota Surabaya .....	62
4.7.2 Radionuklida Dalam Cuplikan Air	
Perairan Muara Kota Surabaya .....	63
4.7.3 Radionuklida Dalam Cuplikan Air	
Perairan Pesisir Kota Surabaya .....	64
4.8 Faktor Distribusi (Fd) .....	67
4.9 Faktor Bioakumulasi (Fb) .....	71
4.10 Dampak Radionuklida Terhadap Manusia .....	76
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	78
5.2 Saran .....	80

#### DAFTAR PUSTAKA

#### LAMPIRAN A SIMBOL UNIT DAN SATUAN

#### LAMPIRAN A.1 SKEMA LERJA PREPARASI

#### LAMPIRAN B LEMBAR KONSULTASI

#### LAMPIRAN C.1 ALAT DAN BAHAN PENGAMBILAN CUPLIKAN

LAMPIRAN C.2 LOKASI PENGAMBILAN CUPLIKAN

LAMPIRAN C.3 DOKUMENTASI PELAKSANAAN SAMPLING

LAMPIRAN C.4 HASIL SAMPLING CUPLIKAN

LAMPIRAN D.1 ALAT DAN BAHAN ANALISIS LABORATORIUM

LAMPIRAN D.2 DOKUMENTASI ANALISIS LABORATORIUM

LAMPIRAN D.3 HASIL PREPARASI CUPLIKAN

LAMPIRAN E.1 METODE PERHITUNGAN KALIBRASI TENAGA

SPEKTROMETER GAMMA

LAMPIRAN E.2 METODE PERHITUNGAN KALIBRASI EFISIENSI

SPEKTROMETER GAMMA

LAMPIRAN E.3 METODE PERHITUNGAN UJI KESTABILAN

LAMPIRAN E.4 ANALISIS KUALITATIF

LAMPIRAN E.5 METODE PERHITUNGAN AKTIVITAS PADA CUPLIKAN

ENDAPAN DENGAN CARA KOMPARATIF

LAMPIRAN E.6 FAKTOR DISTRIBUSI DAN FAKTOR BIOAKUMULASI

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Deret Radioaktif Alam .....	12
Tabel 3.1 Objek yang diteliti .....	24
Tabel 3.2 Tempat pengambilan cuplikan perairan Kota Surabaya .....	27
Tabel 3.3 Waktu pengambilan cuplikan .....	29
Tabel 4.1 Hasil pencacahan uji kestabilan spektrometer gamma .....	44
Tabel 4.2 Hasil analisis kualitatif .....	45
Tabel 4.3 Perbandingan aktivitas radionuklida dalam air dengan baku mutu radioaktifitas lingkungan .....	66
Tabel 4.4 Faktor distribusi (Fd) sedimen lokasi 1 sampai 12 .....	69
Tabel 4.5 Faktor biakumulasi (Fb) biota lokasi 1 sampai 12 .....	73



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komposisi sumber radiasi di USA (United State of America)	9
Gambar 2.2 Proses perpindahan radionuklida di alam .....	10
Gambar 2.3 Skema peluruhan radionuklida alam uranium dan thorium...	13
Gambar 2.4 Proses perpindahan radionuklida di alam .....	14
Gambar 2.5 Proses perpindahan radionuklida di lingkungan pesisir pantai .....	17
Gambar 2.6 Perangkat Spektrometer- $\gamma$ .....	23
Gambar 3.1 Diagram alir pelaksanaan penelitian .....	26
Gambar 3.2 Lokasi pengambilan cuplikan di perairan Kota Surabaya ...	28
Gambar 3.3 Kurva kalibrasi tenaga spektrometer gamma .....	34
Gambar 3.4 Kurva kalibrasi efisiensi spektrometer gamma .....	35
Gambar 4.1 Grafik kalibrasi tenaga spektrometer gamma dengan $y = 0,503x - 3,038$ dan $r = 0,999967$ .....	43
Gambar 4.2 Grafik kalibrasi efisiensi spektrometer gamma dengan $y = -1,0769x + 6,943$ dan $r = 0,964326$ .....	44
Gambar 4.3 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan sedimen pada perairan sungai Kota Surabaya .....	50
Gambar 4.4 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan sedimen pada perairan muara Kota Surabaya .....	52
Gambar 4.5 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan sedimen pada perairan pesisir Kota Surabaya .....	54
Gambar 4.6 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan biota pada	

perairan sungai Kota Surabaya .....	56
Gambar 4.7 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan biota pada perairan muara Kota Surabaya .....	59
Gambar 4.8 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan biota pada perairan pesisir Kota Surabaya .....	60
Gambar 4.9 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan air pada perairan sungai Kota Surabaya .....	62
Gambar 4.10 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan air pada perairan muara Kota Surabaya .....	63
Gambar 4.11 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan air pada perairan pesisir Kota Surabaya .....	64
Gambar 4.12 Distribusi aktivitas radionuklida di lingkungan perairan .....	65
Gambar 4.13 Proses perpindahan radionuklida di lingkungan perairan ....	66
Gambar 4.14 Faktor distribusi perairan sungai Kota Surabaya .....	70
Gambar 4.15 Faktor distribusi perairan muara Kota Surabaya .....	70
Gambar 4.16 Faktor distribusi perairan pesisir pantai Kota Surabaya.....	70
Gambar 4.17 Faktor bioakumulasi pada perairan sungai Kota Surabaya .....	74
Gambar 4.18 Faktor bioakumulasi pada perairan muara Kota Surabaya .....	74
Gambar 4.19 Faktor bioakumulasi pada perairan pesisir pantai Kota Surabaya .....	74
Gambar 4.20 Media paparan zat radioaktif sampai ke manusia .....	76

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Lingkungan hidup yang terdiri atas lingkungan alam, lingkungan buatan dan lingkungan sosial secara geografi dapat dibedakan menjadi lingkungan perkotaan dan lingkungan pedesaan. Lingkungan perkotaan memiliki masalah yang lebih kompleks serta tingkat pencemaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan lingkungan pedesaan, karena adanya berbagai kegiatan pembangunan yang lebih besar di perkotaan. Kualitas lingkungan khususnya di daerah perkotaan di Indonesia seperti Kota Surabaya berpotensi terjadinya pencemaran lingkungan yang tinggi dikarenakan adanya industri - industri yang ada.

Perkembangan pesat Kota Surabaya mempunyai imbas langsung bagi daerah sekitarnya, baik yang disebabkan oleh urbanisasi maupun bertambahnya jumlah penduduk. Bila kita menengok pada peta topografi disepanjang Kali Surabaya, akan terlihat bahwa di kiri dan kanan sungai tersebut terdapat jalan raya yang menghubungkan Kota Mojokerto dengan Surabaya. Sehingga bantaran sungai merupakan lokasi yang menarik bagi usaha - usaha perdagangan, industri maupun perumahan (Anonim, Perum Jasa Tirta Surabaya, 1994)

Kali Surabaya sebagai satu - satunya sungai terbesar yang melintasi Kota Surabaya dimanfaatkan juga sebagai saluran pembuangan limbah cair industri yang terdapat di Kota Surabaya. Hampir semua pabrik membuang limbah cair baik yang melalui proses pengolahan maupun yang tidak ke sungai atau saluran yang ada di Kota Surabaya (Harsono, H.,2001). Kali Surabaya menerima beban air limbah sebanyak 17 buah effluent Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

industri yang membuang di Kali Tengah dan Kali Surabaya. (Anonim, Disperindag Jawa Timur., 2004). Air *effluent* IPAL akan mengalir searah aliran sungai yang terbagi menjadi dua arah mengikuti percabangan sungai di Kecamatan Wonokromo. Ke arah Utara, aliran sungai menuju muara pesisir pantai utara Kota Surabaya dan ke arah Timur menuju pesisir pantai Timur Kota Surabaya.

Wilayah darat pesisir Surabaya yang merupakan tempat bermuara sungai - sungai dan saluran air yang syarat dengan berbagai fungsi dan peruntukannya menjadikan tempat ini menjadi sasaran akhir dari aliran limbah yang berasal dari kawasan industri, dan kawasan pemukiman. Oleh sebab itu lingkungan perairan estuari pesisir Surabaya merupakan suatu ekosistem yang khas karena menjadi tempat akumulasi berbagai kontaminan yang berasal dari lepasan langsung, jatuhan dari atmosfer, dan disposisi dari daratan.

Selama ini, penelitian banyak dilakukan untuk mempelajari keberadaan bahan pencemar logam berat, namun masih sedikit yang melakukan untuk penelitian mengenai bahan beradionuklida, sedangkan tingkat resikonya tidak kalah berbahaya dengan logam berat. Salah satu sifat yang membuat radionuklida ini berbahaya bagi manusia adalah kemampuannya untuk mengionkan materi yang dilalui oleh sinar - sinar (alfa, beta dan gamma) yang dipancarkannya. Bahaya yang paling menakutkan adalah efek tertunda yang ditimbulkan oleh radiasi kronik, yaitu radiasi dalam dosis yang rendah namun dalam waktu yang sangat lama. Termasuk efek tunda ini adalah mutasi genetik. (Harsono, H.,2001).

Untuk membahas kualitas lingkungan dari aspek radioekologis, perlu dilakukan kajian radioaktivitas pada suatu ekosistem yang berkaitan dengan

paparan radiasi (*gross*), identifikasi radionuklida, konsentrasi dan mekanisme perpindahan radionuklida dalam komponen - komponen penyusun nuklida dalam ekosistem perairan tersebut. Penelitian ini dianggap penting karena sampai sekarang data radioaktivitas lingkungan yang dilaporkan masih kurang. (Taftazani. A., 1998).

Banyak sumber radionuklida yang memungkinkan untuk masuk ke dalam sistem perairan, maka tidak mungkin kita mengeliminasi kontaminasi radioaktif seluruhnya pada sistem - sistem perairan. Karena itu, konsentrasi radionuklida yang sifatnya biologis, reaksi dan mekanisme perpindahan di dalam ekosistem air merupakan hal yang perlu dikaji bagi ahli kimia lingkungan (Manahan. S.E.,1990).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, maka diperlukan suatu rumusan masalah guna mempermudah kerangka berpikir yang sistematis. Adapun rumusan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Radionuklida apa saja yang terkandung dalam cuplikan sedimen, biota dan air pada perairan Kota Surabaya ?
2. Berapakah faktor distribusi radionuklida dalam cuplikan sedimen pada perairan Kota Surabaya ?
3. Berapakah faktor bioakumulasi radionuklida dalam cuplikan biota pada perairan Kota Surabaya ?
4. Daerah manakah yang terdapat aktivitas radionuklida terbesar dan daerah manakah yang terdapat aktivitas radionuklida terkecil ?

### **1.3 Batasan Masalah**

Dari rumusan masalah, peneliti melakukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Masalah dibatasi pada penelitian tentang analisis dan identifikasi radionuklida dalam cuplikan sedimen, biota dan air pada perairan Kota Surabaya.
2. Sedimen yang dijadikan cuplikan lingkungan berasal dari sedimen perairan sungai dan laut Kota Surabaya.
3. Air yang dijadikan cuplikan lingkungan berasal dari air sungai dan air laut Kota Surabaya.
4. Biota yang dijadikan cuplikan lingkungan adalah eceng gondok, bakau, ikan belanak dan ikan glomo.
5. Respon biologis biota terhadap radionuklida, mekanisme penyerapan radionuklida, dan metabolisme biota dalam menyerap radionuklida tidak dibahas dalam penelitian ini.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengidentifikasi dan menganalisis kandungan radionuklida dalam cuplikan sedimen, biota dan air pada perairan Kota Surabaya dengan menggunakan perangkat spektrometer gamma.
2. Mengetahui faktor distribusi radionuklida dalam cuplikan sedimen pada perairan Kota Surabaya.
3. Mengetahui faktor bioakumulasi radionuklida dalam cuplikan biota pada perairan Kota Surabaya.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini antara lain :

1. Memperoleh data jenis dan kandungan radionuklida alam atau buatan, faktor distribusi dan faktor bioakumulasi dalam cuplikan air, sedimen dan biota pada perairan Kota Surabaya.
2. Memperoleh pengetahuan tentang kegunaan perangkat spektrometer gamma dalam analisis dan identifikasi radiouklida.
3. Memberikan pertimbangan dalam menentukan kebijakan lingkungan bagi Pemerintah Kota Surabaya untuk pengelolaan kualitas lingkungan.
4. Hasil penelitian dapat memberikan sumbangan pada khasanah ilmu pengetahuan, khususnya dalam pemantauan kualitas lingkungan.
5. Bagi peneliti, penelitian ini merupakan refleksi dari penerapan ilmu yang didapat di bangku kuliah dan juga untuk menambah pengalaman peneliti dalam menghadapi suatu permasalahan pencemaran lingkungan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Radionuklida

Radionuklida adalah bahan dalam alam lingkungan hidup yang bersifat khusus, dengan konfigurasi unsur kimia tak mantap dan mengalami peluruhan radioaktif sambil memancarkan radiasi dalam bentuk partikel alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) dan sinar X atau sinar ( $\gamma$ ) gamma (Thayib, M. H., 1985). Radionuklida selalu terdapat di lingkungan alamiah. Radiasi yang dipancarkan radionuklida memiliki energi yang sangat kuat sehingga mampu mengionisasi dan menyebabkan kerusakan pada jaringan, dengan demikian radiasi dapat merusak dan mengganggu kesehatan manusia.

#### 2.2 Pemanfaatan Radionuklida

Pemanfaatan radionuklida pada saat ini sudah sangat luas spektrumnya, antara lain pemakaian isotop untuk diagnosa dan terapi bidang kedokteran, sebagai perunut (*radiotracer*) dibidang hidrologi dan pembangkit tenaga listrik dengan menggunakan reaktor nuklir. Radionuklida buatan tersebut mengakibatkan lingkungan menerima konsekuensi ekologis berupa peningkatan radiasi latar yang pada gilirannya berdampak pada kualitas lingkungan dari aspek radioekologis.

Sumber radiasi jatuhan global yang terpenting berasal dari uji coba senjata nuklir di atmosfer (meskipun uji coba senjata nuklir di atmosfer telah dihentikan sejak tahun 1980) tetapi lingkungan tetap menyimpan sisa - sisa radioaktif yang memiliki umur paro panjang.

Lepasan radionuklida buatan ke lingkungan juga terjadi pada kasus kecelakaan pengoperasian reaktor, pengoperasian instalasi daur ulang bahan bakar



nuklir, pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) dan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan bahan bakar batubara yang dapat melepaskan radionuklida melalui abu dan debu dari cerobong. Lapisan *effluent* radioaktif ke lingkungan dan pengoperasian reaktor dan instalasi daur ulang bahan bakar nuklir secara rutin bila dibandingkan terhadap percobaan bom nuklir atau pelepasan dari kecelakaan nuklir relatif kecil. Namun karena radionuklida hasil fisi dapat berumur panjang mencapai 30 - 40 tahun, pelepasan ini menjadi signifikan.

Kondisi lingkungan pada saat pelepasan *effluent* merupakan faktor yang menentukan penyebaran dan perilaku radionuklida di lingkungan. Pengukuran konsentrasi radionuklida buatan dalam berbagai komponen ekosistem telah memungkinkan untuk melacak penyebaran dan akumulasi radionuklida tersebut secara lengkap. Radionuklida yang terlepas ke lingkungan merupakan petunjuk mengenai perpindahannya secara fisik dan biologis dari suatu komponen lainnya, sehingga berbagai model perpindahan dapat diformulasikan dengan baik (IAEA,1982).

Menurut Odum (1993), unsur - unsur radioaktifitas buatan manusia seperti  $^{137}\text{Cs}$ , adalah kelompok yang diproduksi oleh terurainya uranium dan beberapa unsur lain. Unsur - unsur ini pada umumnya tidak esensial untuk metabolisme. Tetapi kelompok ini adalah kelompok berbahaya karena isotop yang terurai diproduksi dalam jumlah yang besar baik pada ledakan nuklir yang terkendali, yang menghasilkan tenaga atau bahan esensial untuk protoplasma. Nuklida tadi siap untuk masuk lagi ke dalam daur biogeokimia dan banyak lagi diantaranya, terutama nuklida stronsium dan cesium menjadi tertimbun dalam rantai makanan.

Analisis lanjut pada identifikasi radioisotop dan analisis kuantitatif dengan teknik spektrometri akan memperlihatkan perbandingan aktifitas ini melalui faktor konsentrasi atau bioakumulasi radionuklida dalam sedimen.

### **2.3 Pencemaran Radionuklida**

Pencemaran lingkungan oleh radionuklida dapat berasal dari sumber radionuklida alamiah, maupun dari sumber radionuklida buatan. Kontribusi terbesar dari pencemaran lingkungan oleh radionuklida sebenarnya berasal dari sumber alamiah yang meliputi akibat kerja sinar kosmik dan terdapat secara alamiah bahan radioaktif dalam kerak bumi. Pencemaran yang terjadi dari sumber alamiah ini selain berlangsung secara terus menerus karena kegiatan dan dinamika alamiah, juga akibat kegiatan jasad hidup terutama manusia yang seringkali menyebabkan terlepasnya ke lingkungan berbagai radionuklida yang sebelumnya terpendam. Berbeda dari pencemaran lingkungan oleh radionuklida alamiah, pencemaran oleh radionuklida buatan biasanya tidak berlangsung tetap dan umumnya tidak melibatkan lingkungan global, kecuali peledakan senjata nuklir di atmosfer.

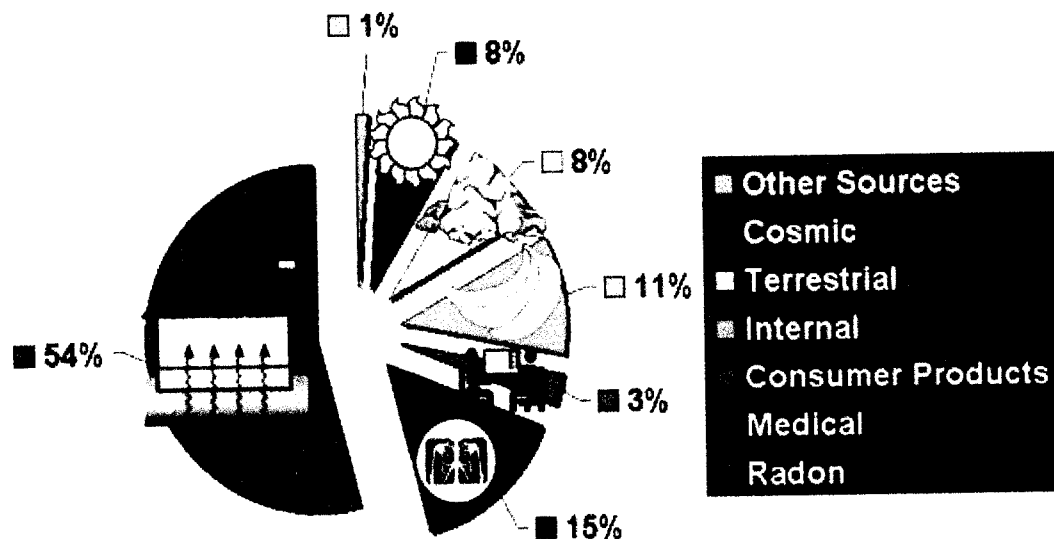
Radionuklida pencemar yang masuk ke dalam lingkungan hidup akan dapat terbawa ke dalam jaringan dan lintas rantai makanan jasad hidup dalam biosfer yang kemudian berujung pada manusia. Lintas transfer radionuklida mulai dari pelepasan ke lingkungan hingga masuk ke jaringan tubuh manusia dapat dilukiskan secara skematis sebagai suatu rangkaian kompartemen yang saling dihubungkan dengan lintas transfer.

Terdapat banyak hal yang umum mengenai kelakuan berbagai radionuklida dalam lingkungan dan lintas transfer hingga berujung ke tubuh

manusia. Dispersi fisik dari radionuklida dalam lingkungan setelah pelepasan dari suatu sumber pada umumnya sama bagi hampir semua macam bahan, berbagai model yang digunakan untuk melukiskan transfer bahan radioaktif di dalam media lingkungan atau dari suatu medium ke medium lainnya pada umumnya hampir serupa.

## 2.4 Sumber Radiasi

Berdasarkan asalnya sumber radiasi pengion dapat dibedakan menjadi dua yaitu sumber radiasi alam yang sudah ada di alam ini sejak terbentuknya, dan sumber radiasi buatan yang sengaja dibuat oleh manusia untuk berbagai tujuan.

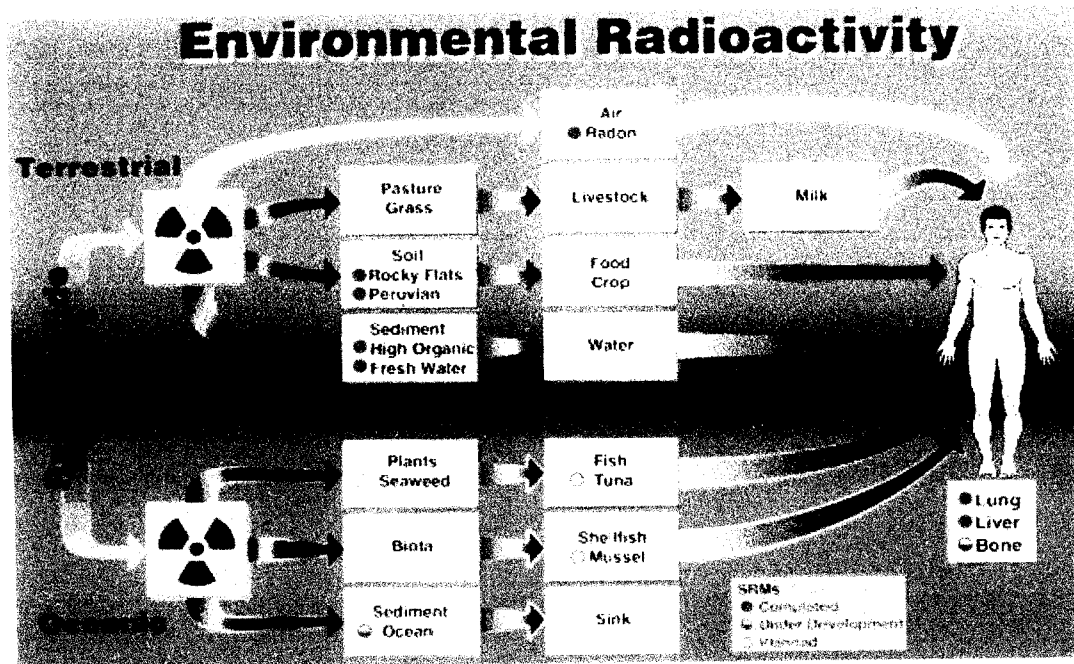


Gambar 2.1 Komposisi sumber radiasi di USA (United State of America)  
(Sumber : [www.inl.org](http://www.inl.org))

### 2.4.1 Sumber Radiasi Alam

Radiasi yang dipancarkan oleh sumber radiasi alam disebut juga sebagai radiasi latar belakang. Manusia setiap hari terpapar oleh radiasi ini dan merupakan radiasi terbesar yang diterima oleh manusia yang tidak bekerja di tempat yang menggunakan radioaktif atau yang tidak menerima radiasi berkaitan dengan

kedokteran atau kesehatan. Berikut ini disajikan gambar alur perpindahan radionuklida sampai ke tubuh manusia.



Gambar 2.2 Alur perpindahan radionuklida sampai ke tubuh manusia  
(Sumber : [www.epa.gov](http://www.epa.gov))

Radiasi latar belakang yang diterima oleh seseorang dapat berasal dari tiga sumber utama yang akan diuraikan pada sub-bab berikut ini.

#### 2.4.1.1 Sumber radiasi kosmis

Radiasi kosmis berasal dari luar angkasa, sebagian berasal dari ruang antar bintang dan matahari. Radiasi ini terdiri dari partikel dan sinar yang berenergi tinggi dan berinteraksi dengan inti atom stabil di atmosfer membentuk inti radioaktif seperti  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{He}$ ,  $^{22}\text{Na}$ , dan  $^7\text{Be}$ . Atmosfer bumi dapat mengurangi radiasi kosmik yang diterima oleh manusia. Tingkat radiasi dari sumber kosmik ini bergantung pada ketinggian, yaitu radiasi yang diterima akan semakin besar apabila posisinya semakin tinggi. Tingkat radiasi yang diterima seseorang juga tergantung pada letak geografisnya.

#### 2.4.1.2 Sumber radiasi terestrial

Radiasi terestrial secara natural dipancarkan oleh radionuklida di dalam kerak bumi. Radiasi ini dipancarkan oleh radionuklida yang disebut primordial yang ada sejak terbentuknya bumi. Radionuklida yang ada dalam kerak bumi terutama adalah deret Uranium, yaitu peluruhan berantai mulai dari  $^{238}\text{U}$ ,  $^{206}\text{Pb}$ , deret Actinium ( $^{235}\text{U}$ ,  $^{207}\text{Pb}$ ) dan deret Thorium ( $^{232}\text{Th}$ ,  $^{208}\text{Pb}$ ).

Radiasi terestrial terbesar yang diterima manusia berasal dari radon dan thoron karena dua radionuklida ini berbentuk gas sehingga bisa menyebar kemana-mana. Tingkat radiasi yang diterima seseorang dari radiasi terestrial ini berbeda-beda dari satu tempat ke tempat lain bergantung pada konsentrasi sumber radiasi di dalam kerak bumi.

#### 2.4.2 Sumber Radiasi Internal

Sumber radiasi ini ada di dalam tubuh manusia sejak dilahirkan, dan bisa juga masuk ke dalam tubuh melalui makanan, minuman, pernafasan, atau luka. Radiasi internal ini terutama diterima dari radionuklida  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{He}$ ,  $^{40}\text{K}$ , Radon, selain itu masih ada sumber lain seperti  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ , yang banyak berasal dari ikan dan kerang-kerangan. Buah-buahan biasanya mengandung unsur  $^{40}\text{K}$ .

#### 2.4.3 Sumber Radiasi Buatan

Sumber radiasi buatan telah diproduksi sejak abad ke-20, dengan ditemukannya sinar-X oleh WC Rontgen. Saat ini sudah banyak sekali jenis dari sumber radiasi buatan baik yang berupa zat radioaktif dan sumber pembangkit radiasi (pesawat sinar-X dan akselerator). Radioaktif dapat dibuat oleh manusia berdasarkan reaksi inti antara nuklida yang tidak radioaktif dengan neutron atau

biasa disebut sebagai reaksi fisi di dalam reactor atom. Radionuklida buatan ini bisa memancarkan radiasi alpha, beta, gamma dan neutron.

## 2.5 Radionuklida Di Alam

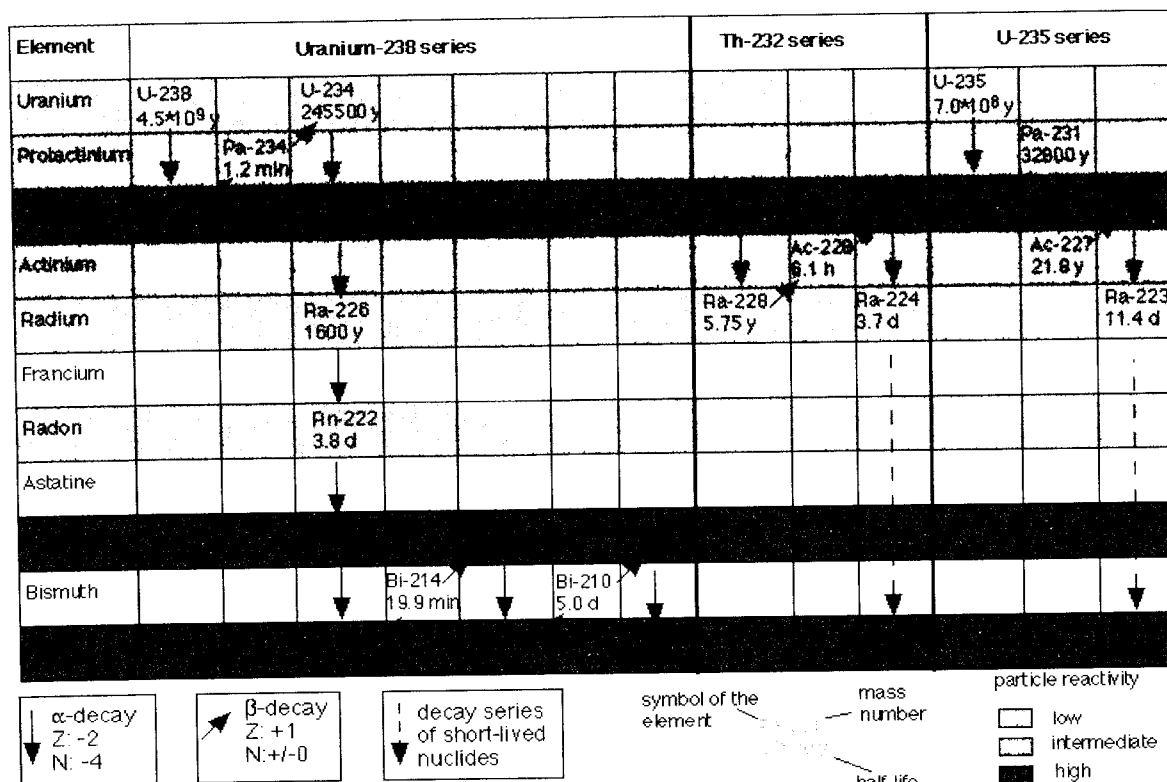
Radioaktivitas alam berasal dari radionuklida yang sudah ada semenjak bumi terbentuk (radionuklida primordial) dan dari radionuklida hasil interaksi antara sinar kosmis dengan atom-atom di lapisan atmosfer (radionuklida kosmogenik). Radionuklida primordial sebagian besar dari  $^{238}\text{U}$  dan  $^{232}\text{Th}$  beserta anak luruhnya dan  $^{40}\text{K}$ , sedangkan radionuklida kosmogenik misalnya  $^{22}\text{Na}$ ,  $^7\text{Be}$  dan  $^{14}\text{C}$  (Sutarman, 1998)

Unsur radioaktif adalah unsur yang tidak stabil dan senantiasa memancarkan sinar radioaktif untuk mencapai kestabilan. Perubahan suatu unsur radioaktif menjadi unsur yang stabil dengan memancarkan sinar radioaktif akan menciptakan deret radioaktif yang memperlihatkan tahapan perubahan unsur dan jenis radiasinya. Di alam, ada empat jenis deret radioaktif yang dicirikan oleh nomor massa nuklida, yakni deret  $4n$ ,  $4n+1$ ,  $4n+2$  dan  $4n+3$ . Deret radioaktif tersebut berawal dari unsur induk yang berubah menjadi unsur anakan setelah memancarkan sinar radioaktif dan akhirnya mencapai kestabilan setelah berubah menjadi unsur yang stabil. Empat jenis radioaktif alam tersebut disajikan pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Deret Radioaktif Alam

Nomor massa	Nama deret	Unsur induk	Waktu paruh (tahun)	Unsur stabil
$4n$	Thorium	$_{90}\text{Th}^{232}$	$1.39 \cdot 10^{10}$	$_{82}\text{Pb}^{208}$
$4n + 1$	Neptunium	$_{93}\text{Np}^{237}$	$2.25 \cdot 10^6$	$_{83}\text{Bi}^{209}$
$4n + 2$	Uranium	$_{92}\text{U}^{238}$	$4.51 \cdot 10^9$	$_{82}\text{Pb}^{206}$
$4n + 3$	Aktinium	$_{92}\text{U}^{235}$	$7.07 \cdot 10^8$	$_{82}\text{Pb}^{207}$

Sumber : Beisser, 1993 & 2001.

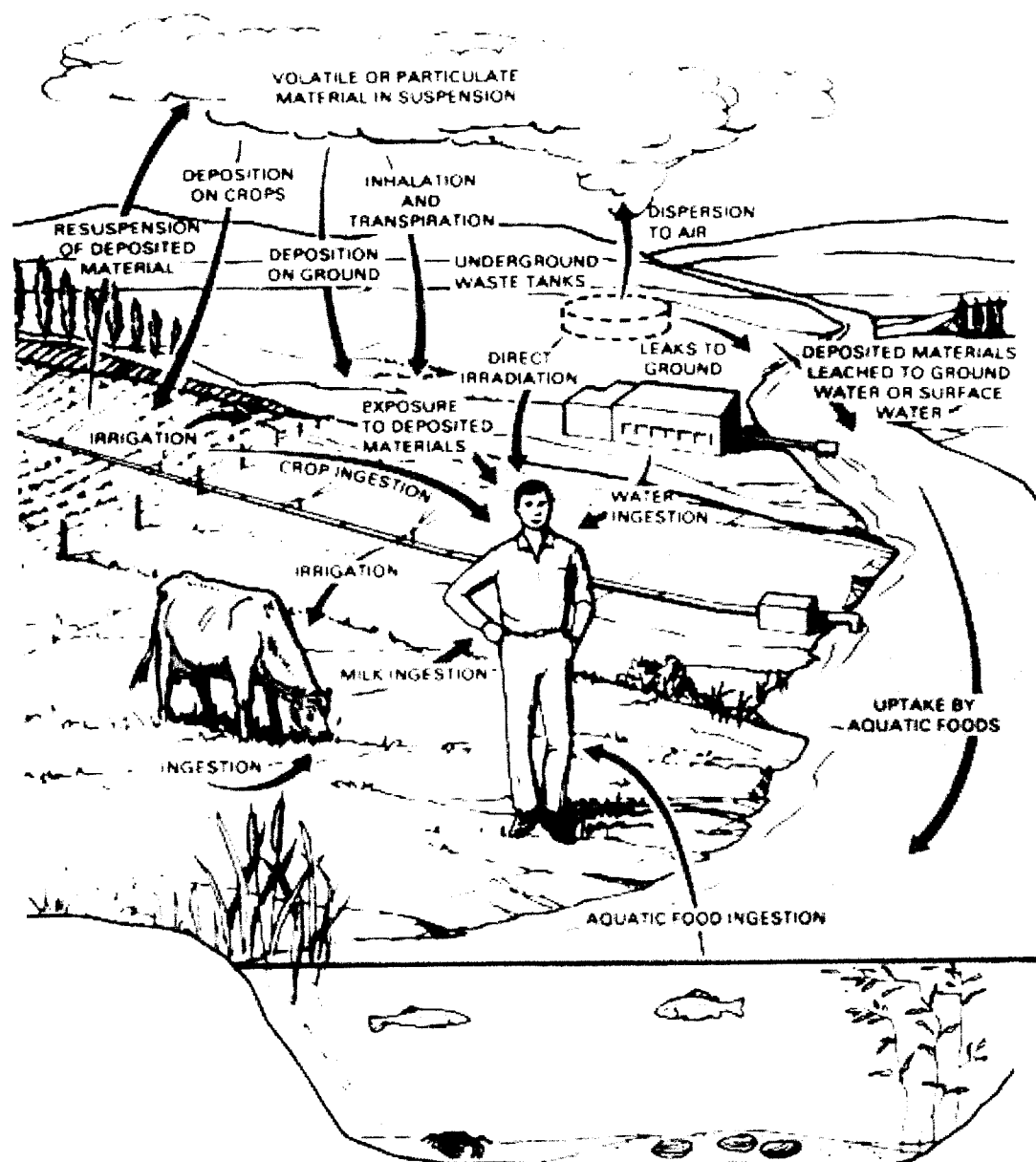


Gambar 2.3 Skema peluruhan radionuklida alam uranium dan thorium  
(Sumber : www.awi-bremerhaven.de)

### 2.5.1 Radionuklida Di Lingkungan Perairan

Kontaminasi zat radioaktif di lingkungan perairan bisa mengakibatkan dosis penyerapan melalui 3 (tiga) jalan yaitu : minum air tawar dari sumber air permukaan dan air tanah, pengkonsumsian biota yang hidup di dalam air (khususnya ikan), dan pengkonsumsian tanaman makanan darat yang telah terkontaminasi oleh penggunaan air tawar untuk irigasi, melalui pemakaian sedimen perairan sebagai alat pengkondisian tanah (*soil conditioners*), atau melalui pemakaian tanam - tanaman air sebagai pupuk. Air yang dikonsumsi oleh hewan bisa juga membentuk alur perpindahan radionuklida untuk sampai ke manusia. Akumulasi sedimen yang terkontaminasi di garis pantai bisa berkontribusi pada perairan muara ataupun sungai (Anonim, UNSCEAR, 2000).

Zat radioaktif yang terlepas ke lingkungan perairan akan terangkut dan tersebar melalui proses - proses adveksi dan turbulensi yang terjadi pada badan air. Interaksi di antara radionuklida dan partikel tersuspensi serta sedimen, bisa menghilangkan radionuklida yang terlarut dalam air. Berikut ini disajikan gambar proses perpindahan radionuklida yang bisa sampai ke tubuh manusia.



Gambar 2.4 Proses perpindahan radionuklida di alam  
(Sumber : [www.animatedsoftware.com](http://www.animatedsoftware.com))



### **2.5.1.1 Perairan Danau**

Bahan-bahan pencemar di danau bisa terjadi di dalam larutan pada fase air atau pada sedimen. Sebagian besar radionuklida terjadi pada kedua fase, dan faktor distribusi (Fd) menggambarkan rasionya antara air dan sedimen. Danau menerima air dari sungai, longsor tanah dan curah hujan serta kehilangan air melalui arus keluar dan penguapan. Rata-rata waktu kontak air di sebuah danau bergantung pada arus masuk dan keluar air dari dan ke danau. Rata-rata waktu kontak radionuklida di dalam fase air sebuah danau selanjutnya bergantung pada nilai Fd. Bahan kimia air danau (pH, mineral dan kandungan bahan organik, dan reaksi reduksi-oksidasi) mempengaruhi nilai Fd. Faktor-faktor ini juga mempengaruhi jumlah penyerapan radionuklida di dalam biota. Danau-danau yang rendah kandungan nutrient, biasanya memperlihatkan faktor - faktor konsentrasi lebih tinggi dari air ke biota dibanding danau yang kaya nutrient.

Sebagian besar radionuklida yang bergerak memasuki danau mengendap pada dasar danau. Radionuklida ini secara kimia terikat pada sedimen danau, khususnya bagian tanah lempung, sehingga bahan-bahan pencemar sebagian besar terperangkap pada dasar danau. Beberapa radionuklida tidak secara efektif mengendap dan berpindah melalui lingkungan secara lebih mudah. Pengangkutan terjadi secara cepat melalui udara atau air. Radionuklida yang tidak mengendap di dalam air danau bisa berakumulasi pada tumbuh-tumbuhan air, ikan dan hewan - hewan di lingkungan perairan lainnya (Anonim, UNSCEAR, 2000).

### **2.5.1.2 Perairan Sungai**

Sungai bisa dianggap sebagai danau dengan arus masuk dan keluar air yang tinggi. Rata-rata tengah waktu kontak radionuklida di dalam air pada sebuah

sungai biasanya secara signifikan lebih pendek dari pada waktu kontak pada sebuah danau untuk volume air yang sama, sehingga aktivitas radionuklida lebih rendah biasanya ditemukan di sungai dari pada di danau untuk input radionuklida yang sama dari kedua sistem. Jumlah air yang dimiliki oleh sungai bisa sangat bervariasi sepanjang tahun. Model perilaku radionuklida pada sistem sungai lebih rumit dibanding danau. Sedimen pada dasar sungai, selama kondisi debit sungai meningkat akan terangkut ke arah hilir atau pun muara yang pada akhirnya ke laut (Anonim, UNSCEAR, 2000).

### **2.5.1.3 Air Tanah**

Air tanah, pada umumnya, terlindung dengan baik terhadap kontaminasi radioaktif atmosferik, karena penyerapan, pengsedimen kimia dan pertukaran ion mencegah atau menunda perpindahan banyak radionuklida. Air tanah bisa terkontaminasi dalam hubungannya dengan buangan limbah bawah tanah. Jika limbah cair telah dibuang ke tanah maka bisa mencemari air tanah. Kontaminasi air tanah oleh radionuklida berkehidupan panjang bisa menjadi kepentingan dalam hubungannya dengan pembuangan limbah berlevel tinggi secara permanen dalam sedimen bawah tanah. Pengangkutan radionuklida melalui tanah sangat bergantung pada spesiasi kimia bahan-bahan pencemar, yang dipengaruhi oleh kondisi pH setempat (Anonim, UNSCEAR, 2000).

### **2.5.1.4 Perairan Pesisir Pantai**

Pada daerah pesisir pantai umumnya menyerupai sistem tertutup, dan waktu kontak air pada sistem semacam ini secara relatif lama. Air pantai yang lain memiliki hubungan lebih langsung dengan laut terbuka, dan rata-rata waktu kontak lebih pendek.



### 2.5.2 Radionuklida Di Lingkungan Atmosfer

Radionuklida yang terjadi secara natural hadir di dalam atmosfer karena produksinya melalui interaksi sinar kosmis, pemancaran gas dari tanah atau material-material bangunan dan bergantungnya kembali partikel-partikel tanah dari permukaan tanah. Radionuklida kosmogenis terutama,  $^3\text{H}$  dan  $^{14}\text{C}$ , tersebar secara sangat seragam di dalam atmosfer. Paparan dari radionuklida ini hampir sama sekali bisa diabaikan dibandingkan dengan paparan penyerapan. Radionuklida yang berasal dari tanah hadir di udara dalam jumlah yang berubah-ubah, bergantung pada kondisi tanah, angin dan kelembaban setempat. Beberapa bagian dari benda padat di udara mungkin bukan berasal dari tanah, tetapi dari bahan organik, debu-debu bangunan, asap, dan abu terbang dari pembakaran batubara (Anonim, SSS No. NS-G-3.2, IAEA, 2002).

### 2.6 Transport Radionuklida

Apabila badan air sebagai penampung limbah telah menurun kualitasnya, berbagai macam senyawa kimia mengalami kontak dengan limbah, yang menghasilkan mobilisasi radionuklida. Air diperkirakan sebagai media angkut utama khususnya di daerah permukaan, beberapa pengangkutan bisa juga berlangsung dalam bentuk gas. Karena mendekati konsep buangan permukaan dimana *self-purification* bisa mempengaruhi proses pengangkutan radionuklida. Untuk pembuangan di bawah permukaan air, dimana hambatan-hambatan yang dibangun dengan daya peresapan rendah berkontribusi pada isolasi radionuklida, difusi bisa menjadi proses angkut paling utama.

Proses utama untuk mengontrol aktivitas radionuklida merupakan serapan dari larutan terhadap bahan serap seperti material dan aditif yang mengandung

semen (pasir, lempung, zeolit, dsb.). Pada umumnya, serapan diatur oleh bidang muka spesifik atau efektif material yang tersedia untuk serapan, dan bentuk kimia serta konsentrasi spesies terlarut.

## **2.7 Perpindahan Radionuklida**

Untuk menilai perpindahan radionuklida pada lingkungan dibutuhkan informasi tentang karakteristik lingkungan tersebut. Perpindahan radionuklida pada lingkungan spesifik sangat bergantung pada waktu, dalam hal pembuangan ke badan air permukaan, estimasi aktivitas radionuklida dan pengangkutan melalui sedimen dasar perairan sangat penting karena waktu kontak radionuklida pada tanah akan bergantung pada kecepatan pada mana radionuklida bisa berpindah dari tanah ke air ataupun sebaliknya. Proses semacam infiltrasi air ke tanah dan serapan radionuklida ke partikel tanah akan relevan.

Radionuklida bisa dianggap berpindah dari titik asal sampai ke manusia atau organisme hidup lain melalui berbagai macam komponen lingkungan (udara, air, tanah, tanaman, dan hewan), dengan menggunakan proses perpindahan semacam deposisi dari air atau udara ke tanah atau sedimen, jumlah pemakaian oleh tanaman atau hewan, dan penyerapan oleh hewan atau manusia. Sepanjang jalan ini, kecepatan alih radionuklida bisa dipengaruhi oleh adveksi dan penyebaran pada badan air, yang lepas dan serapan pada tanah dan sedimen, angin dan erosi air serta proses-proses geomorfologis yang lain, aktivitas biologis di dalam tanah atau sedimen, dan perbuatan manusia. Jumlah penyerapan radionuklida oleh biota sangat penting untuk diketahui dalam menghitung dampak radiologis.

## 2.8 Faktor Distribusi (Fd)

Ketika sedimen berinteraksi dengan radionuklida yang terlarut di dalam air, aktivitas radionuklida pada fase terlarut bisa jadi menurun karena penyerapan radionuklida pada partikel-partikel sedimen. Akibatnya, aktivitas radionuklida pada sedimen tergantung dan tepian sungai serta dasar badan air akan naik karena penyerapan dan partikel yang mengendap.  $F_d$  (L/kg) digunakan untuk menyatakan pertukaran radionuklida di antara fase terlarut dan fase diserap sedimen dan ditentukan dengan persamaan (IAEA,2001 & 2004):

$$F_d (L / Kg) = \frac{\text{Aktivitas radionuklida yang terkandung dalam endapan per unit berat endapan (Bq / kg)}}{\text{Aktivitas radionuklida yang terlarut dalam air per unit volume air (Bq / kg)}}$$

Dengan memakai konsep  $F_d$  yang dapat diasumsikan bahwa ada keseimbangan ekuilibrium di antara fase terlarut dan fase partikel, dengan pertukaran nuklida di antara partikel dan air yang seluruhnya bisa dibalikkan. Inilah sebuah penyederhanaan realita, khususnya untuk pertukaran skala-waktu pendek, tetapi bisa dibenarkan untuk tujuan menjalankan sebagian besar model penilaian radiologis, khususnya jika ada pengetahuan tidak cukup tentang distribusi aktual dan perilaku radionuklida yang relevan. Pengecualian penting adalah dalam hal dimana adanya partikel-partikel panas harus dipertimbangkan dalam penilaian resiko radiologis. Yang tidak memasukkan penggunaan teknik-teknik modeling lebih realistis jika kebutuhan akan penilaian dan adanya data membenarkannya. Biasanya tidak diketahui apakah  $F_d$  menggambarkan pembuatan partisi ekuilibrium di antara air dan semua fase partikel yang ada bagi pertukaran lewat waktu-waktu yang berbeda dan apakah pembuatan pemisah

melibatkan keseluruhan proses yang dapat dibalikkan atau beberapa proses yang tidak bisa dibalikkan.

Fd telah ditentukan dari pengamatan lapangan dan eksperimen serapan laboratorium untuk beberapa radionuklida dari kepentingan radiologis. Data semacam ini sangat penting bagi nuklida artifisial atau buatan; namun demikian, untuk nuklida dari elemen-elemen yang terjadi secara natural dimungkinkan menggunakan pendekatan alternatif untuk turunan Fd didasarkan pada penggunaan data geokimia unsur stabil dan pilihan asumsi-asumsi pantas, jika berubah-ubah. Dengan cara ini kita bisa menilai proporsi berlimpahnya elemen fase partikel yang kemungkinan bisa ditukar dengan fase yang mengandung air. Dengan mengkombinasikan kedua pendekatan ini akan memberikan nilai estimasi terbaik untuk setiap elemen yang bisa digunakan sebagai nilai umum.

## 2.9 Faktor Bioakumulasi (Fb)

Peralihan radionuklida dari air, melalui berbagai level tropis kehidupan air, untuk organisme-organisme yang dikonsumsi oleh manusia dipadatkan menjadi satu parameter faktor bioakumulasi (Fb). Parameter ini cukup bisa berubah, dengan nilai-nilai yang bertingkat dalam beberapa hal lewat beberapa urutan besaran untuk radionuklida dan organisme yang dimaksud.

Faktor paling penting yang mengatur nilai Fb adalah level tropis organisme. Faktor-faktor lain adalah konsentrasi sedimen, komposisi kimia badan air, sifat kimia radionuklida yang dilepas, karakteristik spesifik untuk organisme air. Fb dapat digambarkan pada persamaan berikut ini (IAEA, 2001 & 2004) :

$$Fb(L/Kg) = \frac{\text{Aktivitas radionuklida yang terkandung dalam biota per unit berat biota (Bq / kg)}}{\text{Aktivitas radionuklida yang terlaru dalam air per unit volume air (Bq / kg)}}$$

Beberapa faktor bisa mempengaruhi gerakan (bioakumulasi) radionuklida dari sedimen menuju tanaman dan hewan. Faktor-faktor tersebut antara lain radionuklida spesifik, tipe tanaman atau hewan, dan sifat sedimen.

Misalnya, cesium adalah radionuklida yang berperilaku sama dengan potassium unsur stabil. Potassium adalah bahan gizi sangat penting yang ditemukan pada semua organisme. Cesium menirukan potassium di lingkungan, dengan demikian cesium cenderung diambil oleh tanaman dan hewan seakan itu adalah potassium. Jika tanaman memakan cesium melalui akar-akarnya, maka cesium kemudian diangkut ke daun-daun dan cabang-cabang. Jika hewan memakan tanaman yang terkontaminasi, hewan-hewan itu menyerap cesium juga. Cesium bergerak pada badan binatang seperti potassium dan berakhir di jaringan-jaringan otot. Ketika hewan-hewan lain memakan hewan yang terkontaminasi, cesium diangkut melalui rantai makanan, sama dengan DDT pestisida yang menjadi kekhawatiran tahun 1970-an. Cesium adalah satu dari beberapa radionuklida yang meningkat konsentrasinya saat anda menggerakkan rantai makanan; namun sebagian besar radionuklida tidak.

Radionuklida yang berperilaku seperti elemen stabil disebut analog kimia. Contoh lainnya adalah strontium, analog kimia dari kalsium. Strontium cenderung dipakai seakan itu adalah kalsium, yang secara khas berkonsentrasi pada tulang atau kulit binatang.

## **2.10 SPEKTROMETER GAMMA ( $\gamma$ )**

Perangkat spektrometer  $\gamma$  terdiri dari detektor semikonduktor Ge(Li), sumber tegangan tinggi (HV), penguat awal (*preamplifier*), penguat (*amplifier*), dan penganalisis salur ganda (MCA).

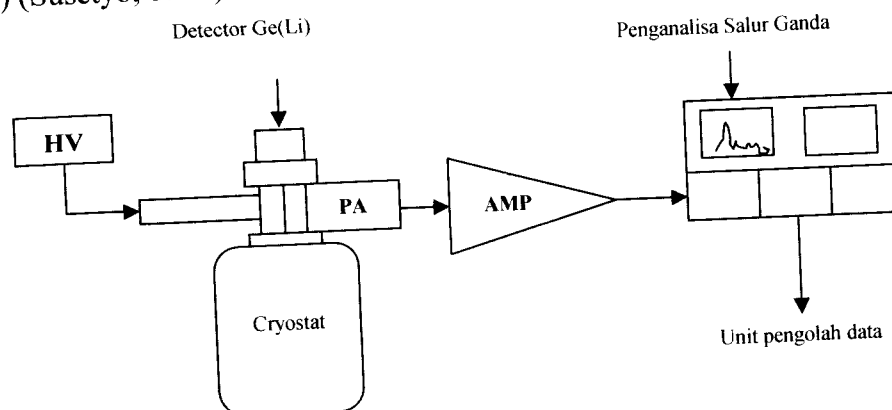


Detektor semikonduktor Ge (Li) dapat dipandang sebagai detektor aman ionisasi, di mana medium gas diganti dengan zat padat yang bersifat semikonduktor. Apabila suatu zarah/partikel mengenai detektor Ge (Li), maka akan terbentuk pasangan elektron-hole pada daerah intrinsik alam detektor. Pada ujung-ujung elektroda, elektron dan hole akan mengakibatkan perubahan beda potensial yang menimbulkan sinyal pulsa. Tinggi pulsa sebanding dengan energi partikel yang berinteraksi terhadap detektor. Sinyal pulsa yang dihasilkan langsung diterima oleh penguat awal (*preamplifier*) yang peka terhadap muatan.

*Preamplifier* berfungsi melakukan amplifikasi awal terhadap pulsa keluaran detektor dan membentuk pulsa pendahuluan.

*Amplifier* berfungsi mempertinggi keluaran pulsa dari *preamplifier* sehingga mencapai amplitudo yang dapat dianalisis oleh alat penganalisis alur ganda.

Pulsa-pulsa yang berasal dari *amplifier* tersebut dapat dibedakan dan dipisahkan tingginya sehingga membentuk yang lebih halus. Selanjutnya pulsa keluaran dari MCA tersebut diteruskan pada alat cacah (gabungan *counter* dan *timer*) (Susetyo, 1988).



Gambar 2.6 Perangkat Spektrometer  $\gamma$  (Susetyo, 1988)

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat Penelitian

Tempat yang akan diteliti adalah perairan sungai dan pesisir pantai utara dan pantai timur Kota Surabaya. Untuk analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Dasar Inovasi Bahan - Bidang Teknofisikokimia Pusat Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Maju (DIB - BTFK P3TM) Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) Yogyakarta.

#### 3.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 12 (dua belas) bulan yang dimulai pada bulan Juni 2004 sampai dengan bulan Desember 2004, dan pengolahan data dilakukan pada bulan Januari 2005 sampai dengan bulan Juli 2005.

#### 3.3 Objek Penelitian

Objek yang akan diteliti berupa cuplikan bahan lingkungan yang berasal dari perairan Kota Surabaya. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Objek yang diteliti

No	Objek	Cara Pengambilan	Metode Analisis	Rencana Lokasi
1	Air	Pengambilan sesaat. Manual	Spektrometer $\gamma$ (gamma)	Hulu, tengah, hilir perairan sungai. Perairan pantai utara dan timur
2	Sedimen	Pengambilan sesaat. Manual	Spektrometer $\gamma$ (gamma)	Hulu, tengah, hilir perairan sungai. Perairan pantai utara dan timur
3	Biota	Pengambilan sesaat. Manual	Spektrometer $\gamma$ (gamma)	Hulu, tengah, hilir perairan sungai. Perairan pantai utara dan timur

Sumber : Data primer, 2004.

### **3.4 Variabel Penelitian**

Variabel penelitian terbagi menjadi dua yaitu variabel bebas (*independent*) dan variabel terikat (*dependent*).

#### **3.4.1 Variabel Bebas**

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah :

- a. Variasi cuplikan lingkungan yang terdiri dari sedimen, biota dan air.
- b. Variasi lokasi pengambilan cuplikan perairan sungai (daerah hulu, tengah, hilir, muara dan pesisir pantai utara dan pantai timur Kota Surabaya).

#### **3.4.2 Variabel Terikat**

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah :

- a. Jenis radionuklida yang terkandung dalam cuplikan sedimen, biota dan air.
- b. Aktivitas jenis radionuklida yang terkandung dalam cuplikan sedimen, biota dan air.

### **3.5 Alat Dan Bahan Penelitian**

Alat dan bahan penelitian terdiri dari dua macam yaitu alat dan bahan yang digunakan untuk pengambilan cuplikan dan analisa laboratorium.

#### **3.5.1 Alat Dan Bahan Pengambilan Cuplikan**

Alat dan bahan pengambilan cuplikan dapat dilihat pada Lampiran C.

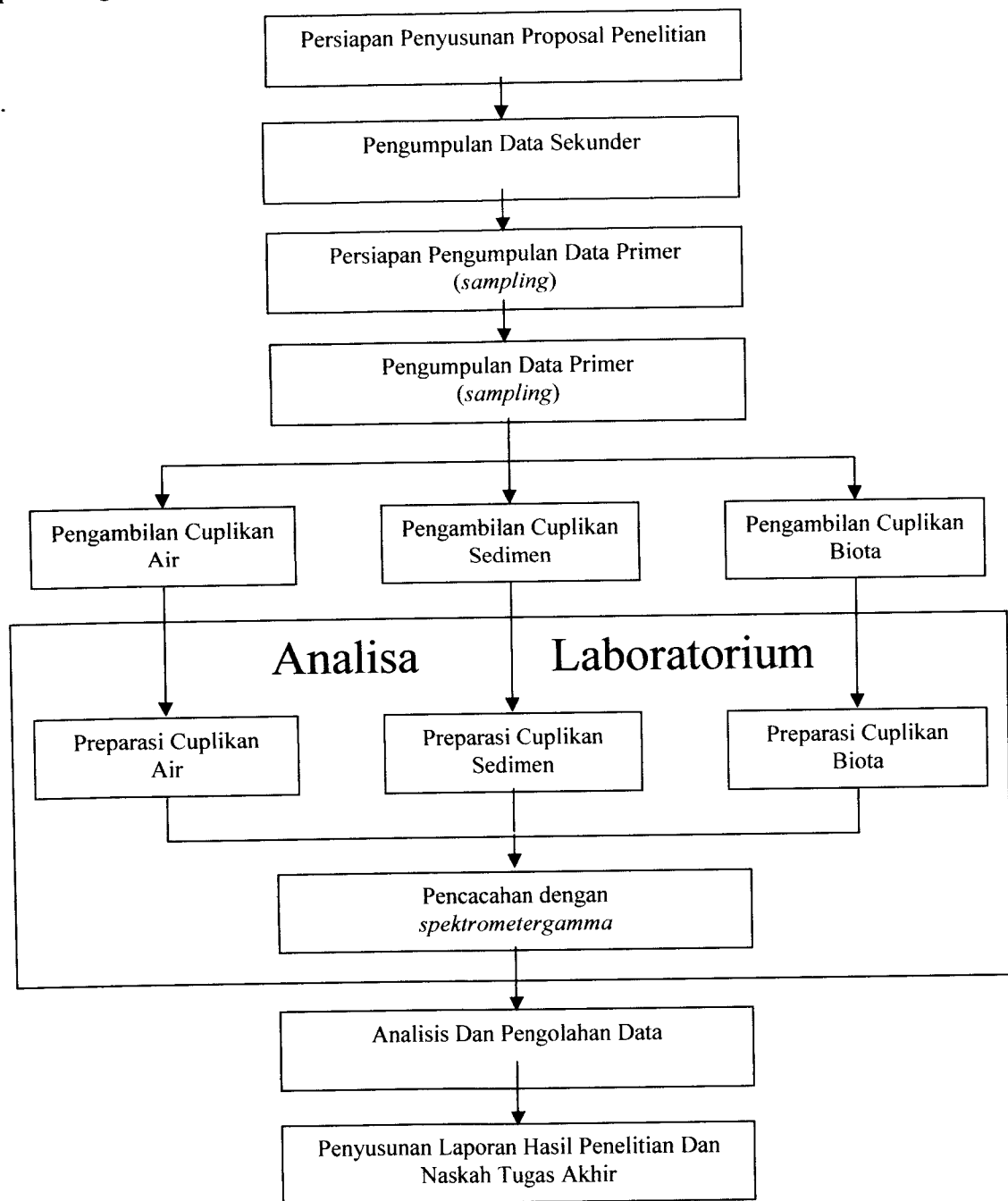
#### **3.5.2 Alat Dan Bahan Analisis Laboratorium**

Alat dan bahan analisis laboratorium dapat dilihat pada Lampiran D.

### **3.6 Metode Penelitian**

Penelitian ini bersifat deskriptif yaitu menggambarkan kondisi radioaktifitas lingkungan dari segi radioekologi di perairan sungai dan perairan

pesisir pantai Kota Surabaya. Secara garis besar metode penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram alir pelaksanaan penelitian

### 3.7 Metode Pengambilan Cuplikan

Pengambilan cuplikan menggunakan metode pengambilan cuplikan sesaat (*grab sampling*) dengan cara manual (*manual sampling*).

### 3.7.1 Tempat Pengambilan Cuplikan

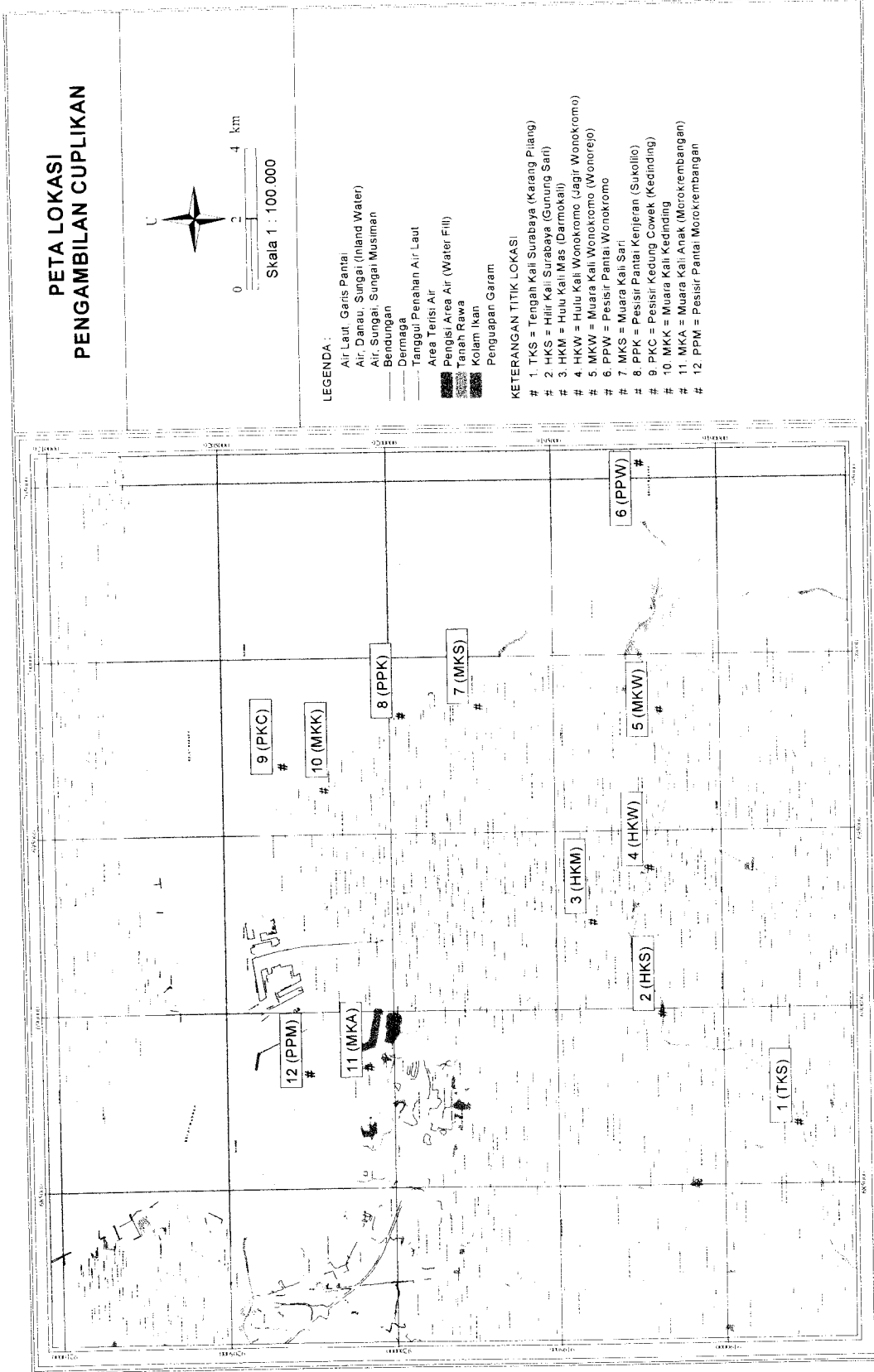
Jumlah lokasi atau tempat pengambilan cuplikan bahan lingkungan berupa sedimen, biota dan air sebanyak 12 (dua belas) lokasi yang tersebar di perairan Kota Surabaya. Setiap lokasi akan dijelaskan pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Tempat pengambilan cuplikan perairan Kota Surabaya

No	Lokasi	Daerah	Perairan	Keterangan
1	I	Kecamatan Karangpilang Kelurahan Karangpilang	Kali Surabaya	Dianggap sebagai tengah Kali Surabaya. Dekat dengan kawasan Industrialisasi Estate Wirajatim dan industri industri lainnya.
2	II	Kecamatan Wonokromo Kelurahan Gunungsari	Kali Surabaya	Dianggap sebagai daerah hilir Kali Surabaya. Dekat dengan Hotel Hilton.
3	III	Kecamatan Wonokromo Kelurahan Ngagel	Kali Mas	Dianggap daerah hulu Kali Mas di titik percabangan aliran sungai. Dekat dengan Jalan Dinoyo.
4	IV	Kecamatan Wonokromo Kelurahan Ngagelrejo	Kali Wonokromo	Dianggap sebagai hulu Kali Wonokromo di titik percabangan aliran sungai. Dekat dengan Dam Jagir Wonokromo.
5	V	Kecamatan Rungkut Kelurahan Wonorejo	Kali Wonokromo	Dianggap sebagai daerah muara Kali Wonokromo.
6	VI	Kecamatan Rungkut Kelurahan Wonorejo	Pesisir pantai timur	Dianggap sebagai pesisir pantai yang paling timur dari Kota Surabaya tempat bermuaranya Kali Wonokromo
7	VII	Kecamatan Kenjeran Kelurahan Kenjeran	Muara Kalisari	Dianggap sebagai muara Kali Sari. Dekat dengan pintu air.
8	VIII	Kecamatan Rungkut Kelurahan Wonorejo	Pesisir pantai timur	Dianggap sebagai daerah pesisir pantai Kecamatan Kenjeran yang merupakan tempat bermuaranya 4 aliran sungai / saluran
9	IX	Kecamatan Kenjeran Kelurahan Kedungcowek	Pesisir pantai utara	Dianggap sebagai daerah pesisir pantai Kecamatan Kedungcowek yang merupakan muara dari saluran Tambakwedi.
10	X	Kecamatan Kenjeran Kelurahan Kedungcowek	Saluran Tambak Wedi	Dianggap sebagai daerah hilir saluran Tambak Wedi. Dekat dengan Kantor PU Proyek Suramadu dan kuburan muslim.
11	XI	Kecamatan Krembangan Kelurahan Morokrembangan	Muara Kalianak	Dianggap sebagai muara Kalianak yang merupakan percabangan Kali Mas.
12	XII	Kecamatan Rungkut Kelurahan Wonorejo	Pesisir pantai utara	Dianggap sebagai daerah pesisir pantai muara sungai Kalianak, Buzem Kalianak dan Buzem Morokrembangan.

Sumber : Data primer, 2004.

Untuk data GPS dapat dilihat pada Lampiran C.2. Supaya lebih jelas mengenai lokasi pengambilan cuplikan di perairan Kota Surabaya dapat dilihat Gambar 3.1 halaman berikut ini.



Gambar 3.2 Lokasi pengambilan cuplikan di perairan Kota Surabaya

### 3.7.2 Waktu Pengambilan Cuplikan

Waktu pengambilan cuplikan dilakukan selama 3 (tiga) hari yang dimulai pada tanggal 22 - 24 Juni 2004 secara seri atau berurutan yang dimulai dari pagi hari hingga sore hari. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Waktu pengambilan cuplikan

No	Hari	Tanggal	Jam	Lokasi	Jenis Cuplikan
1	Selasa	22 Juni 2004	08.20 - 08.40 WIB	Lokasi 10	Air sungai, Sedimen sungai, Eceng Gondok
			10.25 - 10.45 WIB	Lokasi 7	Air sungai, Sedimen sungai, Bakau
			12.00 - 12.30 WIB	Lokasi 5	Air sungai, Sedimen sungai, Eceng Gondok
			13.45 - 14.07 WIB	Lokasi 4	Air sungai, Sedimen sungai, Eceng Gondok
			14.45 - 15.05 WIB	Lokasi 2	Air sungai, Sedimen sungai, Eceng Gondok
			16.00 - 16.25 WIB	Lokasi 3	Air sungai, Sedimen sungai, Eceng Gondok
			18.45 - 19.15 WIB	Lokasi 11	Air sungai, Sedimen sungai, Eceng Gondok
2	Rabu	23 Juni 2004	08.45 - 09.00 WIB	Lokasi 12	Air laut, Sedimen laut
			14.55 - 15.00 WIB		Ikan Belanak
			10.10 - 10.25 WIB	Lokasi 9	Air laut, Sedimen laut
			14.40 - 14.45 WIB		Ikan Glomo
			10.50 - 12.30 WIB	Lokasi 8	Air laut, Sedimen laut
			13.05 - 13.15 WIB		Ikan Belanak
			11.50 - 10.45 WIB	Lokasi 6	Air laut, Sedimen laut
			12.10 - 12.15 WIB		Ikan Belanak
3	Kamis	24 Juni 2004	10.30 - 11.15 WIB	Lokasi 1	Air sungai, Sedimen sungai, Eceng Gondok

Sumber : Data lapangan, 2004.

### 3.7.3 Cara Pengambilan Cuplikan

Pengambilan cuplikan dilakukan dengan cara manual yang berarti tidak menggunakan peralatan khusus untuk pengambilan cuplikan melainkan menggunakan peralatan sederhana.

#### 3.7.3.1 Cuplikan Sedimen

Cuplikan sedimen perairan darat dan laut diambil dengan menggunakan ciduk plastik dan ditempatkan pada nampan plastik. Sedimen pada nampan plastik

dipilah - pilah, batu - batu kerikil dan kotoran - kotoran seperti kayu, plastik dan kerang dibuang, kemudian dimasukkan kedalam plastik klip kapasitas 2 kg dan diberi label yang berisikan lokasi pengambilan dan waktu pengambilan.

### **3.7.3.2 Cuplikan Biota**

Cuplikan biota yang diambil berupa tanaman air seperti eceng gondok dan bakau. Pengambilan cuplikan eceng gondok dilakukan dengan cara mengambilnya dari perairan dan dibilas dengan air setempat kemudian ditempatkan pada nampan plastik. Bagian akar dipotong dengan menggunakan gunting atau pisau. Sedangkan pengambilan cuplikan untuk bakau dilakukan dengan cara memotong bagian batang yang masih kelihatan hijau dengan menggunakan pisau atau gunting. Eceng gondok dan bakau tersebut kemudian dimasukkan ke dalam wadah plastik dan diberi label yang berisikan lokasi pengambilan dan waktu pengambilan. Cuplikan biota dalam wadah plastik tersebut di masukkan ke dalam *ice box* yang diberi es batu supaya cuplikan tetap segar sampai dibawa ke laboratorium.

### **3.7.3.3 Cuplikan Air**

Cuplikan air sungai dan laut diambil dengan menggunakan ciduk plastik dan dimasukkan pada wadah jerigen plastik kapasitas 5 Liter. Sebelum dilakukan pengambilan air, semua peralatan dibilas atau dicuci dengan air setempat. Air diambil dengan ciduk dan dimasukkan ke dalam jerigen sampai penuh kemudian ditetesi dengan larutan  $\text{HNO}_3$  *supra pure* sebanyak 3 mL, kemudian diberi label yang berisikan lokasi pengambilan dan waktu pengambilan.



### **3.8 Metode Analisa Laboratorium**

Pada penelitian ini diperlukan beberapa tahap dalam analisis cuplikan di laboratorium. Tahap dalam analisa laboratorium, yaitu :

1. Tahap preparasi cuplikan, dilakukan untuk mencegah supaya cuplikan tidak terkontaminasi dengan bahan - bahan atau unsur senyawa kimia lain yang terikut dalam proses pengambilan cuplikan di lapangan.
2. Tahap analisis cuplikan, dilakukan dengan menempatkan cuplikan pada peralatan perangkat spektrometer gamma dan dianalisis kandungan radionuklida.

#### **3.8.1 Metode Preparasi Cuplikan**

Preparasi cuplikan dilakukan untuk menghindari agar cuplikan tidak terkontaminasi oleh bahan (bahan lain yang tidak diperlukan) selama proses pengambilan cuplikan (Taftazani, A.,2004). Preparasi merupakan kegiatan awal yang harus dilakukan supaya cuplikan siap untuk dianalisis. Cuplikan yang dianalisis pada penelitian ini adalah air, sedimen dan biota, maka metode preparasinya pun berbeda - beda.

##### **3.8.1.1 Preparasi Cuplikan Sedimen**

Proses awal yang dilakukan pada preparasi sedimen adalah mula - mula sedimen dibersihkan dari batu kecil, akar, daun, ranting, kulit kerang dan benda lainnya yang tercampur dalam sedimen pada waktu pengambilan cuplikan. Setelah itu ditimbang berat basahya kemudian dikeringkan dengan diangin-anginkan atau dengan lampu pemanas. Setelah kering ditumbuk dan diayak lolos 100 (seratus) mesh, ditimbang berat kering dan dihomogenkan. Kemudian cuplikan dimasukkan dalam plastik klip yang diberi kode lokasi dan cuplikan siap

untuk dianalisis sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan. Untuk skema kerja metode preparasi sedimen dapat dilihat pada Lampiran A.1.

### **3.8.1.2 Preparasi Cuplikan Biota**

Cuplikan biota berupa tanaman air dan ikan. Untuk tanaman air yang dijadikan cuplikan adalah eceng gondok dan bakau. Mula - mula cuplikan biota ditumbuk dengan nitrogen cair sampai halus kemudian dikeringkan dengan lampu pemanas. Setelah kering ditumbuk halus dan diayak lolos 100 (seratus) mesh. (Taftazani, A., 2004). Untuk skema kerja metode preparasi sedimen dapat dilihat pada Lampiran A.1.

### **3.8.1.3 Preparasi Cuplikan Air**

Cuplikan air yang diambil dari lokasi disaring dengan menggunakan kertas saring sebanyak 1.000 (seribu) mL = 1 (satu) L ; ditampung pada labu ukur. Kemudian dilakukan pemekatan dengan cara dipanaskan pada cawan dengan kompor listrik, untuk air laut dipekatkan 3,33 kali dari 1.000 (seribu) mL menjadi 300 (tiga ratus) mL dan untuk air tawar dipekatkan 40 (empat puluh) kali dari 1.000 (seribu) mL menjadi 25 (dua puluh lima) mL. Untuk skema kerja metode preparasi air tawar dan air laut terdapat sedikit perbedaan yang dapat dilihat pada Lampiran A.1.

### **3.8.2 Metode Analisis Cuplikan**

Untuk cuplikan yang dianalisis semuanya harus dalam bentuk kering seperti bubuk (*powder*) setelah melalui proses preparasi. Parameter yang diukur adalah energi foton (untuk radionuklida dalam cuplikan) dan laju cacah (untuk menentukan aktivitas radionuklida yang teridentifikasi) dengan menggunakan perangkat spektrometer gamma. Perangkat spektrometer gamma yang digunakan

untuk menganalisis cuplikan, harus dikalibrasi terlebih dahulu. Metode kalibrasi perangkat spektrometer gamma diuraikan pada sub bab berikut ini.

### 3.8.2.1 Kalibrasi Spektrometer Gamma

Menurut Susetyo (1988), sebelum perangkat spektrometer gamma digunakan, perlu dikalibrasi lebih dahulu secara cermat dan teliti. Sumber radioisotop standar yang telah diketahui aktivitas awal dan tanggal pembuatannya serta diketahui karakteristik energi - energinya dengan tepat dicacah selama 1.000 (seribu) detik. Data pencacahan standar kemudian dianalisis dengan persamaan regresi linier, kalibrasi energi, kalibrasi efisiensi dan sebagainya.

### 3.8.2.2 Kalibrasi Tenaga

Untuk perangkat spektrometer gamma dan satu *setting* kondisi kerja (tegangan tinggi, *shape time* dan lain - lain) perlu dicari hubungan antara nomor kanal dan energi. Hal ini dilakukan dengan mencacah standar multigamma (dalam penelitian ini digunakan larutan standar  $^{152}\text{Eu}$ ) yaitu sumber standar yang sudah diketahui tingkat energi gamma karakteristik. Antara energi foton gamma dari sumber standar dan nomor kanal dari puncak - puncak spektrum gamma terdapat suatu hubungan linear yang secara matematis dinyatakan dengan persamaan garis yang mempunyai bentuk umum (Susetyo, 1988) :

$$Y = aX + b \quad \dots\dots\dots 3.1$$

Dimana, Y = tingkat tenaga

X = nomor salur

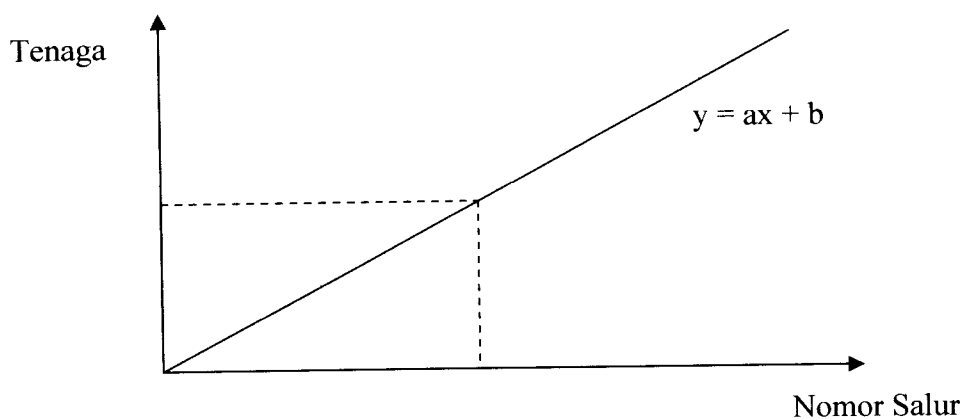
a,b = suatu tetapan

Jika Y adalah tenaga dan absis X adalah nomor salur maka untuk setiap pengukuran puncak serapan total gamma dari sumber standar akan didapat

sepasang harga ( $X_i$ ,  $Y_i$ ). Untuk pengukuran n puncak gamma maka bisa ditentukan harga "slope" a dan titik b secara regresi linear (Susetyo, 1982) :

$$a = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}} \dots\dots\dots 3.2$$

$$b = \frac{\sum Y_i}{n} - a \frac{\sum X_i}{n} \dots\dots\dots 3.3$$



Gambar 3.3 Kurva kalibrasi tenaga spektrometer gamma (Susetyo, W., 1988)

### 3.8.2.3 Kalibrasi Efisiensi

Kalibrasi efisiensi dilakukan dengan jalan mencacah sumber standar radionuklida yang berenergi rendah (100 keV) sampai tinggi (1.500 keV) yang sudah diketahui aktivitasnya. Untuk pengukuran puncak spektrum dari sumber multi gamma standar akan didapatkan beberapa pasang harga energi dan nomor kanal. Kurva kalibrasi efisiensi dapat diperoleh dari pengeplotan efisiensi ( $\epsilon(E)$ ) versus energi (E) yang memiliki hubungan linier. Efisiensi pencacahan ( $\epsilon(E)$ ) diperoleh dari persamaan (Susetyo, 1988) :

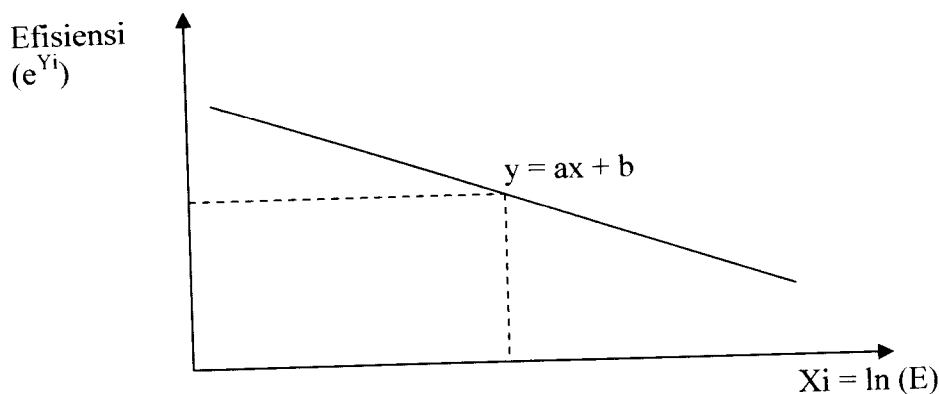
$$\epsilon(E) = \frac{cps_{net}}{A_{st} \cdot Y(E)} \cdot 100\% \quad \dots\dots\dots 3.4$$

Dimana,  $cps_{net} = \frac{\text{cacah standar} - \text{cacah latar}}{\text{lama pencacahan}} = \text{laju cacah bersih pada saat } t \text{ detik}$

$A_{st}$  = aktifitas sumber standar

$Y(E)$  = yield atau intensitas mutlak (dari tabel isotop)

Kurva kalibrasi efisiensi ini secara matematis dinyatakan dalam bentuk persamaan 4.1, dimana dalam kalibrasi efisiensi ini,  $Y = \ln \epsilon(E)$  dan  $X = \ln E$ .



Gambar 3.4 Kurva kalibrasi efisiensi spektrometer gamma (Susetyo, W., 1988)

Sedangkan untuk parameter a dan b ditentukan melalui persamaan (Susetyo, 1982) :

$$a = \frac{\sum xi_i \cdot yi - \frac{\sum xi \sum yi}{n}}{\sum xi_i^2 - \frac{(\sum xi)^2}{n}} \quad \dots\dots\dots 3.5$$

$$b = \frac{\sum Yi}{n} - a \frac{\sum Xi}{n} \quad \dots\dots\dots 3.6$$

Catatan : semua penjumlahan dimulai dari  $i = 1$  sampai dengan  $i = n$  tahun

### 3.8.2.4 Uji Kestabilan Spektrometer Gamma

Uji kestabilan dilakukan untuk mengetahui apakah spektrometer gamma dalam kondisi optimum atau tidak. Metode perhitungan yang digunakan secara statistik adalah metode uji *Chi-Kuadrat* ( $\chi^2$ ) yang dihitung dengan persamaan :

$$\chi^2 = \left( \frac{1}{\bar{X}} \right) \cdot \sum (X_i - \bar{X})^2 \dots\dots\dots 3.7$$

Dimana,  $X_i$  = hasil pencacahan

$\bar{X}$  = rata - rata hasil pencacahan

Dengan membandingkan  $\chi^2_{hitung}$  dengan nilai  $\chi^2_{tabel}$  pada tingkat kepercayaan dan Derajat Kebebasan (DK) tertentu pada tabel *chi-kuadrat* ( $\chi^2$ ) maka digunakan kriteria pengujian sebagai berikut :

- Jika  $\chi^2_{tabel} \geq \chi^2_{hitung} \geq \chi^2_{tabel}$  artinya alat tidak stabil
- Jika  $\chi^2_{tabel} \leq \chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$  artinya alat stabil

Dimana nilai  $\chi^2$  hitung harus terletak di antara dua nilai batas yang diperoleh dari table berdasarkan jumlah pengamatan. Jika distribusi yang teramati cocok dengan distribusi teoritis, maka dapat dikatakan bahwa alat cacah atau spektrometer tersebut dapat bekerja dengan baik ditinjau dari segi statistik.

### 3.8.3 Pencacahan Cuplikan

Cuplikan dianalisis dengan perangkat spektrometer gamma yang sudah dikalibrasi, pencacahan cuplikan dapat dilakukan pada kondisi alat yang tepat sama dengan kondisi kalibrasi., adapun prosedur untuk menganalisis cuplikan adalah sebagai berikut :

1. Cuplikan yang akan dicacah diletakkan diatas detektor Ge(Li).
2. Pada saat pencacahan cuplikan, spektrometer gamma harus sudah dikalibrasi. Setelah spektrometer gamma dihidupkan, fungsi *real time* diaktifkan pada *presets* (pada layar monitor).
3. Pada saat muncul perintah "*enter real time preset in second*", masukkan waktu pencacahan yang kita inginkan dan tekan *enter* pada *keyboard*.
4. Untuk memulai pencacahan, fungsi start diaktifkan pada menu *Acquire*. (Untuk mengetahui harga net puncak spectrum, puncak tersebut ditandai dengan mengaktifkan fungsi *mark* pada menu *ROI*. Kemudian tekan *Alt+C+A*, maka harga net akan terlihat pada monitor.

### **3.9 Metode Analisis Data**

Analisis data dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif, yang akan diuraikan pada sub bab berikut ini.

#### **3.9.1 Analisis Kualitatif**

Analisis kualitatif dilakukan untuk identifikasi jenis radionuklida apa saja yang terkandung dalam cuplikan. Tenaga sinar gamma yang dipancarkan radionuklida dalam cuplikan akan membentuk puncak spektrum gamma. Puncak - puncak dalam spektrum gamma dicatat nomor kanal/salur-nya. Maka didapatkan harga energi (E) puncak gamma yang bersesuaian. Setelah didapatkan harga energi (E), maka dengan menggunakan tabel Erdtman dan Soyka (1979) diperoleh jenis radionuklidanya.

### 3.9.2 Analisis Kuantitatif

Analisa kuantitatif menggunakan metode komparatif dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Aktivitas jenis} = \frac{\left[ \frac{(Cps_{\text{cuplikan}} - \text{Background})}{\text{Berat Cuplikan}} \right]}{\left[ \frac{(Cps_{\text{standar}} - \text{Background})}{\text{Berat Standar}} \right]} \times \text{Kadar Dalam SRM} \quad \dots\dots\dots 3.8$$

Satuan aktivitas jenis adalah Bq/kg, dan sertifikat yang digunakan adalah *Standard Reference Material 315 Radionuclides In Marine Sediment*.

### 3.9.3 Bias

Untuk menguji nilai bias dari pengukuran dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Taftazani, dkk., 1998) :

$$\% B = \frac{\Delta A}{\bar{A}} \cdot 100\% \quad \dots\dots\dots 3.9$$

Dimana, % B = persentase bias

$\bar{A}$  = aktivitas rata-rata

$\Delta A$  = standar deviasi aktivitas

Nilai bias yang baik mempunyai persentase kecil, yaitu kurang dari 30 % (Taftazani, dkk., 1998).

### 3.9.4 Presisi Data

Untuk menguji presisi (*precision*) data digunakan rumus di bawah ini (Taftazani, dkk., 1998) :



$$\% P = 100\% - \frac{\Delta A}{\bar{A}} \cdot 100\% \quad \dots\dots\dots 3.10$$

Dimana, %P = persentase presisi

$\bar{A}$  = aktivitas aktivitas rata-rata

$\Delta A$  = standar deviasi aktivitas aktivitas

Presisi yang baik mempunyai persentase besar, yaitu di atas 70% (Taftazani, dkk., 1998).

### 3.10 Faktor Distribusi

Kecenderungan suatu radionuklida untuk berasosiasi dengan sedimen dan partikel-partikel sedimen sehingga aktivitas radionuklida dalam sedimen lebih tinggi dari pada lingkungannya, dinyatakan dalam faktor distribusi menurut persamaan di bawah ini (IAEA, 1985) (SRS No.19, 2001) (TRS No.422, 2004):

$$K_{d,i} = \frac{C_{s,i}}{C_{w,i}} \quad \dots\dots\dots 3.11$$

Dimana,  $K_{d,i}$  = faktor distribusi radionuklida-i (l/kg)

$C_{s,i}$  = aktivitas aktivitas radionuklida-i dalam sedimen (Bq/kg)

$C_{w,i}$  = aktivitas aktivitas radionuklida-i dalam air (Bq/l)

### 3.11 Faktor Bioakumulasi

Kecenderungan suatu radionuklida untuk berakumulasi dengan biota dalam perairan sehingga aktivitas radionuklida dalam tubuh biota lebih tinggi daripada lingkungannya (bioakumulasi) ataupun dalam faktor bioakumulasi atau faktor bioaktivitas menurut persamaan di bawah ini (IAEA, 1985) (SRS No.19, 2001) (TRS No.422, 2004) :

$$Bp = \frac{C_{p,i}}{C_{w,i}} \dots\dots\dots 3.12$$

Dimana,  $B_p$  = faktor bioakumulasi radionuklida-i (l/kg)

$C_{p,i}$  = aktivitas aktivitas radionuklida-i dalam biota (Bq/l)

$C_{w,i}$  = aktivitas aktivitas radionuklida-i dalam air (Bq/l)

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Preparasi Cuplikan

Cuplikan yang dianalisis antara lain sedimen sungai, sedimen laut, air sungai, air laut, dan untuk biota antara lain : eceng gondok (*Eichhornia crassipes (mart) Solms*), tanaman bakau (*Rhizophora Sp.*), ikan belanak (*Moolgarda delicates*) dan ikan gelama (*Johnius (Johnieops) Borneen*).

Untuk lokasi perairan sungai, jenis biota yang dijadikan cuplikan adalah eceng gondok tetapi pada lokasi 3 (tiga) hulu Kali Mas dan lokasi 11 (sebelas) muara Kali Anak tidak ditemukannya eceng gondok sehingga tidak ada cuplikan biota untuk dapat dianalisis, sedangkan pada lokasi 7 (tujuh) muara Kali Sari, menggunakan tanaman bakau. Untuk lokasi pesisir pantai menggunakan biota ikan belanak, kecuali pada lokasi pesisir Kedung Cowek menggunakan ikan gelama.

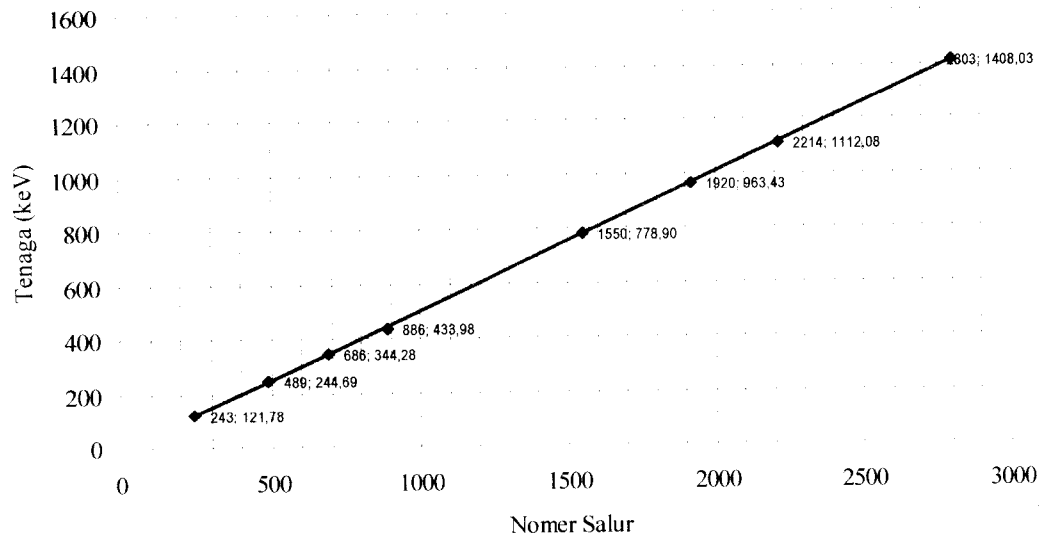
Proses preparasi cuplikan untuk pengukuran radionuklida membutuhkan teknik perlakuan khusus dengan tujuan memperkecil volume cuplikan tanpa menambah atau mengurangi aktivitas radionuklida yang terkandung dalam cuplikan. Menurut Susetyo (1988), perlakuan dalam preparasi cuplikan lingkungan tidak akan mengubah tingkat radioaktifitas cuplikan karena gejala radioaktif ditentukan oleh inti atom yang bersangkutan dan tidak dipengaruhi faktor eksternal seperti suhu, tekanan, bentuk senyawa dan sebagainya.

## 4.2 Hasil Kalibrasi Spektrometer Gamma

Spektrometer gamma sebelum digunakan untuk mencacah cuplikan dikalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi spektrometer gamma yang dilakukan ada 2 (dua) macam yaitu kalibrasi tenaga dan kalibrasi efisiensi.

### 4.2.1 Hasil Kalibrasi Tenaga Spektrometer Gamma

Kalibrasi tenaga dilakukan dengan mencacah sumber standar multi gamma  $^{152}\text{Eu}$  yang diproduksi pada 15 Juni 1979 dan memiliki waktu paruh 13,1 tahun dengan aktivitas awal sebesar  $1,975 \times 10^5$  dps (disintegrasi per second) dan aktivitas pada saat dilakukan kalibrasi tenaga pada 27 Agustus 2004 sebesar  $5,2072623 \times 10^5$  dps. Standar tersebut diletakkan diatas detektor dengan jarak detektor 0 (nol) mm dan tegangan 2.000 (dua ribu) Volt selama 300 (tiga ratus) detik, kemudian dicatat nilai nomer salur dan tenaga. Pengukuran puncak energi gamma  $^{152}\text{Eu}$  dari energi terendah sampai pada energi tertinggi yang dilakukan secara serentak dengan bantuan MCA (*Multy Channel Analyzer*). Hasil perhitungan kalibrasi tenaga spektrometer gamma dapat dilihat pada Lampiran E.1. Setelah dilakukan perhitungan dengan metode regresi linier, maka diperoleh nilai slope (a) sebesar 0,503 dan titik potong *intercept* (b) sebesar 3,038 ; sehingga diperoleh persamaan linier yaitu ;  $y = 0,503x + 3,038$  ; dengan kelinieran (r) sebesar 0,999967. Nilai kelinieran (r) yang sudah mendekati 1 (satu) maka spektrometer gamma dapat diyatakan dalam kondisi baik dan siap digunakan untuk mencacah cuplikan. Nilai Xi sebagai nomer salur dan Yi sebagai tenaga dari Tabel E.1.2 pada Lampiran E.1 diplotkan ke dalam grafik, hubungan antara Xi dan Yi akan menghasilkan sebuah garis linier seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 halaman berikut ini.

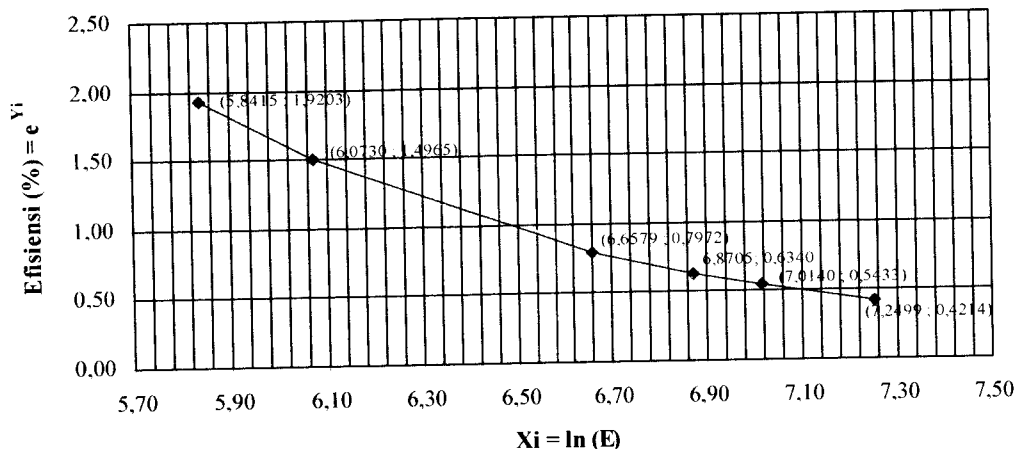


Gambar 4.1 Grafik kalibrasi tenaga spektrometer gamma dengan  $y = 0,503x - 3,038$  dan  $r = 0,999967$

#### 4.2.2 Hasil Kalibrasi Efisiensi Spektrometer Gamma

Persiapan alat spektrometer gamma untuk kalibrasi efisiensi sama kondisinya dengan kalibrasi tenaga. Hasil perhitungan kalibrasi efisiensi spektrometer gamma dapat dilihat pada Lampiran E.2 dan diperoleh nilai slope (a) sebesar -1,0769 dan titik potong *intercept* (b) sebesar 6,943 ; sehingga diperoleh persamaan linier yaitu ;  $y = -1,0769x + 6,943$  ; dengan kelinieran (r) sebesar 0,964326. Nilai kelinieran (r) yang sudah mendekati 1 (satu) maka spektrometer gamma dapat dinyatakan dalam kondisi baik dan siap digunakan untuk mencacah cuplikan. Dari persamaan regresi linier  $y = -1,0769x + 6,943$  disubstitusikan nilai  $x = X_i$  sebagai  $\ln$  tenaga (E) dan  $y = Y_i$  sebagai  $\ln [\epsilon(E)]$  dari Tabel E.2.2 pada Lampiran E.2 diplotkan ke dalam grafik, hubungan antara  $X_i$  dan  $Y_i$  akan menghasilkan sebuah garis linier seperti yang terlihat pada Gambar 4.2 halaman berikut ini.

Grafik Kalibrasi Efisiensi Spektrometer Gamma  
Sumber Standar <sup>152</sup>Eu



Gambar 4.2 Grafik kalibrasi efisiensi spektrometer gamma dengan  $y = -1,0769x + 6,943$  dan  $r = 0,964326$

### 4.3 Hasil Uji Kestabilan Spektrometer Gamma

Uji kestabilan menggunakan sumber standar <sup>137</sup>Cs yang dicacah selama 100 (seratus) detik dengan waktu pengulangan sebanyak 10 (sepuluh) kali. Adapun hasil pencacahan untuk uji kestabilan disajikan pada Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.1 Hasil pencacahan uji kestabilan spektrometer gamma

No	Netto (Xi)	(Xi - $\bar{X}$ )	$\sum(Xi - \bar{X})^2$
1	3.727	-93	8.649
2	3.993	173	29.929
3	3.786	-34	1.156
4	3.807	-13	169
5	3.778	-42	1.764
6	3.808	-12	144
7	3.874	54	2.916
8	3.769	-51	2.601
9	3.836	16	256
10	3.822	2	4
n = 10	$\sum Xi = 38.200$		$\sum(Xi - \bar{X})^2 = 47.588$
	$\bar{X} = 3.820$		

Sumber : Data primer, 2004.

Penjelasan cara perhitungan dapat dilihat Lampiran E.3, dan diperoleh nilai *chi-kuadrat*<sub>hitung</sub> ( $\chi^2_{hitung}$ ) sebesar 12,46. Dengan membandingkan nilai  $\chi^2_{hitung}$  dengan nilai  $\chi^2_{tabel}$  untuk  $\alpha = 0,05$  dan Derajat Kebebasan (DK) = 9, maka nilai

$\chi^2_{\text{tabel}}$  dicari pada tabel *chi-kuadrat* ( $\chi^2$ ) dan diperoleh  $\chi^2_{\text{tabel}} = \geq 3,841$  dan  $\leq 16,919$  dengan kriteria pengujian sebagai berikut :

- Jika  $\chi^2_{\text{tabel}} \geq \chi^2_{\text{hitung}} \geq \chi^2_{\text{tabel}}$  artinya alat tidak stabil
- Jika  $\chi^2_{\text{tabel}} \leq \chi^2_{\text{hitung}} \leq \chi^2_{\text{tabel}}$  artinya alat stabil

Dari hasil perhitungan nilai *chi-kuadrat*<sub>hitung</sub> ( $\chi^2_{\text{hitung}}$ ) = 12,46 dan hasil pengujian ternyata  $\chi^2_{\text{tabel}} \leq \chi^2_{\text{hitung}} \leq \chi^2_{\text{tabel}} = 3,841 \leq 12,458 \leq 16,919$  yang berarti alat stabil karena nilai *chi-kuadrat* ( $\chi^2$ ) memenuhi range antara 3,841 - 16,919.

#### 4.4 Analisis Radionuklida Berdasarkan Aktivitas Gamma Dalam Cuplikan

##### 4.4.1 Analisis Kualitatif

Analisis kualitatif dilakukan pada kondisi alat spektrometer gamma tepat dengan kondisi kalibrasi. Tujuan dari analisis kualitatif adalah untuk mengetahui jenis radionuklida yang terdapat dalam cuplikan sedimen, biota dan air dengan mencatat nilai spektrum puncak - puncak tenaga gamma yang muncul pada layar monitor MCA (*Multy Channel Analyzer*). Jenis radionuklida diketahui setelah mencocokkan nilai tenaga yang muncul pada tabel Erdtmann dan Soyka (1979). Hasil analisis kualitatif (lihat Lampiran E.4) pada semua cuplikan (sedimen, biota dan air) memberikan data sebagaimana yang disajikan pada Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil analisis kualitatif

No	Tenaga (E) (keV)	Radio nuklida	Waktu Paruh ( $T_{1/2}$ )	Yield Y(E) (%)	Sumber Deret Radioaktif	Sedimen	Biota	Air
1	47,390	Pb-210	22,3 tahun	4,00	U-238	•	•	•
2	75,537	Pb-214	26,8 menit	6,33	Th-232	•	•	•
3	186,620	Ra-226	1.600 tahun	3,28	U-238	•	•	•
4	238,895	Pb-212	10,64 jam	43,10	Th-232	•	•	•
5	295,693	Pb-214	26,8 menit	19,20	U-238	•	•	•
6	351,988	Pb-214	26,8 menit	37,10	U-238	•	•	•
7	583,704	Tl-208	3,053 menit	86,00	Th-232	•	•	•
8	609,841	Bi-214	19,9 menit	46,09	U-238	•	•	•
9	910,921	Ac-228	21,8 tahun	29,00	Th-232	•	•	•
10	1460,304	K-40	$1,227 \times 10^9$ tahun	10,67	Alam	•	•	•

Sumber : Data primer, 2004.



## Keterangan :

- Tenaga (E) diperoleh dari hasil pencacahan cuplikan yang menunjukkan spektrum puncak.
- Unsur diketahui setelah mencocokkan tenaga (E) yang muncul pada tabel Erdtmann dan Soyka, 1979.
- Nilai Waktu Paruh ( $T_{1/2}$ ) dan Yield dari tabel Erdtmann dan Soyka, 1979.
- Sumber deret radioaktif dari skema peluruhan deret radioaktif Besser dan The Houw Liong, 1987.
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium
- ● = terdeteksi

Dari hasil analisis kualitatif di atas dapat diketahui bahwa pada setiap cuplikan (sedimen, biota dan air) ditemukan 8 (delapan) jenis radionuklida yang teridentifikasi dari 10 (sepuluh) puncak tenaga  $\gamma$  (gamma) yang terdeteksi antara lain :  $^{210}\text{Pb}$  ;  $^{212}\text{Pb}$  ;  $^{214}\text{Pb}$  ;  $^{226}\text{Ra}$  ;  $^{208}\text{Tl}$  ;  $^{214}\text{Bi}$  ;  $^{228}\text{Ac}$  ;  $^{40}\text{K}$ . Ke-8 (delapan) radionuklida tersebut merupakan sumber deret radioaktif alam bukan merupakan jenis radionuklida buatan (hasil aktivasi) atau hasil fisi.

Dari ke-8 (delapan) radionuklida yang teridentifikasi pada semua cuplikan terdapat 3 (tiga) radionuklida yang merupakan deret peluruhan dari  $^{238}\text{U}$  diantaranya adalah  $^{210}\text{Pb}$  (47,390 keV) ;  $^{226}\text{Ra}$  (186,620 keV) ;  $^{214}\text{Bi}$  (609,841 keV). Sedangkan 4 (empat) radionuklida lainnya yaitu  $^{214}\text{Pb}$  (75,537 keV) ;  $^{212}\text{Pb}$  (238,895 keV) ;  $^{208}\text{Tl}$  (583,704 keV) ;  $^{228}\text{Ac}$  (910,921 keV), merupakan deret peluruhan  $^{232}\text{Th}$ . Dan untuk 1 (satu) radionuklida yang berasal dari alam yaitu  $^{40}\text{K}$  (1.460,304 keV).

Menurut Odhum (1993), radionuklida dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu kelompok radionuklida yang ada secara alami, kelompok kedua adalah radionuklida yang dari unsur penting untuk metabolisme dan penting sebagai perunut, dan yang ketiga adalah kelompok radionuklida yang diproduksi oleh hasil aktivasi uranium dan unsur - unsur berat lainnya.



Kelompok radionuklida yang ada secara alami akan membentuk nuklida yang menyumbang radiasi latar alam dengan memiliki waktu paruh ( $T_{1/2}$ ) yang sangat panjang. Kelompok radionuklida ini tidak membahayakan sistem kehidupan makhluk hidup apabila berada di lingkungan dalam aktivitas yang kecil, dan akan membahayakan sistem kehidupan jika aktivitasnya sangat besar berada di lingkungan.

Radionuklida yang berasal dari unsur - unsur penting sangat bermanfaat untuk keperluan manusia diantaranya sebagai perunut. Sedangkan radionuklida yang diperoleh dari hasil aktivasi merupakan radionuklida yang sangat berbahaya karena memancarkan tenaga radiasi yang besar dan sifatnya sebagai pengion. Radionuklida hasil aktivasi dapat berasal dari uji coba senjata nuklir maupun Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN).

Berdasarkan hasil analisa secara kualitatif untuk perairan sungai dan pesisir pantai Kota Surabaya tidak ditemukan radionuklida yang membahayakan sistem kehidupan, dalam hal ini radionuklida yang berada di lingkungan perairan adalah radionuklida alami.

#### **4.4.2 Analisis Kuantitatif**

Analisis kuantitatif dilakukan untuk mengetahui aktivitas radionuklida pada masing - masing cuplikan dengan mencacah cuplikan sebanyak 3 (tiga) kali pengulangan (*triple*) yang kemudian dicari nilai rerata (rata - rata) dan deviasi (simpangan baku). Setelah diketahui nilai rerata dan deviasi dihitung pula nilai bias dan presisi dengan tujuan mengetahui baik tidaknya kualitas hasil pengukuran. Untuk perhitungan aktivitas radionuklida menggunakan metode perhitungan komparatif, hasil perhitungan aktivitas cuplikan dikalikan dengan

kadar yang tercantum dalam *Standard Reference Material (SRM)* sesuai dengan jenis radionuklidanya. *SRM* yang digunakan adalah *SRM IAEA-315 Radionuclide In Marine Sediment* yang dapat dilihat pada Lampiran A.2. Penjelasan mengenai perhitungan aktivitas jenis, rerata, deviasi, bias dan presisi pada masing - masing cuplikan (sedimen, biota dan air) dapat dilihat pada Lampiran E.5.

Hasil analisa kuantitatif cuplikan sedimen menunjukkan ada 8 (delapan) jenis radionuklida yang teridentifikasi dari 10 (sepuluh) puncak tenaga gamma, demikian juga yang teridentifikasi dalam cuplikan biota dan air. Radionuklida tersebut antara lain :  $^{210}\text{Pb}$  (47,390 keV) ;  $^{214}\text{Pb}$  (75,537 keV) ;  $^{226}\text{Ra}$  (186,620 keV) ;  $^{212}\text{Pb}$  (238,895 keV) ;  $^{214}\text{Pb}$  (295,693 keV) ;  $^{214}\text{Pb}$  (351,988 keV) ;  $^{208}\text{Tl}$  (583,704 keV) ;  $^{214}\text{Bi}$  (609,841 keV) ;  $^{228}\text{Ac}$  (910,921 keV) ;  $^{40}\text{K}$  (1.460,304 keV), pada setiap lokasi pengambilan cuplikan. Radionuklida  $^{214}\text{Pb}$  yang teridentifikasi menunjukkan 3 (tiga) puncak tenaga gamma yang berbeda.

#### 4.4.2.1 Bias

Nilai bias merupakan nilai simpangan dari rata - rata suatu hasil pengukuran yang dapat dihitung dengan persamaan 3.9. Hasil dari perhitungan nilai bias pada pengukuran masing - masing cuplikan (sedimen, biota dan air) dapat dilihat pada Lampiran E.5. Nilai bias suatu hasil pengukuran dapat dikatakan baik apabila kurang dari 30 %.

Dalam penelitian ini nilai bias sedimen sungai, muara dan laut berkisar antara 0,69 % - 26,56 %. Untuk nilai bias hasil pengukuran cuplikan biota berkisar antara 2,17 % - 87,08 %, sedangkan nilai bias hasil pengukuran untuk cuplikan air yang didapat dari hasil pengukuran berkisar antara 0,54 % - 71,97 %. Nilai bias yang cukup baik hanya terdapat pada hasil pengukuran cuplikan

sedimen dengan nilai kurang dari 30 %. Sedangkan nilai bias untuk hasil pengukuran cuplikan biota dan air dapat dikatakan kurang baik karena ada beberapa nilai bias yang melebihi 30 %.

#### 4.4.2.2 Presisi

Evaluasi hasil analisis kuantitatif dapat ditentukan dengan besarnya nilai presisi (*precision*) yang memiliki rentang nilai antara 0 % - 100 %. Nilai presisi dihitung dengan persamaan 3.10. Nilai presisi akan semakin baik apabila memiliki rentang nilai 70 % - 100 %. Jika nilai presisi kurang dari 70 % maka dapat dinyatakan hasil pengukuran kurang baik. Nilai presisi hasil analisis dapat diketahui melalui hasil pengukuran yang dilakukan secara berulang - ulang.

Hasil analisis kuantitatif didapatkan nilai presisi aktivitas radionuklida dalam sedimen, biota dan air di perairan Surabaya, seperti yang tercantum pada Lampiran E. Dalam penelitian ini nilai presisi sedimen sungai dan laut berkisar 99,03 % - 99,99 %. Untuk nilai presisi dalam biota berkisar antara 99,11 % - 99,99 %, sedangkan presisi dalam air sungai dan air laut yang didapat dalam pengukuran berkisar antara 99,35 % - 99,99 %. Nilai presisi dari semua pengukuran cuplikan cukup baik dengan rentang nilai yang tidak terlalu besar.

Pada sub-bab berikut ini disajikan hasil aktivitas radionuklida yang teridentifikasi pada masing - masing cuplikan untuk setiap lokasi pengambilan cuplikan dalam bentuk grafik.

#### 4.5 Radionuklida Dalam Cuplikan Sedimen

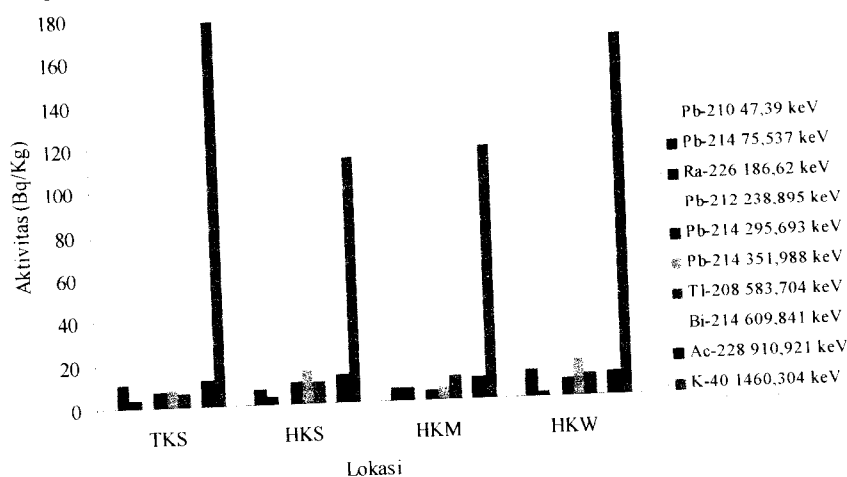
Hasil perhitungan aktivitas radionuklida (lihat Lampiran E.5 bagian A) yang teridentifikasi dalam cuplikan sedimen pada setiap lokasi pengambilan cuplikan di perairan Kota Surabaya. Radionuklida yang teridentifikasi adalah

radionuklida alam dan yang dinilai berbahaya adalah radionuklida yang memiliki waktu paruh ( $T_{1/2}$ ) paling lama. Dari hasil identifikasi radionuklida dalam cuplikan sedimen ditemukan 3 (tiga) jenis radionuklida yang berbahaya yaitu  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  dan  $^{228}\text{Ac}$ .

#### 4.5.1 Radionuklida Dalam Cuplikan Sedimen Perairan Sungai

##### Kota Surabaya

Aktivitas radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan sedimen perairan sungai dapat digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan sedimen pada perairan sungai Kota Surabaya

Keterangan :

TKS = Tengah Kali Surabaya

HKS = Hilir Kali Surabaya

HKM = Hulu Kali Mas

HKW = Hulu Kali Wonokromo

Dari Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa aktivitas radionuklida yang umumnya tinggi adalah  $^{40}\text{K}$  sedangkan radionuklida yang teridentifikasi lainnya memiliki aktivitas rendah. Aktivitas tertinggi  $^{210}\text{Pb}$  dalam cuplikan sedimen sungai terdapat pada daerah hilir Kali Surabaya sebesar  $20,6965 \pm 1,3367$  Bq/Kg, sedangkan aktivitas cuplikan sedimen sungai pada daerah tengah Kali Surabaya sebesar  $17,3572 \pm 0,6520$  Bq/Kg. Kondisi tersebut menunjukkan terjadi

peningkatan yang tidak terlalu signifikan dari daerah tengah ke daerah hilir. Aktivitas  $^{210}\text{Pb}$  pada hulu Kali Mas lebih kecil dibandingkan dengan daerah hilir Kali Surabaya yaitu sebesar  $12,75976 \pm 1,53484$  Bq/Kg. Untuk daerah hulu kali Wonokromo, aktivitas  $^{210}\text{Pb}$  adalah yang terkecil dibanding daerah perairan sungai lainnya yaitu sebesar  $8,30789 \pm 0,68767$  Bq/Kg. Pada daerah hulu Kali Wonokromo terdapat Dam Jagir yang berfungsi untuk mengatur debit aliran air sungai yang memasuki Kali Wonokromo. Keberadaan Dam tersebut dapat menyebabkan kecepatan aliran air akan menjadi lambat, sehingga partikel padat terlarut yang mengandung  $^{210}\text{Pb}$  akan mengendap ke dasar perairan pada daerah hilir Kali Surabaya dan terjadi akumulasi sedimen yang cukup besar.

$^{210}\text{Pb}$  merupakan anak luruh dari  $^{238}\text{U}$  yang memiliki waktu paruh ( $T_{1/2}$ ) sebesar 22,3 tahun dan dapat dikategorikan sebagai radionuklida alam. Karena termasuk kelompok radionuklida alam maka sumbernya pun dari alam yang sudah pasti ditemukan dalam tanah, air dan udara maupun sedimen perairan. Sedimen yang terjadi pada perairan sungai Kota Surabaya dapat berasal dari erosi tebing sungai ataupun dasar sungai dan batu - batuan vulkanik, dapat pula berasal dari lahan kosong pada bantaran sungai yang dapat terkikis oleh air permukaan saat terjadi hujan yang akhirnya masuk ke sungai.

Dari Gambar 4.3 aktivitas tertinggi  $^{226}\text{Ra}$  dalam cuplikan sedimen sungai terdapat pada daerah hulu Kali Mas sebesar  $5,884414 \pm 0,61828$  Bq/Kg, sedangkan aktivitas radionuklida dalam cuplikan sedimen sungai pada daerah tengah Kali Surabaya dan daerah Hilir Kali Surabaya hampir sama yaitu sebesar  $3,43935 \pm 0,20567$  Bq/Kg dan  $3,48617 \pm 0,54801$  Bq/Kg. Aktivitas terkecil terdapat pada daerah hulu Kali Wonokromo sebesar  $1,90511 \pm 0,50607$  Bq/Kg.

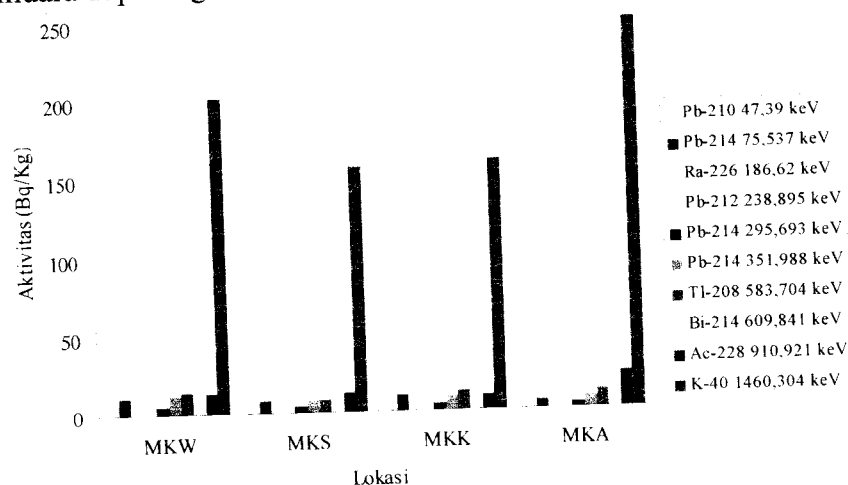
Pola sebaran radionuklida  $^{226}\text{Ra}$  dari daerah tengah Kali Surabaya sampai daerah hulu Kali Mas dan hulu Kali Wonokromo cenderung mengalami penurunan.  $^{226}\text{Ra}$  merupakan anak luruh dari unsur induk  $^{238}\text{U}$  yang memiliki waktu paruh ( $T_{1/2}$ ) sebesar 1.600 tahun yang merupakan termasuk sebagai radionuklida alam.

Aktivitas radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  yang tertinggi terdapat pada daerah hilir Kali Surabaya yaitu sebesar  $12,48998 \pm 0,94533$  Bq/Kg yang sedikit lebih tinggi dibanding daerah tengah Kali Surabaya sebesar  $11,45531 \pm 0,81833$  Bq/Kg. Aktivitas radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  terendah terdapat pada hulu Kali Mas yaitu sebesar  $9,25110 \pm 0,85935$  Bq/Kg sedangkan pada daerah hulu Kali Wonokromo sebesar  $10,45964 \pm 0,87992$  Bq/Kg.

#### 4.5.2 Radionuklida Dalam Cuplikan Sedimen Perairan Muara

##### Kota Surabaya

Aktivitas radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan sedimen perairan muara dapat digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan sedimen pada perairan muara Kota Surabaya

Keterangan :

- MKW = Muara Kali Wonokromo
- MKS = Muara Kali Sari
- MKK = Muara Kali Kedinding
- MKA = Muara Kali Anak

Pada daerah perairan muara, aktivitas  $^{210}\text{Pb}$  paling tinggi terdapat pada Muara Kali Kedinding sebesar  $17,35222 \pm 0,54530$  Bq/Kg yang tidak jauh berbeda dengan Muara Kali Anak sebesar  $16,05004 \pm 0,87604$  Bq/Kg. Aktivitas  $^{210}\text{Pb}$  pada Muara Kali Sari sebesar  $9,69157 \pm 0,27381$  Bq/L sedangkan pada Muara Kali Wonokromo aktivitas  $^{210}\text{Pb}$  paling kecil dibanding daerah lainnya yaitu  $6,76737 \pm 0,31682$  Bq/Kg. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa pola sebaran radionuklida  $^{210}\text{Pb}$  lebih mengarah ke pesisir pantai utara Kota Surabaya.

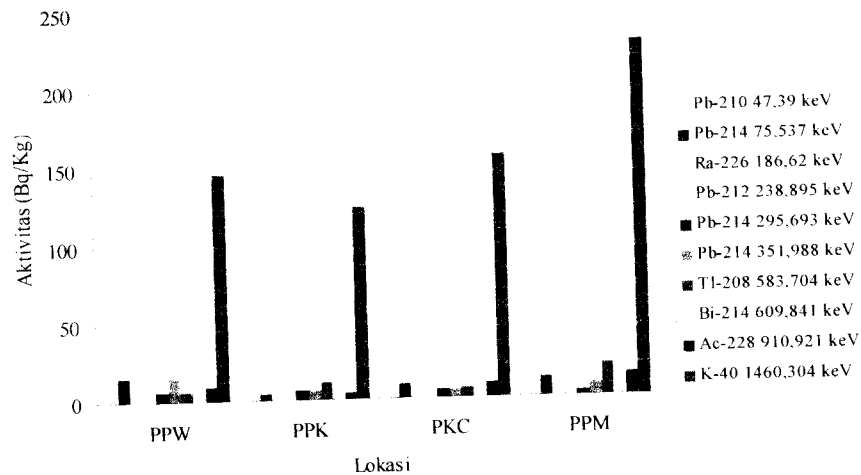
Pada daerah perairan muara, aktivitas  $^{226}\text{Ra}$  mulai dari yang tertinggi sampai yang terendah adalah muara Kali Anak sebesar  $5,01599 \pm 0,15141$  Bq/Kg, muara Kali Wonokromo sebesar  $4,68629 \pm 0,33305$  Bq/Kg, muara Kali Sari sebesar  $3,18850 \pm 0,26935$  Bq/Kg dan muara Kali Kedinding sebesar  $2,89987 \pm 0,26565$  Bq/Kg. Pola sebaran yang terjadi lebih mengarah ke muara Kali Wonokromo dan muara Kali Morokrengan. Hal tersebut terjadi dipengaruhi oleh masukan dari sedimen sungai pada daerah hulunya yang terbawa sampai ke muara - muara sungai ataupun mendapat masukan sedimen dari perairan pesisir yang terbawa oleh air laut pada saat terjadinya proses pasang surut.

Untuk radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  memiliki aktivitas yang tidak merata di setiap lokasi perairan muara. Jika dibandingkan dengan sedimen perairan sungai, aktivitas radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  cenderung lebih besar dari pada sedimen perairan muara. Aktivitas tertinggi terdapat pada daerah muara Kali Anak yaitu sebesar  $22,81721 \pm 1,03782$  Bq/Kg. Aktivitas radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  terkecil terdapat pada muara Kali Kedinding yaitu sebesar  $9,30610 \pm 2,20215$  Bq/Kg. Aktivitas radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  muara kali Wonokromo dan muara Kali Sari tidak jauh berbeda yaitu sebesar  $13,53143 \pm 0,65390$  Bq/Kg dan  $12,21640 \pm 0,67587$  Bq/Kg.

### 4.5.3 Radionuklida Dalam Cuplikan Sedimen Perairan Pesisir

#### Kota Surabaya

Aktivitas radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan sedimen perairan pesisir dapat digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan sedimen pada perairan pesisir Kota Surabaya

Keterangan :

- PPW = Pesisir Pantai Wonokromo
- PPK = Pesisir Pantai Kenjeran
- PKC = Pesisir Kedung Cowek
- PPM = Pesisir Pantai Morokrembangan

Dari Gambar 4.5 dapat diketahui pola sebaran aktivitas radionuklida  $^{210}\text{Pb}$  paling besar terdapat pada daerah pesisir pantai Wonokromo dengan aktivitas  $^{210}\text{Pb}$  sebesar  $17,37620 \pm 0,96761$  Bq/Kg yang kemudian cenderung menurun ke arah pesisir pantai Kenjeran dimana aktivitas  $^{210}\text{Pb}$  sebesar  $12,04475 \pm 1,85490$  Bq/Kg. Aktivitas terkecil ditemukan pada lokasi pesisir pantai Kedung Cowek sebesar  $7,52265 \pm 0,09422$  Bq/Kg yang hampir sama pada pesisir pantai Morokrembangan yang sebesar  $8,84367 \pm 1,38402$  Bq/Kg. Pola sebaran yang terjadi lebih mengarah ke pesisir pantai timur Kota Surabaya ditunjukkan dengan aktivitas radionuklida  $^{210}\text{Pb}$  lebih besar pada daerah pesisir pantai timur Kota Surabaya.



Pada daerah pesisir pantai, aktivitas  $^{226}\text{Ra}$  yang paling besar terdapat pada daerah pesisir Kedung Cowek yaitu sebesar  $5,26468 \pm 0,15533$  Bq/Kg. Pada daerah pesisir pantai Wonokromo, aktivitas radionuklida  $^{226}\text{Ra}$  adalah  $3,02987 \pm 0,45031$  Bq/Kg yang sedikit lebih besar dari daerah pesisir pantai Kenjeran sebesar  $2,11047 \pm 0,29912$  Bq/Kg dan aktivitas radionuklida  $^{226}\text{Ra}$  pada pesisir pantai Morokrengan sebesar  $2,89761 \pm 0,33967$  Bq/Kg. Pola sebaran radionuklida  $^{226}\text{Ra}$  lebih cenderung ke daerah pesisir pantai timur Kota Surabaya.

Untuk radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  memiliki aktivitas yang tidak merata di setiap lokasi. Aktivitas radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  yang tertinggi terdapat pada daerah pesisir pantai Morokrengan yaitu sebesar  $14,14971 \pm 2,19226$  Bq/Kg dan di daerah pesisir Kenjeran aktivitas radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  adalah yang terkecil yaitu sebesar  $4,5491 \pm 1,00799$  Bq/Kg. Aktivitas pada lokasi pesisir pantai Wonokromo sebesar  $8,98697 \pm 0,55091$  Bq/Kg yang hampir sama dengan lokasi pesisir pantai Kedung Cowek yaitu sebesar  $9,11308 \pm 1,70703$  Bq/Kg. Pola sebaran yang terjadi lebih mengarah ke pesisir pantai utara dan cenderung menurun ke daerah pesisir pantai timur Kota Surabaya.

#### **4.6 Radionuklida Dalam Cuplikan Biota**

Hasil perhitungan aktivitas radionuklida (lihat Lampiran E.5 bagian B) yang teridentifikasi dalam cuplikan biota pada setiap lokasi pengambilan cuplikan di perairan Kota Surabaya.

Hasil analisa kuantitatif cuplikan biota (eceng gondok, bakau, ikan belanak dan ikan gelama) sama dengan sedimen sungai yang menunjukkan ada 8 (delapan) jenis radionuklida yang teridentifikasi dari 10 (sepuluh) puncak tenaga gamma yang terdeteksi pada setiap lokasi pengambilan cuplikan. Radionuklida yang

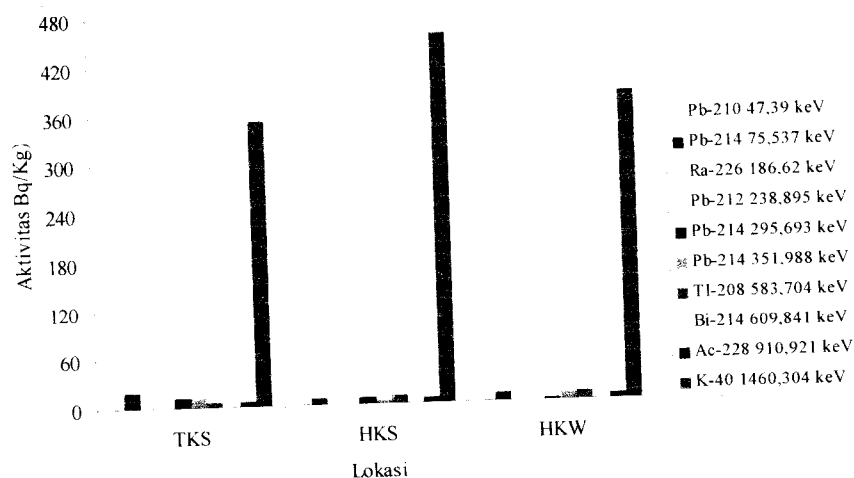
teridentifikasi juga merupakan radionuklida alam dan yang dinilai cukup berbahaya adalah radionuklida yang memiliki waktu paruh ( $T_{1/2}$ ) paling lama. Dari hasil identifikasi radionuklida dalam cuplikan biota ditemukan juga 3 (tiga) jenis radionuklida yang berbahaya, sama seperti pada cuplikan sedimen perairan.

#### 4.6.1 Radionuklida Dalam Cuplikan Biota Perairan Sungai

##### Kota Surabaya

Cuplikan biota pada perairan sungai adalah eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) yang hanya terdapat pada 3 (tiga) lokasi yaitu tengah Kali Surabaya, hilir Kali Surabaya dan hulu Kali Wonokromo. Aktivitas radionuklida yang teridentifikasi digambarkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada

Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan biota pada perairan sungai Kota Surabaya

Keterangan :

TKS = Tengah Kali Surabaya

HKS = Hilir Kali Surabaya

HKW = Hulu Kali Wonokromo

Dari Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa aktivitas radionuklida  $^{40}\text{K}$  umumnya tinggi disetiap lokasi dibanding radionuklida yang teridentifikasi lainnya. Aktivitas tertinggi  $^{210}\text{Pb}$  dalam cuplikan biota perairan sungai terdapat pada daerah tengah Kali Surabaya sebesar  $14,8152 \pm 5,0270$  Bq/Kg, sedangkan

aktivitas radionuklida dalam cuplikan biota perairan sungai pada daerah hilir Kali Surabaya sebesar  $22,4335 \pm 0,4874$  Bq/Kg. Kondisi tersebut menunjukkan terjadi peningkatan yang cukup besar aktivitas radionuklida yang terkandung dalam cuplikan biota dari daerah tengah ke daerah hilir. Untuk daerah hulu kali Wonokromo, aktivitas radionuklida  $^{210}\text{Pb}$  dalam cuplikan biota adalah yang terkecil dibanding cuplikan biota lainnya yaitu sebesar  $9,8401 \pm 3,5289$  Bq/Kg. Pola sebaran yang terjadi sangat fluktuatif dengan perbedaan aktivitas yang cukup besar.

Aktivitas radionuklida  $^{226}\text{Ra}$  yang tertinggi dalam cuplikan biota seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.6, terdapat pada lokasi tengah Kali Surabaya yaitu sebesar  $5,2418 \pm 1,2116$  Bq/Kg dan di daerah hilir Kali Surabaya aktivitas radionuklida  $^{226}\text{Ra}$  sedikit lebih kecil yaitu  $2,7722 \pm 1,7579$  Bq/Kg. Aktivitas yang terkecil dalam cuplikan biota terdapat pada lokasi hulu Kali Wonokromo sebesar  $0,3454 \pm 0,3541$  Bq/Kg. Pola sebaran yang terjadi cenderung mengalami penurunan dari daerah tengah Kali Surabaya sampai ke daerah hulu Kali Wonokromo.

Untuk radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  memiliki aktivitas yang hampir sama di setiap lokasi. Aktivitas radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  yang tertinggi terdapat pada daerah hilir Kali Surabaya yaitu sebesar  $6,5321 \pm 1,7257$  Bq/Kg dan di daerah tengah Kali Surabaya aktivitas radionuklida  $^{226}\text{Ra}$  sedikit lebih kecil yaitu sebesar  $6,3086 \pm 2,3506$  Bq/Kg. Aktivitas yang terkecil terdapat pada lokasi hulu Kali Wonokromo sebesar  $5,6584 \pm 1,0318$  Bq/Kg. Pola sebaran yang terjadi hampir sama dengan pola sebaran radionuklida  $^{210}\text{Pb}$  yang cenderung fluktuatif dari daerah tengah Kali Surabaya sampai ke daerah hulu Kali Wonokromo.

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) merupakan tumbuhan pengganggu (gulma) perairan yang sulit diberantas, karena pertumbuhannya yang sangat pesat termasuk jenis tumbuhan menahun, mengapung bebas bila air cukup dalam, tetapi berakar di dasar bila airnya dangkal. Eceng gondok yang hidup pada daerah air yang dangkal dapat terpengaruh paparan radionuklida yang terkandung dalam sedimen perairan akan tetapi bila eceng gondok hidup pada daerah air yang cukup dalam hanya terpengaruh paparan radionuklida yang terlarut dalam air.

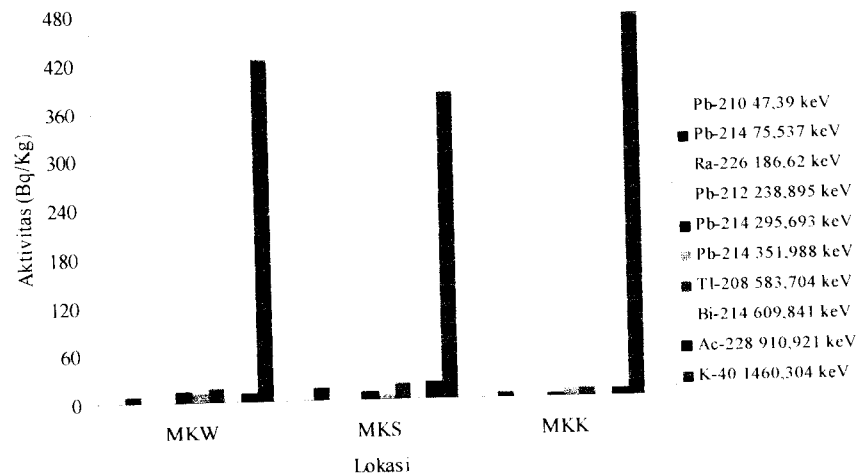
Tumbuhan ini juga mampu menyesuaikan diri terhadap lingkungan tempat tumbuhnya, serta dapat memanfaatkan air yang tinggi. Pertumbuhan yang pesat berarti mempunyai daya serap yang besar untuk menyerap berbagai unsur dalam air, baik unsur yang merupakan bahan makanan untuk pertumbuhan (unsur hara) maupun unsur lain yang merupakan bahan pencemar air.

Walaupun eceng gondok mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan diri terhadap lingkungan di mana tumbuhan itu hidup, pertumbuhannya juga dipengaruhi oleh lingkungan tempat tinggalnya seperti; cahaya, suhu, keasaman (pH), kedalaman, kandungan unsur hara, ketenangan air dan salinitas air. Eceng gondok dapat tumbuh baik di lingkungan yang tenang, dangkal serta tidak asin dan tumbuh baik pada pH 4 - 8.

#### **4.6.2 Radionuklida Dalam Cuplikan Biota Perairan Muara**

##### **Kota Surabaya**

Pada muara Kali Anak tidak ditemukan cuplikan eceng gondok ataupun bakau yang hidup di lingkungan perairan tersebut. Aktivitas radionuklida yang teridentifikasi digambarkan dalam bentuk grafik yang disajikan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan biota pada perairan muara Kota Surabaya

Keterangan :

MKW = Muara Kali Wonokromo

MKS = Muara Kali Sari

MKK = Muara Kali Kedinding

Dapat diketahui bahwa dari Gambar 4.7 untuk semua lokasi perairan muara dengan cuplikan biota yang berbeda, aktivitas  $^{40}\text{K}$  yang paling tinggi terdapat dalam cuplikan bakau pada lokasi muara Kali Sari. Beberapa aktivitas radionuklida pada bakau yang umumnya rendah bila dibandingkan dengan eceng gondok.. Radionuklida tersebut antara lain  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{208}\text{Tl}$  dan  $^{228}\text{Ac}$ . Hal tersebut dipengaruhi oleh lingkungan tempat hidup eceng gondok yang lebih dominan berada pada air tawar dibandingkan dengan bakau yang hidup dominan pada air payau (lingkungan perairan transisi antara air tawar dan air laut) dan karakteristik eceng gondok yang mempunyai kemampuan daya serap air lebih besar dibandingkan bakau sehingga eceng gondok lebih mudah menyerap radionuklida yang terlarut dalam air.

Aktivitas radionuklida  $^{226}\text{Ra}$  yang tertinggi terdapat pada lokasi tengah Kali Surabaya yaitu sebesar  $5,2418 \pm 1,2116$  Bq/Kg dan didaerah hilir Kali Surabaya aktivitas radionuklida  $^{226}\text{Ra}$  adalah  $2,7722 \pm 1,7579$  Bq/Kg. Aktivitas

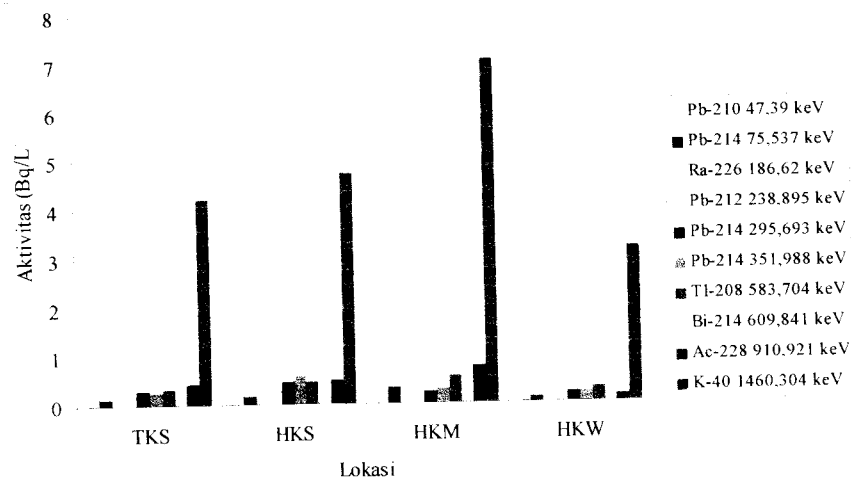
terkecil terdapat pada hulu Kali Wonokromo sebesar  $0,3454 \pm 0,3541$  Bq/Kg. Pola sebaran yang terjadi cenderung mengalami penurunan dari daerah tengah Kali Surabaya sampai ke daerah hulu Kali Wonokromo.

Untuk radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  memiliki aktivitas yang hampir sama di setiap lokasi. Aktivitas tertinggi pada daerah hilir Kali Surabaya yaitu sebesar  $6,5321 \pm 1,7257$  Bq/Kg dan daerah tengah Kali Surabaya sedikit lebih kecil yaitu sebesar  $6,3086 \pm 2,3506$  Bq/Kg. Aktivitas terkecil pada lokasi hulu Kali Wonokromo sebesar  $5,6584 \pm 1,0318$  Bq/Kg. Pola sebaran hampir sama dengan pola sebaran radionuklida  $^{210}\text{Pb}$  yang cenderung fluktuatif dari daerah tengah Kali Surabaya sampai ke daerah hulu Kali Wonokromo.

#### 4.6.3 Radionuklida Dalam Cuplikan Biota Perairan Pesisir

##### Kota Surabaya

Aktivitas radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan biota pada perairan pesisir dapat digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan biota pada perairan pesisir Kota Surabaya

Keterangan :  
 PPW = Pesisir Pantai Wonokromo  
 PPK = Pesisir Pantai Kenjeran  
 PKC = Pesisir Kedung Cowek  
 PPM = Pesisir Pantai Morokrembangan

Pada Gambar 4.8, dapat diketahui bahwa dari semua lokasi perairan pesisir dengan cuplikan biota yang berbeda, aktivitas  $^{40}\text{K}$  yang paling tinggi terdapat dalam cuplikan ikan belanak pada lokasi pesisir Kedung Cowek dan yang terendah pada lokasi pesisir pantai Kenjeran. Dapat diketahui juga, ada beberapa aktivitas radionuklida pada ikan gelama yang umumnya rendah bila dibandingkan dengan ikan belanak. Radionuklida tersebut antara lain  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{208}\text{Tl}$  dan  $^{228}\text{Ac}$ , akan tetapi ada salah satu aktivitas radionuklida yang tertinggi pada cuplikan ikan gelama yaitu  $^{226}\text{Ra}$ . Aktivitas radionuklida  $^{226}\text{Ra}$  yang tertinggi terdapat pada lokasi pesisir Kedung Cowek dalam cuplikan ikan gelama yaitu sebesar  $4,7205 \pm 0,6614$  Bq/Kg dan dalam cuplikan ikan belanak pada daerah lainnya cenderung hampir sama dengan selisih aktivitas yang tidak terlalu besar.

Untuk radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  memiliki aktivitas yang hampir sama pada lokasi pesisir pantai Kenjeran dan pesisir pantai Morokrembangan. Aktivitas radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  yang tertinggi terdapat pada daerah pesisir pantai Wonokromo yaitu sebesar  $9,9217 \pm 3,3891$  Bq/Kg dan di daerah tengah Kali Surabaya aktivitas radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  adalah yang terkecil yaitu sebesar  $3,8835 \pm 0,8614$  Bq/Kg.

Walaupun aktivitas radionuklida yang umumnya tinggi pada ikan, akan tetapi ikan memiliki sistem *homeostasis* dalam mengatasi suatu lingkungan abiotik yang fluktuatif, sehingga ikan-ikan yang hidup di lingkungan perairan pesisir pantai utara dan pantai timur Kota Surabaya tetap dapat melaksanakan siklus hidupnya berupa tumbuh, berkembang, dan bereproduksi secara tuntas, meskipun barangkali tidak seperti di lingkungan perairan laut lainnya.

Jika dalam perairan terdapat radionuklida, yang harus diwaspadai adalah kemungkinan terjadinya akumulasi di dalam tubuh biota air. Karena radionuklida

yang terakumulasi dalam tubuh biota air ini walaupun tidak sampai mematikan (*lethal*), tetapi dapat berakibat buruk pada parameter *sub-lethal*, seperti kesehatan biota air berupa kemampuannya dalam menghasilkan anakan (menurunkan produksi) dan kualitas anakannya. Hal lain yang sangat perlu diantisipasi adalah jangan sampai bioakumulasi radionuklida pada biota air sampai pada suatu ambang yang dapat mengganggu kesehatan manusia yang mengkonsumsinya.

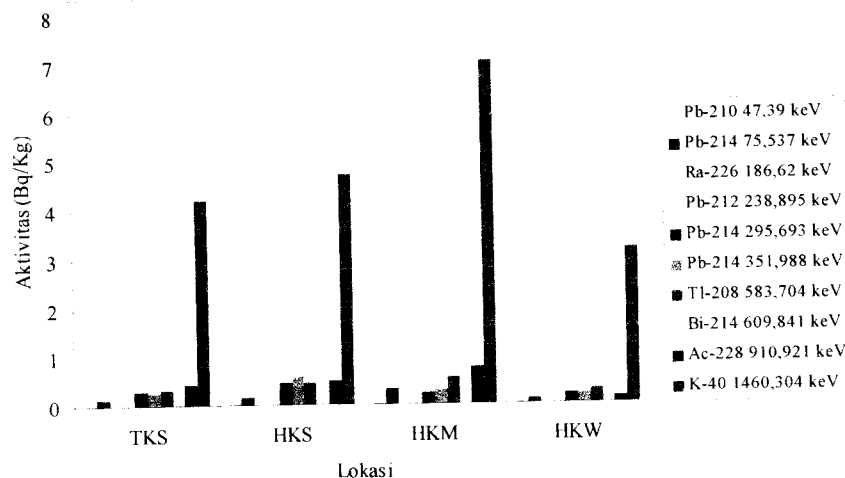
#### 4.7 Radionuklida Dalam Cuplikan Air

Hasil perhitungan aktivitas radionuklida (lihat Lampiran E.5 bagian C) yang teridentifikasi dalam cuplikan air pada setiap lokasi pengambilan cuplikan di perairan Kota Surabaya.

##### 4.7.1 Radionuklida Dalam Cuplikan Air Perairan Sungai

###### Kota Surabaya

Aktivitas radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan air pada perairan sungai dapat digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan air pada perairan sungai Kota Surabaya

Keterangan :

TKS = Tengah Kali Surabaya

HKS = Hilir Kali Surabaya

HKM = Hulu Kali Mas

HKW = Hulu Kali Wonokromo

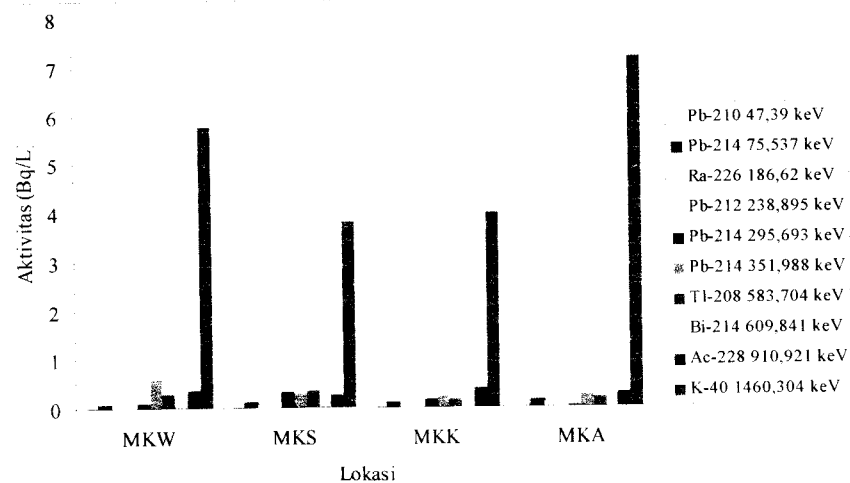


Radionuklida yang terdapat dalam sedimen perairan sungai dapat terlepas lagi larut ke dalam air sebagai akibat adanya pergerakan aliran air sungai yang semakin cepat. Perpindahan radionuklida di lingkungan perairan sungai dapat terjadi karena proses difusi dan dispersi. Radionuklida alam yang berada pada air tanah mengalami difusi menuju air permukaan seperti sungai, danau dan laut. Karakteristik air sungai dengan komposisi mineral yang sangat bervariasi menyebabkan radionuklida yang larut berikatan dengan partikel tersuspensi dan mengendap ke dasar perairan. Hal ini sangat berbeda dengan air laut yang umumnya komposisi mineralnya hampir sama, radionuklida lebih cenderung larut ke dalam air laut dan dipengaruhi juga oleh adanya turbulensi arus laut.

#### 4.7.2 Radionuklida Dalam Cuplikan Air Perairan Muara

##### Kota Surabaya

Aktivitas radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan air pada perairan muara dapat digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan air pada perairan muara Kota Surabaya

Keterangan :

MKW = Muara Kali Wonokromo

MKS = Muara Kali Sari

MKK = Muara Kali Kedinding

MKA = Muara Kali Anak

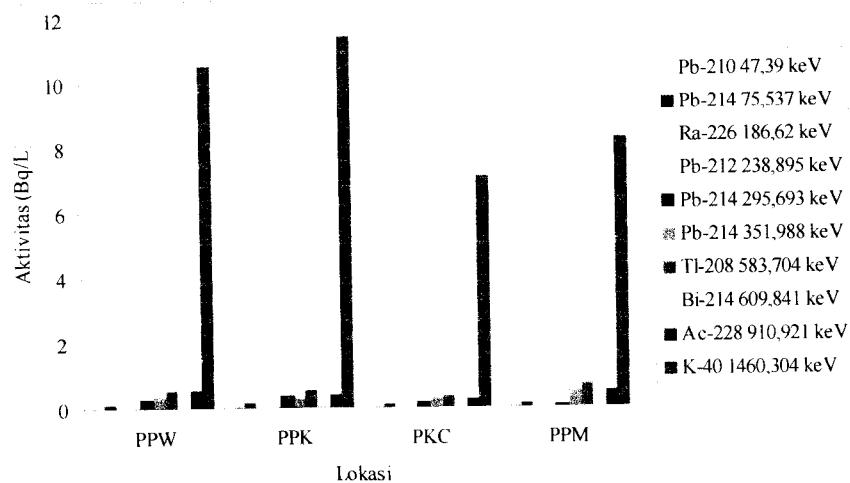
Pada daerah muara sungai yang merupakan daerah transisi dari air tawar ke air laut, terjadi perubahan kadar garam (salinitas) sehingga radionuklida yang mengendap akan terlarut ke dalam air.

Melihat kemiringan dasar Kali Wonokromo yang relatif kecil, maka dengan panjang alur yang ada pengaruh pasang surut air laut dirasakan sampai ke hulu sungai sekitar Dam Jagir. Kenaikan muka air Kali Wonokromo akibat pengaruh pasang surut air laut ini dibarengi dengan masuknya intrusi air laut ke dalam sungai. Adanya aliran dari hulu di Kali Wonokromo dapat memperkecil pengaruh intrusi air laut yang masuk ke alur sungai dengan mengatur besaran debit air sungai yang dikontrol pada Dam Jagir.

#### 4.7.3 Radionuklida Dalam Cuplikan Air Perairan Pesisir

##### Kota Surabaya

Aktivitas radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan air pada perairan pesisir dapat digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik aktivitas radionuklida dalam cuplikan air pada perairan pesisir Kota Surabaya

Keterangan :

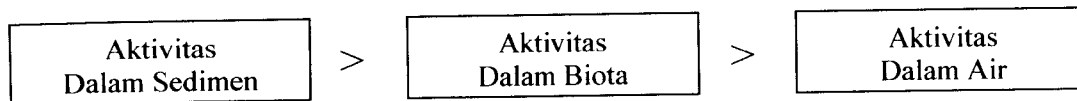
PPW = Pesisir Pantai Wonokromo

PPK = Pesisir Pantai Kenjeran

PKC = Pesisir Kedung Cowek

PPM = Pesisir Pantai Morokrembangan

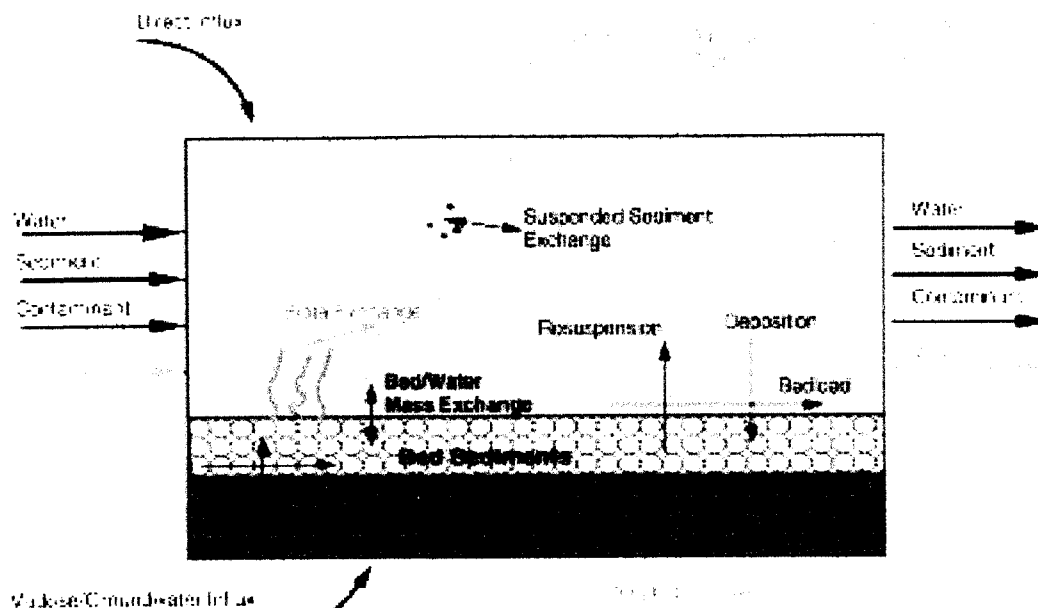
Aktivitas radionuklida dalam penelitian ini yang tertinggi selalu ditemukan dalam sedimen baik sedimen sungai maupun laut, sedangkan aktivitas radionuklida terkecil selalu pada air. Untuk aktivitas radionuklida pada biota (eceng gondok, bakau dan ikan) berada antara sedimen dan air. Dapat digambarkan distribusi aktivitas radionuklida pada lingkungan perairan Kota Surabaya dalam Gambar 4.12 berikut ini.



Gambar 4.12 Distribusi aktivitas radionuklida di lingkungan perairan

Radionuklida di lingkungan perairan baik pada perairan sungai maupun laut lebih cenderung berinteraksi dengan partikel padat yang kemudian mengendap, oleh karena itu aktivitas radionuklida selalu tertinggi pada sedimen. Menurut Taftazani, A., (1998), di lingkungan perairan, radionuklida akan diencerkan dan tersebar untuk kemudian berpindah ke material biologis, sedimen dan partikel tersuspensi. Faktor - faktor yang berpengaruh terhadap aktivitas jenis atau aktivitas (Bq/L) radionuklida antara lain adalah proses pencampuran, persebaran, dan interaksi dengan sedimen atau material biologis.

Aktivitas radionuklida dalam air ditentukan oleh faktor penyebaran radionuklida di lingkungan perairan laut dan pergerakan massa air sedangkan di perairan estuari tergantung pada ukuran, produksi bahan makanan, dan interaksi air sungai dengan air laut. Penyerapan radionuklida dalam sedimen berbeda antara perairan air tawar dan perairan laut (Ophel, 1977). Radionuklida yang masuk ke lingkungan perairan akan terlarut dan terdispersi mengikuti aliran badan air karena adanya proses *mixing* dan turbulensi pada badan air. Proses dispersi sangat mempengaruhi interaksi radionuklida antara sedimen dan partikel tersuspensi.



Gambar 4.13 Proses perpindahan radionuklida di lingkungan perairan

Tabel 4.3 Perbandingan aktivitas radionuklida dalam air dengan baku mutu radioaktifitas lingkungan

No	Tenaga (E) (keV)	Radio nuklida	Range Nilai Aktivitas (Bq/L)	Aktivitas Rata Rata (Bq/L)	Kadar Tertinggi Yang Diijinkan <sup>*)</sup> (Bq/L)		Tingkat Pencemaran
					Larut	Tidak larut	
1	47,390	Pb-210	0,2866 - 1,0521	0,4906 ± 0,0962	4 × 10 <sup>1</sup>	7 × 10 <sup>4</sup>	< BM
2	75,537	Pb-214	0,0620 - 0,1705	0,1289 ± 0,0162	■	■	▲
3	186,620	Ra-226	0,0406 - 0,6210	6,4215 ± 0,4525	4 × 10 <sup>0</sup>	1 × 10 <sup>4</sup>	< BM
4	238,895	Pb-212	0,0756 - 0,3484	6,4215 ± 0,4525	7 × 10 <sup>3</sup>	7 × 10 <sup>3</sup>	< BM
5	295,693	Pb-214	0,0227 - 0,4625	0,2180 ± 0,0384	■	■	▲
6	351,988	Pb-214	0,1937 - 0,6005	0,1753 ± 0,0173	■	■	▲
7	583,704	Tl-208	0,1511 - 0,6626	0,3892 ± 0,0672	■	■	▲
8	609,841	Bi-214	0,0704 - 0,2041	0,1179 ± 0,0194	■	■	▲
9	910,921	Ac-228	0,1441 - 0,7510	0,3982 ± 0,0672	3 × 10 <sup>4</sup>	3 × 10 <sup>4</sup>	< BM
10	1460,304	K-40	3,1668 - 11,4031	6,4215 ± 0,4525	■	■	▲

Keterangan :

- <sup>\*)</sup> = Keputusan Direktorat Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional Nomor : 293/DJ/VII/1995 Tentang Baku Tingkat Radioaktifitas Di Lingkungan
- = tidak ada dalam Keputusan Direktorat Jendral Badan Tenaga Atom Nasional Nomor : 293/DJ/VII/1995 Tentang Baku Tingkat Radioaktifitas Di Lingkungan
- ▲ = tidak diketahui tingkat pencemarannya
- < = lebih kecil
- BM = Baku Mutu

Berdasarkan pada Tabel 4.3 tersebut menunjukkan bahwa terdapat 4 (empat) radionuklida yang dapat diketahui tingkat pencemarannya dengan membandingkan aktivitas radionuklida dalam cuplikan air dengan kadar tertinggi

yang diijinkan oleh Direktorat Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional. Aktivitas radionuklida yang teridentifikasi pada perairan kota Surabaya masih dibawah baku mutu nilai aktivitas yang diijinkan baik secara nilai kisaran ataupun secara nilai rata - rata per jenis radionuklida dengan tenaga yang berbeda, dengan demikian kondisi perairan sungai ataupun pesisir pantai kota Surabaya dapat dikatakan belum tercemar oleh radionuklida.

Kualitas air Kali Surabaya sangat penting dalam mendukung kehidupan biota perairan, penyediaan air minum bagi manusia dan kegiatan rekreasi air. Salah satu dari beberapa parameter yang menentukan kualitas air adalah radioaktivitas. Kualitas air sungai sangat tergantung pada jenis kegiatan yang dilakukan manusia di sekitar daerah aliran sungai. Kegiatan yang melepaskan zat pencemar melalui satu titik pembuangan disebut *point sources*, seperti saluran pembuangan limbah industri dan sumber pencemar yang dengan letak sumber yang tidak jelas (*nonpoint sources*) mencemari sungai pada lokasi yang tersebar.

#### **4.8 Faktor Distribusi (Fd)**

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh radionuklida di lingkungan perairan dapat ditunjukkan dengan besaran nilai faktor distribusi (Fd) dan nilai faktor bioakumulasi (Fb). Pada umumnya nilai faktor distribusi (Fd) selalu lebih besar dari nilai faktor bioakumulasi (Fb) yang berarti partikel- $\gamma$  (gamma) lebih cenderung terserap oleh partikel padat yang terlarut dalam air dan mengendap ke dasar perairan dari pada terserap oleh biota. Faktor distribusi (Fd) digunakan untuk menyatakan pertukaran radionuklida antara fase terlarut dan fase diserap sedimen.

Radionuklida yang terlarut dalam air dapat terserap oleh tanaman air melalui proses konsumsi air untuk kebutuhan metabolisme hidupnya. Sifat radionuklida yang hampir sama dengan logam berat maka radionuklida yang terserap akan terakumulasi dan mengakibatkan terganggunya sistem metabolisme tanaman air.

Perhitungan faktor distribusi (lihat Lampiran E.6 bagian A) sebagaimana hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 4.4 dan sebagai data pembanding nilai faktor distribusi mangacu pada *Technical Report Series No.422, IAEA, 2004* dan *Safety Report Series No.19, IAEA, 2001* yang terbagi menjadi 2 (dua) yaitu nilai rekomendasi untuk air tawar dan air laut. Namun demikian nilai  $F_d$  pada semua lokasi baik pada perairan sungai maupun perairan pesisir pantai masih jauh dibawah nilai rekomendasi yang diijinkan, Distribusi radionuklida antara sedimen dan air tergantung pada jenis radionuklida yang berada di lingkungan perairan. Faktor distribusi sangat dipengaruhi oleh perubahan fisika dan kimia yang terjadi di lingkungan perairan seperti pH, temperatur, kadar garam (salinitas), reaksi reduksi-oksidasi (redoks) dan perbandingan antara sedimen dan air laut.

Ketika sedimen berinteraksi dengan radionuklida yang terlarut di dalam air, aktivitas radionuklida pada fase terlarut bisa jadi menurun karena penyerapan radionuklida pada partikel-partikel sedimen. Akibatnya, aktivitas radionuklida pada sedimen dipengaruhi oleh dinding sungai serta dasar badan air karena penyerapan partikel yang akan mengendap. Dengan memakai konsep faktor distribusi ( $F_d$ ), harus diasumsikan bahwa ada keseimbangan ekuilibrium di antara fase terlarut dan fase partikel, dengan pertukaran nuklida di antara partikel dan air yang seluruhnya bisa terjadi dalam suatu lingkungan perairan.

Tabel 4.4 Faktor distribusi (Fd) sedimen lokasi 1 sampai 12

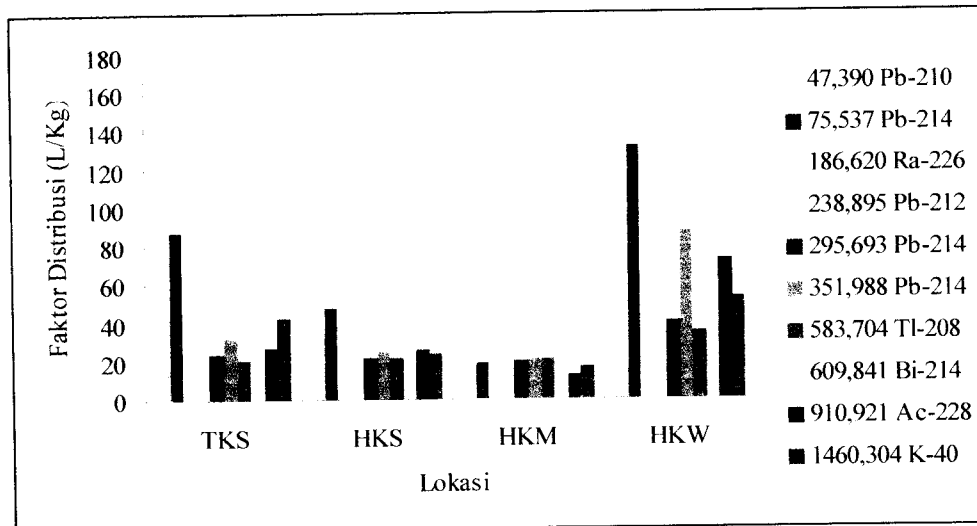
No	Tenaga (keV)	Radio nuklida	Faktor Distribusi Endapan (L/kg)																	Nilai Rekomendasi TRS No.422 (L/Kg)		Nilai Rekomendasi SRS No.19 (L/Kg)	
			TKS	HKS	HKM	HKW	MKW	MKS	MKK	MKA	PPW	PPK	PKC	PPM	Air tawar	Air Laut							
1	47,390	Pb-210	43,9776	32,0825	16,6038	15,2069	23,6122	38,3213	18,6190	33,5755	22,4577	60,5440	67,0650	8,4058	-	$1 \times 10^5$	-	$2 \times 10^5$					
2	75,537	Pb-214	87,2456	48,1354	18,3459	131,9380	186,5504	141,6445	84,4071	25,9751	83,9491	102,0928	40,0531	130,9396	-	$1 \times 10^5$	-	$2 \times 10^5$					
3	186,620	Ra-226	39,5860	13,4993	9,4749	46,9627	64,6313	43,6110	43,7358	25,0279	82,3093	20,8818	49,4208	19,6138	500	$2 \times 10^3$	500	$5 \times 10^3$					
4	238,895	Pb-212	33,8733	55,6588	14,6996	163,2708	97,9722	65,8411	144,5400	82,7381	28,4238	152,6288	44,6680	122,1855	-	$1 \times 10^5$	-	$2 \times 10^5$					
5	295,693	Pb-214	23,7392	22,1616	19,7313	40,0920	44,2910	26,9171	13,1711	18,5632	35,7685	23,9374	155,3690	54,7438	-	$1 \times 10^5$	-	$2 \times 10^5$					
6	351,988	Pb-214	32,1138	25,3028	20,8860	87,7260	21,0162	45,3216	27,9162	20,3446	18,5592	39,6023	27,1804	15,2784	-	$1 \times 10^5$	-	$2 \times 10^5$					
7	583,704	Tl-208	20,6585	21,3868	20,3079	35,2870	50,9115	11,9094	24,5390	22,3788	17,9938	81,6127	59,9375	30,8363	-	$2 \times 10^4$	-	$2 \times 10^4$					
8	609,841	Bi-214	22,1718	46,8429	19,3662	86,7702	35,3072	19,0089	19,3443	32,1411	48,1808	30,2245	30,2590	62,1652	-	$4 \times 10^4$	-	-					
9	910,921	Ac-228	26,5962	26,3234	12,3179	72,6549	38,4550	16,8135	45,7022	11,0547	38,3295	23,8015	75,9728	29,2737	-	$2 \times 10^6$	-	$2 \times 10^6$					
10	1460,304	K-40	42,2095	24,0393	16,6355	52,7246	35,1611	13,7444	41,1545	10,8190	21,9717	40,1868	34,9124	27,6763	-	-	-	-					

Sumber : Data primer, 2004.

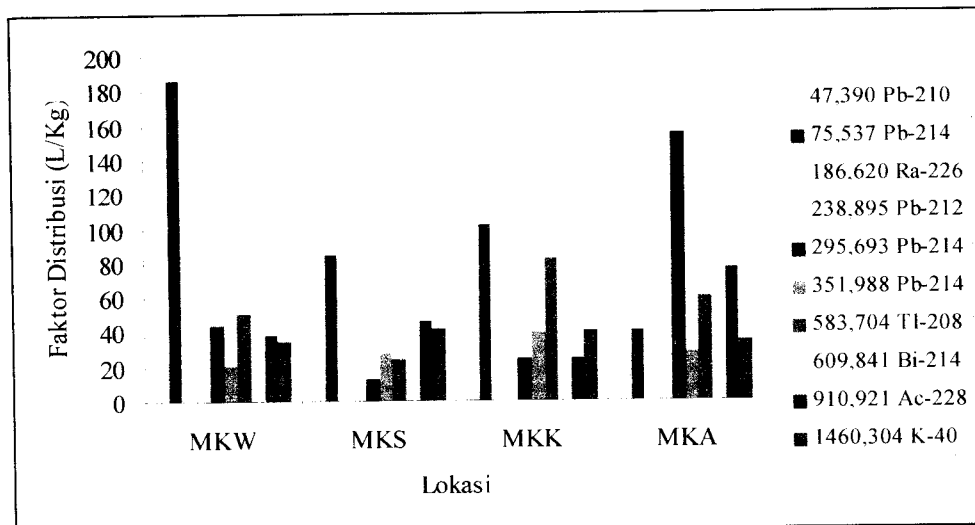
Keterangan :

Sumber nilai rekomendasi Faktor distribusi (Fd) dari

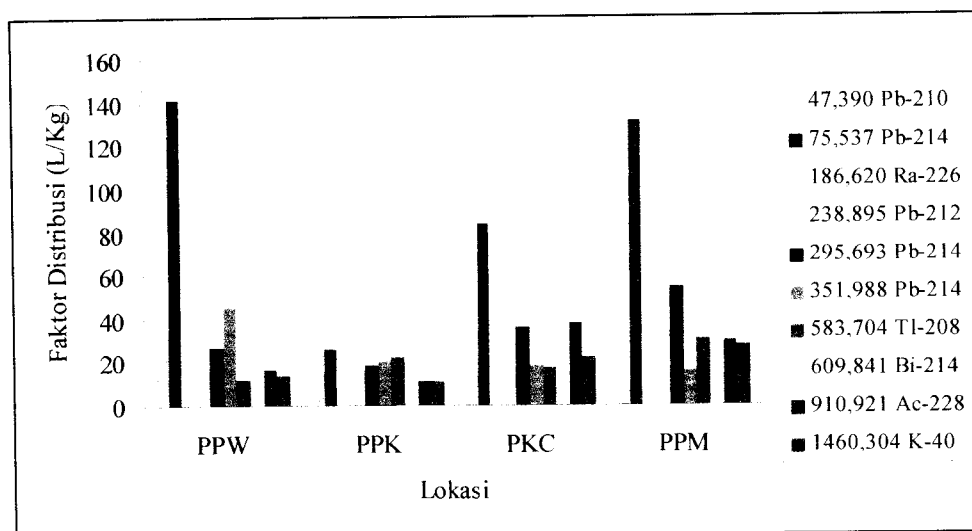
- Technical Report Series No.422, *Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factor for Biota in the Marine Environment*, halaman 18 - 21, IAEA, 2004.
- Safety Report Series No.19, *Generic Model For Use In Assessing The Impact Of Discharge Of Radioactive Substances To Environment*, IAEA, 2001.



Gambar 4.14 Faktor distribusi perairan sungai Kota Surabaya



Gambar 4.15 Faktor distribusi perairan muara Kota Surabaya



Gambar 4.16 Faktor distribusi perairan pesisir pantai Kota Surabaya



#### 4.9 Faktor Bioakumulasi (Fb)

Radionuklida dapat berasosiasi dengan makhluk hidup perairan yang dinyatakan dengan faktor bioakumulasi (Fb) yang dinyatakan dalam persamaan 3.12 yang merupakan nilai perbandingan antara aktivitas radionuklida dalam makhluk hidup perairan dengan aktivitas radionuklida yang terlarut dalam air.

Fb merupakan parameter yang digunakan dalam model untuk memperkirakan faktor perpindahan dan membahas mekanisme perpindahan radionuklida dari badan air ke makhluk hidup dan dari makhluk hidup satu ke makhluk hidup lainnya melalui rantai makanan perairan sampai ke tubuh manusia. Faktor - faktor yang mempengaruhi parameter Fb antara lain komposisi senyawa kimia yang terlarut dalam air, interaksi antara sedimen dan air, sifat kimia radionuklida dan karakteristik organisme perairan. Hasil perhitungan faktor bioakumulasi (Fb) dari 12 (dua belas) lokasi penelitian disajikan pada Tabel 4.

Perhitungan faktor bioakumulasi (lihat Lampiran E.6 bagian B) sebagaimana hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 4.5 dan sebagai data pembandingan nilai faktor bioakumulasi mangacu pada *Technical Report Series No.422, IAEA, 2004* ; *SRS No.19, IAEA, 2001* dan *TECDOC-211, IAEA, Vienna, 1978*. Nilai Bp sangat variatif, antara eceng gondok, ikan belanak dan ikan gelama. Nilai Bp untuk  $^{214}\text{Bi}$  pada ikan baik ikan belanak maupun gelama pada tiap lokasi sudah melebihi nilai yang direkomendasikan menurut *SRS No.19, IAEA, 2001*. Nilai Bp yang melebihi nilai rekomendasi untuk  $^{228}\text{Ac}$  hanya terdapat pada ikan belanak lokasi 5, untuk lokasi lainnya masih dibawah nilai rekomendasi.

Beberapa faktor bisa mempengaruhi gerakan (bioakumulasi) radionuklida dari air menuju tanaman dan hewan. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah jenis radionuklida spesifik, tipe tanaman atau hewan, dan sifat sedimen. Pada tanaman radionuklida dapat terserap melalui akar-akarnya, yang kemudian diangkut ke daun-daun dan cabang-cabang. Sedangkan pada hewan, radionuklida dapat masuk ketubuhnya melalui proses memakan tanaman yang terkontaminasi.

Tabel 4.5 Faktor bioakumulasi (Fb) biota lokasi 1 sampai 12

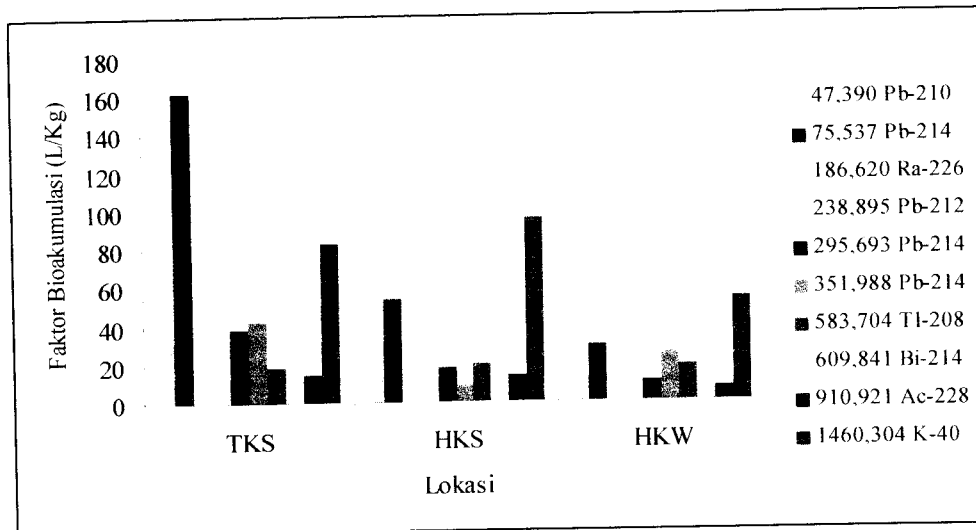
No	Tenaga (keV)	Radio nuklida	Faktor Bioakumulasi Biota (L/kg)										Nilai Rekomendasi TRS No.422 (L/Kg)	Nilai Rekomendasi TECDOC-211 (L/Kg)	Nilai Rekomendasi SRS No.19 (L/Kg)
			TKS	HKS	HKW	MKW	MKS	MKK	PPW	PPK	PKC	PPM			
1	47,390	Pb-210	37,5371	34,7751	12,8046	28,7896	56,1344	65,6217	22,8207	26,9686	61,3212	117,4812	$2 \times 10^2$	$3 \times 10^2$	200
2	75,537	Pb-214	162,2813	53,9763	29,6121	73,3518	212,1574	144,7248	55,0866	15,6926	54,6856	76,8389	$2 \times 10^2$	$3 \times 10^2$	200
3	186,620	Ra-226	60,3312	10,7345	0,5562	74,7833	23,1497	66,6487	17,5226	55,9801	32,5112	11,6253	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^2$	500
4	238,895	Pb-212	13,5359	16,8419	20,2823	46,8703	34,5157	40,1670	67,4970	19,8731	26,8625	72,2220	$2 \times 10^2$	$3 \times 10^2$	200
5	295,693	Pb-214	38,3136	18,0822	10,3882	68,1186	32,1881	43,5212	15,1429	2,3581	27,7422	17,6107	$2 \times 10^2$	$3 \times 10^2$	200
6	351,988	Pb-214	42,5965	8,1174	25,4131	57,8263	22,0563	17,1939	48,2454	26,5345	37,4336	29,2288	$2 \times 10^2$	$3 \times 10^2$	200
7	583,704	Tl-208	19,1212	19,5217	18,5169	59,5809	73,9340	35,5234	63,8361	5,3788	27,6995	76,8785	$5 \times 10^3$	-	5000
8	609,841	Bi-214	19,8713	19,7638	14,3102	94,3305	21,9570	62,2764	44,6170	55,1480	66,6185	23,2486	-	-	20
9	910,921	Ac-228	14,6468	13,7667	7,5342	64,2139	28,1966	35,7117	21,7673	9,4360	29,2683	14,4896	$3 \times 10^1$	$5 \times 10^1$	50
10	1460,304	K-40	83,3893	96,1375	54,0185	133,6286	48,1522	35,9600	46,7998	24,3978	66,6263	67,6248	-	-	-

Sumber : Data primer, 2004.

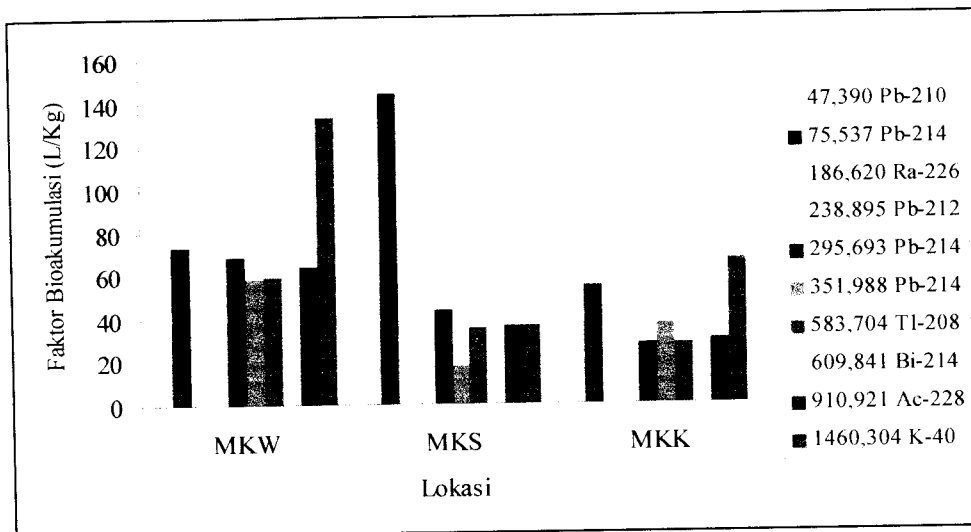
Keterangan :

Sumber nilai rekomendasi Faktor bioakumulasi (Fb) dari

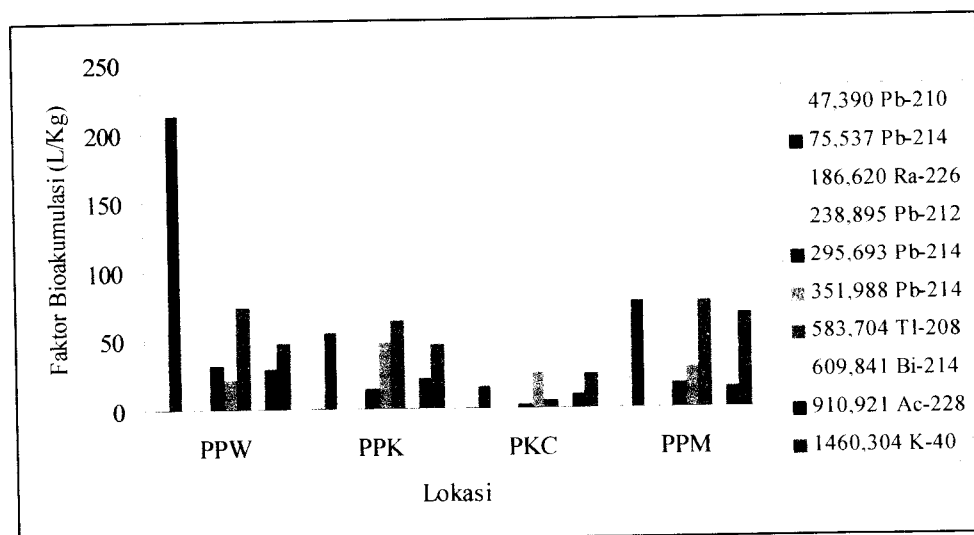
- Technical Report Series No.422, *Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factor for Biota in the Marine Environment*, halaman 18 - 21, IAEA, 2004.
- International Atomic Energy Agency, *The Radiological Basis of IAEA Revised Definition and Recommendation Concerning High Level Radioactive Unsuitable for Dumping Sea*, TECDOC-211, IAEA, Vienna, 1978.
- Safety Report Series No.19, *Generic Model For Use In Assessing The Impact Of Discharge Of Radioactive Substances To Environment*, IAEA, 2001.



Gambar 4.17 Faktor bioakumulasi pada perairan sungai Kota Surabaya



Gambar 4.18 Faktor bioakumulasi pada perairan muara Kota Surabaya



Gambar 4.19 Faktor bioakumulasi pada perairan pesisir pantai Kota Surabaya

Bioakumulasi merupakan suatu proses yang dimana radionuklida dapat mempengaruhi organisme hidup. Bioakumulasi menunjukkan adanya suatu peningkatan aktivitas radionuklida dalam suatu organisme secara kontinyu dari waktu ke waktu dibandingkan dengan aktivitas dari radionuklida di lingkungan tempat organisme tersebut berada.

Sejumlah radionuklida yang teridentifikasi dalam komponen abiotik (air dan sedimen), menjadi penyebab ditemukannya radionuklida yang sama pada biota (eceng gondok, bakau dan ikan). Air dan sedimen sebagai komponen abiotik suatu perairan adalah satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan, dan keduanya memiliki potensi sebagai jalur masuknya radionuklida ke organisme perairan (biota).

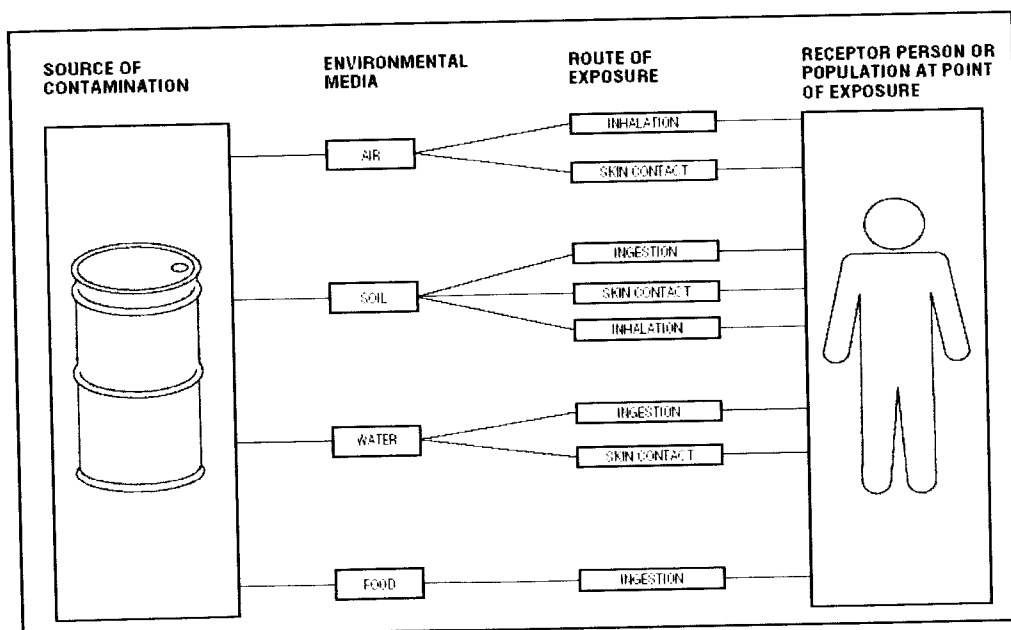
Proses masuknya radionuklida ke organisme perairan sangatlah kompleks, namun peningkatan kadarnya teridentifikasi berdasarkan nilai faktor bioakumulasi di masing - masing komponen rantai makanan (*food chain*). Karena manusia menempati posisi terakhir pada rantai makanan, baik secara langsung maupun tak langsung akan menerima dampak dari terakumulasinya radionuklida dalam tubuh manusia. Akibat dari radionuklida alam ini bisa membahayakan manusia secara tidak langsung, namun pada kadar tertentu radionuklida tersebut dapat menyebabkan toksisitas akut biota laut stadium larva. Distribusi radionuklida alam tersebut di sejumlah organ dan jaringan penting mamalia, dapat berpotensi merusak organ, jaringan serta sistem reproduksinya.

Jika manusia mengkonsumsi ikan yang mengandung radionuklida, bukan saja akan terjadi gangguan seperti keracunan logam berat, namun juga memperoleh paparan radiasi interna.

#### 4.10 Dampak Radionuklida Terhadap Manusia

Di alam terdapat unsur radioaktif seperti uranium (U), thorium (Th), radium (Ra) dan radionuklida seperti kalium ( $^{40}\text{K}$ ), carbon ( $^{14}\text{C}$ ), dan lain-lain. Ada radionuklida yang masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan atau pernafasan. Untuk meneliti pengaruh bahan radioaktif pada tubuh manusia, perlu diketahui radioaktivitas dalam tubuh manusia.

Dalam paru-paru terdapat beberapa radionuklida hasil peluruhan radon yang masuk lewat pernafasan. Radioaktivitas dalam tubuh manusia berasal dari radionuklida yang masuk melalui makanan dan pernafasan, dan besarnya bergantung kepada kondisi tanah dan kebiasaan. Uranium yang ada dalam tanah diserap oleh rumput, dan binatang yang memakan rumput ini akan memiliki jumlah uranium yang tinggi dalam daging maupun susunya. Melalui daging dan susu ini radionuklida masuk ke dalam tubuh manusia.



Gambar 4.20 Media paparan zat radioaktif sampai ke manusia

Sumber : Anonim, *Investigating Human Exposure to Contaminants in the Environment : A Handbook for Exposure Calculations*, Effects Program of the Health Protection, Minister of National Health and Welfare, Canada, 1995.

Sesuai dengan sifat bahan radioaktif yang dapat berinteraksi dengan materi maka kehadiran bahan radioaktif alam dapat mempengaruhi lingkungan. Bila bahan radioaktif (radionuklida) terbuang ke alam maka unsur tersebut akan tersebar dan terlarut, tetapi dapat pula tertimbun dalam organisme hidup melalui rantai makanan. Senyawa radionuklida dapat pula terkumpul dalam air, tanah, sedimen atau udara. Hal ini terjadi bila masuknya ke alam melebihi kecepatan penguraian radioaktif alam dalam jumlah yang amat tinggi, dan sebagai akibatnya akan berdampak kepada manusia sebagai ancaman yang mematikan

Secara fisika pengaruh bahan radioaktif ditandai dengan kemampuan bahan tersebut memancarkan sinar radiasi pengion baik oleh peristiwa peluruhan dari unsur yang tidak stabil ke unsur yang lebih stabil di alam maupun dari buatan manusia.

Sumber radiasi alamiah berasal dari batuan atau tanah seperti Uranium, Radium dan Thorium, sinar kosmis dari matahari dan bintang

Sebagaimana halnya polutan yang berbahaya seperti logam berat, polutan radioaktifpun dapat dengan mudah masuk ke dalam tubuh manusia melalui udara yang dihirup oleh paru-paru, maupun melalui rantai makanan yang telah terkontaminasi oleh polutan radioaktif.

Menurut Wardhana (1996), polutan radioaktif yang terakumulasi di dalam tubuh dalam jumlah yang banyak dapat menimbulkan gangguan kesehatan, terutama karena sifat polutan radioaktif yang pada umumnya adalah *carcinogenik* atau perangsang timbulnya kanker.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa hasil penelitian dan pembahasan maka perlu ditarik beberapa kesimpulan antara lain :

1. Radionuklida yang teridentifikasi dengan metode *gamma spectrometry* dari 12 (dua belas) lokasi pengambilan cuplikan pada perairan Kota Surabaya ada 8 (delapan) jenis radionuklida yang teridentifikasi dari 10 (sepuluh) puncak tenaga  $\gamma$  (gamma) yang terdeteksi antara lain :  $^{210}\text{Pb}$  (47,390 keV) ;  $^{214}\text{Pb}$  (75,537 keV) ;  $^{226}\text{Ra}$  (186,620 keV) ;  $^{212}\text{Pb}$  (238,895 keV) ;  $^{214}\text{Pb}$  (295,693 keV) ;  $^{214}\text{Pb}$  (351,988 keV) ;  $^{208}\text{Tl}$  (583,704 keV) ;  $^{214}\text{Bi}$  (609,841 keV) ;  $^{228}\text{Ac}$  (910,921 keV) ;  $^{40}\text{K}$  (1.460,304 keV).
2. Distribusi aktivitas radionuklida tertinggi pada sedimen kemudian pada biota dan terkecil pada air.
3. Aktivitas radionuklida pada air sungai maupun air laut masih jauh dibawah ambang baku mutu aktivitas radionuklida yang diijinkan di lingkungan perairan sesuai dengan Keputusan Direktorat Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional Nomor : 293/DJ/VII/1995 Tentang Baku Tingkat Radioaktifitas di Lingkungan, dengan demikian lingkungan perairan sungai maupun pesisir pantai Surabaya secara radioekologis tidak tercemar oleh radionuklida. Untuk aktivitas radionuklida pada eceng gondok tidak ada aktivitas pembanding, dalam hal ini standar baku mutu. Sedangkan untuk aktivitas radionuklida dalam ikan belanak dan ikan gelama yang umumnya dikonsumsi oleh



masyarakat Kota Surabaya juga tidak ada aktivitas pembanding sehingga tidak dapat dinyatakan bahwa ikan yang ada di perairan pesisir pantai Kota Surabaya masih layak untuk dikonsumsi oleh manusia atau tidak.

4. Nilai faktor distribusi (Fd) selalu lebih besar dari nilai faktor distribusi (Fb).

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas maka perlu diajukan beberapa saran antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian yang sifatnya terintegrasi terhadap lingkungan udara dan perairan Kota Surabaya dari segi radioekologi sehingga dapat diketahui secara pasti kualitas lingkungan Kota Surabaya dengan harapan dapat menentukan kualitas lingkungan secara menyeluruh tidak secara parsial.
2. Untuk metode pengambilan cuplikan perlu dilakukan dengan metode lain yaitu metode *composite sampling* atau metode *integrated sampling* pada lokasi yang sama dengan tujuan dapat memperoleh kualitas hasil penelitian lebih baik yang dapat menentukan kualitas lingkungan terutama pada lokasi pengambilan cuplikan.
3. Disarankan kepada lembaga pemerintahan yang berwenang dalam mengatur standar baku mutu untuk membuat standar baku mutu aktivitas radionuklida bagi makhluk hidup di lingkungan perairan atau biota air khususnya ikan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Adapun kebijakan yang harus dilakukan adalah Penerapan Pengelolaan Pesisir dan DAS Terpadu (*Integrated Coastal Area and River Basin Management*) melalui langkah nyata di

lapangan sehingga indikator-indikator radioekologi dapat dimonitor secara transparan oleh masyarakat luas khususnya masyarakat Kota Surabaya.

4. Untuk lebih meningkatkan kualitas hasil penelitian, disarankan menggunakan metode lain yang hasilnya dapat dibandingkan (komparasi) terhadap hasil penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- \_\_\_\_\_, *Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants*, Safety Standard Series No. NS-G-3.2, IAEA, 2002
- \_\_\_\_\_, *Investigating Human Exposure to Contaminants in the Environment : A Handbook for Exposure Calculations*, Effects Program of the Health Protection, Minister of National Health and Welfare, Canada, 1995.
- \_\_\_\_\_, *Generic Models And Parameters For Assessing The Environmental Transfer Of Radionuclide From Routine Releases : Procedure And Data*, Safety Report Series No : 57, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1982.
- \_\_\_\_\_, *Generic Model For Use In Assessing The Impact Of Discharge Of Radioactive Substances To Environment*, Safety Report Series No : 19, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2001.
- \_\_\_\_\_, Keputusan Direktorat Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional Nomor : 293/DJ/VII/1995 Tentang Baku Tingkat Radioaktifitas Di Lingkungan, 1995.
- \_\_\_\_\_, *Measurement of Radionuclide In Food and the Environment : A Guide Book*, Technical Report series No. 295, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1989.
- \_\_\_\_\_, *Pemetaan Industri Yang Berpotensi Cemar Se-Jatim*, Dinas Perindustrian Dan Perdagangan (Disperindag) Jawa Timur, Surabaya, 2003.

- \_\_\_\_\_, *Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly*, UNSCEAR, 2000.
- \_\_\_\_\_, *Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factor for Biota in the Marine Environment*, Technical Report Series No.422, halaman 18 - 21, IAEA, 2004.
- \_\_\_\_\_, *Standard Methods For Examination Of Water And Wastewater*, 20<sup>th</sup> edition, American Public Health Association (APHA), Maryland : United Book Press, Inch., 1998.
- \_\_\_\_\_, *Studi Tata Guna Tanah Sepanjang Kiri Kanan K. Surabaya, K. Wonokromo dan K. Kedurus*, Perum Jasa Tirta, Surabaya, 1994.
- \_\_\_\_\_, *The Radiological Basis of IAEA Revised Definition and Recommendation Concerning High Level Radioactive Unsuitable for Dumping Sea*, TECDOC-211, IAEA, Vienna, 1978.
- Beiser, A., *Konsep Fisika Modern (Concept Of Modern Physics)*, diterjemahkan oleh The How Liong, Ph.D, Edisi ke-3 dan ke-4, Jakarta : Erlangga, 1993 dan 2001.
- Harsono, H. dkk., *Pengukuran Aktivitas Radionuklida Cs-137 Dan Co-60 Dalam Tubuh Beberapa Spesies Ikan Yang Hidup Di Kali Surabaya*, Jurnal Ilmu - Ilmu Teknik (*Engineering*) Vol.12 No.2 Bulan Oktober, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, 2001.
- Manahan, S. E., *Environmental Chemistry*, Edisi ke-4, Lewis Publisher. Inch, 1989.
- Odum, *Dasar Dasar Ekologi*, Gajah Mada Univercity Press, Jogjakarta, 1993.

- Ophel, I.L., *Aquatic Food Chain Transport Of Radionuclides*, Gatineau :  
Proceeding Workshop On The Evaluation On Model Used For  
Environment Assessment Of Radionuclide Releases, 1977.
- Ryan, T.P., *Radioactivity monitoring of the Irish marine environment*, 2003
- Susetyo, W., *Spektrometri Gamma*, Gajah Mada University Press, Jogjakarta,  
1988.
- Sutarman, B. dkk., *Faktor Aktivitas Beberapa Radionuklida Dalam Tanaman  
Pangan Dan Ikan Air Tawar*, Prosiding Radioekologi Dan Lingkungan  
Kelautan, PTPLR, BATAN Jakarta, 1998.
- Taftazani, A. dkk., *Faktor Distribusi Dan Bioakumulasi Radionuklida Dalam  
Sedimen dan Kerang Di Perairan Pantai Semarang*, Prosiding Temu  
Ilmiah Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia di Jogjakarta, 1998.
- Taftazani, A., *Modul Pelatihan Instrumentasi Lingkungan*, P3TM BATAN  
Jogjakarta, 2004.
- Thayib, M. H., *Radionuklida, Pencemaran Lingkungan Dan Ekologinya*, Pusat  
Dosimetri Dan Standarisasi Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN)  
Jakarta, 1993.
- Wardhana, W.A., *Teknik Analisis Radioaktivitas Lingkungan*, Jogjakarta : Andi  
Offset, 1993.
- Wardhana, W.A., *Radioekologi*, Jogjakarta : Andi Offset, 1993.
- Wirjosimin, *Mengenal Asas Proteksi*, Penerbit ITB Bandung, 1995
- [[http:// www.inl.org](http://www.inl.org)]
- [[http://www. www.epa.gov](http://www.epa.gov)]
- [<http://www.awi-bremerhaven.de>]

[[http:// www.animatedsoftware.com](http://www.animatedsoftware.com)]

[[http:// www.awi-bremerhaven.de/GEO/Geochem/processes.htm](http://www.awi-bremerhaven.de/GEO/Geochem/processes.htm)]

LAMPIRAN

A

## LAMPIRAN A SIMBOL UNIT DAN SATUAN

Tabel A.1 Kuantitas radiasi

No	Kuantitas	Unit	Simbol	Konversi
1	Aktivitas	Becquerel	Bq	1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ Bq
2	Konsentrasi aktivitas	Becquerel per unit berat	Bq/kg atau Bq/L	
3	Absorbed dose	Gray	Gy	1 rad = 0,01 Gy
4	Effective Dose Committed Effective Dose Equivalent Dose	Sievert	Sv	1 rem = 0,01 Sv
5	Collective Effective Dose	ManSievert	manSv	

Tabel A.2 Prefix

No	Prefix	Simbol		Ekspensial
1	Exa	E	1 000 000 000 000 000 000	$10^{18}$
2	Peta	P	1 000 000 000 000 000	$10^{15}$
3	Tera	T	1 000 000 000 000	$10^{12}$
4	Giga	G	1 000 000 000	$10^9$
5	Mega	M	1 000 000	$10^6$
6	Kilo	k	1 000	$10^3$
7	Milli	m	0,001	$10^3$
8	Mikro	$\mu$	0,000 001	$10^3$
9	Nano	n	0,000 000 001	$10^3$
10	Pico	p	0,000 000 000 001	$10^3$
11	Femto	f	0,000 000 000 000 001	$10^3$
12	Atto	a	0,000 000 000 000 000 001	$10^3$

Tabel A.3 Prefix aktivitas

No	Aktivitas	Satuan	Konversi
1	1 milibecquerel	mBq	1 mBq = $1 \times 10^{-3}$ Bq
2	1 kilo becquerel	kBq	kBq = $1 \times 10^3$ Bq
3	1 megabecquerel	MBq	MBq = $1 \times 10^6$ Bq
4	1 terabecquerel	TBq	TBq = $1 \times 10^{12}$ Bq



Tabel A.1.4 Keterangan simbol

No	Simbol	Keterangan
1	$\alpha$	Alpha
2	$\beta$	Beta
3	$\gamma$	Gamma
4	E	Elektron
5	P	Proton
6	N	Neutron
7	Z	Nomor atom
8	A	Nomor massa
9	eV	Elektron Volt
10	Bq	Becquerrel
11	Gy	Gray
12	Sv	Sievert
13	Man-Sv	Man-sievert
14	$T_{1/2}$	Waktu paruh
15	Cps	Cacah per second
16	Bp	Faktor Bioakumulasi
17	Kd	Faktor Distribusi

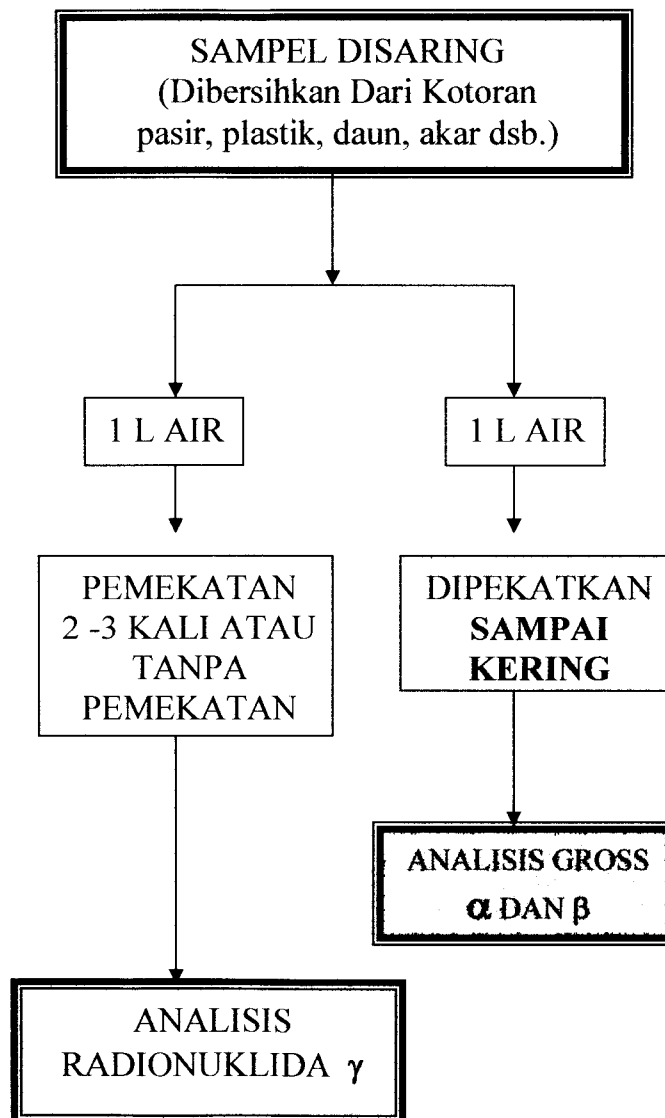
**LAMPIRAN A.1**  
**SKEMA LERJA PREPARASI**

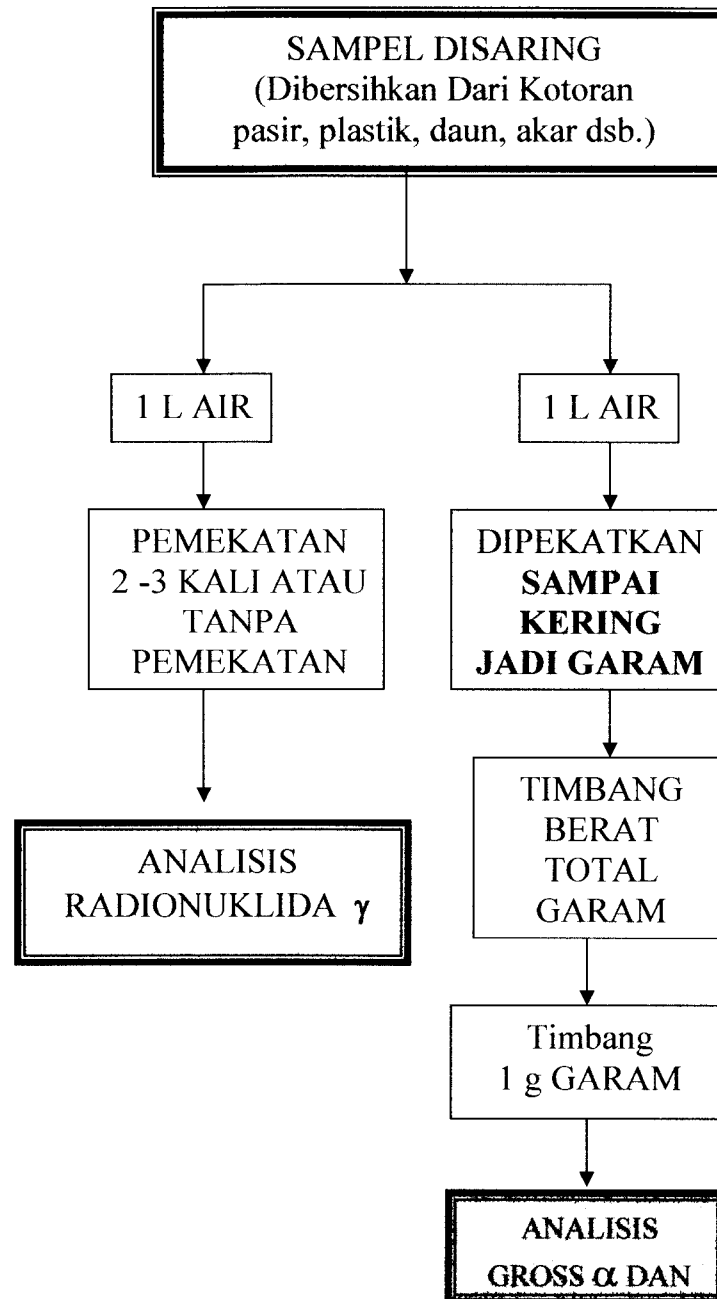
**A.1.1 Skema kerja preparasi cuplikan air**

**METODE PREPARASI SAMPEL AIR**  
**UNTUK ANALISIS RADIOAKTIVITAS DENGAN**  
**METODE Gross  $\alpha$ ,  $\beta$  dan Radionuklida  $\gamma$**

(Sumber : Taftazani, A., *Modul Pelatihan Instrumentasi Lingkungan*, P3TM BATAN Jogjakarta)

**AIR TAWAR**

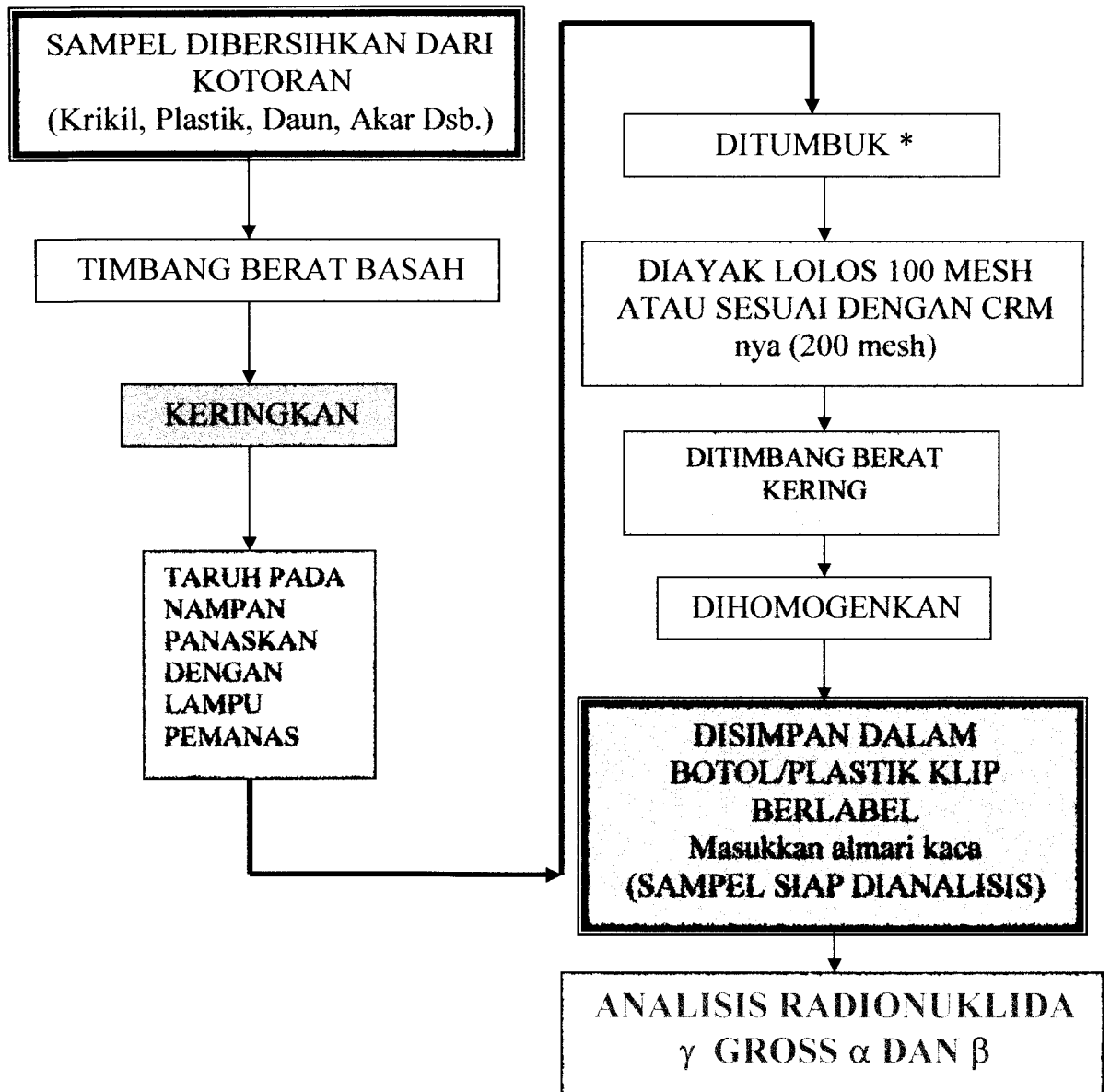


**AIR LAUT**

## A.1.2 Skema kerja preparasi cuplikan endapan

**METODE PREPARASI SAMPEL TANAH/SEDIMEN  
UNTUK ANALISIS RADIOAKTIVITAS DENGAN  
METODE Gross  $\alpha$ ,  $\beta$  dan Radionuklida  $\gamma$**

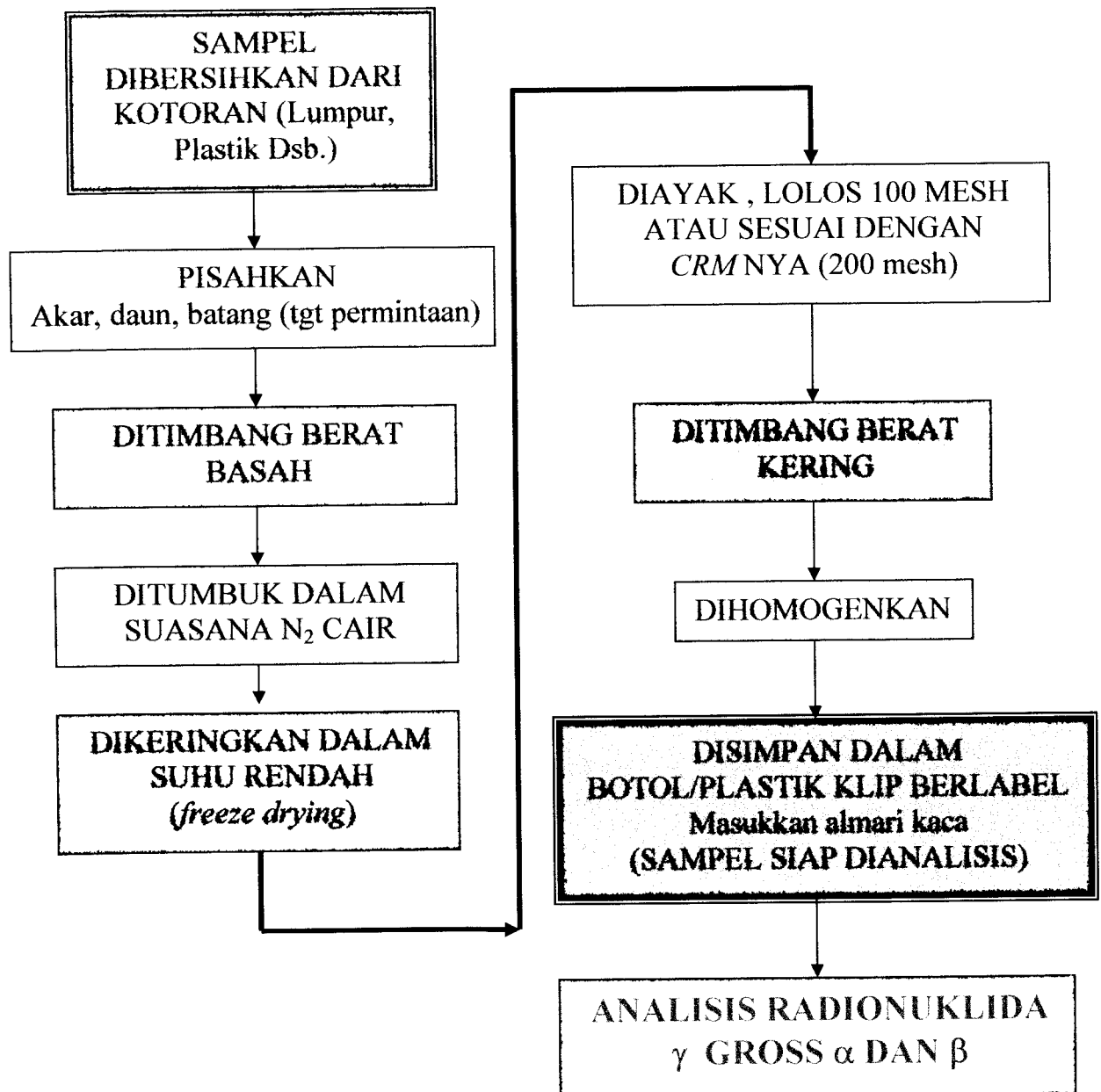
(Sumber : Taftazani, A., *Modul Pelatihan Instrumentasi Lingkungan*, P31TM BATAN Jogjakarta)



## A.1.3 Skema kerja preparasi cuplikan biota

**METODE PREPARASI SAMPEL TANAMAN DARAT  
(D.Ketela, Rumput, K.Panjang, Boncis Dsb )  
UNTUK ANALISIS RADIOAKTIVITAS  
DENGAN METODE Gross  $\alpha$ ,  $\beta$  dan Radionuklida  $\gamma$**

(Sumber : Taftazani, A., *Modul Pelatihan Instrumentasi Lingkungan*, P3TM BATAN Jogjakarta)



LAMPIRAN

B

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

NO	NAMA	NO MHS	PRODI
1	Gulman Kiroomin B	00513060	Teknik Lingkungan
2			

**JUDUL TUGAS AKHIR :** Studi Paparan Radionuklida dalam cuplikan air, endapan dan biota pada perairan kota Surabaya

**PERIODE : I**  
**TAHUN : 2004/2005**

No	kegiatan	Bulan Ke ;					
		Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov
1	Pendaftaran	■					
2	Penentuan Dosen pembimbing	■					
3	Pembuatan Proposal		■				
4	Seminar proposal		■	■			
5	Konsultasi Penyusunan TA			■	■	■	■
6	Sidang - sidang					■	■
7	Pendadaran						

DOSEN PEMBIMBIG I : Dr. Ir. Agus Taftazani  
 DOSEN PEMBIMBING II : Luqman Hakim, ST, MSI  
 DOSEN PEMBIMBING III :



Yogyakarta, 14 Agustus 2004  
 Koordinator TA

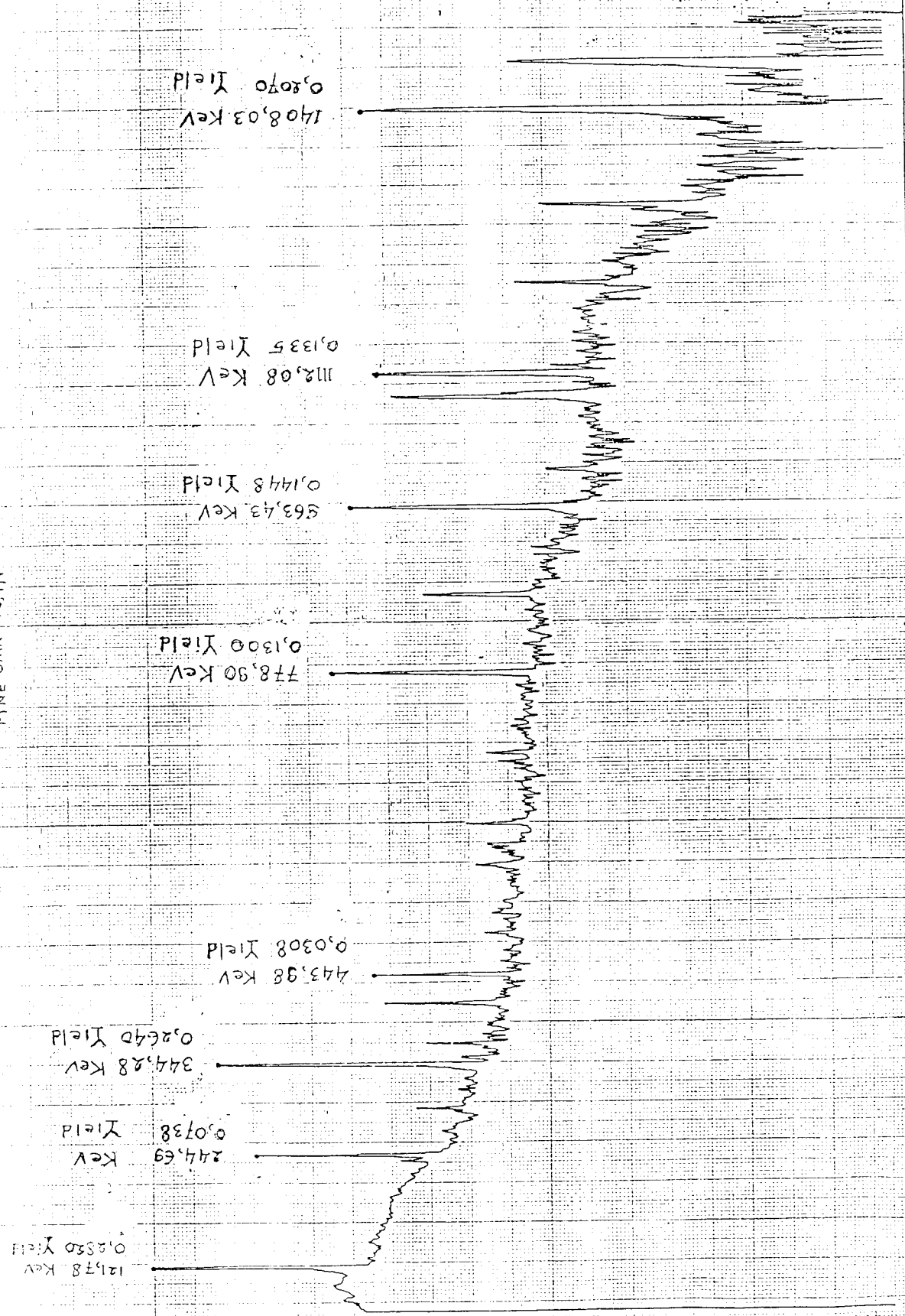
*(Handwritten signature)*  
 (Andik Yulianto, ST)

Catatan

Seminar : .....  
 Sidang : .....  
 Pendadaran : .....

SPEKTRUM GAMMA <sup>152</sup>Eu

BASELINE : 50  
COAR GAIN : 4036  
COAR SEGAIN : 100  
FINE GAIN : 0471







International Atomic Energy Agency  
Analytical Quality Control Services  
Wagramer Strasse 5, P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

# REFERENCE SHEET

## REFERENCE MATERIAL

### IAEA-315

#### RADIONUCLIDES IN MARINE SEDIMENT

Date of issue: January 2000<sup>①</sup>

Recommended Values  
(Based on dry weight)

Reference Date for decay correction: 1<sup>st</sup> January 1993

Radionuclide	Recommended Value Bq/kg	95% Confidence Interval Bq/kg	N*
<sup>40</sup> K	297	288 – 303	111
<sup>210</sup> Pb <sup>§</sup>	30.1	26.0 – 33.7	33
<sup>226</sup> Ra	13.8	13.0 – 14.6	90
<sup>228</sup> Ra	26.7	25.3 – 28.0	51
<sup>228</sup> Th	27	24.0 – 28.9	22
<sup>232</sup> Th	25.6	24.5 – 27.5	36
<sup>234</sup> U	17.8	16.6 – 20.0	11
<sup>238</sup> U	17.6	16.1 – 18.5	31

Information Values  
(Based on dry weight)

Radionuclide	Information Value Bq/kg	95% Confidence Interval Bq/kg	N*
<sup>230</sup> Th	16.9	15.1 – 20.9	8
<sup>235</sup> U	0.84	0.65 – 1.20	9

\* Number of accepted laboratory means which were used to calculate the recommended or information values and corresponding confidence intervals about the median values.

<sup>210</sup>Pb and <sup>210</sup>Po are considered to be at equilibrium

Revision of the reference sheet dated March 1996

The values listed above were established on the basis of statistically valid results submitted by laboratories which had participated in an international intercomparison exercise organized in 1993. The details concerning the criteria for qualification as a recommended value can be found in the report (IAEA/AL/065; IAEA/MEL/61) "Report on the Intercomparison Run IAEA-315: Radionuclides in Marine Sediment" [1]. This report is available free of charge upon request.

### Intended Use

This sample is intended to be used as a reference material for the measurement of radionuclides in marine sediments. It can also be used as a quality control material for the assessment of a laboratory's analytical work, for the validation of analytical methods and for quality assurance within a laboratory.

### Homogeneity

The homogeneity of the bottled material was assessed using marker radionuclides ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{239/240}\text{Pu}$  and  $^{241}\text{Am}$ ) in 25 bottles taken at random.

*Note: Evidence has been presented to suggest that this material may be contaminated with "hot particles" resulting from discharges from the Tarapur Atomic Power Station. The frequency of the occurrence of these "hot particles" is unknown and consequently, it is possible that significantly elevated activities may be observed for anthropogenic radionuclides in some sub-samples. For this reason activities of the anthropogenic radionuclides have been excluded from the certification of IAEA-315. However, data received for these radionuclides are presented in the report IAEA/AL/065.*

### Dry weight determination

All recommended values are expressed on a dry weight basis. Therefore, the dry weight must be determined at the time of analysis, using separate sub-samples of at least 500 mg dried to constant weight in a drying oven set to 105 °C. Subsequent weighings should differ by less than 5 mg.

### Instructions for use

The recommended minimum intake mass for analysis of radionuclides is 50 and 10 g for gamma and alpha, beta-emitters respectively.

Analysts are reminded to take appropriate precautions in order to avoid contamination of the material during handling. No special precautions are required for the storage of this material.

### References

- [1] Ballestra S., Gastaud J., Parsi P. and Vas D., Report on the Intercomparison Run IAEA-315: Radionuclides in Marine Sediment. IAEA/AL/065 (IAEA/MEL/61). IAEA, Monaco 1996.

The Gamma Rays of Radionuclides  
 Tables for Applied Gamma Ray Spectrometry

Berhard Erdmann & Werner Soyka  
 Topical Presentation in Nuclear Chemistry Kernchemie in Einzeldarstellungen  
 Verlag Chemie, Weinheim  
 New York, 1979

201 Pb

1.26100	6.12000 A	7	0.47690	0.32000 A	1.79310	0.40000 A	0.10954	0.37000 A
1.28500	6.01800 A	7	0.49489	0.66000 A	1.84000	0.14000 A	0.14228	2.43000 A
-----			0.50315	0.19000 A	1.85930	0.23000 A	0.14763	29.00000 A
82 PB 198			0.51090	2.90000 A	1.89130	0.72000 A	0.15529	0.03600 A
-----			0.52128	0.75000 A	1.89870	0.15000 A	0.16132	0.23000 A
HALF LIFE:	2.4H		0.53700	0.12000 A	1.93069	0.20000 A	0.19339	0.02600 A
GEN:	CHA TL203		0.57498	0.18000 A	1.95950	0.12000 A	0.23562	3.30000 A
DAU:	TL198		0.60586	0.07000 A	1.97870	0.13000 A	0.25719	3.42000 A
PAR:			0.64130	0.11000 A	2.00061	0.33000 A	0.26836	3.04000 A
REF:	77 HA 1		0.68520	0.17000 A	2.01960	0.17000 A	0.28924	0.82000 A
0.03080	0.07200 A		0.72024	11.60000 A	2.03140	0.42000 A	0.28992	1.32000 A
0.07083	28.73000 A	X	0.72450	0.20000 A	2.04260	0.23000 A	0.30293	0.13000 A
0.07284	52.24000 A	X	0.73540	0.20000 A	2.04680	0.23000 A	0.31560	0.17000 A
0.08250	18.29000 A	X	0.75392	2.84000 A	2.06250	0.18000 A	0.34823	0.12000 A
0.08490	5.22000 A	X	0.76198	4.00000 A	2.06695	0.12000 A	0.37792	0.02000 A
0.10730	0.00720 A		0.77720	0.54000 A	2.07840	0.18000 A	0.45056	2.55000 A
0.11690	1.17000 A		0.78148	3.32000 A	2.09020	0.29000 A	0.45780	0.09000 A
0.12260	0.11340 A		0.79250	0.10000 A	2.10030	0.08000 A	0.52554	0.32000 A
0.13830	0.14940 A		0.83383	0.33000 A	2.15860	0.08000 A	0.60544	0.43000 A
0.17340	18.00000 A		0.83868	1.60000 A	2.20650	0.15000 A	-----	
0.21650	0.04140 A		0.87477	2.92000 A	2.22670	0.05000 A	82 PB 201	
0.25950	5.76000 A		0.91180	0.66000 A	2.23729	1.10000 A	-----	
0.26670	0.86400 A		0.93789	3.77000 A	2.24430	0.06000 A	HALF LIFE:	9.4H
0.27540	0.39600 A		0.98445	0.10000 A	2.30370	0.09000 A	GEN:	CHA TL203
0.29030	36.00000 A		0.99560	0.21000 A	2.34160	0.27000 A	DAU:	TL201
0.36540	19.26000 A		1.00513	2.40000 A	2.36190	0.16000 A	PAR:	
0.38200	5.58000 A		1.02921	2.89000 A	2.36700	0.15000 A	REF:	71 AU 4,71 HN 1
0.38950	0.54000 A		1.04809	0.52000 A	2.39920	0.14000 A	0.05892	
0.39650	0.21600 A		1.05266	0.50000 A	2.43310	0.27000 A	0.07083	25.00000 A
0.39770	2.88000 A		1.11510	1.13000 A	2.54760	0.05000 A	0.07287	46.00000 A
0.46780	0.72000 A		1.12100	2.68000 A	2.56680	0.05000 A	0.08250	16.00000 A
0.57500	3.06000 A		1.13504	14.00000 A	2.64320	0.06000 A	0.08490	4.60000 A
0.60590	0.55800 A		1.16127	1.54000 A	2.75190	0.03000 A	0.12989	1.30000 A
0.64900	1.80000 A		1.17070	0.55000 A	-----			
0.74300	1.45800 A		1.17720	0.12000 A	82 PB 199M			
0.86530	5.94000 A		1.19723	0.83000 A	-----			
-----			1.20960	0.46000 A	HALF LIFE:	12.2M	0.23180	0.07400 A
82 PB 199			1.21520	0.18000 A	GEN:	CHA TL203	0.24100	0.22000 A
-----			1.23912	7.78000 A	DAU:	PB199	0.28515	0.20000 A
HALF LIFE:	1.5H		1.26540	0.32000 A	PAR:		0.30899	0.07500 A
GEN:	CHA TL203		1.29150	0.55000 A	REF:	68 LE 1,71 LE 3	0.33115	82.00000 A
DAU:	TL199		1.31128	0.70000 A	0.07280	10.70000 A	0.34154	0.09000 A
PAR:			1.32570	0.33000 A	0.07497	19.50000 A	0.34502	0.16000 A
REF:	71 LE 3		1.32830	0.33000 A	0.08480	6.80000 A	0.36125	10.70000 A
0.07083	23.00000 A	X	1.35860	0.62000 A	0.08730	1.95000 A	0.38152	0.23000 A
0.07284	42.00000 A	X	1.38271	5.10000 A	0.42410	17.10000 A	0.39460	0.27000 A
0.08250	15.00000 A	X	1.40194	1.80000 A	-----			
0.08490	4.20000 A	X	1.48120	0.24000 A	82 PB 200			
0.12054	0.10000 A		1.50204	3.83000 A	-----			
0.13073	0.05000 A		1.50620	0.38000 A	HALF LIFE:	21.5H	0.51100	
0.15214	0.11000 A		1.51712	0.83000 A	GEN:	CHA TL203	0.51430	0.16000 A
0.20220	0.05000 A		1.52410	0.29000 A	CHA HG202		0.53750	0.03500 A
0.22283	0.12000 A		1.53123	0.92000 A	DAU:	TL200	0.54100	0.22000 A
0.24080	0.28000 A		1.55330	0.15000 A	PAR:		0.54640	0.25000 A
0.26760	0.69000 A		1.56330	0.14000 A	REF:	70 DO 2,68 LE 1	0.57320	0.11500 A
0.35339	16.90000 A		1.57750	0.10000 A	0.58460		0.58460	3.52000 A
0.36140	0.06000 A		1.59258	0.47000 A	0.59769		0.60260	0.35000 A
0.36690	79.00000 A		1.60261	0.73000 A	0.60260		0.63787	0.31000 A
0.39030	0.30000 A		1.61067	1.02000 A	0.63787		0.69241	2.70000 A
0.40054	2.30000 A		1.63180	0.16000 A	0.70885		0.70885	0.74000 A
0.43090	0.35000 A		1.64720	0.20000 A	0.72757		0.72757	0.18000 A
0.43320	0.30000 A		1.65843	10.00000 A	0.75330		0.75330	0.11000 A
			1.69528	0.60000 A	0.76725		0.76725	3.25000 A
			1.72530	0.12000 A	0.78730		0.78730	0.63000 A
			1.74970	4.14000 A				
			1.76848	0.40000 A				

<p>0.80366 1.50000 A 0.82030 0.82624 2.30000 A 0.90767 6.00000 A 0.94595 7.50000 A 0.96928 0.09000 A 0.97950 0.04000 A 0.99923 0.63000 A 1.07004 1.15000 A 1.08530 0.03300 A 1.08882 0.88000 A 1.09852 1.85000 A 1.11475 0.14000 A 1.14875 0.77000 A 1.15749 0.11000 A 1.23882 1.13000 A 1.27711 1.57000 A 1.28635 0.05500 A 1.30832 0.50000 A 1.33000 0.03500 A 1.34088 0.42000 A 1.37700 0.05300 A 1.40130 0.12000 A 1.42040 0.02000 A 1.42371 0.01000 A 1.42502 0.08000 A 1.43410 0.01000 A 1.44583 0.04000 A 1.47985 0.15000 A 1.61720 0.01600 A 1.67202 0.02000 A 1.76470 0.02500 A</p>	<p>----- 82 PB 202M ----- HALF LIFE: 3.62H GEN: CHA TL203 DAU: TL202 PAR: REF: 68 TI 1,71 AU 5</p> <p>0.07083 3.20000 A X 0.07280 2.50000 A X 0.07287 6.00000 A X 0.07497 4.00000 A X 0.08250 2.00000 A X 0.08480 1.50000 A X 0.08490 0.60000 A X 0.08730 0.40000 A X 0.12930 0.10000 A 0.14890 0.30000 A 0.24030 0.40000 A 0.24110 1.10000 A 0.33560 0.25000 A 0.38950 7.00000 A 0.42210 86.00000 A 0.45980 8.00000 A 0.49040 10.00000 A 0.54720 0.20000 A 0.65750 35.00000 A 0.78690 50.00000 A 0.96070 89.00000 A</p> <p>----- 82 PB 203 ----- HALF LIFE: 2.171D GEN: NFA PB204 CHA TL203 DAU: PAR: REF: 69 GU 1,71 AU 3</p> <p>0.07083 26.00000 A X 0.07287 47.00000 A X 0.08250 16.50000 A X 0.08490 4.70000 A X 0.27918 80.80000 A 0.40131 3.80000 A 0.68050 0.80000 A</p> <p>----- 82 PB 203M ----- HALF LIFE: 6.2S GEN: NFA PB204 DAU: PB203 PAR: BI 203 11.76H REF: 71 AU 3</p> <p>0.06000 0.01000 A 0.07280 4.50000 A X 0.07497 8.10000 A X 0.08480 2.80000 A X 0.08730 0.80000 A X 0.12640 0.03000 A 0.18640 0.10000 A 0.63380 0.30000 A</p>	<p>0.82020 8.20000 A 0.82520 73.00000 A</p> <p>----- 82 PB 204 ----- HALF LIFE: 1.4E+17A GEN: NAT 1.4 DAU: PAR: REF: NO GAMMA LINES</p> <p>----- 82 PB 204M ----- HALF LIFE: 1.15H GEN: NFA PB204 CHA TL203 PHO PB204 DAU: PAR: REF: 69 GU 1,65 LE 1, 71 MA 2</p> <p>0.07280 2.70000 A X 0.07497 5.00000 A X 0.08480 1.75000 A X 0.08730 0.50000 A X 0.28930 0.66000 A&lt; 0.37470 94.20000 A 0.62220 0.75000 A 0.66300 0.89590 99.30000 A 0.91140 3.00000 A</p> <p>----- 82 PB 205 ----- HALF LIFE: 1.4E+07A GEN: NTH PB204 DAU: PAR: REF: NO GAMMA LINES</p> <p>----- 82 PB 207M ----- HALF LIFE: 0.8S GEN: NFA PB208 NFA PB207 PHO PB207 DAU: PAR: REF: 71 SC 1</p> <p>0.07280 2.50000 A X 0.07497 4.50000 A X 0.08480 1.60000 A X 0.08730 0.45000 A X 0.56967 98.00000 A 1.06362 90.00000 A</p>	<p>----- 82 PB 209 ----- HALF LIFE: 3.25H GEN: NTH PB208 CHA PB208 DAU: PAR: REF: NO GAMMA LINES</p> <p>----- 82 PB 210 ----- HALF LIFE: 20.4A GEN: NAT U 238 DAU: BI210 PO210 PAR: RA 226 1600.A U 238 4.51E+09A REF: 68 LE 1,77 KO 1</p> <p>0.01080 24.30000 A X 0.04652 4.00000 A</p> <p>----- 82 PB 211 ----- HALF LIFE: 36.1M GEN: NAT U 235 DAU: BI211 PO211 TL207 PAR: REF: 67 DA 1,77 KO 1</p> <p>0.06570 0.01300 A 0.07686 0.17000 A X 0.07929 0.31000 A X 0.08960 0.11000 A X 0.09240 0.03500 A X 0.31350 0.03500 A 0.40480 3.00000 A 0.42710 1.40000 A 0.61000 0.04000 A 0.70330 0.33000 A 0.76620 0.50000 A 0.83180 2.80000 A 0.86600 0.00400 A 1.01480 0.01700 A 1.08090 0.01000 A 1.10960 0.10000 A 1.19650 0.01000 A 1.27120 0.00700 A</p> <p>----- 82 PB 212 ----- HALF LIFE: 10.64H GEN: NAT TH232 DAU: BI212 PO212 TL208 PAR: TH 226 1.913A REF: 72 PA 2</p> <p>0.07481 9.60000 A X</p>
--	---	---	---

0.07711 17.50000 A X  
 0.08720 6.30000 A X  
 0.08980 1.75000 A X  
 0.11518 0.58000 A  
 0.17666 0.05000 A  
 0.21863 43.10000 A  
 0.30009 3.27000 A  
 0.41520 0.02000 A<

82 PB 213

HALF LIFE: 10.2M  
 GEN:  
 DAU:  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

82 PB 214

HALF LIFE: 26.8M  
 GEN: NAT U 238  
 DAU: BI214  
 PO214  
 PAR: RN 222 3.824D  
 RA 226 1600.A  
 REF: 77 TO 1,77 KO 1

0.01080 13.60000 A X  
 0.05120 1.10000 A  
 0.07481 6.33000 A X  
 0.07711 10.70000 A X  
 0.08720 3.70000 A X  
 0.08980 1.03000 A X  
 0.13740 0.06000 A  
 0.14130 0.04000 A  
 0.19630 0.05000 A  
 0.20559 0.01500 A<  
 0.23840 0.01500 A<  
 0.24192 7.47000 A  
 0.25082 0.55600 A  
 0.27451 0.12000 A  
 0.29522 19.20000 A  
 0.29836 0.02300 A<  
 0.30540 0.02300 A  
 0.31420 0.08000 A  
 0.32430 0.02000 A  
 0.35199 37.10000 A  
 0.46210 0.17000 A  
 0.47060 0.01000 A  
 0.48050 0.34000 A  
 0.48725 0.44000 A  
 0.51100 0.03000 A  
 0.53380 0.19000 A  
 0.53870 0.00500 A  
 0.54400 0.02300 A  
 0.58030 0.36000 A  
 0.76840 0.08000 A  
 0.78595 1.09000 A  
 0.83903 0.59000 A

83 BI 189

HALF LIFE: <1.5S  
 GEN:  
 DAU:  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

83 BI 190

HALF LIFE: 5.4S  
 GEN:  
 DAU: TL186  
 PB190  
 TL190  
 PAR:  
 REF: 74 SE 1

0.07280 X  
 0.07497 X  
 0.08480 X  
 0.08730 X

83 BI 191

HALF LIFE: 13.5  
 GEN:  
 DAU: PB191  
 TL191  
 TL187  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

83 BI 191M

HALF LIFE: 29.5  
 GEN:  
 DAU: PB191  
 TL191  
 HG191  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

83 BI 192

HALF LIFE: 42.5  
 GEN:  
 DAU: PB192  
 TL192  
 TL188  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

83 BI 193

HALF LIFE: 1.067M  
 GEN:  
 DAU: TL193  
 TL189  
 HG189  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

83 BI 193M

HALF LIFE: 3.5S  
 GEN:  
 DAU: TL193  
 TL189  
 HG189  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

83 BI 194

HALF LIFE: 1.8M  
 GEN: CHA TA  
 DAU: PB194  
 TL194  
 TL190  
 PAR:  
 REF: 72 AU 1

0.07280 X  
 0.07497 X  
 0.08480 X  
 0.08730 X  
 0.28000 71.00000 R  
 0.57540 80.00000 R  
 0.59400 23.00000 R  
 0.96510 100.00000 R

83 BI 195

HALF LIFE: 2.8M  
 GEN:  
 DAU: PB195  
 TL195  
 HG195  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

83 BI 195M

HALF LIFE: 5.5M  
 GEN:  
 DAU: PB195  
 TL195  
 HG195  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

83 BI 196

HALF LIFE: 4.6M  
 GEN: CHA TA181  
 CHA RE185  
 DAU: PB196  
 TL196  
 PAR:  
 REF: 72 SC 1

0.07280 X  
 0.07494 X  
 0.08480 X  
 0.08730 X  
 0.13800 11.00000 R  
 0.33650 15.00000 R  
 0.37100 48.00000 R  
 0.68850 64.00000 R  
 1.04900 100.00000 R

83 BI 197M

HALF LIFE: 10.M  
 GEN:  
 DAU: PB197  
 TL197  
 HG197  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

83 BI 198

HALF LIFE: 12.0M  
 GEN: CHA TL  
 DAU: PB198  
 TL198  
 PAR:  
 REF: 70 HA 4,71 AU 7,  
 77 HA 1

0.07280 24.00000 R X  
 0.07497 44.00000 R X  
 0.08480 15.00000 R X  
 0.08730 4.40000 R X  
 0.09000 8.00000 R  
 0.13800 2.30000 R  
 0.15795 0.90000 R<  
 0.19769 80.00000 R  
 0.24780 2.20000 R  
 0.31798 37.50000 R  
 0.43418 7.30000 R  
 0.54620 2.70000 R  
 0.56240 79.00000 R  
 0.91750 5.50000 R  
 1.06350 100.00000 R

----- 83 BI 198M ----- HALF LIFE: 7.7S GEN: DAU: BI198 PB198 TL198 PAR: REF: 74 SE 1  0.24800 -----	0.41980 91.00000 A 0.46230 98.00000 A 0.48040 2.30000 A 0.49430 1.20000 A 0.51920 0.50000 A 0.53910 1.70000 A 0.54550 4.50000 A 0.64270 0.80000 A 0.64800 2.60000 A 0.78100 2.00000 A 0.78860 1.00000 A 0.81100 0.70000 A 0.93170 2.60000 A 0.93530 1.40000 A 1.02650 100.00000 A -----	0.22290 0.70000 A 0.24030 4.10000 A 0.24897 3.00000 A 0.32025 3.10000 A 0.34662 4.70000 A 0.42218 84.40000 A 0.43824 1.70000 A 0.51430 1.70000 A 0.56927 4.70000 A 0.57855 7.30000 A 0.65751 59.60000 A 0.67598 1.30000 A 0.70270 1.40000 A 0.85254 2.10000 A 0.85820 1.50000 A 0.92724 7.20000 A 0.95430 8.30000 A 0.96067 99.30000 A 0.98387 1.00000 A 1.00470 1.20000 A 1.07250 1.10000 A 1.22451 1.40000 A 1.24554 2.40000 A 1.51510 0.90000 A 1.55700 1.70000 A 1.58590 1.50000 A -----	0.48395 0.29000 A 0.49808 0.92000 A 0.50772 0.42000 A 0.51100 1.40000 A 0.51380 1.83000 A 0.54290 0.29000 A 0.56936 1.45000 A 0.59547 0.70000 A 0.61999 0.46000 A 0.62682 0.35000 A 0.63376 1.39000 A 0.64672 0.28000 A 0.69666 0.23000 A 0.71878 0.86000 A 0.72235 5.10000 A 0.73992 0.32000 A 0.74620 1.28000 A 0.75454 0.27000 A 0.75820 0.29000 A 0.76888 0.69000 A 0.77205 0.42000 A 0.77948 0.22000 A 0.81645 3.75000 A 0.82020 30.00000 A 0.82520 16.40000 A 0.84703 6.90000 A 0.86663 1.63000 A 0.86997 0.85000 A 0.89690 13.70000 A 0.90590 1.10000 A 0.92732 0.23000 A 0.93345 1.45000 A 0.93583 0.63000 A 0.94080 0.32000 A 0.95189 0.32000 A 1.00020 0.90000 A 1.00712 0.11000 A 1.03369 8.10000 A 1.06927 1.37000 A 1.07459 0.47000 A 1.08780 0.35000 A 1.09118 0.27000 A 1.11171 1.00000 A 1.12020 0.85000 A 1.12389 0.33000 A 1.15300 0.23000 A 1.16687 0.21000 A 1.18446 0.53000 A 1.18806 0.18000 A 1.19843 2.00000 A 1.20323 1.34000 A 1.21510 0.11000 A 1.22380 0.61900 A 1.22869 0.16000 A 1.24592 0.61600 A 1.25380 1.17000 A 1.30330 0.43000 A 1.31020 0.13000 A 1.34358 0.09600 A 1.37055 0.18000 A 1.37315 0.33000 A 1.38177 0.47000 A 1.38540 0.38000 A 1.39587 0.24000 A 1.40788 0.75000 A 1.40998 0.47000 A
----- 83 BI 199 ----- HALF LIFE: 27.M GEN: DAU: PB199 TL199 PAR: REF: 74 SE 1  0.07280 X 0.07497 X 0.08480 X 0.08730 X -----	----- 83 BI 201 ----- HALF LIFE: 1.85H GEN: CHA PB DAU: PB201M PB201 TL203 PAR: REF: 68 LE 1, INCL. LINES OF PB201M  0.07280 8.00000 A X 0.07497 15.00000 A X 0.08480 5.00000 A X 0.08730 1.50000 A X 0.62900 51.00000 A -----	----- 83 BI 203 ----- HALF LIFE: 11.76H GEN: CHA PB DAU: PB203M PB203 PAR: REF: 71 AU 3, INCL. LINES OF PB203M  0.00500 0.05997 0.07280 24.00000 A X 0.07497 44.00000 A X 0.08480 15.00000 A X 0.08730 4.40000 A X 0.10044 0.65000 A 0.11990 0.24000 A 0.12644 4.20000 A 0.13676 0.64000 A 0.18635 6.10000 A 0.19598 0.15000 A 0.20119 0.21000 A 0.21242 0.56000 A 0.25222 0.27000 A 0.26385 6.20000 A 0.27092 0.61000 A 0.29525 0.13000 A 0.29862 0.09300 A 0.32359 0.13000 A 0.33829 0.49000 A 0.38134 1.10000 A 0.39211 0.30000 A 0.40609 0.51000 A 0.41625 0.12000 A 0.43265 0.18000 A 0.46159 0.18000 A 0.47715 0.12000 A	----- 83 BI 200 ----- HALF LIFE: 36.M GEN: CHA PB DAU: PB200 TL200 PAR: REF: 70 HA 4, 71 MA 5  0.07280 23.00000 A X 0.07497 41.00000 A X 0.08480 14.00000 A X 0.08730 4.00000 A X 0.09810 0.30000 A 0.10330 1.30000 A 0.11440 1.20000 A 0.20110 0.90000 A 0.24520 46.00000 A 0.27340 1.20000 A 0.29440 0.90000 A 0.30340 2.20000 A 0.34830 2.50000 A
----- 83 BI 200 ----- HALF LIFE: 36.M GEN: CHA PB DAU: PB200 TL200 PAR: REF: 70 HA 4, 71 MA 5  0.07280 23.00000 A X 0.07497 41.00000 A X 0.08480 14.00000 A X 0.08730 4.00000 A X 0.09810 0.30000 A 0.10330 1.30000 A 0.11440 1.20000 A 0.20110 0.90000 A 0.24520 46.00000 A 0.27340 1.20000 A 0.29440 0.90000 A 0.30340 2.20000 A 0.34830 2.50000 A	----- 83 BI 201M ----- HALF LIFE: 59.M GEN: DAU: BI201 PB201 TL201 PAR: REF: 74 SE 1  0.84600 -----	----- 83 BI 202 ----- HALF LIFE: 1.8H GEN: CHA PB204 CHA BI DAU: PB202M TL202 PAR: REF: 71 AU 5  0.07280 25.00000 A X 0.07497 47.00000 A X 0.08480 16.00000 A X 0.08730 4.60000 A X 0.09757 0.20000 A 0.12520 1.40000 A 0.15810 0.30000 A 0.16810 4.80000 A	----- 83 BI 200 ----- HALF LIFE: 36.M GEN: CHA PB DAU: PB200 TL200 PAR: REF: 70 HA 4, 71 MA 5  0.07280 23.00000 A X 0.07497 41.00000 A X 0.08480 14.00000 A X 0.08730 4.00000 A X 0.09810 0.30000 A 0.10330 1.30000 A 0.11440 1.20000 A 0.20110 0.90000 A 0.24520 46.00000 A 0.27340 1.20000 A 0.29440 0.90000 A 0.30340 2.20000 A 0.34830 2.50000 A

1.42139 0.19000 A  
 1.43179 0.07800 A  
 1.43830 0.55000 A  
 1.46505 0.64000 A  
 1.46923 0.51000 A  
 1.49635 0.52000 A  
 1.50694 3.16000 A  
 1.51037 0.34000 A  
 1.53668 7.26000 A  
 1.55212 1.92000 A  
 1.56278 0.13000 A  
 1.58206 0.14000 A  
 1.58948 0.31000 A  
 1.63434 0.47000 A  
 1.64631 0.19000 A  
 1.66732 0.09600 A  
 1.67209 0.15000 A  
 1.67980 7.88000 A  
 1.70913 0.08400 A  
 1.71602 0.41000 A  
 1.71964 3.58000 A  
 1.73952 0.23000 A  
 1.74355 0.26000 A  
 1.74882 1.78000 A  
 1.77100 0.45000 A  
 1.78789 0.12000 A  
 1.80030 1.00000 A  
 1.80255 1.15000 A  
 1.81690 0.50000 A  
 1.84201 0.68000 A  
 1.84758 10.90000 A  
 1.85670 0.26000 A  
 1.88821 2.45000 A  
 1.89328 8.15000 A  
 1.90832 0.34000 A  
 1.92304 0.11000 A  
 1.92850 1.22000 A  
 1.96800 0.17000 A  
 1.98326 0.84000 A  
 1.99121 0.09300 A  
 1.99294 0.83000 A  
 2.00094 0.83000 A  
 2.01151 1.65000 A  
 2.01151 0.54000 A  
 2.07800 0.12000 A  
 2.08477 0.12000 A  
 2.11304 0.12000 A  
 2.11798 0.16000 A  
 2.14422 0.21000 A  
 2.18167 0.15000 A  
 2.22502 0.12000 A  
 2.33152 0.32000 A  
 2.36231 0.05000 A  
 2.37267 0.04500 A  
 2.52669 0.04800 A  
 2.56869 0.04800 A  
 2.58406 0.06000 A  
 2.66773 0.14000 A  
 2.71333 0.11000 A  
 2.75361 0.04200 A  
 2.79285 0.00900 A  
 2.94418 0.03000 A  
 3.13366 0.00600 A  
 3.15361 0.00300 A

-----  
 83 BI 204  
 -----  
 HALF LIFE: 11.3H  
 GEN: CHA TL20J  
 CHA PB206  
 DAU: PB204M  
 PAR:  
 REF: 71 MA 2  
 -----  
 0.07280 22.00000 A X  
 0.07497 40.00000 A X  
 0.07854 0.30000 A  
 0.08020 0.80000 A  
 0.08480 14.00000 A X  
 0.08730 4.00000 A X  
 0.09090 0.02000 A  
 0.09220 0.02000 A  
 0.09654 0.03000 A  
 0.10020 0.16000 A  
 0.10910 0.20000 A  
 0.11980 0.08000 A  
 0.13960 0.14000 A  
 0.14080 0.95000 A  
 0.14450  
 0.14540 0.03000 A  
 0.14736 0.14000 A  
 0.14960 0.07000 A  
 0.16492 0.14000 A  
 0.16840 0.13000 A  
 0.16983 0.28000 A  
 0.17617 1.10000 A  
 0.18480 0.25000 A  
 0.20900  
 0.21120  
 0.21270 0.30000 A  
 0.21611 1.40000 A  
 0.21946 2.30000 A  
 0.22215 0.95000 A  
 0.22480 0.12000 A  
 0.22746 0.22000 A  
 0.24040 0.31000 A  
 0.24891 2.10000 A  
 0.25290 0.18000 A  
 0.25750 0.08000 A  
 0.28632 0.29000 A  
 0.28925 2.80000 A  
 0.29135 1.00000 A  
 0.30445 0.12000 A  
 0.32085 0.13000 A  
 0.33107 0.38000 A  
 0.34059 0.12000 A  
 0.36800 0.60000 A  
 0.37474 75.00000 A  
 0.38930 0.15000 A  
 0.40582 0.25000 A  
 0.40840 0.03000 A  
 0.41224 0.30000 A  
 0.42155 1.10000 A  
 0.43253 0.05000 A  
 0.43846 0.80000 A  
 0.44034 2.50000 A  
 0.44708 0.50000 A  
 0.45592 0.19000 A  
 0.46170 0.12000 A  
 0.46823 0.50000 A

0.47350 0.10000 A  
 0.47775 0.18000 A  
 0.50176 0.80000 A  
 0.50790 0.03000 A  
 0.51067 0.45000 A  
 0.52222 0.65000 A  
 0.53272 1.40000 A  
 0.54327 0.30000 A  
 0.54874 0.45000 A  
 0.58502 0.32000 A  
 0.59513 0.38000 A  
 0.59783 0.40000 A  
 0.60473 0.22000 A  
 0.61188 0.25000 A  
 0.62220 0.03000 A  
 0.63188 0.08000 A  
 0.65488 0.13000 A  
 0.66155 0.26000 A  
 0.66343 0.85000 A  
 0.67070 10.60000 A  
 0.68339 0.22000 A  
 0.69075 0.95000 A  
 0.70913 0.14000 A  
 0.71048 0.14000 A  
 0.71843 0.90000 A  
 0.72515 0.90000 A  
 0.73607 0.70000 A  
 0.74523 0.70000 A  
 0.75378 1.10000 A  
 0.76537 0.50000 A  
 0.77131 0.40000 A  
 0.79116 3.20000 A  
 0.82113 0.60000 A  
 0.82305 0.50000 A  
 0.82762 0.50000 A  
 0.83195 1.00000 A  
 0.83410 1.00000 A  
 0.84106  
 0.84716 0.60000 A  
 0.85990 0.30000 A  
 0.89915 99.00000 A  
 0.91174 13.60000 A  
 0.91196 11.20000 A  
 0.91826 10.80000 A  
 0.92416 0.07000 A  
 0.93413 0.30000 A  
 0.94100 0.10000 A  
 0.95033 0.16000 A  
 0.95877 0.20000 A  
 0.96432 0.53000 A  
 0.97200 0.30000 A  
 0.97945 4.50000 A  
 0.98398 58.40000 A  
 0.99034 1.10000 A  
 1.01419 0.08000 A  
 1.02193 0.20000 A  
 1.02400 0.08000 A  
 1.02759 0.07000 A  
 1.03734 0.40000 A  
 1.04363 1.20000 A  
 1.04904 0.20000 A  
 1.05655 0.20000 A  
 1.06017 0.50000 A  
 1.06422 1.00000 A  
 1.09210 0.10000 A  
 1.09508 0.20000 A

1.10218 0.50000 A  
 1.11127 1.40000 A  
 1.12750 0.30000 A  
 1.13289 0.90000 A  
 1.13977 0.60000 A  
 1.14654 0.16000 A  
 1.15766 0.50000 A  
 1.16701 0.20000 A  
 1.18124 0.07000 A  
 1.19898 0.24000 A  
 1.20384 2.10000 A  
 1.21174 3.10000 A  
 1.22810  
 1.23292 0.42000 A  
 1.24030 0.12000 A  
 1.25908 0.45000 A  
 1.26171 0.14000 A  
 1.27481 2.25000 A  
 1.29061 0.20000 A  
 1.29921 0.13000 A  
 1.32822 0.40000 A  
 1.33453 0.30000 A  
 1.34793 0.24000 A  
 1.35113 0.50000 A  
 1.35335 0.90000 A  
 1.37368 0.45000 A  
 1.38001 0.20000 A  
 1.38362 0.15000 A  
 1.41474 1.00000 A  
 1.44612 0.09000 A  
 1.44752 0.20000 A  
 1.45340  
 1.46636 0.35000 A  
 1.46882 0.40000 A  
 1.47508 0.09000 A  
 1.48778 0.20000 A  
 1.51753 0.35000 A  
 1.52405 0.92000 A  
 1.53654 0.45000 A  
 1.56919 0.13000 A  
 1.57286 0.25000 A  
 1.58945 0.35000 A  
 1.60719 0.22000 A  
 1.61215 0.20000 A  
 1.63938 0.40000 A  
 1.64562 0.70000 A  
 1.65200 0.60000 A  
 1.65487 0.60000 A  
 1.65650 0.10000 A  
 1.66030 0.14000 A  
 1.66928 0.08000 A  
 1.67507 0.06000 A  
 1.68587 0.15000 A  
 1.68912 0.60000 A  
 1.70014 0.25000 A  
 1.70332 0.20000 A  
 1.70985 0.10000 A  
 1.71522 0.14000 A  
 1.73153 0.60000 A  
 1.74982 0.30000 A  
 1.75529 1.25000 A  
 1.76097 0.30000 A  
 1.77849 0.30000 A  
 1.78033 0.35000 A  
 1.79150  
 1.79691 0.10000 A

1.80395	0.05000	A		0.81381	0.50000	A	0.10720	0.05000	A<
1.81818	0.55000	A	-----	0.82821	0.20000	A	0.12363	0.02300	A
1.82655	0.60000	A	83 BI 205	0.85278	0.05000	A	0.14750	0.25000	A
1.83659	0.07000	A	-----	0.86010	0.60000	A	0.15750	0.10000	A
1.85100	0.09000	A	HALF LIFE: 15.31D	0.87186	0.30000	A	0.15830	0.10000	A
1.85686	0.27000	A	GEN: CHA TH232	0.89009	0.50000	A	0.18400	19.20000	A
1.88176	0.10000	A	CHA PB206	0.89465	0.60000	A	0.20244	0.04400	A
1.89050	0.10000	A	CHA BI209	0.90178	0.10000	A	0.23425	0.30000	A
1.89631	1.40000	A	DAU: PB205	0.91080	4.00000	A	0.26275	3.20000	A
1.90723	0.15000	A	PAR:	0.92203	0.05000	A	0.31367	0.35000	A
1.91643	0.05000	A	REF: 68 LE 1,69 AR 3,	0.93125	0.05000	A	0.33985		
1.92587	0.60000	A	71 RU 1,71 SC 3	0.95076	0.30000	A	0.34350	24.00000	A
1.94127	0.80000	A	0.02622	0.97149	0.25000	A	0.38620	0.50000	A
1.95230	0.09000	A	0.07280 43.00000 A X	0.97851	0.03000	A	0.39794	10.50000	A
1.95674	0.35000	A	0.07497 78.00000 A X	0.98780	17.00000	A	0.43489	0.02300	A
1.95810	0.40000	A	0.08480 27.00000 A X	1.00190	0.60000	A	0.44214	0.03800	A
1.96477	0.40000	A	0.08730 8.00000 A X	1.01400	1.00000	A	0.45284	0.13000	A
1.98800	0.03000	A	0.11515 0.06000 A	1.03172	0.03000	A	0.46292	0.05400	A
2.00960	0.08000	A	0.12247 0.01000 A	1.04366	8.00000	A	0.48038	0.09000	A
2.01410	0.05000	A	0.12974 0.01000 A	1.05161	0.04000	A	0.49720	15.50000	A
2.02820	0.14000	A	0.14732 0.02000 A	1.06595	0.09000	A	0.51610	40.00000	A
2.04600	0.07000	A	0.14951 0.00500 A	1.07200	0.30000	A	0.53743	29.00000	A
2.06420	0.03000	A	0.15727 0.01000 A	1.10754	0.12000	A	0.55530	0.03800	A
2.08420	0.02000	A	0.16511 0.01000 A	1.18994	2.50000	A	0.57636	0.11300	A
2.09260	0.03000	A	0.18530 0.07000 A	1.19981	0.10000	A	0.58197	0.49000	A
2.10060	0.04000	A	0.20580 0.03000 A	1.20857	0.40000	A	0.62045	5.80000	A
2.13760	0.03000	A	0.22120 0.03000 A	1.21629	0.06000	A	0.63225	4.40000	A
2.16940	0.04000	A	0.23600 0.05000 A	1.25327	PAIR PEAK		0.65715	1.90000	A
2.17220	0.03000	A	0.26050 2.30000 A	1.26442	0.30000	A	0.66430	0.09900	A
2.17690	0.05000	A	0.26280 0.70000 A	1.35147	1.40000	A	0.69650	0.63000	A
2.18370	0.03000	A	0.28230 0.70000 A	1.43861	0.09000	A	0.69665	PAIR PEAK	
2.25160	0.04000	A	0.28420 2.30000 A	1.50090	0.15000	A	0.73920	0.17000	A
2.26338	0.30000	A	0.31050 0.10000 A<	1.50300	0.35000	A	0.75490	0.50000	A
2.27940	0.04000	A	0.31300 0.05000 A	1.52212	0.15000	A	0.78066		
2.31290	0.07000	A	0.34940 1.10000 A<	1.55081	1.00000	A	0.78445	0.50000	A
2.32600	0.04000	A	0.35460 0.02500 A	1.56311	0.20000	A	0.80305	100.00000	A
2.43330	0.03000	A	0.36130 0.04000 A	1.57740	0.15000	A	0.81625	0.09000	A
2.44160	0.02000	A	0.48835 0.05000 A	1.59447	0.08000	A	0.84120	0.19000	A
2.45070	0.05000	A	0.49360 1.00000 A<	1.61434	4.00000	A	0.85800	0.08000	A
2.47260	0.04000	A	0.49880 0.15000 A	1.61906	0.25000	A	0.88100	67.60000	A
2.47560	0.03000	A	0.51170 4.00000 A	1.76427	27.00000	A	0.89500	15.30000	A
2.49390	0.02000	A	0.54986 2.70000 A	1.77580	2.80000	A	0.91500	0.03100	A
2.51774	0.20000	A	0.55372 0.12000 A	1.81827	0.04000	A	0.95550	0.19000	A
2.56614	0.10000	A	0.56126 0.05000 A	1.84476	0.02000	A	0.96422	0.03700	A
2.65510	0.04000	A	0.57058 4.50000 A	1.86169	6.00000	A	0.96660	0.22000	A
2.66820	0.02000	A	0.57370 0.50000 A	1.90335	2.00000	A	1.01860	7.50000	A
2.68090	0.40000	A	0.57630 0.30000 A	1.96595	0.01000	A	1.02530	0.04300	A
2.68682	0.30000	A	0.57978 4.80000 A	2.56547	0.04000	A	1.04740	0.05000	A
2.72120	0.03000	A	0.62672 0.50000 A	2.60678	0.02000	A	1.09331	0.07100	A
2.75880	0.10000	A	0.64607 0.05000 A				1.09820	13.30000	A
2.76530	0.02000	A	0.68890 0.15000 A	-----	-----	-----	1.14200	0.10000	A
2.79440	0.02000	A	0.70330 28.00000 A	83 BI 206			1.18070	0.06700	A
2.80210	0.02000	A	0.71735 0.20000 A	-----	-----	-----	1.19483	0.24000	A
2.83733	0.20000	A	0.72075 0.10000 A	HALF LIFE: 6.243D			1.20245	0.09500	A
2.85490	0.02000	A	0.72367 0.15000 A	GEN: CHA TH232			1.20765	PAIR PEAK	
2.86460	0.01000	A	0.72968 0.07000 A	CHA PB206			1.20875	0.05000	A
2.89800	0.01000	A	0.74227	DAU:			1.23900	0.10000	A
2.94800	0.01000	A	PAIR PEAK	PAR:			1.24630	0.10000	A
2.95560	0.02000	A	0.74500 0.60000 A	REF: 72 SE 2			1.28170	0.08000	A
2.97690	0.02000	A	0.75912 0.90000 A				1.33233	0.30000	A
2.99050	0.01000	A	0.76147 0.60000 A				1.40500	1.33000	A
3.01140	0.02000	A	0.77210 0.03000 A	0.03495	0.65000	A	1.42022	0.04300	A
3.06300	0.01000	A	0.78080 0.30000 A	0.04411	0.13000	A	1.45970	0.13000	A
			0.78776 0.10000 A	0.07280	36.00000	A X	1.49618	0.18000	A
			0.79569 0.10000 A	0.07497	65.00000	A X	1.56020	0.34000	A
			0.80092 0.10000 A	0.08480	23.00000	A X	1.56530	0.30000	A
			0.80643 0.15000 A	0.08730	6.50000	A X			



1.58840 0.05000 A  
 1.59525 5.30000 A  
 1.68400 0.20000 A  
 1.71865 14.00000 A  
 1.79120 0.14000 A  
 1.82621  
 1.84445 0.58000 A  
 1.87900 2.00000 A  
 1.90340 0.38000 A  
 1.96300 0.02500 A  
 2.02300 0.01000 A  
 2.43900 0.00600 A  
 2.47670 0.01500 A  
 2.59960 0.12000 A  
 2.75960 0.01000 A

83 BI 207  
 -----  
 HALF LIFE: 38. A  
 GEN: CHA TL205  
 CHA PB208  
 DAU: PB207M  
 PAR:  
 REF: 71 SC 1,69 GU 1,  
 76 MA 1

0.01060 35.00000 A X  
 0.07280 23.00000 A X  
 0.07497 38.60000 A X  
 0.08480 14.00000 A X  
 0.08730 4.00000 A X  
 0.51100 0.02000 A  
 0.56967 98.00000 A  
 0.89730 0.16000 A  
 1.06362 77.00000 A  
 1.44200 0.15000 A  
 1.77022 7.00000 A

83 BI 208  
 -----  
 HALF LIFE: 3.68E+05A  
 GEN: NFA BI209  
 DAU:  
 PAR:  
 REF: 68 LE 1

0.07280 19.00000 A X  
 0.07497 35.00000 A X  
 0.08480 12.00000 A X  
 0.08730 3.50000 A X  
 1.59200 PAIR PEAK  
 2.10300 PAIR PEAK  
 2.61400 100.00000 A

83 BI 210  
 -----  
 HALF LIFE: 5.012D  
 GEN:  
 DAU: PO210  
 TL206  
 PAR:  
 REF: 71 LE 2

0.26600  
 0.30500

83 BI 210M  
 -----  
 HALF LIFE: 3.5E+06A  
 GEN: NTH BI209  
 DAU: TL206  
 PAR:  
 REF: 71 LE 2,67 SP 2

0.07083 4.50000 A X  
 0.07287 8.00000 A X  
 0.08250 2.80000 A X  
 0.08490 0.80000 A X  
 0.26570 63.00000 A  
 0.30480 34.00000 A  
 0.32910 0.70000 A  
 0.34400 0.80000 A  
 0.36960 0.70000 A  
 0.53400 0.30000 A  
 0.63400 0.01000 A  
 0.64980 3.50000 A

83 BI 211  
 -----  
 HALF LIFE: 2.16M  
 GEN: NAT U 235  
 DAU: PO211  
 TL207  
 PAR: PB 211 36.1M  
 RA 223 11.43D  
 REF: 68 GO 1,77 KO 1

0.06540  
 0.07083 0.71000 A X  
 0.07287 1.20000 A X  
 0.08250 0.41000 A X  
 0.08490 0.12000 A X  
 0.09500

0.31360 0.01400 A  
 0.34270 0.02100 A  
 0.35110 12.20000 A  
 0.40480 4.10000 A  
 0.42690 1.90000 A  
 0.42910 0.00900 A  
 0.50360 0.00100 A  
 0.60930 0.03500 A  
 0.67520 0.01400 A  
 0.70430 0.50000 A  
 0.76640 0.68000 A  
 0.83180 3.30000 A  
 0.86520 0.01000 A  
 0.89730 0.32000 A  
 1.01410 0.02000 A  
 1.08000 0.01100 A  
 1.10910 0.11000 A  
 1.19550 0.01100 A  
 1.27000 0.01100 A

83 BI 212  
 -----  
 HALF LIFE: 60.55M  
 GEN: NAT TH232  
 DAU: PO212  
 TL208  
 PAR: PB 212 10.64H  
 TH 228 1.913A  
 REF: 72 PA 2,77 KO 1

0.03986 1.10000 A  
 0.07083 0.05300 A X  
 0.07287 0.09700 A X  
 0.07481 0.04100 A X  
 0.07711 0.07300 A X  
 0.08250 0.03400 A X  
 0.08490 0.01000 A X  
 0.08720 0.02600 A X  
 0.08980 0.00700 A X  
 0.12500 0.03000 A< ?  
 0.14490 0.01000 A  
 0.16400 0.00450 A  
 0.28808 0.33000 A  
 0.29510 0.02300 A  
 0.32796 0.14000 A  
 0.43350 0.01400 A  
 0.45283 0.35000 A  
 0.47350 0.04900 A  
 0.49320 0.02000 A< ?  
 0.72717 11.80000 A  
 0.78542 2.00000 A  
 0.89339 0.66000 A  
 0.95210 0.31000 A  
 1.07400 0.01500 A  
 1.07862 0.97000 A  
 1.51275 0.57000 A  
 1.620\*6 2.75000 A  
 1.679..J 0.07000 A  
 1.80000 0.00350 A<  
 1.80600 0.21000 A

83 BI 213  
 -----  
 HALF LIFE: 45.65M  
 GEN: NAT U 233  
 DAU: PO213  
 TL209  
 PB209  
 PAR:  
 REF: 66 WA 2,73 MA 1,  
 77 KO 1

0.07686 1.18000 A X  
 0.07929 2.00000 A X  
 0.08960 0.70000 A X  
 0.09240 0.20000 A X  
 0.29230 0.49000 A  
 0.30900 0.20000 A  
 0.32360 0.13000 A  
 0.44000 27.30000 A  
 0.65900 0.04000 A  
 0.80660 0.35000 A  
 1.10100 0.39000 A

83 BI 214  
 -----  
 HALF LIFE: 19.9M  
 GEN: NAT U 238  
 DAU: PO214  
 PB210  
 BI210  
 PAR: PB 214 26.8M  
 RA 226 1600.A  
 REF: 77 TO 1,77 KO 1

0.07686 0.35180 A X  
 0.07929 0.58970 A X  
 0.08960 0.20640 A X  
 0.09240 0.06192 A X  
 0.27370 0.17690 A  
 0.28094 0.08059 A  
 0.28690 0.03243 A  
 0.30443 0.03440 A  
 0.33361 0.09533 A  
 0.33490 0.05700 A  
 0.33850 0.03931 A  
 0.34710 0.05897 A  
 0.36420 0.00629 A  
 0.37660 0.00491 A  
 0.38700 0.36360 A  
 0.38910 0.41280 A  
 0.39400 0.00885 A  
 0.39601 0.03047 A  
 0.40574 0.16710 A  
 0.42650 0.10810 A  
 0.44040 0.02948 A  
 0.45477 0.31840 A  
 0.46969 0.13270 A  
 0.47438 0.11790 A  
 0.49460 0.00805 A  
 0.50220 0.01769 A  
 0.51100 0.14740 A  
 0.52040 0.00570 A  
 0.52500 0.01572 A  
 0.53694 0.07076 A  
 0.54340 0.08452 A  
 0.54710 0.03243 A  
 0.57283 0.08157 A  
 0.59600 0.01179 A  
 0.50932 46.09000 A  
 0.61578 0.06880 A  
 0.61710 0.03440 A  
 0.62640 0.00491 A  
 0.63120 0.01671 A  
 0.63314 0.05995 A  
 0.63937 0.03145 A  
 0.64918 0.05097 A  
 0.66140 0.04324 A  
 0.66545 1.56300 A  
 0.68322 0.07862 A  
 0.68770 0.00590 A  
 0.69330 0.00590 A  
 0.69790 0.03735 A  
 0.70311 0.47170 A  
 0.71080 0.07469 A  
 0.71986 0.40290 A  
 0.72340 0.04521 A  
 0.72780 0.01572 A  
 0.73365 0.04717 A

0.74150	0.03931 A	1.81370	0.01179 A	3.23330	0.00020 A	-----	84 PO 196		
0.75284	0.13270 A	1.83836	0.38330 A	3.26970	9.8E-05 A	-----	-----		
0.76836	4.88500 A	1.84744	2.12300 A	-----		-----	HALF LIFE:	5.5S	
0.78610	0.31450 A	1.87316	0.22600 A	83 BI 215		-----	GEN:		
0.79976	0.04128 A	1.89035	0.08943 A	-----		-----	DAU: PB192		
0.80617	1.22800 A	1.89630	0.17690 A	-----		-----	TL192		
0.81508	0.04029 A	1.89870	0.06290 A	HALF LIFE: 7.4M		-----	GEN:	HG192	
0.82118	0.15040 A	1.93580	0.05111 A	-----		-----	PAR:		
0.82620	0.09238 A	1.99470	0.00541 A	DAU: PO215		-----	REF: 74 SE 1		
0.83235	0.02260 A	2.00450	0.00295 A	PB211		-----			
0.84720	0.01671 A	2.01071	0.04914 A	BI211		-----			
0.90425	0.10520 A	2.01670		PAR:		-----	0.07481	X	
0.91580	0.02260 A	2.02180	0.01867 A	REF: NO GAMMA LINES		-----	0.07711	X	
0.93405	3.16500 A	2.05294	0.06978 A	-----		-----	0.08720	X	
0.94330	0.01671 A	2.08500	0.00983 A	-----		-----	0.08980	X	
0.96408	0.38330 A	2.08951	0.05602 A	84 PO 193		-----	-----		
0.97620	0.02260 A	2.10990	0.08747 A	-----		-----	84 PO 197		
0.98920	0.01179 A	2.11854	1.20900 A	HALF LIFE: SHORT		-----	-----		
1.01340	0.00983 A	2.14780	0.01572 A	-----		-----	HALF LIFE:	56.S	
1.02050	0.01179 A	2.17680	0.00393 A	DAU: PB189		-----	GEN:		
1.03237	0.09631 A	2.19260	0.06093 A	TL189		-----	DAU: TL193		
1.03800	0.01671 A	2.20412	4.99300 A	HG189		-----	PB197		
1.04540	0.02850 A	2.25120	0.00688 A	PAR:		-----	TL197		
1.05196	0.31550 A	2.25970	0.00885 A	REF: NO GAMMA LINES		-----	-----		
1.06690	0.02850 A	2.26660	0.01769 A	-----		-----	PAR:		
1.06996	0.28500 A	2.27000	0.00295 A	-----		-----	REF: 74 SE 1		
1.10370	0.09828 A	2.28440	0.00511 A	84 PO 194		-----	-----		
1.10480	0.07961 A	2.29336	0.32430 A	-----		-----	0.07481	X	
1.12028	15.04000 A	2.31220	0.01179 A	HALF LIFE: 0.6S		-----	0.07711	X	
1.13080	0.04521 A	2.32480	0.00187 A	-----		-----	0.08720	X	
1.13366	0.25450 A	2.33130	0.02162 A	DAU: PB190		-----	0.08980	X	
1.15519	1.69000 A	2.36090	0.00187 A	TL190		-----	-----		
1.17305	0.05799 A	2.36930	0.00295 A	HG190		-----	84 PO 197M		
1.17305	0.05799 A	2.37700	0.01179 A	-----		-----	-----		
1.20768	0.46000 A	2.39090	0.00197 A	PAR:		-----	HALF LIFE:	26.S	
1.22650	0.02654 A	2.42350	0.00590 A	REF: NO GAMMA LINES		-----	GEN:		
1.23050	0.02162 A	2.44771	1.55300 A	-----		-----	DAU: TL193		
1.23311	5.91600 A	2.48280	0.00206 A	84 PO 195		-----	PB197		
1.28096	1.47400 A	2.50560	0.00590 A	-----		-----	TL197		
1.30376	0.12090 A	2.55100	0.00039 A	HALF LIFE: 4.5S		-----	-----		
1.31696	0.08550 A	2.60450	0.00045 A	-----		-----	PAR:		
1.33000	0.01081 A	2.63090	0.00089 A	DAU: PB191		-----	REF: 74 SE 1		
1.34150	0.02260 A	2.66200	0.00030 A	TL191		-----			
1.35300	0.00452 A	2.69480	0.03243 A	HG191		-----	0.07481	X	
1.37765	4.02000 A	2.69940	0.00275 A	-----		-----	0.07711	X	
1.38531	0.77640 A	2.71940	0.00177 A	PAR:		-----	0.08720	X	
1.39250	0.01867 A	2.77000	0.02555 A	REF: NO GAMMA LINES		-----	0.08980	X	
1.40150	1.38600 A	2.78610	0.00590 A	-----		-----	-----		
1.40798	2.47700 A	2.82700	0.00246 A	84 PO 195M		-----	-----		
1.41580		2.86090	0.00034 A	-----		-----	84 PO 198		
1.41970	0.00511 A	2.88040	0.00914 A	HALF LIFE: 2.0S		-----	-----		
1.47110	0.01179 A	2.89360	0.00639 A	-----		-----	HALF LIFE:	1.76M	
1.47922	0.06880 A	2.92210	0.01572 A	DAU: PB191		-----	GEN:		
1.50919	2.19200 A	2.92870	0.00118 A	TL191		-----	DAU: PB194		
1.53850	0.41280 A	2.93490	0.00057 A	HG191		-----	TL194		
1.54332	0.35380 A	2.94000	0.00167 A	-----		-----	BI198		
1.58322	0.71740 A	2.97880	0.01474 A	PAR:		-----	-----		
1.59473	0.26540 A	2.98870	0.00108 A	REF: NO GAMMA LINES		-----	REF: 74 SE 1		
1.59931	0.33420 A	3.00000	0.00885 A	-----		-----			
1.63660	0.01867 A	3.05390	0.02260 A	-----		-----	0.07481	X	
1.65740	0.07371 A	3.08170	0.00432 A	-----		-----	0.07711	X	
1.66128	1.15000 A	3.09390	0.00051 A	-----		-----	0.08720	X	
1.68399	0.23590 A	3.13630	0.00034 A	-----		-----	0.08980	X	
1.72960	3.04700 A	3.14260	0.00157 A	-----		-----			
1.76451	15.92000 A	3.16050	0.00051 A	-----		-----			
1.78210	0.01572 A	3.18360	0.00147 A	-----		-----			

----- 84 PO 199 -----		----- 84 PO 201M -----		----- 84 PO 201M -----		----- 84 PO 205 -----	
HALF LIFE:	5.2M	HALF LIFE:	8.9M	0.74280	0.80000 A	0.88430	19.50000 A
GEN:		GEN:		0.88350	2.30000 A	1.01680	15.80000 A
DAU:	TL195	DAU:	PO201	0.89350	22.00000 A	1.04040	6.20000 A
	HG195		BI201	0.90870	65.00000 A	1.12800	0.30000 A
	BI199		PB197	0.91860	0.50000 A	1.32380	0.70000 A
PAR:		PAR:		1.02640	12.00000 A		
REF:	74 SE 1	REF:	74 SE 1	1.09090	22.00000 A		
				1.12380	1.80000 A		
0.07481	X	0.07481	X	1.13250	0.40000 A		
0.07711	X	0.07711	X	1.24220	4.70000 A		
0.08720	X	0.08720	X	1.33800	3.10000 A		
0.08980	X	0.08980	X	1.35300	1.40000 A		
		0.41800		1.81850	0.50000 A		
				2.03340	0.90000 A		
				2.23820	1.10000 A		
				2.53200	0.80000 A		
----- 84 PO 199M -----		----- 84 PO 202 -----		----- 84 PO 203M -----		----- 84 PO 205 -----	
HALF LIFE:	4.2M	HALF LIFE:	43.0M	HALF LIFE:	1.2M	0.07481	22.00000 A X
GEN:		GEN:	CHA PB204	GEN:		0.07711	39.00000 A X
DAU:	TL195	DAU:	BI202	DAU:	PO203	0.08720	14.00000 A X
	HG195		PB202M		BI203	0.08980	4.00000 A X
	BI199		PB198		PB203	0.12870	0.60000 A
PAR:		PAR:		PAR:		0.15020	0.20000 A
REF:	74 SE 1	REF:	70 JO 1	REF:	74 SE 1	0.15150	0.73000 A
						0.21220	1.17000 A
0.07481	X	0.16560	23.00000 R	0.07686	X	0.24770	0.15000 A
0.07711	X	0.31590	30.00000 R	0.07929	X	0.26120	2.00000 A
0.08720	X	0.46300	5.00000 R	0.08960	X	0.29980	0.13000 A
0.08980	X	0.50660	10.00000 R	0.09240	X	0.45550	0.20000 A
		0.55130	4.00000 R	0.64100		0.47270	0.40000 A
		0.68900	100.00000 R			0.51100	9.70000 A
		0.79010	17.00000 R			0.59970	3.10000 A
		0.97370	11.00000 R			0.61430	1.82000 A
----- 84 PO 200 -----		----- 84 PO 203 -----		----- 84 PO 204 -----		----- 84 PO 205 -----	
HALF LIFE:	11.5M	HALF LIFE:	37.0M	HALF LIFE:	3.52H	0.62540	2.00000 A
GEN:		GEN:	CHA BI209	GEN:	CHA PB204	0.71360	0.73000 A
DAU:	PB196	DAU:	BI203	DAU:	BI204	0.83650	20.00000 A
	TL196		PB203M		PB200	0.84960	26.40000 A
	BI200		PB203		TL200	0.87160	37.20000 A
PAR:		PAR:		PAR:		1.00060	29.00000 A
REF:	74 SE 1	REF:	71 AU 3.69 HO 3, 69 AL 1	REF:	70 JO 1,71 MA 2	1.18210	1.25000 A
						1.23840	4.00000 A
0.07481	X	0.07481	25.00000 A X	0.06300		1.33650	0.75000 A
0.07711	X	0.07711	43.00000 A X	0.07481	28.00000 A X	1.39320	0.34000 A
0.08720	X	0.08720	15.00000 A X	0.07711	50.00000 A X	1.51490	1.60000 A
0.08980	X	0.08930	4.50000 A X	0.08720	18.00000 A X	1.55200	2.34000 A
		0.17510	3.50000 A	0.08980	5.00000 A X	1.57690	1.05000 A
		0.18250	0.13000 A	C.11630	1.00000 A	1.67670	0.13000 A
		0.18950	4.50000 A	0.12260	1.20000 A	1.70230	0.25000 A
		0.19790	0.50000 A	0.13690	11.10000 A	1.70840	0.88000 A
		0.20500	0.50000 A	0.20350	2.70000 A	1.72860	1.03000 A
		0.21470	17.00000 A	0.21800	1.60000 A	1.81200	0.88000 A
		0.26180	1.70000 A	0.24700	1.80000 A	1.95410	0.23000 A
		0.33690	5.00000 A	0.26990	24.70000 A	2.10040	0.08000 A
		0.39000	1.20000 A	0.30460	2.50000 A	2.12600	0.09000 A
		0.41970	3.20000 A	0.31650	4.20000 A	2.17070	0.33000 A
		0.48640	2.60000 A	0.36200	1.00000 A	2.22340	0.17000 A
		0.51100	13.00000 A	0.42700	1.50000 A	2.26630	0.09000 A
		0.64760	2.80000 A	0.43800	2.10000 A	2.32180	0.08000 A
				0.45100	1.80000 A	2.33910	0.08000 A
				0.53490	8.40000 A	2.42510	0.18000 A
				0.68040	5.70000 A	2.57430	0.10000 A
				0.76300	6.70000 A	2.69400	0.04000 A
						2.76950	0.01000 A

----- 84 PO 206 ----- HALF LIFE: 8.83D GEN: CHA PB206 CHA PB204 CHA BI209 DAU: BI206 PAR: REF: 72 SE 2,73 LI 1  0.05993 1.05600 A 0.07481 29.00000 A X 0.07711 53.00000 A X 0.08720 19.00000 A X 0.08980 5.30000 A X 0.11729 0.16000 A 0.12950 0.04480 A 0.14039 0.16960 A 0.14433 0.06080 A 0.14612 0.12160 A 0.14825 0.03840 A 0.17063 0.36160 A 0.17955 0.08640 A 0.18091 0.10880 A 0.25880 0.02880 A 0.28172 0.82240 A 0.28618 24.93000 A 0.29255 0.08960 A 0.31129 4.41600 A 0.32268 0.11520 A 0.33841 19.39000 A 0.35494 0.46080 A 0.36911 0.20160 A 0.38126 0.20160 A 0.44574 0.02240 A 0.45260 0.34240 A 0.45787 0.14400 A 0.46341 1.72200 A 0.46637 0.25280 A 0.52253 14.78000 A 0.53352 0.11520 A 0.54412 0.07360 A 0.55496 1.44600 A 0.57982 0.96640 A 0.59200 0.04800 A 0.64550 0.31680 A 0.66341 0.04800 A 0.66873 0.80640 A 0.67778 1.34100 A 0.69392 0.19840 A 0.71939 0.04480 A 0.72220 0.08640 A 0.72730 0.07040 A 0.80751 21.22000 A 0.81838 1.00800 A 0.82638 0.04160 A 0.83737 0.10560 A 0.86109 3.20000 A 0.90280 0.24000 A 0.94702 0.03200 A 0.98042 6.62400 A 1.00736 2.89600 A 1.01239 0.20800 A 1.03244 32.00000 A 1.04322 0.25280 A	1.11458 0.30400 A 1.19134 0.46720 A 1.22658 0.00960 A 1.31888 0.00960 A 1.31888 0.55680 A 1.49610 0.29440 A ----- 84 PO 207 ----- HALF LIFE: 5.7H GEN: CHA BI209 DAU: BI207 PAR: RN 211 14.6H REF: 70 AS 1,71 SC 1  0.07481 24.00000 A X 0.07711 42.00000 A X 0.08720 15.00000 A X 0.08980 5.00000 A X 0.09980 0.13000 A 0.14960 0.09000 A 0.15610 0.10000 A 0.15800 0.55000 A 0.17770 0.01800 A 0.20520 0.21440 0.03500 A 0.22210 1.50000 A 0.22270 0.22400 0.19000 A 0.24960 1.58000 A 0.28800 0.04000 A 0.29720 1.00000 A 0.30750 0.63000 A 0.33010 0.23000 A 0.34520 1.95000 A 0.36950 1.88000 A 0.39010 0.11000 A 0.40240 0.40570 9.90000 A 0.50330 0.18000 A 0.53170 0.58000 A 0.52890 1.44000 A 0.66950 0.50000 A 0.68160 2.00000 A 0.69830 0.11000 A 0.74260 29.00000 A 0.77070 0.62000 A 0.89230 0.42000 A 0.91180 18.00000 A 0.94780 1.05000 A 0.99230 59.00000 A 1.02000 0.18000 A 1.14830 6.00000 A 1.21120 0.12000 A 1.31750 0.09000 A 1.36040 0.62000 A 1.37240 1.35000 A 1.37700 0.16000 A 1.58610 0.11000 A 1.66250 0.39000 A 1.76270 0.25000 A 1.84680 0.33000 A 2.06000 1.40000 A 2.60000 0.07000 A	----- 84 PO 207M ----- HALF LIFE: 2.8S GEN: CHA PB206 CHA BI209 DAU: PO207 BI207 PAR: REF: 68 LE 1  0.07686 X 0.07929 X 0.08960 X 0.09240 X 0.26000 42.00000 A 0.31000 40.00000 A 0.82000 100.00000 A ----- 84 PO 208 ----- HALF LIFE: 2.898A GEN: DAU: BI208 PAR: REF: 71 LE 1  0.03180 0.06350 0.07481 0.00040 A X 0.07711 0.00080 A X 0.08720 0.00030 A X 0.08980 1.0E-05 A X 0.29190 0.00105 A 0.53910 0.00022 A 0.57070 0.00061 A 0.60290 0.00047 A 0.86170 0.00032 A ----- 84 PO 209 ----- HALF LIFE: 103.0A GEN: CHA BI209 DAU: PB205 PAR: REF: 71 MA 1  0.07481 0.10000 A X 0.07711 0.20000 A X 0.08720 0.06000 A X 0.08980 0.02000 A X 0.26050 0.23200 A 0.26280 0.89660 0.25500 A	----- 84 PO 210 ----- HALF LIFE: 138.38D GEN: NTH BI209 NAT U 238 DAU: PAR: PB 210 20.4A RA 226 1600.A REF: 68 LE 1  0.80300 0.00110 A ----- 84 PO 211 ----- HALF LIFE: 0.52S GEN: NAT U 235 DAU: PAR: RA 223 11.43D AC 227 21.8A REF: 68 LE 1  0.57000 0.50000 A 0.90000 0.50000 A ----- 84 PO 211M ----- HALF LIFE: 25.5S GEN: CHA PB208 CHA BI209 DAU: PAR: REF: 68 LE 1  0.57000 92.00000 A 1.06300 77.00000 A ----- 84 PO 212M ----- HALF LIFE: 45.S GEN: CHA BI209 DAU: PAR: PB 212 10.6H TH 228 1.913A REF: 68 LE 1  0.57000 2.00000 A 2.61000 2.60000 A ----- 84 PO 213 ----- HALF LIFE: 4.2E-06S GEN: DAU: PB209 PAR: REF: NO GAMMA LINES
--	--	--	---

84 PO 214  
 -----  
 HALF LIFE: 1.64E-04S  
 GEN: NAT U 238  
 DAU: PB210  
 BI210  
 PO210  
 PAR: RN 222 3.824D  
 RA 226 1600.A  
 REF: 68 LE 1  
  
 0.79900 0.01400 A

84 PO 215  
 -----  
 HALF LIFE: 1.78E-03S  
 GEN:  
 DAU: PB211  
 BI211  
 TL207  
 PAR:  
 REF: 77 MA 2  
  
 0.43880 0.04000 A

84 PO 216  
 -----  
 HALF LIFE: 0.15S  
 GEN:  
 DAU: PB212  
 BI212  
 TL208  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

84 PO 217  
 -----  
 HALF LIFE: <10.S  
 GEN:  
 DAU: PB213  
 BI213  
 PB209  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

84 PO 218  
 -----  
 HALF LIFE: 3.05M  
 GEN:  
 DAU: PB214  
 BI214  
 PB210  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

85 AT 196  
 -----  
 HALF LIFE: 0.3S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

85 AT 197  
 -----  
 HALF LIFE: 0.4S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

85 AT 198  
 -----  
 HALF LIFE: 4.9S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

85 AT 198M  
 -----  
 HALF LIFE: 1.5S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

85 AT 199  
 -----  
 HALF LIFE: 7.2S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

85 AT 200  
 -----  
 HALF LIFE: 42.S  
 GEN:  
 DAU: BI196  
 PB196  
 TL196  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

85 AT 200M  
 -----  
 HALF LIFE: 4.3S  
 GEN:  
 DAU: BI196  
 PB196  
 TL196  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

85 AT 201  
 -----  
 HALF LIFE: 1.5M  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

85 AT 202  
 -----  
 HALF LIFE: 3.M  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: 74 SE 1

0.07686 X  
 0.07929 X  
 0.08960 X  
 0.09240 X  
 0.14100  
 0.15410  
 0.16080  
 0.20250  
 0.31120  
 0.31270  
 0.31630  
 0.36110  
 0.36490  
 0.38460  
 0.44870  
 0.48780  
 0.51640  
 0.52050  
 0.58720  
 0.61770  
 0.62860  
 0.65940  
 0.66940  
 0.67270  
 0.71930  
 0.78290  
 0.78890  
 0.80660  
 1.03140  
 1.17090  
 1.30740  
 1.32540  
 1.47540  
 1.47900  
 1.76130  
 2.05060

85 AT 202M  
 -----  
 HALF LIFE: 2.6M  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

85 AT 203  
 -----  
 HALF LIFE: 7.37M  
 GEN: CHA BI209  
 CHA AU197  
 DAU: PO203  
 BI203  
 PB203  
 PAR:  
 REF: 71 AU 3  
  
 0.64000

85 AT 204  
 -----  
 HALF LIFE: 9.3M  
 GEN: CHA AU  
 DAU: PO204  
 BI204  
 PAR:  
 REF: 70 BR 1

0.07686 X  
 0.07929 X  
 0.08960 X  
 0.09240 X  
 0.32700 5.00000 R  
 0.33600 6.00000 R  
 0.42600 66.00000 R

0.49000 5.00000 R  
 0.51630 95.00000 R  
 0.58840 9.00000 R  
 0.60950 21.00000 R  
 0.68450 100.00000 R  
 0.76190 5.00000 R  
 0.84200 9.00000 R

85 AT 205  
 -----  
 HALF LIFE: 26.2M  
 GEN: CHA AU197  
 DAU: BI205  
 PAR:  
 REF: 71 SC 3

0.07686 X  
 0.07929 X  
 0.08960 X  
 0.09240 X  
 0.14110 2.90000 R  
 0.15410 8.80000 R  
 0.16080 4.60000 R  
 0.20250 1.20000 R  
 0.31120 12.70000 R  
 0.31270 1.50000 R  
 0.31630 1.30000 R  
 0.36110 2.80000 R  
 0.36490 1.90000 R  
 0.38460 3.00000 R  
 0.44870 5.30000 R  
 0.48780 1.50000 R  
 0.51640 2.70000 R  
 0.52050 11.10000 R  
 0.58720 1.30000 R  
 0.61770 6.90000 R  
 0.62860 17.00000 R  
 0.65940 7.40000 R  
 0.66940 30.00000 R  
 0.67270 11.00000 R  
 0.71930 100.00000 R  
 0.78290 5.90000 R  
 0.78890 4.10000 R  
 0.80660 1.70000 R  
 1.03140 7.60000 R  
 1.17090 2.10000 R  
 1.30740 3.10000 R  
 1.32540 4.20000 R  
 1.47540 2.20000 R  
 1.47900 2.20000 R  
 1.76130 1.50000 R  
 2.05060 2.30000 R

85 AT 206  
 -----  
 HALF LIFE: 32.0M  
 GEN: CHA AU  
 DAU: PO206  
 BI206  
 PAR:  
 REF: 70 BR 1,68 LE 1

0.06800 10.00000 A  
 0.07686 X

At

0.07929	X	0.72120	14.60000 R	2.56640	0.89000 R ?	0.19550	18.00000 A
0.08960	X	0.75510	1.40000 R	2.71220	2.80000 R	0.23900	13.00000 A
0.09240	X	0.76490	1.00000 R	2.86220	0.15000 R ?	0.54500	62.00000 A
0.23120		0.76790	0.50000 R ?			0.74400	1.10000 A
0.25540	5.00000 R	0.78970	0.90000 R ?	-----		0.78200	58.00000 A
0.27760	4.00000 R	0.79880	0.60000 R ?	85 AT 208		0.79200	37.00000 A
0.38600	4.00000 R	0.81450	100.00000 R	-----		0.98200	0.60000 A
0.39550	42.00000 R	0.85270	0.60000 R ?	HALF LIFE: 1.63H		1.10200	3.00000 A
0.41600		0.86240	1.30000 R	GEN: CHA BI209		1.17000	5.00000 A
0.44300	3.00000 R	0.88100	2.00000 R	DAU: BI204		1.58100	2.50000 A
0.47690	82.00000 R	0.90730	12.00000 R	PAR:			
0.52670		0.93220	0.70000 R ?	REF: 71 LE 1,68 TR 1			
0.61510	7.00000 R	0.95480	0.40000 R ?			-----	
0.70030	100.00000 R	0.96060	5.00000 R			85 AT 210	
0.73330	11.00000 R	0.99400	5.00000 R	0.07686	25.00000 A X	-----	
0.92270	6.00000 R	1.01570	0.70000 R ?	0.07929	45.00000 A X	HALF LIFE: 8.3H	
0.95600		1.02150	1.90000 R	0.08960	16.00000 A X	GEN: CHA BI209	
0.96150		1.04230	0.50000 R ?	0.09240	5.00000 A X	DAU: PO210	
1.01300		1.04230	0.50000 R ?	0.14800	0.50000 A	PAR:	
1.05800		1.05410	2.40000 R	0.17700	50.00000 A	REF: 68 PR 1	
		1.07760	4.10000 R	0.20600	5.40000 A		
		1.08690	0.80000 R ?	0.25200	0.50000 A		
		1.11520	10.00000 R	0.33200	0.50000 A	0.04640	0.11000 A
		1.13180	0.90000 R ?	0.51700	7.00000 A	0.07686	X
		1.17180	2.50000 R	0.63100	4.40000 A	0.07929	X
		1.17450	1.00000 R	0.66000	92.00000 A	0.08960	X
		1.18840	3.70000 R	0.68500	99.00000 A	0.09240	X
		1.19370	1.00000 R	0.80800	8.50000 A	0.11650	0.68000 A
		1.22580	3.20000 R	0.84500	21.10000 A	0.12520	0.03600 A<
		1.24280	1.90000 R	0.88700	2.10000 A	0.20200	0.17000 A
		1.24570	1.30000 R	0.89600	6.00000 A	0.24530	79.00000 A
		1.26400	1.10000 R	0.98600	9.00000 A	0.28890	0.12500 A
		1.28330	2.50000 R	0.99300	14.00000 A	0.31690	0.14300 A
		1.39630	3.10000 R	1.01300	3.00000 A	0.40240	0.78000 A
		1.41000	2.60000 R	1.02800	28.00000 A	0.40990	PAIR PEAK
		1.41320	2.20000 R	1.11300		0.47910	0.13000 A
		1.49340	0.40000 R ?	1.18400	1.50000 A	0.50690	0.63000 A
		1.51110	1.20000 R	1.19900	1.30000 A	0.51870	0.13000 A
		1.54850	2.40000 R	1.23100	3.40000 A	0.52760	1.10000 A
		1.55270	1.00000 R	1.23100	3.40000 A	0.54480	0.09300 A
		1.55700	0.70000 R ?	1.28000	3.80000 A	0.58400	0.32000 A
		1.64210	2.80000 R	1.36200	1.00000 A	0.60240	
		1.67680	5.90000 R	1.43900	1.20000 A	0.61510	0.31000 A
		1.69080	0.70000 R ?	1.45700	1.30000 A	0.62310	0.52000 A
		1.71280	3.10000 R	1.53900	1.60000 A	0.63090	0.30000 A
		1.71550	2.40000 R	1.58100	0.90000 A	0.63950	0.23000 A
		1.73100	8.40000 R	1.80100	0.80000 A	0.64370	0.46000 A
		1.77280	1.50000 R	1.86900	0.50000 A	0.70110	0.43000 A
		1.78190	1.30000 R	2.02800	1.50000 A	0.72600	
		1.78680	2.10000 R	2.19900	0.50000 A	0.78290	0.09500 A
		1.80540	1.90000 R	2.48600	0.90000 A	0.79060	0.09300 A
		1.82600	0.30000 R ?	2.63600	2.40000 A	0.81780	1.72000 A
		1.85840	0.16000 R ?			0.85310	1.39000 A
		1.87610	0.70000 R ?	-----		0.87060	0.07900 A
		1.92860	0.25000 R ?	85 AT 209		0.88160	0.25000 A
		2.01670	1.50000 R	-----		0.90940	0.09200 A
		2.02980	0.60000 R ?	HALF LIFE: 5.42H		0.93060	0.96000 A
		2.04660	0.30000 R ?	GEN: CHA BI209		0.95670	1.83000 A
		2.05300	0.50000 R ?	DAU: PO209		0.97190	PAIR PEAK
		2.07520	1.40000 R	PAR:		0.97720	0.63000 A
		2.15550	0.17000 R ?	REF: 71 MA 1		1.08790	0.14000 A<
		2.20280	0.25000 R ?			1.18040	100.00000 A
		2.34330	2.10000 R	0.07686	20.00000 A X	1.20030	0.16000 A
		2.39380	0.45000 R ?	0.07929	36.00000 A X	1.20380	0.72000 A
		2.48660	0.29000 R ?	0.08960	13.00000 A X	1.28940	0.46000 A
		2.49620	0.19000 R ?	0.09090		1.32440	0.36000 A
		2.55850	0.89000 R ?	0.09240	4.00000 A X	1.43620	29.00000 A
				0.10430	1.80000 A	1.48290	47.70000 A

1.55190 0.16000 A					0.07895 X
1.59900 14.20000 A					0.08152 X
1.64750 0.08900 A					0.09210 X
1.71860 0.10800 A					0.09500 X
1.95510 0.39000 A					
2.00190 0.11000 A					
2.05240 0.04900 A					
2.22580 0.04700 A					
2.23890 0.01100 A					
2.25380 1.42100 A					
2.27280 0.33100 A					
2.28450 0.01200 A					
2.30600 0.02900 A					
2.35330 0.12500 A					
-----					
85 AT 211					
HALF LIFE: 7.21H					
GEN: CHA BI209					
DAU: PO211					
BI207					
PAR: RN 211 14.6H					
REF: 68 LE 1					
0.67000					
-----					
85 AT 212					
HALF LIFE: 0.315S					
GEN:					
DAU: BI208					
PAR:					
REF: GAMMA LINES ?					
-----					
85 AT 212M					
HALF LIFE: 0.122S					
GEN:					
DAU: BI208					
PAR:					
REF: GAMMA LINES ?					
-----					
85 AT 213					
HALF LIFE: 1.1E-07S					
GEN:					
DAU:					
PAR:					
REF: NO GAMMA LINES					
-----					
85 AT 214					
HALF LIFE: 2.E-06S					
GEN:					
DAU: BI210					
PO210					
PAR:					
REF: NO GAMMA LINES					
-----					
85 AT 215					
HALF LIFE: 1.E-04S					
GEN:					
DAU: BI211					
TL207					
PAR:					
REF: 77 MA 2					
0.40400 0.05000 A					
-----					
85 AT 216					
HALF LIFE: 3.E-04S					
GEN:					
DAU: BI212					
TL208					
PO212					
PAR:					
REF: NO GAMMA LINES					
-----					
85 AT 217					
HALF LIFE: 0.032S					
GEN: NAT U 233					
DAU: BI213					
PO213					
PAR:					
REF: 73 MA 2					
0.14000 7					
0.16600 7					
0.21800					
0.25900					
0.33400					
0.37500 7					
0.45500 7					
0.59400					
-----					
85 AT 218					
HALF LIFE: 2.S					
GEN:					
DAU: BI215					
PO215					
PB211					
PAR:					
REF: NO GAMMA LINES					
-----					
85 AT 219					
HALF LIFE: 54.S					
GEN:					
DAU: BI215					
PO215					
PB211					
PAR:					
REF: NO GAMMA LINES					
-----					
86 RN 200					
HALF LIFE: 1.S					
GEN:					
DAU: PO196					
PB192					
AT200					
PAR:					
REF: 74 SE 1					
0.07895 X					
0.08152 X					
0.09210 X					
0.09500 X					
-----					
86 RN 203M					
HALF LIFE: 28.S					
GEN:					
DAU: COMPLX					
PAR:					
REF: NO GAMMA LINES					
-----					
86 RN 204					
HALF LIFE: 1.24M					
GEN:					
DAU: COMPLX					
PAR:					
REF: 74 SE 1					
0.07895 X					
0.08152 X					
0.09210 X					
0.09500 X					
-----					
86 RN 205					
HALF LIFE: 2.83M					
GEN:					
DAU: COMPLX					
PAR:					
REF: 74 SE 1					
0.07895 X					
0.08152 X					
0.09210 X					
0.09500 X					
0.26600 X					
-----					
86 RN 206					
HALF LIFE: 5.67M					
GEN:					
DAU: COMPLX					
PAR:					
REF: 74 SE 1					
0.07895 X					
0.08152 X					
0.09210 X					
0.09500 X					
-----					
86 RN 207					
HALF LIFE: 9.3M					
GEN:					
DAU: COMPLX					
PAR:					
REF: 74 SE 1					
-----					
86 RN 201					
HALF LIFE: 7.S					
GEN:					
DAU: COMPLX					
PAR:					
REF: 74 SE 1					
0.07895 X					
0.08152 X					
0.09210 X					
0.09500 X					
-----					
86 RN 201M					
HALF LIFE: 3.8S					
GEN:					
DAU: COMPLX					
PAR:					
REF: 74 SE 1					
0.07895 X					
0.08152 X					
0.09210 X					
0.09500 X					
-----					
86 RN 202					
HALF LIFE: 9.85S					
GEN:					
DAU: COMPLX					
PAR:					
REF: 74 SE 1					
0.07895 X					
0.08152 X					
0.09210 X					
0.09500 X					
-----					
86 RN 203					
HALF LIFE: 45.S					
GEN:					
DAU: COMPLX					
PAR:					
REF: 74 SE 1					

0.07895 X					
0.08152 X					
0.09210 X					
0.09500 X					
0.34500					
0.74700					
-----					
86 RN 208					
-----					
HALF LIFE: 24.4M					
GEN:					
DAU: COMPLX					
PAR:					
REF: 74 SE 1					
0.07895 X					
0.08152 X					
0.09210 X					
0.09500 X					
-----					
86 RN 209					
-----					
HALF LIFE: 30.M					
GEN:					
DAU: COMPLX					
PAR:					
REF: 74 SE 1					
0.07895 X					
0.08152 X					
0.09210 X					
0.09500 X					
0.33800					
0.45600					
0.51100					
0.68900					
0.74600					
-----					
86 RN 210					
-----					
HALF LIFE: 2.4H					
GEN:					
DAU: PO206					
BI206					
AT210					
PAR:					
REF: 74 SE 1					
0.07895 X					
0.08152 X					
0.09210 X					
0.09500 X					
0.45800					
-----					
86 RN 211					
-----					
HALF LIFE: 14.6H					
GEN: CHA TH232					
DAU: AT211					
PO211					
PO207					
PAR:					
REF: 71 PA 1,68 LE 1					
0.03200					
0.06800 8.00000 A					
0.07895 25.00000 A X					
0.08152 45.00000 A X					
0.09210 16.00000 A X					
0.09500 5.00000 A X					
0.11090					
0.16870 10.00000 A					
0.16900 0.05000 A					
0.19180 1.30000 A					
0.23200					
0.23400 0.05000 A					
0.25010 10.00000 A					
0.29600					
0.33300					
0.44210 32.00000 A					
0.67420 63.00000 A					
0.86600 9.50000 A					
0.94720 27.00000 A					
1.13500 18.00000 A					
1.36300 31.00000 A					
1.53200					
1.61300					
1.80500 0.50000 A					
-----					
86 RN 212					
-----					
HALF LIFE: 24.M					
GEN:					
DAU: PO208					
PB204					
PAR:					
REF: GAMMA LINES ?					
-----					
86 RN 213					
-----					
HALF LIFE: 0.025S					
GEN:					
DAU: PO209					
PB205					
PAR:					
REF: GAMMA LINES ?					
-----					
86 RN 214					
-----					
HALF LIFE: 2.7E-07S					
GEN:					
DAU: PO210					
PAR:					
REF: NO GAMMA LINES					
-----					
86 RN 215					
-----					
HALF LIFE: 2.3E-06S					
GEN:					
DAU: PO211					
PAR:					
REF: NO GAMMA LINES					
-----					
86 RN 216					
-----					
HALF LIFE: 45.S					
GEN:					
DAU: PO212					
PAR:					
REF: NO GAMMA LINES					
-----					
86 RN 217					
-----					
HALF LIFE: 5.4E-04S					
GEN:					
DAU: PO213					
PB209					
PAR:					
REF: NO GAMMA LINES					
-----					
86 RN 218					
-----					
HALF LIFE: 0.035S					
GEN: NAT U 238					
DAU: PO214					
PB210					
PAR: U 230 20.8D					
REF: 77 TO 2					
0.60931 0.12400 A					
-----					
86 RN 219					
-----					
HALF LIFE: 3.96S					
GEN: NAT U 235					
DAU: PO215					
PB211					
BI211					
PAR: RA 223 11.43D					
REF: 77 KO 1					
0.07686 0.51000 A X					
0.07929 0.86000 A X					
0.08960 0.29000 A X					
0.09240 0.09000 A X					
0.13067 0.12500 A					
0.27123 9.90000 A					
0.40178 6.60000 A					
-----					
86 RN 220					
-----					
HALF LIFE: 55.6S					
GEN: NAT TH232					
DAU: PO216					
PB212					
BI212					
PAR: RA 224 3.64D					
TH 228 1.913A					
REF: 76 EL 2					
0.54970 0.10000 A					
-----					
86 RN 221					
-----					
HALF LIFE: 25.M					
GEN:					
DAU: COMPLX					
PAR:					
REF: NO GAMMA LINES					
-----					
86 RN 222					
-----					
HALF LIFE: 3.823D					
GEN: NAT U 238					
DAU: PO218					
PB214					
BI214					
PAR: RA 226 1600.A					
TH 230 7.7E+04A					
REF: 77 TO 3					
0.51000 0.07800 A					
-----					
86 RN 223					
-----					
HALF LIFE: 43.M					
GEN:					
DAU: FR223					
RA223					
RN219					
PAR:					
REF: NO GAMMA LINES					
-----					
86 RN 224					
-----					
HALF LIFE: 1.78H					
GEN: CHA TH232					
DAU: FR224					
RA224					
RN220					
PAR:					
REF: 76 EL 3					
0.10850 14.35000 R					
0.11320 14.35000 R					
0.15640 7.82600 R					
0.16867 8.26100 R					
0.20070 3.91300 R					
0.20260 19.13000 R					
0.20990 10.00000 R					



0.25620 13.04000 R  
 0.26010 100.00000 R  
 0.26550 91.10000 R  
 0.27300 1.73900 R  
 0.30200 3.47800 R  
 0.30620 2.17400 R  
 0.31880 3.08700 R  
 0.34270 2.60900 R  
 0.37190 15.22000 R  
 0.37420 7.82600 R  
 0.38020 1.73900 R  
 0.38720 7.39100 R  
 0.39800 24.35000 R  
 0.40200 24.78000 R  
 0.40870 6.08700 R

-----  
 86 RN 225  
 -----  
 HALF LIFE: 4.5M  
 GEN:  
 DAU: FR225  
       RA225  
       AC225  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 86 RN 226  
 -----  
 HALF LIFE: 6.0M  
 GEN:  
 DAU: FR226  
       RA226  
       RN222  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 87 FR 203  
 -----  
 HALF LIFE: 0.7S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 87 FR 204  
 -----  
 HALF LIFE: 3.3S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES ,  
       74 SE 1

-----  
 87 FR 204M  
 -----  
 HALF LIFE: 2.2S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 87 FR 205  
 -----  
 HALF LIFE: 3.7S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 87 FR 206  
 -----  
 HALF LIFE: 15.6S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: 74 SE 1

0.08107 X  
 0.08378 X  
 0.09478 X  
 0.09760 X

-----  
 87 FR 207  
 -----  
 HALF LIFE: 14.7S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 87 FR 208  
 -----  
 HALF LIFE: 59.5  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 87 FR 209  
 -----  
 HALF LIFE: 54.5  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 87 FR 210  
 -----  
 HALF LIFE: 3.18M  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: 74 SE 1

0.08107 X  
 0.08378 X  
 0.09478 X  
 0.09760 X

-----  
 87 FR 211  
 -----  
 HALF LIFE: 3.08M  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 87 FR 212  
 -----  
 HALF LIFE: 19.3M  
 GEN:  
 DAU: RN212  
       AT208  
       PO208  
 PAR:  
 REF: 72 PA 2

0.03900  
 0.06200  
 0.06600  
 0.07600  
 0.07700  
 0.08000  
 0.09100  
 0.09300  
 0.12300  
 0.13700 20.00000 R  
 0.22800 95.00000 R  
 0.35700  
 1.04600 24.00000 R  
 1.18400 36.00000 R  
 1.27200 100.00000 R

-----  
 87 FR 213  
 -----  
 HALF LIFE: 34.7S  
 GEN:  
 DAU: PO209  
 PAR:  
 REF: 74 SE 1

0.08107 X  
 0.08378 X  
 0.09478 X  
 0.09760 X

-----  
 87 FR 214  
 -----  
 HALF LIFE: 5.0E-03S  
 GEN:  
 DAU: AT210  
       PO210  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 87 FR 214M  
 -----  
 HALF LIFE: 3.4E-03S  
 GEN:  
 DAU: AT210  
       PO210  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 87 FR 215  
 -----  
 HALF LIFE: 9.E-08S  
 GEN:  
 DAU: AT211  
       BI207  
       PO211  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 87 FR 216  
 -----  
 HALF LIFE: 7.0E-07S  
 GEN:  
 DAU: AT212  
       BI208  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 87 FR 217  
 -----  
 HALF LIFE: 2.2E-05S  
 GEN:  
 DAU: AT213  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 87 FR 218  
 -----  
 HALF LIFE: 7.E-04S  
 GEN:  
 DAU: AT214  
       BI210  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 87 FR 219  
 -----  
 HALF LIFE: 0.02S  
 GEN: CHA TH232  
 DAU: BI211  
       TL207  
 PAR: AC 223 2.20M  
       PA 227 35.30M  
 REF: 77 MA 3,66 WA 2

0.16300  
 0.18900  
 0.35200  
 0.49300  
 0.53000

<p>87 FR 220</p> <p>HALF LIFE: 27.5S            GEN: CHA TH232            DAU: AT216            BI212            TL208            PAR:            REF: 70 BR 3</p> <p>0.04500 100.00000 R            0.06100 18.40000 R            0.09950 3.85000 R            0.10600 72.20000 R            0.11650            0.11850 7.26000 R            0.12450 7.26000 R            0.13250 8.12000 R            0.14000            0.14250 11.10000 R            0.15400 42.70000 R            0.16150 65.00000 R            0.20700 2.14000 R</p> <p>87 FR 221</p> <p>HALF LIFE: 4.8M            GEN: NAT U 233            DAU: AT217            BI213            PO213            PAR:            REF: 66 WA 2,68 LE 1,            69 DZ 3,73 MA 3</p> <p>0.06280 0.80000 A            0.06800 0.40000 A            0.07895 0.20000 A X            0.08152 0.30000 A X            0.09100            0.09210 0.10000 A X            0.09500 0.03000 A X            0.09800 0.05000 A            0.09950 0.14000 A            0.11820 0.04000 A            0.15000 0.05000 A            0.17130 0.08000 A            0.21760 12.50000 A            0.28280 0.01000 A            0.30300 0.03000 A ?            0.32410 0.02000 A            0.35940 0.04000 A            0.38180 0.03500 A            0.40950 0.12000 A</p> <p>87 FR 222</p> <p>HALF LIFE: 14.8M            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: NO GAMMA LINES</p>	<p>87 FR 223</p> <p>HALF LIFE: 21.8M            GEN: NAT U 235            DAU: RA223            RN219            PO215            PAR: RN 223 43.0M            AC 227 21.8A            REF: 66 WA 2,67 MA 7,            77 KO 1</p> <p>0.02027 0.90000 A            0.05080 36.00000 A            0.06100 0.33000 A            0.07895 4.30000 A X            0.08000 10.00000 A            0.08152 7.60000 A X            0.08560 4.00000 A            0.08860 7.40000 A            0.09210 2.70000 A X            0.09500 0.80000 A X            0.10010 2.70000 A            0.10300 0.80000 A            0.13440 0.70000 A            0.17310 0.17000 A            0.18450 0.38000 A            0.20480 1.00000 A            0.23460 3.60000 A            0.24600 0.05500 A            0.25060 0.05500 A            0.25600 0.05500 A            0.28600 0.02200 A            0.28960 0.30000 A            0.30000 0.05500 A            0.30420 0.02800 A            0.30730 0.03800 A            0.31330 0.03100 A            0.31900 0.68000 A            0.33000 0.04200 A            0.33310 0.01900 A            0.33870 0.08300 A            0.34300 0.03800 A            0.36900 0.13000 A            0.72300 0.06300 A            0.74650 0.02900 A            0.75600 0.01700 A            0.76650 0.03300 A            0.77600 0.51000 A            0.78400 0.02900 A            0.79300 0.01700 A            0.79750 0.01300 A            0.80400 0.07100 A            0.81300 0.02500 A            0.82150 0.01300 A            0.82600 0.05800 A            0.83500 0.00800 A            0.84050 0.00800 A            0.84700 0.05800 A            0.86000 0.00400 A            0.86400 0.00400 A            0.87650 0.05400 A            0.89200 0.00400 A            0.89750 0.02100 A            0.90800 0.01700 A</p>	<p>87 FR 224</p> <p>HALF LIFE: 2.67M            GEN: CHA TH232            DAU: RA224            RN220            PC216            PAR: RN 224 1.78H            REF: 76 EL 3</p> <p>0.13135 56.18000 R            0.16635 1.40400 R            0.20565 7.69700 R            0.21570 100.00000 R            0.32540 2.52800 R            0.32780 1.96600 R            0.33500 3.09000 R            0.38110 1.79800 R            0.41390 2.47200 R            0.41700 0.33710 R            0.76250 6.91000 R            0.79960 3.31500 R            0.83160 0.95510 R            0.83680 32.58000 R            0.87380 1.96600 R            0.88100 2.80900 R            0.96660 2.97800 R            1.05270 1.51700 R            1.16240 2.92100 R            1.17360 0.50560 R            1.18570 0.73030 R            1.20700            1.21900 0.56180 R            1.29780 2.69700 R            1.30440            1.34010 14.16000 R            1.35150 3.20200 R            1.37770 9.66300 R            1.43550 5.61800 R            1.56760 1.85400 R            1.57340 1.40400 R            1.57960            1.62170 1.01100 R            1.65200 3.37100 R            1.65840 0.73030 R            1.67030 0.73030 R            1.70470 0.89890 R            1.71210 0.89890 R            1.73540            1.78080            1.82640            1.99240            2.03170            2.16310</p> <p>87 FR 225</p> <p>HALF LIFE: 3.9M            GEN:            DAU: RA225            AC225            PAR:            REF: NO GAMMA LINES</p>	<p>87 FR 226</p> <p>HALF LIFE: 48.5            GEN: CHA TH232            DAU: RA226            RN222            PB214            PAR:            REF: 77 TO 4</p> <p>0.06800            0.18600 62.00000 R            0.25400 100.00000 R            0.55400 1.30000 R            0.57200 2.20000 R            0.58800 1.90000 R            0.62200 2.00000 R            0.79400 2.40000 R            0.83600 1.40000 R            0.94300 3.90000 R            0.98200 5.00000 R            1.00700 15.00000 R            1.04900 4.80000 R            1.32200 8.50000 R            1.38900 4.40000 R</p> <p>87 FR 227</p> <p>HALF LIFE: 2.4M            GEN:            DAU: RA227            AC227            PAR:            REF: NO GAMMA LINES</p> <p>87 FR 228</p> <p>HALF LIFE: 39.5            GEN:            DAU: RA228            AC228            TH228            PAR:            REF: NO GAMMA LINES</p> <p>87 FR 229</p> <p>HALF LIFE: 50.5            GEN:            DAU: RA229            AC229            TH229            PAR:            REF: NO GAMMA LINES</p> <p>88 RA 206</p> <p>HALF LIFE: 0.45            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:</p>
---	--	--	---

<p>-----            88 RA 207            -----            HALF LIFE: 1.3S            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: NO GAMMA LINES            -----</p>	<p>0.10030 X            -----            88 RA 214            -----            HALF LIFE: 2.5S            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: 74 SE 1            -----</p>	<p>-----            88 RA 220            -----            HALF LIFE: 0.023S            GEN: CHA TH232            DAU: RN216            PO212            PAR: U 228 9.2M            PA 228 26.0H            REF: 76 EL 2            -----</p>	<p>-----            88 RA 223            -----            HALF LIFE: 11.4D            GEN: NAT U 235            DAU: RN219            PO215            PB211            PAR: AC 227 21.8A            PA 231 3.25E+04A            REF: 70 KR 1,77 KO 1            -----</p>
<p>-----            88 RA 208            -----            HALF LIFE: 1.4S            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: NO GAMMA LINES            -----</p>	<p>0.08323 X            0.08611 X            0.09730 X            0.10030 X            -----</p>	<p>0.46500 1.00000 A            -----</p>	<p>0.03160 0.00010 A            0.08107 15.00000 A X            0.08378 24.90000 A X            0.09470 8.70000 A X            0.09760 2.60000 A X            0.10680 0.01900 A            0.11090 0.04500 A            0.12240 1.19000 A            0.13610 0.02700 A            0.14430 1.24000 A            0.15430 5.58000 A            0.15870 0.68300 A            0.17570 0.01400 A            0.17740 0.04600 A            0.17970 0.14600 A            0.22140 0.03000 A            0.25200 0.03700 A            0.25600 0.04000 A            0.26960 13.60000 A            0.28830 0.15800 A            0.29380 0.06500 A            0.32410 4.00000 A            0.32870 0.20700 A            0.33440 0.10300 A            0.33860 2.88000 A            0.34320 0.23100 A            0.36170 0.04600 A            0.37200 0.48400 A            0.37300 0.05000 A            0.37600 0.01000 A&lt;            0.39300 0.01000 A&lt;            0.43220 0.03600 A            0.43230 0.08000 A            0.44550 1.50000 A            0.48160 0.02100 A            0.48760 0.01300 A            0.52750 0.07300 A            0.59800 0.10000 A            0.60920 0.07300 A            0.63200 0.01000 A&lt;</p>
<p>-----            88 RA 209            -----            HALF LIFE: 4.6S            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: NO GAMMA LINES            -----</p>	<p>88 RA 215            -----            HALF LIFE: 1.6E-03S            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: NO GAMMA LINES            -----</p>	<p>88 RA 221            -----            HALF LIFE: 28.5            GEN: CHA U 233            DAU: PO213            PAR:            REF: 66 WA 2,73 MA 3            -----</p>	
<p>-----            88 RA 210            -----            HALF LIFE: 3.7S            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: NO GAMMA LINES            -----</p>	<p>88 RA 216            -----            HALF LIFE: 1.8E-07S            GEN:            DAU: RN212            PO208            PB204            PAR:            REF: NO GAMMA LINES            -----</p>	<p>0.08107 X            0.08378 X            0.08900 15.00000 A            0.09470 X            0.09760 X            0.15200 13.00000 A            0.17600 2.00000 A            0.21900 0.10000 A            0.29300 0.60000 A            0.32000 0.70000 A            0.41500 0.50000 A            -----</p>	
<p>-----            88 RA 211            -----            HALF LIFE: 13.5            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: NO GAMMA LINES            -----</p>	<p>88 RA 217            -----            HALF LIFE: 1.6E-06S            GEN:            DAU: RN213            PO209            PB205            PAR:            REF: NO GAMMA LINES            -----</p>	<p>88 RA 222            -----            HALF LIFE: 38.5            GEN: CHA TH232            DAU: RN218            PO214            PB210            PAR: FR 222 14.8M            REF: 77 TO 3            -----</p>	
<p>-----            88 RA 212            -----            HALF LIFE: 14.5            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: NO GAMMA LINES            -----</p>	<p>88 RA 218            -----            HALF LIFE: 1.4E-05S            GEN:            DAU: RN214            PO210            PAR:            REF: NO GAMMA LINES            -----</p>	<p>0.08087 0.04300 A X            0.08378 0.07700 A X            0.09470 0.02800 A X            0.09760 0.00850 A X            0.14400 1.1E-06 A            0.32450 2.77000 A            0.32890 0.00430 A            0.47250 0.00400 A            0.51560 0.00150 A            0.84020 0.00250 A            -----</p>	
<p>-----            88 RA 213            -----            HALF LIFE: 2.74M            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: 74 SE 1            -----</p>	<p>88 RA 219            -----            HALF LIFE: 0.01S            GEN:            DAU: RN215            PO211            PAR:            REF: NO GAMMA LINES            -----</p>		<p>88 RA 224            -----            HALF LIFE: 3.66D            GEN: NAT TH232            DAU: RN220            PO216            PB212            PAR: TH 228 1.913A            U 232 71.7A            REF: 76 EL 3            -----</p>
<p>0.08323 X            0.08611 X            0.09730 X</p>			<p>0.08107 0.12000 A X</p>

0.08378 0.21000 A X	0.14690 0.30000 A<	0.03050	
0.09470 0.08000 A X	0.19890 0.03000 A		89 AC 212
0.09760 0.02300 A X	0.20960 0.11000 A		-----
0.24100 3.90000 A	0.21819 0.21000 A	88 RA 229	HALF LIFE: 0.93S
0.29000 0.00900 A	0.21990 0.21000 A		GEN:
0.41000 0.00400 A	0.22660 0.03000 A	HALF LIFE: 4.0M	DAU: COMPLX
0.65030 0.00700 A	0.22800 0.42000 A	GEN:	PAR:
	0.23220 0.30000 A	DAU: AC228	REF: NO GAMMA LINES
	0.24210 0.03000 A	TH228	
	0.24315 0.54000 A	PAR:	-----
88 RA 225	0.24590 0.03000 A	REF: NO GAMMA LINES	89 AC 213
-----	0.25576 0.20000 A		-----
HALF LIFE: 14.8D	0.25830 2.00000 A		HALF LIFE: 0.80S
GEN: NAT U 233	0.25970 0.03000 A	88 RA 230	GEN:
DAU: AC225	0.27315 0.96000 A		DAU: COMPLX
FR221	0.27739 2.90000 A	HALF LIFE: 1.505H	PAR:
AT217	0.28368 3.40000 A	GEN: NFA TH232	REF: NO GAMMA LINES
PAR: TH 229 7340.OA	0.30009 5.10000 A	CHA TH232	
U 233 1.59E+05A	0.30268 4.80000 A	DAU: AC230	
REF: 66 WA 2,73 MA 4	0.32720 0.30000 A	TH230	
	0.33008 3.00000 A	PAR:	-----
0.04000 29.00000 A	0.34110 0.22000 A	REF: 77 EL 4	89 AC 214
	0.35460 0.75000 A		-----
88 RA 226	0.37940 0.47000 A	0.06300 28.26000 R	HALF LIFE: 8.2S
-----	0.39040 0.07800 A	0.07200 100.00000 R	GEN:
HALF LIFE: 1600.A	0.39840 0.18000 A	0.10100 21.74000 R	DAU: COMPLX
GEN: NAT U 238	0.40797 2.40000 A	0.16410 23.91000 R	PAR:
DAU: RN222	0.42840 0.09300 A	0.18920 34.78000 R	REF: 74 SE 1
PO218	0.43540 0.25000 A	0.20280 65.22000 R	
PB214	0.46850 0.27000 A	0.21180 23.91000 R	0.08594 X
PAR:	0.47130 0.27000 A	0.25520 39.13000 R	0.08848 X
REF: 77 TO 4	0.47840 0.09000 A	0.44890 32.61000 R	0.10000 X
	0.48698 2.50000 A	0.45800 41.30000 R	0.10300 X
0.08107 0.17000 A X	0.49050 0.15000 A	0.46970 60.87000 R	
0.08378 0.31000 A X	0.50140 1.05000 A	0.47870 54.35000 R	-----
0.09470 0.11000 A X	0.51000		89 AC 215
0.09760 0.03000 A X	0.51620 1.50000 A		-----
0.18599 3.28000 A	0.53560 0.66000 A		HALF LIFE: 0.17S
0.26227 0.00540 A	0.54310 0.27000 A		GEN:
0.41460 0.00039 A	0.61140 1.30000 A	89 AC 209	DAU: COMPLX
0.44937 0.00027 A	0.63940 0.05000 A		PAR:
0.60066 0.00061 A	0.65220 0.24000 A	HALF LIFE: 0.10S	REF: 74 SE 1
	0.67110 0.16000 A	GEN:	0.08594 X
	0.76030 0.13000 A	DAU: COMPLX	0.08848 X
88 RA 227	0.78980 0.16000 A	PAR:	0.10000 X
-----	0.82890 0.03000 A	REF: NO GAMMA LINES	0.10300 X
HALF LIFE: 42.2M	0.83640 0.10000 A		
GEN: NTH RA226	0.84670 0.06000 A<	89 AC 210	-----
DAU: AC227	0.86350 0.16000 A		89 AC 216
PAR:	0.87470 0.09000 A	HALF LIFE: 0.35S	-----
REF: 71 LO 1		GEN:	HALF LIFE: 3.E-04S
		DAU: COMPLX	GEN:
0.02490 0.30000 A	88 RA 228	PAR:	DAU: COMPLX
0.02737 17.40000 A	-----	REF: NO GAMMA LINES	PAR:
0.02995 0.03600 A	HALF LIFE: 5.75A		REF: NO GAMMA LINES
0.03870 0.02000 A<	GEN: NAT TH232	89 AC 211	-----
0.04416 0.27000 A<	DAU: AC228		89 AC 216M
0.04638 0.19000 A<	TH228	HALF LIFE: 0.25S	-----
0.05461 0.01000 A<	RA224	GEN:	HALF LIFE: 3.3E-04S
0.05461 0.02400 A	PAR:	DAU: COMPLX	GEN:
0.05461 0.02000 A<	REF: 76 HO 1	PAR:	DAU: COMPLX
		REF: NO GAMMA LINES	PAR:
			REF: NO GAMMA LINES
	0.00628		
	0.00667		
	0.01352		
	0.02640		

<p>89 AC 217</p> <p>HALF LIFE: 1.1E-07S            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: NO GAMMA LINES</p>	<p>89 AC 222M</p> <p>HALF LIFE: 1.1M            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: GAMMA LINES 7</p>	<p>0.06080 0.03400 A            0.06620 0.00500 A            0.06650 0.00400 A            0.06700 0.05000 A            0.07300 0.00200 A            0.07330 0.01000 A            0.07400 0.00200 A            0.07900 0.0310Q A            0.08350 0.17000 A            0.08544 24.00000 A X            0.08846 43.00000 A X            0.09220 0.05000 A            0.10000 16.00000 A X            0.10300 5.00000 A X            0.10350 0.01000 A            0.10840 0.07500 A            0.12850 0.08000 A            0.13300 19.70000 A            0.14100 0.32000 A            0.14450 0.15000 A            0.15000 0.08400 A            0.15700 0.53000 A            0.16400 0.03700 A            0.16500 0.00100 A            0.17000 0.00200 A            0.18700 0.00400 A            0.19300 0.00400 A            0.20000 0.00200 A            0.20000 0.02100 A            0.20700 0.03000 A            0.21500 0.01500 A            0.21700 44.20000 A            0.22600 0.03200 A            0.25200 0.00100 A            0.25200 0.02100 A            0.26200 0.18000 A            0.27200 0.01200 A            0.27400 0.01000 A            0.28800 0.00500 A            0.30000 0.01600 A            0.32800 0.00600 A            0.36400 0.02200 A            0.37700 0.00600 A</p>	<p>0.07440            0.07490            0.08290 0.15000 A            0.08323 1.44000 A X            0.08611 2.54000 A X            0.08730 0.30000 A            0.09460            0.09650 0.02500 A            0.09730 0.94000 A X            0.09940 2.90000 AD            0.09970 2.90000 A            0.10030 0.25000 A X            0.10080            0.10380 0.01000 A            0.10820 0.25000 A            0.11140 0.32000 A            0.11600 1.55000 A            0.11900 0.07000 A            0.12440 0.22000 A            0.13450 0.05000 A            0.13820 0.20000 A            0.14470 0.13000 A            0.14990 0.73000 A            0.15350 0.15000 A            0.15720 0.35000 A            0.17130 0.10000 A            0.17860 0.02000 A            0.18770 0.55000 A            0.19550 0.15000 A            0.19820 0.03000 A            0.21620 0.34000 A            0.22460 0.11000 A            0.24070 0.02000 A            0.24870 0.02000 A            0.25360 0.13000 A            0.27990 0.03000 A            0.28550 0.01000 A            0.35100 0.04500 A            0.36100 0.07000 A            0.38400 0.06030 A            0.40900 0.09000 A            0.45300 0.11000 A            0.48040 0.03000 A            0.51630 0.03000 A            0.52750 0.70000 A</p>
<p>89 AC 218</p> <p>HALF LIFE: 2.7E-07S            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: NO GAMMA LINES</p>	<p>89 AC 223</p> <p>HALF LIFE: 2.2M            GEN: CHA TH232            DAU: FR219            AT215            BI211            PAR: RA 223 11.43D            AC 227 21.8A            REF: 77 MA 4</p> <p>0.07300 0.20000 A            0.08400 0.17000 A            0.09300 0.17000 A            0.09900 0.20000 A            0.12000 0.03000 A            0.12600 0.04000 A            0.17600 0.05000 A            0.19200 0.25000 A            0.20700 0.06000 A            0.21600 0.15000 A            0.26800 0.05000 A            0.30600 0.08000 A            0.35900 0.10000 A            0.37300 0.05000 A            0.43300 0.07000 A            0.43500 0.07000 A ?            0.47700 0.14000 A</p>		
<p>89 AC 219</p> <p>HALF LIFE: 7.E-06S            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: NO GAMMA LINES</p>			
<p>89 AC 220</p> <p>HALF LIFE: 0.026S            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: 74 SE 1</p> <p>0.13400</p>			
<p>89 AC 221</p> <p>HALF LIFE: 0.052S            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: NO GAMMA LINES</p>	<p>89 AC 224</p> <p>HALF LIFE: 2.9H            GEN: CHA TH232            DAU: RA224            FR220            AT216            PAR: PA 228 22.0H            REF: 76 EL 3, 69 LE 2,            68 LE 3</p> <p>0.00690 ?            0.01250 ?            0.01503 X            0.01600 ?            0.01791 X            0.01864 X            0.02500 0.00900 A            0.03670 0.00600 A            0.03700 ?            0.04300 ?            0.04820 0.06700 A            0.05350 0.00500 A            0.05450 ?            0.05500 0.00200 A            0.05600 0.00300 A</p>		
<p>89 AC 222</p> <p>HALF LIFE: 4.2S            GEN:            DAU: COMPLX            PAR:            REF: 74 SE 1</p> <p>0.08594 X            0.08848 X            0.10000 X            0.10300 X</p>			
		<p>89 AC 225</p> <p>HALF LIFE: 10.0D            GEN: NAT U 233            DAU: FR221            AT217            BI213            PAR: TH 229 7340.0A            U 233 1.59E+05A            REF: 66 WA 2, 69 DZ 3,            73 MA 4</p> <p>0.02590 0.01000 A            0.03660 0.03000 A            0.03850 0.01300 A            0.06290 0.51000 A            0.06420 0.04000 A            0.06960 0.00700 A            0.07160 0.01600 A            0.07350 0.02000 A            0.07370 0.50000 A</p>	
			<p>89 AC 226</p> <p>HALF LIFE: 1.028D            GEN:            DAU: RA226            TH226            RN222            PAR:            REF: 77 TO 4</p> <p>0.06760 0.11000 A            0.07223 0.56000 A            0.08544 4.11000 A X            0.08848 7.34000 A X            0.08996 0.97000 A X            0.09335 1.73000 A X            0.10000 2.71000 A X            0.10300 0.81000 A X            0.10500 0.66000 A X</p>



0.45490 100.00000 R  
 0.50820 59.00000 R  
 0.75320 PAIR PEAK  
 0.95200 10.00000 R  
 1.10080 PAIR PEAK  
 1.22670 11.00000 R  
 1.24390 54.00000 R  
 1.26420 PAIR PEAK  
 1.32210 11.00000 R  
 1.34770 24.00000 R  
 1.37540 16.00000 R  
 1.61180 PAIR PEAK  
 1.69170 10.00000 R  
 1.71750 11.00000 R  
 1.72190 11.00000 R  
 1.75750 14.00000 R  
 1.77520 18.00000 R  
 1.90270 11.00000 R  
 1.91380 10.00000 R  
 2.12280 10.00000 R

-----  
 89 AC 231  
 -----  
 HALF LIFE: 7.5M  
 GEN: PHO TH232  
 DAU: TH231  
 PA231  
 PAR:  
 REF: 77 SC 1

0.01959  
 0.02600  
 0.04195  
 0.05050  
 0.06880 5.00000 R  
 0.09613  
 0.14360 9.00000 R  
 0.18560 45.00000 R  
 0.19490 7.00000 R  
 0.22120 52.00000 R  
 0.24060 10.00000 R  
 0.24740 1.10000 R  
 0.27190 7.00000 R  
 0.28230 100.00000 R  
 0.30690 80.00000 R  
 0.35070 2.40000 R  
 0.36880 38.00000 R  
 0.37200 4.40000 R  
 0.37570 4.10000 R  
 0.38830 1.10000 R  
 0.39690 1.90000 R  
 0.40020 2.60000 R  
 0.40780 8.50000 R  
 0.50350 1.10000 R  
 0.51240 1.20000 R  
 0.52810 2.30000 R  
 0.55440 3.90000 R

-----  
 89 AC 232  
 -----  
 HALF LIFE: 35.S  
 GEN: NFA TH232  
 DAU: TH232  
 PAR:  
 REF: 77 SC 4

0.04940  
 0.11270  
 -----  
 90 TH 213  
 -----  
 HALF LIFE: 0.15S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: 74 SE 1,  
 EXIST. DOUBTFUL

-----  
 90 TH 214  
 -----  
 HALF LIFE: 0.13S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: 74 SE 1,  
 EXIST. DOUBTFUL

-----  
 90 TH 215  
 -----  
 HALF LIFE: 1.2S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 90 TH 216  
 -----  
 HALF LIFE: 0.028S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 90 TH 217  
 -----  
 HALF LIFE: 2.52E-4S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 90 TH 218  
 -----  
 HALF LIFE: 1.E-07S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 90 TH 219  
 -----  
 HALF LIFE: 1.0E-06S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 90 TH 220  
 -----  
 HALF LIFE: 9.7E-06S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 90 TH 221  
 -----  
 HALF LIFE: 1.68E-03S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 90 TH 222  
 -----  
 HALF LIFE: 2.8E-03S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 90 TH 223  
 -----  
 HALF LIFE: 0.66S  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

-----  
 90 TH 224  
 -----  
 HALF LIFE: 1.05S  
 GEN: CHA TH232  
 DAU: RA220  
 RN216  
 PO212  
 PAR: U 228 9.2M  
 PA 228 26.0H  
 REF: 66 WA 2

0.08544 0.50000 A X  
 0.08848 1.00000 A X  
 0.10000 0.40000 A X  
 0.10300 0.10000 A X  
 0.17700 9.00000 A  
 0.23500 0.40000 A  
 0.29700 0.30000 A  
 0.41000 0.80000 A

-----  
 90 TH 225  
 -----  
 HALF LIFE: 8.M  
 GEN: CHA U 233  
 DAU: RA221  
 RN217  
 PAR:  
 REF: 66 WA 2,73 MA 4

0.08544 8.50000 A X  
 0.08767 X  
 0.08848 15.20000 A X  
 0.09088 X  
 0.10000 5.60000 A X  
 0.10200 X  
 0.10300 1.80000 A X  
 0.10580 X  
 0.13500 0.38000 A  
 0.15100 0.95000 A  
 0.24600 4.80000 A  
 0.32200 28.50000 A  
 0.36200 4.80000 A  
 0.45000 0.95000 A  
 0.49000 0.95000 A

-----  
 90 TH 226  
 -----  
 HALF LIFE: 30.9M  
 GEN: CHA TH232  
 DAU: RA222  
 RN218  
 PO214  
 PAR:  
 REF: 77 TO 4

0.08544 0.27000 A X  
 0.08848 0.48000 A X  
 0.10000 0.18000 A X  
 0.10300 0.06000 A X  
 0.11112 3.29000 A  
 0.13102 0.27800 A  
 0.17230 0.00020 A  
 0.19030 0.10900 A  
 0.20623 0.18920 A  
 0.24212 0.86600 A  
 0.67190 0.00028 A  
 0.70750 6.0E-05 A  
 0.78300 9.0E-05 A  
 0.80270 6.0E-05 A

Th

-----		0.10250	0.00120 A	0.29230	0.06000 A	0.70720	4.0E-05 A
90 TH 227		0.10300	0.34000 A X	0.29660	0.43000 A	0.71850	3.0E-05 A ?
-----		0.10500	0.04000 A ?	0.29990	2.00000 A	0.72210	0.00038 A
HALF LIFE: 18.5D		0.10800	0.00700 A	0.30030	0.20000 A	0.72360	0.00027 A
GEN: NAT U 235		0.10960	0.00600 A	0.30444	1.05000 A	0.73440	0.00010 A
DAU: RA223		0.11060	0.00200 A<	0.30840	0.01500 A	0.73550	0.00016 A
RN219		0.11260	0.00800 A	0.31266	0.48000 A	0.73840	7.0E-05 A
PO215		0.11320	0.74000 AD	0.31480	0.03000 A	0.74640	0.00010 A
PAR: AC 227 21.8A		0.11720	0.17000 A	0.31486	0.46000 A	0.74850	0.00030 A
PA 231 3.276E+04A		0.11730	0.01200 A	0.31870	0.00600 A	0.75400	0.00010 A
REF: 77 MA 5		0.12360	0.00800 A	0.31926	0.02200 A	0.75400	0.00010 A
0.00630	0.01000 A<	0.12450	0.00200 A< ?	0.32500	0.00600 A	0.75690	0.00020 A
0.00800	0.14000 A<	0.12470	0.00300 A	0.32620	0.00500 A ?	0.75690	0.00080 A
0.01480	0.18000 A<	0.13450	0.02700 A	0.32982	2.75000 A	0.76220	0.00026 A
0.02027	0.35000 A	0.14050	0.03200 A	0.33440	1.00000 A	0.76630	0.00030 A
0.02090		0.14130	0.13000 A	0.33980	0.00140 A	0.77300	0.00013 A
0.02960	0.00600 A	0.15000	0.01000 A	0.34246	0.35000 A	0.77530	0.00150 A
0.02991	0.10000 A	0.15420	0.10000 A	0.34650	0.00750 A	0.78050	0.00032 A
0.03162	0.08000 A	0.16220	0.00700 A	0.34850	0.00600 A	0.78420	0.00010 A
0.03350	0.01400 A ?	0.16490	0.01500 A ?	0.35050	0.11000 A	0.78740	4.0E-05 A
0.03600		0.16830	0.01400 A	0.35260	0.01000 A	0.78740	9.0E-05 A
0.04020	0.02000 A	0.17010	0.00300 A	0.36250	0.00500 A	0.79260	3.0E-05 A
0.04220	0.06000 A	0.17140	0.00100 A	0.36940	0.00500 A	0.79260	4.0E-05 A
0.04380	0.05000 A	0.17345	0.01300 A	0.37090	0.00700 A	0.79680	0.00080 A
0.04380	0.23000 A	0.17580	0.01800 A	0.37450	0.00140 A	0.80350	0.00097 A
0.04412	0.00700 A	0.17950	0.00200 A ?	0.37600	0.00600 A ?	0.80750	5.0E-05 A ?
0.04443	0.01300 A	0.18470	0.03300 A	0.38230	0.00600 A	0.81220	0.00270 A
0.04510		0.19770	0.01200 A	0.38350	0.04800 A	0.81800	0.00010 A
0.04645		0.20050	0.00500 A< ?	0.39240	0.00900 A	0.81800	3.0E-05 A
0.04830	0.01000 A	0.20160	0.02000 A	0.39890	0.00900 A ?	0.82310	0.00250 A
0.04850		0.20250	0.00600 A	0.40260	0.01200 A ?	0.82600	0.00020 A
0.04988	0.20000 A	0.20430	0.23000 A	0.41520	0.00170 A	0.82850	1.0E-05 A
0.05020	8.50000 A	0.20500	0.15000 A	0.43240	0.00500 A	0.82850	0.00020 A
0.05088	0.01600 A	0.20610	0.23000 A	0.43800	0.00700 A	0.83730	0.00040 A
0.05120	0.00300 A	0.20640	0.01200 A<	0.44250	6.0E-05 A ?	0.84220	0.00060 A
0.05420	0.00800 A	0.21065	1.13000 A	0.44500	0.00100 A<	0.84670	0.00015 A
0.05605	0.00500 A	0.21260	0.07000 A	0.44800	0.00015 A	0.84870	6.0E-05 A
0.05655	0.00700 A	0.21270	0.01700 A	0.45270	0.00010 A	0.85430	7.0E-05 A
0.05960	0.00900 A	0.21880	0.06000 A	0.45750	7.0E-05 A	0.85730	6.0E-05 A
0.06151	0.08000 A	0.21900	0.04000 A	0.46200	5.0E-05 A ?	0.85830	0.00024 A
0.06200	0.00200 A	0.22470	0.01500 A	0.46650	5.0E-05 A ?	0.86300	2.0E-05 A ?
0.06250	0.24000 A	0.22530	0.00200 A< ?	0.48000	0.00030 A	0.86750	7.0E-05 A
0.06270	0.00900 A	0.23040	0.00070 A	0.48200	0.00014 A	0.87620	0.00016 A
0.06440	0.02800 A	0.23490	0.45000 A	0.49310	0.00055 A	0.87820	0.00012 A
0.06620	0.00600 A	0.23600	11.20000 A	0.50740	0.00040 A	0.89100	2.0E-05 A
0.06640	0.00700 A	0.24630	0.01100 A	0.51640	0.00018 A	0.89300	1.3E-05 A
0.06870	0.00200 A<	0.24960	0.00700 A	0.52430	0.00015 A	0.89610	0.00011 A
0.06880	0.04000 A	0.25020	0.37000 A	0.53500	0.00010 A	0.90820	0.00210 A
0.06980	0.00900 A	0.25040	0.13000 A	0.53700	0.00110 A	0.91000	1.5E-05 A
0.07290	0.02800 A	0.25255	0.11000 A	0.55240	0.00023 A	0.92000	1.2E-05 A
0.07370	0.01900 A	0.25470	0.80000 A	0.55650	0.00022 A	0.92700	7.0E-06 A
0.07515	0.00900 A	0.25625	6.80000 A	0.56900	0.00060 A	0.93800	1.0E-05 A
0.07740	0.01000 A	0.26280	0.10000 A	0.57570	0.00013 A	0.94160	7.2E-05 A
0.07977	2.10000 A	0.26730	0.00250 A	0.57850	0.00013 A	0.95870	6.2E-05 A
0.08400	0.00150 A<	0.26800	0.01000 AD ?	0.58900	6.0E-05 A	0.97000	3.0E-05 A
0.08544	1.58000 A X	0.27060	0.00800 A	0.59600	1.0E-05 A ?	0.97170	1.0E-05 A ?
0.08544	2.82000 A X	0.27070	0.03200 A	0.60750	0.00018 A	0.98800	
0.09000	0.00340 A	0.27300	0.49000 A	0.62140	6.0E-05 A	0.99000	3.5E-05 A
0.09400	1.40000 A	0.27500	0.00150 A ?	0.62380	0.00016 A	0.99500	7.0E-06 A ?
0.09500	0.01200 A	0.27975	0.07000 A	0.63230	0.00014 A	0.99980	3.0E-05 A
0.09610	0.06000 A	0.28100	0.00700 A	0.64100	2.0E-05 A	1.01520	1.5E-05 A
		0.28140	0.1600 A	0.64420	5.0E-05 A	1.02000	2.0E-05 A
		0.28430	0.05000 A	0.64850	2.0E-05 A ?	1.02500	1.5E-05 A
		0.28550	0.05500 A	0.66310	6.0E-05 A		
		0.28615	1.58000 A	0.69200	4.0E-05 A		
		0.28950	0.00860 AD ?	0.70430	8.0E-05 A ?		
0.10030							



-----		0.16570		0.09587	0.76000 A	X	0.02936	1.00700 A
90 TH 228		0.17290	0.40000 A	0.09928	0.12000 A		0.05715	0.03800 A
-----		0.17980	0.43000 A	0.10227	0.51000 A		0.06393	
HALF LIFE: 1.913A		0.18400	0.32000 A	0.10581	0.00710 A		0.07470	0.03200 A
GEN: NAT TH232		0.19020		0.10661	0.01700 A		0.08650	1.60000 A
DAU: RA224		0.19363	4.20000 A	0.10800	0.29000 A	X	0.08780	0.16000 A
RN220		0.20490	1.20000 A	0.11150	0.10000 A	X	0.09229	0.32000 A
PO216		0.21097	3.00000 A	0.11563	0.00100 A		0.09470	0.96000 A
PAR: U 232 71.7A		0.21810	0.14000 A	0.11682	0.02070 A		0.09587	0.60000 A
REF: 76 HO 1		0.23620		0.12493	0.05600 A		0.10520	0.02600 A
-----		0.24260	0.25000 A	0.13403	0.02400 A		0.10800	0.17000 A
0.08440 1.19000 A		0.24350		0.13568	0.07800 A		0.11150	0.05500 A
0.13162 0.11200 A		0.26100		0.13675	0.00420 A		0.11750	0.00900 A
0.16637 0.08050 A		0.29000	0.26000 A	0.14054	0.00071 A		0.13110	0.02900 A
0.20565 0.02800 A		-----		0.14506	0.00580 A		0.13890	
0.21594 0.27300 A		90 TH 230		0.14594	0.03200 A		0.14320	0.01200 A
-----		HALF LIFE: 7.7E+04A		0.16312	0.15500 A		0.15150	0.00600 A
90 TH 229		GEN: NAT U 236		0.16500	0.00390 A		0.15350	0.03700 A
-----		DAU: RA226		0.16966	0.00120 A		0.16250	0.17000 A
HALF LIFE: 7340.0A		RN222		0.17415	0.01810 A		0.16910	0.28000 A
GEN: NAT U 233		PAR:		0.18350	0.03290 A		0.17120	0.00600 A
DAU: RA225		REF: 77 EL 4		0.18876	0.00320 A		0.17610	0.01800 A
AC225		0.06773	0.38000 A	0.21794	0.04000 A		0.17900	0.03200 A
PAR: U 233 1.59E+05A		0.08544	0.00300 A	0.23601	0.00920 A		0.18680	0.01400 A
NP 237 2.14E+06A		0.08848	0.00500 A	0.24027	0.00028 A		0.19050	0.10000 A
REF: 68 LE 1,77 KO 1		0.10000	0.00200 A	0.24250	0.00084 A		0.19500	0.11000 A
-----		0.10300	0.00060 A	0.24960	0.00078 A		0.20160	0.02000 A
0.01230 88.00000 A	X	0.11000	0.00010 A	0.25045	0.00065 A		0.21060	0.03400 A
0.01736 0.17000 A		0.14360	0.04500 A	0.26762	0.00116 A		0.21130	
0.02370		0.18580	0.00890 A	0.27410	3.0E-05 A		0.21660	0.03400 A
0.02539		0.20600	5.0E-06 A	0.30878	0.00039 A		0.22610	0.01500 A
0.03030		0.23500	5.0E-06 A	0.31100	0.00290 A		0.24600	
0.03130 8.60000 A		0.25300	0.00080 A	0.31787	8.0E-05 A		0.25050	
0.03780 2.80000 A		0.25350	0.01080 A	0.32015	0.00011 A		0.25290	
0.04276 0.15000 A		-----		0.35180	7.0E-05 A		0.25730	0.05400 A
0.05320		90 TH 231		-----			0.27870	
0.05660 0.32000 A		HALF LIFE: 1.06JD		90 TH 232			0.28550	0.01500 A
0.06818 0.10000 A		GEN: NAT U 235		-----			0.34730	0.00600 A
0.06890 0.10000 A		DAU: PA231		HALF LIFE: 1.41E+10A			0.35180	
0.08644 2.90000 A		PAR:		GEN: NAT TH232			0.35990	0.07500 A
0.08848 25.50000 A	X	REF: 77 SC 1,77 KO 1		DAU: RA228			0.36140	
0.10000 11.70000 A	X	-----		AC228			0.36800	
0.10300		0.00920		TH228			0.37720	0.01900 A
0.10717 0.86000 A		0.01025		PAR:			0.39900	0.01400 A
0.12450 0.85000 A		0.01330 92.00000 A		REF: 77 SC 4,77 KO 1			0.40200	
0.12470 0.85000 A		0.01720		-----			0.40880	
0.13197 0.32000 A		0.01807 0.33000 A		90 TH 233			0.41250	0.00800 A
0.13260		0.02664 18.70000 A		-----			0.41840	0.00700 A
0.13480		0.04286 0.15800 A		HALF LIFE: 22.3M			0.43090	0.02800 A
0.13571 1.00000 A		0.04408 0.00070 A		GEN: NTH TH232			0.43300	
0.13703 1.20000 A		0.05857 0.56000 A		DAU: PA233			0.44100	0.16000 A
0.14030		0.06386 0.02300 A		U233			0.44770	0.08600 A
0.14295 0.42000 A		0.06850 0.00570 A		PAR:			0.45420	0.02500 A
0.14780 1.10000 A		0.07278 0.25100 A		REF: 70 SE 2,68 LE 1,			0.45920	0.80000 A
0.14830 1.40000 A		0.07780		71 EL 2			0.46750	0.01400 A
0.15020		0.08124 0.89000 A		-----			0.47380	0.00200 A
0.15160		0.08211 0.40000 A		0.00668			0.49080	0.03600 A
0.15440 0.65000 A		0.08421 8.00000 A		0.00822			0.49710	0.01300 A
0.15648 1.00000 A		0.08995 1.25000 A		0.01673		X	0.49900	0.12600 A
0.15850		0.09229 0.43000 A		0.02031		X	0.50550	0.00300 A
0.16160		0.09302 0.04500 A		0.02111		X	0.51360	0.01600 A
				0.02728			0.51700	0.00700 A
							0.52650	0.03800 A
							0.53180	0.00400 A
							0.55210	0.02800 A
							0.55490	0.00200 A



0.28187 1.23000 A  
 0.32764 1.86000 A  
 0.32764 2.10000 A  
 0.33236 1.57200 A  
 0.33832 5.10000 A  
 0.34110 1.54200 A  
 0.34500 0.42000 A  
 0.42951 6.00000 A  
 0.44930 0.30000 A  
 0.46100 0.84000 A  
 0.46300 13.20000 A  
 0.48130 0.12000 A  
 0.49800 0.60000 A  
 0.52500 0.18000 A  
 0.54750 0.12000 A  
 0.55610 0.18000 A  
 0.56320 0.66000 A  
 0.57110 0.57000 A  
 0.57300 0.44400 A  
 0.58140 1.02000 A  
 0.58920 0.07800 A<  
 0.60250 0.06000 A<  
 0.61490 0.09600 A  
 0.61960 0.30000 A  
 0.62380 0.07800 A  
 0.62380 0.07800 A  
 0.64060 0.06000 A  
 0.65050 0.25200 A  
 0.66330 0.36000 A  
 0.66790 0.39000 A  
 0.67700 0.58200 A  
 0.69280 0.05400 A  
 0.70150 0.07800 A  
 0.70710 0.30000 A  
 0.70710 0.30000 A  
 0.71810 0.24000 A  
 0.72620 0.48000 A  
 0.73860 0.09000 A<  
 0.73860 0.09000 A<  
 0.74500 0.12000 A<  
 0.75050 0.21000 A  
 0.75518 1.26000 A  
 0.77217 1.18800 A  
 0.77650 0.42000 A  
 0.78200 0.60000 A  
 0.79080 0.27000 A  
 0.79470 2.00400 A  
 0.79600 0.12000 A  
 0.80200 0.09000 A<  
 0.81800 0.60000 A  
 0.82350 0.24000 A  
 0.83050 1.95000 A  
 0.83550 2.72400 A  
 0.84000 1.02000 A  
 0.85300 0.06000 A<  
 0.87010 1.05600 A  
 0.88420 0.34200 A  
 0.88860 0.78000 A  
 0.89430 2.64000 A  
 0.90450 2.88000 A  
 0.91123 16.02000 A  
 0.92170 0.60000 A<  
 0.92380 0.36000 A  
 0.94000 0.60000 A  
 0.94560 1.80000 A  
 0.95780 0.60000 A

0.96460 10.08000 A  
 0.96911  
 0.96911 13.20000 A  
 0.97500 1.56000 A  
 0.98780 0.24000 A  
 0.98780 0.24000 A  
 1.01860 0.21000 A  
 1.03320 0.48000 A  
 1.03990 0.16800 A  
 1.04610 0.03600 A  
 1.05440 0.13800 A  
 1.06520 0.07800 A  
 1.07020 0.11400 A  
 1.09600 0.03000 A  
 1.10390 0.01800 A  
 1.11040 0.43200 A  
 1.11860 0.04200 A  
 1.16440 0.07200 A  
 1.18440 0.02400 A  
 1.19470 0.01800 A  
 1.23770 0.08400 A  
 1.24640 0.90000 A  
 1.25310 0.01800 A  
 1.27300 0.07800 A  
 1.28800 0.12000 A  
 1.29800 0.11400 A  
 1.31100 0.05400 A  
 1.42060 0.09600 A  
 1.43170 0.13800 A  
 1.45380 0.12000 A  
 1.45930 0.72000 A  
 1.46420 0.06000 A  
 1.48140 0.09000 A  
 1.48750 0.05400 A  
 1.49590 0.16800 A  
 1.50390 0.09500 A  
 1.52260 0.04800 A  
 1.52880 0.17400 A  
 1.53710 0.01200 A  
 1.54880 0.09600 A  
 1.55720 0.27600 A  
 1.57290 0.16800 A  
 1.58000 0.17800 A  
 1.58800 2.43900 A  
 1.61020 0.07200 A  
 1.61870 0.13800 A  
 1.62120 0.25800 A  
 1.63030 0.10200 A  
 1.63840 0.09600 A  
 1.66630 0.18600 A  
 1.67690 0.03000 A  
 1.68580 0.14400 A  
 1.70100 0.06000 A  
 1.70570 0.21600 A  
 1.71250 0.01200 A  
 1.72520 0.02400 A  
 1.73370 0.04200 A  
 1.73840 0.63600 A  
 1.75260 0.03000 A  
 1.75780 0.54000 A  
 1.77270 0.03000 A  
 1.78520 0.08400 A  
 1.79430 0.09000 A  
 1.80720 0.03240 A  
 1.82390 0.03600 A  
 1.82890 0.05400 A

1.83510 0.63600 A  
 1.84220 0.16200 A  
 1.84220 0.16200 A  
 1.86590 0.04800 A  
 1.87100 0.09000 A  
 1.88000 0.13800 A  
 1.88700 1.56000 A  
 1.90020 0.01560 A  
 1.90700 0.05880 A  
 1.91810 0.01680 A  
 1.92440 0.00840 A  
 1.93590 0.01440 A  
 1.95210 0.05100 A  
 1.95890 0.02160 A  
 1.96590 0.02880 A

-----  
 91 PA 229  
 -----  
 HALF LIFE: 1.5D  
 GEN: CHA TH232  
 DAU: TH229  
 PAR:  
 REF: 68 LE 1,71 EL 1  
 -----  
 0.02600  
 0.04000 10.00000 A  
 0.04237  
 0.05100  
 0.05200  
 0.06400  
 0.06500 5.00000 A  
 0.07100  
 0.08996 20.00000 A X  
 0.09335 40.00000 A X  
 0.09600 16.00000 A  
 0.10500 15.00000 A X  
 0.10860 5.00000 A X  
 0.13600  
 0.14600

-----  
 91 PA 230  
 -----  
 HALF LIFE: 17.4D  
 GEN: CHA TH232  
 DAU: TH230  
 U230  
 PAR:  
 REF: 77 EL 4  
 -----  
 0.05175 0.02968 A  
 0.05320 0.23320 A  
 0.08997 16.64000 A X  
 0.09334 22.68000 A X  
 0.10481 10.97000 A X  
 0.10846 3.55100 A X  
 0.12090 0.33390 A  
 0.17020 W  
 0.17550 W  
 0.18360 W  
 0.19460 ?  
 0.19710 ?  
 0.22800  
 0.25360 0.00530 A<  
 0.25360 0.00954 A  
 0.25360 0.01452 A

0.26600 0.00689 A  
 0.27425 0.09540 A  
 0.29420 0.03710 A  
 0.29800 0.04240 A  
 0.30200 0.01166 A  
 0.31480 0.10550 A  
 0.31680 0.15900 A  
 0.33200 0.05300 A  
 0.34650 0.02650 A<  
 0.36656 0.08586 A  
 0.36950 0.03302 A  
 0.37500 0.01060 A  
 0.37520 0.03180 A  
 0.38015 0.29150 A  
 0.39780 1.80200 A  
 0.39995 0.60950 A  
 0.40130 0.02332 A  
 0.44080 0.10600 A  
 0.44375 5.30000 A  
 0.45000 0.01060 A  
 0.45495 6.04200 A  
 0.46360 0.79500 A  
 0.50400 0.06360 A  
 0.50400 0.06890 A  
 0.50800 0.21200 A  
 0.50820 3.44500 A  
 0.51850 1.90800 A  
 0.53300  
 0.53600  
 0.55600 0.19080 A  
 0.57110 1.04400 A  
 0.58180 0.12720 A  
 0.60750 0.07950 A  
 0.61969 0.15900 A  
 0.62450 0.04293 A  
 0.63490  
 0.65180 0.01590 A  
 0.67750 0.04770 A  
 0.72823 1.82800 A  
 0.77250 0.09540 A  
 0.78135 1.43100 A  
 0.83570 0.07950 A  
 0.83870 0.02544 A  
 0.86865 5.61800 A  
 0.91850 7.95000 A  
 0.95195 28.09000 A  
 0.95300 0.15900 A  
 0.95630 1.53700 A  
 0.95930 0.47700 A  
 0.97000 0.01325 A  
 0.99940 0.01166 A  
 1.00960 1.04400 A  
 1.02605 1.35700 A  
 1.07468 0.72610 A

-----  
 91 PA 231  
 -----  
 HALF LIFE: 3.276E+04A  
 GEN: NAT U 235  
 DAU: AC227  
 TH227  
 RA223  
 PAR: U 235 7.038E+08A  
 REF: 77 SC 1,70 LE 4,  
 70 PI 1,69 LA 2



0.42690	0.39000 A	0.81000		1.73760	0.10000 A	0.47550	0.00200 A
0.43280	0.06000 A	0.81250	0.49000 A	1.74170	0.10000 A	0.50750	0.00110 A
0.44690	0.12000 A	0.81940	2.20000 A	1.75010	0.05000 A	0.50920	0.00150 A
0.45860	1.50000 A	0.82470	3.60000 A	1.75600	0.24000 A	0.51720	1.2E-05 A ?
0.46180	0.16000 A	0.82630	3.20000 A	1.76830	0.06000 A	0.54410	0.00260 A
0.46750	0.38000 A	0.83110	5.60000 A	1.77220	0.15000 A	0.55600	1.4E-05 A ?
0.47210	0.24000 A	0.84190	0.14000 A	1.79690	0.29000 A	0.55730	0.00050 A
0.47350	0.18000 A	0.84480	0.59000 A	1.82800	0.03000 A	0.57200	0.00061 A
0.48000	0.29000 A	0.87290	0.12000 A	1.83810	0.06000 A	0.62460	0.00100 A
0.48250	0.29000 A	0.87670	2.70000 A	1.85000	0.05000 A	0.64770	0.00110 A
0.49890	0.10000 A	0.88051	4.10000 A	1.87280	0.07000 A	0.64900	0.00075 A
0.50680	1.40000 A	0.88051	6.50000 A	1.89110	0.19000 A	0.65530	0.00097 A
0.51360	1.20000 A	0.88324	12.00000 A	1.89750	0.16000 A	0.67980	0.00026 A
0.52060	1.20000 A	0.89860	4.00000 A	1.90500	0.27000 A	0.67390	0.00045 A
0.52100	1.20000 A	0.90480	0.49000 A	1.92650	0.44000 A	0.68340	0.00040 A
0.52800	0.39000 A	0.92000	0.39000 A	1.93770	0.05000 A	0.69100	0.00550 A
0.53320	0.20000 A	0.92460	2.80000 A	1.95900	0.00100 A	0.69550	0.00110 A
0.53710	0.16000 A	0.92670	5.10000 A	1.98800	0.00200 A	0.69900	0.00056 A
0.55700	0.25000 A	0.92670	11.00000 A	1.99800	0.00100 A	0.70160	0.00540 A
0.56650	1.70000 A	0.94600	20.00000 A			0.70630	0.00280 A
0.56870	3.00000 A	0.94900	7.80000 A			0.70820	0.00050 A<
0.56926	3.10000 A	0.96000	0.10000 A	-----	-----	0.72050	2.3E-05 A ?
0.56926	10.40000 A	0.96600	0.60000 A	91 PA 234M		0.73250	0.00091 A
0.57400	2.00000 A	0.97880	1.40000 A	-----	-----	0.74010	0.00710 A
0.58610	0.15000 A	0.97880	1.40000 A	HALF LIFE:	1.17M	0.74300	0.05660 A
0.59650	0.60000 A	0.98050	1.50000 A	GEN: NAT U 238		0.75070	1.4E-05 A ?
0.60280	1.30000 A	0.98050	2.20000 A	DAU: PA234		0.76030	0.00110 A
0.61140	0.80000 A	0.98340	2.40000 A	U234		0.76660	0.20700 A
0.61620	0.20000 A	1.02270	0.36000 A	PAR: TH 234	24.1D	0.78230	0.00530 A
0.62350	1.00000 A	1.02830	0.77000 A	U 238	4.7E+09A	0.78300	5.0E-05 A ?
0.62750	0.68000 A	1.04490	0.49000 A	REF: 77 EL 1.77 KO 1		0.78640	0.03420 A
0.63000	0.41000 A	1.07440	0.17000 A			0.79350	6.0E-05 A ?
0.63450	0.29000 A	1.08250	0.76000 A	0.01360	0.44000 A X	0.80600	0.00300 A
0.63970	0.21000 A	1.10850	0.29000 A	0.04350		0.80820	0.00210 A
0.64320	0.22000 A	1.12230	0.49000 A	0.06320	0.00190 A ?	0.81100	
0.64620	0.72000 A	1.12600	0.78000 A	0.07392	0.01090 A	0.81820	0.00070 A
0.65320	1.30000 A	1.15310	0.23000 A	0.07392	0.01092 A	0.82560	0.00059 A
0.65500	0.61000 A	1.17130	0.25000 A	0.09466	0.11600 A X	0.83150	0.00250 A ?
0.66060	0.29000 A	1.20800	0.29000 A	0.09844	0.18800 A X	0.84410	0.00076 A
0.66460	1.50000 A	1.21750	0.38000 A	0.09986		0.85190	0.00440 A
0.66670	1.50000 A	1.24090	0.21000 A	0.11100	0.07400 A X	0.86680	0.00075 A
0.66980	1.50000 A	1.25100	0.29000 A	0.11450	0.02700 A X	0.88090	0.00270 A
0.68330	0.24000 A	1.27710	0.13000 A	0.14010	0.00090 A	0.88320	0.00120 A
0.68550	0.27000 A	1.29280	0.69000 A	0.18470	0.00120 A	0.88320	0.00130 A
0.69250	1.30000 A	1.35300	1.70000 A	0.19340	0.00044 A	0.88750	0.00520 A
0.69910	4.60000 A	1.35840	0.20000 A	0.19340	6.0E-05 A	0.92230	0.00830 A
0.70600	3.20000 A	1.39410	3.90000 A	0.19990	0.00040 A	0.92680	0.00087 A
0.71120	0.16000 A	1.39970	0.21000 A	0.20330	0.00072 A	0.93630	0.00130 A
0.73300	8.50000 A	1.42700	0.21000 A	0.20990	0.00092 A	0.94250	0.00210 A
0.73840	0.80000 A	1.44610	0.56000 A	0.23590	3.2E-05 A ?	0.94630	0.00700 A
0.74281	3.00000 A	1.45260	1.20000 A	0.23600	0.00100 A<	0.96000	0.00060 A
0.74650	0.90000 A	1.46000	0.29000 A	0.24350	0.00035 A	0.96030	0.00060 A
0.75480	1.40000 A	1.49370	0.21000 A	0.24770	0.00067 A	0.99610	0.00290 A
0.76000	0.16000 A	1.51600	0.39000 A	0.25790	0.05700 A	1.00103	0.59000 A
0.76636	0.20000 A	1.54940	0.10000 A	0.27550	0.00022 A	1.04230	0.00100 A
0.76636	0.80000 A	1.58010	0.16000 A	0.29900	0.00045 A	1.05940	0.00077 A
0.76870	0.55000 A	1.58540	0.16000 A	0.31100	0.00036 A	1.06210	0.00140 A
0.77790	0.20000 A	1.59380	0.39000 A	0.31630	0.00010 A ?	1.08190	0.00063 A
0.78080	1.60000 A	1.62800	0.13000 A	0.33810	0.00079 A	1.08570	0.00034 A
0.78310	0.49000 A	1.63820	0.25000 A	0.35750	0.00056 A	1.12060	0.00120 A
0.78627	1.60000 A	1.65600	0.15000 A	0.36280	0.00048 A	1.12570	0.00210 A
0.79360	1.50000 A	1.66850	1.06000 A	0.38760	0.00030 A	1.12570	0.00067 A
0.79620	3.40000 A	1.68630	0.39000 A	0.38760	0.00070 A	1.17420	0.00134 A
0.80450	0.39000 A	1.69400	1.30000 A	0.45120	0.00210 A	1.19377	0.00900 A
0.80550	3.30000 A	1.69980	0.15000 A	0.45360	0.00170 A	1.22000	0.00070 A
0.80810	4.90000 A	1.71950	0.02000 A	0.45670	0.00050 A	1.23740	0.00360 A
				0.46810	0.00165 A	1.35300	0.00044 A

1.39270 0.00110 A	0.65930	-----	0.22880
1.41420 0.00150 A		91 PA 237	0.23830
1.43430 0.00580 A		-----	0.25020 7.00000 A
1.45850 0.00130 A		HALF LIFE: 8.7M	0.25830 8.00000 A
1.50100 0.00090 A		GEN: NFA U 238	0.26940 12.00000 A
1.51050 0.00910 A		CHA U 238	0.27600
1.52720 0.00150 A		PHO U 238	0.28920 4.00000 A
1.55000 0.00130 A		DAU: U237	0.29320 12.00000 A
1.55410 0.00630 A		PAR:	0.30190 2.00000 A
1.55840 0.00053 A		REF: 71 EL 3	0.31710 7.00000 A
1.57080 0.00086 A			0.32200
1.59370 0.00270 A	0.04520 0.01680 A	0.04520 ?	0.32950
1.60180 0.00033 A	0.06880	0.17910 0.19000 A	0.34730
1.66760 0.00058 A	0.10420	0.31010 1.94000 A	0.35330
1.69410 0.00032 A	0.24330 0.15000 A	0.49870 2.70000 A	0.37360 2.00000 A
1.72050 0.00023 A	0.27920 0.42000 A	0.52940 16.60000 A	0.37620 4.00000 A
1.73220 0.00130 A	0.30030 0.06000 A	0.54070 10.40000 A	0.37700
1.73820 0.01420 A	0.33350	0.54360 0.27000 A	0.39670 18.00000 A
1.75910 0.00160 A	0.36650 0.45000 A	0.55490 1.71000 A	0.40790 9.00000 A
1.76540 0.00610 A	0.42290 0.51000 A	0.70100 0.07600 A	0.42310 6.00000 A
1.79620 0.00022 A	0.52650	0.72260 0.91000 A	0.43300
1.80900 0.00300 A	0.53780	0.73400 0.72000 A	0.43740 16.00000 A
1.82040 0.00083 A	0.55040	0.84710	0.44290
1.83150 0.01120 A	0.59400 0.15000 A	0.85370 38.00000 A	0.44850 76.00000 A
1.86380 0.00085 A	0.64200 30.00000 A	0.86500	0.45690 7.00000 A
1.86820 0.00530 A	0.68720 7.74000 A	1.33320 0.19000 A	0.45960
1.87550 0.00550 A	0.74030	1.34480 0.11400 A	0.46620 2.00000 A
1.89440 0.00150 A	0.86070	1.39590 0.19000 A	0.47630 19.00000 A
1.91180 0.00370 A	0.87040	1.40750 0.11400 A	0.48910 20.00000 A
1.92650 0.00031 A	0.87410 0.30000 A		0.50210 26.00000 A
1.93770 0.00210 A	0.91680	-----	0.50840
1.97000 0.00039 A	0.92120 0.25500 A	91 PA 238	0.51100
	0.94260 0.60000 A	-----	0.51930
	0.96660 0.63000 A	HALF LIFE: 2.3M	0.54730 40.00000 A
	0.99090	GEN: NFA U 238	0.55790
	1.02280	DAU: U238	0.57040 6.00000 A
	1.06490 0.24000 A	PAR:	0.57210
	1.15560	REF: 68 TR 2,70 EL 1, 77 EL 2	0.58370 41.00000 A
	1.17760		0.60610 10.00000 A
	1.22590		0.61560 8.00000 A
	1.23490	0.01353 X	0.62390 19.00000 A
	1.28390	0.01644 X	0.63520 88.00000 A
	1.29150	0.01717 X	0.64680 9.00000 A
	1.51780	0.02013 X	0.65980
	1.55980 1.86000 A	0.04500	0.66770
	1.58690	0.06810	0.68020 73.00000 A
	1.61710 0.87000 A	0.06880 7.00000 A	0.68700 54.00000 A
	1.66230 0.51000 A	0.09466 60.00000 A X	0.74400
	1.74880	0.09844 83.00000 A X	0.74900
	1.76260 5.40000 A	0.10340 12.00000 A	0.76520 4.00000 A
	1.77360	0.10930	0.76900
	1.80800 2.01000 A	0.11100 33.00000 A X	0.79750
	1.86520	0.11450 11.00000 A X	0.80590 44.00000 A
	1.90710	0.13090	0.81810
	1.92670 ?	0.14260	0.82330 9.00000 A
	1.93430	0.15430 3.00000 A	0.83670
	1.94830	0.15890 4.00000 A	0.83960
	1.97290	0.16490 2.00000 A	0.84930 14.00000 A
	1.98080	0.17120 3.00000 A	0.85190 6.00000 A
	2.04120 1.56000 A	0.17850 11.00000 A	0.86400 54.00000 A
	2.07790 0.09000 A	0.18940	0.86770 PAIR PEAK
	2.08660 0.81000 A	0.19160 2.00000 A	0.87460 9.00000 A
	2.18190 0.04500 A	0.19800 9.00000 A	0.88600 45.00000 A
		0.21290	0.90540 23.00000 A
		0.21790 14.00000 A	0.91170 19.00000 A
		0.22240 4.00000 A	0.93170 6.00000 A

0.93250  
0.94400 7.00000 A  
0.95270 21.00000 A  
0.95720 18.00000 A  
0.96100  
0.96750 4.00000 A  
0.96900  
0.97960  
0.98470 7.00000 A  
0.99110  
0.99580 10.00000 A  
1.00360  
1.01450  
1.01500 100.00000 A  
1.01900  
1.02050 10.00000 A  
1.03290  
1.03610  
1.04250 8.00000 A  
1.06010  
1.06090 45.00000 A  
1.07100  
1.07400  
1.08370 50.00000 A  
1.09020  
1.09510 5.00000 A  
1.11200 2.00000 A  
1.11300  
1.11520 4.00000 A  
1.12300  
1.12400 5.00000 A  
1.13610 2.00000 A  
1.16010 5.00000 A  
1.16010 5.00000 A  
1.17920 6.00000 A  
1.21480 5.00000 A  
1.22430 6.00000 A  
1.23350  
1.30640  
1.31170  
1.32520  
1.33210 5.00000 A  
1.33670  
1.35930  
1.36400  
1.36870 5.00000 A  
1.37770 4.00000 A  
1.37870 PAIR PEAK  
1.38370 7.00000 A  
1.39400  
1.41000  
1.41290 3.00000 A  
1.42000  
1.49700 8.00000 A  
1.50710  
1.51650  
1.52740 4.00000 A  
1.60000  
1.61290 3.00000 A  
1.62000  
1.62600  
1.63050  
1.64750  
1.73000  
1.73700  
1.75200

1.78570  
1.80400  
1.84100  
1.87250  
1.88970 17.00000 A  
1.90700  
1.97600  
1.98550  
1.99680 4.00000 A  
2.01230 3.00000 A  
2.01870 7.00000 A  
2.04800  
2.08100  
2.08900  
2.12600  
2.52900 2.00000 A

-----  
92 U 226  
-----  
HALF LIFE: 0.5S  
GEN:  
DAU: COMPLX  
PAR:  
REF: NO GAMMA LINES

-----  
92 U 227  
-----  
HALF LIFE: 1.1M  
GEN:  
DAU: COMPLX  
PAR:  
REF: NO GAMMA LINES

-----  
92 U 228  
-----  
HALF LIFE: 9.2M  
GEN: CHA TH232  
DAU: TH224  
RA220  
RN216  
PAR:  
REF: 66 WA 2

0.09229 1.00000 A X  
0.09587 2.00000 A X  
0.10800 0.80000 A X  
0.11150 0.25000 A X  
0.15200 0.20000 A  
0.18700 0.30000 A  
0.24600 0.40000 A

-----  
92 U 229  
-----  
HALF LIFE: 58.0M  
GEN: CHA U 233  
DAU: TH225  
PA229  
TH229  
PAR:  
REF: 71 EL 1

0.02100 13.00000 A X

0.09229 17.00000 A X  
0.09587 30.00000 A X  
0.10800 11.50000 A X  
0.11150 4.00000 A X

-----  
92 U 230  
-----  
HALF LIFE: 20.8D  
GEN: CHA TH232  
CHA PA230  
DAU: TH226  
PAR:  
REF: 77 EL 4

0.07220 0.60060 A  
0.08100 0.00044 A  
0.08996 0.01274 A X  
0.09335 0.02275 A X  
0.10500 0.00846 A X  
0.10860 0.00291 A X  
0.15423 0.12560 A  
0.15818 0.07007 A  
0.22100 4.6E-05 A  
0.22390 0.00024 A  
0.23037 0.12190 A  
0.23530 0.01065 A  
0.53900 3.2E-05 A  
0.57480 0.00030 A  
0.61700 3.6E-05 A

-----  
92 U 231  
-----  
HALF LIFE: 4.2D  
GEN: CHA TH232  
DAU: PA231  
PAR:  
REF: 77 SC 1

0.00920  
0.01719  
0.01905  
0.02564 12.00000 A  
0.05854 0.44000 A  
0.06850 0.00550 A  
0.08130 0.01300 A  
0.08210 0.01800 A  
0.08418 7.00000 A  
0.08995  
0.09229 21.00000 A X  
0.09557 38.00000 A X  
0.10800 15.00000 A X  
0.11150 5.00000 A X  
0.22000 0.80000 A  
0.23600 0.20000 A

-----  
92 U 232  
-----  
HALF LIFE: 72. A  
GEN: NFA U 233  
CHA TH232  
DAU: TH228  
RA224  
RN220  
PAR:  
REF: 77 SC 4

0.05770 0.21000 A  
0.08996 0.00550 A X  
0.09335 0.00990 A X  
0.10500 0.00380 A X  
0.10860 0.00130 A X  
0.12900 0.07500 A  
0.26900 3.80000 A  
0.27050 0.00380 A  
0.32780 0.00340 A  
0.50000 2.0E-05 A  
0.77000  
0.84000

-----  
92 U 233  
-----  
HALF LIFE: 1.585E+05A  
GEN: NTH TH232  
DAU: TH229  
RA225  
AC225  
PAR:  
REF: 70 CL 1,71 EL 2

0.01630  
0.01970  
0.02050  
0.02520  
0.02900 0.03620 A  
0.04240 0.14900 A  
0.05469 0.04140 A  
0.06614 0.00210 A  
0.06803 0.00070 A  
0.07037 0.00160 A  
0.07188 0.00840 A  
0.07496 0.00440 A  
0.07641 0.00160 A  
0.07786 0.00090 A  
0.08306 0.00040 A  
0.08523 0.00010 A  
0.08996  
0.09050 0.00090 A  
0.09326 0.00590 A  
0.09335  
0.09721 0.06010 A  
0.10003 0.00010 A  
0.10177 0.00020 A  
0.10500  
0.10860  
0.10952 0.00100 A  
0.11201 0.00130 A  
0.11722 0.00860 A  
0.11901 0.01080 A  
0.12083 0.00890 A

0.12392 0.00210 A	0.05310 0.11800 A	0.28956 0.00700 A	0.23423 0.02400 A
0.12548 0.00030 A	0.08996 0.00200 A X	0.29120	0.26754 0.77000 A
0.13105 0.00020 A	0.09335 0.00400 A X	0.29165 0.00300 A	0.29270 0.00270 A
0.13535 0.00640 A	0.10500 0.00150 A X	0.30170 0.00500 A	0.33236 1.25000 A
0.13978 0.00030 A	0.10860 0.00050 A X	0.31069 0.00400 A	0.33538 0.10700 A
0.14535 0.00520 A	0.12100 0.04100 A	0.31710 0.00100 A	0.33770 0.00780 A
0.14638 0.001840 A	0.45600 2.5E-05 A	0.34350 0.00300 A	0.36859 0.04600 A
0.14826 0.00100 A	0.50400 1.2E-06 A<	0.34590 0.03800 A	0.37094 0.12300 A
0.14976 0.00030 A	0.50800 1.5E-05 A	0.35603 0.00500 A	
0.15344 0.00030 A	0.58400 1.2E-05 A	0.35782 0.03800 A	-----
0.15498 0.00050 A	0.62400 ?	0.39030 0.04000 A ?	92 U 238
0.15621 0.00020 A	0.63490 ?	0.41029 0.00300 A	-----
0.16257 0.00040 A	0.67600 9.0E-07 A<	0.44840 0.00100 A	HALF LIFE: 4.7E+09A
0.16460 0.01770 A	0.74000 3.0E-06 A<	0.45510 0.00800 A	GEN: NAT U 238
0.16563 0.00140 A		0.51720 0.00040 A	DAU: TH234
0.16903 0.00030 A		0.74250 0.00040 A ?	PA234
0.17082 0.00050 A		0.79470 0.00060 A ?	U234
0.17418 0.00090 A	92 U 235		PAR:
0.18797 0.00560 A	-----		REF: 68 LE 1,70 EL 4,
0.19214 0.00030 A	HALF LIFE: 7.038E+08A	92 U 235M	77 KO 1
0.20605 0.00020 A	GEN: NAT U 235	-----	
0.20818 0.00680 A	DAU: TH231	HALF LIFE: 26.1M	0.01300 8.70000 A X
0.21237 0.00300 A	PAR:	GEN: NTH U 238	0.04800 0.07500 A
0.21650 0.00260 A	REF: 77 SC 2	DAU: U235	-----
0.21713 0.00820 A		PAR: PU 239 2.413E+04A	92 U 239
0.21936 0.00050 A	0.01959	PA 235 24.2M	-----
0.22345 0.00010 A	0.03155 0.01600 A	REF: 68 LE 1	HALF LIFE: 23.54M
0.23012 0.00030 A	0.04140 0.03000 A		GEN: NTH U 238
0.24037 0.00090 A	0.04196 0.04000 A	0.00008	DAU: NP239
0.24534 0.10700 A	0.05130 0.02000 A	-----	PAR:
0.24073 0.00430 A	0.05410	92 U 236	REF: 71 AR 3
0.25594 0.00020 A	0.06435	-----	
0.25938 0.00060 A	0.07270 0.11000 A	HALF LIFE: 2.341E+07A	0.01760 X
0.26192 0.00090 A	0.07496 0.06000 A	GEN: NTH U 235	0.02160 X
0.26868 0.00080 A	0.08996 1.50000 A X	DAU: TH232	0.02242 X
0.27235 0.00030 A	0.09335 2.50000 A X	PAR:	0.03110
0.27471 0.00140 A	0.09570	REF: 77 SC 5	0.04310
0.27810 0.00320 A	0.09609 0.08600 A	0.04937	0.04353 5.63000 A
0.28803 0.00270 A	0.10500 1.00000 A X	0.11275 0.01900 A	0.05060
0.29134 0.01600 A	0.10860 0.30000 A X	-----	0.07120
0.29403 0.00040 A	0.10914 1.50000 A	92 U 237	0.07467 59.30000 A
0.30301 0.00030 A	0.11540 0.07000 A	-----	0.08380 0.15000 A
0.30953 0.00030 A	0.12000	HALF LIFE: 6.75D	0.08672 0.07100 A
0.31715 0.02310 A	0.13660	GEN: NFA U 238	0.11100 0.02400 A
0.32054 0.00870 A	0.14077 0.22000 A	DAU: NP237	0.11766 0.17200 A
0.32336 0.00250 A	0.14376 10.50000 A	PAR:	0.14220
0.32872 0.00030 A	0.14700	REF: 70 CL 1,71 EL 3	0.16900
0.33660 0.00170 A	0.15094 0.07600 A	0.01381	0.17401 0.02200 A
0.35400 0.00030 A	0.16335 4.70000 A	0.02635 2.32000 A	0.18615 0.03900 A
0.36579 0.00250 A	0.17330 0.01000 A	0.03320 0.12300 A	0.18740 0.00800 A
0.38351 0.00350 A	0.18210	0.03654	0.19034 0.00360 A
0.60920 0.00020 A	0.18270 0.40000 A	0.04342 0.03400 A	0.19197 0.00330 A
	0.18572 54.00000 A	0.05101 0.21000 A	0.19685 0.00260 A
	0.19494 0.59000 A	0.05954 34.60000 A	0.20119 0.00240 A
	0.19890 0.03700 A	0.06483 1.23000 A	0.21096 0.00390 A
	0.20212 1.00000 A	0.07707 14.81000 A X	0.22052 0.03080 A
	0.20531 4.70000 A	0.10107 25.91000 A X	0.23170 0.00370 A
	0.21528 0.02700 A	0.11394 10.10000 A X	0.25525 0.00330 A
	0.22138 0.10000 A	0.11764 3.62000 A X	0.25847 0.00310 A
	0.22878 0.00800 A	0.16450 1.90000 A	0.26077 0.00270 A
	0.23350 0.04000 A	0.22795 22.40000 A	0.29684 0.00190 AD
	0.24093 0.08000 A	0.22271 0.02000 A	0.30198 0.00180 A
	0.24683 0.06000 A		0.30417 0.00210 A
	0.26645 0.00600 A		0.30684 0.00810 A
	0.27530 0.04900 A		0.31205 0.00650 A
	0.28142 0.00600 A		
	0.28292 0.00500 A		

92 U 234  
 -----  
 HALF LIFE: 2.484E+05A  
 GEN: NTH U 233  
       NFA U 235  
       NAT U 238  
 DAU: TH230  
 PAR:  
 REF: 70 EL 4,70 CL 1,  
       77 KO 1,77 EL 1  
 0.01360 10.40000 A X



0.32171 0.00140 A  
 0.32622 0.00480 A  
 0.34374 0.00230 A  
 0.34512 0.00370 A  
 0.35788 0.00730 A  
 0.36187 0.00390 A  
 0.36310 0.00100 A  
 0.37352 0.02500 A  
 0.37807 0.01300 A  
 0.38143 0.00180 A  
 0.39530 0.00180 A  
 0.39940 0.00060 A  
 0.40770 0.00420 A  
 0.43470 0.00530 A  
 0.44615 0.01010 A  
 0.45204 0.00160 A  
 0.45560 0.00380 A  
 0.46264 0.00240 A  
 0.47449 0.00420 A  
 0.48687 0.07120 A  
 0.49268 0.00550 A  
 0.49920 0.00180 A  
 0.50477 0.00520 A  
 0.50643 0.00260 A  
 0.50942 0.00230 A  
 0.51127 0.00310 A  
 0.51410 0.00080 A  
 0.51792 0.00360 A  
 0.52207 0.00280 A  
 0.53050 0.06140 A  
 0.53275 0.00250 A  
 0.53501 0.00160 A  
 0.54124 0.00300 A  
 0.54458 0.00420 A  
 0.54810 0.00240 A  
 0.56050 0.00770 A  
 0.56390 0.00150 A  
 0.56614 0.00240 A  
 0.57529 0.03000 A  
 0.57749 0.00210 AD  
 0.58777 0.02790 A  
 0.58981 0.00890 A  
 0.60268 0.00580 A  
 0.62400 0.00430 A  
 0.63109 0.00900 A  
 0.63600 0.00160 A  
 0.64138 0.02730 A  
 0.64617 0.00280 A  
 0.65850 0.00070 A  
 0.66224 0.21900 A  
 0.66408 0.01130 A  
 0.69112 0.00800 A  
 0.69523 0.00520 A  
 0.69720 0.00240 A  
 0.70093 0.00250 A  
 0.70348 0.00330 A  
 0.70729 0.00350 A  
 0.71035 0.00150 A  
 0.71409 0.00480 A  
 0.72287 0.03500 A  
 0.72747 0.00290 A  
 0.73092 0.01480 A  
 0.74311 0.00260 A  
 0.74564 0.00470 A  
 0.74808 0.12500 A  
 0.75285 0.00160 A

0.76404 0.00270 A  
 0.76756 0.00580 A  
 0.77295 0.00420 A  
 0.77473 0.02020 A  
 0.77958 0.00140 A  
 0.78819 0.00660 A  
 0.79131 0.01070 A  
 0.79355 0.00360 A  
 0.81293 0.09490 A  
 0.81675 0.00490 A  
 0.81922 0.17790 A  
 0.83186 0.00420 A  
 0.84030 0.00550 A  
 0.84410 0.19600 A  
 0.84645 0.04630 A  
 0.84910 0.00200 A  
 0.86357 0.00090 A  
 0.86490 0.00040 A  
 0.86730 0.00190 A  
 0.86970 0.00220 A  
 0.87435 0.00470 A  
 0.87614 0.00240 A  
 0.88450 0.01480 A  
 0.88807 0.00480 A  
 0.88956 0.02790 A  
 0.89531 0.00220 A  
 0.91349 0.00340 A  
 0.91741 0.00380 A  
 0.91891 0.00460 A  
 0.92087 0.00350 A  
 0.92270 0.00140 A  
 0.92818 0.00710 A  
 0.93161 0.00580 A  
 0.93308 0.04390 A  
 0.93900 0.00050 A  
 0.94338 0.00240 A  
 0.94861 0.00170 A  
 0.95383 0.00210 A  
 0.95922 0.00830 A  
 0.96109 0.02130 A  
 0.96430 0.10670 A  
 0.96558 0.00260 A  
 0.97135 0.00080 A  
 0.97454 0.00480 A  
 0.99221 0.00380 A  
 1.00127 0.00160 A  
 1.00983 0.00240 A  
 1.01262 0.00200 A  
 1.01814 0.00130 A  
 1.03211 0.00470 A  
 1.04041 0.00130 A  
 1.06585 0.00080 A  
 1.07888 0.00190 A  
 1.09383 0.00110 A  
 1.09699 0.00320 A  
 1.12280 0.00080 A  
 1.16140 0.00120 A  
 1.19690 0.00110 A  
 1.20490 0.00190 A

92 U 240  
 HALF LIFE: 14.1H  
 GEN: NTH U 238  
 DAU: NP240  
 PU240  
 PAR:  
 REF: 77 SC 6  
 0.04410 1.69000 A

93 NP 229  
 HALF LIFE: 4.0M  
 GEN:  
 DAU: COMPLX  
 PAR:  
 REF: NO GAMMA LINES

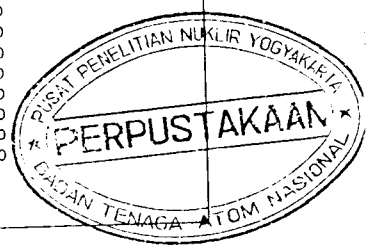
93 NP 230  
 HALF LIFE: 4.6M  
 GEN:  
 DAU: U230  
 PAR:  
 REF: 74 SE 1  
 0.09466 X  
 0.09844 X  
 0.11100 X  
 0.11450 X

93 NP 231  
 HALF LIFE: 48.8M  
 GEN:  
 DAU: U231  
 PA231  
 PAR:  
 REF: 77 SC 1  
 0.04480 X  
 0.09466 X  
 0.09844 X  
 0.11100 X  
 0.11450 X

0.26380 29.00000 R  
 0.34840 37.00000 R  
 0.37090 100.00000 R  
 0.37630 6.50000 R  
 0.41630 2.90000 R  
 0.42070 10.70000 R  
 0.43690 2.90000 R  
 0.48160 6.20000 R  
 0.48470 16.60000 R  
 0.71550 2.50000 R  
 0.73780 12.60000 R  
 0.78660 1.90000 R  
 0.83730 4.10000 R  
 0.85160 7.10000 R  
 1.10810 5.50000 R

93 NP 232  
 HALF LIFE: 14.7M  
 GEN: CHA U 233  
 DAU: U232  
 PAR:  
 REF: 77 SC 4  
 0.04765  
 0.09466 12.58000 A X  
 0.09844 22.52000 A X  
 0.10896  
 0.11100 8.52800 A X  
 0.11450 3.17200 A X  
 0.14340 0.41600 A  
 0.16500 0.31200 A  
 0.22360 2.23600 A  
 0.28200 19.76000 A  
 0.32730 52.00000 A  
 0.37700 1.24800 A  
 0.71070 0.57200 A  
 0.75500 4.21200 A  
 0.81480 4.10800 A  
 0.81950 33.28000 A  
 0.86720 24.44000 A  
 0.89510 0.83200 A  
 0.92440 0.93600 A  
 0.94160 1.61200 A  
 0.96430 20.28000 A  
 0.97090 0.31200 A  
 1.01680  
 1.01680 0.57200 A  
 1.03740 3.27600 A  
 1.08540 0.98800 A  
 1.12600 1.45600 A  
 1.13310 0.88400 A  
 1.14630 0.36400 A  
 1.14630 0.36400 A  
 1.19390 0.36400 A  
 1.93600 0.41600 A  
 1.93600 0.41600 A

93 NP 233  
 HALF LIFE: 6.2M  
 GEN: CHA U 233  
 DAU: U233  
 PAR:  
 REF: 68 LE 1,71 EL 2  
 0.09466 22.00000 A X  
 0.09844 38.00000 A X  
 0.11100 15.00000 A X  
 0.11450 5.50000 A X  
 0.15000  
 0.17000  
 0.20500  
 0.23000  
 0.31000  
 0.41000  
 0.50000  
 0.56000



93 NP 234

HALF LIFE: 4.40D  
GEN: CHA U 235  
CHA U 233  
DAU: U234  
PAR:  
REF: 77 EL 1

0.04349  
0.09466 22.00000 A X  
0.09844 40.00000 A X  
0.09970  
0.11100 15.00000 A X  
0.11450 6.00000 A X  
0.19290 0.03760 A  
0.23360  
0.23460  
0.23860 ?  
0.24750 0.11280 A  
0.25830 0.11280 A  
0.26580 0.03760 A< ?  
0.29760 0.01880 A ?  
0.31140 0.03760 A  
0.38830 0.16800 A  
0.45100 1.31600 A  
0.48440 0.09400 A  
0.48510 ?  
0.51720 0.37600 A  
0.52590 0.18600 A<  
0.55600 0.47000 A  
0.62500 0.07520 A  
0.70650 0.17860 A  
0.70800 0.04700 A  
0.72650 0.16920 A  
0.74310 5.07600 A  
0.75070 0.47000 A  
0.76660 0.56400 A  
0.78640 2.91400 A  
0.79350 0.16800 A  
0.80700 0.13160 A  
0.80700 0.24440 A  
0.80980  
0.85160 0.22560 A  
0.94570 0.56400 A  
1.00160 1.50400 A  
1.10500 ?  
1.19410 5.45200 A  
1.23730 2.25600 A  
1.39220 2.06800 A  
1.43570 6.20400 A  
1.52750 11.66000 A  
1.55870 18.80000 A  
1.57070 5.45200 A  
1.60220 9.56800 A

93 NP 235

HALF LIFE: 1.085A  
GEN: CHA U 235  
CHA U 233  
DAU: U235  
PAR:  
REF: 77 SC 2

0.00800  
0.01025  
0.01719  
0.01805  
0.02564 0.00022 A  
0.05850 8.4E-06 A  
0.06850  
0.08120 2.1E-05 A  
0.08211 9.4E-06 A  
0.08420 9.7E-05 A  
0.08995 9.8E-07 A  
0.09220 1.4E-06 A  
0.09466 22.00000 A X  
0.09844 38.00000 A X  
0.09928 2.6E-06 A  
0.10220 4.2E-06 A  
0.11080 1.3E-06 A  
0.11100 15.00000 A X  
0.11450 5.30000 A X  
0.12500 9.8E-07 A  
0.16500 7.0E-07 A  
0.17417 9.8E-08 A  
0.18500 5.6E-07 A

93 NP 236

HALF LIFE: 1.15E+05A  
GEN:  
DAU: PU236  
U232  
TH228  
PAR:  
REF: 77 SC 5

0.04460 0.01182 A  
0.04500 0.16800 A  
0.09466 56.91000 A X  
0.09844 101.60000 A X  
0.10000  
0.10400 7.45200 A  
0.11100 38.48000 A X  
0.11450 14.23000 A X  
0.16020 27.56000 A

93 NP 236M

HALF LIFE: 22.5H  
GEN: CHA U 235  
DAU: PU236  
U236  
TH228  
PAR:  
REF: 77 SC 5

0.04460 0.01098 A  
0.04528 0.02340 A  
0.09466 11.07000 A X  
0.09844 20.86000 A X  
0.10420  
0.11100 7.92000 A X  
0.11450 2.92500 A X  
0.53820 0.00999 A  
0.64240 0.90000 A  
0.68770 0.23850 A

93 NP 237

HALF LIFE: 2.14E+06A  
GEN: NFA U 238  
DAU: PA233  
U233  
PAR:  
REF: 69 VA 1,70 CL 1,  
71 EL 3,77 KO 1

0.01673 X  
0.02031 X  
0.02111 X  
0.02938 9.80000 A  
0.03760 ?  
0.03990 ?  
0.04550 ?  
0.04660 0.14000 A  
0.04850 ?  
0.05520 ?  
0.05711 0.42000 A  
0.05960 ?  
0.06290 0.20000 A  
0.06480 ?  
0.06880 ?  
0.07100 0.50000 A  
0.07310 ?  
0.07570 ?  
0.08060 ?  
0.08649 13.10000 A  
0.08810 0.16000 A  
0.09030 ?  
0.09229 1.82000 A X  
0.09250 ?  
0.09466 0.84000 A  
0.09550 ?  
0.09587 2.96000 A X  
0.09780 ?  
0.10530 ?  
0.10630 0.10500 A  
0.10700 ?  
0.10800 1.02000 A X  
0.11100 ?  
0.11150 0.35000 A X  
0.11450 ?  
0.11772 0.18400 A  
0.12380 ?  
0.13111 0.11200 A  
0.13428 0.09600 A  
0.14325 0.47300 A  
0.14950 0.10000 A  
0.15141 0.26300 A  
0.15525 0.10500 A  
0.16252 0.04800 A  
0.16450 ?  
0.16916 0.09600 A  
0.17064 0.02400 A  
0.17260 0.00600 A  
0.17606 0.02100 A  
0.18078 0.02700 A  
0.18200 ?  
0.18440 0.01100 A  
0.18590  
0.18700 0.00500 A  
0.19142 0.03800 A

0.19322 0.07400 A  
0.19497 0.21000 A  
0.19680 0.03200 A  
0.19990 0.00600 A  
0.20167 0.06400 A  
0.20300 0.00400 A  
0.20500 0.00300 A  
0.20610 0.00300 A< ?  
0.20730 ?  
0.20918 0.02700 A  
0.21233 0.18400 A  
0.21396 0.05600 A  
0.22240 0.00800 A  
0.22990 0.01300 A  
0.23190 ?  
0.23600 0.03000 A ?  
0.23791 0.08800 A  
0.24880 0.00600 A  
0.25715 0.00800 A  
0.26442 0.01000 A  
0.26700 ?  
0.27600 ?  
0.28040 0.00300 A  
0.28400 ?  
0.35200 0.00300 A< ?  
0.36800 ?  
0.43600 ?  
0.45950 0.00300 A< ?  
0.49000 ?  
0.50900 ?  
0.52900  
0.55300  
0.56600  
0.59100  
0.61000  
0.61800  
0.63100  
0.64200  
0.65300  
0.67000  
0.68000  
0.70500  
0.72100  
0.73600  
0.75800  
0.77500  
0.78400  
0.80200  
0.81900  
0.82800  
0.85000  
0.86200

93 NP 238

HALF LIFE: 2.117D  
GEN: NTH NP237  
CHA U 238  
DAU: PU238  
PAR: AM 242M 152.A  
REF: 70 EL 1,69 GU 1,  
71 WI 1,77 EL 2

0.01430 38.00000 A X  
0.04408 0.10230 A

LAMPIRAN

C

**LAMPIRAN C.2  
LOKASI PENGAMBILAN CUPLIKAN**

No	Lokasi Sampling	Global Positioning System (GPS)			Suhu		pH	Salinitas (ppm)	Dissolved Oxygen (DO)	Jenis Cuplikan	Keterangan Waktu
		S	E	Posisi	Air (°C)	Udara (°C)					
1	Kali Surabaya Kelurahan Karang Pilang	07°20'40,4"	112°41'30,9"		26	29	8,4			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air 10 Liter (2 jerigen@5 Liter)</li> <li>- Sedimen 4 kg (2 plastik@2 kg)</li> <li>- Enceng gondok 2 kg (2 plastik@5 kg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kamis, 24 Juni 2004 Jam 10.30 - 11.15 WIB</li> <li>- Kamis, 24 Juni 2004 Jam 10.30 - 11.15 WIB</li> <li>- Kamis, 24 Juni 2004 Jam 10.30 - 11.15 WIB</li> </ul>
2	Kali Surabaya Kelurahan Wonokromo (Dam Gunung Sari)	07°18'27"	112°43'12,2"		28	30	8,1			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air 10 Liter (2 jerigen@5 Liter)</li> <li>- Sedimen 4 kg (2 plastik@2 kg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selasa, 22 Juni 2004 Jam 14.45 - 15.05 WIB</li> <li>- Selasa, 22 Juni 2004 Jam 14.45 - 15.05 WIB</li> </ul>
3	Kali Morokrembangan Kelurahan Morokrembangan	07°17'23,0"	112°44'35,1"		27	30	8,0			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air 10 Liter (2 jerigen@5 Liter)</li> <li>- Sedimen 4 kg (2 plastik@2 kg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selasa, 22 Juni 2004 Jam 16.00 - 16.25 WIB</li> <li>- Selasa, 22 Juni 2004 Jam 16.00 - 16.25 WIB</li> </ul>
4	Kali Wonokromo Kelurahan Ngagel (Jagir Wonokromo)	07°18'01,5"	112°44'27,8"		27	31	8,1			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air 10 Liter (2 jerigen@5 Liter)</li> <li>- Sedimen 4 kg (2 plastik@2 kg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selasa, 22 Juni 2004 Jam 13.45 - 14.07 WIB</li> <li>- Selasa, 22 Juni 2004 Jam 13.45 - 14.07 WIB</li> </ul>

5	Muara Kali Wonokromo Kelurahan Wonorejo	07°18'28,9"	112°47'38,1"		29	33	8,0			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air 10 Liter</li> <li>(2 jerigen@5 Liter)</li> <li>- Sedimen 4 kg</li> <li>(2 plastik@2 kg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selasa, 22 Juni 2004</li> <li>Jam 12.00 - 12.30 WIB</li> <li>- Selasa, 22 Juni 2004</li> <li>Jam 12.00 - 12.30 WIB</li> </ul>
6	Pesisir Muara Kali Wonokromo	07°20'40,4"	07°20'40,4"		27	28	8,9			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air 10 Liter</li> <li>(2 jerigen@5 Liter)</li> <li>- Sedimen 4 kg</li> <li>(2 plastik@2 kg)</li> <li>- Ikan belanak 2 kg</li> <li>(1 plastik 5 kg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rabu, 23 Juni 2004</li> <li>Jam 11.50 - 12.10 WIB</li> <li>- Rabu, 23 Juni 2004</li> <li>Jam 11.50 - 12.10 WIB</li> <li>- Rabu, 22 Juni 2004</li> <li>Jam 11.50 - 12.10 WIB</li> </ul>
7	Muara Kali Sari Kelurahan Sukolilo	07°15'31,6"	112°47'57,1"		25	33,5	8,1			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air 10 Liter</li> <li>(2 jerigen@5 Liter)</li> <li>- Sedimen 4 kg</li> <li>(2 plastik@2 kg)</li> <li>- Bakau 4 kg</li> <li>(2 plastik@2 kg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selasa, 22 Juni 2004</li> <li>Jam 10.25 - 10.45 WIB</li> <li>- Selasa, 22 Juni 2004</li> <li>Jam 10.25 - 11.45 WIB</li> </ul>
8	Kenjeran Kelurahan Sukolilo	07°14'15,3"	112°47'54,4"		28	27	8,7			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air 10 Liter</li> <li>(2 jerigen@5 Liter)</li> <li>- Sedimen 4 kg</li> <li>(2 plastik@2 kg)</li> <li>- Ikan belanak 2 kg</li> <li>(1 plastik 5 kg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rabu, 23 Juni 2004</li> <li>Jam 10.50 - 11.00 WIB</li> <li>- Rabu, 23 Juni 2004</li> <li>Jam 10.50 - 11.00 WIB</li> <li>- Rabu, 23 Juni 2004</li> <li>Jam 13.05 - 13.15 WIB</li> </ul>
9	Pesisir Kedung Cowek Kelurahan Kedung Cowek (Jembatan Suramadu)	07°12'19,5"	112°47'03,0"		28	28	8,6			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air 10 Liter</li> <li>(2 jerigen@5 Liter)</li> <li>- Sedimen 4 kg</li> <li>(2 plastik@2 kg)</li> <li>- Ikan glomo 2 kg</li> <li>(1 plastik 5 kg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selasa, 22 Juni 2004</li> <li>Jam 10.10 - 10.25 WIB</li> <li>- Selasa, 22 Juni 2004</li> <li>Jam 10.10 - 10.25 WIB</li> <li>- Rabu, 23 Juni 2004</li> <li>Jam 14.40 - 14.45 WIB</li> </ul>

10	Muara Kali Kedinding Kelurahan Kedinding	07°12'53,6"	112°46'41,6"		26	29	8,0				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air 10 Liter (2 jerigen@5 Liter)</li> <li>- Sedimen 4 kg (2 plastik@2 kg)</li> <li>- Enceng gondok 2 kg (2 plastik@5 kg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selasa, 22 Juni 2004 Jam 08.20 - 08.40 WIB</li> <li>- Selasa, 22 Juni 2004 Jam 08.20 - 08.40 WIB</li> <li>- Selasa, 22 Juni 2004 Jam 08.20 - 08.40 WIB</li> </ul>
11	Muara Kali Morokrembangan	07°13'40,8"	112°42'26,1"		26	28	8,1				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air 10 Liter (2 jerigen@5 Liter)</li> <li>- Sedimen 4 kg (2 plastik@2 kg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selasa, 22 Juni 2004 Jam 18.45 - 19.15 WIB</li> <li>- Selasa, 22 Juni 2004 Jam 18.45 - 19.15 WIB</li> </ul>
12	Pesisir muara Kali Anak Kelurahan Morokrembangan	07°13'10,1"	112°42'20,9"		26	26	8,8				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air 10 Liter (2 jerigen@5 Liter)</li> <li>- Sedimen 4 kg (2 plastik@2 kg)</li> <li>- Ikan belanak 2 kg (1 plastik 5 kg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rabu, 23 Juni 2004 Jam 08.45 - 09.00 WIB</li> <li>- Rabu, 23 Juni 2004 Jam 08.45 - 09.00 WIB</li> <li>- Rabu, 23 Juni 2004 Jam 14.55 - 15.00 WIB</li> </ul>
13	Pesisir Muara Kali Mas Kadapel IV	07°11'42,0"	112°42'55,7"		27	28	8,6				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Air 1 Liter (1 jerigen@1 Liter)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rabu, 22 Juni 2004 Jam 9.25 - 09.30 WIB</li> </ul>

Sumber : Data lapangan, 2004.

Surabaya, 24 Juni 2004  
Pelaksana sampling,

(Dr. Ir. Agus Taftazani)

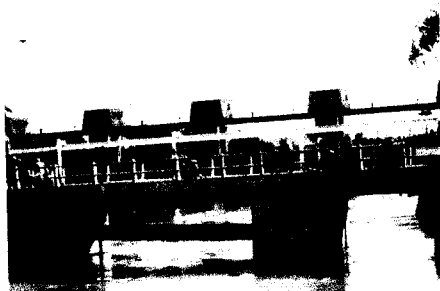
**LAMPIRAN C.3  
DOKUMENTASI PELAKSANAAN SAMPLING**



Lokasi 1, Tengah Kali Surabaya



Lokasi 1, Tengah Kali Surabaya



Lokasi 2, Hilir Kali Surabaya



Lokasi 2, Hilir Kali Surabaya



Lokasi 3, Hulu Kali Mas



Lokasi3, Hulu Kali Mas



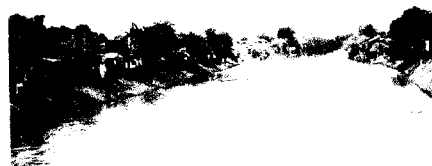
Lokasi 3, Hulu Kali Mas



Lokasi 3, Hulu Kali Mas



Lokasi 4, Hulu Kali Wonokromo



Lokasi 4, Hulu Kali Wonokromo



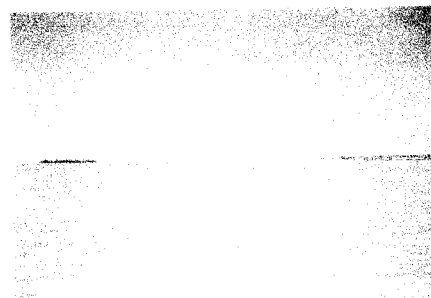
Lokasi 5, Muara Kali Wonokromo



Lokasi 5, Muara Kali Wonokromo



Lokasi 6, Pesisir Pantai Wonokromo



Lokasi 6, Pesisir Pantai Wonokromo



Lokasi 7, Muara Kali Sari

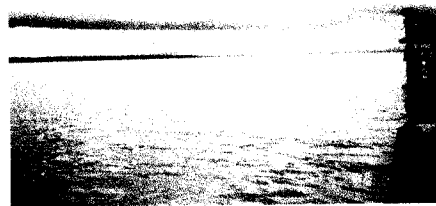


Lokasi7, Muara Kali Sari





Lokasi 7, Muara Kali Sari



Lokasi 8, Pesisir Pantai Kenjeran



Lokasi 9, Pesisir Kedung Cowek



Lokasi9, Pesisir Kedung Cowek



Lokasi 10, Muara Kali Kedinding



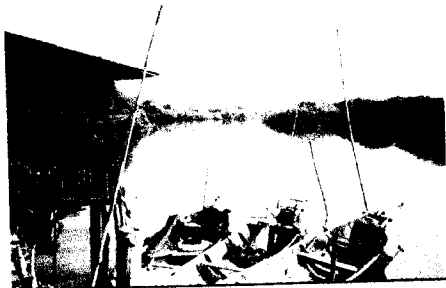
Lokasi10, Muara Kali Kedinding



Lokasi 11, Muara Kali Anak



Lokasi 11, Muara Kali Anak



Lokasi 11, Muara Kalianak



Lokasi 11, Muara Kali Anak



Lokasi 12, Pesisir Pantai Morokrembangan



Lokasi 12, Pesisir Pantai Morokrembangan



Lokasi 12, Pesisir Pantai Morokrembangan



Lokasi 12, Pesisir Pantai Morokrembangan



Lokasi 12, Pesisir Pantai Morokrembangan

### LAMPIRAN C.4 HASIL SAMPLING DAN PREPARASI CUPLIKAN

Berikut ini disajikan jumlah atau kuantitas cuplikan yang diambil dari setiap lokasi pengambilan cuplikan pada Tabel C.4.1 berikut ini  
Tabel C.4.1 Hasil pengambilan cuplikan

No	Lokasi	Jenis Cuplikan	Kuantitas Cuplikan
1	Kali Surabaya Kelurahan Karang Pilang	- Air sungai - Endapan - Enceng gondok	- 10 Liter (2 jerigen@5 Liter) - 4 kg (2 plastik@2 kg) - 2 kg (2 plastik@5 kg)
2	Kali Surabaya Kelurahan Wonokromo (Dam Gunung Sari)	- Air sungai - Endapan - Enceng gondok	- 10 Liter (2 jerigen@5 Liter) - 4 kg (2 plastik@2 kg) - 2 kg (2 plastik@5 kg)
3	Kali Morokrembangan Kelurahan Morokrembangan	- Air sungai - Endapan	- 10 Liter (2 jerigen@5 Liter) - 4 kg (2 plastik@2 kg)
4	Kali Wonokromo Kelurahan Ngagel (Jagir Wonokromo)	- Air sungai - Endapan - Enceng gondok	- 10 Liter (2 jerigen@5 Liter) - 4 kg (2 plastik@2 kg) - 2 kg (2 plastik@5 kg)
5	Muara Kali Wonokromo Kelurahan Wonorejo	- Air sungai - Sedimen - Enceng gondok	- 10 Liter (2 jerigen@5 Liter) - 4 kg (2 plastik@2 kg) - 2 kg (2 plastik@5 kg)
6	Pesisir Muara Kali Wonokromo	- Air laut - Endapan - Ikan belanak	- 10 Liter (2 jerigen@5 Liter) - 4 kg (2 plastik@2 kg) - 2 kg (2 plastik@5 kg)
7	Muara Kali Sari Kelurahan Sukolilo	- Air sungai - Endapan - Bakau	- 10 Liter (2 jerigen@5 Liter) - 4 kg (2 plastik@2 kg) - 2 kg (2 plastik@5 kg)
8	Kenjeran Kelurahan Sukolilo	- Air laut - Endapan - Ikan belanak	- 10 Liter (2 jerigen@5 Liter) - 4 kg (2 plastik@2 kg) - 2 kg (2 plastik@5 kg)
9	Pesisir Kedung Cowek Kelurahan Kedung Cowek (Jembatan Suramadu)	- Air laut - Endapan - Ikan glomo	- 10 Liter (2 jerigen@5 Liter) - 4 kg (2 plastik@2 kg) - 2 kg (2 plastik@5 kg)
10	Muara Kali Kedinding Kelurahan Kedinding	- Air sungai - Endapan - Enceng gondok	- 10 Liter (2 jerigen@5 Liter) - 4 kg (2 plastik@2 kg) - 2 kg (2 plastik@5 kg)
11	Muara Kali Morokrembangan	- Air - Endapan	- 10 Liter (2 jerigen@5 Liter) - 4 kg (2 plastik@2 kg)
12	Pesisir muara Kali Anak Kelurahan Morokrembangan	- Air - Endapan - Ikan belanak	- 10 Liter (2 jerigen@5 Liter) - 4 kg (2 plastik@2 kg) - 2 kg (1 plastik 5 kg)

Sumber : Data primer, 2004.

LAMPIRAN

D

## LAMPIRAN D.1 ALAT DAN BAHAN ANALISIS LABORATORIUM

Dalam melakukan analisis cuplikan di Laboratorium DIB - BTFK P3TM BATAN Jogjakarta diperlukan alat dan bahan untuk preparasi dan analisis cuplikan yang disajikan dalam Tabel D.1 berikut ini.

Tabel D.1.1 Alat dan bahan analisis laboratorium

No	Alat Dan Bahan	Jumlah	Fungsi
(1)	(2)	(3)	(4)
<b>ALAT</b>			
1	Cawan porseline	2 buah	untuk menampung cuplikan air dalam proses pemekatan dengan kompor listrik
2	Pisau	1 buah	untuk memotong atau mengambil baguian tertentu cuplikan biota (hewan dan tanaman).
3	Sarung tangan latex	1 pasang	untuk melindungi tangan dari zat - zat kimia berbahaya dan mencegah kontaminasi unsur lain terhadap cuplikan akibat sentuhan tangan.
4	Kompor Listrik	1 buah	untuk memanaskan/memekatkan cuplikan dengan suhu yang cukup tinggi
5	Kertas saring dan peralatan saring	12 buah	untuk menyaring cuplikan air dari kotoran atau pun benda padat yang terikut pada waktu pengambilan cuplikan.
6	Lampu pijar 500 Watt	1 unit	untuk pengeringan cuplikan
7	Gelas beker, labu tirasi, Erlenmeyer, dan Tabung pereaksi	masing - masing 4 buah	untuk melarutkan, mengukur, menampung larutan cair yang dibutuhkan dalam proses preparasi dan analisa cuplikan
8	Hot plate dan magnetic stirer		Untuk menempatkan cuplikan dan mengaduk larutan
9	Pipet dan mikropipet ( <i>Ependorf</i> )	2 buah	untuk mengambil cuplikan dalam jumlah yang sangat sedikit dan sangat akurat
10	Planset besar dan kecil	12 buah	sebagai tempat cuplikan yang akan dianalisis
11	Vial polietilen		
12	Stop watch	1 buah	untuk menentukan lamanya waktu analisa cuplikan dalam spectrometer gamma.
13	Plastik klip		untuk menyimpan cuplikan hasil preparasi yang diberi label.
14	Sifter (ayakan) 100 mesh	2 buah	untuk mengayak cuplikan supaya menjadi partikel yang lebih kecil
15	Freeze dryer (Lyovak GT2)	1 unit	untuk mengeringkan cuplikan pada suhu rendah (-4 - 0 <sup>o</sup> )C supaya unsur volatile tidak menguap.
16	Alat penumbuk stainless steel	1 unit	untuk menumbuk cuplikan dari ukuran besar menjadi ukuran kecil seperti bubuk ( <i>powder</i> ).
17	Timbangan elektronik (OHAUS GT 410 Digital)	1 unit	untuk menimbang cuplikan yang akan dianalisis, karena jumlah (kuantitas) cuplikan yang dianalisis sangat sedikit maka diperlukan timbangan elektronik supaya lebih akurat.
18	Furnace 1500 °C	1 unit	untuk pengabuan cuplikan sedimen dan biota dengan suhu yang sangat tinggi (antara 1400 - 1500 °C)

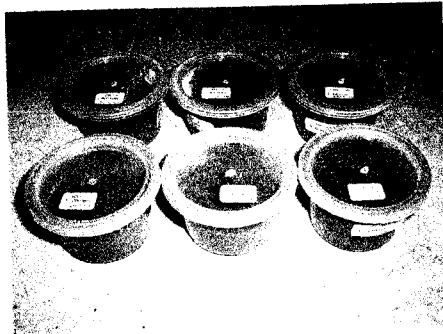
19	- Spektrometer $\gamma$ dengan detector Ge (Li) MCA Ortec 7010 - HV Power Supply Canberra Model 3105 - Stabilizer Philips 4000 VA - Spectroscopy Amplifier Canberra Model 2021		untuk mendeteksi radionuklida yang terkandung pada masing - masing cuplikan (air, endapan dan biota) dengan menggunakan pemancar sinar gamma ( $\gamma$ )
20	Plotter Omnigraphic Houston Instrument (2000 recorder)		untuk mencatat hasil deteksi radionuklida yang tercetak diatas kertas dalam bentuk grafik
21	Software B29-B1 Version 03.50 Omnigam-N Neutron Activation Analysis - EG&G Ortec		untuk perhitungan atau pengolahan data hasil dari analisis masing - masing cuplikan secara kualitatif dan kuantitatif
<b>BAHAN</b>			
25	Sumber radioisotop standar ( $^{152}\text{Eu}$ )		Untuk kalibrasi gamma spectrometer sebelum digunakan untuk menganalisis cuplikan.
26	$\text{N}_2$ (nitrogen) cair		Untuk memudahkan menumbuk cuplikan.
27	$\text{HNO}_3$ 0,1 M		Untuk proses pemisahan kimia
28	$\text{H}_2\text{SO}_4$ 1,5 M		Untuk proses pemisahan kimia

Sumber : Laboratorium Bidang Teknofisikokimia Pusat Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Maju (P3TM) Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Jogjakarta, 2004.

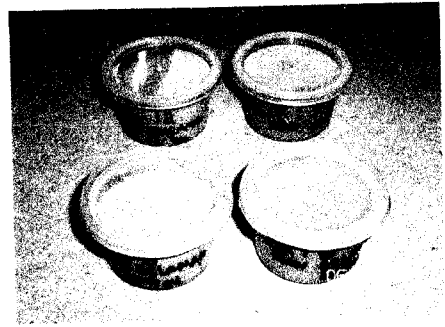
Keterangan :

- (1), menjelaskan no urut alat dan bahan untuk analisa laboratorium
- (2), menguraikan alat dan bahan alat dan bahan analisa laboratorium
- (3), menjelaskan fungsi dari masing - masing alat dan bahan analisa laboratorium

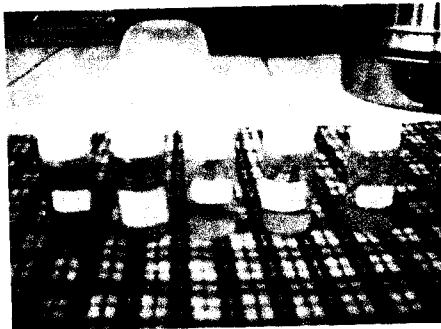
**LAMPIRAN D.2  
DOKUMENTASI ANALISIS LABORATORIUM**



Hasil preparasi cuplikan endapan



Hasil preparasi cuplikan biota (ikan)



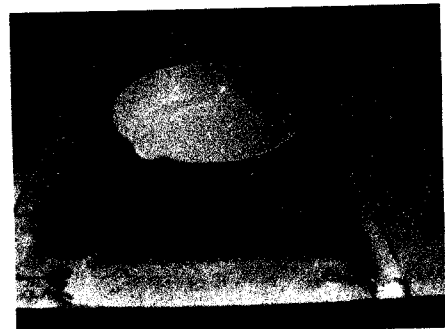
Hasil preparasi cuplikan air sungai



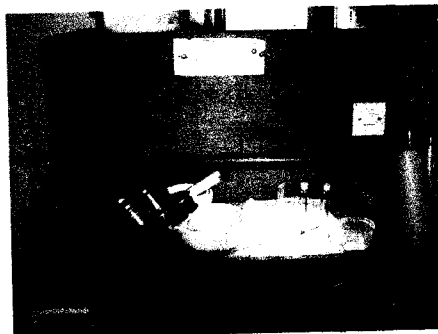
Hasil preparasi cuplikan air muara



Hasil preparasi cuplikan air laut



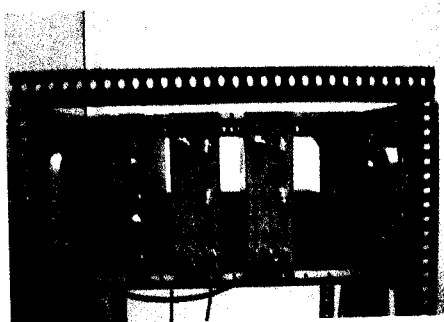
Proses pemekatan cuplikan air



Pengering peralatan setelah di cuci



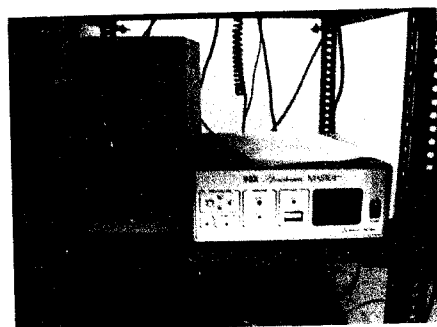
Ayakan 100 mesh



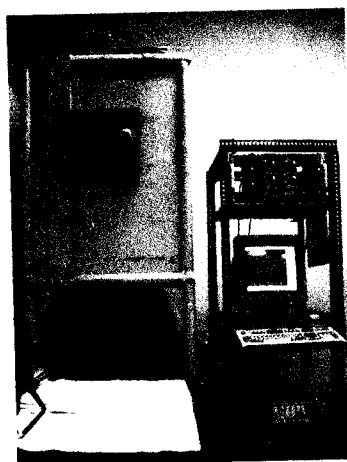
MCA Ortec 7010  
HV Power Supply Canberra Model 3105  
Spectroscopy Amplifier Canberra Model 2021



Detector Ge (Li)

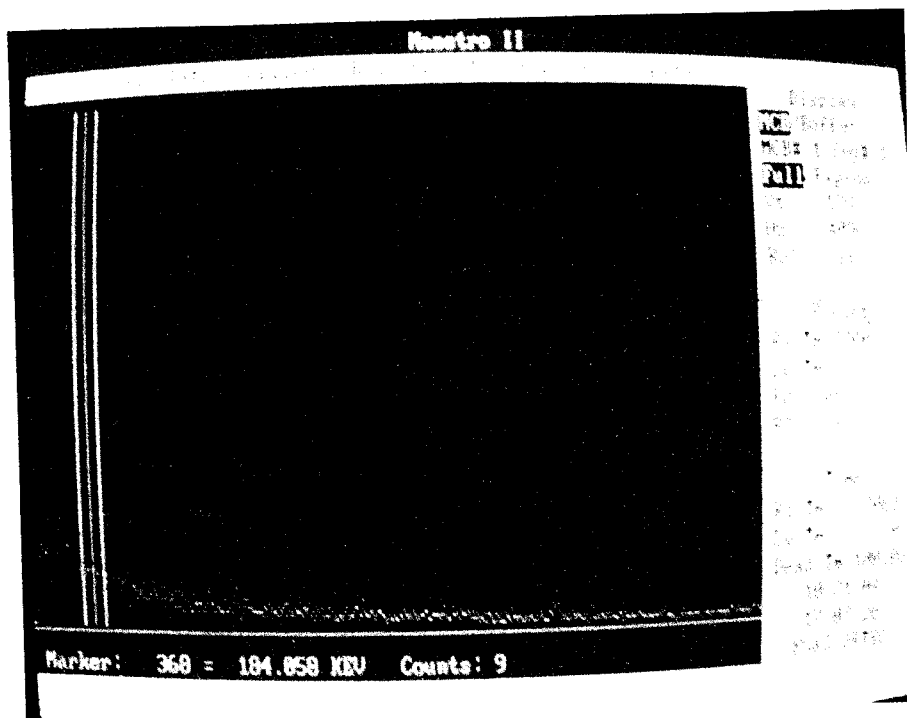


Stabilizer Philips 4000 VA

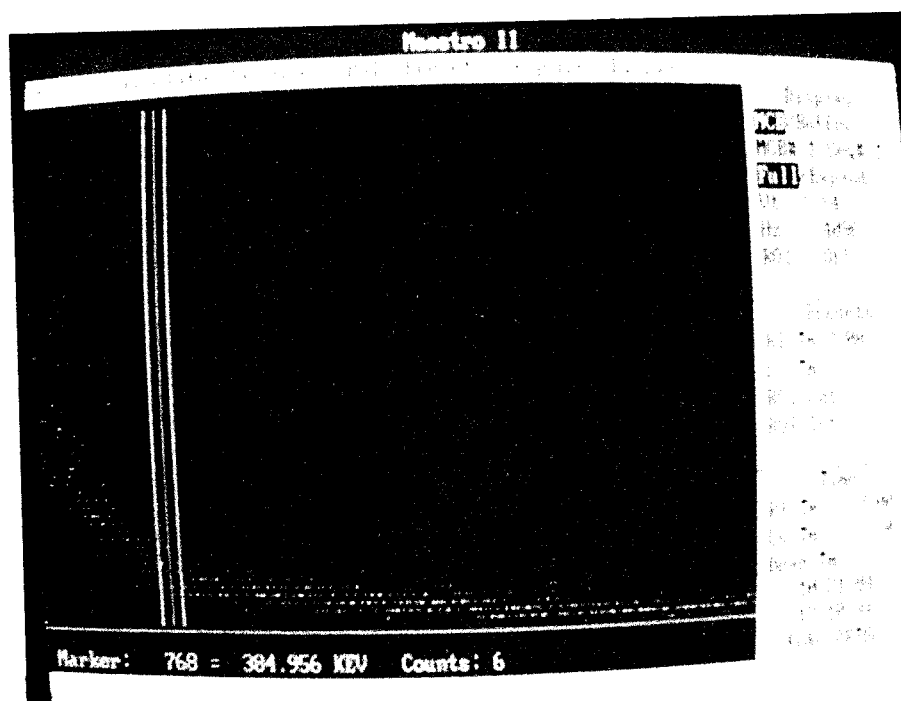


Spektrometer Gamma

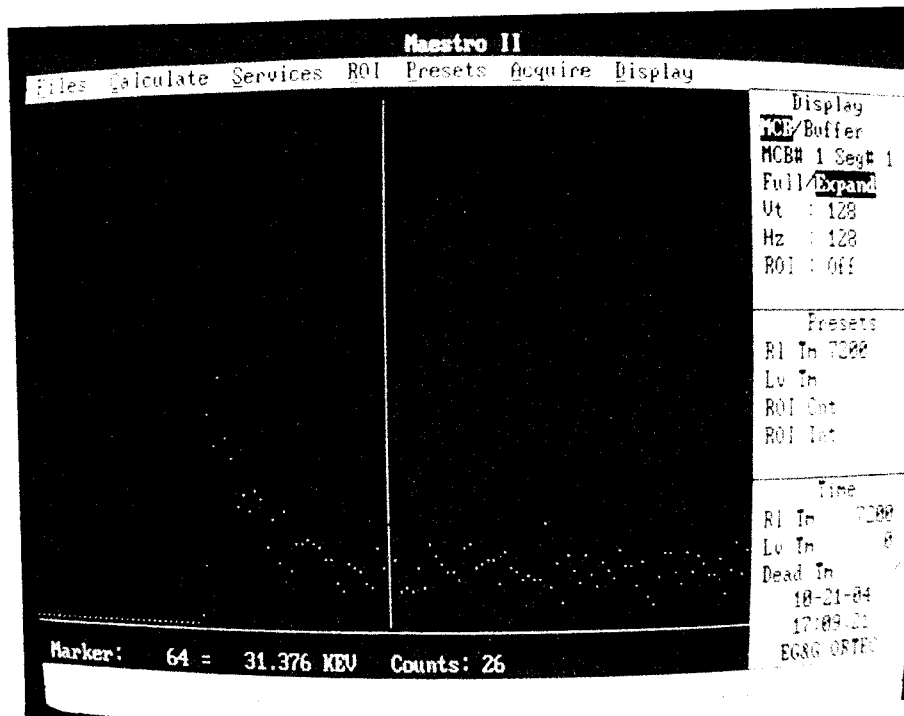




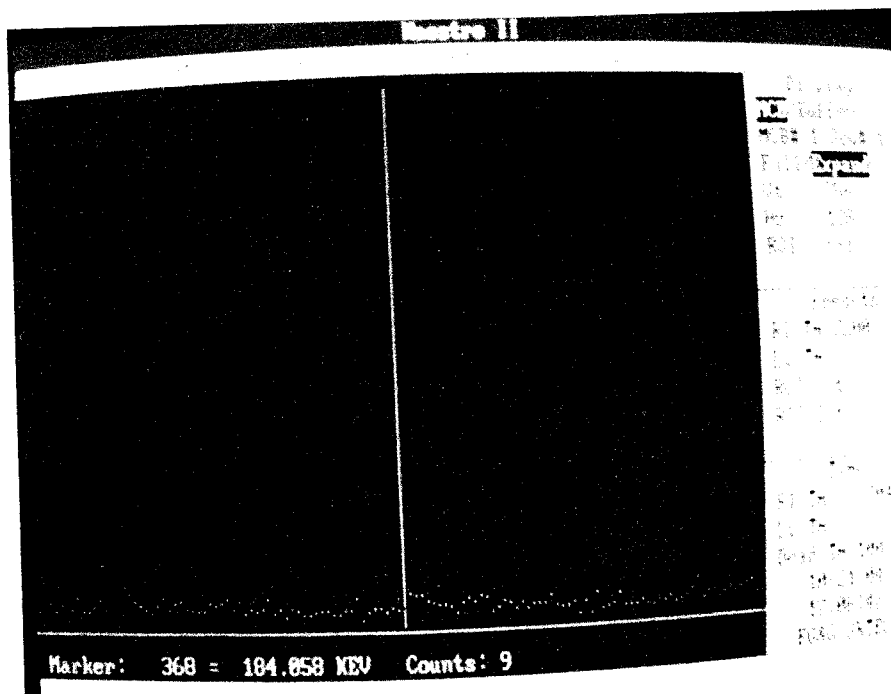
Spektrum tenaga gamma 186,620 keV ( $^{226}\text{Ra}$ ) pada layar monitor



Spektrum tenaga gamma 351,988 keV ( $^{214}\text{Pb}$ ) pada layar monitor



Spektrum tenaga gamma 47,390 keV ( $^{210}\text{Pb}$ ) pada layar monitor yang diperbesar



Spektrum tenaga gamma 186,620 keV ( $^{226}\text{Ra}$ ) pada layar monitor yang diperbesar

### LAMPIRAN D.3 HASIL PREPARASI CUPLIKAN

Hasil preparasi cuplikan disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel D.3.1 Hasil preparasi cuplikan

Lokasi	No	Kode Cuplikan	Jenis Cuplikan	Jumlah Cuplikan	Berat Basah	Berat Kering	Berat Cuplikan Untuk Analisis
1	1	A.1	Air	10 Liter	1 Liter	25 mL	25 mL
	2	E.1	Endapan	4 kg	200 gram	100 gram	70.025 gram
	3	B.1	Eceng gondok	1 kg	810 gram	25 gram	25 gram
2	4	A.2	Air	10 Liter	1 Liter	25 mL	25 mL
	5	E.2	Endapan	4 kg	200 gram	100 gram	70.000 gram
	6	B.2	Eceng gondok	1 kg	800 gram	25 gram	25 gram
3	7	A.3	Air	10 Liter	1 Liter	25 mL	25 mL
	8	E.3	Endapan	4 kg	200 gram	150 gram	70.000 gram
4	9	A.4	Air	10 Liter	1 Liter	25 mL	25 mL
	10	E.4	Endapan	4 kg	200 gram	105 gram	70.000 gram
	11	B.4	Eceng gondok	1 kg	700 gram	25 gram	25 gram
5	12	A.5	Air	10 Liter	1 Liter	25 mL	25 mL
	13	E.5	Endapan	4 kg	200 gram	130 gram	70.000 gram
	14	B.5	Eceng gondok	1 kg	830 gram	25 gram	25 gram
6	15	A.6	Air	10 Liter	1 Liter	300 gram	300 gram
	16	E.7	Endapan	4 kg	200 gram	80 gram	70.000 gram
	17	B.6	<i>Ikan Belanak</i>	3 kg	750 gram	35 gram	35 gram
7	18	A.7	Air	10 Liter	1 Liter	25 mL	25 mL
	19	E.8	Endapan	4 kg	200 gram	90 gram	70.000 gram
	20	B.7	Tanaman Bakau	1 kg	560 gram	25 gram	25 gram
8	21	A.8	Air	10 Liter	1 Liter	300 gram	300 gram
	22	E.8	Endapan	4 kg	200 gram	150 gram	70.000 gram
	23	B.8	<i>Ikan Belanak</i>	2 kg	650 gram	35 gram	35 gram
9	24	A.9	Air	10 Liter	1 Liter	300 gram	300 gram
	25	E.9	Endapan	4 kg	200 gram	160 gram	70.000 gram
	26	B.9	Ikan Glomo	2 kg	600 gram	35 gram	35 gram
10	27	A.10	Air	10 Liter	1 Liter	25 mL	25 mL
	28	E.10	Endapan	4 kg	200 gram	140 gram	70.000 gram
	29	B.10	Eceng gondok	1 kg	1500 gram	25 gram	25 gram
11	30	A.11	Air	10 Liter	1 Liter	25 mL	25 mL
	31	E.11	Endapan	4 kg	200 gram	70 gram	70.000 gram
12	32	A.12	Air	10 Liter	1 Liter	300 gram	300 gram
	33	E.12	Endapan	4 kg	200 gram	110 gram	70.000 gram
	34	B.12	<i>Ikan Belanak</i>	2 kg	950 gram	35 gram	35 gram

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

A = air ; S = endapan ; B = biota

Lokasi 1 : tengah Kali Surabaya (TKS)

Lokasi 2 : hilir Kali Surabaya (HKS)

Lokasi 3 : hulu Kali Mas (HKM)

Lokasi 4 : hulu Kali Wonokromo (HKW)

Lokasi 5 : muara Kali Wonokromo (MKW)

Lokasi 6 : pesisir Pantai Wonokromo (PKW)

Lokasi 7 : muara Kali Sari (MKS)

Lokasi 8 : pesisir Pantai Kenjeran (PPK)

Lokasi 9 : pesisir Pantai Kedung Cowek (PKW)

Lokasi 10 : muara Kali Kedinding (MKK)

Lokasi 11 : muara Kali Anak (MKA)

Lokasi 12 : pesisir pantai Morokrembangan (PPM)

LAMPIRAN

E

## LAMPIRAN E.1 METODE PERHITUNGAN KALIBRASI TENAGA SPEKTROMETER GAMMA

Spesifikasi spektrometer gamma adalah sebagai berikut :

- Spektrometer gamma ( $\gamma$ ) dengan detektor Ge(Li) MCA Ortec 7010.
- HV Power Supply Canberra Model 3105.
- Stabilizer Philips 4000 VA.
- Spectroscopy Amplifier Canberra Model 2021.
- Plotter Omni Graphic Houston Instrument (2000 recorder).
- Software B29-B1 Version 03.50 Omnigam-N Neutron Activation Analysis - EG&G Ortec.

Penjelasan dari metode perhitungan kalibrasi tenaga spektrometer gamma adalah sebagai berikut :

- Sumber radioisotop standar  $^{152}\text{Eu}$
- Lama pencacahan = 5 menit = 300 detik
- Waktu Paruh = 13,1 tahun
- Aktivitas awal ( $A_0$ ) =  $1,975 \times 10^5$  dps (ketetapan)
- Waktu tunda ( $T_t$ ) atau selisih waktu pencacahan pada saat tanggal pembuatan dengan tanggal pencacahan.
- Tanggal pencacahan = 27 Agustus 2004
- Tanggal pembuatan = 15 Juni 1979
- Dengan ketentuan bahwa 1 tahun = 365 hari = 12 bulan, maka waktu tunda ( $T_t$ ) dapat diketahui dengan cara sebagai berikut :

$$T_t = \left. \begin{array}{l} 27 \text{ Agustus } 2004 \\ 15 \text{ Juni } 1979 \end{array} \right\} = 12 \text{ hari } 2 \text{ bulan } 25 \text{ tahun}$$

$$= 1 \text{ tahun} = 365 \text{ hari}$$

$$= 1 \text{ bulan} = \frac{365 \text{ hari}}{12 \text{ bulan}} = 30,4 \text{ hari / bulan}$$

$$= 12 \text{ hari} = 12 \text{ hari}$$

$$T_t = 12 \text{ hari} + 60,8 \text{ hari} + 9.125 \text{ hari}$$

$$= 9.197,8 \text{ hari} \rightarrow 9.198 \text{ hari (pembulatan)}$$

$$T_t = \frac{9.198 \text{ hari}}{365 \text{ hari / tahun}} = 25,2 \text{ tahun}$$

- Aktivitas saat pencacahan ( $A_t$ ) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_0 = A_t \times e^{-\lambda \cdot \left(\frac{T_t}{T_{1/2}}\right)} \dots\dots\dots \text{E.1.1}$$

$$= (1,975 \times 10^5) \times e^{-0,693 \left(\frac{25,2}{13,1}\right)} = (1,975 \times 10^5) \times e^{-0,693(1,9237)}$$

$$= (1,975 \times 10^5) \times e^{-1,3331}$$

$$= 197.500 \times 0,2637$$

$$= 52.072,623 \text{ dps}$$

- Hasil pencacahan dan perhitungan kalibrasi tenaga dapat dilihat pada Tabel E.1.1 berikut ini.

Tabel E.1.1 Hasil pencacahan kalibrasi tenaga / energi spektrometer gamma

No	Besaran / Spesifikasi	Kuantitas	Satuan		
1	Tegangan operasi	2000	volt		
2	Radioisotop standar <sup>152</sup> Eu				
	a. Waktu paro	13,1	tahun		
	b. Aktivitas awal (15 Juni 1979)	1,975×10 <sup>5</sup>	dps		
	c. Aktivitas saat ini (27 Agustus 2004)	52.072,623	dps		
3	Jarak detektor - sumber standar	0	milimeter		
4	Lama pencacahan	300	detik		
Hasil Pencacahan					
No	Nomor salur	Tenaga	(Xi × Yi)	Xi <sup>2</sup>	Yi <sup>2</sup>
	(Xi)	(Yi)			
1	243	121,78	29.592,54	59.049	14.830,37
2	489	244,69	119.653,41	239.121	59.873,20
3	686	344,28	236.176,08	470.596	118.528,72
4	886	433,98	384.506,28	784.996	188.338,64
5	1.550	778,90	1.207.295,00	2.402.500	606.685,21
6	1.920	963,43	1.849.785,60	3.686.400	928.197,36
7	2.214	1.112,08	2.462.145,12	4.901.796	1.236.721,93
8	2.803	1.408,03	3.946.708,09	7.856.809	1.982.548,48
n = 8	∑Xi	∑Yi	∑(Xi × Yi)	∑(Xi <sup>2</sup> )	∑(Yi <sup>2</sup> )
	10.791	5.407,17	10.235.862,12	20.401.267,00	5.135.723,91
	∑Xi <sup>2</sup>	∑Yi <sup>2</sup>			
	116.445.681	29.237.487,41			

Sumber : Data primer, 2004.

- Nomer salur dan tenaga diperoleh dari hasil pencacahan
- Menghitung persamaan regresi linier dengan mencari nilai a ; b dan r.
- Nilai a dicari dengan persamaan :

$$a = \frac{\sum(x_i \times y_i) - \frac{\sum x_i \cdot \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}} \dots\dots\dots E.1.2$$

$$= \frac{10.235.862,12 - \left(\frac{10.791 \times 5.407,17}{8}\right)}{20.401.267 - \left(\frac{(10.791)^2}{8}\right)}$$

$$= \frac{10.235.862,12 - \left(\frac{58.348.771,47}{8}\right)}{20.401.267 - \left(\frac{116.445.681}{8}\right)}$$

$$= 0,503333686 \rightarrow 0,503(\text{pembulatan})$$

- Nilai b dicari dengan persamaan :

$$b = \frac{\sum y_i}{n} - a \cdot \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots E.1.3$$

$$= \left( \frac{5.407,17}{8} \right) - \left\{ 0,503333686 \times \left( \frac{10.791}{8} \right) \right\}$$

$$= -3,037975157 \rightarrow -3,038 (\text{pembulatan})$$

- Nilai r dicari dengan persamaan :

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}} \dots\dots\dots E.1.4$$

$$= \frac{[8 \times (10.235.862,12)] - [(10.971) \times (5.407,17)]}{\sqrt{\{(8 \times 20.401.267) - (10.971)^2\} \{(8 \times 5.135.723) - (5.407,17)^2\}}}$$

$$= \frac{23.538.125,49}{23.538.892,74}$$

$$= 0,999967405 \rightarrow 0,999 (\text{pembulatan})$$

- Nilai r (koefisien korelasi) = 0,9999 ; sudah mendekati 1 yang berarti cukup baik.

- Nilai a dan b disubstitusikan ke persamaan regresi linier sebagai berikut :

$$y = ax + b = (0,503)x + (-3,038)$$

$$y = 0,503x - 3,038 \dots\dots\dots E.1.5$$

- Dari persamaan regresi linier  $y = 0,503x - 3,038$  disubstitusikan nilai  $x = X_i$  sebagai nomer salur pencacahan maka didapat nilai  $y = Y_i$  sebagai tenaga.

$$\text{Jika } X_i = 243 ; \text{ maka } Y_i = 0,503 X_i - 3,038$$

$$= \{0,503(243)\} - 3,038$$

$$= 119,272$$

$$\text{Jika } X_i = 489 ; \text{ maka } Y_i = 0,503 X_i - 3,038$$

$$= \{0,503(489)\} - 3,038$$

$$= 243,092$$

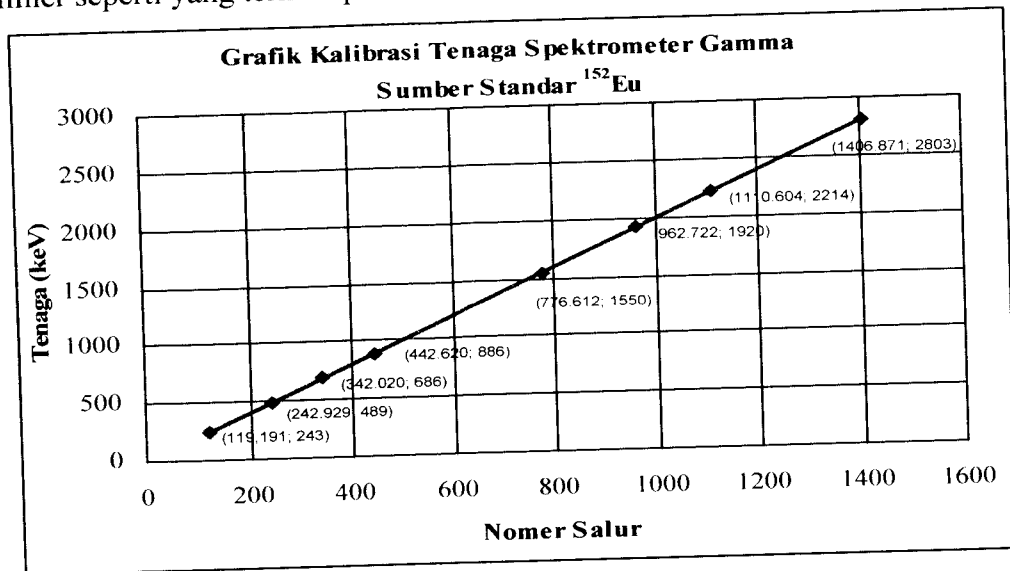
Demikian untuk perhitungan seterusnya yang dapat dilihat pada Tabel E.1.2 berikut ini.

Tabel E.1.2 Nilai tenaga dari persamaan regresi linier

Yi	a	Xi	b
119,272	0,503333686	243	3,03797516
243,092	0,503333686	489	3,03797516
342,249	0,503333686	686	3,03797516
442,916	0,503333686	886	3,03797516
777,129	0,503333686	1.550	3,03797516
963,363	0,503333686	1.920	3,03797516
1.111,343	0,503333686	2.214	3,03797516
1.407,806	0,503333686	2.803	3,03797516

Sumber : Data primer, 2004

- Nilai  $X_i$  sebagai nomer salur dan  $Y_i$  sebagai tenaga dari Tabel E.1.2 diplotkan ke dalam grafik, hubungan antara  $X_i$  dan  $Y_i$  akan menghasilkan sebuah garis linier seperti yang terlihat pada Gambar E.1.1 halaman berikut ini.



Gambar E.1.1 Grafik kalibrasi tenaga spektrometer gamma dengan  $y = 0,503x - 3,038$  dan  $r = 0,999967$



**LAMPIRAN E.2**  
**METODE PERHITUNGAN KALIBRASI EFISIENSI SPEKTROMETER**  
**GAMMA**

Spesifikasi spektrometer gamma sama seperti pada lampiran E.1 halaman E.1-1, yang diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut :

- Waktu tunda ( $T_t$ ) = 25,2 tahun
- Aktivitas saat pencacahan ( $A_t$ ) = 52.072,623
- Hasil pencacahan dan perhitungan kalibrasi efisiensi dapat dilihat pada Tabel E.2.1 halaman berikut ini.

Tabel E.2.1 Hasil pencacahan kalibrasi efisiensi spektrometer gamma

No	Besaran / Spesifikasi	Kuantitas	Satuan
1	Tegangan operasi	2.000	volt
2	Radioisotop standar I52-Eu a. Waktu paro b. Aktivitas awal (15 Juni 1979) c. Aktivitas saat ini (27 Agustus 2004)	13,1 $1,975 \times 10^5$ 52.072,623	tahun dps dps
3	Jarak detektor - sumber standar	0	milimeter
4	Lama pencacahan	300	detik

Hasil Pencacahan											
No	Nomor salur	Tenaga (Kev)	Netto	Laju cacah (cps)	Yield Y(E)	Efisiensi $\epsilon(E)$ (%)	Xi In tenaga	Yi In efisiensi	(Xi x Yi)	Xi <sup>2</sup>	Yi <sup>2</sup>
1	243	121,78	273.795	912,6500	0,2820	6,2151	tdh	tdh	tdh	tdh	tdh
2	489	244,69	32.916	109,7200	0,0738	2,8551	tdh	tdh	tdh	tdh	tdh
3	686	344,28	91.124	303,7467	0,2640	2,2095	5,8415	0,7928	4,6310	34,1226	0,6285
4	886	433,98	5.656	18,8533	0,0308	1,1755	6,0730	0,1617	0,9820	36,8813	0,0261
5	1.550	778,90	19.953	66,5100	0,1300	0,9825	6,6579	-0,0177	-0,1175	44,3274	0,0003
6	1.920	963,43	12.916	43,0533	0,1448	0,5710	6,8705	-0,5604	-3,8501	47,2038	0,3140
7	2.214	1.112,08	11.455	38,1833	0,1335	0,5493	7,0140	-0,5992	-4,2026	49,1960	0,3590
8	2.803	1.408,03	13.435	44,7833	0,2070	0,4155	7,2499	-0,8784	-6,3680	52,5617	0,7715
n = 8						n = 6	$\sum Xi$	$\sum Yi$	$\sum (Xi \times Yi)$	$\sum (Xi^2)$	$\sum (Yi^2)$
							39,7068	-1,1011	-8,9252	264,2928	2,0995
							$\sum Xi^2$	$\sum Yi^2$			
							1576,63	1,2124			

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- tdh = tidak dihitung karena tenaga < 300 keV
- Perhitungan efisiensi dan regresi linier diuraikan pada halaman berikut ini.

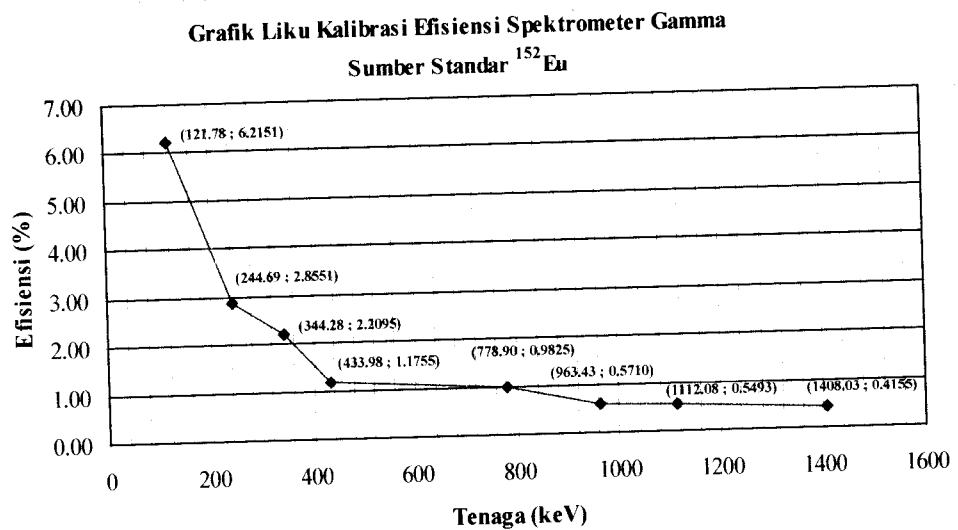
- Nomer salur, tenaga dan netto diperoleh dari hasil pencacahan.
- Nilai laju cacah (cps) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Laju cacah (cps)} &= \frac{\text{netto}}{t} \dots\dots\dots \text{E.2.1} \\ &= \frac{273.795}{300 \text{ detik}} = 912,65 \text{ cps} \end{aligned}$$

- Nilai Yield [y(E)] dari tabel Erdtmann dan Soyka, 1979.
- Efisiensi [ε(E)] dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \varepsilon (E) &= \frac{\text{cps}}{\text{dps} \cdot Y(E)} \cdot 100\% \dots\dots\dots \text{E.2.2} \\ &= \frac{912,65}{52.072,623 \times 0,2820} \times 100\% = 6,2151 \% \end{aligned}$$

- Dari Tabel E.2.1 nilai tenaga (E) dan efisiensi [ε(E)] diplotkan kedalam grafik yang menghasilkan grafik liku kalibrasi efisiensi seperti yang terlihat pada Gambar E.2.1 berikut ini.



Gambar E.2.1 Grafik liku kalibrasi efisiensi spektrometer gamma

- Dari Gambar E.2.1, untuk tenaga (E) > 300 keV mendekati garis lurus yang berarti data kalibrasi dapat diolah dengan menggunakan teknik regresi linier sehingga didapatkan suatu persamaan  $y = ax + b$ . Untuk tenaga (E) < 300 keV tidak dapat diolah dengan teknik regresi linier.
- Untuk mencari persamaan regresi linier pada tenaga (E) > 300 keV perlu dicari nilai Xi dan Yi.
- Nilai Xi diperoleh dari tenaga (E) > 300 keV yang di ln kan menjadi :

$$\begin{aligned} X_i &= \ln(E) \dots\dots\dots \text{E.2.3} \\ &= \ln(344,28) = 5,8415 \end{aligned}$$

Demikian juga untuk tenaga (E) > 300 keV selanjutnya.

- Nilai  $Y_i$  diperoleh dari efisiensi  $[\varepsilon(E)]$  dari tenaga  $(E) > 300$  keV yang di  $\ln$  kan menjadi :

$$Y_i = \ln[\varepsilon(E)] \dots\dots\dots E.2.4$$

$$= \ln(2,2095) = 0,7928$$

Demikian juga untuk efisiensi  $[\varepsilon(E)]$  dari tenaga  $(E) > 300$  keV selanjutnya.

- Menghitung persamaan regresi linier dengan mencari nilai a ; b dan r.
- Nilai a dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$a = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}} \dots\dots\dots E.2.5$$

$$= \frac{-8,9252 - \left(\frac{(39,7068 \times -1,1011)}{6}\right)}{264,2928 - \left(\frac{(39,7068)^2}{6}\right)}$$

$$= -1,076869 \rightarrow -1,0769(\text{pembulatan})$$

- Nilai b dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$b = \frac{\sum y_i}{n} - a \cdot \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots E.2.6$$

$$= \left(\frac{-1,1011}{6}\right) - \left\{-1,0769 \times \left(\frac{39,7068}{6}\right)\right\}$$

$$= 6,942984 \rightarrow 6,943(\text{pembulatan})$$

- Nilai r dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$r = \frac{n \cdot \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{\sqrt{\left\{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\right\} \left\{n \cdot \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\right\}}} \dots\dots\dots E.2.7$$

$$= \frac{[6 \times (-8,9252)] - [(39,7068) \times (-1,1011)]}{\sqrt{\left\{(6 \times 264,2928) - (39,7068)^2\right\} \left\{(6 \times 1,2124) - (-1,1011)^2\right\}}}$$

$$= \frac{-9,831108613}{10,19479172}$$

$$= -0,964326578 \rightarrow \text{nilai mutlak menjadi } 0,9643(\text{pembulatan})$$

- Nilai r (koefisien korelasi) = 0,9643 ; sudah mendekati 1 yang berarti cukup baik.

- Nilai a dan b disubstitusikan ke persamaan regresi linier sebagai berikut :

$$y = ax + b = (-1,0769)x + 6,943$$

$$y = -1,0769x + 6,943 \dots\dots\dots E.2.8$$

- Dari persamaan regresi linier  $y = -1,0769x + 6,943$  disubstitusikan nilai  $x = X_i$  sebagai  $\ln$  tenaga (E) dan  $y = Y_i$  sebagai  $\ln [\varepsilon(E)]$  ; menjadi persamaan berikut ini :

$$y = -1,0769x + 6,943$$

$$Y_i = -1,0769X_i + 6,943 \dots\dots\dots E.2.9$$

$$\text{Dimana, } X_i = \ln(E) \dots\dots\dots E.2.10$$

$$Y_i = \ln[\varepsilon(E)] \dots\dots\dots E.2.11$$

maka,

$$\text{efisiensi}(\%) [\varepsilon(E)] = \text{anti} \ln Y_i = e^{Y_i} \dots\dots\dots E.2.12$$

- Dari persamaan E.2.9 disubstitusikan nilai  $X_i$  dan  $Y_i$  hasil pencacahan yang akhirnya diperoleh efisiensi sebagai berikut :

Jika  $X_i = 344,28$

$$Y_i = -1,0769X_i + 6,943$$

$$= -1,0769[\ln(344,28)] + 6,943$$

$$Y_i = 0,6525 \rightarrow \text{dimana } Y_i = \ln [\varepsilon(E)]$$

maka,

$$\text{efisiensi}(\%) / [\varepsilon(E)] = e^{Y_i} = e^{0,6525} = 1,9203$$

Jika  $X_i = 433,98$

$$Y_i = -1,0769X_i + 6,943$$

$$= -1,0769[\ln(433,98)] + 6,943$$

$$Y_i = 0,4032 \rightarrow \text{dimana } Y_i = \ln [\varepsilon(E)]$$

maka,

$$\text{efisiensi}(\%) / [\varepsilon(E)] = e^{Y_i} = e^{0,4032} = 1,4965$$

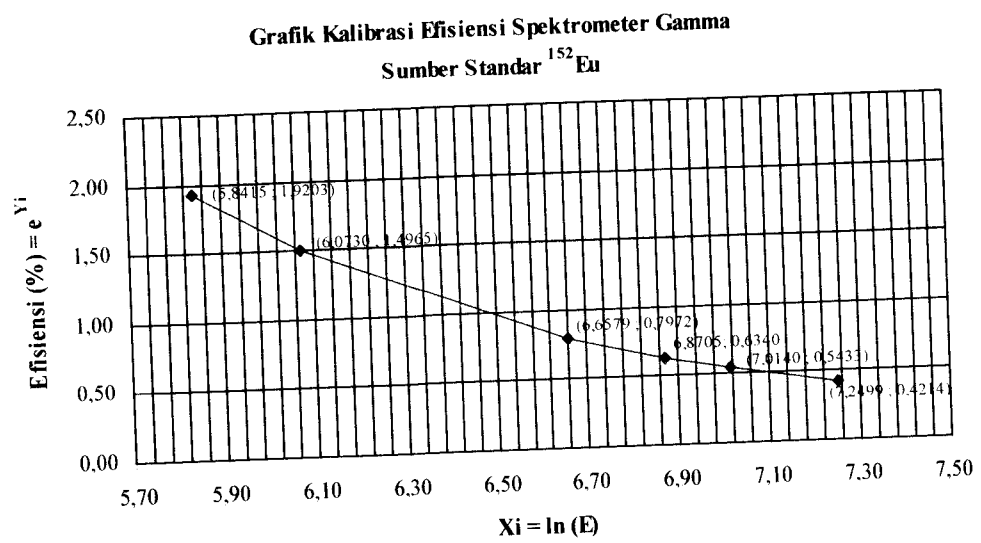
Demikian untuk perhitungan efisiensi dari tenaga (E) > 300 keV seterusnya yang dapat dilihat pada Tabel E.2.2 berikut ini.

Tabel E.2.2 Hasil kalibrasi efisiensi

Tenaga (E)	$X_i = \ln(E)$	a	b	$Y_i = a.X_i + b$	Efisiensi $\varepsilon(E) = e^{Y_i}$ (%)
344.28	5,8415	-1,0769	6,9430	0,6525	1,9203
433.98	6,0730	-1,0769	6,9430	0,4032	1,4965
778.90	6,6579	-1,0769	6,9430	-0,2267	0,7972
963.43	6,8705	-1,0769	6,9430	-0,4556	0,6340
1112.08	7,0140	-1,0769	6,9430	-0,6102	0,5433
1408.03	7,2499	-1,0769	6,9430	-0,8643	0,4214

Sumber : Data primer, 2004.

- Nilai  $X_i$  dan efisiensi dari Tabel E.2.2 diplotkan ke dalam grafik, hubungan antara  $X_i$  dan efisiensi akan menghasilkan sebuah garis linier seperti yang terlihat pada grafik halaman berikut ini.



Gambar E.2.2 Grafik kalibrasi efisiensi spektrometer gamma dengan  
 $y = -1,0769x + 6,943$  dan  $r = 0,964326$

**LAMPIRAN E.3  
METODE PERHITUNGAN UJI KESTABILAN**

Uji kestabilan dilakukan untuk mengetahui apakah spektrometer gamma dalam kondisi optimum atau tidak. Metode perhitungan yang digunakan secara statistik adalah metode uji *chi-kuadrat* ( $\chi^2$ ) (Tsoulfanidis, N.,1983). Dari segi statistik, jika distribusi yang teramati cocok dengan distribusi teoritis, maka dapat dikatakan bahwa spektrometer gamma dapat bekerja dengan baik. Penjelasan mengenai uji kestabilan adalah sebagai berikut :

- Sumber standar yang digunakan adalah <sup>137</sup>Cs.
- Aktivitas = 1  $\mu$ Ci ; tanggal 3 Januari 1983
- Tanggal pencacahan = 9 September 2004
- Waktu pencacahan = 100 detik
- Jarak sumber standar dengan detektor = 8 cm
- Pengulangan pencacahan sebanyak 10 kali (n = 10), hasil pencacahan dapat dilihat pada Tabel E.3.1 berikut ini.

Tabel E.3.1 Hasil pencacahan uji kestabilan spektrometer gamma

No	Netto (Xi)	(Xi - $\bar{X}$ )	$\Sigma(Xi - \bar{X})^2$
1	3.727	-93	8.649
2	3.993	173	29.929
3	3.786	-34	1.156
4	3.807	-13	169
5	3.778	-42	1.764
6	3.808	-12	144
7	3.874	54	2.916
8	3.769	-51	2.601
9	3.836	16	256
10	3.822	2	4
n = 10	$\Sigma Xi = 38.200$		$\Sigma(Xi - \bar{X})^2 = 47.588$
	$\bar{X} = 3.820$		

Sumber : Data primer, 2004.

- Menurut Tsoulfanidis, N., (1983), nilai *chi-kuadrat* dihitung dengan persamaan:

$$\chi^2 = \left(\frac{1}{\bar{X}}\right) \cdot \sum (Xi - \bar{X})^2 \dots\dots\dots E.3.1$$

$$= \left(\frac{1}{3.820}\right) \times (47.588)^2$$

$$= 12,45759162 \rightarrow 12,46 \text{ (pembulatan)}$$

- Dengan membandingkan  $\chi^2_{hitung}$  dengan nilai  $\chi^2_{tabel}$  untuk  $\alpha = 0,05$  dan Derajat Kebebasan (DK) = k - 1 = 10 - 1 = 9, maka dicari pada tabel *chi-kuadrat* ( $\chi^2$ ) diperoleh  $\chi^2_{tabel} = \geq 3,841$  dan  $\leq 16,919$  dengan kriteria pengujian sebagai berikut :
  - Jika  $\chi^2_{tabel} \geq \chi^2_{hitung} \geq \chi^2_{tabel}$  artinya alat tidak stabil
  - Jika  $\chi^2_{tabel} \leq \chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$  artinya alat stabil
- Diperoleh nilai *chi-kuadrat* ( $\chi^2$ ) = 12,46 ; hasil pengujian ternyata :  $\chi^2_{tabel} \leq \chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel} = 3,841 \leq 12,458 \leq 16,919$  yang berarti alat stabil karena nilai *chi-kuadrat* ( $\chi^2$ ) memenuhi range antara 3,841 - 16,919.

## LAMPIRAN E.4 ANALISIS KUALITATIF

Analisis kualitatif menunjukkan unsur radionuklida yang teridentifikasi pada semua cuplikan (endapan, biota dan air) yang disajikan pada Tabel E.4.1 berikut ini.

Tabel E.4.1 Hasil pencacahan

No	Tenaga (E) (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh ( $T_{1/2}$ )	Yield Y(E) (%)	Sumber Deret Radioaktif
1	47.390	Pb-210	22,3 tahun	4,00	U-238
2	75.537	Pb-214	26,8 menit	6,33	Th-232
3	186.620	Ra-226	1.600 tahun	3,28	U-238
4	238.895	Pb-212	10,64 jam	43,10	Th-232
5	295.693	Pb-214	26,8 menit	19,20	U-238
6	351.988	Pb-214	26,8 menit	37,10	U-238
7	583.704	Tl-208	3,053 menit	86,00	Th-232
8	609.841	Bi-214	19,9 menit	46,09	U-238
9	910.921	Ac-228	21,8 tahun	29,00	Th-232
10	1460.304	K-40	$1,227 \times 10^9$ tahun	10,67	Alam

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Tenaga (E) diperoleh dari hasil pencacahan cuplikan yang menunjukkan spektrum puncak.
- Unsur diketahui setelah mencocokkan tenaga (E) yang muncul pada tabel Erdtmann dan Soyka, 1979.
- Nilai Waktu Paruh ( $T_{1/2}$ ) dan Yield dari tabel Erdtmann dan Soyka, 1979.
- Sumber deret radioaktif dari skema peluruhan deret radiaktif Besser dan The Houw Liong, 1987.
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium



## LAMPIRAN E.5 METODE PERHITUNGAN AKTIVITAS PADA CUPLIKAN ENDAPAN DENGAN CARA KOMPARATIF

### E.5.A Cuplikan Endapan

Untuk hasil pencacahan cuplikan endapan pada masing - masing lokasi dan *Standard Reference Material (SRM) IAEA - 315 Radionuclides In Marine Sediment* disajikan pada Tabel E.5.A.1 halaman E.5 - 2.

Contoh perhitungan :

- Perhitungan dengan metode dengan cara komparatif berlaku untuk seluruh tenaga (E) yang kemudian dibandingkan dengan *Standard Reference Material (SRM) IAEA - 315 Radionuclides In Marine Sediment*.
- Kode cuplikan E-1 (Endapan - 1)
- Berat cuplikan = 70,025 gram
- Waktu cacah = 2 jam = 120 menit = 7200 detik
- Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan
- Tenaga (E) = 47,390 keV
- Unsur yang teridentifikasi =  $^{210}\text{Pb}$
- *Netto* pengukuran pertama = 53
- *Netto* standar pengukuran pertama = 84
- *Background* = 7
- Kadar dalam sertifikat *Standar Reference Material (SRM) IAEA - 315* untuk  $^{210}\text{Pb}$  = 30,1 Bq/Kg
- Berat *Standar Reference Material (SRM) IAEA - 315* = 70,000 gram
- Aktivitas jenis cuplikan dihitung dengan persamaan

$$\text{Aktivitas jenis} = \frac{\left\{ \frac{(Cps_{\text{cuplikan}} - \text{Background})}{\text{Berat Cuplikan}} \right\}}{\left\{ \frac{(Cps_{\text{standar}} - \text{Background})}{\text{Berat Standar}} \right\}} \times \text{Kadar Standar } ^{210}\text{Pb} \quad \dots \text{ E.5.1}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\left\{ \frac{(53 - 7)}{70,025 \text{ gram}} \right\}}{\left\{ \frac{(84 - 7)}{70,000 \text{ gram}} \right\}} \\ &= \frac{7.200 \text{ detik}}{7.200 \text{ detik}} \times 30,1 \text{ Bq / Kg} \\ &= 17,9754 \text{ Bq / Kg} \end{aligned}$$

Demikian untuk perhitungan aktivitas jenis cuplikan endapan masing - masing lokasi yang dapat dilihat pada halaman - halaman berikut ini.

Tabel E.5.A.1 Hasil pencacahan cuplikan endapan dan standar dengan lama pencacahan 7.200 detik

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 1			Lokasi 2			Lokasi 3			Background cps	IAEA-315 cps
			cps			cps			cps				
Kode			E.1	E.1B	E.1C	E.2	E.2B	E.2C	E.3	E.3B	E.3C	BG	Ke - 1
1	47,390	Pb-210	53	51	53	59	63	61	44	36	41	7	84
2	75,537	Pb-214	135	145	138	99	99	92	80	75	80	9	323
3	186,620	Ra-226	45	42	44	44	40	48	59	69	62	16	128
4	238,895	Pb-212	142	135	121	129	129	113	61	64	66	7	291
5	295,693	Pb-214	52	45	40	64	70	53	33	33	30	9	105
6	351,988	Pb-214	36	41	39	68	72	70	27	28	31	3	88
7	583,704	Tl-208	20	24	23	34	31	28	29	33	41	5	66
8	609,841	Bi-214	31	27	30	35	39	32	38	31	31	7	128
9	910,921	Ac-228	30	26	31	33	28	33	23	22	27	3	61
10	1460,304	K-40	73	78	77	48	48	54	53	52	49	4	126
No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 4			Lokasi 5			Lokasi 6			Back Ground cps	IAEA-315 cps
			cps			cps			cps				
Kode			E.4	E.4B	E.4C	E.5	E.5B	E.5C	E.6	E.6B	E.6C	BG	Ke - 2
1	47,390	Pb-210	30	28	28	24	25	25	52	53	52	7	83
2	75,537	Pb-214	163	159	167	149	149	147	199	185	199	9	316
3	186,620	Ra-226	36	28	30	53	52	56	39	38	44	16	128
4	238,895	Pb-212	169	166	176	187	175	181	154	147	148	7	282
5	295,693	Pb-214	50	47	60	36	31	35	49	36	37	9	98
6	351,988	Pb-214	78	77	79	52	58	59	75	60	72	3	78
7	583,704	Tl-208	38	28	31	44	46	40	20	23	24	5	73
8	609,841	Bi-214	37	39	48	51	58	50	24	25	29	7	120
9	910,921	Ac-228	25	28	27	32	33	36	23	24	23	3	59
10	1460,304	K-40	75	71	69	84	89	85	61	60	67	4	125
No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 7			Lokasi 8			Lokasi 9			Back Ground cps	IAEA-315 cps
			cps			cps			cps				
Kode			E.7C	E.7B	E.7C	E.8	E.8B	E.8C	E.9	E.9B	E.9C	BG	Ke - 3
1	47,390	Pb-210	31	32	34	38	42	35	26	26	28	7	90
2	75,537	Pb-214	107	107	108	57	63	67	116	118	116	9	314
3	186,620	Ra-226	44	42	39	35	34	30	58	58	59	16	125
4	238,895	Pb-212	162	160	163	79	70	80	73	70	73	7	298
5	295,693	Pb-214	29	31	34	48	39	43	36	40	36	9	99
6	351,988	Pb-214	36	39	39	30	29	35	29	26	24	3	77
7	583,704	Tl-208	25	28	29	34	35	37	22	20	22	5	79
8	609,841	Bi-214	21	21	25	21	23	22	33	29	33	7	124
9	910,921	Ac-228	29	31	32	11	13	16	28	20	23	3	63
10	1460,304	K-40	65	68	69	57	53	52	63	75	63	4	122
No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 10			Lokasi 11			Lokasi 12			Back Ground cps	
			cps			cps			cps				
Kode			E.10	E.10B	E.10C	E.11	E.11B	E.11C	E.12	E.12B	E.12C	BG	
1	47,390	Pb-210	53	50	54	49	45	53	32	31	27	7	
2	75,537	Pb-214	131	127	126	73	73	69	151	155	152	9	
3	186,620	Ra-226	42	38	38	56	56	57	42	40	36	16	
4	238,895	Pb-212	147	148	142	103	105	100	179	183	180	7	
5	295,693	Pb-214	29	29	34	27	26	29	28	25	28	9	
6	351,988	Pb-214	43	46	42	30	37	31	37	33	40	3	
7	583,704	Tl-208	38	38	36	36	31	38	67	50	58	5	
8	609,841	Bi-214	28	31	38	23	24	27	43	41	37	7	
9	910,921	Ac-228	28	25	19	57	53	54	40	34	31	3	
10	1460,304	K-40	69	67	70	104	102	109	98	96	95	4	

Sumber : Data primer, 2004.

Tabel E.5.A.2 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan E-1 (Endapan Hulu Kali Surabaya) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
E-1 Endapan sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	53	84	7	70,025	70,000	17,9754
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	135	323	9	70,025	70,000	10,2689
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	45	128	16	70,025	70,000	3,5719
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	142	291	7	70,025	70,000	12,1647
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	52	105	9	70,025	70,000	7,8805
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	36	88	3	70,025	70,000	6,8305
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	20	66	5	70,025	70,000	6,2928
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	31	128	7	70,025	70,000	3,4897
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	30	61	3	70,025	70,000	11,9130
	10	1460,304	K-40	K-40	297	73	126	4	70,025	70,000	167,9154
Pengukuran ke-2											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	51	83	7	70,025	70,000	17,4201
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	145	316	9	70,025	70,000	11,3367
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	42	128	16	70,025	70,000	3,2024
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	135	282	7	70,025	70,000	11,9114
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	45	98	9	70,025	70,000	7,1166
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	41	78	3	70,025	70,000	8,9141
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	24	73	5	70,025	70,000	7,1504
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	27	120	7	70,025	70,000	3,1139
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	26	59	3	70,025	70,000	10,5105
	10	1460,304	K-40	K-40	297	78	125	4	70,025	70,000	181,5715
Pengukuran ke-3											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	53	90	7	70,025	70,000	16,6760
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	138	314	9	70,025	70,000	10,8237
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	44	125	16	70,025	70,000	3,5437
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	121	298	7	70,025	70,000	10,0253
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	40	99	9	70,025	70,000	6,0601
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	39	77	3	70,025	70,000	8,5591
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	23	79	5	70,025	70,000	6,2248
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	30	124	7	70,025	70,000	3,4586
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	31	63	3	70,025	70,000	11,9424
	10	1460,304	K-40	K-40	297	77	122	4	70,025	70,000	183,6717

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.A.3 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan E-2 (Endapan Hilir Kali Surabaya) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
E-2 Endapan sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	59	84	7	70,000	70,000	20,3273
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	99	323	9	70,000	70,000	7,3376
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	44	128	16	70,000	70,000	3,4500
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	129	291	7	70,000	70,000	10,9972
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	64	105	9	70,000	70,000	10,0833
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	68	88	3	70,000	70,000	13,4588
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	34	66	5	70,000	70,000	12,1705
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	35	128	7	70,000	70,000	4,0727
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	33	61	3	70,000	70,000	13,2414
	10	1460,304	K-40	K-40	297	48	126	4	70,000	70,000	107,1148
Pengukuran ke-2											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	63	83	7	70,000	70,000	22,1789
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	99	316	9	70,000	70,000	7,5049
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	40	128	16	70,000	70,000	2,9571
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	129	282	7	70,000	70,000	11,3571
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	70	98	9	70,000	70,000	12,0629
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	72	78	3	70,000	70,000	16,1920
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	31	73	5	70,000	70,000	9,7882
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	39	120	7	70,000	70,000	4,9841
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	28	59	3	70,000	70,000	11,4286
	10	1460,304	K-40	K-40	297	48	125	4	70,000	70,000	108,0000
Pengukuran ke-3											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	61	90	7	70,000	70,000	19,5831
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	92	314	9	70,000	70,000	6,9666
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	48	125	16	70,000	70,000	4,0514
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	113	298	7	70,000	70,000	9,3251
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	53	99	9	70,000	70,000	8,6044
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	70	77	3	70,000	70,000	15,9351
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	28	79	5	70,000	70,000	7,9568
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	32	124	7	70,000	70,000	3,7607
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	33	63	3	70,000	70,000	12,8000
	10	1460,304	K-40	K-40	297	54	122	4	70,000	70,000	125,8475

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.A.4 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan E-3 (Endapan Hulu Kali Mas) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
E-3 Endapan sungai	Pengukuran ke-1										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	44	84	7	70,000	70,000	14,4636
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	80	323	9	70,000	70,000	5,7885
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	59	128	16	70,000	70,000	5,2982
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	61	291	7	70,000	70,000	4,8676
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	33	105	9	70,000	70,000	4,4000
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	27	88	3	70,000	70,000	4,9694
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	29	66	5	70,000	70,000	10,0721
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	38	128	7	70,000	70,000	4,5091
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	23	61	3	70,000	70,000	8,8276
	10	1460,304	K-40	K-40	297	53	126	4	70,000	70,000	119,2869
	Pengukuran ke-2										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	36	83	7	70,000	70,000	11,4855
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	75	316	9	70,000	70,000	5,5036
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	69	128	16	70,000	70,000	6,5304
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	64	282	7	70,000	70,000	5,3062
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	33	98	9	70,000	70,000	4,7461
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	28	78	3	70,000	70,000	5,8667
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	33	73	5	70,000	70,000	10,5412
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	31	120	7	70,000	70,000	3,7381
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	22	59	3	70,000	70,000	8,6857
	10	1460,304	K-40	K-40	297	52	125	4	70,000	70,000	117,8182
	Pengukuran ke-3										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	41	90	7	70,000	70,000	12,3301
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	80	314	9	70,000	70,000	5,9593
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	62	125	16	70,000	70,000	5,8239
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	66	298	7	70,000	70,000	5,1904
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	30	99	9	70,000	70,000	4,1067
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	31	77	3	70,000	70,000	6,6595
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	41	79	5	70,000	70,000	12,4541
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	31	124	7	70,000	70,000	3,6103
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	27	63	3	70,000	70,000	10,2400
	10	1460,304	K-40	K-40	297	49	122	4	70,000	70,000	113,2627

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.A.5 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan E-4 (Endapan Hulu Kali Wonokromo) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
E-4 Endapan sungai	Pengukuran ke-1										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	30	84	7	70,000	70,000	8,9909
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	163	323	9	70,000	70,000	12,5554
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	36	128	16	70,000	70,000	2,4643
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	169	291	7	70,000	70,000	14,6028
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	50	105	9	70,000	70,000	7,5167
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	78	88	3	70,000	70,000	15,5294
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	38	66	5	70,000	70,000	13,8492
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	37	128	7	70,000	70,000	4,3636
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	25	61	3	70,000	70,000	9,7103
	10	1460,304	K-40	K-40	297	75	126	4	70,000	70,000	172,8443
	Pengukuran ke-2										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	28	83	7	70,000	70,000	8,3171
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	159	316	9	70,000	70,000	12,5081
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	28	128	16	70,000	70,000	1,4786
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	166	282	7	70,000	70,000	14,8015
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	47	98	9	70,000	70,000	7,5146
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	77	78	3	70,000	70,000	17,3653
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	28	73	5	70,000	70,000	8,6588
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	39	120	7	70,000	70,000	4,9841
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	28	59	3	70,000	70,000	11,4286
	10	1460,304	K-40	K-40	297	71	125	4	70,000	70,000	164,4545
	Pengukuran ke-3										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	28	90	7	70,000	70,000	7,6157
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	167	314	9	70,000	70,000	13,2616
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	30	125	16	70,000	70,000	1,7725
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	176	298	7	70,000	70,000	14,8674
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	60	99	9	70,000	70,000	9,9733
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	79	77	3	70,000	70,000	18,0757
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	31	79	5	70,000	70,000	8,9946
8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	48	124	7	70,000	70,000	6,1675	
9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	27	63	3	70,000	70,000	10,2400	
10	1460,304	K-40	K-40	297	69	122	4	70,000	70,000	163,6017	

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.A.6 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan E-5 (Endapan Hulu Kali Surabaya) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
E-5 Endapan sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	24	84	7	70,000	70,000	6,6455
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	149	323	9	70,000	70,000	11,4140
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	53	128	16	70,000	70,000	4,5589
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	187	291	7	70,000	70,000	16,2254
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	36	105	9	70,000	70,000	4,9500
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	52	88	3	70,000	70,000	10,1459
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	44	66	5	70,000	70,000	16,3672
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	51	128	7	70,000	70,000	6,4000
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	32	61	3	70,000	70,000	12,8000
	10	1460,304	K-40	K-40	297	84	126	4	70,000	70,000	194,7541
Pengukuran ke-2											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	25	83	7	70,000	70,000	7,1289
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	149	316	9	70,000	70,000	11,6743
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	52	128	16	70,000	70,000	4,4357
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	175	282	7	70,000	70,000	15,6393
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	31	98	9	70,000	70,000	4,3506
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	58	78	3	70,000	70,000	12,9067
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	46	73	5	70,000	70,000	15,4353
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	58	120	7	70,000	70,000	7,9434
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	33	59	3	70,000	70,000	13,7143
	10	1460,304	K-40	K-40	297	89	125	4	70,000	70,000	208,6364
Pengukuran ke-3											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	25	90	7	70,000	70,000	6,5277
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	147	314	9	70,000	70,000	11,5830
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	56	125	16	70,000	70,000	5,0642
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	181	298	7	70,000	70,000	15,3072
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	35	99	9	70,000	70,000	5,0844
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	59	77	3	70,000	70,000	13,3189
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	40	79	5	70,000	70,000	12,1081
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	50	124	7	70,000	70,000	6,4684
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	36	63	3	70,000	70,000	14,0800
	10	1460,304	K-40	K-40	297	85	122	4	70,000	70,000	203,8729

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.A.7 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan E-6 (Endapan Pesisir Pantai Wonokromo) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
E-6 Endapan laut	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	52	84	7	70,000	70,000	17,5909
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	199	323	9	70,000	70,000	15,4904
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	39	128	16	70,000	70,000	2,8339
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	154	291	7	70,000	70,000	13,2507
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	49	105	9	70,000	70,000	7,3333
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	75	88	3	70,000	70,000	14,9082
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	20	66	5	70,000	70,000	6,2951
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	24	128	7	70,000	70,000	2,4727
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	23	61	3	70,000	70,000	8,8276
	10	1460,304	K-40	K-40	297	61	126	4	70,000	70,000	138,7623
Pengukuran ke-2											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	53	83	7	70,000	70,000	18,2184
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	185	316	9	70,000	70,000	14,6762
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	38	128	16	70,000	70,000	2,7107
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	147	282	7	70,000	70,000	13,0327
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	36	98	9	70,000	70,000	5,3393
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	60	78	3	70,000	70,000	13,3760
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	23	73	5	70,000	70,000	6,7765
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	25	120	7	70,000	70,000	2,8035
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	24	59	3	70,000	70,000	9,6000
	10	1460,304	K-40	K-40	297	60	125	4	70,000	70,000	137,4545
Pengukuran ke-3											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	52	90	7	70,000	70,000	16,3193
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	199	314	9	70,000	70,000	15,9475
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	44	125	16	70,000	70,000	3,5450
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	148	298	7	70,000	70,000	12,4041
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	37	99	9	70,000	70,000	5,4756
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	72	77	3	70,000	70,000	16,4108
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	24	79	5	70,000	70,000	6,5730
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	29	124	7	70,000	70,000	3,3094
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	23	63	3	70,000	70,000	8,5333
	10	1460,304	K-40	K-40	297	67	122	4	70,000	70,000	158,5678

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium



Tabel E.5.A.8 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan E-7 (Endapan Muara Kali Sari) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
E-7 Endapan sungai	Pengukuran ke-1										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	31	84	7	70,000	70,000	9,3818
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	107	323	9	70,000	70,000	7,9898
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	44	128	16	70,000	70,000	3,4500
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	162	291	7	70,000	70,000	13,9718
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	29	105	9	70,000	70,000	3,6667
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	36	88	3	70,000	70,000	6,8329
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	25	66	5	70,000	70,000	8,3934
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	21	128	7	70,000	70,000	2,0364
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	29	61	3	70,000	70,000	11,4759
	10	1460,304	K-40	K-40	297	65	126	4	70,000	70,000	148,5000
	Pengukuran ke-2										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	32	83	7	70,000	70,000	9,9013
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	107	316	9	70,000	70,000	8,1720
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	42	128	16	70,000	70,000	3,2036
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	160	282	7	70,000	70,000	14,2429
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	31	98	9	70,000	70,000	4,3506
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	39	78	3	70,000	70,000	8,4480
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	28	73	5	70,000	70,000	8,6588
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	21	120	7	70,000	70,000	2,1805
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	31	59	3	70,000	70,000	12,8000
	10	1460,304	K-40	K-40	297	68	125	4	70,000	70,000	157,0909
	Pengukuran ke-3										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	34	90	7	70,000	70,000	9,7916
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	108	314	9	70,000	70,000	8,3095
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	39	125	16	70,000	70,000	2,9119
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	163	298	7	70,000	70,000	13,7237
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	34	99	9	70,000	70,000	4,8889
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	39	77	3	70,000	70,000	8,5622
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	29	79	5	70,000	70,000	8,3027
8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	25	124	7	70,000	70,000	2,7077	
9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	32	63	3	70,000	70,000	12,3733	
10	1460,304	K-40	K-40	297	69	122	4	70,000	70,000	163,6017	

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.A.9 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan E-8 (Endapan Pesisir Pantai Kenjeran) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
E-8 Endapan laut	Pengukuran ke-1										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	38	84	7	70,000	70,000	12,1182
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	57	323	9	70,000	70,000	3,9134
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	35	128	16	70,000	70,000	2,3411
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	79	291	7	70,000	70,000	6,4901
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	48	105	9	70,000	70,000	7,1500
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	30	88	3	70,000	70,000	5,5906
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	34	66	5	70,000	70,000	12,1705
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	21	128	7	70,000	70,000	2,0364
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	11	61	3	70,000	70,000	3,5310
	10	1460,304	K-40	K-40	297	57	126	4	70,000	70,000	129,0246
	Pengukuran ke-2										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	42	83	7	70,000	70,000	13,8618
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	63	316	9	70,000	70,000	4,5029
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	34	128	16	70,000	70,000	2,2179
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	70	282	7	70,000	70,000	5,8647
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	39	98	9	70,000	70,000	5,9326
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	29	78	3	70,000	70,000	6,1013
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	35	73	5	70,000	70,000	11,2941
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	23	120	7	70,000	70,000	2,4920
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	13	59	3	70,000	70,000	4,5714
	10	1460,304	K-40	K-40	297	53	125	4	70,000	70,000	120,2727
	Pengukuran ke-3										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	35	90	7	70,000	70,000	10,1542
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	67	314	9	70,000	70,000	4,8682
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	30	125	16	70,000	70,000	1,7725
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	80	298	7	70,000	70,000	6,4220
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	43	99	9	70,000	70,000	6,6489
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	35	77	3	70,000	70,000	7,6108
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	37	79	5	70,000	70,000	11,0703
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	22	124	7	70,000	70,000	2,2564
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	16	63	3	70,000	70,000	5,5467
	10	1460,304	K-40	K-40	297	52	122	4	70,000	70,000	120,8136

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.A.10 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan E-9 (Endapan Pesisir Kecamatan Kedung Cowek) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
E-9 Endapan laut	Pengukuran ke-1										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	26	84	7	70,000	70,000	7,4273
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	116	323	9	70,000	70,000	8,7236
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	58	128	16	70,000	70,000	5,1750
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	73	291	7	70,000	70,000	5,9493
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	36	105	9	70,000	70,000	4,9500
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	29	88	3	70,000	70,000	5,3835
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	22	66	5	70,000	70,000	7,1344
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	33	128	7	70,000	70,000	3,7818
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	28	61	3	70,000	70,000	11,0345
	10	1460,304	K-40	K-40	297	63	126	4	70,000	70,000	143,6311
	Pengukuran ke-2										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	26	83	7	70,000	70,000	7,5250
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	118	316	9	70,000	70,000	9,0893
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	58	128	16	70,000	70,000	5,1750
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	70	282	7	70,000	70,000	5,8647
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	40	98	9	70,000	70,000	6,1303
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	26	78	3	70,000	70,000	5,3973
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	20	73	5	70,000	70,000	5,6471
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	29	120	7	70,000	70,000	3,4265
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	20	59	3	70,000	70,000	7,7714
	10	1460,304	K-40	K-40	297	75	125	4	70,000	70,000	174,2727
	Pengukuran ke-3										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	28	90	7	70,000	70,000	7,6157
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	116	314	9	70,000	70,000	8,9810
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	59	125	16	70,000	70,000	5,4440
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	73	298	7	70,000	70,000	5,8062
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	36	99	9	70,000	70,000	5,2800
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	24	77	3	70,000	70,000	4,9946
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	22	79	5	70,000	70,000	5,8811
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	33	124	7	70,000	70,000	3,9111
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	23	63	3	70,000	70,000	8,5333
	10	1460,304	K-40	K-40	297	63	122	4	70,000	70,000	148,5000

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.A.11 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan E-10 (Endapan Hilir Saluran Tambak Wedi) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
E-10 Endapan sungai	Pengukuran ke-1										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	53	84	7	70,000	70,000	17,9818
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	131	323	9	70,000	70,000	9,9465
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	42	128	16	70,000	70,000	3,2036
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	147	291	7	70,000	70,000	12,6197
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	29	105	9	70,000	70,000	3,6667
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	43	88	3	70,000	70,000	8,2824
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	38	66	5	70,000	70,000	13,8492
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	28	128	7	70,000	70,000	3,0545
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	28	61	3	70,000	70,000	11,0345
	10	1460,304	K-40	K-40	297	69	126	4	70,000	70,000	158,2377
	Pengukuran ke-2										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	50	83	7	70,000	70,000	17,0303
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	127	316	9	70,000	70,000	9,8397
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	38	128	16	70,000	70,000	2,7107
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	148	282	7	70,000	70,000	13,1258
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	29	98	9	70,000	70,000	3,9551
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	46	78	3	70,000	70,000	10,0907
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	38	73	5	70,000	70,000	12,4235
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	31	120	7	70,000	70,000	3,7381
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	25	59	3	70,000	70,000	10,0571
	10	1460,304	K-40	K-40	297	67	125	4	70,000	70,000	154,6364
	Pengukuran ke-3										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	54	90	7	70,000	70,000	17,0446
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	126	314	9	70,000	70,000	9,8203
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	38	125	16	70,000	70,000	2,7853
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	142	298	7	70,000	70,000	11,8763
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	34	99	9	70,000	70,000	4,8889
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	42	77	3	70,000	70,000	9,2757
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	36	79	5	70,000	70,000	10,7243
8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	38	124	7	70,000	70,000	4,6632	
9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	19	63	3	70,000	70,000	6,8267	
10	1460,304	K-40	K-40	297	70	122	4	70,000	70,000	166,1186	

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.A.12 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan E-11 (Endapan Muara Kali Anak) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
E-11 Endapan sungai	Pengukuran ke-1										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	49	84	7	70,000	70,000	16,4182
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	73	323	9	70,000	70,000	5,2178
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	56	128	16	70,000	70,000	4,9286
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	103	291	7	70,000	70,000	8,6535
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	27	105	9	70,000	70,000	3,3000
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	30	88	3	70,000	70,000	5,5906
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	36	66	5	70,000	70,000	13,0098
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	23	128	7	70,000	70,000	2,3273
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	57	61	3	70,000	70,000	23,8345
	10	1460,304	K-40	K-40	297	104	126	4	70,000	70,000	243,4426
	Pengukuran ke-2										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	45	83	7	70,000	70,000	15,0500
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	73	316	9	70,000	70,000	5,3368
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	56	128	16	70,000	70,000	4,9286
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	105	282	7	70,000	70,000	9,1229
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	26	98	9	70,000	70,000	3,3618
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	37	78	3	70,000	70,000	7,9787
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	31	73	5	70,000	70,000	9,7882
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	24	120	7	70,000	70,000	2,6478
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	53	59	3	70,000	70,000	22,8571
	10	1460,304	K-40	K-40	297	102	125	4	70,000	70,000	240,5455
	Pengukuran ke-3										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	53	90	7	70,000	70,000	16,6819
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	69	314	9	70,000	70,000	5,0361
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	57	125	16	70,000	70,000	5,1908
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	100	298	7	70,000	70,000	8,1814
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	29	99	9	70,000	70,000	3,9111
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	31	77	3	70,000	70,000	6,6595
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	38	79	5	70,000	70,000	11,4162
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	27	124	7	70,000	70,000	3,0085
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	54	63	3	70,000	70,000	21,7600
	10	1460,304	K-40	K-40	297	109	122	4	70,000	70,000	264,2797

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.A.13 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan E-12 (Endapan Pesisir Pantai Kali Anak) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
E-12 Endapan laut	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	32	84	7	70,000	70,000	9,7727
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	151	323	9	70,000	70,000	11,5771
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	42	128	16	70,000	70,000	3,2036
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	179	291	7	70,000	70,000	15,5042
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	28	105	9	70,000	70,000	3,4833
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	37	88	3	70,000	70,000	7,0400
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	67	66	5	70,000	70,000	26,0197
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	43	128	7	70,000	70,000	5,2364
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	40	61	3	70,000	70,000	16,3310
	10	1460,304	K-40	K-40	297	98	126	4	70,000	70,000	228,8361
Pengukuran ke-2											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	31	83	7	70,000	70,000	9,5053
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	155	316	9	70,000	70,000	12,1746
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	40	128	16	70,000	70,000	2,9571
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	183	282	7	70,000	70,000	16,3840
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	25	98	9	70,000	70,000	3,1640
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	33	78	3	70,000	70,000	7,0400
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	50	73	5	70,000	70,000	16,9412
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	41	120	7	70,000	70,000	5,2956
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	34	59	3	70,000	70,000	14,1714
	10	1460,304	K-40	K-40	297	96	125	4	70,000	70,000	225,8182
Pengukuran ke-3											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	27	90	7	70,000	70,000	7,2530
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	152	314	9	70,000	70,000	12,0026
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	36	125	16	70,000	70,000	2,5321
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	180	298	7	70,000	70,000	15,2192
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	28	99	9	70,000	70,000	3,7156
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	40	77	3	70,000	70,000	8,8000
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	58	79	5	70,000	70,000	18,3351
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	37	124	7	70,000	70,000	4,5128
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	31	63	3	70,000	70,000	11,9467
	10	1460,304	K-40	K-40	297	95	122	4	70,000	70,000	229,0424

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Dari hasil perhitungan aktivitas jenis, kemudian dilanjutkan dengan menghitung aktivitas rerata, deviasi, bias dan presisi. Untuk contoh perhitungan cuplikan endapan akan dijelaskan sebagai berikut :

- Kode cuplikan = E-1 (Endapan - 1)
- Unsur radionuklida =  $^{210}\text{Pb}$
- Hasil perhitungan aktivitas pada :
  - Pengukuran ke-1 = 17,9754 Bq/Kg
  - Pengukuran ke-2 = 17,4201 Bq/Kg
  - Pengukuran ke-3 = 16,6760 Bq/Kg
- Kadar rerata ( $\bar{A}$ ) dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\bar{A} &= \frac{A_1 + A_2 + A_3}{n} \dots\dots\dots \text{E.5.2} \\ &= \frac{17,9754 \text{ Bq / Kg} + 17,4201 \text{ Bq / Kg} + 16,6760 \text{ Bq / Kg}}{3} \\ &= 17,3572 \text{ Bq / Kg}\end{aligned}$$

- Deviasi ( $\Delta A$ ) dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta A &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2}{n-1}} \dots\dots\dots \text{E.5.3} \\ &= \sqrt{\frac{(17,9754 - 17,3572)^2 + (17,4201 - 17,3572)^2 + (16,6760 - 17,3572)^2}{3-1}} \\ &= 0,6520\end{aligned}$$

- Kadar unsur pada cuplikan :  
Dimana  $\bar{A} = 17,3572 \text{ Bq/Kg}$  ;  $\Delta A = 0,6520$  maka,  
*Kadar* =  $17,3572 \pm 0,6520 \text{ Bq / Kg}$

- Bias (%B) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\%B &= \left(\frac{\Delta A}{\bar{A}}\right) \times 100 \dots\dots\dots \text{E.5.4} \\ &= \left(\frac{0,6520}{17,3572}\right) \times 100 = 3,76\%\end{aligned}$$

- Presisi (%P) dicari dengan persamaan sebagai berikut :  
Dimana  $\bar{A} = 17,3572 \text{ Bq/Kg}$  ;  $\Delta A = 0,6520$  maka,

$$\begin{aligned}\%P &= 100 - \left(\frac{\Delta A}{\bar{A}} \times 100\right) \dots\dots\dots \text{E.5.5} \\ &= 100 - \left(\frac{0,6520}{17,3572} \times 100\right) = 96,24\%\end{aligned}$$

- Demikian juga untuk perhitungan selanjutnya yang dapat dilihat pada tabel - tabel halaman berikut ini.

Tabel E.5.A.14 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan endapan lokasi 1 dan 2

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (Å)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/Kg)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Pengukuran							
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
E-1											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	17,9754	17,4201	16,6760	17,3572	0,6520	17,3572 ± 0,6520	3,76	96,24
2	75,537	Pb-214	Th-232	10,2689	11,3367	10,8237	10,8098	0,5340	10,8098 ± 0,5340	4,94	95,06
3	186,620	Ra-226	Ra-226	3,5719	3,2024	3,5437	3,4394	0,2057	3,4394 ± 0,2057	5,98	94,02
4	238,895	Pb-212	Th-232	12,1647	11,9114	10,0253	11,3671	1,1689	11,3671 ± 1,1689	10,28	89,72
5	295,693	Pb-214	U-238	7,8805	7,1166	6,0601	7,0190	0,9141	7,0190 ± 0,9141	13,02	86,98
6	351,988	Pb-214	U-238	6,8305	8,9141	8,5591	8,1013	1,1147	8,1013 ± 1,1147	13,76	86,24
7	583,704	Tl-208	Th-232	6,2928	7,1504	6,2248	6,5560	0,5159	6,5560 ± 0,5159	7,87	92,13
8	609,841	Bi-214	U-238	3,4897	3,1139	3,4586	3,3541	0,2085	3,3541 ± 0,2085	6,22	93,78
9	910,921	Ac-228	Th-232	11,9130	10,5105	11,9424	11,4553	0,8183	11,4553 ± 0,8183	7,14	92,86
10	1460,304	K-40	K-40	167,9154	181,5715	183,6717	177,7195	8,5553	177,7195 ± 8,5553	4,81	95,19
E-2											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	20,3273	22,1789	19,5831	20,6965	1,3367	20,6965 ± 1,3367	6,46	93,54
2	75,537	Pb-214	Th-232	7,3376	7,5049	6,9666	7,2697	0,2755	7,2697 ± 0,2755	3,79	96,21
3	186,620	Ra-226	Ra-226	3,4500	2,9571	4,0514	3,4862	0,5480	3,4862 ± 0,5480	15,72	84,28
4	238,895	Pb-212	Th-232	10,9972	11,3571	9,3251	10,5598	1,0843	10,5598 ± 1,0843	10,27	89,73
5	295,693	Pb-214	U-238	10,0833	12,0629	8,6044	10,2502	1,7353	10,2502 ± 1,7353	16,93	83,07
6	351,988	Pb-214	U-238	13,4588	16,1920	15,9351	15,1953	1,5093	15,1953 ± 1,5093	9,93	90,07
7	583,704	Tl-208	Th-232	12,1705	9,7882	7,9568	9,9718	2,1129	9,9718 ± 2,1129	21,19	78,81
8	609,841	Bi-214	U-238	4,0727	4,9841	3,7607	4,2725	0,6357	4,2725 ± 0,6357	14,88	85,12
9	910,921	Ac-228	Th-232	13,2414	11,4286	12,8000	12,4900	0,9453	12,4900 ± 0,9453	7,57	92,43
10	1460,304	K-40	K-40	107,1148	108,0000	125,8475	113,6541	10,5691	113,6541 ± 10,5691	9,30	90,70

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- E-1 = Endapan - 1 (Endapan Tengah Kali Surabaya)
- E-2 = Endapan - 2 (Endapan Hilir Kali Surabaya)

- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = potassium





Tabel E.5.A.15 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan endapan lokasi 3 dan 4

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (A) (Bq/Kg)	Deviasi ( $\Delta A$ )	Kadar (Bq/Kg)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Pengukuran							
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
E-3											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	14,4636	11,4855	12,3301	12,7598	1,5348	12,7598 ± 1,5348	12,03	87,97
2	75,537	Pb-214	Th-232	5,7885	5,5036	5,9593	5,7505	0,2303	5,7505 ± 0,2303	4,00	96,00
3	186,620	Ra-226	Ra-226	5,2982	6,5304	5,8239	5,8841	0,6183	5,8841 ± 0,6183	10,51	89,49
4	238,895	Pb-212	Th-232	4,8676	5,3062	5,1904	5,1214	0,2273	5,1214 ± 0,2273	4,44	95,56
5	295,693	Pb-214	U-238	4,4000	4,7461	4,1067	4,4176	0,3201	4,4176 ± 0,3201	7,25	92,75
6	351,988	Pb-214	U-238	4,9694	5,8667	6,6595	5,8318	0,8456	5,8318 ± 0,8456	14,50	85,50
7	583,704	Tl-208	Th-232	10,0721	10,5412	12,4541	11,0225	1,2618	11,0225 ± 1,2618	11,45	88,55
8	609,841	Bi-214	U-238	4,5091	3,7381	3,6103	3,9525	0,4863	3,9525 ± 0,4863	12,30	87,70
9	910,921	Ac-228	Th-232	8,8276	8,6857	10,2400	9,2511	0,8593	9,2511 ± 0,8593	9,29	90,71
10	1460,304	K-40	K-40	119,2869	117,8182	113,2627	116,7893	3,1411	116,7893 ± 3,1411	2,69	97,31
E-4											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	8,9909	8,3171	7,6157	8,3079	0,6877	8,3079 ± 0,6877	8,28	91,72
2	75,537	Pb-214	Th-232	12,5554	12,5081	13,2616	12,7751	0,4220	12,7751 ± 0,4220	3,30	96,70
3	186,620	Ra-226	Ra-226	2,4643	1,4786	1,7725	1,9051	0,5061	1,9051 ± 0,5061	26,56	73,44
4	238,895	Pb-212	Th-232	14,6028	14,8015	14,8674	14,7572	0,1377	14,7572 ± 0,1377	0,93	99,07
5	295,693	Pb-214	U-238	7,5167	7,5146	9,9733	8,3349	1,4190	8,3349 ± 1,4190	17,02	82,98
6	351,988	Pb-214	U-238	15,5294	17,3653	18,0757	16,9901	1,3139	16,9901 ± 1,3139	7,73	92,27
7	583,704	Tl-208	Th-232	13,8492	8,6588	8,9946	10,5009	2,9046	10,5009 ± 2,9046	27,66	72,34
8	609,841	Bi-214	U-238	4,3636	4,9841	6,1675	5,1717	0,9165	5,1717 ± 0,9165	17,72	82,28
9	910,921	Ac-228	Th-232	9,7103	11,4286	10,2400	10,4596	0,8799	10,4596 ± 0,8799	8,41	91,59
10	1460,304	K-40	K-40	172,8443	164,4545	163,6017	166,9668	5,1078	166,9668 ± 5,1078	3,06	96,94

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- E-3 = Endapan - 3 (Endapan Hulu Kali Mas)
- E-4 = Endapan - 4 (Endapan Hulu Kali Wonokromo)

- Pb = lead
- Bi = bismuth
- Ra = radium
- Ac = actinium
- Tl = thalium
- K = potassium

Tabel E.5.A.1.6 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan endapan lokasi 5 dan 6

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (Å) (Bq/Kg)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/Kg)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Pengukuran							
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
E-5											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	6,6455	7,1289	6,5277	6,7674	0,3186	6,7674 ± 0,3186	4,71	95,29
2	75,537	Pb-214	Th-232	11,4140	11,6743	11,5830	11,5571	0,1320	11,5571 ± 0,1320	1,14	98,86
3	186,620	Ra-226	Ra-226	4,5589	4,4357	5,0642	4,6863	0,3330	4,6863 ± 0,3330	7,11	92,89
4	238,895	Pb-212	Th-232	16,2254	15,6393	15,3072	15,7239	0,4649	15,7239 ± 0,4649	2,96	97,04
5	295,693	Pb-214	U-238	4,9500	4,3506	5,0844	4,7950	0,3907	4,7950 ± 0,3907	8,15	91,85
6	351,988	Pb-214	U-238	10,1459	12,9067	13,3189	12,1238	1,7253	12,1238 ± 1,7253	14,23	85,77
7	583,704	Tl-208	Th-232	16,3672	15,4353	12,1081	14,6369	2,2390	14,6369 ± 2,2390	15,30	84,70
8	609,841	Bi-214	U-238	6,4000	7,9434	6,4684	6,9372	0,8720	6,9372 ± 0,8720	12,57	87,43
9	910,921	Ac-228	Th-232	12,8000	13,7143	14,0800	13,5314	0,6593	13,5314 ± 0,6593	4,87	95,13
10	1460,304	K-40	K-40	194,7541	208,6364	203,8729	202,4211	7,0541	202,4211 ± 7,0541	3,48	96,52
E-6											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	17,5909	18,2184	16,3193	17,3762	0,9676	17,3762 ± 0,9676	5,57	94,43
2	75,537	Pb-214	Th-232	15,4904	14,6762	15,9475	15,3714	0,6440	15,3714 ± 0,6440	4,19	95,81
3	186,620	Ra-226	Ra-226	2,8339	2,7107	3,5450	3,0299	0,4503	3,0299 ± 0,4503	14,86	85,14
4	238,895	Pb-212	Th-232	13,2507	13,0327	12,4041	12,8959	0,4396	12,8959 ± 0,4396	3,41	96,59
5	295,693	Pb-214	U-238	7,3333	5,3393	5,4756	6,0494	1,1140	6,0494 ± 1,1140	18,42	81,58
6	351,988	Pb-214	U-238	14,9082	13,3760	16,4108	14,8983	1,5174	14,8983 ± 1,5174	10,19	89,81
7	583,704	Tl-208	Th-232	6,2951	6,7765	6,5730	6,5482	0,2417	6,5482 ± 0,2417	3,69	96,31
8	609,841	Bi-214	U-238	2,4727	2,8035	3,3094	2,8619	0,4214	2,8619 ± 0,4214	14,72	85,28
9	910,921	Ac-228	Th-232	8,8276	9,6000	8,5333	8,9870	0,5509	8,9870 ± 0,5509	6,13	93,87
10	1460,304	K-40	K-40	138,7623	137,4545	158,5678	144,9282	11,8303	144,9282 ± 11,8303	8,16	91,84

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- E-5 = Endapan - 5 (Endapan Muara Kali Wonokromo)
- E-6 = Endapan - 6 (Endapan Pesisir Pantai Wonokromo)

- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = potassium

Tabel E.5.A.17 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan endapan lokasi 7 dan 8

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (Å) (Bq/Kg)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/Kg)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Pengukuran							
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
E-7											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	9,3818	9,9013	9,7916	9,6916	0,2738	9,6916 ± 0,2738	2,83	97,17
2	75,537	Pb-214	Th-232	7,9898	8,1720	8,3095	8,1571	0,1604	8,1571 ± 0,1604	1,97	98,03
3	186,620	Ra-226	Ra-226	3,4500	3,2036	2,9119	3,1885	0,2694	3,1885 ± 0,2694	8,45	91,55
4	238,895	Pb-212	Th-232	13,9718	14,2429	13,7237	13,9795	0,2597	13,9795 ± 0,2597	1,86	98,14
5	295,693	Pb-214	U-238	3,6667	4,3506	4,8889	4,3020	0,6126	4,3020 ± 0,6126	14,24	85,76
6	351,988	Pb-214	U-238	6,8329	8,4480	8,5622	7,9477	0,9671	7,9477 ± 0,9671	12,17	87,83
7	583,704	Tl-208	Th-232	8,3934	8,6588	8,3027	8,4517	0,1851	8,4517 ± 0,1851	2,19	97,81
8	609,841	Bi-214	U-238	2,0364	2,1805	2,7077	2,3082	0,3534	2,3082 ± 0,3534	15,31	84,69
9	910,921	Ac-228	Th-232	11,4759	12,8000	12,3733	12,2164	0,6759	12,2164 ± 0,6759	5,53	94,47
10	1460,304	K-40	K-40	148,5000	157,0909	163,6017	156,3975	7,5747	156,3975 ± 7,5747	4,84	95,16
E-8											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	12,1182	13,8618	10,1542	12,0447	1,8549	12,0447 ± 1,8549	15,40	84,60
2	75,537	Pb-214	Th-232	3,9134	4,5029	4,8682	4,4282	0,4818	4,4282 ± 0,4818	10,88	89,12
3	186,620	Ra-226	Ra-226	2,3411	2,2179	1,7725	2,1105	0,2991	2,1105 ± 0,2991	14,17	85,83
4	238,895	Pb-212	Th-232	6,4901	5,8647	6,4220	6,2590	0,3431	6,2590 ± 0,3431	5,48	94,52
5	295,693	Pb-214	U-238	7,1500	5,9326	6,6489	6,5772	0,6119	6,5772 ± 0,6119	9,30	90,70
6	351,988	Pb-214	U-238	5,5906	6,1013	7,6108	6,4342	1,0505	6,4342 ± 1,0505	16,33	83,67
7	583,704	Tl-208	Th-232	12,1705	11,2941	11,0703	11,5116	0,5815	11,5116 ± 0,5815	5,05	94,95
8	609,841	Bi-214	U-238	2,0364	2,4920	2,2564	2,2616	0,2279	2,2616 ± 0,2279	10,08	89,92
9	910,921	Ac-228	Th-232	3,5310	4,5714	5,5467	4,5497	1,0080	4,5497 ± 1,0080	22,16	77,84
10	1460,304	K-40	K-40	129,0246	120,2727	120,8136	123,3703	4,9042	123,3703 ± 4,9042	3,98	96,02

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- E-7 = Endapan - 7 (Endapan Muara Kali Sari)
- E-8 = Endapan - 8 (Endapan Pesisir Pantai Kenjeran)

- Pb = lead
- Bi = bismuth
- Ra = radium
- Ac = actinium
- Tl = thalium
- K = potassium

Tabel E.5.A.1.8 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan endapan lokasi 9 dan 10

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (Ā) (Bq/Kg)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/Kg)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
E-9											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	7,4273	7,5250	7,6157	7,5226	0,0942	7,5226 ± 0,0942	1,25	98,75
2	75,537	Pb-214	Th-232	8,7236	9,0893	8,9810	8,9313	0,1878	8,9313 ± 0,1878	2,10	97,90
3	186,620	Ra-226	Ra-226	5,1750	5,1750	5,4440	5,2647	0,1553	5,2647 ± 0,1553	2,95	97,05
4	238,895	Pb-212	Th-232	5,9493	5,8647	5,8062	5,8734	0,0719	5,8734 ± 0,0719	1,22	98,78
5	295,693	Pb-214	U-238	4,9500	6,1303	5,2800	5,4534	0,6090	5,4534 ± 0,6090	11,17	88,83
6	351,988	Pb-214	U-238	5,3835	5,3973	4,9946	5,2585	0,2286	5,2585 ± 0,2286	4,35	95,65
7	583,704	Tl-208	Th-232	7,1344	5,6471	5,8811	6,2209	0,7998	6,2209 ± 0,7998	12,86	87,14
8	609,841	Bi-214	U-238	3,7818	3,4265	3,9111	3,7065	0,2509	3,7065 ± 0,2509	6,77	93,23
9	910,921	Ac-228	Th-232	11,0345	7,7714	8,5333	9,1131	1,7070	9,1131 ± 1,7070	18,73	81,27
10	1460,304	K-40	K-40	143,6311	174,2727	148,5000	155,4680	16,4664	155,4680 ± 16,4664	10,59	89,41
E-10											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	17,9818	17,0303	17,0446	17,3522	0,5453	17,3522 ± 0,5453	3,14	96,86
2	75,537	Pb-214	Th-232	9,9465	9,8397	9,8203	9,8689	0,0679	9,8689 ± 0,0679	0,69	99,31
3	186,620	Ra-226	Ra-226	3,2036	2,7107	2,7853	2,8999	0,2656	2,8999 ± 0,2656	9,16	90,84
4	238,895	Pb-212	Th-232	12,6197	13,1258	11,8763	12,5406	0,6285	12,5406 ± 0,6285	5,01	94,99
5	295,693	Pb-214	U-238	3,6667	3,9551	4,8889	4,1702	0,6389	4,1702 ± 0,6389	15,32	84,68
6	351,988	Pb-214	U-238	8,2824	10,0907	9,2757	9,2162	0,9056	9,2162 ± 0,9056	9,83	90,17
7	583,704	Tl-208	Th-232	13,8492	12,4235	10,7243	12,3323	1,5644	12,3323 ± 1,5644	12,69	87,31
8	609,841	Bi-214	U-238	3,0545	3,7381	4,6632	3,8186	0,8074	3,8186 ± 0,8074	21,14	78,86
9	910,921	Ac-228	Th-232	11,0345	10,0571	6,8267	9,3061	2,2022	9,3061 ± 2,2022	23,66	76,34
10	1460,304	K-40	K-40	158,2377	154,6364	166,1186	159,6642	5,8726	159,6642 ± 5,8726	3,68	96,32

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- E-9 = Endapan - 9 (Endapan Pesisir Kedung Cowek)
- E-10 = Endapan - 10 (Endapan Hilir Saluran Tambak Wedi)

- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = potassium

Tabel E.5.A.19 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan endapan lokasi 11 dan 12

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (Å) (Bq/Kg)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/Kg)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Pengukuran							
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
E-11											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	16,4182	15,0500	16,6819	16,0500	0,8760	16,0500 ± 0,8760	5,46	94,54
2	75,537	Pb-214	Th-232	5,2178	5,3368	5,0361	5,1969	0,1515	5,1969 ± 0,1515	2,91	97,09
3	186,620	Ra-226	Ra-226	4,9286	4,9286	5,1908	5,0160	0,1514	5,0160 ± 0,1514	3,02	96,98
4	238,895	Pb-212	Th-232	8,6535	9,1229	8,1814	8,6526	0,4707	8,6526 ± 0,4707	5,44	94,56
5	295,693	Pb-214	U-238	3,3000	3,3618	3,9111	3,5243	0,3364	3,5243 ± 0,3364	9,55	90,45
6	351,988	Pb-214	U-238	5,5906	7,9787	6,6595	6,7429	1,1962	6,7429 ± 1,1962	17,74	82,26
7	583,704	Tl-208	Th-232	13,0098	9,7882	11,4162	11,4048	1,6108	11,4048 ± 1,6108	14,12	85,88
8	609,841	Bi-214	U-238	2,3273	2,6478	3,0085	2,6612	0,3408	2,6612 ± 0,3408	12,81	87,19
9	910,921	Ac-228	Th-232	23,8345	22,8571	21,7600	22,8172	1,0378	22,8172 ± 1,0378	4,55	95,45
10	1460,304	K-40	K-40	243,4426	240,5455	264,2797	249,4226	12,9479	249,4226 ± 12,9479	5,19	94,81
E-12											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	9,7727	9,5053	7,2530	8,8437	1,3840	8,8437 ± 1,3840	15,65	84,35
2	75,537	Pb-214	Th-232	11,5771	12,1746	12,0026	11,9181	0,3076	11,9181 ± 0,3076	2,58	97,42
3	186,620	Ra-226	Ra-226	3,2036	2,9571	2,5321	2,8976	0,3397	2,8976 ± 0,3397	11,72	88,28
4	238,895	Pb-212	Th-232	15,5042	16,3840	15,2192	15,7025	0,6072	15,7025 ± 0,6072	3,87	96,13
5	295,693	Pb-214	U-238	3,4833	3,1640	3,7156	3,4543	0,2769	3,4543 ± 0,2769	8,02	91,98
6	351,988	Pb-214	U-238	7,0400	7,0400	8,8000	7,6267	1,0161	7,6267 ± 1,0161	13,32	86,68
7	583,704	Tl-208	Th-232	26,0197	16,9412	18,3351	20,4320	4,8890	20,4320 ± 4,8890	23,93	76,07
8	609,841	Bi-214	U-238	5,2364	5,2956	4,5128	5,0149	0,4358	5,0149 ± 0,4358	8,69	91,31
9	910,921	Ac-228	Th-232	16,3310	14,1714	11,9467	14,1497	2,1923	14,1497 ± 2,1923	15,49	84,51
10	1460,304	K-40	K-40	228,8361	225,8182	229,0424	227,8989	1,8049	227,8989 ± 1,8049	0,79	99,21

Sumber : Data primer, 2004.

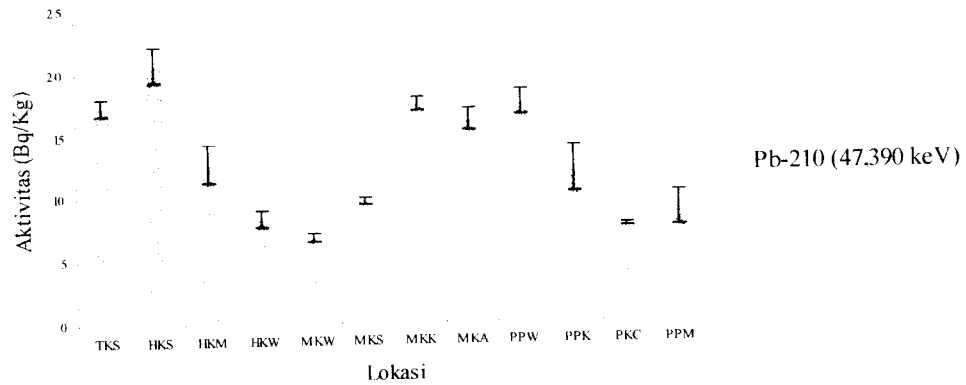
Keterangan :

- E-11 = Endapan - 11 (Endapan Muara Kali Anak)
- E-12 = Endapan - 12 (Endapan Pesisir Pantai Kali Anak)

- Pb = lead
- Bi = bismuth
- Ra = radium
- Ac = actinium
- Tl = thalium
- K = potassium

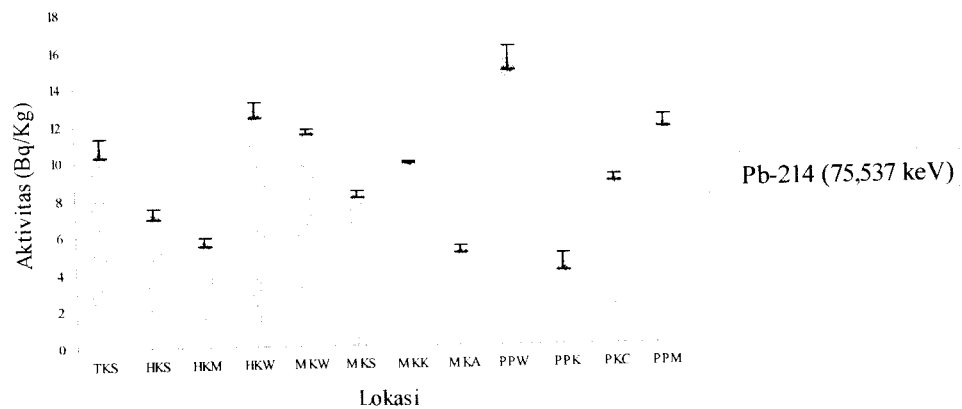
Tinjauan aktivitas setiap nuklida dalam cuplikan endapan disajikan dalam grafik - grafik berikut ini.

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{210}\text{Pb}$  Tenaga 47,390 keV  
Dalam Cuplikan Endapan



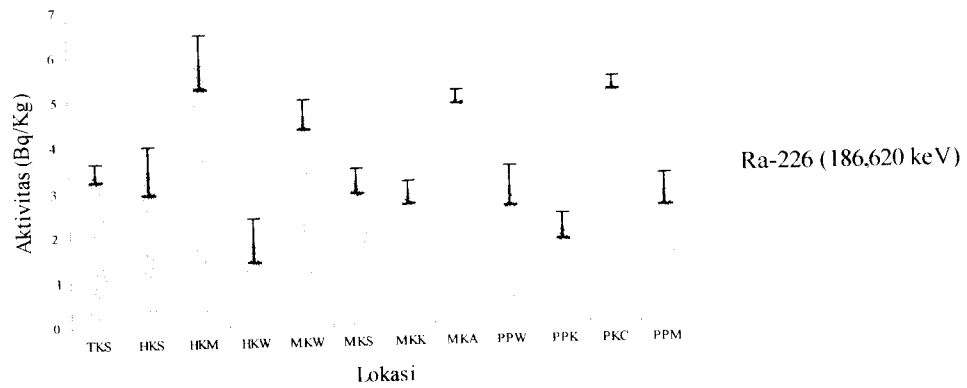
Gambar E.5.A.1 Grafik aktivitas radionuklida  $^{210}\text{Pb}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{214}\text{Pb}$  Tenaga 75,537 keV  
Dalam Cuplikan Endapan



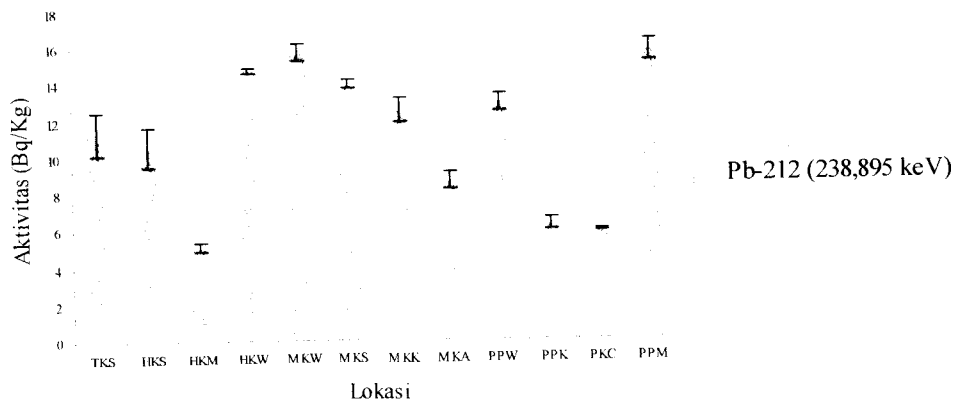
Gambar E.5.A.2 Grafik aktivitas radionuklida  $^{214}\text{Pb}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{226}\text{Ra}$  Tenaga 186,620 keV  
Dalam Cuplikan Endapan



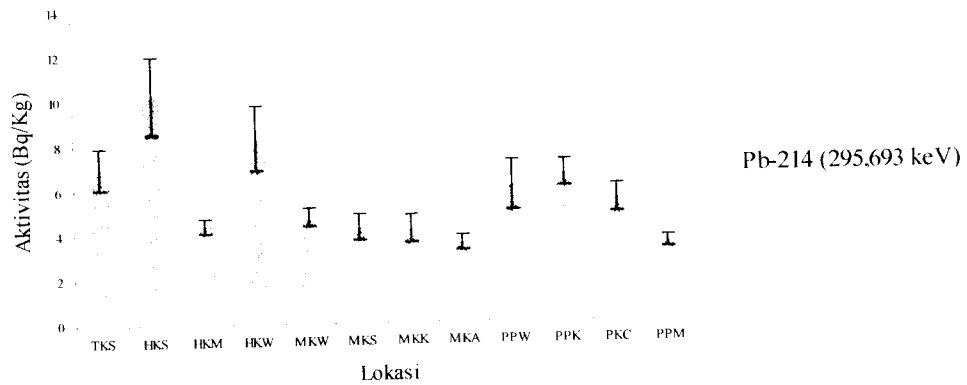
Gambar E.5.A.3 Grafik aktivitas radionuklida  $^{226}\text{Ra}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{212}\text{Pb}$  Tenaga 238,895 keV  
Dalam Cuplikan Endapan



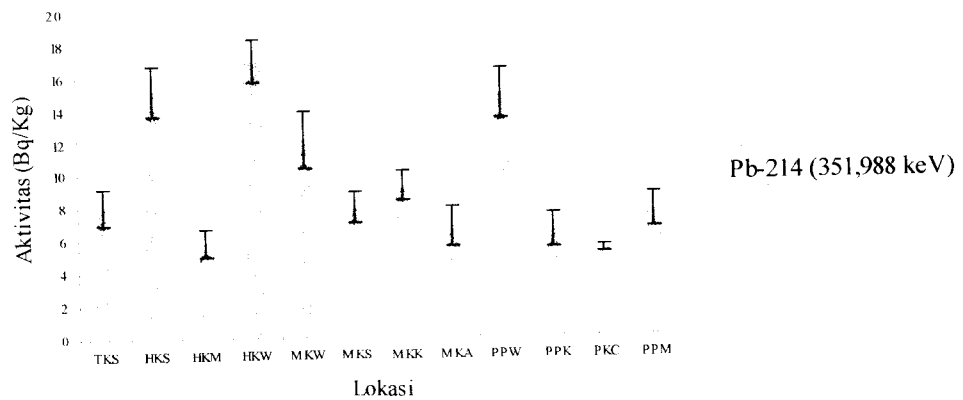
Gambar E.5.A.4 Grafik aktivitas radionuklida  $^{212}\text{Pb}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{214}\text{Pb}$  Tenaga 295,693 keV  
Dalam Cuplikan Endapan



Gambar E.5.A.5 Grafik aktivitas radionuklida  $^{214}\text{Pb}$

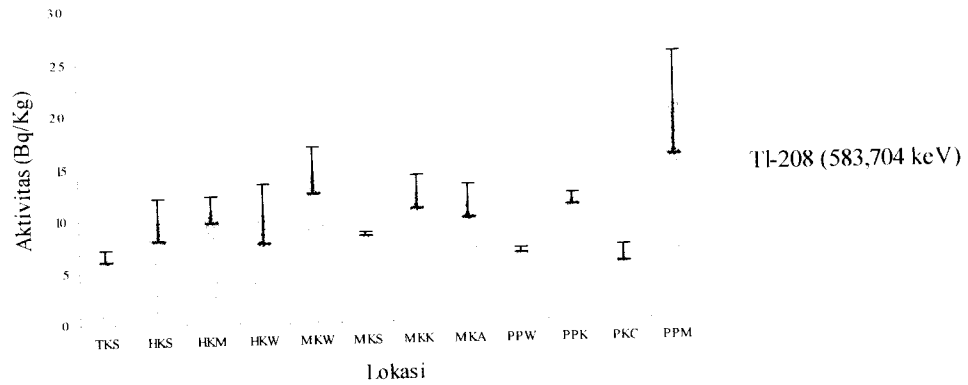
Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{214}\text{Pb}$  Tenaga 351,988 keV  
Dalam Cuplikan Endapan



Gambar E.5.A.6 Grafik aktivitas radionuklida  $^{214}\text{Pb}$

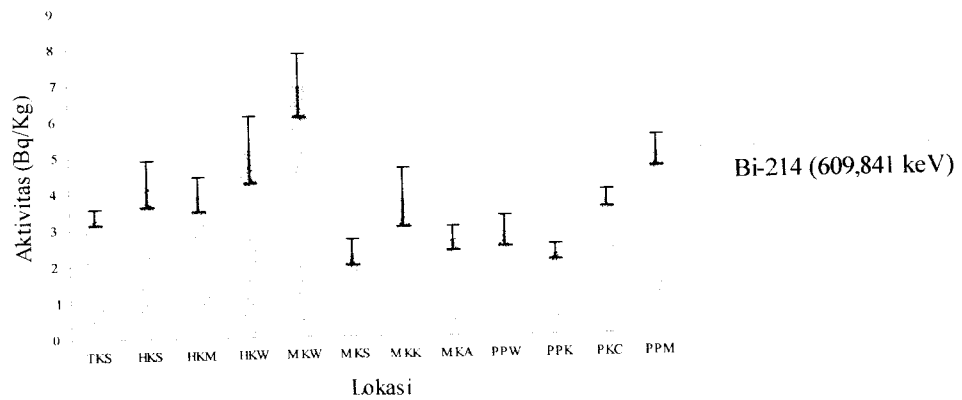


Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{208}\text{Tl}$  Tenaga 583,704 keV  
Dalam Cuplikan Endapan



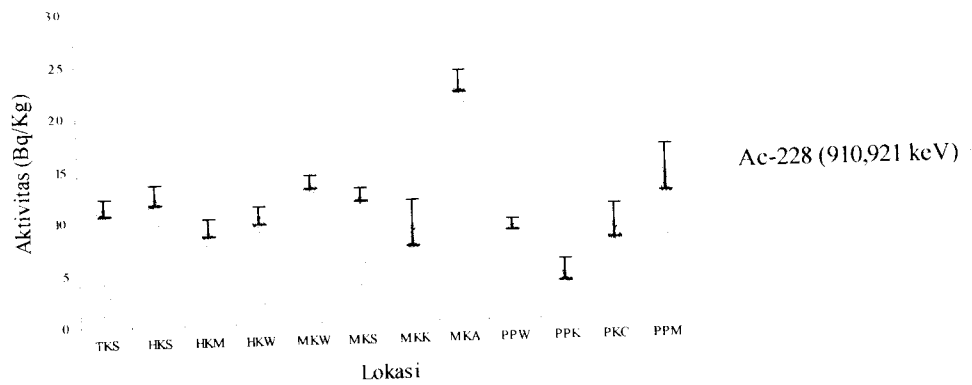
Gambar E.5.A.7 Grafik aktivitas radionuklida  $^{208}\text{Tl}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{214}\text{Bi}$  Tenaga 609,841 keV  
Dalam Cuplikan Endapan



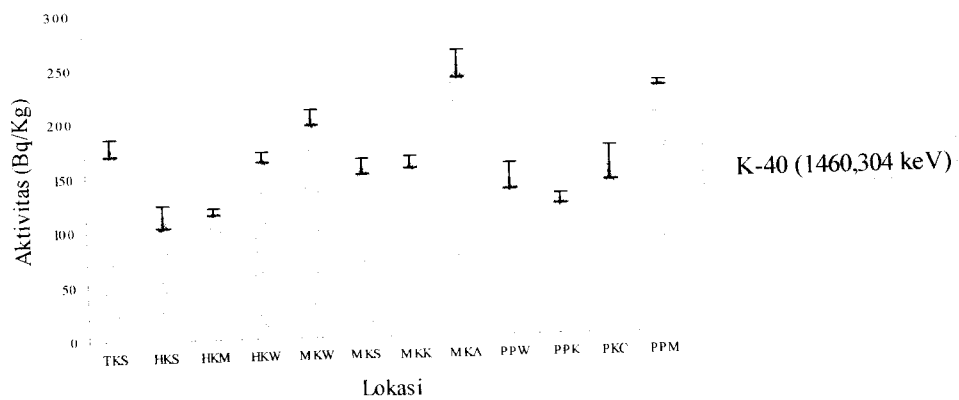
Gambar E.5.A.8 Grafik aktivitas radionuklida  $^{214}\text{Bi}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  Tenaga 910,921keV  
Dalam Cuplikan Endapan



Gambar E.5.A.9 Grafik aktivitas radionuklida  $^{228}\text{Ac}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{40}\text{K}$  Tenaga 1460,304 keV  
Dalam Cuplikan Endapan



Gambar E.5.A.10 Grafik aktivitas radionuklida  $^{40}\text{K}$

**E.5.B Cuplikan Biota**

Untuk hasil pencacahan cuplikan biota pada masing - masing lokasi dan *Standard Reference Material (SRM) IAEA - 315 Radionuclides In Marine Sediment* disajikan pada Tabel E.5.B.1 halaman berikut ini. Cuplikan biota yang dianalisa adalah eceng gondok, bakau, ikan belanak dan ikan glomo. Untuk contoh perhitungan aktivitas jenis dengan cara komparatif sama seperti pada Lampiran E.5 halaman E.5 - 1 dan untuk contoh perhitungan aktivitas jenis rerata, deviasi, bias dan presisi dapat dilihat halaman E.4 - 16 sampai dengan E.4 - 17. Berat cuplikan adalah sebagai berikut :

- Eceng gondok = 20 gram
- Bakau = 20 gram
- Ikan belanak = 25 gram
- Ikan glomo = 25 gram

Berat *Standard Reference Material (SRM) IAEA - 315 Radionuclides In Marine Sediment* adalah sebagai berikut :

- Eceng gondok = 25 gram
- Bakau = 25 gram
- Ikan belanak = 35 gram
- Ikan glomo = 35 gram

Hasil perhitungan aktivitas jenis rerata, deviasi, presisi dan batas deteksi terendah untuk cuplikan biota masing - masing lokasi dapat dilihat pada tabel - tabel halaman berikut ini.

Tabel E.5.B.1 Hasil pencacahan cuplikan biota dan standar dengan lama pencacahan 7.200 detik

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 1			Lokasi 2			Lokasi 4			Back Ground
			cps			cps			cps			cps
Kode			B.1	B.1B	B.1C	B.2	B.2B	B.2C	B.4	B.4B	B.4C	BG
1	47,390	Pb-210	18	16	26	23	28	29	14	13	20	7
2	75,537	Pb-214	53	52	50	28	28	23	27	28	31	9
3	186,620	Ra-226	36	30	30	19	24	31	17	18	16	16
4	238,895	Pb-212	25	29	23	24	13	23	31	37	40	7
5	295,693	Pb-214	27	25	24	21	16	26	13	12	12	9
6	351,988	Pb-214	26	22	17	13	8	13	18	16	12	3
7	583,704	Tl-208	9	7	11	11	10	12	11	13	11	5
8	609,841	Bi-214	13	18	10	13	10	10	13	13	15	7
9	910,921	Ac-228	12	17	10	11	16	13	13	10	13	3
10	1460,304	K-40	87	90	84	111	106	117	92	95	94	4
No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 5			Lokasi 6			Lokasi 7			Back Ground
			cps			cps			cps			cps
Kode			B.5	B.5B	B.5C	B.6	B.6B	B.6C	B.7C	B.7B	B.7C	BG
1	47,390	Pb-210	19	25	18	18	21	32	39	30	27	7
2	75,537	Pb-214	28	19	25	75	65	69	46	42	39	9
3	186,620	Ra-226	19	33	23	19	26	27	27	23	42	16
4	238,895	Pb-212	30	23	20	47	41	32	33	44	41	7
5	295,693	Pb-214	34	30	24	25	23	12	27	23	19	9
6	351,988	Pb-214	27	19	21	29	28	36	13	11	14	3
7	583,704	Tl-208	17	15	18	28	29	11	21	17	15	5
8	609,841	Bi-214	19	14	27	20	12	18	40	31	11	7
9	910,921	Ac-228	17	20	16	22	31	19	35	37	28	3
10	1460,304	K-40	103	103	106	81	84	70	102	90	88	4
No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 8			Lokasi 9			Lokasi 10			Back Ground
			cps			cps			cps			cps
Kode			B.8	B.8B	B.8C	B.9	B.9B	B.9C	B.10	B.10B	B.10C	BG
1	47,390	Pb-210	25	18	16	17	22	12	25	25	24	7
2	75,537	Pb-214	37	44	20	23	19	22	21	21	22	9
3	186,620	Ra-226	25	22	19	39	38	38	16	26	25	16
4	238,895	Pb-212	44	43	51	14	15	19	32	23	34	7
5	295,693	Pb-214	26	23	25	11	10	14	18	15	12	9
6	351,988	Pb-214	32	38	30	16	23	25	13	25	25	3
7	583,704	Tl-208	16	34	22	8	7	7	11	12	11	5
8	609,841	Bi-214	28	13	15	17	15	15	15	22	19	7
9	910,921	Ac-228	15	19	12	12	9	13	11	15	16	3
10	1460,304	K-40	51	54	50	83	74	79	117	114	115	4
No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 12			315-IAEA 35 gram			315-IAEA 25 gram			Back Ground
			cps			cps			cps			cps
Kode			B.12	B.12B	B.12C	A	B	C	A	B	C	BG
1	47,390	Pb-210	39	46	41	42	36	38	29	35	36	7
2	75,537	Pb-214	44	45	41	125	130	127	63	65	62	9
3	186,620	Ra-226	25	19	27	80	81	83	58	55	62	16
4	238,895	Pb-212	49	39	39	155	164	161	110	115	111	7
5	295,693	Pb-214	17	18	21	68	61	65	32	37	35	9
6	351,988	Pb-214	16	24	14	45	41	40	35	34	31	3
7	583,704	Tl-208	17	19	8	25	27	29	20	23	23	5
8	609,841	Bi-214	12	14	15	44	46	50	44	46	51	7
9	910,921	Ac-228	13	18	14	60	55	58	45	43	43	3
10	1460,304	K-40	73	76	79	86	82	83	70	78	75	4

Sumber : Data primer, 2004.

Tabel E.5.B.2 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan B-1 (Biota Hulu Kali Surabaya) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
B-1 Enceng Gondok	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	18	29	7	25,000	25,000	15,0500
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	53	63	9	25,000	25,000	20,8593
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	36	58	16	25,000	25,000	6,5714
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	25	110	7	25,000	25,000	4,4738
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	27	32	9	25,000	25,000	13,7739
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	26	35	3	25,000	25,000	12,6500
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	9	20	5	25,000	25,000	6,8267
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	13	44	7	25,000	25,000	2,8541
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	12	45	3	25,000	25,000	5,4857
	10	1460,304	K-40	K-40	297	87	70	4	25,000	25,000	373,5000
Pengukuran ke-2											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	16	35	7	25,000	25,000	9,6750
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	52	65	9	25,000	25,000	19,6571
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	30	55	16	25,000	25,000	4,9538
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	29	115	7	25,000	25,000	5,2148
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	25	37	9	25,000	25,000	10,0571
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	22	34	3	25,000	25,000	10,7871
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	7	23	5	25,000	25,000	2,8444
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	18	46	7	25,000	25,000	4,9641
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	17	43	3	25,000	25,000	8,9600
	10	1460,304	K-40	K-40	297	90	78	4	25,000	25,000	345,1622
Pengukuran ke-3											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	26	36	7	25,000	25,000	19,7207
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	50	62	9	25,000	25,000	19,8038
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	30	62	16	25,000	25,000	4,2000
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	23	111	7	25,000	25,000	3,9385
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	24	35	9	25,000	25,000	10,1538
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	17	31	3	25,000	25,000	8,8000
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	11	23	5	25,000	25,000	8,5333
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	10	51	7	25,000	25,000	1,2000
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	10	43	3	25,000	25,000	4,4800
	10	1460,304	K-40	K-40	297	84	75	4	25,000	25,000	334,6479

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.B.3 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan B-2 (Biota Hilir Kali Surabaya) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
B-2 Enceng Gondok	Pengukuran ke-1										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	23	29	7	25,000	25,000	21,8909
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	28	63	9	25,000	25,000	9,0074
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	19	58	16	25,000	25,000	0,9857
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	24	110	7	25,000	25,000	4,2252
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	21	32	9	25,000	25,000	9,1826
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	13	35	3	25,000	25,000	5,5000
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	11	20	5	25,000	25,000	10,2400
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	13	44	7	25,000	25,000	2,8541
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	11	45	3	25,000	25,000	4,8762
	10	1460,304	K-40	K-40	297	111	70	4	25,000	25,000	481,5000
	Pengukuran ke-2										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	28	35	7	25,000	25,000	22,5750
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	28	65	9	25,000	25,000	8,6857
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	24	55	16	25,000	25,000	2,8308
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	13	115	7	25,000	25,000	1,4222
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	16	37	9	25,000	25,000	4,4000
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	8	34	3	25,000	25,000	2,8387
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	10	23	5	25,000	25,000	7,1111
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	10	46	7	25,000	25,000	1,3538
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	16	43	3	25,000	25,000	8,3200
	10	1460,304	K-40	K-40	297	106	78	4	25,000	25,000	409,3784
	Pengukuran ke-3										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	29	36	7	25,000	25,000	22,8345
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	23	62	9	25,000	25,000	6,7623
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	31	62	16	25,000	25,000	4,5000
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	23	111	7	25,000	25,000	3,9385
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	26	35	9	25,000	25,000	11,5077
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	13	31	3	25,000	25,000	6,2857
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	12	23	5	25,000	25,000	9,9556
8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	10	51	7	25,000	25,000	1,2000	
9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	13	43	3	25,000	25,000	6,4000	
10	1460,304	K-40	K-40	297	117	75	4	25,000	25,000	472,6901	

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.B.4 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan B-4 (Biota Hulu Kali Wonokromo) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
B-4 Enceng Gondok	Pengukuran ke-1										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	14	29	7	25,000	25,000	9,5773
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	27	63	9	25,000	25,000	8,5333
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	17	58	16	25,000	25,000	0,3286
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	31	110	7	25,000	25,000	5,9650
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	13	32	9	25,000	25,000	3,0609
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	18	35	3	25,000	25,000	8,2500
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	11	20	5	25,000	25,000	10,2400
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	13	44	7	25,000	25,000	2,8541
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	13	45	3	25,000	25,000	6,0952
	10	1460,304	K-40	K-40	297	92	70	4	25,000	25,000	396,0000
	Pengukuran ke-2										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	13	35	7	25,000	25,000	6,4500
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	28	65	9	25,000	25,000	8,6857
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	18	55	16	25,000	25,000	0,7077
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	37	115	7	25,000	25,000	7,1111
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	12	37	9	25,000	25,000	1,8857
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	16	34	3	25,000	25,000	7,3806
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	13	23	5	25,000	25,000	11,3778
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	13	46	7	25,000	25,000	2,7077
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	10	43	3	25,000	25,000	4,4800
	10	1460,304	K-40	K-40	297	95	78	4	25,000	25,000	365,2297
	Pengukuran ke-3										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	20	36	7	25,000	25,000	13,4931
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	31	62	9	25,000	25,000	10,6264
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	16	62	16	25,000	25,000	0,0000
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	40	111	7	25,000	25,000	8,1231
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	12	35	9	25,000	25,000	2,0308
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	12	31	3	25,000	25,000	5,6571
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	11	23	5	25,000	25,000	8,5333
8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	15	51	7	25,000	25,000	3,2000	
9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	13	43	3	25,000	25,000	6,4000	
10	1460,304	K-40	K-40	297	94	75	4	25,000	25,000	376,4789	

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.B.5 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan B-5 (Biota Hulu Kali Surabaya) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
B-5 Enceng Gondok	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	19	29	7	25,000	25,000	16,4182
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	28	63	9	25,000	25,000	9,0074
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	19	58	16	25,000	25,000	0,9857
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	30	110	7	25,000	25,000	5,7165
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	34	32	9	25,000	25,000	19,1304
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	27	35	3	25,000	25,000	13,2000
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	17	20	5	25,000	25,000	20,4800
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	19	44	7	25,000	25,000	5,7081
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	17	45	3	25,000	25,000	8,5333
	10	1460,304	K-40	K-40	297	103	70	4	25,000	25,000	445,5000
Pengukuran ke-2											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	25	35	7	25,000	25,000	19,3500	
2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	19	65	9	25,000	25,000	4,5714	
3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	33	55	16	25,000	25,000	6,0154	
4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	23	115	7	25,000	25,000	3,7926	
5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	30	37	9	25,000	25,000	13,2000	
6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	19	34	3	25,000	25,000	9,0839	
7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	15	23	5	25,000	25,000	14,2222	
8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	14	46	7	25,000	25,000	3,1590	
9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	20	43	3	25,000	25,000	10,8800	
10	1460,304	K-40	K-40	297	103	78	4	25,000	25,000	397,3378	
Pengukuran ke-3											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	18	36	7	25,000	25,000	11,4172	
2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	25	62	9	25,000	25,000	7,7283	
3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	23	62	16	25,000	25,000	2,1000	
4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	20	111	7	25,000	25,000	3,2000	
5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	24	35	9	25,000	25,000	10,1538	
6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	21	31	3	25,000	25,000	11,3143	
7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	18	23	5	25,000	25,000	18,4889	
8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	27	51	7	25,000	25,000	8,0000	
9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	16	43	3	25,000	25,000	8,3200	
10	1460,304	K-40	K-40	297	106	75	4	25,000	25,000	426,6761	

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = potasium



Tabel E.5.B.6 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan B-6 (Biota Pesisir Pantai Wonokromo) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
B-6 Ikan Belanak	Pengukuran ke-1										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	18	42	7	35,000	35,000	9,4600
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	75	125	9	35,000	35,000	14,5655
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	19	80	16	35,000	35,000	0,6469
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	47	155	7	35,000	35,000	6,9189
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	25	68	9	35,000	35,000	4,7729
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	29	45	3	35,000	35,000	10,8952
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	28	25	5	35,000	35,000	29,4400
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	20	44	7	35,000	35,000	6,1838
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	22	60	3	35,000	35,000	8,5333
	10	1460,304	K-40	K-40	297	81	86	4	35,000	35,000	278,8902
	Pengukuran ke-2										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	21	36	7	35,000	35,000	14,5310
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	65	130	9	35,000	35,000	11,8479
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	26	81	16	35,000	35,000	2,1231
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	41	164	7	35,000	35,000	5,5439
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	23	61	9	35,000	35,000	4,7385
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	28	41	3	35,000	35,000	11,5789
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	29	27	5	35,000	35,000	27,9273
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	12	46	7	35,000	35,000	2,2564
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	31	55	3	35,000	35,000	13,7846
	10	1460,304	K-40	K-40	297	84	82	4	35,000	35,000	304,6154
	Pengukuran ke-3										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	32	38	7	35,000	35,000	24,2742
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	69	127	9	35,000	35,000	13,0169
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	27	83	16	35,000	35,000	2,2657
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	32	161	7	35,000	35,000	4,1558
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	12	65	9	35,000	35,000	0,9429
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	36	40	3	35,000	35,000	15,6973
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	11	29	5	35,000	35,000	6,4000
8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	18	50	7	35,000	35,000	4,5023	
9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	19	58	3	35,000	35,000	7,4473	
10	1460,304	K-40	K-40	297	70	83	4	35,000	35,000	248,1266	

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.B.7 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan B-7 (Biota Muara Kali Sari) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
B-7 Bakau	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	39	29	7	25,000	25,000	43,7818
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	46	63	9	25,000	25,000	17,5407
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	27	58	16	25,000	25,000	3,6143
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	33	110	7	25,000	25,000	6,4621
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	27	32	9	25,000	25,000	13,7739
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	13	35	3	25,000	25,000	5,5000
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	21	20	5	25,000	25,000	27,3067
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	40	44	7	25,000	25,000	15,6973
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	35	45	3	25,000	25,000	19,5048
	10	1460,304	K-40	K-40	297	102	70	4	25,000	25,000	441,0000
Pengukuran ke-2											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	30	35	7	25,000	25,000	24,7250
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	42	65	9	25,000	25,000	15,0857
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	23	55	16	25,000	25,000	2,4769
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	44	115	7	25,000	25,000	8,7704
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	23	37	9	25,000	25,000	8,8000
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	11	34	3	25,000	25,000	4,5419
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	17	23	5	25,000	25,000	17,0667
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	31	46	7	25,000	25,000	10,8308
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	37	43	3	25,000	25,000	21,7600
	10	1460,304	K-40	K-40	297	90	78	4	25,000	25,000	345,1622
Pengukuran ke-3											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	27	36	7	25,000	25,000	20,7586
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	39	62	9	25,000	25,000	14,4906
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	42	62	16	25,000	25,000	7,8000
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	41	111	7	25,000	25,000	8,3692
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	19	35	9	25,000	25,000	6,7692
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	14	31	3	25,000	25,000	6,9143
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	15	23	5	25,000	25,000	14,2222
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	11	51	7	25,000	25,000	1,6000
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	28	43	3	25,000	25,000	16,0000
	10	1460,304	K-40	K-40	297	88	75	4	25,000	25,000	351,3803

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.B.8 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan B-8 (Biota Pesisir Pantai Kenjeran) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
B-8 Ikan Belanak	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	25	42	7	35,000	35,000	15,4800
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	37	125	9	35,000	35,000	6,1793
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	25	80	16	35,000	35,000	1,9406
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	44	155	7	35,000	35,000	6,4000
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	26	68	9	35,000	35,000	5,0712
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	32	45	3	35,000	35,000	12,1524
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	16	25	5	35,000	35,000	14,0800
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	28	44	7	35,000	35,000	9,9892
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	15	60	3	35,000	35,000	5,3895
	10	1460,304	K-40	K-40	297	51	86	4	35,000	35,000	170,2317
Pengukuran ke-2											
B-8 Ikan Belanak	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	18	36	7	35,000	35,000	11,4172
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	44	130	9	35,000	35,000	7,4050
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	22	81	16	35,000	35,000	1,2738
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	43	164	7	35,000	35,000	5,8701
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	23	61	9	35,000	35,000	4,7385
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	38	41	3	35,000	35,000	16,2105
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	34	27	5	35,000	35,000	33,7455
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	13	46	7	35,000	35,000	2,7077
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	19	55	3	35,000	35,000	7,8769
	10	1460,304	K-40	K-40	297	54	82	4	35,000	35,000	190,3846
Pengukuran ke-3											
B-8 Ikan Belanak	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	16	38	7	35,000	35,000	8,7387
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	20	127	9	35,000	35,000	2,3864
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	19	83	16	35,000	35,000	0,6179
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	51	161	7	35,000	35,000	7,3143
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	25	65	9	35,000	35,000	5,0286
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	30	40	3	35,000	35,000	12,8432
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	22	29	5	35,000	35,000	18,1333
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	15	50	7	35,000	35,000	3,2744
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	12	58	3	35,000	35,000	4,1891
	10	1460,304	K-40	K-40	297	50	83	4	35,000	35,000	172,9367

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.B.9 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan B-9 (Biota Pesisir Kecamatan Kedung Cowek) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
B-9 lkan Glomo	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	17	42	7	35,000	35,000	8,6000
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	23	125	9	35,000	35,000	3,0897
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	39	80	16	35,000	35,000	4,9594
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	14	155	7	35,000	35,000	1,2108
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	11	68	9	35,000	35,000	0,5966
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	16	45	3	35,000	35,000	5,4476
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	8	25	5	35,000	35,000	3,8400
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	17	44	7	35,000	35,000	4,7568
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	12	60	3	35,000	35,000	4,0421
	10	1460,304	K-40	K-40	297	83	86	4	35,000	35,000	286,1341
Pengukuran ke-2											
B-9 lkan Glomo	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	22	36	7	35,000	35,000	15,5690
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	19	130	9	35,000	35,000	2,1157
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	38	81	16	35,000	35,000	4,6708
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	15	164	7	35,000	35,000	1,3045
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	10	61	9	35,000	35,000	0,3385
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	23	41	3	35,000	35,000	9,2632
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	7	27	5	35,000	35,000	2,3273
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	15	46	7	35,000	35,000	3,6103
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	9	55	3	35,000	35,000	2,9538
	10	1460,304	K-40	K-40	297	74	82	4	35,000	35,000	266,5385
Pengukuran ke-3											
B-9 lkan Glomo	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	12	38	7	35,000	35,000	4,8548
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	22	127	9	35,000	35,000	2,8203
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	38	83	16	35,000	35,000	4,5313
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	19	161	7	35,000	35,000	1,9948
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	14	65	9	35,000	35,000	1,5714
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	25	40	3	35,000	35,000	10,4649
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	7	29	5	35,000	35,000	2,1333
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	15	50	7	35,000	35,000	3,2744
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	13	58	3	35,000	35,000	4,6545
	10	1460,304	K-40	K-40	297	79	83	4	35,000	35,000	281,9620

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.B.10 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan B-10 (Biota Hilir Saluran Tambak Wedi) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
B-10 Enceng Gondok	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	25	29	7	25,000	25,000	24,6273
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	21	63	9	25,000	25,000	5,6889
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	16	58	16	25,000	25,000	0,0000
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	32	110	7	25,000	25,000	6,2136
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	18	32	9	25,000	25,000	6,8870
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	13	35	3	25,000	25,000	5,5000
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	11	20	5	25,000	25,000	10,2400
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	15	44	7	25,000	25,000	3,8054
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	11	45	3	25,000	25,000	4,8762
	10	1460,304	K-40	K-40	297	117	70	4	25,000	25,000	508,5000
Pengukuran ke-2											
B-10 Enceng Gondok	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	25	35	7	25,000	25,000	19,3500
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	21	65	9	25,000	25,000	5,4857
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	26	55	16	25,000	25,000	3,5385
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	23	115	7	25,000	25,000	3,7926
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	15	37	9	25,000	25,000	3,7714
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	25	34	3	25,000	25,000	12,4903
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	12	23	5	25,000	25,000	9,9556
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	22	46	7	25,000	25,000	6,7692
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	15	43	3	25,000	25,000	7,6800
	10	1460,304	K-40	K-40	297	114	78	4	25,000	25,000	441,4865
Pengukuran ke-3											
B-10 Enceng Gondok	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	24	36	7	25,000	25,000	17,6448
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	22	62	9	25,000	25,000	6,2792
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	25	62	16	25,000	25,000	2,7000
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	34	111	7	25,000	25,000	6,6462
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	12	35	9	25,000	25,000	2,0308
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	25	31	3	25,000	25,000	13,8286
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	11	23	5	25,000	25,000	8,5333
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	19	51	7	25,000	25,000	4,8000
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	16	43	3	25,000	25,000	8,3200
	10	1460,304	K-40	K-40	297	115	75	4	25,000	25,000	464,3239

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.B.11 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan B-12 (Biota Pesisir Pantai Kali Anak) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
B-12 Ikan Belanak	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	39	42	7	35,000	35,000	27,5200
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	44	125	9	35,000	35,000	7,7241
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	25	80	16	35,000	35,000	1,9406
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	49	155	7	35,000	35,000	7,2649
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	17	68	9	35,000	35,000	2,3864
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	16	45	3	35,000	35,000	5,4476
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	17	25	5	35,000	35,000	15,3600
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	12	44	7	35,000	35,000	2,3784
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	13	60	3	35,000	35,000	4,4912
	10	1460,304	K-40	K-40	297	73	86	4	35,000	35,000	249,9146
Pengukuran ke-2											
B-12 Ikan Belanak	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	46	36	7	35,000	35,000	40,4793
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	45	130	9	35,000	35,000	7,6165
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	19	81	16	35,000	35,000	0,6369
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	39	164	7	35,000	35,000	5,2178
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	18	61	9	35,000	35,000	3,0462
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	24	41	3	35,000	35,000	9,7263
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	19	27	5	35,000	35,000	16,2909
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	14	46	7	35,000	35,000	3,1590
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	18	55	3	35,000	35,000	7,3846
	10	1460,304	K-40	K-40	297	76	82	4	35,000	35,000	274,1538
Pengukuran ke-3											
B-12 Ikan Belanak	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	41	38	7	35,000	35,000	33,0129
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	41	127	9	35,000	35,000	6,9424
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	27	83	16	35,000	35,000	2,2657
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	39	161	7	35,000	35,000	5,3195
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	21	65	9	35,000	35,000	3,7714
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	14	40	3	35,000	35,000	5,2324
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	8	29	5	35,000	35,000	3,2000
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	15	50	7	35,000	35,000	3,2744
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	14	58	3	35,000	35,000	5,1200
	10	1460,304	K-40	K-40	297	79	83	4	35,000	35,000	281,9620

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7200 detik
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.B.12 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan biota lokasi 1 dan 2

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (Ā) (Bq/Kg)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/Kg)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Pengukuran							
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
B-1											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	15,0500	9,6750	19,7207	14,8152	5,0270	14,8152 ± 5,0270	33,93	66,07
2	75,537	Pb-214	Th-232	20,8593	19,6571	19,8038	20,1067	0,6558	20,1067 ± 0,6558	3,26	96,74
3	186,620	Ra-226	Ra-226	6,5714	4,9538	4,2000	5,2418	1,2116	5,2418 ± 1,2116	23,12	76,88
4	238,895	Pb-212	Th-232	4,4738	5,2148	3,9385	4,5424	0,6409	4,5424 ± 0,6409	14,11	85,89
5	295,693	Pb-214	U-238	13,7739	10,0571	10,1538	11,3283	2,1185	11,3283 ± 2,1185	18,70	81,30
6	351,988	Pb-214	U-238	12,6500	10,7871	8,8000	10,7457	1,9253	10,7457 ± 1,9253	17,92	82,08
7	583,704	Tl-208	Th-232	6,8267	2,8444	8,5333	6,0681	2,9193	6,0681 ± 2,9193	48,11	51,89
8	609,841	Bi-214	U-238	2,8541	4,9641	1,2000	3,0061	1,8866	3,0061 ± 1,8866	62,76	37,24
9	910,921	Ac-228	Th-232	5,4857	8,9600	4,4800	6,3086	2,3506	6,3086 ± 2,3506	37,26	62,74
10	1460,304	K-40	K-40	373,5000	345,1622	334,6479	351,1033	20,0959	351,1033 ± 20,0959	5,72	94,28
B-2											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	21,8909	22,5750	22,8345	22,4335	0,4874	22,4335 ± 0,4874	2,17	97,83
2	75,537	Pb-214	Th-232	9,0074	8,6857	6,7623	8,1518	1,2141	8,1518 ± 1,2141	14,89	85,11
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,9857	2,8308	4,5000	2,7722	1,7579	2,7722 ± 1,7579	63,41	36,59
4	238,895	Pb-212	Th-232	4,2252	1,4222	3,9385	3,1953	1,5422	3,1953 ± 1,5422	48,27	51,73
5	295,693	Pb-214	U-238	9,1826	4,4000	11,5077	8,3634	3,6240	8,3634 ± 3,6240	43,33	56,67
6	351,988	Pb-214	U-238	5,5000	2,8387	6,2857	4,8748	1,8065	4,8748 ± 1,8065	37,06	62,94
7	583,704	Tl-208	Th-232	10,2400	7,1111	9,9556	9,1022	1,7302	9,1022 ± 1,7302	19,01	80,99
8	609,841	Bi-214	U-238	2,8541	1,3538	1,2000	1,8026	0,9138	1,8026 ± 0,9138	50,69	49,31
9	910,921	Ac-228	Th-232	4,8762	8,3200	6,4000	6,5321	1,7257	6,5321 ± 1,7257	26,42	73,58
10	1460,304	K-40	K-40	481,5000	409,3784	472,6901	454,5228	39,3436	454,5228 ± 39,3436	8,66	91,34

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- B-1 = Biota - 1 (Biota Hulu Kali Surabaya)
- B-2 = Biota - 2 (Biota Hilir Kali Surabaya)

- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = potassium

Tabel E.5.B.13 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan biota lokasi 4 dan 5

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (A) (Bq/Kg)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/Kg)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Pengukuran							
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
B-4											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	9,5773	6,4500	13,4931	9,8401	3,5289	9,8401 ± 3,5289	35,86	64,14
2	75,537	Pb-214	Th-232	8,5333	8,6857	10,6264	9,2818	1,1669	9,2818 ± 1,1669	12,57	87,43
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,3286	0,7077	0,0000	0,3454	0,3541	0,3454 ± 0,3541	102,53	-2,53
4	238,895	Pb-212	Th-232	5,9650	7,1111	8,1231	7,0664	1,0797	7,0664 ± 1,0797	15,28	84,72
5	295,693	Pb-214	U-238	3,0609	1,8857	2,0308	2,3258	0,6407	2,3258 ± 0,6407	27,55	72,45
6	351,988	Pb-214	U-238	8,2500	7,3806	5,6571	7,0959	1,3197	7,0959 ± 1,3197	18,60	81,40
7	583,704	Tl-208	Th-232	10,2400	11,3778	8,5333	10,0504	1,4317	10,0504 ± 1,4317	14,24	85,76
8	609,841	Bi-214	U-238	2,8541	2,7077	3,2000	2,9206	0,2528	2,9206 ± 0,2528	8,66	91,34
9	910,921	Ac-228	Th-232	6,0952	4,4800	6,4000	5,6584	1,0318	5,6584 ± 1,0318	18,24	81,76
10	1460,304	K-40	K-40	396,0000	365,2297	376,4789	379,2362	15,5693	379,2362 ± 15,5693	4,11	95,89
B-5											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	16,4182	19,3500	11,4172	15,7285	4,0111	15,7285 ± 4,0111	25,50	74,50
2	75,537	Pb-214	Th-232	9,0074	4,5714	7,7283	7,1024	2,2833	7,1024 ± 2,2833	32,15	67,85
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,9857	6,0154	2,1000	3,0337	2,6416	3,0337 ± 2,6416	87,08	12,92
4	238,895	Pb-212	Th-232	5,7165	3,7926	3,2000	4,2364	1,3156	4,2364 ± 1,3156	31,06	68,94
5	295,693	Pb-214	U-238	19,1304	13,2000	10,1538	14,1614	4,5649	14,1614 ± 4,5649	32,23	67,77
6	351,988	Pb-214	U-238	13,2000	9,0839	11,3143	11,1994	2,0605	11,1994 ± 2,0605	18,40	81,60
7	583,704	Tl-208	Th-232	20,4800	14,2222	18,4889	17,7304	3,1971	17,7304 ± 3,1971	18,03	81,97
8	609,841	Bi-214	U-238	5,7081	3,1590	8,0000	5,6224	2,4217	5,6224 ± 2,4217	43,07	56,93
9	910,921	Ac-228	Th-232	8,5333	10,8800	8,3200	9,2444	1,4204	9,2444 ± 1,4204	15,37	84,63
10	1460,304	K-40	K-40	445,5000	397,3378	426,6761	423,1713	24,2716	423,1713 ± 24,2716	5,74	94,26

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- B-4 = Biota - 4 (Biota Hulu Kali Wonokromo)
- B-5 = Biota - 5 (Biota Muara Kali Wonokromo)

- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = potassium



Tabel E.5.B.14 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan biota lokasi 6 dan 7

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber			Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (A) (Bq/Kg)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/Kg)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
			Deret Alam	Pengkukuran									
				Ke-1	Ke-2	Ke-3							
B-6													
1	47,390	Pb-210	Pb-210	9,4600	14,5310	24,2742	16,0884	7,5289	16,0884 ± 7,5289	46,80	53,20		
2	75,537	Pb-214	Th-232	14,5655	11,8479	13,0169	13,1435	1,3632	13,1435 ± 1,3632	10,37	89,63		
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,6469	2,1231	2,2657	1,6785	0,8963	1,6785 ± 0,8963	53,40	46,60		
4	238,895	Pb-212	Th-232	6,9189	5,5439	4,1558	5,5396	1,3815	5,5396 ± 1,3815	24,94	75,06		
5	295,693	Pb-214	U-238	4,7729	4,7385	0,9429	3,4847	2,2014	3,4847 ± 2,2014	63,17	36,83		
6	351,988	Pb-214	U-238	10,8952	11,5789	15,6973	12,7238	2,5977	12,7238 ± 2,5977	20,42	79,58		
7	583,704	Tl-208	Th-232	29,4400	27,9273	6,4000	21,2558	12,8877	21,2558 ± 12,8877	60,63	39,37		
8	609,841	Bi-214	U-238	6,1838	2,2564	4,5023	4,3142	1,9704	4,3142 ± 1,9704	45,67	54,33		
9	910,921	Ac-228	Th-232	8,5333	13,7846	7,4473	9,9217	3,3891	9,9217 ± 3,3891	34,16	65,84		
10	1460,304	K-40	K-40	278,8902	304,6154	248,1266	277,2107	28,2818	277,2107 ± 28,2818	10,20	89,80		
B-7													
1	47,390	Pb-210	Pb-210	43,7818	24,7250	20,7586	29,7551	12,3083	29,7551 ± 12,3083	41,37	58,63		
2	75,537	Pb-214	Th-232	17,5407	15,0857	14,4906	15,7057	1,6168	15,7057 ± 1,6168	10,29	89,71		
3	186,620	Ra-226	Ra-226	3,6143	2,4769	7,8000	4,6304	2,8032	4,6304 ± 2,8032	60,54	39,46		
4	238,895	Pb-212	Th-232	6,4621	8,7704	8,3692	7,8672	1,2333	7,8672 ± 1,2333	15,68	84,32		
5	295,693	Pb-214	U-238	13,7739	8,8000	6,7692	9,7810	3,6039	9,7810 ± 3,6039	36,85	63,15		
6	351,988	Pb-214	U-238	5,5000	4,5419	6,9143	5,6521	1,1935	5,6521 ± 1,1935	21,12	78,88		
7	583,704	Tl-208	Th-232	27,3067	17,0667	14,2222	19,5319	6,8818	19,5319 ± 6,8818	35,23	64,77		
8	609,841	Bi-214	U-238	15,6973	10,8308	1,6000	9,3760	7,1604	9,3760 ± 7,1604	76,37	23,63		
9	910,921	Ac-228	Th-232	19,5048	21,7600	16,0000	19,0883	2,9025	19,0883 ± 2,9025	15,21	84,79		
10	1460,304	K-40	K-40	441,0000	345,1622	351,3803	379,1808	53,6272	379,1808 ± 53,6272	14,14	85,86		

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- B-6 = Biota - 6 (Biota Pesisir Pantai Wonokromo)
- B-7 = Biota - 7 (Biota Muara Kali Sari)

- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = potassium

Tabel E.5.B.15 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan biota lokasi 8 dan 9

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (A) (Bq/Kg)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/Kg)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Pengukuran							
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
B-8											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	15,4800	11,4172	8,7387	11,8787	± 3,3942	± 3,3942	28,57	71,43
2	75,537	Pb-214	Th-232	6,1793	7,4050	2,3864	5,3236	± 2,6164	± 2,6164	49,15	50,85
3	186,620	Ra-226	Ra-226	1,9406	1,2738	0,6179	1,2775	± 0,6614	± 0,6614	51,77	48,23
4	238,895	Pb-212	Th-232	6,4000	5,8701	7,3143	6,5281	± 0,7306	± 0,7306	11,19	88,81
5	295,693	Pb-214	U-238	5,0712	4,7385	5,0286	4,9461	± 0,1811	± 0,1811	3,66	96,34
6	351,988	Pb-214	U-238	12,1524	16,2105	12,8432	13,7354	± 2,1712	± 2,1712	15,81	84,19
7	583,704	Tl-208	Th-232	14,0800	33,7455	18,1333	21,9863	± 10,3835	± 10,3835	47,23	52,77
8	609,841	Bi-214	U-238	9,9892	2,7077	3,2744	5,3238	± 4,0503	± 4,0503	76,08	23,92
9	910,921	Ac-228	Th-232	5,3895	7,8769	4,1891	5,8185	± 1,8810	± 1,8810	32,33	67,67
10	1460,304	K-40	K-40	170,2317	190,3846	172,9367	177,8510	± 10,9384	± 10,9384	6,15	93,85
B-9											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	8,6000	15,5690	4,8548	9,6746	± 5,4373	± 5,4373	56,20	43,80
2	75,537	Pb-214	Th-232	3,0897	2,1157	2,8203	2,6752	± 0,5029	± 0,5029	18,80	81,20
3	186,620	Ra-226	Ra-226	4,9594	4,6708	4,5313	4,7205	± 0,2183	± 0,2183	4,62	95,38
4	238,895	Pb-212	Th-232	1,2108	1,3045	1,9948	1,5034	± 0,4282	± 0,4282	28,48	71,52
5	295,693	Pb-214	U-238	0,5966	0,3385	1,5714	0,8355	± 0,6503	± 0,6503	77,83	22,17
6	351,988	Pb-214	U-238	5,4476	9,2632	10,4649	8,3919	± 2,6196	± 2,6196	31,22	68,78
7	583,704	Tl-208	Th-232	3,8400	2,3273	2,1333	2,7669	± 0,9344	± 0,9344	33,77	66,23
8	609,841	Bi-214	U-238	4,7568	3,6103	3,2744	3,8805	± 0,7772	± 0,7772	20,03	79,97
9	910,921	Ac-228	Th-232	4,0421	2,9538	4,6545	3,8835	± 0,8614	± 0,8614	22,18	77,82
10	1460,304	K-40	K-40	286,1341	266,5385	281,9620	278,2115	± 10,3222	± 10,3222	3,71	96,29

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- B-8 = Biota - 8 (Biota Pesisir Pantai Kenjeran)
- B-9 = Biota - 9 (Biota Pesisir Kedung Cowek)

- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = potassium

Tabel E.5.B.16 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan biota lokasi 10 dan 12

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (Å)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/Kg)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Pengukuran							
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
B-10											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	24,6273	19,3500	17,6448	20,5407	3,6403	20,5407 ± 3,6403	17,72	82,28
2	75,537	Pb-214	Th-232	5,6889	5,4857	6,2792	5,8179	0,4122	5,8179 ± 0,4122	7,09	92,91
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,0000	3,5385	2,7000	2,0795	1,8490	2,0795 ± 1,8490	88,92	11,08
4	238,895	Pb-212	Th-232	6,2136	3,7926	6,6462	5,5508	1,5379	5,5508 ± 1,5379	27,71	72,29
5	295,693	Pb-214	U-238	6,8870	3,7714	2,0308	4,2297	2,4603	4,2297 ± 2,4603	58,17	41,83
6	351,988	Pb-214	U-238	5,5000	12,4903	13,8286	10,6063	4,4725	10,6063 ± 4,4725	42,17	57,83
7	583,704	Tl-208	Th-232	10,2400	9,9556	8,5333	9,5763	0,9144	9,5763 ± 0,9144	9,55	90,45
8	609,841	Bi-214	U-238	3,8054	6,7692	4,8000	5,1249	1,5084	5,1249 ± 1,5084	29,43	70,57
9	910,921	Ac-228	Th-232	4,8762	7,6800	8,3200	6,9587	1,8317	6,9587 ± 1,8317	26,32	73,68
10	1460,304	K-40	K-40	508,5000	441,4865	464,3239	471,4368	34,0683	471,4368 ± 34,0683	7,23	92,77
B-12											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	27,5200	40,4793	33,0129	33,6707	6,5047	33,6707 ± 6,5047	19,32	80,68
2	75,537	Pb-214	Th-232	7,7241	7,6165	6,9424	7,4277	0,4237	7,4277 ± 0,4237	5,70	94,30
3	186,620	Ra-226	Ra-226	1,9406	0,6369	2,2657	1,6144	0,8620	1,6144 ± 0,8620	53,39	46,61
4	238,895	Pb-212	Th-232	7,2649	5,2178	5,3195	5,9341	1,1536	5,9341 ± 1,1536	19,44	80,56
5	295,693	Pb-214	U-238	2,3864	3,0462	3,7714	3,0680	0,6928	3,0680 ± 0,6928	22,58	77,42
6	351,988	Pb-214	U-238	5,4476	9,7263	5,2324	6,8021	2,5347	6,8021 ± 2,5347	37,26	62,74
7	583,704	Tl-208	Th-232	15,3600	16,2909	3,2000	11,6170	7,3042	11,6170 ± 7,3042	62,87	37,13
8	609,841	Bi-214	U-238	2,3784	3,1590	3,2744	2,9373	0,4874	2,9373 ± 0,4874	16,59	83,41
9	910,921	Ac-228	Th-232	4,4912	7,3846	5,1200	5,6653	1,5218	5,6653 ± 1,5218	26,86	73,14
10	1460,304	K-40	K-40	249,9146	274,1538	281,9620	268,6768	16,7110	268,6768 ± 16,7110	6,22	93,78

Sumber : Data primer, 2004.

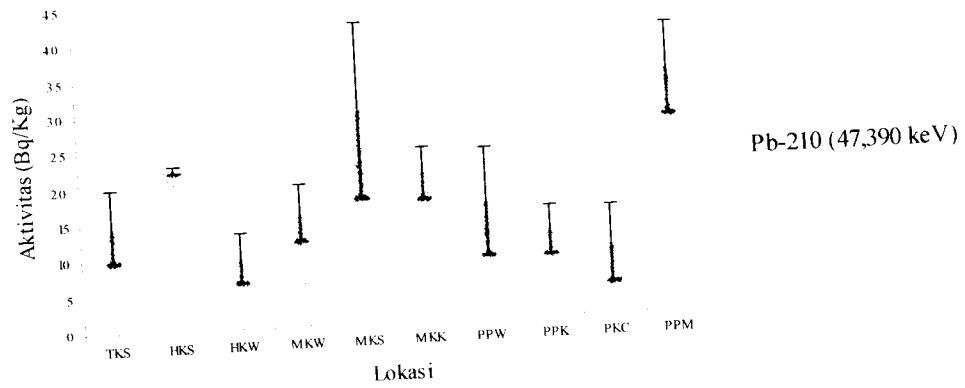
Keterangan :

- B-10 = Biota - 10 (Biota Hilir Saluran Tambak Wedi)
- B-12 = Biota - 12 (Biota Pesisir Pantai Kalianak)

- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = potassium

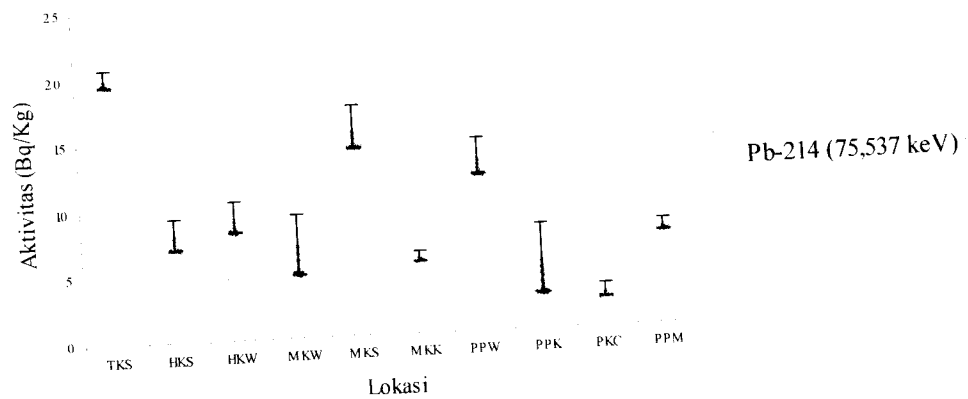
Tinjauan aktivitas setiap nuklida dalam cuplikan biota disajikan dalam grafik - grafik berikut ini.

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{210}\text{Pb}$  Tenaga 47,390 keV  
Dalam Cuplikan Biota



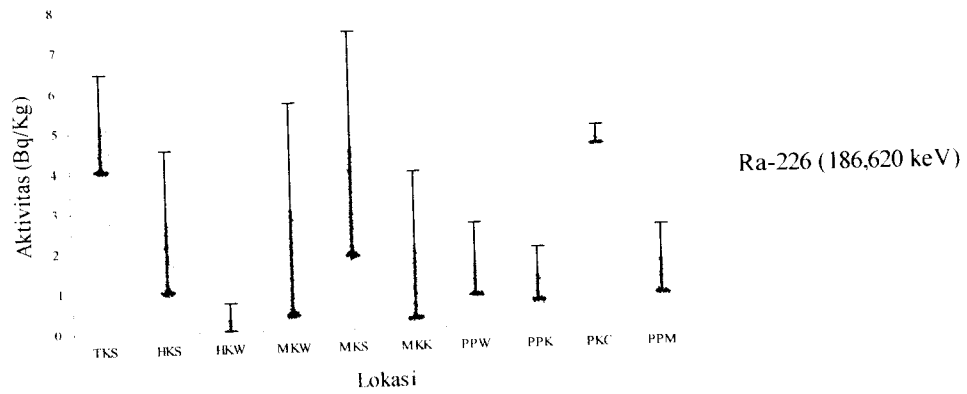
Gambar E.5.B.1 Grafik aktivitas radionuklida  $^{210}\text{Pb}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{214}\text{Pb}$  Tenaga 75,537 keV  
Dalam Cuplikan Biota



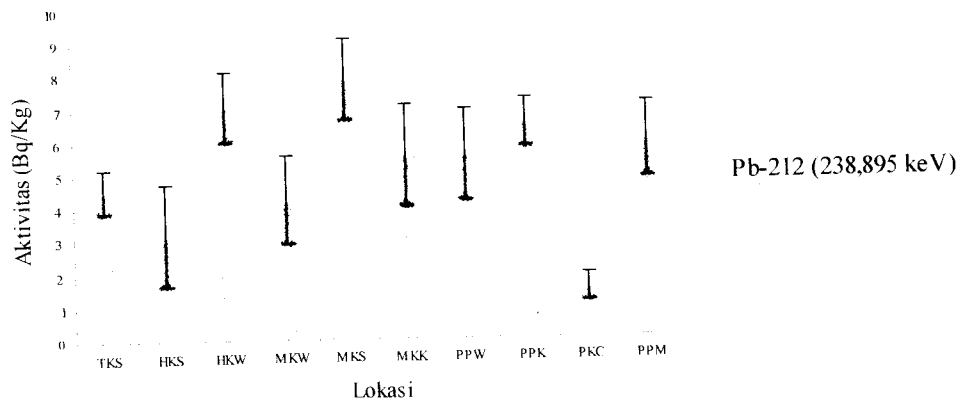
Gambar E.5.B.2 Grafik aktivitas radionuklida  $^{214}\text{Pb}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{226}\text{Ra}$  Tenaga 186,620 keV  
Dalam Cuplikan Biota



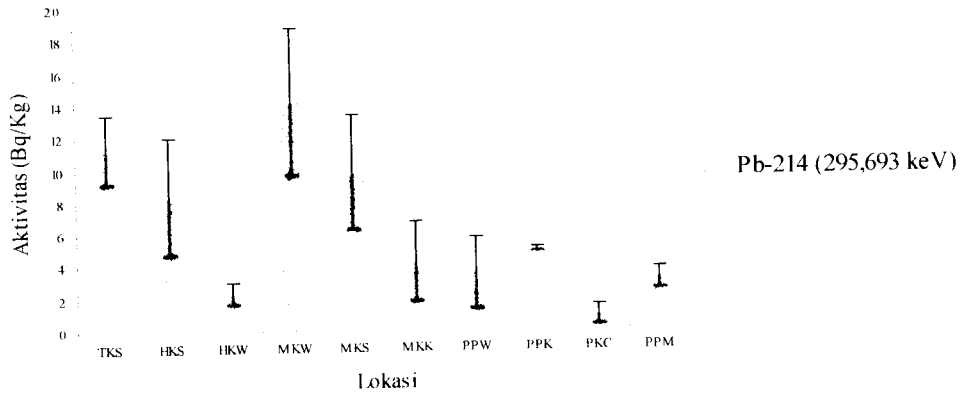
Gambar E.5.B.3 Grafik aktivitas radionuklida  $^{226}\text{Ra}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{212}\text{Pb}$  Tenaga 238,895 keV  
Dalam Cuplikan Biota



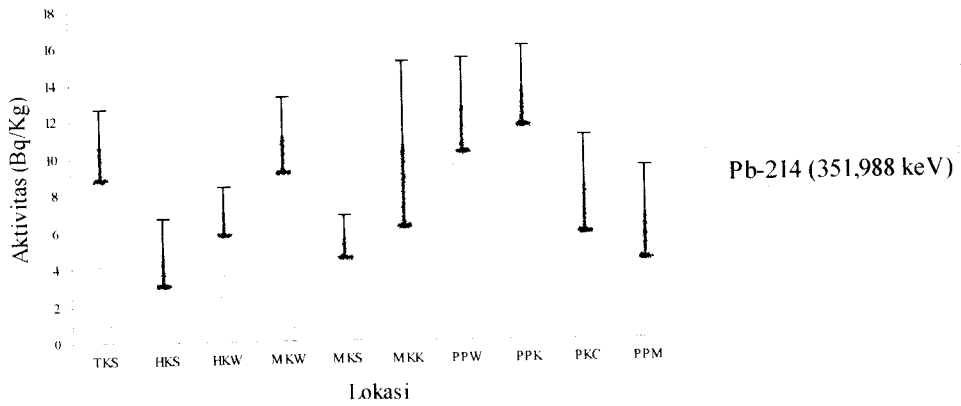
Gambar E.5.B.4 Grafik aktivitas radionuklida  $^{212}\text{Pb}$

Grafik Konsentrasi Radionuklida  $^{214}\text{Pb}$  Tenaga 295,693 keV  
 Dalam Cuplikan Biota



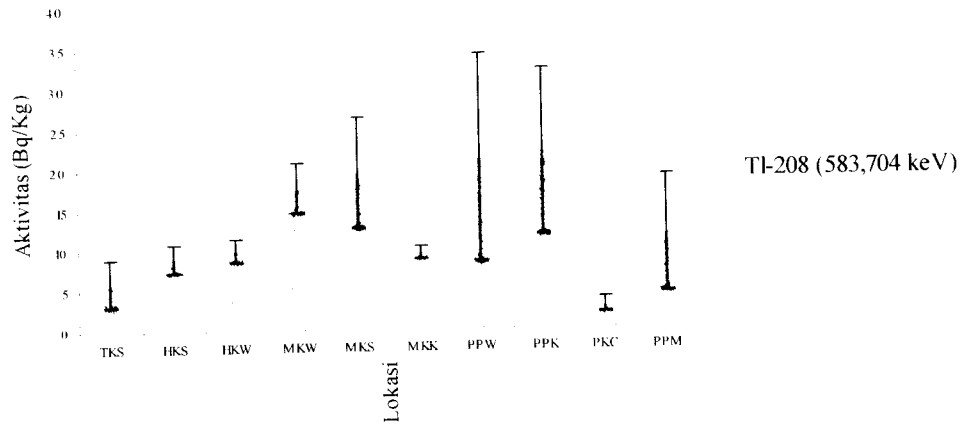
Gambar E.5.B.5 Grafik aktivitas radionuklida  $^{214}\text{Pb}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{214}\text{Pb}$  Tenaga 351,988 keV  
 Dalam Cuplikan Biota



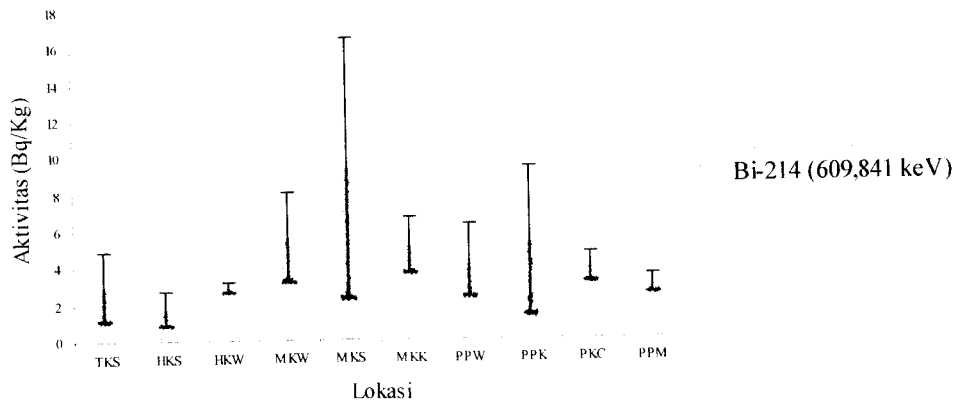
Gambar E.5.B.6 Grafik aktivitas radionuklida  $^{214}\text{Pb}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{208}\text{Tl}$  Tenaga 583,704 keV  
 Dalam Cuplikan Biota



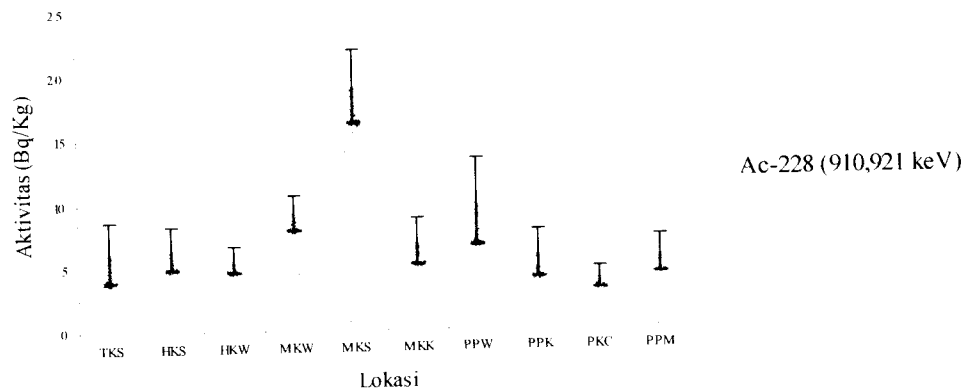
Gambar E.5.B.7 Grafik aktivitas radionuklida  $^{208}\text{Tl}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{214}\text{Bi}$  Tenaga 609,841 keV  
 Dalam Cuplikan Biota



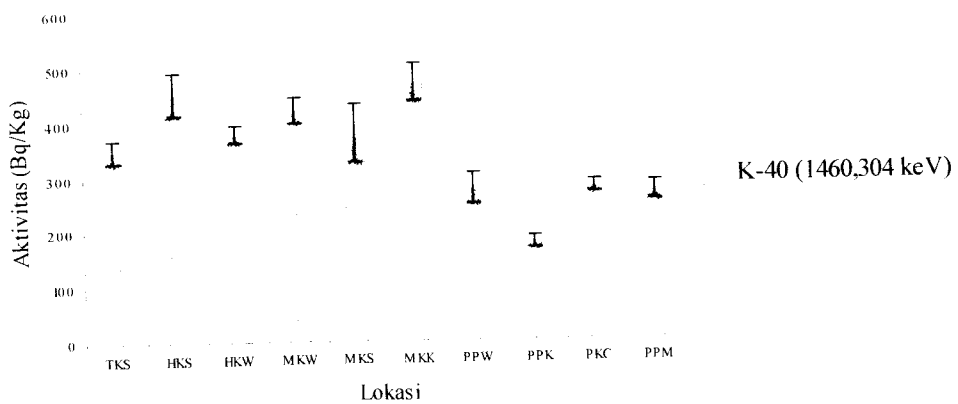
Gambar E.5.B.8 Grafik aktivitas radionuklida  $^{214}\text{Bi}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  Tenaga 910,921 keV  
Dalam Cuplikan Biota



Gambar E.5.B.9 Grafik aktivitas radionuklida  $^{228}\text{Ac}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{40}\text{K}$  Tenaga 1460,304 keV  
Dalam Cuplikan Biota



Gambar E.5.B.10 Grafik aktivitas radionuklida  $^{40}\text{K}$



### E.5.C Cuplikan Air

Untuk hasil pencacahan cuplikan air pada masing - masing lokasi dan *Standard Reference Material (SRM) IAEA - 315 Radionuclides In Marine Sediment* disajikan pada Tabel E.5.C.1 halaman berikut ini. Cuplikan air yang dianalisis adalah air sungai dan air laut. Untuk contoh hasil perhitungan aktivitas jenis rerata, deviasi, bias dan presisi dapat dilihat halaman E.4 - 16 sampai dengan E.4 - 17. Berat cuplikan adalah sebagai berikut :

- Air sungai = 1000 gram dipekatkan 40 kali menjadi 25 ml.
- Air laut = 1.000 ml dipekatkan 3,33 kali menjadi 300 ml.

Contoh perhitungan :

- Perhitungan dengan metode dengan cara komparatif berlaku untuk seluruh tenaga (E) yang kemudian dibandingkan dengan *Standard Reference Material (SRM) IAEA - 315 Radionuclides In Marine Sediment*.
- Kode cuplikan A-1 (Air - 1)
- Berat cuplikan yang dianalisis = 25 ml
- Waktu cacah = 2 jam = 120 menit = 7200 detik
- Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan
- Tenaga (E) = 47,390 keV
- Unsur yang teridentifikasi =  $^{210}\text{Pb}$
- *Netto* pengukuran pertama = 26
- *Netto* standar pengukuran pertama = 84
- *Background* = 3
- Kadar *Standard Reference Material (SRM) IAEA - 315* untuk  $^{210}\text{Pb}$  = 30,1 Bq/Kg
- Berat *Standard Reference Material (SRM) IAEA - 315* = 70,000 gram
- Untuk berat cuplikan yang digunakan dalam perhitungan = 1.000 gram karena jumlah air yang dipekatkan untuk dianalisis = 1.000 gram = 1.000 ml = 1 L.
- Aktivitas jenis cuplikan dihitung dengan persamaan

$$\begin{aligned}
 \text{Aktivitas jenis} &= \frac{\left\{ \frac{(Cps_{\text{cuplikan}} - \text{Background})}{\text{Berat Cuplikan}} \right\}}{\left\{ \frac{(Cps_{\text{standar}} - \text{Background})}{\text{Berat Standar}} \right\}} \times \frac{\text{Waktu Cacah}}{\text{Waktu Cacah}} \times \text{Kadar Standar } ^{210}\text{Pb} \\
 &= \frac{\left\{ \frac{(26 - 7)}{1.000 \text{ gram}} \right\}}{\left\{ \frac{(84 - 7)}{70.000 \text{ gram}} \right\}} \times \frac{7.200 \text{ detik}}{7.200 \text{ detik}} \times 30,1 \text{ Bq / Kg} \times 1 \text{ kg / L} \\
 &= 0,4105 \text{ Bq / L}
 \end{aligned}$$

Demikian untuk perhitungan aktivitas jenis cuplikan air masing - masing lokasi yang dapat dilihat pada halaman - halaman berikut ini.

Tabel E.5.C.1 Hasil pencacahan cuplikan air dan standar dengan lama pencacahan 7.200 detik

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 1			Lokasi 2			Lokasi 3			Background	315-IAEA
			cps			cps			cps			cps	cps
Kode			A.1	A.1B	A.1C	A.2	A.2B	A.2C	A.3	A.3B	A.3C	BG	Ke - 1
1	47,390	Pb-210	22	23	20	33	31	29	31	39	37	7	84
2	75,537	Pb-214	29	34	28	34	35	36	66	58	65	9	323
3	186,620	Ra-226	28	26	24	47	44	46	84	89	89	16	128
4	238,895	Pb-212	59	62	59	37	36	38	62	65	59	7	291
5	295,693	Pb-214	32	30	31	42	47	41	27	26	24	9	105
6	351,988	Pb-214	21	19	17	44	39	40	22	20	20	3	88
7	583,704	Tl-208	16	16	19	25	22	20	26	25	25	5	66
8	609,841	Bi-214	19	21	24	16	15	16	24	27	28	7	128
9	910,921	Ac-228	21	12	18	18	19	18	24	27	31	3	61
10	1460,304	K-40	28	25	32	30	30	34	48	45	41	4	126
No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 4			Lokasi 5			Lokasi 6			Background	315-IAEA
			cps			cps			cps			cps	cps
Kode			A.4	A.4B	A.4C	A.5	A.5B	A.5C	A.6	A.6B	A.6C	BG	Ke - 2
1	47,390	Pb-210	35	22	25	18	18	17	26	19	27	7	83
2	75,537	Pb-214	24	29	24	20	17	22	25	29	29	9	316
3	186,620	Ra-226	18	24	20	29	20	24	23	27	22	16	128
4	238,895	Pb-212	30	15	19	32	34	31	39	35	40	7	282
5	295,693	Pb-214	34	20	20	15	18	18	24	26	27	9	98
6	351,988	Pb-214	18	15	13	38	42	38	22	26	23	3	78
7	583,704	Tl-208	19	15	14	17	17	13	25	26	26	5	73
8	609,841	Bi-214	14	13	11	28	26	23	22	18	24	7	120
9	910,921	Ac-228	6	8	9	13	17	13	23	17	21	3	59
10	1460,304	K-40	21	25	21	40	36	36	67	60	68	4	125
No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 7			Lokasi 8			Lokasi 9			Background	315-IAEA
			cps			cps			cps			cps	cps
Kode			A.7C	A.7B	A.7C	A.8	A.8B	A.8C	A.9	A.9B	A.9C	BG	Ke - 3
1	47,390	Pb-210	32	24	23	20	22	19	26	19	13	7	90
2	75,537	Pb-214	28	26	23	35	41	39	29	25	28	9	314
3	186,620	Ra-226	22	22	29	23	26	28	19	26	25	16	125
4	238,895	Pb-212	24	19	24	18	17	22	42	38	39	7	298
5	295,693	Pb-214	36	33	31	36	39	31	20	18	23	9	99
6	351,988	Pb-214	22	21	20	24	25	20	24	20	19	3	77
7	583,704	Tl-208	16	20	18	24	24	25	18	17	19	5	79
8	609,841	Bi-214	20	19	16	12	13	16	17	14	12	7	124
9	910,921	Ac-228	9	12	14	17	15	17	12	11	9	3	63
10	1460,304	K-40	26	27	25	68	74	68	49	46	40	4	122
No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 10			Lokasi 11			Lokasi 12			Background	
			cps			cps			cps			cps	
Kode			A.10	A.10B	A.10C	A.11	A.11B	A.11C	A.12	A.12B	A.12C	BG	
1	47,390	Pb-210	18	18	17	14	15	19	41	47	51	7	
2	75,537	Pb-214	28	24	25	29	36	29	23	28	23	9	
3	186,620	Ra-226	35	34	27	28	28	27	38	31	30	16	
4	238,895	Pb-212	18	20	22	37	35	41	25	27	30	7	
5	295,693	Pb-214	25	25	16	10	12	10	13	16	12	9	
6	351,988	Pb-214	17	22	14	19	20	17	31	35	37	3	
7	583,704	Tl-208	11	10	11	15	10	11	33	29	27	5	
8	609,841	Bi-214	20	19	18	16	17	13	15	14	15	7	
9	910,921	Ac-228	13	16	18	12	15	11	19	17	20	3	
10	1460,304	K-40	27	28	26	47	42	47	52	53	50	4	

Sumber : Data primer, 2004.

Tabel E.5.C.2 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan A-1 (Air Hulu Kali Surabaya) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
A-1 Air sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	22	84	7	1.000	70,000	0,4105
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	29	323	9	1.000	70,000	0,1141
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	28	128	16	1.000	70,000	0,1035
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	59	291	7	1.000	70,000	0,3281
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	32	105	9	1.000	70,000	0,2952
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	21	88	3	1.000	70,000	0,2609
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	16	66	5	1.000	70,000	0,3231
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	19	128	7	1.000	70,000	0,1222
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	21	61	3	1.000	70,000	0,5561
	10	1460,304	K-40	K-40	297	28	126	4	1.000	70,000	4,0898
Pengukuran ke-2											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	23	83	7	1.000	70,000	0,4436
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	34	316	9	1.000	70,000	0,1459
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	26	128	16	1.000	70,000	0,0863
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	62	282	7	1.000	70,000	0,3584
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	30	98	9	1.000	70,000	0,2907
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	19	78	3	1.000	70,000	0,2628
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	16	73	5	1.000	70,000	0,2899
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	21	120	7	1.000	70,000	0,1526
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	12	59	3	1.000	70,000	0,2880
	10	1460,304	K-40	K-40	297	25	125	4	1.000	70,000	3,6082
Pengukuran ke-3											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	20	90	7	1.000	70,000	0,3300
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	28	314	9	1.000	70,000	0,1116
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	24	125	16	1.000	70,000	0,0709
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	59	298	7	1.000	70,000	0,3202
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	31	99	9	1.000	70,000	0,3012
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	17	77	3	1.000	70,000	0,2331
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	19	79	5	1.000	70,000	0,3390
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	24	124	7	1.000	70,000	0,1790
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	18	63	3	1.000	70,000	0,4480
	10	1460,304	K-40	K-40	297	32	122	4	1.000	70,000	4,9332

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- 1 kg = 1.000 gram = 1.000 ml = 1 L
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.C.3 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan A-2 (Air Hilir Kali Surabaya) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
A-2 Air sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	33	84	7	1.000	70,000	0,7115
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	34	323	9	1.000	70,000	0,1427
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	47	128	16	1.000	70,000	0,2674
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	37	291	7	1.000	70,000	0,1893
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	42	105	9	1.000	70,000	0,4235
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	44	88	3	1.000	70,000	0,5943
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	25	66	5	1.000	70,000	0,5875
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	16	128	7	1.000	70,000	0,0916
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	18	61	3	1.000	70,000	0,4634
	10	1460,304	K-40	K-40	297	30	126	4	1.000	70,000	4,4307
Pengukuran ke-2											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	31	83	7	1.000	70,000	0,6654	
2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	35	316	9	1.000	70,000	0,1518	
3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	44	128	16	1.000	70,000	0,2415	
4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	36	282	7	1.000	70,000	0,1890	
5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	47	98	9	1.000	70,000	0,5260	
6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	39	78	3	1.000	70,000	0,5914	
7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	22	73	5	1.000	70,000	0,4480	
8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	15	120	7	1.000	70,000	0,0872	
9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	19	59	3	1.000	70,000	0,5120	
10	1460,304	K-40	K-40	297	30	125	4	1.000	70,000	4,4673	
Pengukuran ke-3											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	29	90	7	1.000	70,000	0,5585	
2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	36	314	9	1.000	70,000	0,1586	
3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	46	125	16	1.000	70,000	0,2659	
4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	38	298	7	1.000	70,000	0,1909	
5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	41	99	9	1.000	70,000	0,4380	
6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	40	77	3	1.000	70,000	0,6160	
7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	20	79	5	1.000	70,000	0,3632	
8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	16	124	7	1.000	70,000	0,0948	
9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	18	63	3	1.000	70,000	0,4480	
10	1460,304	K-40	K-40	297	34	122	4	1.000	70,000	5,2856	

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- 1 kg = 1.000 gram = 1.000 ml = 1 L
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.C.4 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan A-3 (Air Hulu Kali Mas) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
A-3 Air sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	31	84	7	1.000	70,000	0,6567
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	66	323	9	1.000	70,000	0,3253
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	84	128	16	1.000	70,000	0,5865
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	62	291	7	1.000	70,000	0,3470
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	27	105	9	1.000	70,000	0,2310
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	22	88	3	1.000	70,000	0,2754
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	26	66	5	1.000	70,000	0,6169
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	24	128	7	1.000	70,000	0,1731
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	24	61	3	1.000	70,000	0,6488
	10	1460,304	K-40	K-40	297	48	126	4	1.000	70,000	7,4980
Pengukuran ke-2											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	39	83	7	1.000	70,000	0,8872
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	58	316	9	1.000	70,000	0,2860
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	89	128	16	1.000	70,000	0,6296
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	65	282	7	1.000	70,000	0,3779
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	26	98	9	1.000	70,000	0,2353
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	20	78	3	1.000	70,000	0,2793
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	25	73	5	1.000	70,000	0,5271
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	27	120	7	1.000	70,000	0,2181
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	27	59	3	1.000	70,000	0,7680
	10	1460,304	K-40	K-40	297	45	125	4	1.000	70,000	7,0445
Pengukuran ke-3											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	37	90	7	1.000	70,000	0,7616
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	65	314	9	1.000	70,000	0,3290
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	89	125	16	1.000	70,000	0,6470
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	59	298	7	1.000	70,000	0,3202
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	24	99	9	1.000	70,000	0,2053
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	20	77	3	1.000	70,000	0,2830
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	25	79	5	1.000	70,000	0,4843
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	28	124	7	1.000	70,000	0,2211
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	31	63	3	1.000	70,000	0,8363
	10	1460,304	K-40	K-40	297	41	122	4	1.000	70,000	6,5189

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- 1 kg = 1.000 gram = 1.000 ml = 1 L
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.C.5 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan A-4 (Air Hulu Kali Wonokromo) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
A-4 Air sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	35	84	7	1.000	70,000	0,7662
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	24	323	9	1.000	70,000	0,0856
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	18	128	16	1.000	70,000	0,0173
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	30	291	7	1.000	70,000	0,1451
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	34	105	9	1.000	70,000	0,3208
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	18	88	3	1.000	70,000	0,2174
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	19	66	5	1.000	70,000	0,4113
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	14	128	7	1.000	70,000	0,0713
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	6	61	3	1.000	70,000	0,0927
	10	1460,304	K-40	K-40	297	21	126	4	1.000	70,000	2,8970
Pengukuran ke-2											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	22	83	7	1.000	70,000	0,4159
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	29	316	9	1.000	70,000	0,1167
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	24	128	16	1.000	70,000	0,0690
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	15	282	7	1.000	70,000	0,0521
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	20	98	9	1.000	70,000	0,1523
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	15	78	3	1.000	70,000	0,1971
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	15	73	5	1.000	70,000	0,2635
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	13	120	7	1.000	70,000	0,0654
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	8	59	3	1.000	70,000	0,1600
	10	1460,304	K-40	K-40	297	25	125	4	1.000	70,000	3,6082
Pengukuran ke-3											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	25	90	7	1.000	70,000	0,4569
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	24	314	9	1.000	70,000	0,0881
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	20	125	16	1.000	70,000	0,0354
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	19	298	7	1.000	70,000	0,0739
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	20	99	9	1.000	70,000	0,1506
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	13	77	3	1.000	70,000	0,1665
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	14	79	5	1.000	70,000	0,2179
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	11	124	7	1.000	70,000	0,0421
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	9	63	3	1.000	70,000	0,1792
	10	1460,304	K-40	K-40	297	21	122	4	1.000	70,000	2,9952

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- 1 kg = 1.000 gram = 1.000 ml = 1 L
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.C.6 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan A-5 (Air Hulu Kali Surabaya) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
A-5 Air sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	18	84	7	1.000	70,000	0,3010
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	20	323	9	1.000	70,000	0,0628
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	29	128	16	1.000	70,000	0,1121
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	32	291	7	1.000	70,000	0,1577
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	15	105	9	1.000	70,000	0,0770
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	38	88	3	1.000	70,000	0,5073
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	17	66	5	1.000	70,000	0,3525
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	28	128	7	1.000	70,000	0,2138
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	13	61	3	1.000	70,000	0,3090
	10	1460,304	K-40	K-40	297	40	126	4	1.000	70,000	6,1348
Pengukuran ke-2											
A-5 Air sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	18	83	7	1.000	70,000	0,3050
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	17	316	9	1.000	70,000	0,0467
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	20	128	16	1.000	70,000	0,0345
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	34	282	7	1.000	70,000	0,1759
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	18	98	9	1.000	70,000	0,1246
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	42	78	3	1.000	70,000	0,6406
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	17	73	5	1.000	70,000	0,3162
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	26	120	7	1.000	70,000	0,2072
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	17	59	3	1.000	70,000	0,4480
	10	1460,304	K-40	K-40	297	36	125	4	1.000	70,000	5,4982
Pengukuran ke-3											
A-5 Air sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	17	90	7	1.000	70,000	0,2539
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	22	314	9	1.000	70,000	0,0764
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	24	125	16	1.000	70,000	0,0709
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	31	298	7	1.000	70,000	0,1478
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	18	99	9	1.000	70,000	0,1232
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	38	77	3	1.000	70,000	0,5827
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	13	79	5	1.000	70,000	0,1937
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	23	124	7	1.000	70,000	0,1685
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	13	63	3	1.000	70,000	0,2987
	10	1460,304	K-40	K-40	297	36	122	4	1.000	70,000	5,6380

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- 1 kg = 1.000 gram = 1.000 ml = 1 L
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.C.7 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan A-6 (Air Pesisir Pantai Wonokromo) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
A-6 Air laut	Pengukuran ke-1										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	26	84	7	1.000	70,000	0,5199
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	25	323	9	1.000	70,000	0,0913
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	23	128	16	1.000	70,000	0,0604
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	39	291	7	1.000	70,000	0,2019
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	24	105	9	1.000	70,000	0,1925
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	22	88	3	1.000	70,000	0,2754
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	25	66	5	1.000	70,000	0,5875
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	22	128	7	1.000	70,000	0,1527
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	23	61	3	1.000	70,000	0,6179
	10	1460,304	K-40	K-40	297	67	126	4	1.000	70,000	10,7358
	Pengukuran ke-2										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	19	83	7	1.000	70,000	0,3327
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	29	316	9	1.000	70,000	0,1167
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	27	128	16	1.000	70,000	0,0949
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	35	282	7	1.000	70,000	0,1825
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	26	98	9	1.000	70,000	0,2353
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	26	78	3	1.000	70,000	0,3778
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	26	73	5	1.000	70,000	0,5534
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	18	120	7	1.000	70,000	0,1199
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	17	59	3	1.000	70,000	0,4480
	10	1460,304	K-40	K-40	297	60	125	4	1.000	70,000	9,6218
	Pengukuran ke-3										
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	27	90	7	1.000	70,000	0,5077
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	29	314	9	1.000	70,000	0,1175
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	22	125	16	1.000	70,000	0,0532
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	40	298	7	1.000	70,000	0,2032
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	27	99	9	1.000	70,000	0,2464
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	23	77	3	1.000	70,000	0,3330
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	26	79	5	1.000	70,000	0,5085
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	24	124	7	1.000	70,000	0,1790
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	21	63	3	1.000	70,000	0,5376
	10	1460,304	K-40	K-40	297	68	122	4	1.000	70,000	11,2759

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- 1 kg = 1.000 gram = 1.000 ml = 1 L
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium



Tabel E.5.C.8 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan A-7 (Air Muara Kali Sari) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
A-7 Air sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	32	84	7	1.000	70,000	0,6841
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	28	323	9	1.000	70,000	0,1084
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	22	128	16	1.000	70,000	0,0518
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	24	291	7	1.000	70,000	0,1073
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	36	105	9	1.000	70,000	0,3465
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	22	88	3	1.000	70,000	0,2754
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	16	66	5	1.000	70,000	0,3231
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	20	128	7	1.000	70,000	0,1324
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	9	61	3	1.000	70,000	0,1854
	10	1460,304	K-40	K-40	297	26	126	4	1.000	70,000	3,7490
Pengukuran ke-2											
A-7 Air sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	24	83	7	1.000	70,000	0,4713
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	26	316	9	1.000	70,000	0,0992
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	22	128	16	1.000	70,000	0,0518
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	19	282	7	1.000	70,000	0,0782
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	33	98	9	1.000	70,000	0,3322
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	21	78	3	1.000	70,000	0,2957
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	20	73	5	1.000	70,000	0,3953
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	19	120	7	1.000	70,000	0,1308
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	12	59	3	1.000	70,000	0,2880
	10	1460,304	K-40	K-40	297	27	125	4	1.000	70,000	3,9518
Pengukuran ke-3											
A-7 Air sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	23	90	7	1.000	70,000	0,4062
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	23	314	9	1.000	70,000	0,0823
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	29	125	16	1.000	70,000	0,1152
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	24	298	7	1.000	70,000	0,1047
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	31	99	9	1.000	70,000	0,3012
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	20	77	3	1.000	70,000	0,2830
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	18	79	5	1.000	70,000	0,3148
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	16	124	7	1.000	70,000	0,0948
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	14	63	3	1.000	70,000	0,3285
	10	1460,304	K-40	K-40	297	25	122	4	1.000	70,000	3,6999

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- 1 kg = 1.000 gram = 1.000 ml = 1 L
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.C.9 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan A-8 (Air Pesisir Pantai Kenjeran) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
A-8 Air laut	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	20	84	7	1.000	70,000	0,3557
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	35	323	9	1.000	70,000	0,1484
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	23	128	16	1.000	70,000	0,0604
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	18	291	7	1.000	70,000	0,0694
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	36	105	9	1.000	70,000	0,3465
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	24	88	3	1.000	70,000	0,3044
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	24	66	5	1.000	70,000	0,5582
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	12	128	7	1.000	70,000	0,0509
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	17	61	3	1.000	70,000	0,4326
	10	1460,304	K-40	K-40	297	68	126	4	1.000	70,000	10,9062
Pengukuran ke-2											
A-8 Air laut	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	22	83	7	1.000	70,000	0,4159
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	41	316	9	1.000	70,000	0,1868
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	26	128	16	1.000	70,000	0,0863
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	17	282	7	1.000	70,000	0,0652
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	39	98	9	1.000	70,000	0,4153
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	25	78	3	1.000	70,000	0,3614
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	24	73	5	1.000	70,000	0,5007
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	13	120	7	1.000	70,000	0,0654
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	15	59	3	1.000	70,000	0,3840
	10	1460,304	K-40	K-40	297	74	125	4	1.000	70,000	12,0273
Pengukuran ke-3											
A-8 Air laut	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	19	90	7	1.000	70,000	0,3046
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	39	314	9	1.000	70,000	0,1763
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	28	125	16	1.000	70,000	0,1063
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	22	298	7	1.000	70,000	0,0924
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	31	99	9	1.000	70,000	0,3012
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	20	77	3	1.000	70,000	0,2830
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	25	79	5	1.000	70,000	0,4843
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	16	124	7	1.000	70,000	0,0948
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	17	63	3	1.000	70,000	0,4181
	10	1460,304	K-40	K-40	297	68	122	4	1.000	70,000	11,2759

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- 1 kg = 1.000 gram = 1.000 ml = 1 L
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.C.10 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan A-9 (Air Pesisir Kecamatan Kedung Cowek) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
A-9 Air laut	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	26	84	7	1.000	70,000	0,5199
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	29	323	9	1.000	70,000	0,1141
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	19	128	16	1.000	70,000	0,0259
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	42	291	7	1.000	70,000	0,2208
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	20	105	9	1.000	70,000	0,1412
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	24	88	3	1.000	70,000	0,3044
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	18	66	5	1.000	70,000	0,3819
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	17	128	7	1.000	70,000	0,1018
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	12	61	3	1.000	70,000	0,2781
	10	1460,304	K-40	K-40	297	49	126	4	1.000	70,000	7,6684
Pengukuran ke-2											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	19	83	7	1.000	70,000	0,3327
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	25	316	9	1.000	70,000	0,0934
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	26	128	16	1.000	70,000	0,0863
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	38	282	7	1.000	70,000	0,2020
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	18	98	9	1.000	70,000	0,1246
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	20	78	3	1.000	70,000	0,2793
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	17	73	5	1.000	70,000	0,3162
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	14	120	7	1.000	70,000	0,0763
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	11	59	3	1.000	70,000	0,2560
	10	1460,304	K-40	K-40	297	46	125	4	1.000	70,000	7,2164
Pengukuran ke-3											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	13	90	7	1.000	70,000	0,1523
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	28	314	9	1.000	70,000	0,1116
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	25	125	16	1.000	70,000	0,0798
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	39	298	7	1.000	70,000	0,1971
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	23	99	9	1.000	70,000	0,1916
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	19	77	3	1.000	70,000	0,2664
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	19	79	5	1.000	70,000	0,3390
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	12	124	7	1.000	70,000	0,0526
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	9	63	3	1.000	70,000	0,1792
	10	1460,304	K-40	K-40	297	40	122	4	1.000	70,000	6,3427

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- 1 kg = 1.000 gram = 1.000 ml = 1 L
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.C.11 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan A-10 (Air Hilir Saluran Tambak Wedi) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
A-10 Air sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	18	84	7	1.000	70,000	0,3010
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	28	323	9	1.000	70,000	0,1084
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	35	128	16	1.000	70,000	0,1639
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	18	291	7	1.000	70,000	0,0694
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	25	105	9	1.000	70,000	0,2053
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	17	88	3	1.000	70,000	0,2029
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	11	66	5	1.000	70,000	0,1763
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	20	128	7	1.000	70,000	0,1324
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	13	61	3	1.000	70,000	0,3090
	10	1460,304	K-40	K-40	297	27	126	4	1.000	70,000	3,9194
Pengukuran ke-2											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	18	83	7	1.000	70,000	0,3050
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	24	316	9	1.000	70,000	0,0876
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	34	128	16	1.000	70,000	0,1553
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	20	282	7	1.000	70,000	0,0847
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	25	98	9	1.000	70,000	0,2215
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	22	78	3	1.000	70,000	0,3121
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	10	73	5	1.000	70,000	0,1318
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	19	120	7	1.000	70,000	0,1308
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	16	59	3	1.000	70,000	0,4160
	10	1460,304	K-40	K-40	297	28	125	4	1.000	70,000	4,1236
Pengukuran ke-3											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	17	90	7	1.000	70,000	0,2539
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	25	314	9	1.000	70,000	0,0940
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	27	125	16	1.000	70,000	0,0975
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	22	298	7	1.000	70,000	0,0924
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	16	99	9	1.000	70,000	0,0958
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	14	77	3	1.000	70,000	0,1831
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	11	79	5	1.000	70,000	0,1453
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	18	124	7	1.000	70,000	0,1158
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	18	63	3	1.000	70,000	0,4480
	10	1460,304	K-40	K-40	297	26	122	4	1.000	70,000	3,8761

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- 1 kg = 1.000 gram = 1.000 ml = 1 L.
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.C.12 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan A-11 (Air Muara Kali Anak) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
A-11 Air sungai	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	14	84	7	1.000	70,000	0,1915
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	29	323	9	1.000	70,000	0,1141
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	28	128	16	1.000	70,000	0,1035
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	37	291	7	1.000	70,000	0,1893
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	10	105	9	1.000	70,000	0,0128
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	19	88	3	1.000	70,000	0,2319
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	15	66	5	1.000	70,000	0,2938
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	16	128	7	1.000	70,000	0,0916
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	12	61	3	1.000	70,000	0,2781
	10	1460,304	K-40	K-40	297	47	126	4	1.000	70,000	7,3276
Pengukuran ke-2											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	15	83	7	1.000	70,000	0,2218
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	36	316	9	1.000	70,000	0,1576
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	28	128	16	1.000	70,000	0,1035
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	35	282	7	1.000	70,000	0,1825
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	12	98	9	1.000	70,000	0,0415
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	20	78	3	1.000	70,000	0,2793
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	10	73	5	1.000	70,000	0,1318
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	17	120	7	1.000	70,000	0,1090
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	15	59	3	1.000	70,000	0,3840
	10	1460,304	K-40	K-40	297	42	125	4	1.000	70,000	6,5291
Pengukuran ke-3											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	19	90	7	1.000	70,000	0,3046
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	29	314	9	1.000	70,000	0,1175
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	27	125	16	1.000	70,000	0,0975
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	41	298	7	1.000	70,000	0,2094
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	10	99	9	1.000	70,000	0,0137
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	17	77	3	1.000	70,000	0,2331
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	11	79	5	1.000	70,000	0,1453
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	13	124	7	1.000	70,000	0,0632
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	11	63	3	1.000	70,000	0,2389
	10	1460,304	K-40	K-40	297	47	122	4	1.000	70,000	7,5760

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- 1 kg = 1.000 gram = 1.000 ml = 1 L.
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.C.13 Hasil perhitungan aktivitas jenis radionuklida yang teridentifikasi dalam cuplikan A-12 (Air Pesisir Pantai Kali Anak) dengan cara komparatif

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Data Sertifikat (Bq/Kg)	Cps		Back ground	Berat (gram)		Aktivitas Jenis Cuplikan (Bq/Kg)
						Cuplikan	Standar		Cuplikan	Standar	
Pengukuran ke-1											
A-12 Air laut	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	41	84	7	1.000	70,000	0,9304
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	23	323	9	1.000	70,000	0,0799
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	38	128	16	1.000	70,000	0,1898
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	25	291	7	1.000	70,000	0,1136
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	13	105	9	1.000	70,000	0,0513
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	31	88	3	1.000	70,000	0,4058
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	33	66	5	1.000	70,000	0,8226
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	15	128	7	1.000	70,000	0,0815
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	19	61	3	1.000	70,000	0,4943
	10	1460,304	K-40	K-40	297	52	126	4	1.000	70,000	8,1797
Pengukuran ke-2											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	47	83	7	1.000	70,000	1,1089
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	28	316	9	1.000	70,000	0,1109
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	31	128	16	1.000	70,000	0,1294
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	27	282	7	1.000	70,000	0,1303
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	16	98	9	1.000	70,000	0,0969
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	35	78	3	1.000	70,000	0,5257
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	29	73	5	1.000	70,000	0,6325
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	14	120	7	1.000	70,000	0,0763
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	17	59	3	1.000	70,000	0,4480
	10	1460,304	K-40	K-40	297	53	125	4	1.000	70,000	8,4191
Pengukuran ke-3											
	1	47,390	Pb-210	Pb-210	30,1	51	90	7	1.000	70,000	1,1170
	2	75,537	Pb-214	Th-232	25,6	23	314	9	1.000	70,000	0,0823
	3	186,620	Ra-226	Ra-226	13,8	30	125	16	1.000	70,000	0,1241
	4	238,895	Pb-212	Th-232	25,6	30	298	7	1.000	70,000	0,1416
	5	295,693	Pb-214	U-238	17,6	12	99	9	1.000	70,000	0,0411
	6	351,988	Pb-214	U-238	17,6	37	77	3	1.000	70,000	0,5661
	7	583,704	Tl-208	Th-232	25,6	27	79	5	1.000	70,000	0,5328
	8	609,841	Bi-214	U-238	17,6	15	124	7	1.000	70,000	0,0842
	9	910,921	Ac-228	Th-232	25,6	20	63	3	1.000	70,000	0,5077
	10	1460,304	K-40	K-40	297	50	122	4	1.000	70,000	8,1046

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- Lama pencacahan = 7.200 detik
- 1 kg = 1.000 gram = 1.000 ml = 1 L
- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = pottasium

Tabel E.5.C.14 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan air lokasi 1 dan 2

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg) Pengukuran			Rerata (Ā) (Bq/L)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/L)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
A-1											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	0,4105	0,4436	0,3300	0,3947	0,0584	0,3947 ± 0,0584	14,80	85,20
2	75,537	Pb-214	Th-232	0,1141	0,1459	0,1116	0,1239	0,0191	0,1239 ± 0,0191	15,43	84,57
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,1035	0,0863	0,0709	0,0869	0,0163	0,0869 ± 0,0163	18,77	81,23
4	238,895	Pb-212	Th-232	0,3281	0,3584	0,3202	0,3356	0,0202	0,3356 ± 0,0202	6,01	93,99
5	295,693	Pb-214	U-238	0,2952	0,2907	0,3012	0,2957	0,0052	0,2957 ± 0,0052	1,77	98,23
6	351,988	Pb-214	U-238	0,2609	0,2628	0,2331	0,2523	0,0166	0,2523 ± 0,0166	6,60	93,40
7	583,704	Tl-208	Th-232	0,3231	0,2899	0,3390	0,3174	0,0251	0,3174 ± 0,0251	7,90	92,10
8	609,841	Bi-214	U-238	0,1222	0,1526	0,1790	0,1513	0,0284	0,1513 ± 0,0284	18,80	81,20
9	910,921	Ac-228	Th-232	0,5561	0,2880	0,4480	0,4307	0,1349	0,4307 ± 0,1349	31,32	68,68
10	1460,304	K-40	K-40	4,0898	3,6082	4,9332	4,2104	0,6707	4,2104 ± 0,6707	15,93	84,07
A-2											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	0,7115	0,6654	0,5585	0,6451	0,0785	0,6451 ± 0,0785	12,16	87,84
2	75,537	Pb-214	Th-232	0,1427	0,1518	0,1586	0,1510	0,0080	0,1510 ± 0,0080	5,30	94,70
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,2674	0,2415	0,2659	0,2582	0,0145	0,2582 ± 0,0145	5,62	94,38
4	238,895	Pb-212	Th-232	0,1893	0,1890	0,1909	0,1897	0,0010	0,1897 ± 0,0010	0,54	99,46
5	295,693	Pb-214	U-238	0,4235	0,5260	0,4380	0,4625	0,0555	0,4625 ± 0,0555	11,99	88,01
6	351,988	Pb-214	U-238	0,5943	0,5914	0,6160	0,6005	0,0135	0,6005 ± 0,0135	2,24	97,76
7	583,704	Tl-208	Th-232	0,5875	0,4480	0,3632	0,4663	0,1133	0,4663 ± 0,1133	24,29	75,71
8	609,841	Bi-214	U-238	0,0916	0,0872	0,0948	0,0912	0,0038	0,0912 ± 0,0038	4,16	95,84
9	910,921	Ac-228	Th-232	0,4634	0,5120	0,4480	0,4745	0,0334	0,4745 ± 0,0334	7,04	92,96
10	1460,304	K-40	K-40	4,4307	4,4673	5,2856	4,7278	0,4834	4,7278 ± 0,4834	10,22	89,78

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- A-1 = Air - 1 (Air Hulu Kali Surabaya)
- A-2 = Air - 2 (Air Hilir Kali Surabaya)

- Pb = lead
- Bi = bismuth
- Ra = radium
- Ac = actinium
- Tl = thallium
- K = potassium

Tabel E.5.C.15 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan air lokasi 3 dan 4

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg) Pengukuran			Rerata (A) (Bq/L)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/L)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
				A-3							
1	47,390	Pb-210	Pb-210	0,6567	0,8872	0,7616	0,7685	0,1154	0,7685 ± 0,1154	15,01	84,99
2	75,537	Pb-214	Th-232	0,3253	0,2860	0,3290	0,3134	0,0238	0,3134 ± 0,0238	7,60	92,40
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,5865	0,6296	0,6470	0,6210	0,0311	0,6210 ± 0,0311	5,01	94,99
4	238,895	Pb-212	Th-232	0,3470	0,3779	0,3202	0,3484	0,0289	0,3484 ± 0,0289	8,29	91,71
5	295,693	Pb-214	U-238	0,2310	0,2353	0,2053	0,2239	0,0162	0,2239 ± 0,0162	7,24	92,76
6	351,988	Pb-214	U-238	0,2754	0,2793	0,2830	0,2792	0,0038	0,2792 ± 0,0038	1,37	98,63
7	583,704	Tl-208	Th-232	0,6169	0,5271	0,4843	0,5428	0,0677	0,5428 ± 0,0677	12,47	87,53
8	609,841	Bi-214	U-238	0,1731	0,2181	0,2211	0,2041	0,0269	0,2041 ± 0,0269	13,18	86,82
9	910,921	Ac-228	Th-232	0,6488	0,7680	0,8363	0,7510	0,0949	0,7510 ± 0,0949	12,63	87,37
10	1460,304	K-40	K-40	7,4980	7,0445	6,5189	7,0205	0,4900	7,0205 ± 0,4900	6,98	93,02
A-4											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	0,7662	0,4159	0,4569	0,5463	0,1915	0,5463 ± 0,1915	35,05	64,95
2	75,537	Pb-214	Th-232	0,0856	0,1167	0,0881	0,0968	0,0173	0,0968 ± 0,0173	17,86	82,14
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,0173	0,0690	0,0354	0,0406	0,0263	0,0406 ± 0,0263	64,71	35,29
4	238,895	Pb-212	Th-232	0,1451	0,0521	0,0739	0,0904	0,0486	0,0904 ± 0,0486	53,82	46,18
5	295,693	Pb-214	U-238	0,3208	0,1523	0,1506	0,2079	0,0978	0,2079 ± 0,0978	47,05	52,95
6	351,988	Pb-214	U-238	0,2174	0,1971	0,1665	0,1937	0,0256	0,1937 ± 0,0256	13,24	86,76
7	583,704	Tl-208	Th-232	0,4113	0,2635	0,2179	0,2976	0,1011	0,2976 ± 0,1011	33,96	66,04
8	609,841	Bi-214	U-238	0,0713	0,0654	0,0421	0,0596	0,0154	0,0596 ± 0,0154	25,87	74,13
9	910,921	Ac-228	Th-232	0,0927	0,1600	0,1792	0,1440	0,0454	0,1440 ± 0,0454	31,56	68,44
10	1460,304	K-40	K-40	2,8970	3,6082	2,9952	3,1668	0,3854	3,1668 ± 0,3854	12,17	87,83

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- A-3 = Air - 3 (Air Hulu Kali Mas)
- A-4 = Air - 4 (Air Hulu Kali Wonokromo)

- Pb = lead
- Bi = bismuth
- Ra = radium
- Ac = actinium
- Tl = thalium
- K = pottasium



Tabel E.5.C.16 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan air lokasi 5 dan 6

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (Å) (Bq/L)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/L)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Pengukuran							
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
A-5											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	0,3010	0,3050	0,2539	0,2866	± 0,0284	9,92	90,08	
2	75,537	Pb-214	Th-232	0,0628	0,0467	0,0764	0,0620	± 0,0149	23,98	76,02	
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,1121	0,0345	0,0709	0,0725	± 0,0388	53,56	46,44	
4	238,895	Pb-212	Th-232	0,1577	0,1759	0,1478	0,1605	± 0,0143	8,89	91,11	
5	295,693	Pb-214	U-238	0,0770	0,1246	0,1232	0,1083	± 0,0271	25,02	74,98	
6	351,988	Pb-214	U-238	0,5073	0,6406	0,5827	0,5769	± 0,0669	11,59	88,41	
7	583,704	Tl-208	Th-232	0,3525	0,3162	0,1937	0,2875	± 0,0832	28,94	71,06	
8	609,841	Bi-214	U-238	0,2138	0,2072	0,1685	0,1965	± 0,0245	12,46	87,54	
9	910,921	Ac-228	Th-232	0,3090	0,4480	0,2987	0,3519	± 0,0834	23,70	76,30	
10	1460,304	K-40	K-40	6,1348	5,4982	5,6380	5,7570	± 0,3346	5,81	94,19	
A-6											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	0,5199	0,3327	0,5077	0,4534	± 0,1048	23,10	76,90	
2	75,537	Pb-214	Th-232	0,0913	0,1167	0,1175	0,1085	± 0,0149	13,74	86,26	
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,0604	0,0949	0,0532	0,0695	± 0,0223	32,08	67,92	
4	238,895	Pb-212	Th-232	0,2019	0,1825	0,2032	0,1959	± 0,0116	5,94	94,06	
5	295,693	Pb-214	U-238	0,1925	0,2353	0,2464	0,2247	± 0,0285	12,67	87,33	
6	351,988	Pb-214	U-238	0,2754	0,3778	0,3330	0,3287	± 0,0513	15,62	84,38	
7	583,704	Tl-208	Th-232	0,5875	0,5534	0,5085	0,5498	± 0,0396	7,21	92,79	
8	609,841	Bi-214	U-238	0,1527	0,1199	0,1790	0,1506	± 0,0296	19,66	80,34	
9	910,921	Ac-228	Th-232	0,6179	0,4480	0,5376	0,5345	± 0,0850	15,90	84,10	
10	1460,304	K-40	K-40	10,7358	9,6218	11,2759	10,5445	± 0,8435	8,00	92,00	

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- A-5 = Air - 5 (Air Muara Kali Wonokromo)
- A-6 = Air - 6 (Air Pesisir Pantai Wonokromo)

- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = potassium

Tabel E.5.C.17 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan air lokasi 7 dan 8

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (Å) (Bq/L)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/L)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Pengukuran							
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
A-7											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	0,6841	0,4713	0,4062	0,5205	0,1454	0,5205 ± 0,1454	27,92	72,08
2	75,537	Pb-214	Th-232	0,1084	0,0992	0,0823	0,0966	0,0133	0,0966 ± 0,0133	13,74	86,26
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,0518	0,0518	0,1152	0,0729	0,0366	0,0729 ± 0,0366	50,26	49,74
4	238,895	Pb-212	Th-232	0,1073	0,0782	0,1047	0,0967	0,0161	0,0967 ± 0,0161	16,64	83,36
5	295,693	Pb-214	U-238	0,3465	0,3322	0,3012	0,3266	0,0232	0,3266 ± 0,0232	7,10	92,90
6	351,988	Pb-214	U-238	0,2754	0,2957	0,2830	0,2847	0,0102	0,2847 ± 0,0102	3,60	96,40
7	583,704	Tl-208	Th-232	0,3231	0,3953	0,3148	0,3444	0,0443	0,3444 ± 0,0443	12,85	87,15
8	609,841	Bi-214	U-238	0,1324	0,1308	0,0948	0,1193	0,0213	0,1193 ± 0,0213	17,83	82,17
9	910,921	Ac-228	Th-232	0,1854	0,2880	0,3285	0,2673	0,0738	0,2673 ± 0,0738	27,60	72,40
10	1460,304	K-40	K-40	3,7490	3,9518	3,6999	3,8002	0,1335	3,8002 ± 0,1335	3,51	96,49
A-8											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	0,3557	0,4159	0,3046	0,3587	0,0557	0,3587 ± 0,0557	15,52	84,48
2	75,537	Pb-214	Th-232	0,1484	0,1868	0,1763	0,1705	0,0198	0,1705 ± 0,0198	11,64	88,36
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,0604	0,0863	0,1063	0,0843	0,0230	0,0843 ± 0,0230	27,33	72,67
4	238,895	Pb-212	Th-232	0,0694	0,0652	0,0924	0,0756	0,0146	0,0756 ± 0,0146	19,35	80,65
5	295,693	Pb-214	U-238	0,3465	0,4153	0,3012	0,3543	0,0575	0,3543 ± 0,0575	16,22	83,78
6	351,988	Pb-214	U-238	0,3044	0,3614	0,2830	0,3163	0,0405	0,3163 ± 0,0405	12,81	87,19
7	583,704	Tl-208	Th-232	0,5582	0,5007	0,4843	0,5144	0,0388	0,5144 ± 0,0388	7,54	92,46
8	609,841	Bi-214	U-238	0,0509	0,0654	0,0948	0,0704	0,0223	0,0704 ± 0,0223	31,76	68,24
9	910,921	Ac-228	Th-232	0,4326	0,3840	0,4181	0,4116	0,0249	0,4116 ± 0,0249	6,06	93,94
10	1460,304	K-40	K-40	10,9062	12,0273	11,2759	11,4031	0,5712	11,4031 ± 0,5712	5,01	94,99

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- A-7 = Air - 7 (Air Muara Kali Sari)
- A-8 = Air - 8 (Air Pesisir Pantai Kenjeran)

- Pb = lead
- Bi = bismuth
- Ra = radium
- Ac = actinium
- Tl = thalium
- K = potassium

Tabel E.5.C.18 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan air lokasi 9 dan 10

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (Å) (Bq/L)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/L)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Pengukuran							
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
A-9											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	0,5199	0,3327	0,1523	0,3350	0,1838	0,3350 ± 0,1838	54,87	45,13
2	75,537	Pb-214	Th-232	0,1141	0,0934	0,1116	0,1064	0,0113	0,1064 ± 0,0113	10,64	89,36
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,0259	0,0863	0,0798	0,0640	0,0331	0,0640 ± 0,0331	51,82	48,18
4	238,895	Pb-212	Th-232	0,2208	0,2020	0,1971	0,2066	0,0126	0,2066 ± 0,0126	6,07	93,93
5	295,693	Pb-214	U-238	0,1412	0,1246	0,1916	0,1525	0,0349	0,1525 ± 0,0349	22,91	77,09
6	351,988	Pb-214	U-238	0,3044	0,2793	0,2664	0,2833	0,0193	0,2833 ± 0,0193	6,82	93,18
7	583,704	Tl-208	Th-232	0,3819	0,3162	0,3390	0,3457	0,0333	0,3457 ± 0,0333	9,64	90,36
8	609,841	Bi-214	U-238	0,1018	0,0763	0,0526	0,0769	0,0246	0,0769 ± 0,0246	31,96	68,04
9	910,921	Ac-228	Th-232	0,2781	0,2560	0,1792	0,2378	0,0519	0,2378 ± 0,0519	21,83	78,17
10	1460,304	K-40	K-40	7,6684	7,2164	6,3427	7,0758	0,6739	7,0758 ± 0,6739	9,52	90,48
A-10											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	0,3010	0,3050	0,2539	0,2866	0,0284	0,2866 ± 0,0284	9,92	90,08
2	75,537	Pb-214	Th-232	0,1084	0,0876	0,0940	0,0967	0,0107	0,0967 ± 0,0107	11,06	88,94
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,1639	0,1553	0,0975	0,1389	0,0361	0,1389 ± 0,0361	25,99	74,01
4	238,895	Pb-212	Th-232	0,0694	0,0847	0,0924	0,0822	0,0117	0,0822 ± 0,0117	14,23	85,77
5	295,693	Pb-214	U-238	0,2053	0,2215	0,0958	0,1742	0,0684	0,1742 ± 0,0684	39,24	60,76
6	351,988	Pb-214	U-238	0,2029	0,3121	0,1831	0,2327	0,0695	0,2327 ± 0,0695	29,85	70,15
7	583,704	Tl-208	Th-232	0,1763	0,1318	0,1453	0,1511	0,0228	0,1511 ± 0,0228	15,10	84,90
8	609,841	Bi-214	U-238	0,1324	0,1308	0,1158	0,1263	0,0091	0,1263 ± 0,0091	7,23	92,77
9	910,921	Ac-228	Th-232	0,3090	0,4160	0,4480	0,3910	0,0728	0,3910 ± 0,0728	18,62	81,38
10	1460,304	K-40	K-40	3,9194	4,1236	3,8761	3,9731	0,1322	3,9731 ± 0,1322	3,33	96,67

Sumber : Data primer, 2004.

Keterangan :

- A-9 = Air - 9 (Air Pesisir Kedung Cowek)
- A-10 = Air - 10 (Air Hilir Saluran Tambak Wedi)

- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thalium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = potassium

Tabel E.5.C.19 Hasil perhitungan aktivitas cuplikan air lokasi 11 dan 12

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Sumber Deret Alam	Aktivitas (Bq/kg)			Rerata (A) (Bq/L)	Deviasi (ΔA)	Kadar (Bq/L)	Bias (%)	Presisi (P) (%)
				Pengukuran							
				Ke-1	Ke-2	Ke-3					
A-11											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	0,1915	0,2218	0,3046	0,2393	0,0585	0,2393 ± 0,0585	24,46	75,54
2	75,537	Pb-214	Th-232	0,1141	0,1576	0,1175	0,1298	0,0242	0,1298 ± 0,0242	18,64	81,36
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,1035	0,1035	0,0975	0,1015	0,0035	0,1015 ± 0,0035	3,42	96,58
4	238,895	Pb-212	Th-232	0,1893	0,1825	0,2094	0,1937	0,0140	0,1937 ± 0,0140	7,22	92,78
5	295,693	Pb-214	U-238	0,0128	0,0415	0,0137	0,0227	0,0163	0,0227 ± 0,0163	71,97	28,03
6	351,988	Pb-214	U-238	0,2319	0,2793	0,2331	0,2481	0,0270	0,2481 ± 0,0270	10,88	89,12
7	583,704	Tl-208	Th-232	0,2938	0,1318	0,1453	0,1903	0,0899	0,1903 ± 0,0899	47,24	52,76
8	609,841	Bi-214	U-238	0,0916	0,1090	0,0632	0,0879	0,0231	0,0879 ± 0,0231	26,32	73,68
9	910,921	Ac-228	Th-232	0,2781	0,3840	0,2389	0,3003	0,0751	0,3003 ± 0,0751	24,99	75,01
10	1460,304	K-40	K-40	7,3276	6,5291	7,5760	7,1442	0,5470	7,1442 ± 0,5470	7,66	92,34
A-12											
1	47,390	Pb-210	Pb-210	0,9304	1,1089	1,1170	1,0521	0,1055	1,0521 ± 0,1055	10,03	89,97
2	75,537	Pb-214	Th-232	0,0799	0,1109	0,0823	0,0910	0,0173	0,0910 ± 0,0173	18,96	81,04
3	186,620	Ra-226	Ra-226	0,1898	0,1294	0,1241	0,1477	0,0365	0,1477 ± 0,0365	24,70	75,30
4	238,895	Pb-212	Th-232	0,1136	0,1303	0,1416	0,1285	0,0141	0,1285 ± 0,0141	10,98	89,02
5	295,693	Pb-214	U-238	0,0513	0,0969	0,0411	0,0631	0,0297	0,0631 ± 0,0297	47,10	52,90
6	351,988	Pb-214	U-238	0,4058	0,5257	0,5661	0,4992	0,0833	0,4992 ± 0,0833	16,69	83,31
7	583,704	Tl-208	Th-232	0,8226	0,6325	0,5328	0,6626	0,1472	0,6626 ± 0,1472	22,22	77,78
8	609,841	Bi-214	U-238	0,0815	0,0763	0,0842	0,0807	0,0040	0,0807 ± 0,0040	4,98	95,02
9	910,921	Ac-228	Th-232	0,4943	0,4480	0,5077	0,4834	0,0313	0,4834 ± 0,0313	6,48	93,52
10	1460,304	K-40	K-40	8,1797	8,4191	8,1046	8,2344	0,1643	8,2344 ± 0,1643	1,99	98,01

Sumber : Data primer, 2004.

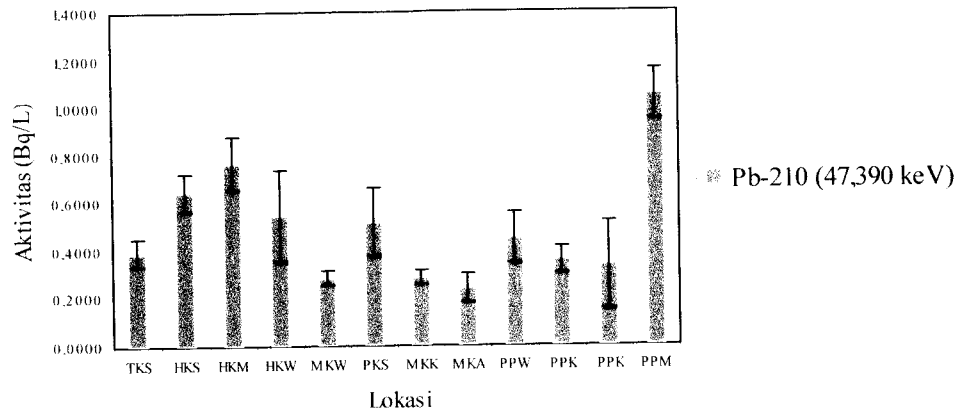
Keterangan :

- A-11 = Air - 11 (Air Muara Kali Anak)
- A-12 = Air - 12 (Air Pesisir Pantai Kali Anak)

- Pb = lead
- Ra = radium
- Tl = thallium
- Bi = bismuth
- Ac = actinium
- K = potassium

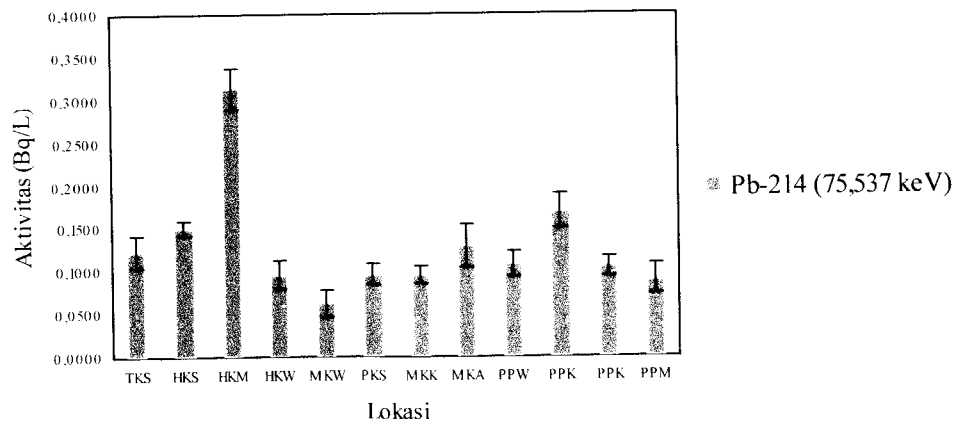
Tinjauan aktivitas setiap nuklida dalam cuplikan air disajikan dalam grafik - grafik berikut ini.

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{210}\text{Pb}$  Tenaga 47,390 keV  
Dalam Cuplikan Air



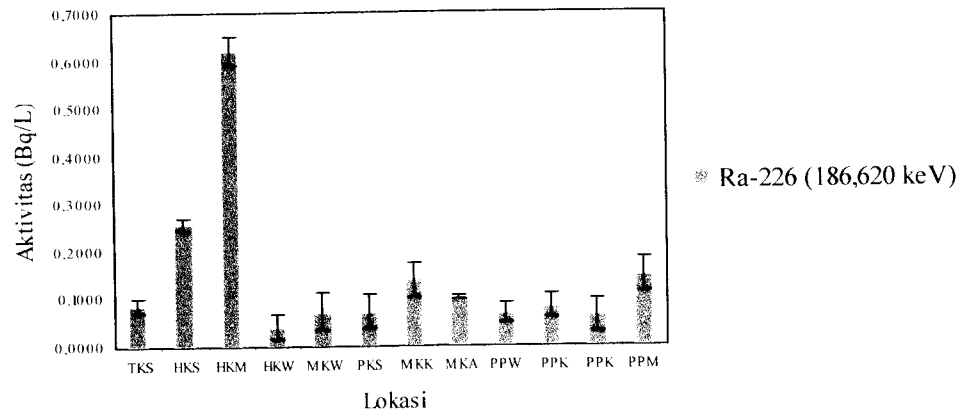
Gambar E.5.C.1 Grafik aktivitas radionuklida  $^{210}\text{Pb}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{214}\text{Pb}$  Tenaga 75,537 keV  
Dalam Cuplikan Air



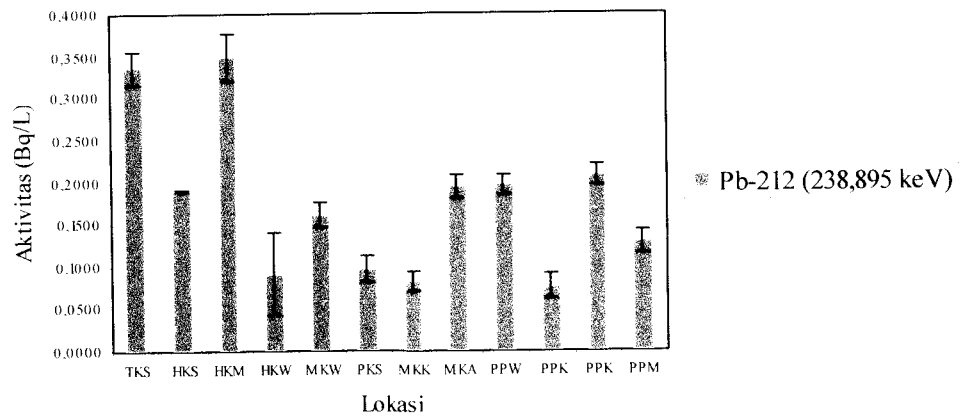
Gambar E.5.C.2 Grafik aktivitas radionuklida  $^{214}\text{Pb}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{226}\text{Ra}$  Tenaga 186,620 keV  
Dalam Cuplikan Air



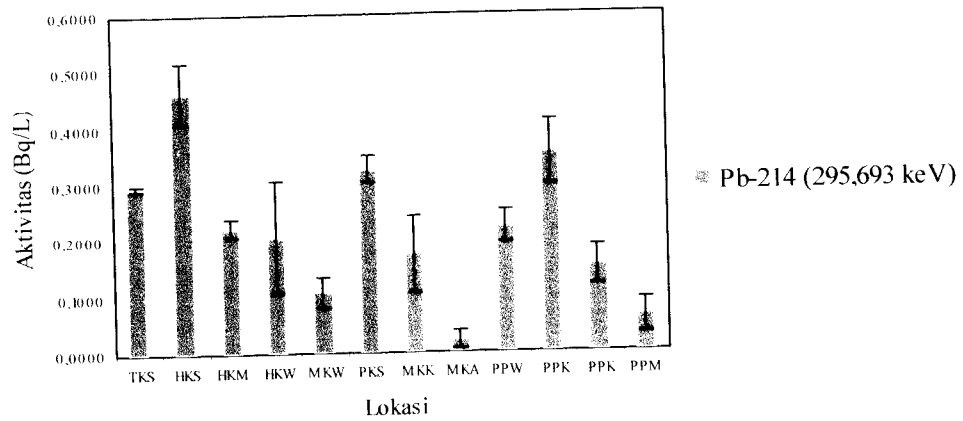
Gambar E.5.C.3 Grafik aktivitas radionuklida  $^{226}\text{Ra}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{212}\text{Pb}$  Tenaga 238,895 keV  
Dalam Cuplikan Air



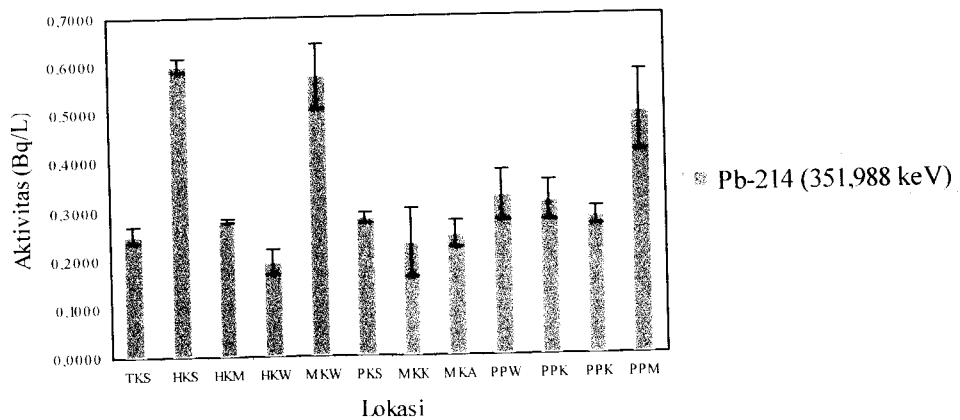
Gambar E.5.C.4 Grafik aktivitas radionuklida  $^{212}\text{Pb}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{214}\text{Pb}$  Tenaga 295,693 keV  
Dalam Cuplikan Air



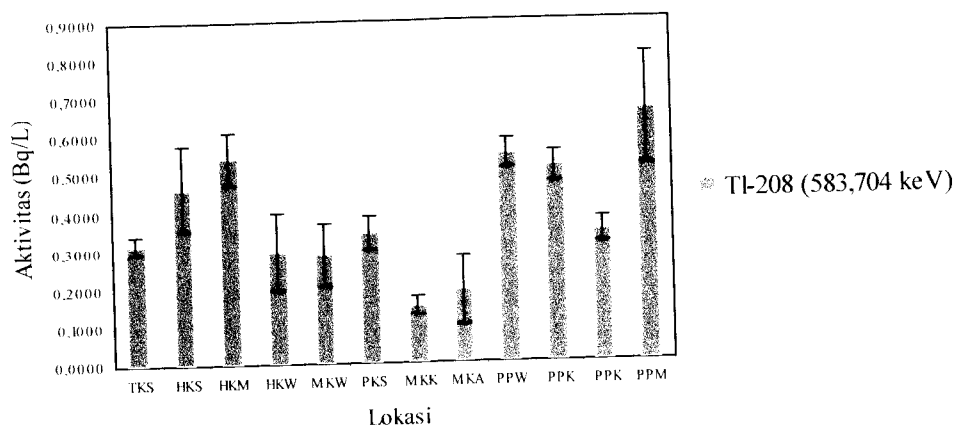
Gambar E.5.C.5 Grafik aktivitas radionuklida  $^{214}\text{Pb}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{214}\text{Pb}$  Tenaga 351,988 keV  
Dalam Cuplikan Air



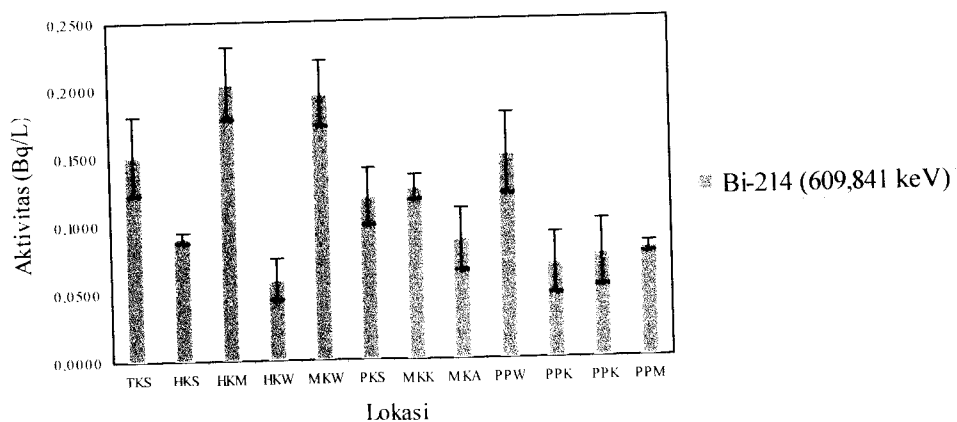
Gambar E.5.C.6 Grafik aktivitas radionuklida  $^{214}\text{Pb}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{208}\text{Tl}$  Tenaga 583,704 keV  
 Dalam Cuplikan Air



Gambar E.5.C.7 Grafik aktivitas radionuklida  $^{208}\text{Tl}$

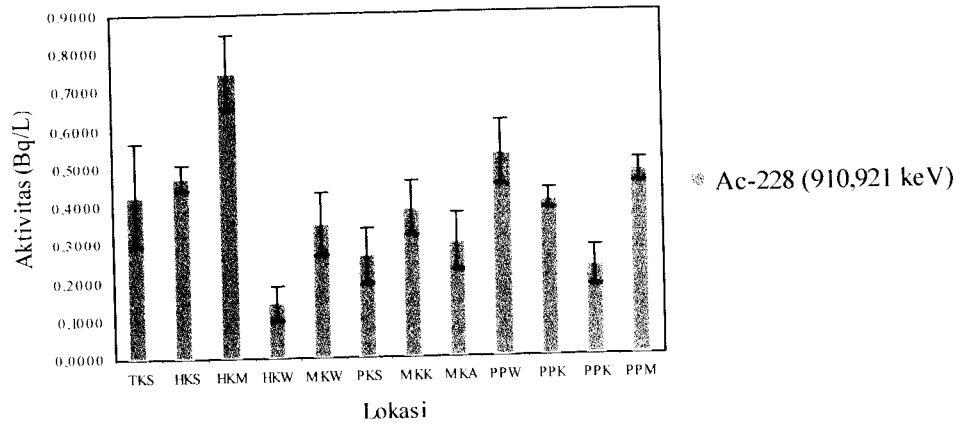
Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{214}\text{Bi}$  Tenaga 609,841 keV  
 Dalam Cuplikan Air



Gambar E.5.C.8 Grafik aktivitas radionuklida  $^{214}\text{Bi}$

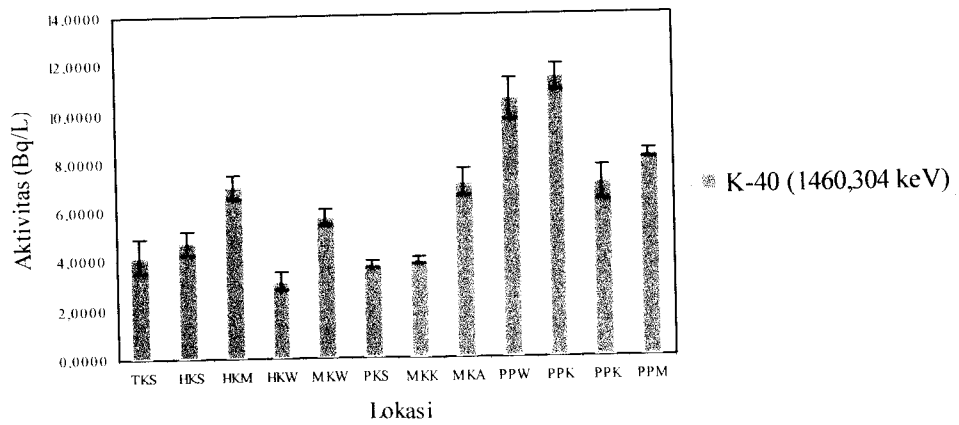


Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{228}\text{Ac}$  Tenaga 910,921 keV  
 Dalam Cuplikan Air



Gambar E.5.C.9 Grafik aktivitas radionuklida  $^{228}\text{Ac}$

Grafik Aktivitas Radionuklida  $^{40}\text{K}$  Tenaga 1460,304 keV  
 Dalam Cuplikan Air



Gambar E.5.C.10 Grafik aktivitas radionuklida  $^{40}\text{K}$

## LAMPIRAN E.6 FAKTOR DISTRIBUSI DAN FAKTOR BIOAKUMULASI

### E.6.A Faktor Distribusi (Fd)

Jika sedimen berinteraksi dengan radionuklida yang terlarut dalam air, maka aktivitas radionuklida dalam fase terlarut akan terjadi penurunan karena radionuklida teradsorpsi oleh partikel sedimen. Secara umum faktor distribusi (Fd) dapat dijadikan persamaan sebagai berikut :

$$Fd (L / Kg) = \frac{\text{Aktivitas radionuklida yang terkandung dalam endapan per unit berat endapan (Bq / kg)}}{\text{Aktivitas radionuklida yang terlarut dalam air per unit volume air (Bq / kg)}}$$

Dari hasil perhitungan aktivitas radionuklida dalam cuplikan sedimen dan cuplikan air, digunakan sebagai variabel perhitungan faktor distribusi. Untuk contoh perhitungan sebagai berikut :

- Radionuklida  $^{210}\text{Pb}$  dengan tenaga 47,390 keV
- Aktivitas radionuklida dalam sedimen = 17,3572 Bq/kg
- Aktivitas radionuklida dalam air = 0,3947 Bq/L
- Faktor distribusi (Fd) dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Fd &= \frac{17,3572 \text{ Bq / kg}}{0,3947 \text{ Bq / L}} \\ &= 43,9776 \text{ L / Kg} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan faktor distribusi setiap lokasi pengambilan cuplikan dapat dilihat halaman E.6 - 2 sampai dengan E.6 - 4.

Tabel E.6.A.1 Faktor distribusi endapan lokasi 1 dan 2

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 1		Lokasi 2		Faktor Distribusi Endapan (L/kg)	Faktor Distribusi Endapan (L/kg)
			Aktivitas		Aktivitas			
			Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)	Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)		
1	47,390	Pb-210	17,3572 ± 0,6520	0,3947 ± 0,0584	20,6965 ± 1,3367	0,6451 ± 0,0785	43,9776	32,0825
2	75,537	Pb-214	10,8098 ± 0,5340	0,1239 ± 0,0191	7,2697 ± 0,2755	0,1510 ± 0,0080	87,2456	48,1354
3	186,620	Ra-226	3,4394 ± 0,2057	0,0869 ± 0,0163	3,4862 ± 0,5480	0,2582 ± 0,0145	39,5860	13,4993
4	238,895	Pb-212	11,3671 ± 1,1689	0,3356 ± 0,0202	10,5598 ± 1,0843	0,1897 ± 0,0010	33,8733	55,6588
5	295,693	Pb-214	7,0190 ± 0,9141	0,2957 ± 0,0052	10,2502 ± 1,7353	0,4625 ± 0,0555	23,7392	22,1616
6	351,988	Pb-214	8,1013 ± 1,1147	0,2523 ± 0,0166	15,1953 ± 1,5093	0,6005 ± 0,0135	32,1138	25,3028
7	583,704	Tl-208	6,5560 ± 0,5159	0,3174 ± 0,0251	9,9718 ± 2,1129	0,4663 ± 0,1133	20,6585	21,3868
8	609,841	Bi-214	3,3541 ± 0,2085	0,1513 ± 0,0284	4,2725 ± 0,6357	0,0912 ± 0,0038	22,1718	46,8429
9	910,921	Ac-228	11,4553 ± 0,8183	0,4307 ± 0,1349	12,4900 ± 0,9453	0,4745 ± 0,0334	26,5962	26,3234
10	1460,304	K-40	177,7195 ± 8,5553	4,2104 ± 0,6707	113,6541 ± 10,5691	4,7278 ± 0,4834	42,2095	24,0393

Sumber : Data primer, 2004.

Tabel E.6.A.2 Faktor distribusi endapan lokasi 3 dan 4

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 3		Lokasi 4		Faktor Distribusi Endapan (L/kg)	Faktor Distribusi Endapan (L/kg)
			Aktivitas		Aktivitas			
			Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)	Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)		
1	47,390	Pb-210	12,7598 ± 1,5348	0,7685 ± 0,1154	8,3079 ± 0,6877	0,5463 ± 0,1915	16,6038	15,2069
2	75,537	Pb-214	5,7505 ± 0,2303	0,3134 ± 0,0238	12,7751 ± 0,4220	0,0968 ± 0,0173	18,3459	131,9380
3	186,620	Ra-226	5,8841 ± 0,6183	0,6210 ± 0,0311	1,9051 ± 0,5061	0,0406 ± 0,0263	9,4749	46,9627
4	238,895	Pb-212	5,1214 ± 0,2273	0,3484 ± 0,0289	14,7572 ± 0,1377	0,0904 ± 0,0486	14,6996	163,2708
5	295,693	Pb-214	4,4176 ± 0,3201	0,2239 ± 0,0162	8,3349 ± 1,4190	0,2079 ± 0,0978	19,7313	40,0920
6	351,988	Pb-214	5,8318 ± 0,8456	0,2792 ± 0,0038	16,9901 ± 1,3139	0,1937 ± 0,0256	20,8860	87,7260
7	583,704	Tl-208	11,0225 ± 1,2618	0,5428 ± 0,0677	10,5009 ± 2,9046	0,2976 ± 0,1011	20,3079	35,2870
8	609,841	Bi-214	3,9525 ± 0,4863	0,2041 ± 0,0269	5,1717 ± 0,9165	0,0596 ± 0,0154	19,3662	86,7702
9	910,921	Ac-228	9,2511 ± 0,8593	0,7510 ± 0,0949	10,4596 ± 0,8799	0,1440 ± 0,0454	12,3179	72,6549
10	1460,304	K-40	116,7893 ± 3,1411	7,0205 ± 0,4900	166,9668 ± 5,1078	3,1668 ± 0,3854	16,6355	52,7246

Sumber : Data primer, 2004.

Tabel E.6.A.3 Faktor distribusi endapan lokasi 5 dan 6

No	Tenaga (keV)	Radionuklida		Lokasi 5		Lokasi 6		Faktor Distribusi Endapan (L/kg)	Faktor Distribusi Endapan (L/kg)
		Aktivitas		Aktivitas		Aktivitas			
		Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)	Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)	Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)		
1	47,390	Pb-210	6,7674 ± 0,3186	0,2866 ± 0,0284	17,3762 ± 0,9676	0,4534 ± 0,1048	23,6122	38,3213	
2	75,537	Pb-214	11,5571 ± 0,1320	0,0620 ± 0,0149	15,3714 ± 0,6440	0,1085 ± 0,0149	186,5504	141,6445	
3	186,620	Ra-226	4,6863 ± 0,3330	0,0725 ± 0,0388	3,0299 ± 0,4503	0,0695 ± 0,0223	64,6313	43,6110	
4	238,895	Pb-212	15,7239 ± 0,4649	0,1605 ± 0,0143	12,8959 ± 0,4396	0,1959 ± 0,0116	97,9722	65,8411	
5	295,693	Pb-214	4,7950 ± 0,3907	0,1083 ± 0,0271	6,0494 ± 1,1140	0,2247 ± 0,0285	44,2910	26,9171	
6	351,988	Pb-214	12,1238 ± 1,7253	0,5769 ± 0,0669	14,8983 ± 1,5174	0,3287 ± 0,0513	21,0162	45,3216	
7	583,704	Tl-208	14,6369 ± 2,2390	0,2875 ± 0,0832	6,5482 ± 0,2417	0,5498 ± 0,0396	50,9115	11,9094	
8	609,841	Bi-214	6,9372 ± 0,8720	0,1965 ± 0,0245	2,8619 ± 0,4214	0,1506 ± 0,0296	35,3072	19,0089	
9	910,921	Ac-228	13,5314 ± 0,6593	0,3519 ± 0,0834	8,9870 ± 0,5509	0,5345 ± 0,0850	38,4550	16,8135	
10	1460,304	K-40	202,4211 ± 7,0541	5,7570 ± 0,3346	144,9282 ± 11,8303	10,5445 ± 0,8435	35,1611	13,7444	

Sumber : Data primer, 2004.

Tabel E.6.A.4 Faktor distribusi endapan lokasi 7 dan 8

No	Tenaga (keV)	Radionuklida		Lokasi 7		Lokasi 8		Faktor Distribusi Endapan (L/kg)	Faktor Distribusi Endapan (L/kg)
		Aktivitas		Aktivitas		Aktivitas			
		Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)	Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)	Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)		
1	47,390	Pb-210	9,6916 ± 0,2738	0,5205 ± 0,1454	12,0447 ± 1,8549	0,3587 ± 0,0557	18,6190	33,5755	
2	75,537	Pb-214	8,1571 ± 0,1604	0,0966 ± 0,0133	4,4282 ± 0,4818	0,1705 ± 0,0198	84,4071	25,9751	
3	186,620	Ra-226	3,1885 ± 0,2694	0,0729 ± 0,0366	2,1105 ± 0,2991	0,0843 ± 0,0230	43,7358	25,0279	
4	238,895	Pb-212	13,9795 ± 0,2597	0,0967 ± 0,0161	6,2590 ± 0,3431	0,0756 ± 0,0146	144,5400	82,7381	
5	295,693	Pb-214	4,3020 ± 0,6126	0,3266 ± 0,0232	6,5772 ± 0,6119	0,3543 ± 0,0575	13,1711	18,5632	
6	351,988	Pb-214	7,9477 ± 0,9671	0,2847 ± 0,0102	6,4342 ± 1,0505	0,3163 ± 0,0405	27,9162	20,3446	
7	583,704	Tl-208	8,4517 ± 0,1851	0,3444 ± 0,0443	11,5116 ± 0,5815	0,5144 ± 0,0388	24,5390	22,3788	
8	609,841	Bi-214	2,3082 ± 0,3534	0,1193 ± 0,0213	2,2616 ± 0,2279	0,0704 ± 0,0223	19,3443	32,1411	
9	910,921	Ac-228	12,2164 ± 0,6759	0,2673 ± 0,0738	4,5497 ± 1,0080	0,4116 ± 0,0249	45,7022	11,0547	
10	1460,304	K-40	156,3975 ± 7,5747	3,8002 ± 0,1335	123,3703 ± 4,9042	11,4031 ± 0,5712	41,1545	10,8190	

Sumber : Data primer, 2004.

Tabel E.6.A.5 Faktor distribusi endapan lokasi 9 dan 10

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 9			Lokasi 10			Faktor Distribusi Endapan (L/kg)	Faktor Distribusi Endapan (L/kg)		
			Aktivitas		Aktivitas		Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)			Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)
			Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)	Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)						
1	47,390	Pb-210	7,5226 ± 0,0942	0,3350 ± 0,1838	22,4577	17,3522 ± 0,5453	0,2866 ± 0,0284	60,5440				
2	75,537	Pb-214	8,9313 ± 0,1878	0,1064 ± 0,0113	83,9491	9,8689 ± 0,0679	0,0967 ± 0,0107	102,0928				
3	186,620	Ra-226	5,2647 ± 0,1553	0,0640 ± 0,0331	82,3093	2,8999 ± 0,2656	0,1389 ± 0,0361	20,8818				
4	238,895	Pb-212	5,8734 ± 0,0719	0,2066 ± 0,0126	28,4238	12,5406 ± 0,6285	0,0822 ± 0,0117	152,6288				
5	295,693	Pb-214	5,4534 ± 0,6090	0,1525 ± 0,0349	35,7685	4,1702 ± 0,6389	0,1742 ± 0,0684	23,9374				
6	351,988	Pb-214	5,2585 ± 0,2286	0,2833 ± 0,0193	18,5592	9,2162 ± 0,9056	0,2327 ± 0,0695	39,6023				
7	583,704	Tl-208	6,2209 ± 0,7998	0,3457 ± 0,0333	17,9938	12,3323 ± 1,5644	0,1511 ± 0,0228	81,6127				
8	609,841	Bi-214	3,7065 ± 0,2509	0,0769 ± 0,0246	48,1808	3,8186 ± 0,8074	0,1263 ± 0,0091	30,2245				
9	910,921	Ac-228	9,1131 ± 1,7070	0,2378 ± 0,0519	38,3295	9,3061 ± 2,2022	0,3910 ± 0,0728	23,8015				
10	1460,304	K-40	155,4680 ± 16,4664	7,0758 ± 0,6739	21,9717	159,6642 ± 5,8726	3,9731 ± 0,1322	40,1868				

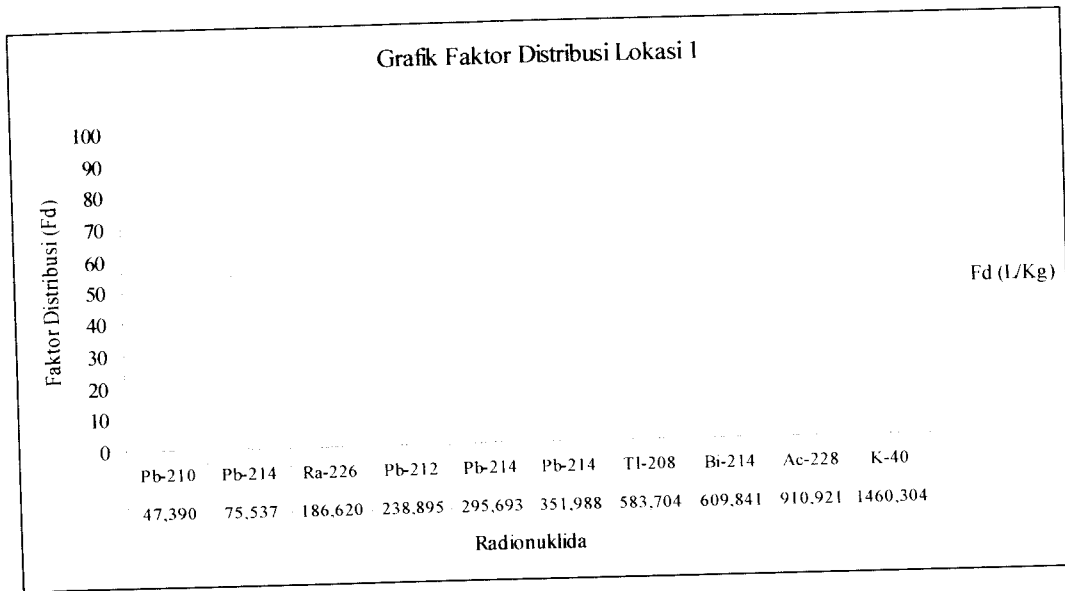
Sumber : Data primer, 2004.

Tabel E.6.A.6 Faktor distribusi endapan lokasi 11 dan 12

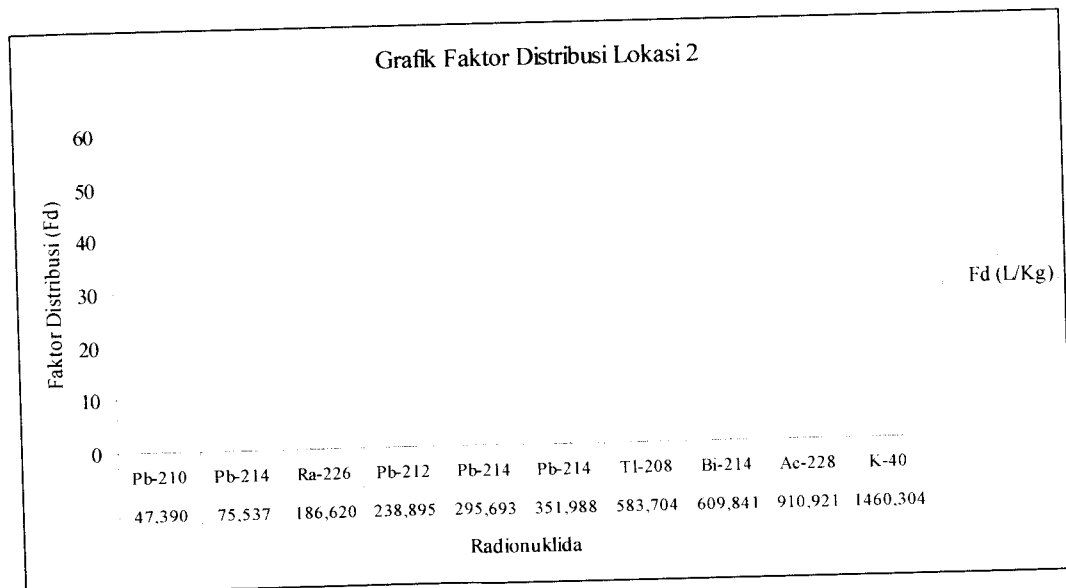
No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 11			Lokasi 12			Faktor Distribusi Endapan (L/kg)	Faktor Distribusi Endapan (L/kg)		
			Aktivitas		Aktivitas		Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)			Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)
			Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)	Endapan (Bq/kg)	Air (Bq/L)						
1	47,390	Pb-210	16,0500 ± 0,8760	0,2393 ± 0,0585	67,0650	8,8437 ± 1,3840	1,0521 ± 0,1055	8,4058				
2	75,537	Pb-214	5,1969 ± 0,1515	0,1298 ± 0,0242	40,0531	11,9181 ± 0,3076	0,0910 ± 0,0173	130,9396				
3	186,620	Ra-226	5,0160 ± 0,1514	0,1015 ± 0,0035	49,4208	2,8976 ± 0,3397	0,1477 ± 0,0365	19,6138				
4	238,895	Pb-212	8,6526 ± 0,4707	0,1937 ± 0,0140	44,6680	15,7025 ± 0,6072	0,1285 ± 0,0141	122,1855				
5	295,693	Pb-214	3,5243 ± 0,3364	0,0227 ± 0,0163	155,3690	3,4543 ± 0,2769	0,0631 ± 0,0297	54,7438				
6	351,988	Pb-214	6,7429 ± 1,1962	0,2481 ± 0,0270	27,1804	7,6267 ± 1,0161	0,4992 ± 0,0833	15,2784				
7	583,704	Tl-208	11,4048 ± 1,6108	0,1903 ± 0,0899	59,9375	20,4320 ± 4,8890	0,6626 ± 0,1472	30,8363				
8	609,841	Bi-214	2,6612 ± 0,3408	0,0879 ± 0,0231	30,2590	5,0149 ± 0,4358	0,0807 ± 0,0040	62,1652				
9	910,921	Ac-228	22,8172 ± 1,0378	0,3003 ± 0,0751	75,9728	14,1497 ± 2,1923	0,4834 ± 0,0313	29,2737				
10	1460,304	K-40	249,4226 ± 12,9479	7,1442 ± 0,5470	34,9124	227,8989 ± 1,8049	8,2344 ± 0,1643	27,6763				

Sumber : Data primer, 2004.

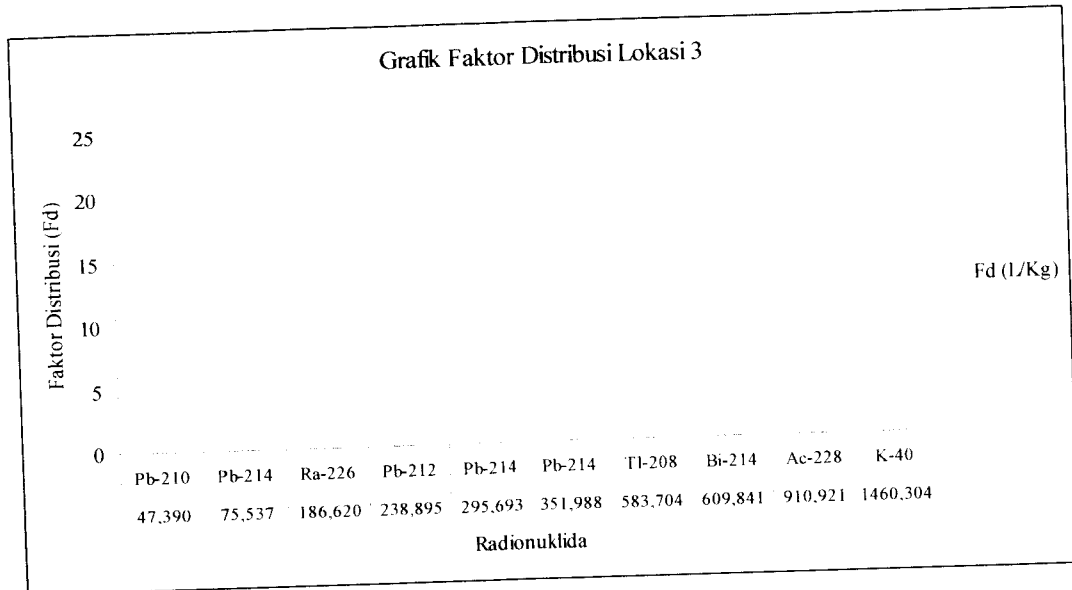
Tinjauan faktor distribusi setiap nuklida pada masing - masing lokasi disajikan dalam grafik - grafik berikut ini.



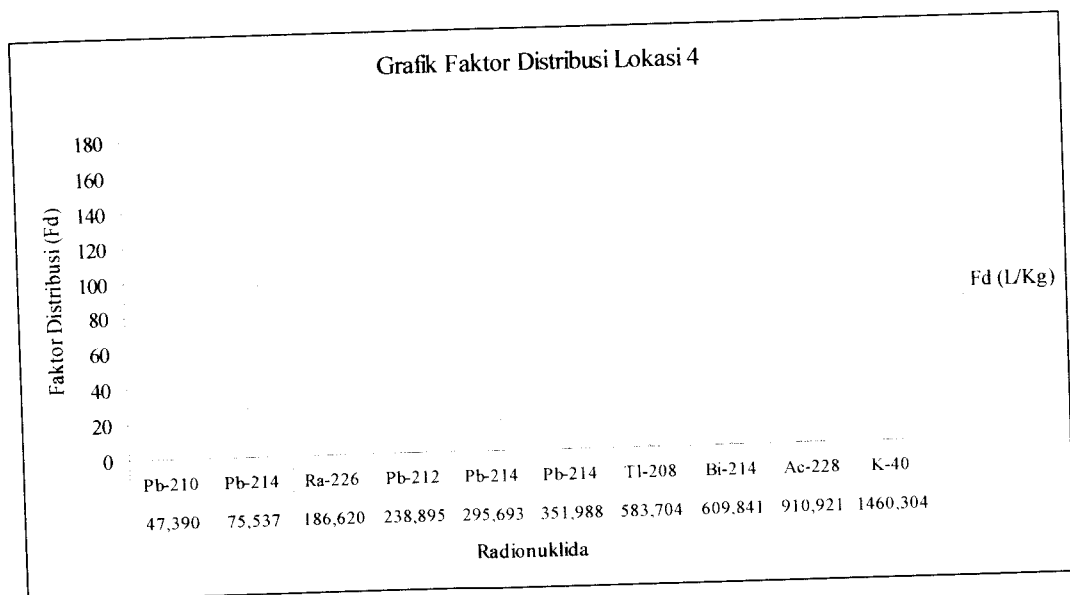
Gambar E.6.A.1 Grafik faktor distribusi lokasi 1



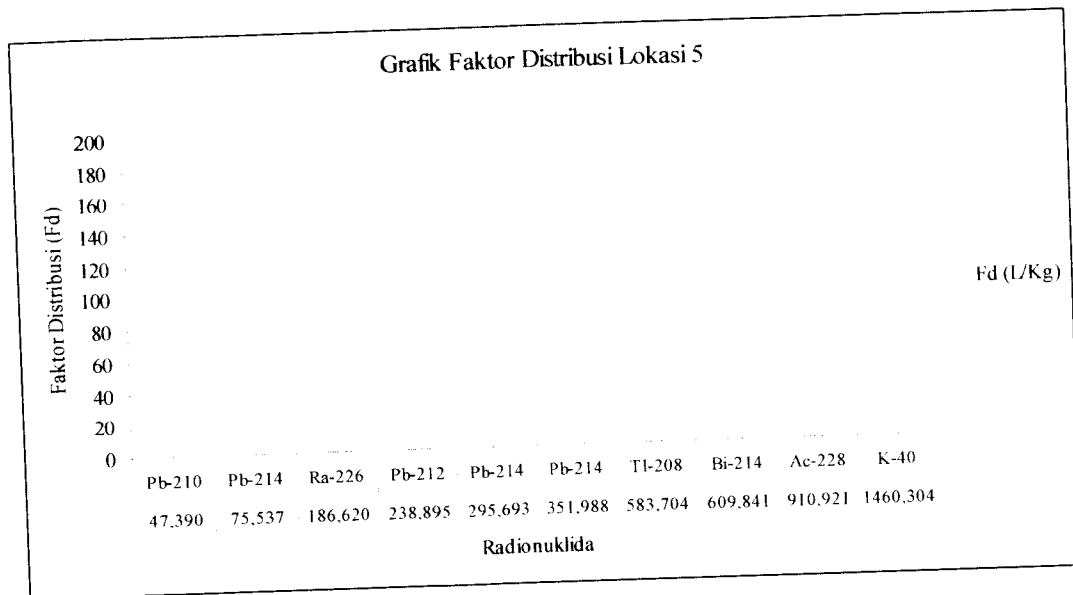
Gambar E.6.A.2 Grafik faktor distribusi lokasi 2



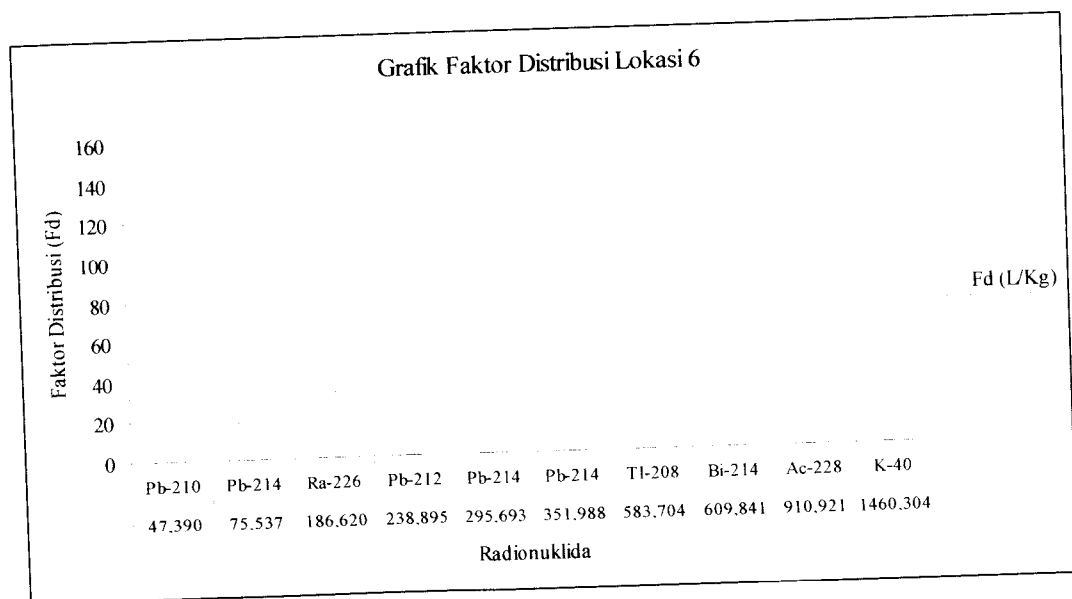
Gambar E.6.A.3 Grafik faktor distribusi lokasi 3



Gambar E.6.A.4 Grafik faktor distribusi lokasi 4

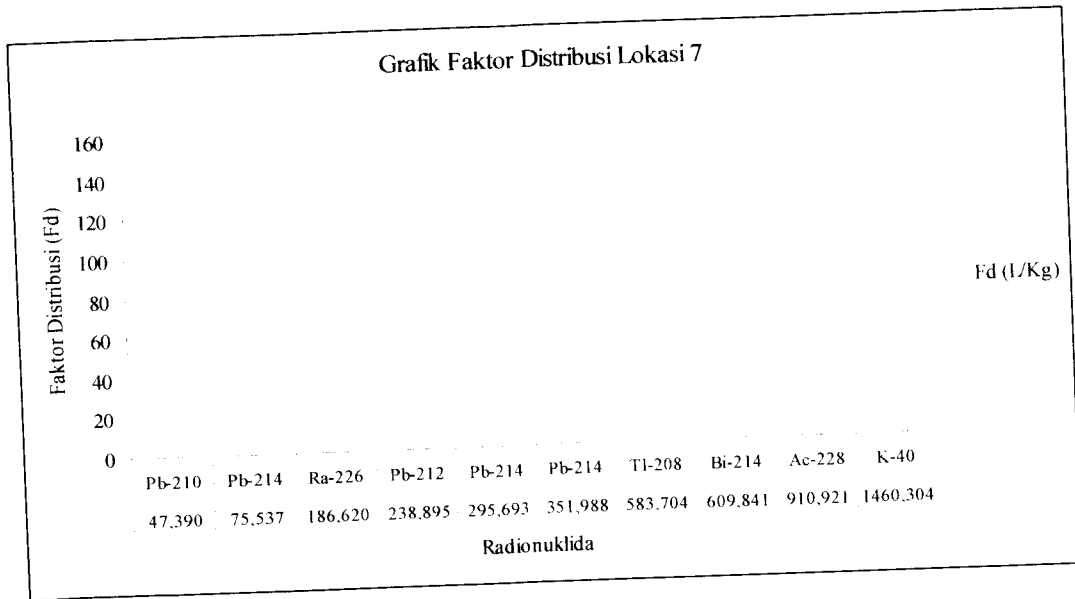


Gambar E.6.A.5 Grafik faktor distribusi lokasi 5

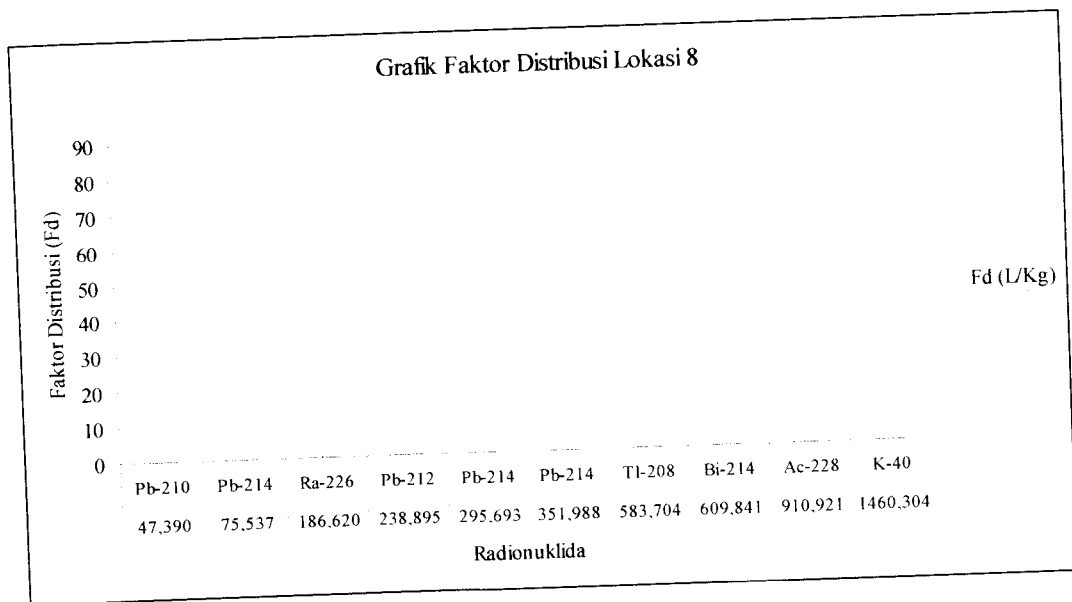


Gambar E.6.A.6 Grafik faktor distribusi lokasi 6

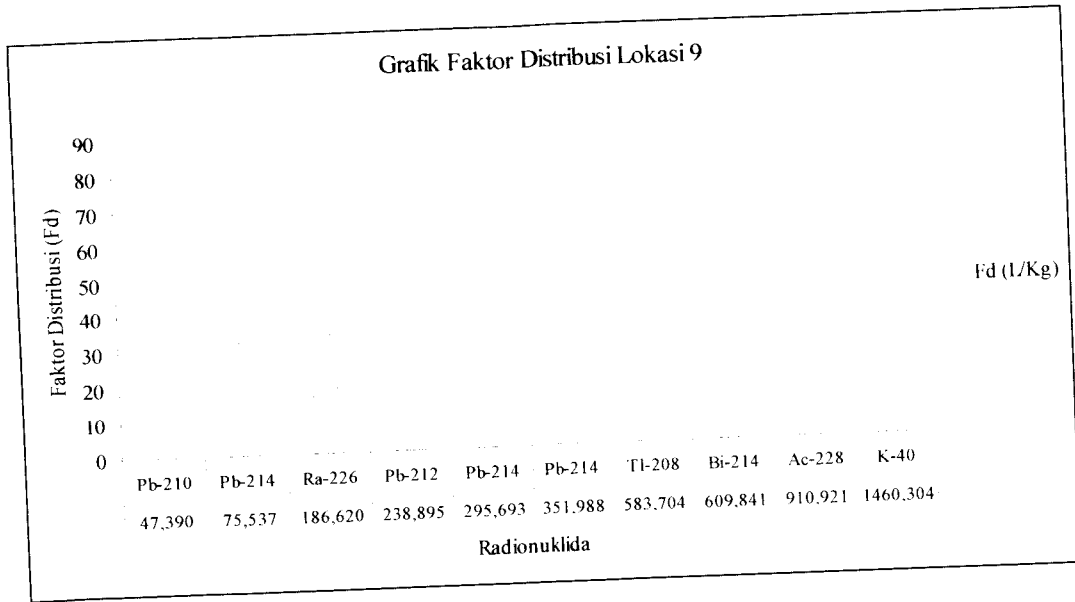




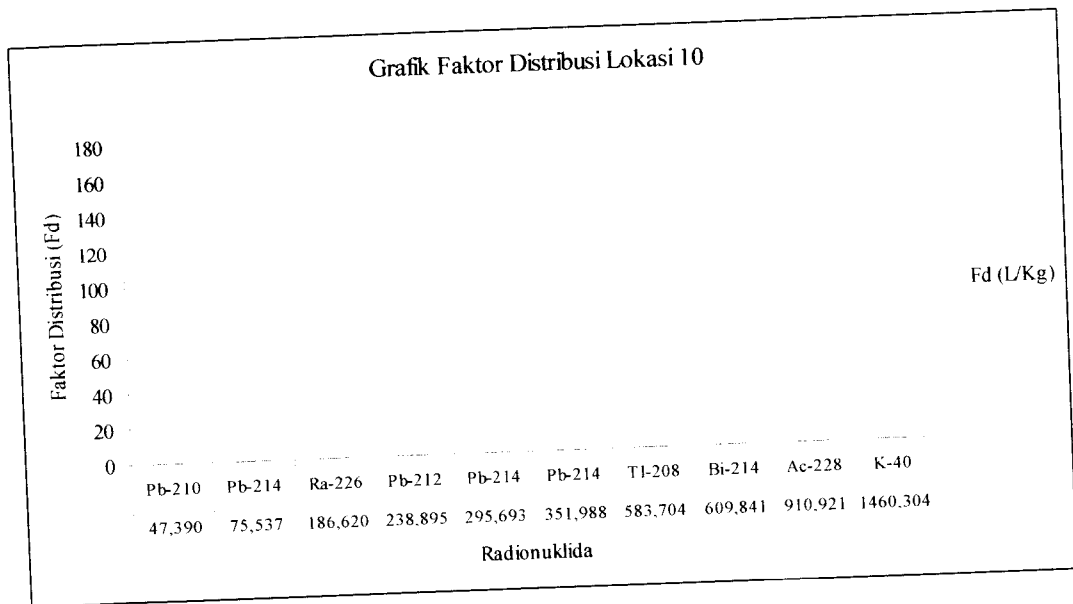
Gambar E.6.A.7 Grafik faktor distribusi lokasi 7



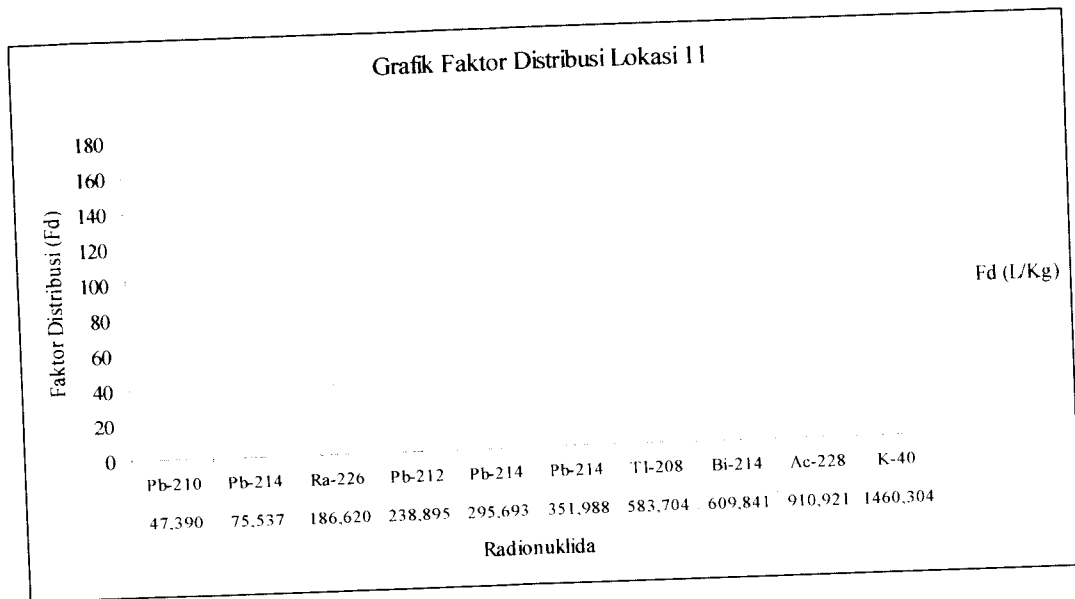
Gambar E.6.A.8 Grafik faktor distribusi lokasi 8



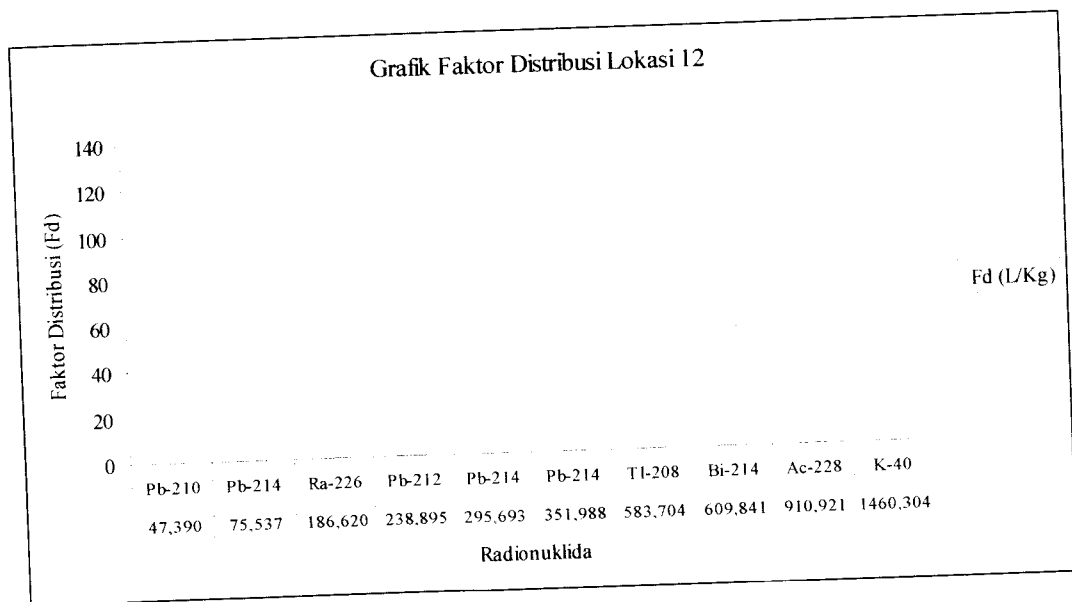
Gambar E.6.A.9 Grafik faktor distribusi lokasi 9



Gambar E.6.A.10 Grafik faktor distribusi lokasi 10



Gambar E.6.A.11 Grafik faktor distribusi lokasi 11



Gambar E.6.A.12 Grafik faktor distribusi lokasi 12

### E.6.B Faktor Bioakumulasi (Bp)

Peralihan radionuklida dari air, melalui berbagai level tropis kehidupan air, untuk organisme-organisme yang dikonsumsi oleh manusia dipadatkan menjadi satu parameter faktor bioakumulasi (Fb). Parameter ini cukup bisa berubah, dengan nilai-nilai yang bertingkat dalam beberapa hal lewat beberapa urutan besaran untuk radionuklida dan organisme yang dimaksud.

Faktor paling penting yang mengatur nilai Fb adalah level tropis organisme. Faktor-faktor lain adalah konsentrasi sedimen, komposisi kimia badan air, sifat kimia radionuklida yang dilepas, karakteristik spesifik untuk organisme air. Fb dapat digambarkan pada persamaan berikut ini (IAEA, 2001 & 2004) :

$$Fb(L / Kg) = \frac{\text{Aktivitas radionuklida yang terkandung dalam biota per unit berat biota (Bq / kg)}}{\text{Aktivitas radionuklida yang terlarut dalam air per unit volume air (Bq / kg)}}$$

Beberapa faktor bisa mempengaruhi gerakan (bioakumulasi) radionuklida dari sedimen menuju tanaman dan hewan. Faktor-faktor tersebut antara lain radionuklida spesifik, tipe tanaman atau hewan, dan sifat sedimen. Dari hasil perhitungan aktivitas radionuklida dalam cuplikan biota dan cuplikan air, digunakan sebagai variabel perhitungan faktor bioakumulasi. Untuk contoh perhitungan sebagai berikut :

- Radionuklida  $^{210}\text{Pb}$  dengan tenaga 47,390 keV
- Aktivitas radionuklida dalam biota = 14,8152 Bq/kg
- Aktivitas radionuklida dalam air = 0,3947 Bq/L
- Faktor bioakumulasi (Fb) dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Fb &= \frac{14,8152 \text{ Bq / kg}}{0,3947 \text{ Bq / L}} \\ &= 37,5371 \text{ L / Kg} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan faktor bioakumulasi setiap lokasi pengambilan cuplikan dapat dilihat halaman E.6 - 12 sampai dengan E.6 - 14.

Tabel E.6.B.1 Faktor bioakumulasi biota lokasi 1 dan 2

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 1			Lokasi 2			Faktor Bioakumulasi Biota (L/kg)
			Aktivitas		Biota (Bq/kg)	Aktivitas		Biota (Bq/kg)	
			Biota (Bq/kg)	Air (Bq/L)		Biota (Bq/kg)	Air (Bq/L)		
1	47,390	Pb-210	14,8152 ± 5,0270	0,3947 ± 0,0584	37,5371	22,4335 ± 0,4874	0,6451 ± 0,0785	34,7751	
2	75,537	Pb-214	20,1067 ± 0,6558	0,1239 ± 0,0191	162,2813	8,1518 ± 1,2141	0,1510 ± 0,0080	53,9763	
3	186,620	Ra-226	5,2418 ± 1,2116	0,0869 ± 0,0163	60,3312	2,7722 ± 1,7579	0,2582 ± 0,0145	10,7345	
4	238,895	Pb-212	4,5424 ± 0,6409	0,3356 ± 0,0202	13,5359	3,1953 ± 1,5422	0,1897 ± 0,0010	16,8419	
5	295,693	Pb-214	11,3283 ± 2,1185	0,2957 ± 0,0052	38,3136	8,3634 ± 3,6240	0,4625 ± 0,0555	18,0822	
6	351,988	Pb-214	10,7457 ± 1,9253	0,2523 ± 0,0166	42,5965	4,8748 ± 1,8065	0,6005 ± 0,0135	8,1174	
7	583,704	Tl-208	6,0681 ± 2,9193	0,3174 ± 0,0251	19,1212	9,1022 ± 1,7302	0,4663 ± 0,1133	19,5217	
8	609,841	Bi-214	3,0061 ± 1,8866	0,1513 ± 0,0284	19,8713	1,8026 ± 0,9138	0,0912 ± 0,0038	19,7638	
9	910,921	Ac-228	6,3086 ± 2,3506	0,4307 ± 0,1349	14,6468	6,5321 ± 1,7257	0,4745 ± 0,0334	13,7667	
10	1460,304	K-40	351,1033 ± 20,0959	4,2104 ± 0,6707	83,3893	454,5228 ± 39,3436	4,7278 ± 0,4834	96,1375	

Sumber : Data primer, 2004.

Tabel E.6.B.2 Faktor bioakumulasi biota lokasi 4 dan 5

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 4			Lokasi 5			Faktor Bioakumulasi Biota (L/kg)
			Aktivitas		Biota (Bq/kg)	Aktivitas		Biota (Bq/kg)	
			Biota (Bq/kg)	Air (Bq/L)		Biota (Bq/kg)	Air (Bq/L)		
1	47,390	Pb-210	9,8401 ± 3,5289	0,7685 ± 0,1154	12,8046	15,7285 ± 4,0111	0,5463 ± 0,1915	28,7896	
2	75,537	Pb-214	9,2818 ± 1,1669	0,3134 ± 0,0238	29,6121	7,1024 ± 2,2833	0,0968 ± 0,0173	73,3518	
3	186,620	Ra-226	0,3454 ± 0,3541	0,6210 ± 0,0311	0,5562	3,0337 ± 2,6416	0,0406 ± 0,0263	74,7833	
4	238,895	Pb-212	7,0664 ± 1,0797	0,3484 ± 0,0289	20,2823	4,2364 ± 1,3156	0,0904 ± 0,0486	46,8703	
5	295,693	Pb-214	2,3258 ± 0,6407	0,2239 ± 0,0162	10,3882	14,1614 ± 4,5649	0,2079 ± 0,0978	68,1186	
6	351,988	Pb-214	7,0959 ± 1,3197	0,2792 ± 0,0038	25,4131	11,1994 ± 2,0605	0,1937 ± 0,0256	57,8263	
7	583,704	Tl-208	10,0504 ± 1,4317	0,5428 ± 0,0677	18,5169	17,7304 ± 3,1971	0,2976 ± 0,1011	59,5809	
8	609,841	Bi-214	2,9206 ± 0,2528	0,2041 ± 0,0269	14,3102	5,6224 ± 2,4217	0,0596 ± 0,0154	94,3305	
9	910,921	Ac-228	5,6584 ± 1,0318	0,7510 ± 0,0949	7,5342	9,2444 ± 1,4204	0,1440 ± 0,0454	64,2139	
10	1460,304	K-40	379,2362 ± 15,5693	7,0205 ± 0,4900	54,0185	423,1713 ± 24,2716	3,1668 ± 0,3854	133,6286	

Sumber : Data primer, 2004.

Tabel E.6.B.3 Faktor bioakumulasi biota lokasi 6 dan 7

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 6			Lokasi 7			Faktor Bioakumulasi Biota (L/kg)
			Aktivitas		Aktivitas		Faktor Bioakumulasi Biota (L/kg)		
			Biota (Bq/kg)	Air (Bq/L)	Biota (Bq/kg)	Air (Bq/L)			
1	47,390	Pb-210	16,0884 ± 7,5289	0,2866 ± 0,0284	29,7551 ± 12,3083	0,4534 ± 0,1048	56,1344	212,1574	
2	75,537	Pb-214	13,1435 ± 1,3632	0,0620 ± 0,0149	15,7057 ± 1,6168	0,1085 ± 0,0149	23,1497	4,6304 ± 2,8032	
3	186,620	Ra-226	1,6785 ± 0,8963	0,0725 ± 0,0388	34,5157	0,1959 ± 0,0116	32,1881	7,8672 ± 1,2333	
4	238,895	Pb-212	5,5396 ± 1,3815	0,1605 ± 0,0143	9,7810 ± 3,6039	0,2247 ± 0,0285	22,0563	9,7810 ± 1,1935	
5	295,693	Pb-214	3,4847 ± 2,2014	0,1083 ± 0,0271	5,6521 ± 1,1935	0,3287 ± 0,0513	73,9340	0,5498 ± 0,0396	
6	351,988	Pb-214	12,7238 ± 2,5977	0,5769 ± 0,0669	19,5319 ± 6,8818	0,1506 ± 0,0296	21,9570	0,5345 ± 0,0850	
7	583,704	Tl-208	21,2558 ± 12,8877	0,2875 ± 0,0832	9,3760 ± 7,1604	0,1506 ± 0,0296	28,1966	379,1808 ± 53,6272	
8	609,841	Bi-214	4,3142 ± 1,9704	0,1965 ± 0,0245	19,0883 ± 2,9025	0,5345 ± 0,0850	48,1522		
9	910,921	Ac-228	9,9217 ± 3,3891	0,3519 ± 0,0834					
10	1460,304	K-40	277,2107 ± 28,2818	5,7570 ± 0,3346					

Sumber : Data primer, 2004.

Tabel E.6.B.4 Faktor bioakumulasi biota lokasi 8 dan 9

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 8			Lokasi 9			Faktor Bioakumulasi Biota (L/kg)
			Aktivitas		Aktivitas		Faktor Bioakumulasi Biota (L/kg)		
			Biota (Bq/kg)	Air (Bq/L)	Biota (Bq/kg)	Air (Bq/L)			
1	47,390	Pb-210	11,8787 ± 3,3942	0,5205 ± 0,1454	22,8207	0,3587 ± 0,0557	22,8207	9,6746 ± 5,4373	
2	75,537	Pb-214	5,3236 ± 2,6164	0,0966 ± 0,0133	55,0866	0,1705 ± 0,0198	17,5226	2,6752 ± 0,5029	
3	186,620	Ra-226	1,2775 ± 0,6614	0,0729 ± 0,0366	67,4970	0,0843 ± 0,0230	17,5226	4,7205 ± 0,2183	
4	238,895	Pb-212	6,5281 ± 0,7306	0,0967 ± 0,0161	15,1429	0,0756 ± 0,0146	67,4970	1,5034 ± 0,4282	
5	295,693	Pb-214	4,9461 ± 0,1811	0,3266 ± 0,0232	48,2454	0,3543 ± 0,0575	15,1429	0,8355 ± 0,6503	
6	351,988	Pb-214	13,7354 ± 2,1712	0,2847 ± 0,0102	63,8361	0,3163 ± 0,0405	48,2454	8,3919 ± 2,6196	
7	583,704	Tl-208	21,9863 ± 10,3835	0,3444 ± 0,0443	44,6170	0,5144 ± 0,0388	44,6170	2,7669 ± 0,9344	
8	609,841	Bi-214	5,3238 ± 4,0503	0,1193 ± 0,0213	21,7673	0,0704 ± 0,0223	21,7673	3,8805 ± 0,7772	
9	910,921	Ac-228	5,8185 ± 1,8810	0,2673 ± 0,0738	46,7998	0,4116 ± 0,0249	46,7998	3,8835 ± 0,8614	
10	1460,304	K-40	177,8510 ± 10,9384	3,8002 ± 0,1335		11,4031 ± 0,5712		278,2115 ± 10,3222	

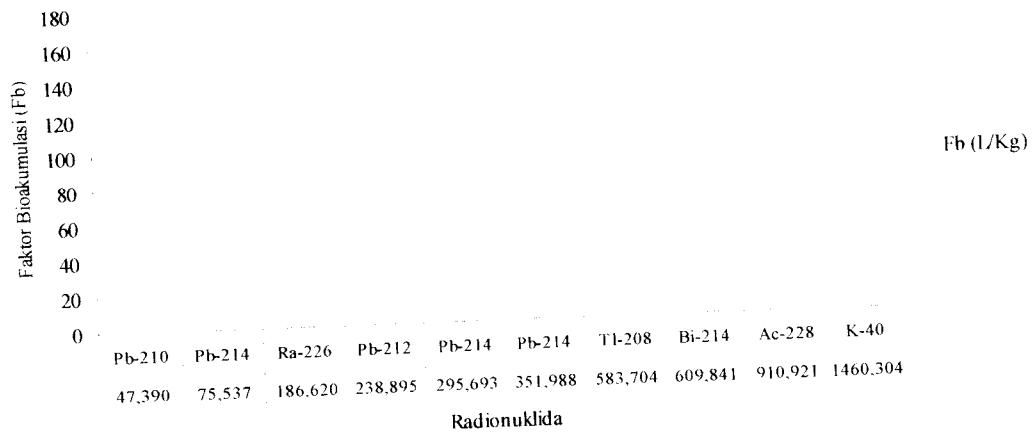
Sumber : Data primer, 2004.

No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Lokasi 10				Lokasi 12			
			Aktivitas		Bioakumulasi		Aktivitas		Bioakumulasi	
			Biota (Bq/kg)	Air (Bq/L)	Biota (L/kg)	Air (Bq/L)	Biota (Bq/kg)	Air (Bq/L)	Biota (L/kg)	Air (Bq/L)
1	47,390	Pb-210	20,5407 ± 3,6403	0,3350 ± 0,1838	61,3212	33,6707 ± 6,5047	0,2866 ± 0,0284	117,4812	0,2866 ± 0,0284	
2	75,537	Pb-214	5,8179 ± 0,4122	0,1064 ± 0,0113	54,6856	7,4277 ± 0,4237	0,0967 ± 0,0107	76,8389	0,0967 ± 0,0107	
3	186,620	Ra-226	2,0795 ± 1,8490	0,0640 ± 0,0331	32,5112	1,6144 ± 0,8620	0,1389 ± 0,0361	11,6253	0,1389 ± 0,0361	
4	238,895	Pb-212	5,5508 ± 1,5379	0,2066 ± 0,0126	26,8625	5,9341 ± 1,1536	0,0822 ± 0,0117	72,2220	0,0822 ± 0,0117	
5	295,693	Pb-214	4,2297 ± 2,4603	0,1525 ± 0,0349	27,7422	3,0680 ± 0,6928	0,1742 ± 0,0684	17,6107	0,1742 ± 0,0684	
6	351,988	Pb-214	10,6063 ± 4,4725	0,2833 ± 0,0193	37,4336	6,8021 ± 2,5347	0,2327 ± 0,0695	29,2288	0,2327 ± 0,0695	
7	583,704	Tl-208	9,5763 ± 0,9144	0,3457 ± 0,0333	27,6995	11,6170 ± 7,3042	0,1511 ± 0,0228	76,8785	0,1511 ± 0,0228	
8	609,841	Bi-214	5,1249 ± 1,5084	0,0769 ± 0,0246	66,6185	2,9373 ± 0,4874	0,1263 ± 0,0091	23,2486	0,1263 ± 0,0091	
9	910,921	Ac-228	6,9587 ± 1,8317	0,2378 ± 0,0519	29,2683	5,6653 ± 1,5218	0,3910 ± 0,0728	14,4896	0,3910 ± 0,0728	
10	1460,304	K-40	471,4368 ± 34,0683	7,0758 ± 0,6739	66,6263	268,6768 ± 16,7110	3,9731 ± 0,1322	67,6248	3,9731 ± 0,1322	

Sumber : Data primer, 2004.

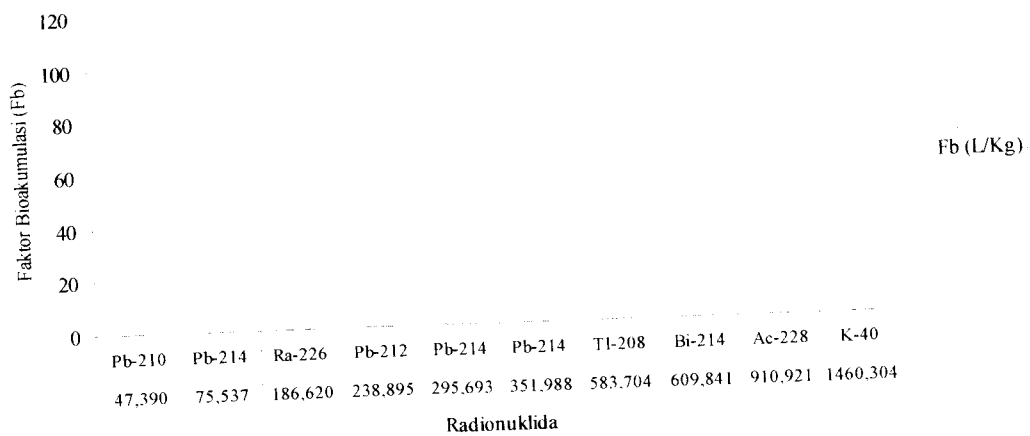
Tinjauan faktor bioakumulasi setiap nuklida pada masing - masing lokasi disajikan dalam grafik - grafik berikut ini.

Grafik Faktor Bioakumulasi Lokasi 1



Gambar E.6.B.1 Grafik faktor bioakumulasi lokasi 1

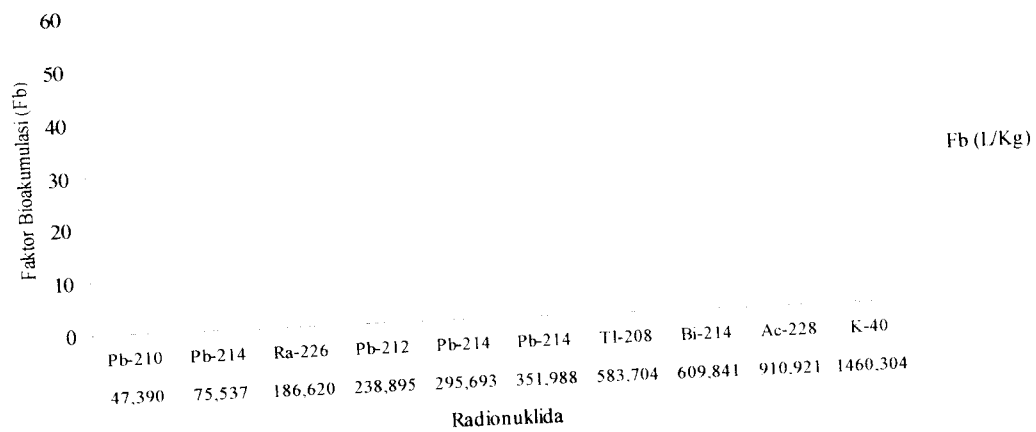
Grafik Faktor Bioakumulasi Lokasi 2



Gambar E.6.B.2 Grafik faktor bioakumulasi lokasi 2

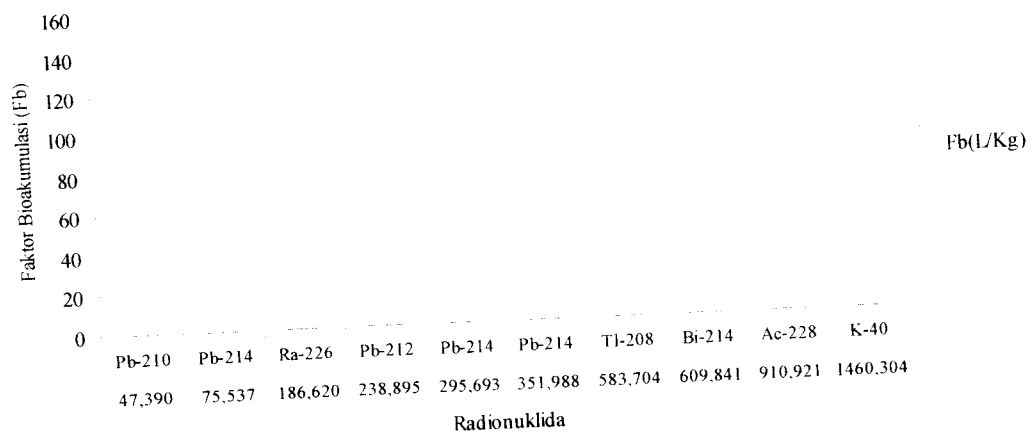


Grafik Faktor Bioakumulasi Lokasi 4



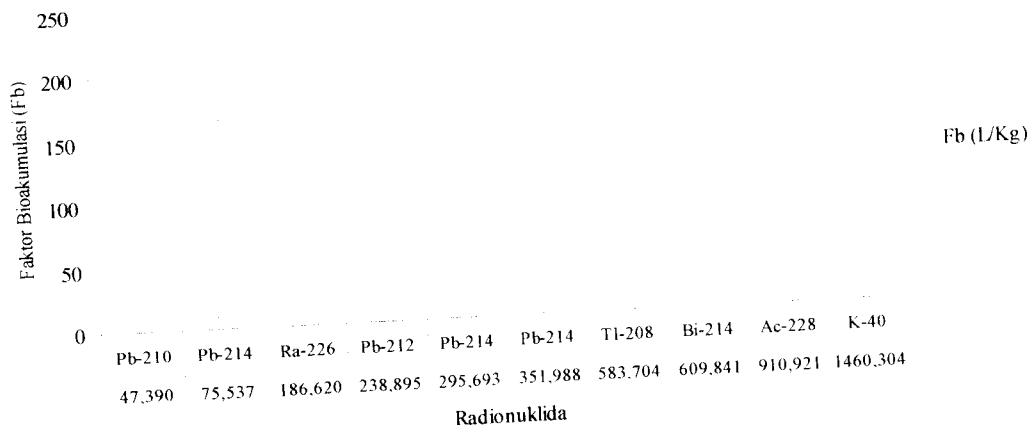
Gambar E.6.B.3 Grafik faktor bioakumulasi lokasi 4

Grafik Faktor Bioakumulasi Lokasi 5



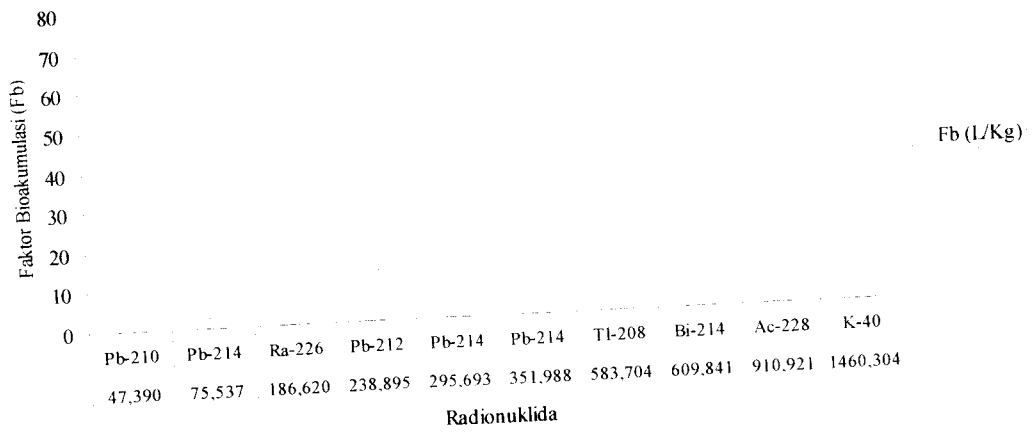
Gambar E.6.B.4 Grafik faktor bioakumulasi lokasi 5

Grafik Faktor Bioakumulasi Lokasi 6



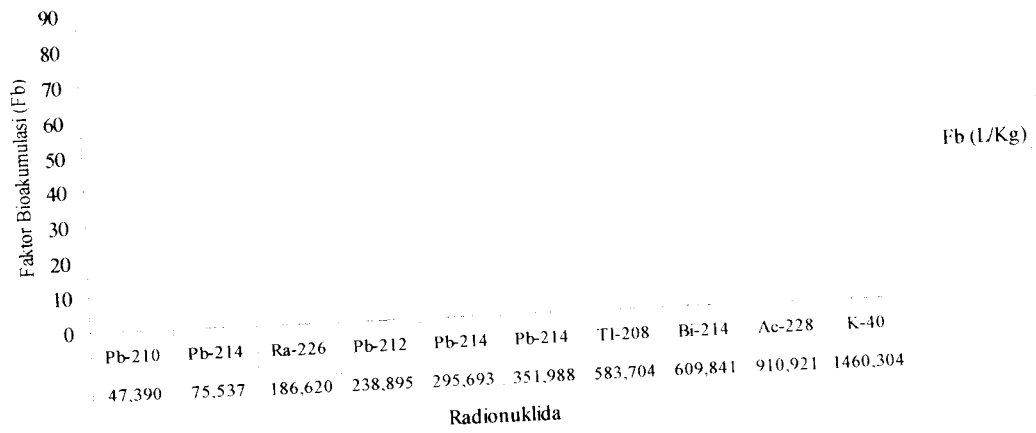
Gambar E.6.B.5 Grafik faktor bioakumulasi lokasi 6

Grafik Faktor Bioakumulasi Lokasi 7



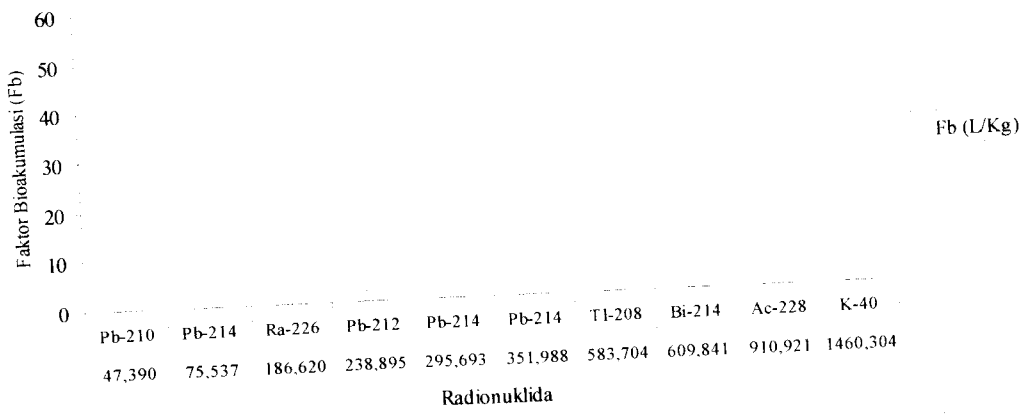
Gambar E.6.B.6 Grafik faktor bioakumulasi lokasi 7

Grafik Faktor Bioakumulasi Lokasi 8



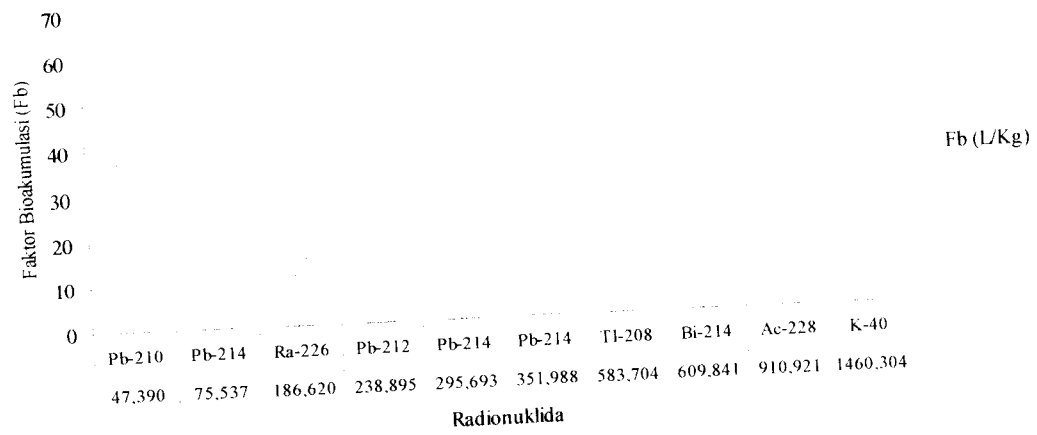
Gambar E.6.B.7 Grafik faktor bioakumulasi lokasi 8

Grafik Faktor Bioakumulasi Lokasi 9



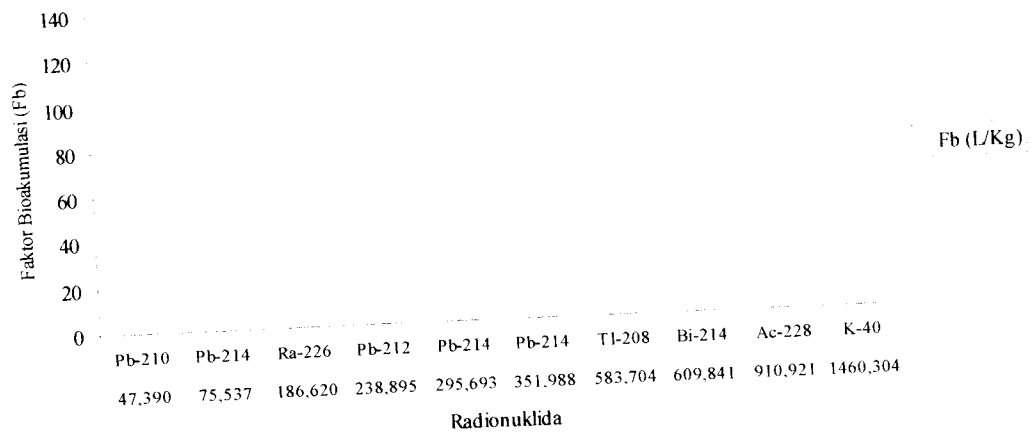
Gambar E.6.B.8 Grafik faktor bioakumulasi lokasi 9

Grafik Faktor Bioakumulasi Lokasi 10



Gambar E.6.B.9 Grafik faktor bioakumulasi lokasi 10

Grafik Faktor Bioakumulasi Lokasi 12



Gambar E.6.B.10 Grafik faktor bioakumulasi lokasi 12