



LAPORAN PENELITIAN DOSEN MUDA  
TAHUN ANGGARAN 2001

KKC  
KK  
577.727  
Pra  
P

## PENGUKURAN AKTIVITAS DAN DISTRIBUSI RADIONUKLIDA DALAM EKOSISTEM PERAIRAN ESTUARI PESISIR SURABAYA

Peneliti:

**Drs. SISTOJO PRAMUSISWOJO**  
**SURYANI DYAH ASTUTI, S.Si., M.Si.**  
**Drs. SISWANTO, M.Si.**

3000337023141



### LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai Oleh Bagian Proyek Peningkatan Kualitas Sumber Daya Manusia  
DIP Nomor : 059/XXIII/--/2001 Tanggal 1 Januari 2001  
Kontrak Nomor : 021/LIT/BPPK-SDM/III/2001  
Ditbinlitabmas, Ditjen Dikti, Depdiknas  
Nomor Urut : 48

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS AIRLANGGA

Nopember, 2001



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS AIRLANGGA

LEMBAGA PENELITIAN

- |                                      |                                       |  |
|--------------------------------------|---------------------------------------|--|
| 1. Puslit Pembangunan Regional.      | 5. Puslit Pengembangan Gizi (5995720) | 9. Puslit Kependudukan dan Pembangunan (5995719) |
| 2. Puslit Obat Tradisional           | 6. Puslit/Studi Wanita (5995722)      | 10. Puslit/Kesehatan Reproduksi                  |
| 3. Puslit Pengembangan Hukum         | 7. Puslit Olahraga                    |  |
| 4. Puslit Lingkungan Hidup (5995718) | 8. Puslit Bioenergi                   |  |

Kampus C Unair, Jl. Mulyorejo Surabaya 60115 Telp. (031) 5995246, 5995248, 5995247 Fax. (031) 5995346  
E-mail: lpunair@rad.net.id - http://www.geocities.com/Athens/Olympus/6223

3000337023141

IDENTITAS DAN PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN DOSEN MUDA

1. a. Judul Penelitian	: pengukuran Aktivitas dan distribusi radionuklida dalam ekosistem perairan Estuari pesisir Surabaya
b. Macam Penelitian	: I / II / III *)
2. Kepala Proyek Penelitian	
a. Nama Lengkap dan Gelar	: Drs. Sistojo Pramasiswojo
b. Jenis Kelamin	: Laki - laki
c. Pangkat/Golongan dan NIP.	: pembina tk. I / IV B/ 130178014
d. Jabatan Fungsional	: Lektor kepala
e. Fakultas / Puslit / Jurusan	: MIPA / fisika
f. Univ./Inst./Akademi/ST.	: Universitas Airlangga
g. Bidang Ilmu Yang Diteliti	: fisika lingkungan
3. Jumlah Tim Peneliti	: 3 Orang
4. Lokasi Penelitian	: Surabaya
5. Bila Penelitian ini merupakan peningkatan kerjasama kelembagaan sebutkan :	
a. Nama Instansi	: -
b. Alamat	: -
6. Jangka Waktu Penelitian	: 8 Bulan
7. Biaya Yang Diperlukan	: Rp 5.000.000,- ( Lima juta rupiah )

Surabaya, 10 Januari 2002

Ketua Peneliti.

*[Signature]*  
Drs. Sistojo Pramasiswojo  
NIP. 130 178 014

Mengetahui/  
Dekan Fak. Puslit :  
*[Signature]*  
Drs. H.A. Latief Turhan, M.S.  
NIP. 131 286 709

Menyetujui :  
Ketua Lembaga Penelitian Unair.



*[Signature]*  
Prof. Dr. H. Sarmanu, M.S.  
NIP. 130 701 125



Scan Eksp. 2001 - 016 - 2001 - MIPA

## RINGKASAN PENELITIAN

**Pengukuran Aktivitas dan Distribusi Radionuklida Dalam Perairan Estuari Pesisir Surabaya (Sistojo Pramuiswojo, Siswanto, Suryani Dyah Astuti, 2001, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, 28 Halaman)**

Kajian terhadap kualitas perairan pesisir Surabaya perlu dilakukan, terutama dari aspek radioekologi. Hal ini penting karena sampai sekarang data aktivitas radionuklida di daerah ini masih kurang. Selain itu daerah pesisir Surabaya merupakan wilayah yang sarat dengan berbagai fungsi, antara lain kedermagaan, kawasan industri, pemukiman dan tempat buangan limbah domestik serta tempat aktivitas sebagian nelayan mendapatkan sumber daya laut.

Untuk mengkaji kualitas perairan dari aspek radioekologi tersebut, perlu dilakukan pengukuran radioaktivitas yang berkaitan dengan paparan radiasi (gross  $\alpha$  dan gross  $\beta$ ) identifikasi radionuklida dan akumulasinya dalam komponen-komponen pengukuran ekosistem perairan tersebut, yaitu faktor distribusi dan faktor bioakumulasinya.

Pengambilan sampel dilakukan di daerah pesisir Morokrembangan dan Kenjeran. Sampel yang diambil terdiri dari cuplikan air, sedimen dan biota (tumbuhan bakau dan kerang). Biota tersebut dipilih karena mobilitasnya rendah dan hidup di dasar perairan serta memiliki daya tahan tinggi dalam mengakumulasi polutan tanpa mematikan hidupnya. Masing-masing sampel dikeringkan atau dipekatkan disesuaikan dengan kebutuhan dan peralatan yang tersedia kemudian di cacah menggunakan Geiger Muller dan Spektrometer  $\beta$ ,  $\gamma$ .

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut. Konsentrasi aktivitas gross  $\alpha$  dan gross  $\beta$  dalam air pantai Morokrembangan dan Kenjeran masih di bawah ambang batas syarat mutu perairan yang diperbolehkan pemerintah (PP 20 tahun 1990). Aktivitas di sedimen di kedua tempat tersebut relatif lebih tinggi dibandingkan dalam air maupun biota. Selain itu, di kedua tempat ini dapat diidentifikasi radionuklida K-40, Tl-208 dan Pb-212, yang mana radionuklida K-40 memiliki faktor distribusi dan faktor bioakumulasi paling tinggi dibandingkan dengan radionuklida lainnya.

## Summary

Measurement of Activity and Distribution of Radionuclides in the Surabaya Beach Waters (Sistojo Pramuiswojo, Siswanto, Suryani Dyah Astuti, 200, Departement of Physics, Airlangga University, 28 pages).

The study of waters quality in Surabaya beach obliged do, especially from radioecology aspect. It's importance, because up to now too little datas radionuclied activity in this area. Other wise, Surabaya beach area have many functions, i.e., quay wall, industrial, district, and domestic dump banishment area. To do that radioecology aspect, necessary to measurement radioactivity gross  $\alpha$  and gross  $\beta$ , identified radionuclied and it's accumulation, i.e., distribution and bioaccumulation factors.

Samples of this research take from Morokrempangan and Kenjeran beach area. It is contains, waters, sediment and biota (bakau and shell fish) fragment. The reason to choice of this biota are slowly mobility, living in the waters ground and have strunggle power. Each of samples fragment dehidrated and concentrated available instruments, than counts by Geiger Muller counter and spectrometer  $\beta$ ,  $\gamma$ .

The results of research are here. The activity concentration of gross  $\alpha$  and gross  $\beta$  in the Kenjeran and Morokrempangan beach waters still under limit condition quality permits by goverment (PP 20, 1990). In both areas, activity in the sediment higher than in water or biota. Besides that, we identified K-40, Tl-208 and Pb-212 radionuclied, wich K-40 radionuclied have distribution and bioaccumulation factor higher than others.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadapan Allah Yang Esa, karena berkat karunia-Nya penelitian ini dapat terselesaikan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pencemaran radiasi, jenis dan besarnya radiasi yang terjadi di perairan Surabaya. Kajian ini penting, karena selama ini evaluasi terhadap pencemaran radionuklida pada lingkungan di Surabaya masih jarang dilakukan.

Di kesempatan ini, kami mengucapkan banyak terima kasih kepada Bagian Proyek Peningkatan Kualitas Sumber Daya Manusia, DIKTI, Depdiknas yang telah memberikan kepercayaan dalam membiayai penelitian. Tak lupa kami ucapkan terima kasih pula kepada kolega-kolega di Laboratorium Fisika Radiasi yang telah membantu hingga selesainya penelitian ini.

Mudah-mudahan penelitian ini dapat bermanfaat sebagai informasi terkait dengan radioekologi di Surabaya.

Surabaya, November 2001

**Ketua Peneliti**

## DAFTAR ISI

	<u>Halaman</u>
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN	.....i
RINGKASAN PENELITIAN	.....ii
SUMMARY	....iii
KATA PENGANTAR	....iv
DAFTAR ISI	.....v
DAFTAR GAMBAR	.....vi
DAFTAR TABEL	....vii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>.....1</b>
1.1. Latar Belakang Permsalahan	.....1
1.2. Rumusan Masalah	.....2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>.....3</b>
1.1. Hukum Peluruhan Radioaktif	.....3
1.2. Peluruhan $\alpha$	.....4
1.3. Peluruhan $\beta$	.....6
1.4. Peluiruhan gamma	.....7
1.5. Detektor Geiger Muller	.....8
1.6. Multichanel Analyzer	....10
1.7. Radioaktivitas Lingkungan Perairan	....11
<b>BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN</b>	<b>....13</b>
1.1. Tujuan Penelitian	....13
1.2. Manfaat Penelitian	....13
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>	<b>....14</b>
4.1. Bahan dan Peralatan Penelitian	....14
4.2. Prosedur Penelitian	....14
4.3. Analisis Data	....16
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>....18</b>
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>....26</b>
1.1. Kesimpulan	....26
1.2. Saran- Saran	....27
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>....28</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	<u>Halaman</u>
Gambar 2-1. Detektor GM	.....8
Gambar 2-2. Tegangan Vs laju cacah pada detektor GM	.....9
Gambar 2-3. Jendela pada SCA	....10
Gambar 4.1. Peta daerah penelitian	....16
Gambar 5-1. Spektrum $\gamma$ radioisotop $\text{Eu}^{152}$	....23

## DAFTAR TABEL

Tabel 5.1.	Sampel olahan pada penelitian	.....18
Tabel 5.2.	Pencacah sumber radioisotop Am <sup>241</sup> dan Sr <sup>90</sup> untuk pengujian efisiensi detektor $\alpha$ dan $\beta$	.....19
Tabel 5.3.	Hasil perhitungan cacahan gross $\alpha$	.....20
Tabel 5-4.	Hasil perhitungan cacah gross $\beta$	.....21
Tabel 5.5.	Kalibrasi energi spektrometer $\gamma$	.....22
Tabel 5.6.	Hasil Identifikasi Radionuklida pemancar $\gamma$	.....23
Tabel 5-7	Konsentrasi Aktivitas Pemancar $\gamma$	.....24
Tabel 5-8	Faktor distribusi dan faktor bioakumulasi Radionuklida	.....25



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Di alam oleh suatu sebab terdapat inti-inti atom yang bersifat tidak stabil, yang akan berubah sendiri sehingga menjadi atom yang stabil. Proses perubahan ini dapat memakan waktu yang sangat lama maupun sangat pendek, dapat menjadi inti lain yang tidak stabil ataupun langsung menjadi inti yang stabil. Pada proses tersebut untuk memenuhi hukum kekekalan tenaga dan massa, selalu terjadi pemancaran partikel-partikel tertentu yang memiliki panjang gelombang dan tenaga tertentu yang dinamakan radiasi. Radiasi yang dipancarkan oleh radionuklida terdiri dari tiga macam sinar, yaitu sinar  $\alpha$ , sinar  $\beta$  dan  $\gamma$ , yang memiliki sifat dan daya tembus berbeda satu terhadap lainnya.

Radiasi dapat terjadi secara alamiah dan buatan. Radiasi alamiah dapat berasal dari sinar kosmis dan radionuklida. Sinar kosmis terjadi karena adanya radiasi dari angkasa luar yang sampai ke bumi, sedangkan radionuklida alamiah berasal dari peluruhan empat macam radionuklida alam. Radiasi buatan dapat terjadi dari radionuklida buatan efek peralatan, kecelakaan reaktor daya, jatuhnya uji coba nuklir atau kecelakaan kapal selam nuklir (Syarbini, dkk, 1999).

Dengan demikian mudah dipahami bahwa bila terjadi pengotoran alam oleh radiasi selalu berasal dari sumber-sumber di atas. Dalam keadaan tertentu aktivitas radiasi lingkungan dapat meningkat bila terjadi kontaminasi dari sumber-sumber tersebut. Kontaminasi radiasi dapat tersebar pada lingkungan udara, air dan tanah melalui berbagai macam proses.

Lingkungan perairan estuari Surabaya merupakan suatu ekosistem yang khas karena menjadi tempat akumulasi berbagai kontaminan yang berasal dari lepasan langsung jatuhnya dari atmosfer dan disposisi dari daratan.

Pesisir Surabaya merupakan wilayah yang sarat dengan berbagai fungsi. Wilayah darat pesisir menjadi tempat aktivitas kedermagaan, kawasan industri dan kawasan permukiman. Wilayah laut pesisir merupakan tempat bermuara sungai Kenjeran dan sungai Morokrembangan serta menjadi tempat buangan limbah domestik (Subakir, 1999).

Oleh sebab itu kajian terhadap kualitas perairan pesisir Surabaya perlu dilakukan, terutama dari aspek radiologi. Untuk membahas kualitas perairan dari aspek radiologi, perlu dilakukan kajian radioaktivitas yang berkaitan dengan paparan radiasi, identifikasi radionuklida dan akumulasinya dalam komponen-komponen penyusun ekosistem perairan tersebut. Penelitian ini dianggap penting karena sampai sekarang data aktivitas radionuklida yang dilaporkan masih kurang (Taftazani, dkk, 1998).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang permasalahan di atas, dapat diajukan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Berapa paparan radiasi  $\alpha$  dan  $\beta$  (gross) dalam perairan estuari pesisir Surabaya (air, sedimen dan biota) ?
2. Radionuklida apa sajakah yang terdapat dalam perairan pesisir Surabaya serta berapakah akumulasinya ?

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Saat ini aktivitas dalam pengetahuan dan teknologi nuklir menjadi semakin meningkat sesuai dengan makin bertambah majunya bidang tersebut. Perkembangan ini banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan, teknologi dan industri. Bidang kesehatan merupakan salah satu contoh pemanfaatan teknologi nuklir. Di bidang ini, pengetahuan tentang dosis radiasi dan sifat absorpsi suatu materi atau interaksi radiasi dengan jaringan suatu organisme berperan penting. Interaksi radiasi dengan suatu materi melibatkan pemindahan energi menjadi kalor. Oleh sebab itu, paparan radiasi yang berlebihan akan dapat merusak struktur sel sel atau jaringan tubuh bahkan struktur bahan. Berkaitan dengan fenomena radiasi tersebut, diperlukan beberapa pengetahuan dasar tentang fisika radiasi dan bidang-bidang lain yang berkaitan, terutama kemungkinan terjadinya akumulasi radiasi di sekitar kehidupan.

#### 2.1 Hukum Peluruhan Radioaktif

Setiap inti tak stabil akan meluruh menjadi bagian-bagian lain (inti baru dan partikel) yang memenuhi hukum kekekalan massa-energi, muatan listrik dan momentum sudut total. Laju proses peluruhannya dapat digambarkan sebagai berikut. Inti tak stabil mula-mula dinamakan inti induk, sedangkan inti hasil peluruhannya dinamakan inti turunan. Proses peluruhan ini merupakan proses statistik. Kebolehjadian suatu inti untuk meluruh pada suatu waktu ke waktu adalah tertentu. Untuk sejumlah inti sejenis kebolehjadian meluruh adalah sama untuk masing-masing inti dan tidak bergantung dari pengaruh luar. Kebolehjadian suatu inti meluruh dalam interval waktu  $dt$  adalah sebanding dengan interval tersebut (Krane, 1992). Kebolehjadian meluruh  $\sim dt$  atau kebolehjadian meluruh  $= \lambda dt$ . Di sini  $\lambda$  adalah tetapan peluruhan/disintegrasi kebolehjadian terjadinya peluruhan persatuan waktu. Kebolehjadian tak meluruh adalah  $1 - \lambda dt$ .

Jika cacah inti radioaktif pada saat  $t$  adalah  $N$  maka cacah inti meluruh selama  $dt$  adalah

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \quad (2-1)$$

Jika jumlah inti tak stabil mula-mula sbelum meluruh adalah  $N_0$ , maka jumlah inti yang terjadi setelah waktu  $t$  adalah :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2-2)$$

Aktivitas radioaktif didefinisikan sebagai laju peluruhan yaitu cacah inti radioaktif yang meluruh tiap satuan waktu,

$$\text{Aktivitas} = -\frac{dN}{dt} \text{ atau}$$

$$\text{Aktivitas} = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \text{ (peluruhan/sekon [ Bq])}$$

Untuk inti turunan yang bersifat stabil, cacah inti turunan yang dihasilkan adalah

$$N(t)_{\text{turunan}} = N_0(1 - e^{-\lambda t}) \quad (2-3)$$

Jika peluruhan terjadi secara berantai, maka jumlah inti turunan stabil yang dihasilkan adalah :

$$N_2(t) = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_0 (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) \quad (2-4)$$

disini  $N_0$ ,  $N_2(t)$ ,  $\lambda_1$  dan  $\lambda_2$  secara berturut-turut adalah cacah inti sebelum peluruhan, cacah inti stabil yang terbentuk pada saat  $t$ , tetapan peluruhan inti satu (radioaktif) dan tetapan peluruhan inti dua (stabil).

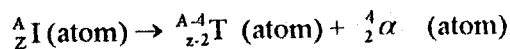
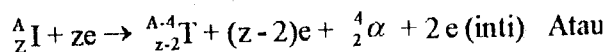
## 2.2 Peluruhan $\alpha$

Suatu inti radioaktif tertentu ( $Z > 82$ ) secara spontan meluruh menjadi inti turunan dengan memancarkan inti Helium ( $\text{He}_2^4$ ) atau partikel  $\alpha$ .

Berdasarkan kekekalan muatan dan nukleon; peluruhan  $\alpha$  memenuhi reaksi yang dinyatakan oleh



dengan I dan T adalah inti induk dan inti turunan. Persamaan reaksi peluruhan di atas adalah untuk inti, yang dapat dinyatakan dalam atom dengan menambah sejumlah elektron yang sesuai,



Jika inti induk mula-mula dalam keadaan rehat, hukum kekekalan energi memberikan

$$E_{\text{tot}} \text{ sebelum} = E_{\text{tot}} \text{ sesudah}$$

$$m_I c^2 + 0 = m_T c^2 + (E_k)_T + m_\alpha c^2 + (E_k)_\alpha$$

$$(m_I - m_T - m_\alpha) c^2 = (E_k)_T + (E_k)_\alpha \quad (2-5)$$

dengan  $m_I$ ,  $m_T$ ,  $m_\alpha$ ,  $(E_k)_T$  dan  $(E_k)_\alpha$  secara berturut-turut adalah massa atom induk, massa atom turunan, massa atom  $\alpha$ , energi kinetik turunan dan energi kinetik  $\alpha$ .

Energi kinetik tidak pernah negatif, sehingga dari persamaan (2-5) diperoleh;

$$m_I > m_T + m_\alpha \quad (2-6)$$

yang merupakan syarat agar terjadi peluruh  $\alpha$ . Energi yang dilepaskan pada peluruhan disebut energi disintegrasi  $Q$  dan dengan menggunakan hukum kekekalan momentum diperoleh :

$$Q = \frac{A}{A-4} (E_k)_\alpha \quad (2-7)$$

Inti-tinti yang meluruh dengan memancarkan  $\alpha$  adalah inti-inti dengan nomor atom  $Z$  yang besar, demikian pula nomor massanya  $A$  juga besar, sehingga

$$(E_k)_\alpha \approx Q \text{ (untuk } A \gg 4) \quad (2-8)$$

Energi peluruhan seluruhnya diberikan kepada partikel  $\alpha$  sebagai energi kinetik, sedangkan energi kinetik turunan dapat dianggap sama dengan nol.

Energi disintegrasi  $Q$  ini sama dengan selisih energi dari keadaan awal dan energi dari keadaan akhir yang sifatnya diskret. Dengan demikian spektrum energi dari partikel  $\alpha$  bersifat diskret pula.

### 2.3 Peluruhan $\beta$

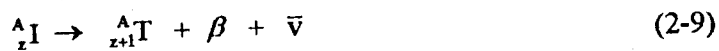
Peluruhan  $\beta$  dapat didefinisikan sebagai proses peluruhan radioaktif dengan muatan inti berubah tanpa terjadi perubahan cacah nukleon. Contoh peluruhan  $\beta$  adalah  ${}^{12}_3\text{B}$  menjadi  ${}^{12}_6\text{C}$  dan  ${}^{12}_7\text{N}$  menjadi  ${}^{12}_6\text{C}$ . Ketiga inti tersebut memiliki cacah nukleon yang sama, tetapi cacah proton dan netronnya berbeda. Atom  ${}^{12}_6\text{C}$  adalah inti stabil dengan cacah proton dan netron yang sama, yaitu 6. Boron terlalu banyak neutronnya, sedangkan nitrogen terlalu banyak protonnya. Inti Boron yang tidak stabil ini meluruh dengan mengubah satu netronnya menjadi proton untuk menjadi inti karbon. Agar muatan listriknya kekal, satu muatan negatif (elektron) dibentuk.

Jika elektron harus berada di dalam inti dengan ukuran diameter berorde besar  $10^{-14}\text{m}$ , menurut ketidakpastian Heisenberg, elektron tersebut harus memiliki momentum

$$\text{dengan lebar jangkau } \Delta p \sim \frac{h}{\Delta x} = 20 \frac{\text{MeV}}{c}$$

Eksperimen membuktikan bahwa energi partikel  $\beta$  dalam peluruhan biasanya kurang dari 1 MeV (Kusminarto, 1990) sehingga elektron dengan energi 20 MeV tidak dapat berada di dalam inti dan diemisikan sebagai radiasi yang disebut sebagai sinar beta.

Karena elektron tidak dapat tinggal dalam inti maka harus dikeluarkan dan diemisikan sebagai radiasi yang disebut sinar beta.



Pada peluruhan  $\beta$  selalu dipancarkan neutrino atau antineutrino, yang merupakan partikel netral yang tak bermassa seperti foton. Neutrino dan antineutrino pada mulanya merupakan partikel yang dipostulatkan oleh Pauli tahun 1931 (Krane, 1992) sebelum akhirnya terbukti dari pengamatan bahwa keduanya bertanggung jawab atas terjadinya kekekalan energi spin. Misalnya pada proses peluruhan  $\beta$  dari neutron menjadi proton dan elektron, tanpa kehadiran antineutrino maka akan melanggar hukum kekekalan momentum sudut. Akibatnya distribusi energi sinar beta mempunyai spektrum yang kontinu. Hal ini dapat dipahami karena energi peluruhan  $Q$  tidak hanya diberikan pada beta tetapi juga diberikan kepada neutrino/antineutrino.

$$Q = (E_k)_e + (E_k)_\nu \quad (2-10)$$

## 2.4 Peluruhan gamma

Suatu inti dapat berbeda ditingkat tereksitasinya sebagai akibat dari peluruhan  $\alpha$ , peluruhan  $\beta$  atau tumbukan dengan neutron. Dalam menuju tingkat dasarnya, inti tersebut melepas energi dalam bentuk radiasi gamma.

Energi sinar gamma yang dipancarkan sama dengan selisih antara tingkat-tingkat energi dari inti yang melakukan transisi.

$$E_\gamma = \Delta E \quad (2-11)$$

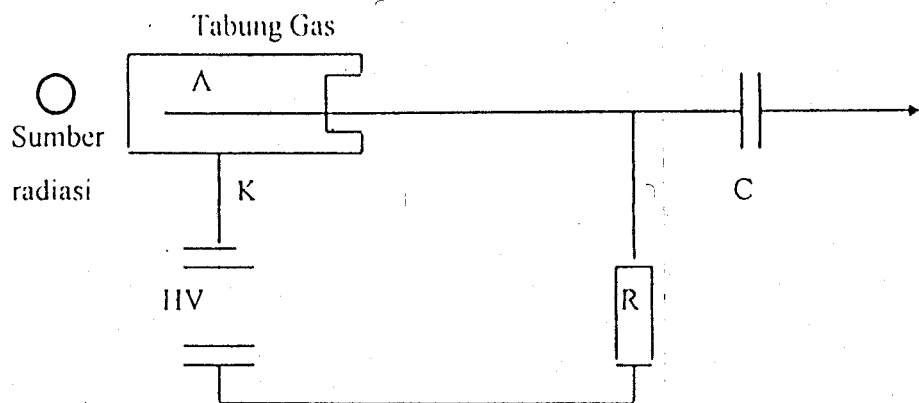
Sinar gamma yang timbul mempunyai energi diskret, yang menunjukkan bahwa inti mempunyai tingkat-tingkat energi diskret. Energi sinar gamma mempunyai orde kiloelektron volt (keV) sampai mega elektron volt (MeV).

Foton-foton sinar  $\gamma$  tidak bermuatan, sehingga muatan dan nomor atom inti tidak berubah dalam proses peluruhan gamma.



## 2.5 Detektor Geiger Muller (GM)

Detektor GM berwujud taung gelas yang berisi gas mulia (Argon) dan gas Quenching (halogen). Sepanjang sumber tabung ini diberi kawat logam yang berfungsi sebagai anoda, sedangkan katodanya berupa lapisan pada dinding bagian dalam tabung (lihat gambar 2-1).



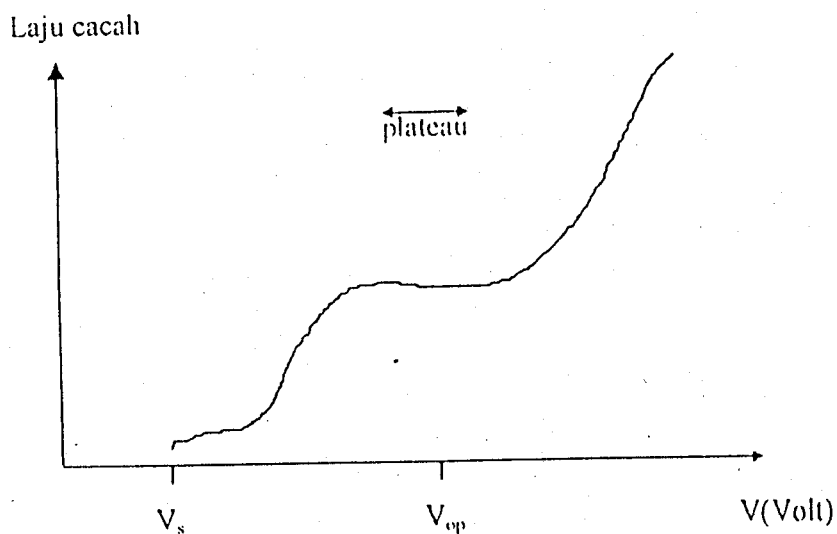
Gambar 2-1. Detektor GM

Jika ada radiasi pengion masuk di dalam tabung, maka atom gas di dalam tabung tersebut akan mengalami proses eksitasi maupun ionisasi primer membentuk sejumlah pasangan ion positif dan elektron. Jika tegangan yang terpasang antara anoda-katoda rendah maka pasangan tersebut akan rekombinasi, sebaliknya bila tegangannya tinggi, maka ion positif akan bergerak ke katoda dan elektron ke anoda. Dalam perjalanannya, ion-ion tersebut akan bertumbukan dengan atom-atom gas dalam tabung. Jika tenaga geraknya besar maka akan mengionisasi gas dan menimbulkan pasangan ion sekunder. Selanjutnya ion sekunder akan menghasilkan pasangan ion generasi berikutnya sampai mencapai keadaan jenuh. Proses ionisasi berantai ini disebut avalanche.



Setelah ion yang terjadi cukup banyak akan mengakibatkan pengurangan kuat medan listrik antara anoda-katoda, sehingga proses avalanche berhenti dan terjadi quenching. Pada keadaan ini radiasi yang masuk tidak akan terdeteksi sampai semua elektron terkumpul di anoda. Cacah elektron yang terdapat di anoda mula-mula sedikit, bertambah sampai maksimum dan turun lagi akibat quenching. Keadaan ini akan berulang terus menerus dan dapat dikonversi menjadi pulsa-pulsa.

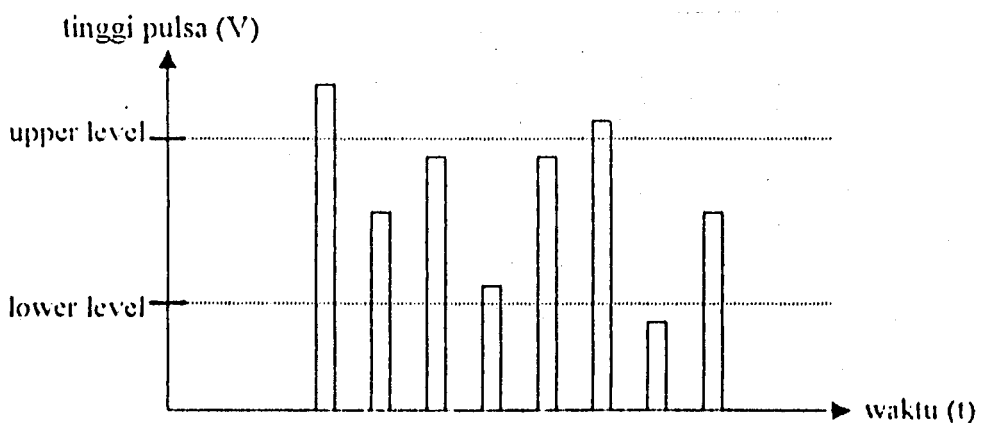
Detektor GM hanya mencacah pulsa-pulsa yang tingginya di atas level deteksi, sedangkan pulsa di bawah level deteksi tidak tercacah. Tegangan operasi terendah dimana alat pencacah mulai mencacah radiasi dinamakan tegangan awal (starting voltage). Jika tegangan operasi ini dinaikan terus, maka radiasi yang tercacah bertambah akibat bertambahnya volume peka detektor. Suatu ketika tidak terjadi pertambahan cacah lagi, mendekati nilai konstan, yang disebut daerah plateau (lihat Gambar 2-2). Kadang-kadang terjadi kemiringan pada daerah plateau akibat daerah peka yang belum menyeluruh atau mungkin sudah mulai terjadi lucutan. Jika tegangan operasi dinaikkan terus maka akan terjadi lucutan yang menyebabkan naiknya cacah pulsa sangat cepat.



**Gambar 2-2. Tegangan Vs laju cacah pada detektor GM**

## 2.6 Multi Channel Analyzer

Penganalisis salur ganda (MCA) merupakan gabungan dari banyak Single Chanel Analyzer (SCA). Penganalisis salur tunggal (SCA) mempunyai suhu pencacahan yang dibatasi oleh suatu ambang batas atas (upper level) dan ambang bawah (lower level) yang jarak antara ambang tadi bisa diatur dan disebut dengan jendela (window). Hanya pulsa-pulsa yang mempunyai tinggi amplitudo berada dalam jendela saja yang akan diteruskan menuju alat pencacah, sedangkan semua pulsa yang tingginya di luar jendela tidak akan tercacah (Gambar 2-3).



**Gambar 2-3. Jendela pada SCA**

Contoh di atas akan tercacah sebanyak 5 pulsa yang akan diteruskan ke pencacah. Lebar tegangan antara upper level dan lower level di kenal sebagai lebar jendela. Posisi jendela ini bisa diatur mulai dari tinggi pulsa yang paling rendah sampai tinggi yang diinginkan, yang dikenal sebagai nomor kanal. Nomor kanal ini akan sebanding dengan energi partikel radiasi. Spektrum energi radiasi bisa dibuat dengan cara membuat kurva hubungan antara nomor kanal dan besar intensitas yang tercacah pada masing-masing nomor kanal.

Penganalisis salur ganda, yang merupakan gabungan banyak SCA dapat membuat spektrum energi radiasi secara sekaligus. Penganalisis salur ganda terdiri dari beberapa bagian yaitu; unit analog to Digital Converter (ADC), unit memori dan unit tambahan (unit pengolah data, amplifier, dan lain-lain).

## 2.7 Radioaktivitas Lingkungan Perairan

Selain radionuklida alam, lingkungan perairan juga dapat mengandung sejumlah radionuklida buatan. Dari hasil penelitian yang dilakukan Syarbini, dkk., (1998) disekitar semenanjung Muria ditemukan radionuklida-radionuklida;  $Cs^{137}$ ,  $Pu^{238}$ ,  $Pu^{234,240}$  dan  $Am^{241}$ . Diduga radionuklida-radionuklida tersebut berasal dari jatuhan uji coba senjata nuklir.

Hal tersebut dapat terjadi karena kepulauan Indonesia terletak diantara dua samudra, yang memungkinkan untuk menerima cemaran bawaan dari negara-negara lain. Setiap tahun diperkirakan sekitar  $106 \text{ km}^3$  air dari samudra pasifik mengalir ke samudra Hindia melewati perairan Indonesia. Gerakan air yang sangat besar ini memungkinkan membawa cemaran dari kawasan lain ke perairan Indonesia.

Selain jatuhan uji coba senjata nuklir, sumber-sumber lainnya yang menyebabkan terlepasnya radionuklida ke lingkungan antara lain kecelakaan satelit, pesawat militer, hilangnya kapal-kapal selam nuklir dan kecelakaan PLTN. Selain itu instalasi daur ulang bahan bakar nuklir juga memberi kontribusi masuknya radionuklida ke laut, seperti la Haque Perancis, Trombay India dan Tokai Jepang. Bahkan dari kecelakaan PLTN Chernobyl tahun 1986 masih terdeteksi di atas ambang normal di laut Hitam radionuklida  $Cs^{137}$  dan  $Sr^{90}$  ketika di lakukan pengukuran tahun 1998 [Taftazani, dkk., 1998].

Di lingkungan perairan, radionuklida akan diencerkan dan tersebar kemudian berpindah ke material biologis, sedimen dan partikel transuspensi. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap aktivitas jenis atau konsentrasi radionuklida antara lain proses pencampuran, penyebaran, dan interaksi dengan sedimen atau internal biologis.

MILIK  
PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
S U B A Y A

## BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

### 3.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini akan ditunjukkan terutama kepada sasaran-sasaran sebagai berikut.

1. Menentukan paparan radiasi  $\alpha$  dan  $\beta$  (gross) serta radiasi  $\gamma$  dalam cuplikan air, sedimen dan biota perairan estuari pesisir Surabaya. Biota dalam hal ini dipilih tumbuhan bakau, yang mewakili habitatnya dan hewan kerang (anadara granosa) karena mobilitasnya yang sangat rendah.
2. Mengidentifikasi radionuklida dan akumulasinya yang ada dalam cuplikan air, sedimen dan biota perairan estuari pesisir Surabaya.

### 3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memperoleh informasi tentang radionuklida dan akumulasinya pada perairan estuari pesisir Surabaya.
2. Memperkaya pengetahuan tentang penggunaan perangkat spektrometer  $\alpha$  dan  $\gamma$  serta MCA dalam mengevaluasi aktivitas radionuklida.
3. Mengkaji kualitas perairan pesisir Surabaya dari aspek radioekologinya.

## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1 Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sampel air, masing-masing 5 liter dari setiap titik
2. Sedimen, masing-masing 5 kg basah dari setiap titik
3. Sampel kerang (*Anadara granosa*), masing-masing 2 kg basah dari setiap titik
4. Sampel bakau, masing-masing 3 kg basah dari setiap titik
5. N<sub>2</sub> cair, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub> dan HCl
6. Sumber radioisotop standar; Am<sup>241</sup>( $\alpha$ ), Sr<sup>90</sup>( $\beta$ ) dan Eu<sup>152</sup>( $\gamma$ )

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kompor listrik
2. Pinset
3. Saringan 100 mesh
4. Lumpang dan penumbuk stainless steel
5. Gelas ukur, beker, labu titrasi
6. Pipet
7. Timbangan
8. Hot plate dan magnetic stirrer
9. Perangkat spektrometer  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$

### 4.2 Prosedur Penelitian

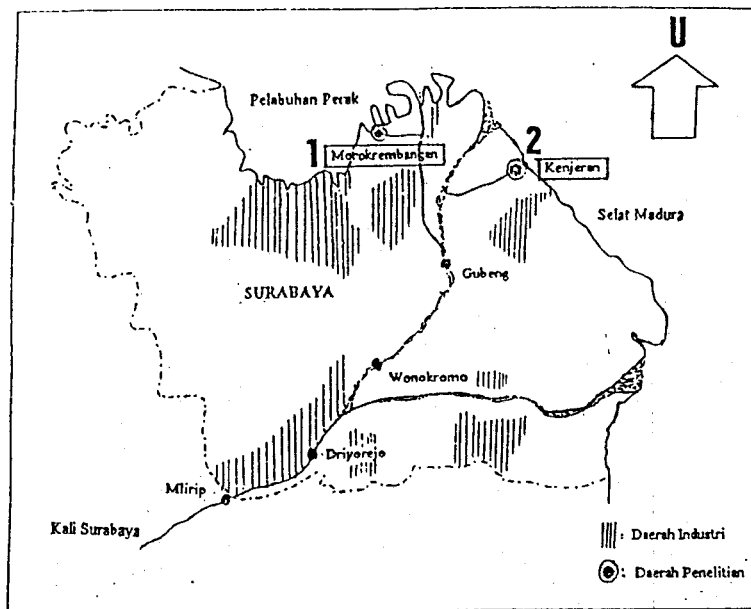
Proses penelitian ini meliputi beberapa tahapan, antara lain penentuan dan pengambilan sampel, preparasi sampel, pencacahan sampel serta analisis data.

Pengambilan sampel dilakukan di daerah sungai Morokrembangan dan daerah sungai Kenjeran. (Gambar 4.1). Sampel yang diambil terdiri dari cuplikan air, sedimen, dan biota (tumbuhan bakau dan hewan kerang). Biota tersebut dipilih karena mobilitasnya yang rendah dan hidup di dasar perairan serta memiliki daya tahan tinggi dalam mengakumulasi polutan tanpa mematikan hidupnya. Sampel air dan sedimen yang diambil dari masing-masing titik sebanyak 5 liter dan 5 kg basah, sedangkan bakau dan kerang masing-masing sebanyak 3 kg basah dan 2 kg.

Preparasi sampel meliputi preparasi air, sedimen dan biota perairan. Preparasi sampel air dilakukan dengan mengasamkan air menggunakan  $\text{HNO}_3$ , kemudian dipekatkan volumenya dari 1 liter menjadi 25 cc menggunakan kompor listrik. Selanjutnya residu yang dihasilkan diletakkan ke dalam plasket dan dikeringkan sehingga siap dicacah. Preparasi sampel sedimen dilakukan melalui tahapan; pengeringan dan penumbukan. Pemanasan dilakukan di dalam oven pada suhu  $50^\circ\text{C}$  selama 5 jam agar sedimen menjadi kering. Selanjutnya ditumbuk halus dan dimasukkan dalam plastik agar bebas debu. Sampel siap untuk dianalisis sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan.

Untuk sampel kerang, mula-mula dipisahkan dari kulitnya, kemudian diambil jaringan lunak serta dimasukkan ke dalam wadah stainless steel. Selanjutnya ditumbuk dengan bantuan  $\text{N}_2$  cair dan dikeringkan dalam freeze dryer. Bila sampel yang diperoleh masih kasar, ditumbuk lagi sampai halus dan sampel siap dicacah dan dianalisis.

Untuk sampel tumbuhan bakau, diambil akar, batang dan daunnya. Ketiganya dikeringkan dahulu, kemudian dibakar sedemikian hingga diperoleh arang. Selanjutnya arang tersebut ditumbuk sampai halus dan siap untuk dicacah dan dianalisis.



**Gambar 4.1. Peta daerah penelitian**

Pencacahan sampel dilakukan menggunakan pencacah Geiger-Muller dan spektrometer  $\gamma$ . Pencacah Geiger Muller digunakan untuk menentukan aktivitas gross  $\alpha$  dan gross  $\beta$ . Metode gross berarti pencacahan aktivitas radionuklida tanpa membedakan energi satu dengan yang lainnya dan mode peluruhannya. Pengukuran secara gross ini tidak memberikan informasi tentang jenis radionuklida pemapar radiasi. Identifikasi radioisotop dilakukan menggunakan spektrum energi dari spektrometer  $\gamma$  [detektor Ge (Li)]. Dengan mencocokkan puncak-puncak spektrumnya dengan tabel standar akan dapat ditentukan jenis radionuklida dan aktivitas radiasi yang dipancarkan.

### 4.3 Analisis Data

Konsentrasi gross  $\alpha$  dan gross  $\beta$  sampel dapat dihitung menggunakan persamaan (Nareh & Sutarman, 1993)

$$A_{\alpha,\beta} = \frac{C_t - C_L}{\epsilon_{\alpha,\beta} \cdot L} \quad (4-1)$$



disini  $A_{\alpha,\beta}$  adalah aktivitas jenis (konsentrasi aktivitas) gross  $\alpha$  atau gross  $\beta$  (Bq/l atau Bq/gr).  $C_t$  dan  $C_l$  adalah laju cacah total (cps) dan latar (cps) serta  $\epsilon_{\alpha,\beta}$  adalah efisiensi deteksi  $\alpha$  atau  $\beta$  (cps/dp).

Efisiensi pencacah gross  $\alpha$  dan gross  $\beta$  dihitung berdasarkan nisbah laju cacah (cps) dan laju luruh (dps) sumber radioisotop standar (digunakan  $A_m^{241}$  untuk  $\alpha$  dan  $Sr^{90}$  untuk  $\beta$ ). Persamaan yang digunakan adalah ;

$$\epsilon_{\alpha,\beta} = \frac{(C_n)_{\text{standar}}}{(A_t)_{\text{standar}}} \cdot 100 \% \quad (4-2)$$

disini  $C_n$  dan  $A_t$  secara berturutan adalah laju cacah netto sumber radioisotop standar (cps) dan laju peluruhan sumber radioisotop standar pada saat  $t$  detik (dps/bq).

Kecenderungan suatu radionuklida bersitindak dengan sedimen dinyatakan menggunakan faktor distribusi, melalui persamaan

$$F_{D,i} = \frac{C_{s,i}}{C_{w,i}} \dots\dots\dots \left( \frac{1}{\text{kg}} \right) \quad (4-3)$$

disini  $F_{D,i}$  adalah faktor distribusi radionuklida  $i$ ,  $C_{s,i}$  dan  $C_{w,i}$ , secara berturutan adalah konsentrasi aktivitas radionuklida  $i$  dalam sedimen (Bq/kg) dan dalam air (Bq/l).

Kecenderungan suatu radionuklida berakumulasi dengan biota diperairan dinyatakan menggunakan faktor bioakumulasi atau faktor biokonsentrasi, melalui persamaan

$$F_{B,i} = \frac{C_{o,i}}{C_{w,i}} \quad (4-4)$$

disini  $F_{B,i}$  adalah faktor bioakumulasi radionuklida  $i$  (l/kg),  $C_{o,i}$  dan  $C_{w,i}$  secara berturutan adalah konsentrasi aktivitas radionuklida  $i$  dalam biota (Bq/kg) dan dalam air (Bq/l).

## BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penyiapan sampel penelitian ini dinyatakan pada tabel 5.1. Diperoleh tiga sampel yaitu, air, sedimen dan biota air (bahan dan kerang), yang telah mengalami pemekatan berbeda-beda. Perbedaan ini tidak akan berpengaruh pada radiasi yang dipancarkan, karena gejala radioaktif hanya ditentukan oleh inti atom bersangkutan dan tidak dipengaruhi oleh faktor luar, antara lain, suhu, tekanan dan bentuk senyawa.

**Tabel 5.1. Sampel olahan pada penelitian**

No	Sampel	Jumlah sampel		Jumlah sampel yang dianalisis		
		Sebelum perlakuan	Sesudah perlakuan (g)	Gross $\alpha$ (g)	Gross $\beta$ (g)	Gross $\gamma$ (g)
1	K-1	5 liter	5,02	1,50	1,00	2,502
2	M-1	5 liter	5,12	1,50	1,00	2,50
3	K-2	5 kg	2513,00	1,50	1,00	150,00
4	M-2	5 kg	3051,00	1,50	1,00	150,00
5	K-3	3 kg	48,01	1,50	1,00	45,50
6	M-3	3 kg	51,20	1,50	1,00	48,50
7	K-4	2 kg	98,72	1,50	1,00	96,2
8	M-4	2 kg	96,98	1,50	1,00	94,5

**Keterangan :**

K = Kenjeran  
M = Morokrempangan  
1 = air

2 = sedimen  
3 = bakau  
4 = kerang

Pencacahan sampel untuk menentukan gross  $\alpha$  dan  $\beta$  dilakukan setelah diketahui tingkat efisiensi detektor spektrometer  $\alpha$  dan  $\beta$ . Hasil pengukurannya dinyatakan pada tabel 5.2., diperoleh efisiensi detektor spektrometri  $\alpha$  32,44 %, sedangkan efisiensi detektor  $\beta$  8,12 %.

**Tabel 5.2. Pencacah sumber radioisotop Am<sup>241</sup> dan Sr<sup>90</sup> untuk pengujian efisiensi detektor  $\alpha$  dan  $\beta$**

NO	Cacah Radioisotop Am <sup>241</sup>			Cacah Radioisotop Sr <sup>90</sup>		
	Total (cps)	Latar (cps)	Waktu	Total (cps)	Latar (cps)	Waktu
1	4654	1838	600 sekon	2617	18	600 sekon
2	4582	1883	600 sekon	2635	16	600 sekon
3	4700	1791	600 sekon	2710	17	600 sekon
4	4617	1868	600 sekon	2792	17	600 sekon
5	4695	1772	600 sekon	2699	19	600 sekon
6	4609	1789	600 sekon	2720	18	600 sekon
7	4699	1890	600 sekon	2787	17	600 sekon
8	4599	1786	600 sekon	2709	18	600 sekon
9	4715	1889	600 sekon	2770	19	600 sekon
10	4708	1895	600 sekon	2695	17	600 sekon

Sumber radioisotop standar yang digunakan untuk pencacahan  $\alpha$  adalah Am<sup>241</sup>, yang diproduksi pada 28 september 1998 dengan aktivitas awal 15 dps dan aktivitas pada saat pengukuran (19 oktober 2001) sebesar 14,972 dps. Untuk sumber radioisotop standar pencacahan  $\beta$  digunakan Sr<sup>90</sup>, yang diproduksi pada 14 September 1983 dengan aktivitas awal sebesar 814 dps dan aktivitas pada saat pengukuran (19 oktober 2001) sebesar 551,283 dps.

Hasil pencacahan konsentrasi aktivitas gross- $\alpha$  dinyatakan pada lampiran I dan hasil perhitungannya dinyatakan pada tabel 5.3. Dari tabel itu menunjukkan bahwa nilai paparan radiasi terukur dalam air pada lokasi penelitian masih dibawah nilai ambang batas baku mutu perairan golongan C menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 20 tahun 1990, tentang pengendalian pencemaran air sebesar 0,1 Bq/liter. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi kualitas lingkungan perairan estuari pesisir Surabaya masih dalam kategori baik ditinjau dari aspek radiologis gross  $\alpha$ .

Hasil perhitungan juga menunjukkan bahwa perairan di sekitar Kenjeran memiliki aktivitas gross  $\alpha$  yang lebih tinggi dari perairan di sekitar Morokrembangan. Hal ini terjadi karena banyaknya industri dan kawasan padat permukiman di sekitar perairan muara sungai Kenjeran, serta adanya reklamasi pantai untuk penyediaan lahan industri.

**Tabel 5.3. Hasil perhitungan cacahan gross  $\alpha$ .**

No	Besaran terukur	Hasil pengukuran dan perhitungan cacahan sampel (dalam cps)							
		M-1	K-1	M-2	K-2	M-3	K-3	M-4	K-4
1	Laju cacah total rerata	2,7350	2,7390	2,7071	2,7225	2,7729	2,7746	2,7528	2,7614
2	Laju cacah latar rerata	2,7225	2,7225	2,6592	2,6592	2,6671	2,6671	2,6708	2,6708
3	Laju cacah netto rerata cps	0,0125	0,0265	0,0479	0,0633	0,1058	0,1075	0,0820	0,0906
4	Konsentrasi aktivitas gross- $\alpha$ Bq/g	0,026	0,0338	0,0982	0,1299	0,2176	0,2209	0,1684	0,1859
5	Konsentrasi aktivitas gross- $\alpha$ konversi m Bq/l	5,9110	7,9768	0,0756	0,1125	5,5481	5,7650	5,0520	6,0046
		m Bq/l	m Bq/l	Bq/gr	Bq/gr	mBq/gr	mBq/gr	mBq/gr	mBq/gr

Peraturan pemerintah No. 20/1990 tidak menyebutkan apakah paparan radiasi gross  $\alpha$  perairan merupakan rerata dari sedimen dan biota atau hanya paparan dalam air saja. Oleh sebab itu, konsentrasi aktivitas gross  $\alpha$  dalam sedimen dan biota yang terukur pada penelitian ini tidak bisa digunakan untuk menentukan apakah sudah melebihi ambang batas yang diperbolehkan atau belum.

Konsentrasi paparan radiasi dari sedimen permukaan dasar perairan di dua lokasi penelitian menunjukkan aktivitasnya yang lebih tinggi dari air dan biota. Hal ini menunjukkan afinitas radionuklida untuk bersitindak dengan sedimen dan partikel sedimen lebih tinggi dari pada dengan air atau biota.

Hasil pencacahan konsentrasi aktivitas gross  $\beta$  dinyatakan pada lampiran II dan hasil perhitungannya dinyatakan pada tabel 5.4. Data itu menunjukkan bahwa nilai paparan radiasi terukur dalam air di dua lokasi penelitian masih di bawah nilai ambang batas baku untuk perairan golongan C PP RI No. 20 tahun 1990. Oleh sebab itu ditinjau dari aspek radioekologis gross  $\beta$ , kondisi kualitas perairan dipesisir Surabaya masih baik.

Seperti halnya pada pengukuran konsentrasi gross  $\alpha$ , pada gross  $\beta$  inipun konsentrasi radiasi di sedimen lebih tinggi dari air atau biota. Oleh sebab itu, paparan radiasi dalam sedimen perlu dievaluasi secara berkesinambungan.

Data mengenai konsentrasi aktivitas  $\alpha$  dan  $\beta$  (gross) ini tidak memberikan informasi tentang jenis radionuklida penyumbang paparan radiasi  $\alpha$  dan  $\beta$ . Namun demikian data itu dapat dijadikan indikator kualitas perairan dalam keterkaitannya dengan pencemaran radioaktif.

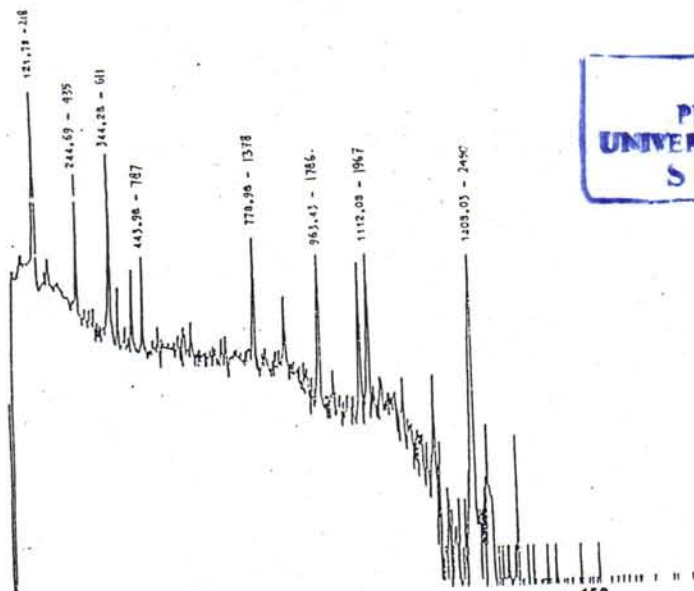
**Tabel 5-4. Hasil perhitungan cacah gross  $\beta$**

No	Besaran terukur	Hasil pengukuran dan perhitungan cacahan sampel (dalam cps)							
		M-1	K-1	M-2	K-2	M-3	K-3	M-4	K-4
1	Laju cacah total rerata	0,0417	0,0608	0,0500	0,0600	0,1233	0,0958	0,0833	0,0604
2	Laju acah latar rerata	0,0279	0,0279	0,0183	0,0183	0,0292	0,0292	0,0275	0,0275
3	Laju cacah netto rerata	0,0329	0,0329	0,0317	0,0417	0,0941	0,0666	0,0558	0,0329
4	Konsentrasi aktivitas gross- $\beta$ Bq/gr	0,1700	0,4048	0,3900	0,5146	1,1600	0,8186	0,6866	0,4052
5	Konsentrasi aktivitas gross- $\beta$ konversi Bq/l	0,0391	0,0955	0,3003	0,4456	0,0296	0,0214	0,0206	0,0131

Sebelum pencacahan sampel radiasi  $\gamma$ , dilakukan kalibrasi spektrometer  $\gamma$ , yaitu kalibrasi energi. Kalibrasi dilakukan dengan mencacah sumber radioisotop standar  $\text{Eu}^{152}$ , yang memiliki waktu paro 13,1 tahun. Sumber ini diproduksi pada 15 -06-1979 dengan aktivitas awal sebesar  $1,9750 \cdot 10^5$  dps dan aktivitas pada saat pengukuran (25 oktober 2001) sebesar  $6,729 \cdot 10^4$  dps. Pengukuran energi gamma  $\text{Eu}^{152}$  dilakukan dari yang terendah sampai tertinggi secara serempak dengan bantuan MCA. Hasil pengukurannya dinyatakan dalam Gambar 5.1 dan tabel 5.5, dengan persamaan linearnya  $y = 0,5605 x - 0,4982$ , dan koefisien regresi 0,9999. Disini  $y$  adalah energi  $\gamma$  (dalam keV), sedangkan  $x$  adalah nomor salur. Persamaan ini sebenarnya hanya merupakan suatu pendekatan, sehingga faktor korelasi linearitas perlu diperhitungkan. Tetapi karena rendahnya laju cacah terukur dan rumitnya perhitungan statistik, analisis penelitian ini tidak memperhitungkannya.

**Tabel 5.5. Kalibrasi energi spektrometer  $\gamma$**

NO	Nomor Salur	Enegi $\gamma$ (keV)
1	218	121,78
2	435	244,69
3	611	344,28
4	787	443,98
5	1378	778,90
6	1786	963,43
7	1967	1112,08
8	2490	1408,03



**Gambar 5.1. Spektrum  $\gamma$  radioisotop  $\text{Eu}^{152}$**

Kalibrasi energi selanjutnya digunakan untuk identifikasi radionuklida. Hasil identifikasi radionuklida dan pencacahan radiasi  $\gamma$  dinyatakan pada tabel 5-6 yang menunjukkan adanya radionuklida  $\text{Pb}^{212}$  (238,63 keV),  $\text{Tl}^{208}$  (510,70 keV) dan  $\text{K}^{40}$  (1460,70 keV). Data ini juga menunjukkan bahwa ekosistem perairan estuari pesisir Surabaya belum tercemar radionuklida buatan hasil aktivasi maupun fisi. Hal ini terjadi karena lokasi penelitian dilingkupi beberapa pulau, sehingga kemungkinan cemaran radioaktif dari negara lain terhalang.

**Tabel 5.6. Hasil Identifikasi Radionuklida pemancar  $\gamma$**

No	Sampel	Energi (ke V)	Radionuklida Pemancar	Pencacahan (waktu 1800 sekon)		
				Total	Latar	Netto
1	M-1	510,70	Tl-208	Lkl	116	Th
		1460,70	K-40	77	70	7
2	K-1	510,70	Tl-208	Cul	116	Th
		1460,70	K-40	76	70	6
3	M-2	238,63	Pb-212	517	53	464
		510,70	Tl-208	159	116	43
		1460,70	K-40	190	70	120
4	K-2	238,63	Pb-212	434	53	381
		510,70	Tl-208	164	116	48
		1460,70	K-40	175	70	105
5	M-3	510,70	Tl-208	Lkl	116	Th
		1460,70	K-40	167	70	97
6	K-3	510,70	Tl-208	195	116	79
		1460,70	K-40	175	70	105
7	M-4	510,70	Tl-208	Lkl	116	Th
		1460,70	K-40	206	70	136
8	K-4	510,70	Tl-208	Lkl	116	Th
		1460,70	K-40	222	70	152

Selanjutnya, dari data tabel 5.6 dapat ditentukan konsentrasi aktivitas radionuklida, seperti dinyatakan pada Tabel 5.7.

**Tabel 5-7 Konsentrasi Aktivitas Pemancar  $\gamma$**

No	Sampel	Konsentrasi Aktivitas (m Bq/L)		
		K-40	Tl-208	Pb-212
1	M-1	6,0770	tt	tt
2	K-1	5,3441	tt	tt
3	M-2	132,5950	7,3412	12,7130
4	K-2	130,6861	9,2304	10,2839
5	M-3	12,5395	tt	tt
6	K-3	13,7003	1,5927	tt
7	M-4	12,0575	tt	tt
8	K-4	13,7730	tt	tt

Keterangan : tt tidak terdeteksi atau total cacahan lebih kecil dari cacahan latar

Perairan di sekitar laut Jawa sebenarnya sudah mengandung radionuklida,  $Cs^{137}$ ,  $Pu^{238}$ ,  $Pu^{239,240}$  dan  $Am^{241}$  (Syarbini, 1988), tetapi konsentrasinya sangat rendah di bandingkan dengan kawasan negara lain, seperti Jepang, Amerika, Eropa dan Rusia. Selain itu konsentrasinya masih jauh di bawah ambang batas yang ditetapkan BATAN.

Konsentrasi aktivitas radionuklida dalam sedimen berhubungan dengan kecenderungan radionuklida untuk bersitindak dengan sedimen dan partikel-partikel sedimen dinyatakan oleh faktor distribusi. Sedangkan kecenderungan suatu radionuklida bersitindak dengan biota dalam perairan dinyatakan oleh faktor bioakumulasi. Hasil perhitungan faktor tersebut dinyatakan pada tabel 5.8.

Seperti yang terjadi pada paparan sedimen, adanya paparan radiasi dari cuplikan biota berhubungan dengan afinitas radionuklida untuk bersitindak dengan biota perairan. Penimbunan radionuklida di tubuh biota terjadi karena adanya proses persebaran dan pelarutan radionuklida dalam air. Proses tersebut mengakibatkan terjadinya perpindahan dan akumulasi radionuklida dalam tubuh biota.



Tingkat paparan radiasi biota ini diperlukan untuk pemantauan polutan perairan karena merupakan bioindikator yang baik untuk menunjukkan kualitas perairan.

**Tabel 5-8 Faktor distribusi dan faktor bioakumulasi Radionuklida**

No.	Parameter yang diukur	Lokasi	Faktor distribusi (l/gr)	Faktor bioakumulasi (l/gr)	
				Hewan	Tumbuhan
1	Gross $\alpha$	M	12,7891	0,8547	0,9386
		K	14,1034	0,7528	0,7227
2	Gross $\beta$	M	7,6803	0,5269	0,7570
		K	4,6660	0,1372	0,2241
3	K-40	M	21,8200	1,9841	2,6034
		K	24,4569	2,5772	2,5636
4	Tl-208	M	th	th	th
		K	th	th	th
5	Pb-212	M	19,7891	th	th
		K	18,0386	th	th

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari serangkaian percobaan dan perhitungan yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Konsentrasi aktivitas gross  $\alpha$  dan gross  $\beta$  di dalam air perairan Pantai Morokremangan dan Kenjeran masih dibawah ambang batas sarat mutu perairan yang diperbolehkan oleh pemerintah, yaitu 0,1 Bq/l untuk gross  $\alpha$  dan 1,0 Bq/l untuk gross  $\beta$ . Sedangkan konsentrasi di sedimen dan biota tidak dapat dibuat kesimpulan, karena tidak ada persyaratan polusi yang mengaitkan dengan keduanya.
2. Identifikasi terhadap radionuklida menunjukkan adanya unsur K-40, Tl-208 dan Pb-212, yang merupakan radionuklida alara. Oleh sebab itu, lokasi penelitian (pesisir Morokremangan dan kenjeran) belum tercemari oleh radionuklida buatan atau hasil fisi, karena unsur tersebut tidak terdeteksi.
3. Radionuklida K-40 memiliki faktor distribusi dan faktor bioakumulasi paling tinggi dibandingkan dengan radionuklida yang lainnya (Tl-208, Pb-212). Faktor distribusinya adalah 21,8200 l/gr di daerah Morokremangan dan 24,4569 l/gr di Kenjeran, sedangkan faktor bioakumulasi di Kremangan adalah 1,9841 l/gr untuk biota kerang dan 2,6034 l/gr untuk tumbuhannya. Bioakumulasi di Kenjeran adalah 2,5772 l/gr untuk biota kerang dan 2,5636 l/gr untuk tumbuhannya.

## 6.2 Saran - Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat dibuat saran-saran sebagai berikut.

1. Perlu penambahan titik-titik sampel, sehingga data yang diperoleh benar-benar dapat dipercaya, yaitu daerah-daerah selain Morokrembangan dan Kenjeran.
2. Diperlukan metode lain secara serempak untuk mengetahui keabsahan (validitas) metode spektrometri sebagai pemantau pencemaran radionuklida yang ada di ekosistem perairan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Krane, 1992, *Konsep Fisika Modern*, Penerjemah: Hans Wospakrik, ITB, Bandung
- Kusminarto, 1990, *Buku Ajar Fisika Modern*, Proyek LPTK, Yogyakarta.
- Nareh dan Sutarman, 1993, *Metode Pengukuran Aktivitas Tingkat Rendah*, PSPKR-BATAN, Jakarta.
- Subakir, 1999, *Penentuan Kadar Logam Berat Co, Cr dan Hg Pada Air dan Ikan di Kali Surabaya Dengan Metode Aktivasi Neutron*, Skripsi Fisika, FMIPA, UNAIR, Surabaya.
- Syarbini, Hendro, M.Nareh, R. Setiaji, 1998, *Evaluasi Aktivitas Radionuklida Alam Dalam Air, Sedimen dan Makrobentos*, Prosiding Radioekologi dan Lingkungan Kelautan, BATAN, Jakarta.
- Syarbini, Wiryosimin, Wardhana, 1999, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Taftazani, Basuki, Sumining, P.Sasongko, 1998, *Status Kandungan dan Distribusi Radionuklida Buatan dan Ekosistem Semenanjung Muara*, Prosiding Radioekologi dan Lingkungan Kelautan, BATAN, Jakarta.

**LAMPIRAN I**  
**Cacahan Gross  $\alpha$  sampel**

NO	SAMPSEL	CACAHAN		LAMA PENCACAHAN (detik)
		TOTAL	LATAR	
1	M-1	4958	4871	1800
		4896	4981	1800
		4921	4813	1800
		4967	4863	1800
		4913	4965	1800
2	K-1	4870	4872	1800
		4935	4812	1800
		4928	4945	1800
		4994	4973	1800
		4910	4871	1800
3	M-2	4923	4775	1800
		4829	4813	1800
		4899	4758	1800
		4850	4855	1800
		4907	4789	1800
4	K-2	4947	4830	1800
		4872	4740	1800
		4812	4803	1800
		4971	4773	1800
		4935	4800	1800
5	M-3	4993	4828	1800
		4928	4821	1800
		4958	4818	1800
		5097	4763	1800
		4973	4890	1800
6	K-3	4998	4828	1800
		4838	4743	1800
		5061	4821	1800
		5109	4818	1800
		4998	4827	1800
7	M-4	5112	4776	1800
		4939	4800	1800
		4972	4796	1800
		4879	4845	1800
		4897	4808	1800
8	K-4	4965	4778	1800
		4995	4800	1800
		5101	4858	1800
		4852	4798	1800
		4930	4818	1800

**LAMPIRAN II**  
**Cacahan Gross  $\beta$  sampel**

NO	SAMPSEL	CACAHAN		LAMA PENCACAHAN (detik)
		TOTAL	LATAR	
1	M-1	45	34	1800
		55	39	1800
		46	36	1800
		54	28	1800
		51	26	1800
2	K-1	90	33	1800
		89	40	1800
		60	36	1800
		53	28	1800
		71	28	1800
3	M-2	65	20	1800
		52	20	1800
		53	24	1800
		70	25	1800
		59	19	1800
4	K-2	69	20	1800
		70	24	1800
		75	20	1800
		74	24	1800
		72	21	1800
5	M-3	150	35	1800
		136	31	1800
		161	40	1800
		145	34	1800
		142	35	1800
6	K-3	115	36	1800
		123	30	1800
		115	42	1800
		107	32	1800
		112	35	1800
7	M-4	100	35	1800
		100	32	1800
		98	33	1800
		102	34	1800
		99	33	1800
8	K-4	69	35	1800
		78	32	1800
		68	33	1800
		75	34	1800
		73	33	1800