PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI
TGL. TERIMA :
NO. JUDUL :
NO. INV. : 512000 17/2001
NO. INDUK. :

TA/TL/2005/0028

DISTRIBUSI RADIOAKTIVITAS *GROSS β* DAN IDENTIFIKASI RADIONUKLIDA ALAM DALAM CUPLIKAN AIR, SEDIMEN, DAN BIOTA DI PERAIRAN SURABAYA

Laporan Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program studi Strata-1 pada Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.



Disusun oleh :

RINA NUR UTAMI
00 513 020

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

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program studi Strata-1 pada Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Disusun Oleh :

Rina Nur Utami (00513020)

Telah diperiksa dan disetujui :

DR. Ir.Agus Taftazani, Msc

Dosen Pembimbing I

Tanggal : _____

Luqman Hakim, ST, MSi

Dosen Pembimbing II

Tanggal : 9/6/5

MOTO

".....Allah meninggikan orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan, beberapa derajat....."

(AL-Qur`an: Al –Mujadalah ayat 11)

"Usaha, Berdoa, dan Tawakkal adalah kunci kesuksesan dalam hidup ini

(Al Ghazali)

Berusaha bukan untuk menjadi yang pertama, namun berusahalah untuk yang terbaik

Kesempatan jangan disia-siakan karena belum tentu akan kita dapatkan diwaktu yang lain

Kupersembahkan untuk :

Mama dan Papa *tercinta, terimakasih yang tak terhingga untuk semua dukungan dan kasih sayang, serta Do'a yang telah Mama dan Papa berikan untuk Rina...*

Kedua Saudaraku, ***Kakakku Mas Adam dan Adikku Dewi*** *tersayang yang telah memberikan motivasi untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini...*

Mas Roy tersayang, *yang telah menemaniku pada saat aku senang dan menghiburku pada saat aku sedih serta memberikan semangat pada saat aku patah semangat. thanks my love...*

Tini, Endah, Tifa, Sari, Harry, Aulia, mas Arie *kalian adalah sahabat sejatiku yang tak akan ku lupakan...*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan penulisan laporan tugas akhir dengan judul "DISTRIBUSI RADIOAKTIVITAS *GROSS* β DAN RADIONUKLIDA ALAM DALAM CUPLIKAN AIR, SEDIMEN, DAN BIOTA DI PERAIRAN SURABAYA".

Penulisan laporan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program S-1 pada jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa laporan ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Kasam, MT, Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-UII
2. Bapak DR. Ir. Agus Taftazani, selaku pembimbing I.
3. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi, selaku pembimbing II.
4. .Seluruh staf DIB Teknofisikokimia P3TM-BATAN, Yogyakarta dan bidang-bidang lain atas bantuan maupun kerjasama yang diberikan.

5. Aini, Gulman dan Ririn, rekan-rekan yang memberikan bantuan serta dukungan selama penelitian berlangsung sampai selesainya penulisan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna untuk itu penulis mengharapkan kritikan dan saran dari berbagai pihak demi kesempurnaan laporan ini.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, Juni 2005

PENULIS

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....i
HALAMAN PENGESAHAN.....ii
MOTTO.....iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....v
KATA PENGANTAR.....vi
DAFTAR ISI.....viii
DAFTAR TABEL.....xii
DAFTAR GAMBAR.....xiii
ABSTRAKSI.....xiv

BAB I PENDAHULUAN.....1
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....6
2.1 Radioaktivitas.....6
2.1.1 Radioaktivitas lingkungan laut.....7
2.2 Radiasi Partikel Beta.....8
2.2.1 Partikel Beta.....8
2.2.2 Sumber Radiasi Partikel β.....9
2.3 Kalium-40.....10
2.4 Thallium-208.....11
2.5 Timbal-210, Timbal-212, Timbal-214.....11
2.6 Bismuth 214.....12
2.7 Actinium-228.....12

2.8 Indikator Biologis Radioaktivitas.....13
2.9 Efek Radiasi Pada Manusia.....13
2.9.1 Efek Somatik.....15
2.9.2 Efek Tertunda.....16
2.9.3 Efek Genetik.....16
BAB III METODE PENELITIAN.....18
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....18
3.2 Objek Penelitian.....22
3.2.1 Sedimen.....22
3.2.2 Air.....22
3.2.2.1 Sungai.....23
3.2.2.2 Muara.....23
3.2.2.3 Pesisir.....24
3.3.3 Eceng Gondok *(Eichhornia crassipes (Mart) Solms)*.....24
3.3.4 Bakau *(Rhizophora stylosa)*.....25
3.3.5 Ikan.....26
3.3.5.1 Ikan Belanak.....26
3.3.5.2 Ikan Gelama.....27
3.3 Alat dan Bahan.....28
3.3.1 Alat.....28
3.3.1.1 Alat Pengambilan Cuplikan.....28
3.3.1.2 Alat Preparasi dan Analisis.....29
3.3.2 Bahan.....30
3.4 Kegiatan Analisa.....30
3.4.1 Pengambilan Cuplikan.....30
3.4.1.1 Cuplikan Air.....31
3.4.1.2 Cuplikan Sedimen.....31
3.4.1.3 Cuplikan Tanaman.....31
3.4.1.4 Cuplikan Ikan.....32

di perairan Surabaya.....48
4.2.2.1 Distribusi radioaktivitas *Gross* β pada cuplikan sedimen sungai di perairan Surabaya.....48
4.2.2.2 Distribusi radioaktivitas *Gross* β pada cuplikan sedimen muara di perairan Surabaya.....49
4.2.2.3 Distribusi radioaktivitas *Gross* β pada cuplikan sedimen pesisir di perairan Surabaya.....50
4.2.3 Distribusi radioaktivitas gross β pada cuplikan biota di perairan Surabaya.....52
4.2.3.1 Distribusi radioaktivitas *Gross* β pada cuplikan Eceng gondok di perairan Surabaya.....53
4.2.3.2 Distribusi radioaktivitas *Gross* β pada cuplikan tanaman Bakau di perairan Surabaya.....54
4.2.3.3 Distribusi radioaktivitas *Gross* β pada cuplikan ikan di perairan Surabaya.....55
4.3 Faktor Distribusi (F_D) dan Faktor Bioakumulasi (F_B).....57
4.4 Identifikasi Radionuklida Pemancar β.....58
4.4.1 Kalibrasi Tenaga Spektrometer γ.....58
4.4.2 Identifikasi Radionuklida.....59

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....64
5.1 Kesimpulan.....64
5.2 Saran.....66

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Sumber Radiasi Beta Deret *Uranium-238*.....,,9

Tabel 2.2 Sumber Radiasi Beta Deret *Uranium-235*.....10

Tabel 2.3 Sumber Radiasi Beta Deret *Thorium-232*.....10

Tabel 4.1 Uji *Chi Square (17-09-2004)*.....39

Tabel 4.2 Perhitungan Faktor Distribusi dan Faktor Bioakumulasi 57

Tabel 4.3 Radionuklida yang teridentifikasi.....60

ABSTRAK

Telah dilakukan analisis tentang DISTRIBUSI RADIOAKTIVITAS (*GROSS* β) DAN RADIONUKLIDA ALAM DALAM AIR, SEDIMEN DAN BIOTA DI PERAIRAN SURABAYA. Cuplikan yang digunakan berupa air sungai, muara dan pesisir, sedimen, Eceng Gondok, Tanaman Bakau, Ikan Belanak dan Ikan Gelama. Lokasi pengambilan cuplikan di sungai dan laut pesisir perairan Surabaya yang dipilih secara acak di dua belas (12) titik. Air dipekatkan; Sedimen di bersihkan, dikeringkan dan dihaluskan; biota diabukan pada suhu 500°C kemudian ditentukan paparan radioaktivitas β dengan pencacahan cuplikan menggunakan alat *Geiger Muller Counter Ortec 401 A*. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa aktivitas cacah cuplikan lingkungan alam sangat rendah. Aktivitas gross β cuplikan air sungai belum melebihi nilai ambang menurut Peraturan Pemerintah Kota Surabaya no: 2 tahun 2002 sebesar 1 Bq/L. Sedangkan untuk air muara dan pesisir belum ada baku mutunya. Aktivitas paparan radiasi dalam cuplikan eceng gondok lebih tinggi daripada aktivitas cuplikan air dan sedimen pada lokasi Tengah Kali Surabaya, Hilir Kali Surabaya, Hulu Kali Wonokromo, Muara Kali Wonokromo, dan Muara Kali Kedinding dan terjadinya akumulasi radionuklida dalam organisme perairan. Hasil identifikasi dengan teknik spektrometri-γ menunjukkan 7 jenis radioisotop pemancar beta yang terdeteksi yaitu ^{210}Pb, ^{212}Pb, ^{214}Pb, ^{208}Tl, ^{214}Bi, ^{228}Ac, dan ^{40}K dalam beberapa cuplikan dan beberapa lokasi. Keberadaan radioisotop alam ini menunjukkan bahwa sampai saat pencuplikan dilakukan, perairan sungai dan pesisir Surabaya belum terkontaminasi oleh radionuklida buatan hasil fisi. Faktor distribusi $F_D <$ Faktor Bioakumulasi F_B hal ini menunjukkan bahwa adanya perpindahan radionuklida menurut jalur air-sedimen-biota. Dan pada akhirnya terjadi akumulasi radionuklida pada organisme perairan.

Kata kunci : radioaktivitas *gross β*, faktor bioakumulasi dan faktor distribusi

ABSTRACT

DISTRIBUTION OF RADIOACTIVITY GROSS β AND NATURAL RADIONUCLIDES IDENTIFY IN WATER, SEDIMENT AND BIOTA ON SURFACE WATER AND COASTAL AREASI IN SURABAYA CITIES have been evaluated. Twelve location were selected with random sampling in some river, estuary and coastal areas of Surabaya cities. The sample consist of water (fresh, estuary and coastal), sediment, eichhornia crassipes (Mart) Solms, Mangrove (Rhizophora stylosa), (*Moolgarda delicatus*) and (*Johnius* (*Johnieops*) *borneensis)(Sharpnose hammer croaker*). Water has evaporated; Sediment are cleaned, dried and attenuated; dusty biota at temperature 500°C is later; then evaluated the distribution of radioactivity ß with Geiger Muller Counter Ortec 401 A. The result showed that the gross-β natural samples activity were lower than the threshold value of local government regulation of Surabaya no: 2 year 2004 (1 Bq/l). Distribution of activity gross-β from eichhornia crassipes (Mart) Solms was higher than the other biota, water and sediment. Result identify with the spectrometry-γ showing 7 type of radioisotope of beta emitter detected, they are ^{210}Pb, ^{212}Pb, ^{214}Pb, ^{208}Tl, ^{214}Bi, ^{228}Ac, and ^{40}K in all of sample. The Nature Radioisotope existence indicate that river, estuary and coastal areas of Surabaya are not yet contamination by radionuclide made in fissile result. Factor of distribution F_D < Factor of Bioaccumulation F_B and indicated that was the existence transfer of radionuclide pass through to water – sediment - biota and finally radionuclide accumulation in aquatic organism.

Key words : gross β radioactivity, factor of bioaccumulation, and factor of distribution

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan ibukota dari propinsi Jawa Timur yang terletak di 07° 21' Lintang Selatan dan 112° 36' - 112° 54' Bujur Timur dengan ketinggian 3 - 6 meter di atas permukaan laut (dataran rendah), kecuali di bagian selatan terdapat dua bukit landai di daerah Lidah dan Gayungan dengan ketinggian 25-50 meter di atas permukaan laut.

Luas wilayah Kota Surabaya adalah 326,36 km^2, batas-batas wilayah dari Kota Surabaya itu sendiri adalah sebagai berikut :

a. Batas sebelah Utara : Selat Madura

b. Batas sebelah Selatan : Kabupaten Sidoarjo

c. Batas sebelah Timur : Selat Madura

d. Batas sebelah Barat : Kabupaten Gresik

Perairan merupakan tempat terakumulasinya berbagai kontaminan, begitupula dengan perairan di Surabaya, yang memungkinkan terjadinya perubahan terhadap rona lingkungan awal dan terganggunya keseimbangan lingkungan. Sehingga data penelitian yang diperoleh diharapkan dapat digunakan untuk memonitor seberapa besar tingkat pencemaran yang disebabkan oleh zat radioaktivitas alam.

Perairan Surabaya memiliki beberapa fungsi sosial bagi masyarakat Surabaya pada umumnya dan bagi masyarakat yang tinggal di sekitar perairan tersebut pada

khususnya. Beberapa fungsi tersebut diantaranya adalah pemanfaatan untuk air irigasi, untuk air bersih domestik maupun industri, penambangan pasir, sebagai tempat pembuangan air limbah domestik dan industri, dan tak jarang di beberapa tempat perairan Surabaya juga dimanfaatkan untuk transportasi air/penyeberangan, serta rekreasi dan olah raga.

Seperti halnya Jakarta dan Semarang, Kota Surabaya memiliki banyak industri, industri-industri tersebut menyebar di seluruh wilayah Kota Surabaya. Kota Surabaya memiliki 2600 usaha industri, dan sekitar 600 diantaranya merupakan usaha yang berskala industri (bukan industri rumah tangga), sebagian besar berlokasi di Kawasan industri Rungkut (SIER) (Tim Peneliti Lemlit-ITS, 1994).

Zat radioaktivitas yang berada di lingkungan perairan kota Surabaya kemungkinan dapat berasal dari limbah industri serta limbah rumah sakit yang ada di kota Surabaya. Salah satu industri yang berpotensi menghasilkan limbah zat radioaktivitas adalah industri kaos lampu tekan, selain itu rumah sakit yang berada di Surabaya juga mempunyai andil dalam penambahan kadar radioaktivitas *gross* β di perairan Surabaya.

Untuk membahas kualitas lingkungan dari aspek radioekologi 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, dkk, 1998 dalam Prasetyo, 2002).

Oleh karena itu, diperlukan identifikasi kualitas lingkungan berupa kajian radioaktivitas pada suatu ekosistem yang berkaitan dengan paparan radiasi (gross) dan identifikasi radionuklida dalam komponen penyusun ekosistem dalam cuplikan berupa air, biota dan sedimen di bagian hulu, tengah, hilir, muara serta daerah pesisir sungai Kenjeran dan Morokrembangan di Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka masalah yang dirumuskan adalah

1. Berapakah radioaktivitas (*gross*) β dalam cuplikan air, biota dan sedimen di perairan Surabaya?
2. Radionuklida pemancar β apa sajakah yang terkandung dalam cuplikan air, biota dan sedimen di perairan Surabaya?
3. Apakah radioaktivitas *gross* β yang terkandung dalam air sungai di perairan Surabaya sudah sesuai dengan baku mutu menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya No.02 Tahun 2004?
4. Cuplikan Biota apakah yang mempunyai daya serap yang tinggi terhadap bahan pencemar?
5. Apakah dengan menghitung faktor bioakumulasi (F_B) dan faktor distribusi (F_D) *gross* β dalam cuplikan dapat diketahui jalur perpindahan radioaktivitas β di perairan Surabaya?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dikemukakan dalam penelitian ini adalah :

1. Parameter yang dianalisis adalah *gross* β serta radionuklida pemancar β yang teridentifikasi.
2. Penentuan aktivitas β yang terkandung dalam cuplikan air, biota (Eceng gondok, tanaman Bakau, ikan Belanak dan ikan Gelama), dan sedimen di perairan Surabaya dengan metode analisis *gross* beta menggunakan alat cacah *Geiger-Muller Counter*. Sedangkan untuk identifikasi radionuklida dengan menggunakan spektometer γ.
3. Penentuan faktor bioakumulasi (F_B) dan faktor distribusi (F_D) *gross* β dalam cuplikan air, biota dan sedimen.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui aktivitas rerata *gross* β dari cuplikan air, biota dan sedimen yang diambil dari perairan Surabaya.
2. Mengidentifikasi radionuklida pemancar beta yang terkandung dalam cuplikan air, biota dan sedimen.
3. Membandingkan konsentrasi *gross* β yang terkandung dalam air sungai, muara dan laut di perairan Surabaya dengan baku mutu menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya No.02 Tahun 2004.

4. Mengetahui cuplikan biota yang mempunyai daya serap tertinggi terhadap bahan pencemar radioaktivitas β.
5. Mengetahui jalur perpindahan bahan pencemar radioaktivitas β dengan cara menghitung faktor bioakumulasi (F_B) dan faktor distribusi (F_D) *gross* β.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Sumber acuan untuk mengetahui tingkat pencemaran radiaoaktivitas β dan unsur-unsur radionuklida dalam cuplikan air, biota (Eceng Gondok, tanaman Bakau, ikan Belanak dan ikan Gelama dari lokasi terpilih di perairan Surabaya.
2. Dapat digunakan sebagai masukan pemerintah daerah setempat dalam menentukan kebijaksanaan di bidang lingkungan hidup.
3. Dapat digunakan sebagai wacana penelitian selanjutnya.

BAB II

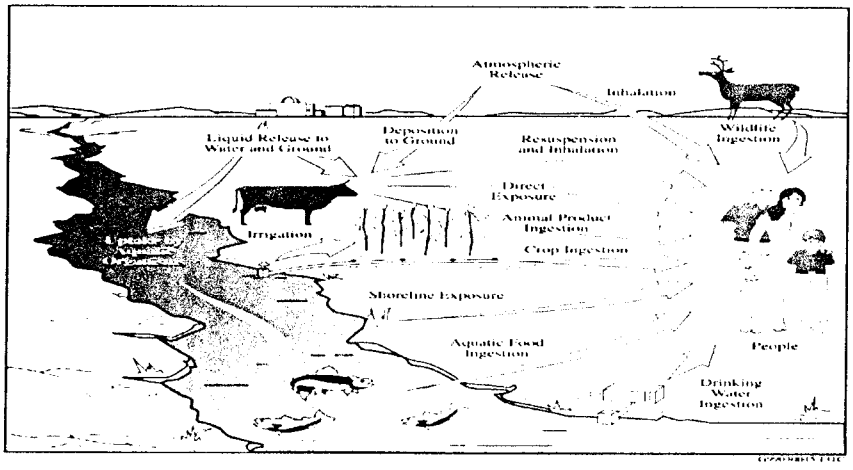
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radioaktivitas

Radioaktivitas adalah pemancaran sinar-sinar radioaktif dari unsur radioaktif. Jenis radiasinya antara lain alpha, beta, gamma, sinar X, radiasi neutron. Unsur yang memencarkan radiasi disebut radionuklida (Beiser, 1987).

Radioaktivitas adalah suatu proses dimana mineral yang mempunyai nucleus atau inti yang tidak stabil mengalami disintegrasi spontan dengan melepaskan energi. Proses disintegrasi tersebut ditandai oleh adanya emisi radiasi seperti partikel alpha, beta dan sinar gamma (Soemirat, 1994).

Pencemaran radioaktivitas lingkungan baik yang melalui tanah, udara maupun air pada akhirnya akan sampai juga kepada manusia, maka daur pencemaran radioaktivitas lingkungan seperti Gambar 2.1 perlu diketahui. Dengan memperhatikan daur tersebut dapat pengambilan contoh-contoh lingkungan untuk ditentukan dan dianalisis radioaktivitasnya.



Gambar 2.1 Daur Pencemaram Radioaktivitas Lingkungan (Anonim, 1998)

Apabila ditinjau dari asalnya, maka bahan pencemar yang masuk ke perairan laut dapat dibagi menjadi dua, yang pertama berasal dari lautnya sendiri. Misalnya pembungan sampah dan air limbah kapal, tumpahan minyak di laut, baik dari kapal tangki maupun sumur minyak lepas pantai, buangan dari pertambangan di laut, dan yang kedua berasal dari kegiatan-kegiatan di darat seperti limbah domestik, kegiatan industri dan lain-lain. Bahan pencemar dapat masuk ke ekosistem laut melalui udara atau terbawa oleh air permukaan (Resosoedormo dkk, 1993 dalam Prasetyo, 2002).

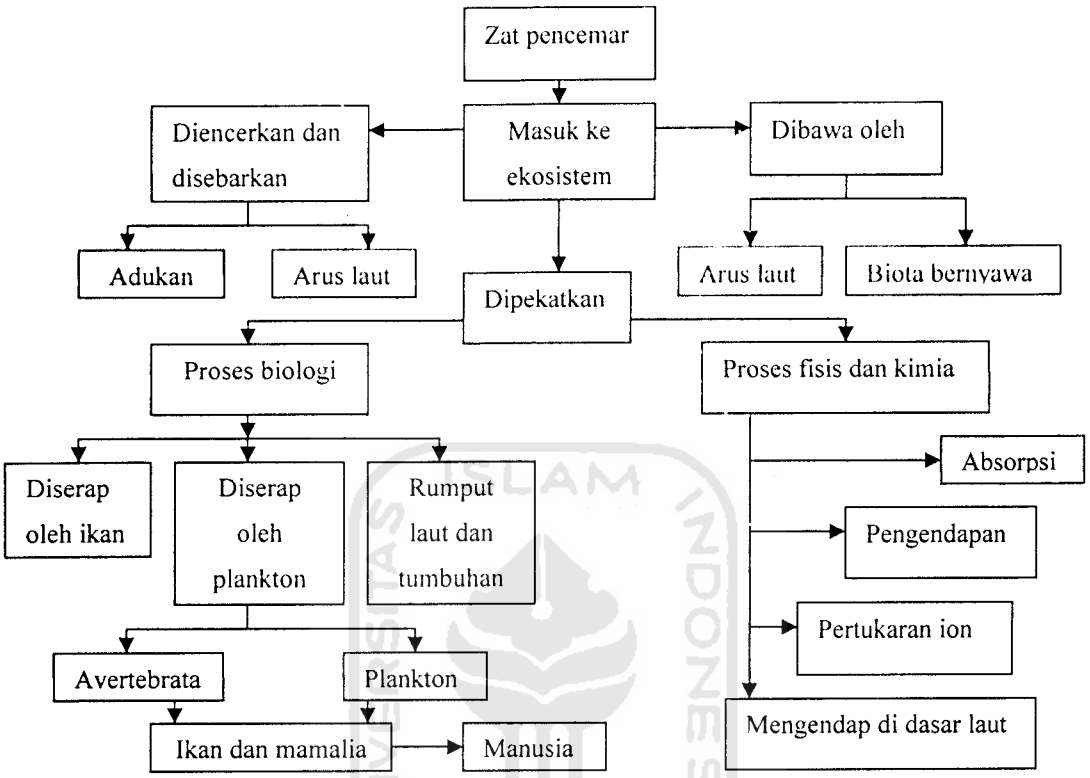
2.1.1 Radioaktivitas lingkungan laut

Air laut merupakan air permukaan akan tetapi karena rasanya asin dan jumlahnya yang sangat besar, maka air laut dipisahkan dari air permukaan. Kandungan unsur radioaktif dalam laut lebih bervariasi dari pada jenis air lainnya. Hal ini karena sungai bermuara ke laut dan jatuhan debu radioaktif lebih banyak jatuh ke laut sehingga disebut jatuhan traposfir.

Pada perairan laut radionuklida akan diencerkan dan tersebar dalam air untuk kemudian berpindah ke material biologis, sedimen dan partikel tersuspensi. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap konsentrasi radionuklida di perairan laut adalah proses penyebaran, penyampuran dan interaksi dengan material biologis dan sedimen (Menurut IAEA, 1982 dalam Taimenas, 2002).

Masuknya zat pencemar ke dalam lingkungan laut dengan sendirinya akan mempengaruhi kehidupan biota laut. Menurut Uktolseya (1991), dalam Prasetyo

(2002) proses-proses yang terjadi apabila zat pencemar masuk ke dalam ekosistem laut dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini:



Gambar 2.2 Zat Pencemar dalam Ekosistem Laut (Uktolseya, 1991 dalam Prasetyo, 2002)

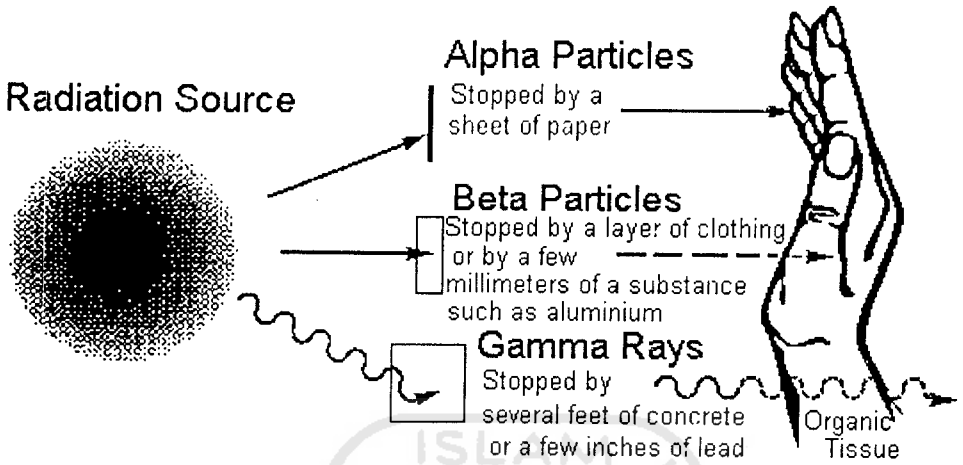
2.2 Radiasi Partikel Beta

2.2.1 Partikel beta

Manusia dapat terkena radiasi partikel beta dari sumber alam maupun dari sumber radiasi buatan manusia itu sendiri. Sumber partikel beta alam contohnya adalah *tritium, carbon-14* dan *stronsium-90.*

Partikel beta daya tembusnya lebih kuat bila dibandingkan dengan partikel alpha, sehingga dapat memasuki tubuh cukup dalam dan kelainannya secara sistemik. Sama halnya dengan partikel alpha, partikel beta ini sangat berbahaya

bila masuk ke dalam tubuh manusia dengan cara dihirup ataupun dengan cara diinjeksikan.



Gambar 2.3 Daya Tembus partikel alpha, beta dan Sinar Gamma (Anonim, 2005)

2.2.2 Sumber Radiasi Partikel β

Sumber radiasi partikel beta terbagi menjadi 3 deret radionuklida yaitu :

1. Deret *Uranium-238*, sumber radiasi beta deret ini akan ditampilkan pada tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Sumber radiasi beta deret *Uranium-238*

Radionuklida	Radiasi yang dipancarkan
Thorium-234	Beta
Protactinium-234	Beta
Lead-214	Beta
Bismuth-214	Beta
Lead-210	Beta
Bismuth-210	Beta

2. Deret *Uranium-235*, sumber radiasi beta deret ini akan ditampilkan pada tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.3 Sumber radiasi beta deret *Uranium-235*

Radionuklida	Radiasi yang dipancarkan
Thorium-231	Beta
Actinium-227	Beta
Lead-211	Beta
Thallium-207	Beta

3. Deret Thorium-232, sumber radiasi alpha dan beta deret ini akan ditampilkan pada tabel 2.4 berikut ini :

Tabel 2.4 Sumber radiasi beta deret *Thorium-232*

Radionuklida	Radiasi yang dipancarkan
Radium-228	Beta
Actinium-228	Beta
Lead-212	Beta
Bismuth-212	Alpha 36% Beta 64%
Thallium-208	Beta

2.3 Kalium-40

Kalium merupakan unsur yang terletak di periode 4 golongan IA dalam tabel periodik unsur-unsur kimia, mempunyai nomer atom 19 dan berat atom 39,098 serta waktu paruh 1,28 x 10^9 tahun.

Radionuklida K-40 adalah sumber radiasi internal yang terdapat secara alamiah dan memasuki tubuh manusia melalui makanan. Karena unsur ini adalah

unsur esensial dalam fisiologi manusia, ada dibawah kendali homeostatik yang erat dalam tubuh (M.H Thayib, 1985 dalam Purba 2001).

2.4 *Thallium-208*

Thallium-208 merupakan unsur yang terletak pada periode 6 golongan IIIA dalam tabel periodik unsur-unsur kimia, mempunyai nomer atom 81, berat atom 204,3833 dan waktu paruh 3.053 menit.

Thallium-208 merupakan hasil peluruhan dari Thorrium-232, dengan skema peluruhan sebagai berikut :

Th-232 ⟶ Ra-228 ⟶ Ac-228 ⟶ Ra-224 ⟶ Rn-220 ⟶

Po-216 ⟶ Pb-212 ⟶ Bi-212 ⟶ Tl-208

2.5 Timbal – 210, Timbal – 212, Timbal – 214

Timbal telah diketahui oleh banyak orang sejak zaman dahulu. Unsur ini pada tabel periodik termasuk dalam kelompok logam golongan IVA mempunyai nomer atom 82 dan berat atom 207,2.

Timbal – 210 mempunyai waktu paruh 22,3 tahun dan merupakan hasil peluruhan dari Uranium – 238 dengan skema peluruhan

U-238 ⟶ Th-234 ⟶ Pa-234 ⟶ U-234 ⟶ Th-230 ⟶ Ra-226

⟶ Rn-222 ⟶ Po-218 ⟶ Pb-214 ⟶ Bi-214 ⟶ Tl-210 ⟶ Pb-210

Timbal – 212 mempunyai waktu paruh 10,64 jam dan merupakan hasil peluruhan dari Thorrium – 232 dengan skema peluruhan

Th-232 ⟶ Ra-228 ⟶ Ac-228 ⟶ Ra-224 ⟶ Rn-220 ⟶ Po-216 ⟶ Pb-212

Timbal – 214 mempunyai waktu paruh 26,8 menit dan merupakan hasil peluruhan dari Uranium – 238 dengan skema peluruhan

U-238 ⟶ Th-234 ⟶ Pa-234 ⟶ U-234 ⟶ Th-230 ⟶ Ra-226 ⟶ Rn-222 ⟶ Po-218 ⟶ Pb-214

2.6 *Bismuth-214* (Bi-214)

Bismuth-214 mempunyai nomer atom 83 dengan berat atom 208.98038, dan waktu paruh 19,9 menit berbentuk padat dan merupakan logam yang bersifat radioaktif. Merupakan peluruhan dari Uranium-238, dengan skema peluruhan

U-238 ⟶ Th-234 ⟶ Pa-234 ⟶ U-234 ⟶ Th-230 ⟶ Ra-226 ⟶ Rn-222 ⟶ Po-218 ⟶ Pb-214 ⟶ Bi-214

2.7 *Actinium - 228* (Ac - 228)

Actinium-228 mempunyai nomer atom 89, berat atom 227, dan waktu paruh 16,5 jam. Unsur ini merupakan logam yang bersifat radioaktif. *Actinium* termasuk unsur yang jarang ditemukan, *actinium* dihasilkan dari bijih *uranium* dalam jumlah yang sedikit.

Actinium-228 merupakan hasil peluruhan dari *Thorium-232* dengan skema peluruhan

Th-232 ⟶ Ra-228 ⟶ Ac-228

2.8 Indikator Biologis Radioaktivitas Lingkungan.

Dalam analisa keadaan lingkungan, masalah indikator biologis perlu diketahui dan ditentukan. Indikator biologis dalam hal ini merupakan petunjuk ada tidaknya kenaikkan keadaan lingkungan dari keadaan secara umum, melalui analisa kandungan secara kimia tertentu yang terdapat dalam hewan maupun tanaman yang terletak pada daur pencemaran lingkungan sebelum sampai pada manusia (Wardhana, 1995).

Pertimbangan dalam pemilihan bioindikator antara lain adalah faktor konsentrasi yang sangat tinggi dan stabil, variasi terhadap musim dan parameter lainnya yang relatif kecil, mobilitas rendah sehingga dianggap mewakili habitatnya dan memiliki daya tahan tinggi dalam mengakumulasi polutan tanpa mematikan hidupnya (Menurut Dahlgaard, 1991 dalam Taimenas, 2001).

Tingkat paparan radiasi diperlukan untuk program pemantauan polusi radioaktif perairan laut karena partikel-partikel tersuspensi dan sedimen dasar perairan mengakumulasi radionuklida yang tersebar di badan perairan dengan konsentrasi yang relatif tinggi daripada perairan itu sendiri.

2.9 Efek Radiasi Pada Manusia

Radionuklida yang masuk ke lingkungan dapat menyebabkan tercemarnya tanah dan air dalam jumlah yang tinggi dan juga kerusakan-kerusakan biologik

pada organisme termasuk manusia. Salah satu sifat radionuklida yang mudah larut dalam air, mempermudah masuknya ke dalam akar-akar tanaman dan juga ke seluruh bagian tanaman seperti batang, daun dan buah. Radionuklida yang mencemari tanaman akan sampai pada manusia secara langsung bila seseorang makan tanaman (tanaman pangan), sedangkan secara tidak langsung bila memakan bahan makanan dari hewan, antara lain susu, daging dan telur.

Radiasi dapat mengenai tubuh dari luar (radiasi eksternal) atau dari dalam tubuh (radiasi internal), yang berasal dari masuknya zat radioaktif yang mengendap dalam tubuh manusia. Efek radiasi eksternal dan internal tidak ada bedanya. Selain itu radiasi dapat mengenai seluruh tubuh atau sebagian dari tubuh, dimana efek radiasi terhadap tubuh tergantung pada bagian tubuh yang terkena radiasi. Sel-sel tubuh yang terkena radiasi dapat rusak, mati atau mengalami mutasi genetik tergantung besarnya dosis radiasi. Tingkat kesembuhan dan pemulihannya tergantung pada besarnya dosis dan daya tahan tubuh yang sifatnya individual (Sasongko, 1997).

Kerusakan organ tubuh manusia karena radiasi secara garis besar dapat dibagi menjadi :

1. Kerusakan karena efek somatik
2. Kerusakan karena efek tertunda
3. Kerusakan karena efek genetik

Ketiga macam kerusakan tersebut akan dibahas lebih lanjut pada uraian berikut :

6. Kerusakan paru-paru.
7. Kerusakan ginjal

2.9.2. Efek Tertunda

Efek tertunda sebenarnya termasuk dalam efek somatik yang akibatnya tidak langsung tampak. Efek tertunda, atau sering disebut juga dengan efek stokastik, memerlukan waktu yang lama untuk dapat diketahui akibatnya. Karena tenggang waktu yang lama, dan zat-zat kimia pun mungkin pula mengakibatkan efek stokasti, maka tidak mudah untuk menentukan apakah kelainan tersebut benar-benar merupakan akibat dari terkena radiasi, atau karena sebab-sebab lain. Beberapa bentuk efek tertunda karena radiasi antara lain :

1. Neoplasma
2. Katarak
3. Kemandulan
4. Berkurangnya usia harapan hidup
5. Hambatan pada pertumbuhan

2.9.3. Efek Genetik

Paparan radiasi memang dapat menyebabkan terjadinya efek genetik. Ini terjadi (tampak akibatnya) setelah beberapa generasi. Efek genetik termasuk dalam efek somatik yang tertunda atau sering juga disebut dengan *hereditary effects*. Terjadinya mutasi gen pada sel reproduksi dapat disebabkan oleh radiasi

nuklir. Walaupun demikian mutasi gen dapat juga ditimbulkan oleh penyebab lainnya. Oleh karena itu penelitian mengenai efek genetik ini memerlukan ketelitian dan kesabaran agar diperoleh jawaban yang memuaskan.

Jagir Wonokromo yang mengambil air dari DAM Jagir Wonokromo sebagai air bahan baku dalam pengolahannya.

5. Lokasi Muara kali Wonokromo : karena pada daerah tersebut terdapat beberapa industri yang diperkirakan membuang limbah cairnya ke lokasi tersebut.
6. Lokasi Pesisir pantai Wonokromo: karena daerah ini adalah daerah pesisir yang merupakan tempat terakumulasinya bahan-bahan pencemar dari beberapa muara dan juga dari perairan di sekitarnya. Lokasi ini merupakan daerah pertemuan antara beberapa muara, salah satunya adalah muara Kali Tambakoso yang diperkirakan mendapat limpasan buangan limbah cair dari Kawasan Industri Rungkut (SIER).
7. Lokasi Muara Kalisari : karena pada DAS Kalisari terdapat beberapa industri yang diperkirakan membuang limbah cairnya ke lokasi tersebut.
8. Lokasi Pesisir Pantai Kenjeran : karena pada lokasi ini terdapat taman ria kenjeran, serta merupakan daerah pertemuan beberapa aliran diantaranya aliran dari Muara Kali Sari, Pesisir Pantai Wonokromo, Muara Kali Tambakoso
9. Lokasi Pesisir Kedung Cowek, merupakan daerah pertemuan beberapa muara diantaranya Muara Kali Kedinding dan Pesisir Pantai Kenjeran
10. Lokasi Muara Kali Kedinding : karena pada lokasi ini terdapat beberapa industri rumah tangga dan banyak buangan limbah rumah tangga.

bersih tetapi selalu ada senyawa mineral (unsur lain) yang terdapat di dalamnya. Selain itu air juga dapat mengandung bakteri atau mikroorganisme lain sehingga air tersebut tidak dapat langsung dikonsumsi. Air yang tercemar mengandung bahan-bahan kimia seperti logam berat, sisa endapan deterjen, insektisida dan limbah radioaktif baik dari alam maupun dari industri yang menghasilkan bahan-bahan radioaktif.

3.2.2.1 Sungai

Sungai adalah suatu badan air yang mengalir ke satu arah. Air sungai dingin dan jernih serta mengandung sedikit sedimen dan makanan. Aliran air dan gelombang secara konstan memberikan oksigen pada air. Suhu air bervariasi sesuai dengan ketinggian dan garis lintang.

Komunitas yang berada di sungai berbeda dengan danau. Air sungai yang mengalir deras tidak mendukung keberadaan komunitas plankton untuk berdiam diri, karena akan terbawa arus. Sebagai gantinya terjadi fotosintesis dari ganggang yang melekat dan tanaman berakar, sehingga dapat mendukung rantai makanan.

3.2.2.2 Muara

Muara merupakan tempat bersatunya sungai dengan laut. Muara sering dipagari oleh lempengan lumpur intertidal yang luas atau rawa garam. Salinitas air berubah secara bertahap mulai dari daerah air tawar ke laut. Salinitas ini juga dipengaruhi oleh siklus harian dengan pasang surut aimya. Nutrien dari sungai memperkaya muara.

Komunitas tumbuhan yang hidup di estuari antara lain rumput rawa garam, ganggang, dan fitoplankton. Komunitas hewannya antara lain berbagai cacing, kerang, kepiting, dan ikan. Bahkan ada beberapa invertebrata laut dan ikan laut yang menjadikan muara sebagai tempat kawin atau bermigrasi untuk menuju habitat air tawar. muara juga merupakan tempat mencari makan bagi vertebrata semi air, yaitu unggas air.

3.2.2.3 Pesisir

Pesisir adalah wilayah laut yang masih terjangkau oleh pengaruh daratan. Pengaruh daratan pada daerah pesisir ini dapat dikaitkan dengan rendahnya salinitas, bertambahnya sedimentasi yang mengakibatkan berkurangnya daya tembus sinar matahari. Berbagai ekosistem yang berada di daerah pesisir antara lain terumbu karang, mangrove, dan lamun.

3.2.3 Eceng Gondok *(Eichhornia crassipes (Mart) Solms)*

Eceng gondok merupakan tumbuhan pengganggu (gulma) perairan yang sulit diberantas, karena pertumbuhannya yang sangat pesat termasuk tumbuhan menahun, mengapung bebas bila air cukup dalam, tetapi berakar di dasar bila airnya dangkal.

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 terhadap lingkungannya, 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 dengan baik di lingkungan yang tenang, dangkal serta tidak asin dan tumbuh dengan baik pada pH 4-8.

3.2.4 Bakau *(Rhizophora stylosa)*

Tanaman Bakau ini termasuk dalam famili *Rhizophoraceae* dengan ciri-cirinya adalah Bakau hidup di "dua dunia" dan bertindak sebagai penghubung antara daratan dan lautan. Sebagian besar pohon bakau hidup di tanah berlumpur, namun ada juga yang bisa tumbuh di pasir dan batu karang. Jika kondisi ketinggian air yang dipengaruhi oleh pasang naik dan pasang surut optimal, maka pohon bakau bisa pula hidup jauh di daratan di sepanjang muara sungai. Ketinggian pohon bakau beragam tergantung dari spesies dan keadaan lingkungannya. Pohon bakau bisa berupa semak-semak dan ada pula yang mencapai ketinggian sekitar 40 meter. pohon ini mempunyai akar tunjang. Akar tunjang beberapa spesies pohon bakau seperti bakau merah dan bakau hitam mempunyai pori-pori kecil untuk bernapas yang disebut dengan lenticels. Ini memungkinkan oksigen untuk masuk, lalu turun ke dalam akar

di bawah permukaan tanah melalui jaringan di dalam *cortex* yang disebut dengan *aerenchyma*. Lenticels ini tidak aktif ketika air laut pasang dan akar tunjang berada di bawah permukaan air. Hutan bakau berperanan besar dalam menjaga ekosistem di tepi pantai. Hutan bakau menjaga tepi pantai dari kerusakan yang disebabkan oleh erosi dengan cara bertindak sebagai buffer dan menangkap lumpur alluvial yang selanjutnya menjaga permukaan tanah dari kehilangan sedimen. Selain menahan erosi, hutan bakau juga menjaga tepi pantai dari kerusakan yang disebabkan oleh badai dan ombak. Di samping itu, hutan bakau juga menjadi tempat berkembangnya ikan, yuyu, udang, dan kerang. Sementara itu pucuk-pucuk pohon bakau menjadi tempat bersarang bagi beragam burung.

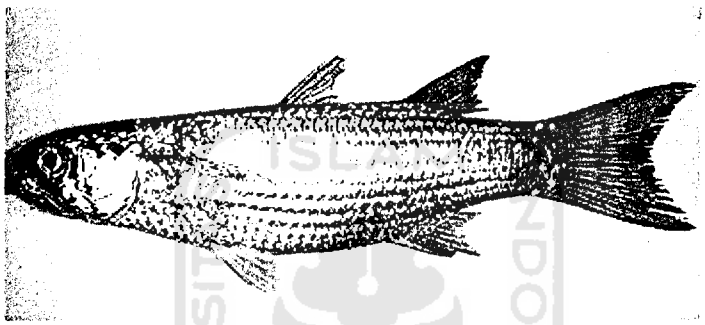
3.2.5 Ikan

Ikan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan Belanak (*Moolgarda delicatus*) dan ikan Gelama (*Johnius (Johnieops) borneensis)(Sharpnose hammer croaker*). Kedua ikan ini digunakan dalam penelitian ini karena pada saat pengambilan cuplikan hanya kedua ikan ini yang terdapat di lokasi penelitian, sehingga dapat dijadikan sebagai bioindikator pada lokasi penelitian.

3.2.5.1. Ikan Belanak

Termasuk dalam famili *Mugilidae*. Ciri-ciri fisik ikan Belanak ini adalah badan memanjang; mulut kecil dan terminal; moncong runcing; ujung belakang tulang rahang tidak terlihat apabila mulut tertutup; selaput kelopak mata tidak

menutupi iris mata; sisik lingkaran dengan pinggiran bermembran bergerigi; *pyloric coeca* tidak bercabang; sirip ekor cagak. Warna Bagian belakang berwarna kehijau-hijauan atau abu-abu kecoklatan, pada bagian sisi dan perut berwarna keperakan; pinggiran belakang sirip ekor berwarna hitam; pada permulaan sirip dada terdapat spot biru. Dan terdapat pada daerah pantai dan pesisir (estuari).

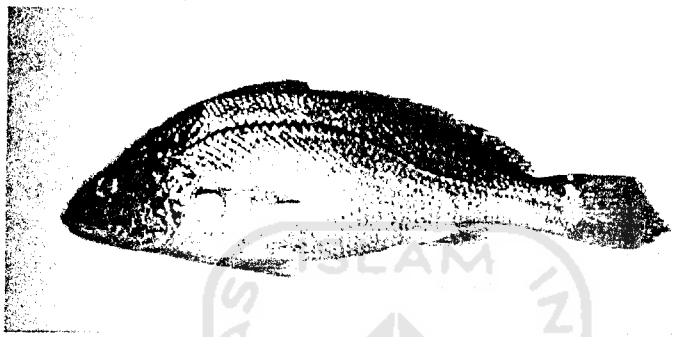


Gambar 3.2 Ikan Belanak (*Moolgarda delicatus)*
(Sumber : Kimura dan Peristiwady, 2005)

3.2.5.2. Ikan Gelama (Croacker)

Termasuk dalam famili *Sciaenidae* Terdapat di perairan pantai yang dangkal, estuaria dan sungai-sungai; panjang baku maksimum 30 cm. Pada dagu tidak mempunyai janggut. Gigi terletak pada deretan yang sempit, mudah dibedakan antara yang besar dan yang kecil pada kedua rahang. Jari-jari keras kedua sirip dubur agak panjang, 24-42% daripada panjang kepala. Sirip ekor berbentuk rhomboid. Sisik-sisik pada kepala sisik lingkaran, sedangkan pada badan bersisik sisir, garis rusuk mencapai sirip ekor. Tulang saring insang pipih/gepeng; pada sudut lengkung saring insang, mempunyai panjang kira-kira setengah daripada panjang saringan insang,

tulang saring insang bagian bawah 9-15. Warna Kepala dan badan bagian punggung berwarna keunguan gelap, bagian perut berwarna putih keperak-perakan; dua buah strip gelap biasanya terdapat di bagian sisi tengah badan; sirip-sirip berwarna kuning atau krem; dua-per-tiga jari-jari keras sirip punggung bagian luar berwarna hitam.



Gambar 3.3 Ikan Gelama *(Johnius (Johnieops) borneensis)*
(Sumber : Matsuura dan Peristiwady, 2005)

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

3.3.1.1 Alat pengambilan cuplikan

1. pH meter saku
2. Thermometer
3. Gatul
4. Centong
5. Plastik hitam ukuran besar
6. Plastik klip besar dan kecil
7. Jrigen air @ 5 liter

4. Spektrometer gamma MCA Ortec 7010 dengan detektor Ge (Li) dan Software Maestro II
5. Planset aluminium
6. Alat penumbuk
7. Ayakan 100 mesh
8. Pisau bedah
9. Pinset
10. Timbangan elektronik

3.3.2 Bahan

1. Sedimen
2. Tanaman (Eceng gondok dan tanaman Bakau)
3. Ikan (Gelama dan Belanak)
4. Air sungai, muara dan pesisir
5. HNO_3
6. N_2 cair
7. Standar Sr-90, beta
8. Standar Eu-152, gamma

demi sedikit, lalu dipanaskan pada lampu 500 watt sampai menjadi kering, sehingga di dapat lapisan cuplikan setipis mungkin, untuk air pesisir diambil 1 gram dari garam yang terbentuk dari hasil pemekatan.

3.5.2 Preparasi Cuplikan Sedimen

Bersihkan sedimen dari kotoran-kotoran yang terikut didalamnya, kemudian diletakkan dalam nampan dan diangin-anginkan, setelah itu ditimbang seberat 200 gram dan kemudian diletakkan dalam mangkuk plastik dan dipanaskan dengan suhu 80°C sampai kering, setelah kering sedimen ditumbuk sampai halus dan diayak sampai lolos saringan 100 mesh. Kemudian dimasukkan ke dalam planset aluminium seberat 1,000 gram.

3.5.3 Preparasi Cuplikan Tanaman

Tanaman dicuci dengan air setempat, dibersihkan dari lumpur, plastik dan kotoran lainnya kemudian ditambahkan Nitrogen cair, ditumbuk sampai halus dan selanjutnya dibakar dengan menggunakan *furnace* dengan suhu 400°C sampai cuplikan tersebut kering dan menjadi abu. Setelah itu abu cuplikan tersebut dimasukkan ke dalam planset aluminium dan ditimbang seberat ± 1,000 gram.

3.5.4 Preparasi Cuplikan Ikan

Ikan dicuci dengan air setempat, setelah itu ikan disayat sehingga antara daging dan tulang ikan tersebut terpisah, dan hanya diambil dagingnya. Kemudian daging ikan tersebut diberi Nitrogen cair di dalam penumbuk yang terbuat dari *stainless*

hubungan antara berat cuplikan dengan efisiensi detektor, grafik ini dinamakan kurva efisiensi LBC (*Low Background Counter).*

3.6.3 Kalibrasi tenaga spektrometer-γ

Kalibrasi tenaga spektrometer-γ dengan cara pencacahan standar ^{152}Eu selama 5 menit dan dilakukan pengulangan sebanyak 8 kali guna mengetahui nomor salur dan tenaga. Kemudian dilakukan perhitungan dengan metode regresi liniear.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kalibrasi tenaga spectrometer γ adalah :

persamaan garis : Y = aX + b, maka dalam spektometer-γ nilai a dan b didefinisikan :

$$a = \frac{\sum XiYi - \frac{\sum Xi \sum Yi}{n}}{\sum Xi^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n}} \quad ...2) \text{ dan } b = \frac{\sum Yi}{n} - a\frac{\sum Xi}{n} \quad ...3)$$

maka kelinieran persamaan tersebut didapatkan dari koefisien hasil kali (r) :

$$r = \frac{\sum \left| n(Xi - \overline{X}) - (Yi - \overline{Y}) \right|}{\left[\left| \sum n(Xi - \overline{Xi})^2 (Yi - \overline{Yi})^2 \right| \right]^{0,5}} \quad ...4)$$

keterangan : Xi = Nomor Salur
Yi = Tenaga
n = banyaknya pencacahan ^{152}Eu

3.7 Analisia Kuantitatif

Setelah dilakukan preparasi, langkah selanjutnya pada penelitian ini adalah pencacahan untuk mengukur radioaktivitas β dan identifikasi radionuklida. Berikut

ini adalah penjelasan mengenai pencacahan radioaktivitas β dan identifikasi radionuklida :

3.7.1 Pencacahan β

1. Hitung uji *chi square* untuk mengetahui kestabilan alat, dengan pencacahan ^{90}Sr dan latar sebanyak sepuluh kali dan selama 1 menit.
2. Hitung Efisiensi detektor dari kurva efisiensi LBC, yang didapat dari pencacahan standar ^{40}K dengan berbagai berat cuplikan.
3. Masukkan cuplikan biota dan sedimen seberat 1 gram serta cuplikan air yang telah dipekatkan dengan berat rata-rata 0,426-1,000 gram dalam masing-masing planset aluminium berlabel.
4. Pencacahan Cuplikan dengan pencacah beta Geiger-Muller Ortec 401 A masing-masing selama 10 menit.
5. Pencacahan latar *(background)* dengan menggunakan Geiger-Muller Ortec 401 A selama 10 menit.
6. Hitung hasil pencacahan dengan rumus no 5 dan 6 dan dapat diketahui aktivitas sesungguhnya.

3.7.2 Identifikasi Radionuklida.

1. Kalibrasi Tenaga dengan menggunakan metode regresi linear dari hasil Pencacahan ^{152}Eu dan background sebanyak delapan kali selama 300 detik

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kestabilan Alat Pencacah-β dan Efisiensi Detektor Geiger-Muller

4.1.1 Kestabilan alat pencacah β

Uji kestabilan alat dilakukan dengan mencacah aktivitas ^{90}Sr menggunakan Geiger-Muller Counter Ortec 401A, kemudian di hitung dengan menggunakan Uji *Chi* square. Adapun kestabilan alat dapat dilihat pada tabel pada Tabel 4.1 di bawah ini :

Tabel 4.1 Uji Chi Square dengan Sumber Standar ^{90}Sr

No	Xi	X^2	Chi Square
1	10025	100500625	
2	9864	97298496	
3	9852	97061904	
4	10019	100380361	
5	10003	100060009	**5,536**
6	10051	101022601	
7	10050	101002500	
8	10061	101223721	
9	10071	101425041	
10	9989	99780121	
jumlah	**99985**	**999755379**	
rata2	**9998,5**		
SD	**78,42654029**		

Sumber : Data Primer, 2004

Keterangan :

1. xi : Hasil yang tercatat dari pencacahan standar Sr-90
2. X^2 : Hasil Kuadrat dari xi
3. Chi Square : hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan :

$$X^2=(\Sigma xi^2-((\Sigma xi)^2/n)) / \overline{X}$$

Dengan Σxi^2 = Jumlah dari hasil kuadrat xi

$(\Sigma xi)^2$ =Jumlah xi dikuadratkan

n = Jumlah pengulangan pengukuran

$\overline{X}$ = Rata-rata xi

4.1.2 Efisiensi Detektor Geiger-Muller

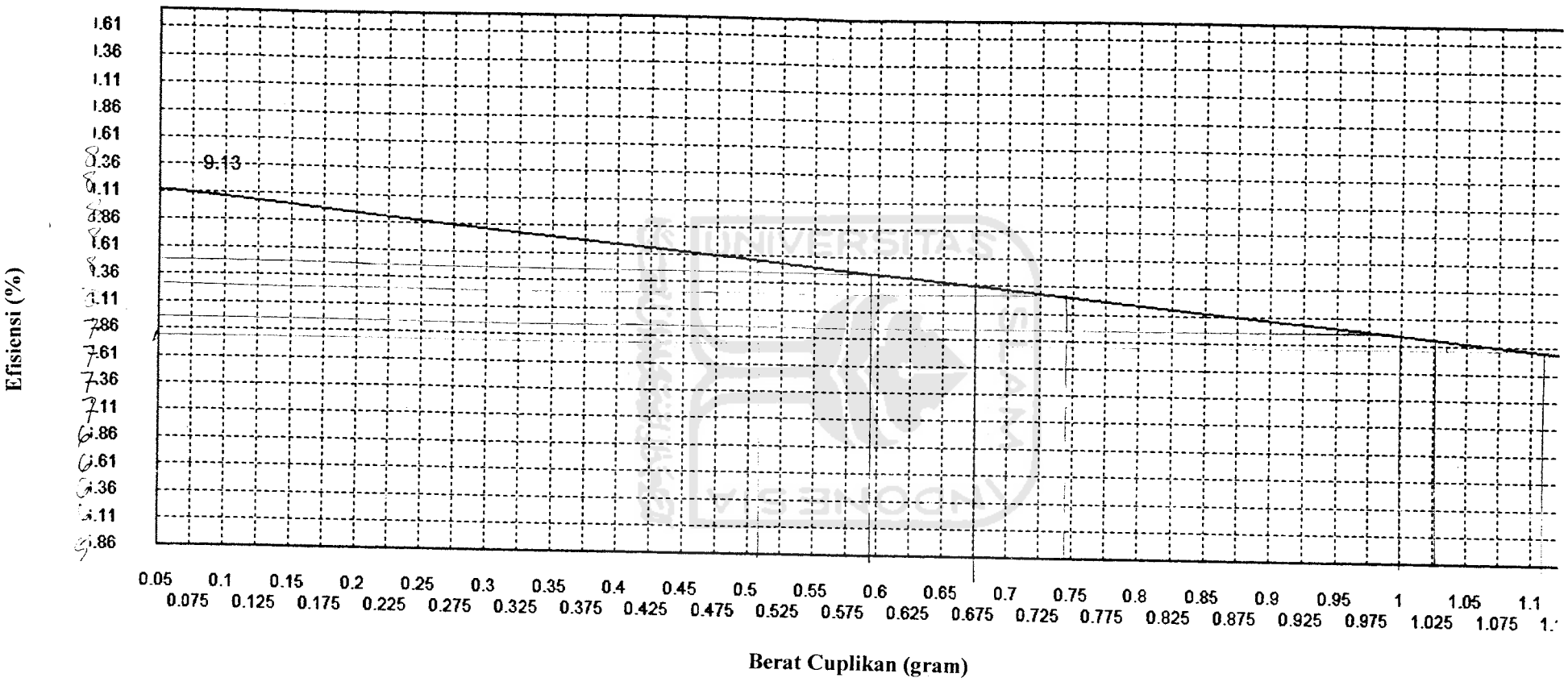
Efisiensi detektor Geiger-Muller Counter diperoleh dari hasil pembacaan kurva efisiensi LBC 2004. Besarnya efisiensi berbanding terbalik dengan berat cuplikan.

4.2 Distribusi Radioaktivitas *Gross* β di Perairan Surabaya

4.2.1 Distribusi radioaktivitas gross β pada cuplikan air di perairan Surabaya

Dalam pembahasan tentang distribusi radioaktivitas *gross* β pada cuplikan air di perairan Surabaya dibagi menjadi tiga bagian yang berdasarkan asal cuplikan air, yaitu air sungai, muara dan pesisir perairan Surabaya.

Lokasi yang merupakan tempat pengambilan cuplikan air sungai adalah lokasi Tengah Kali Surabaya, Hilir Kali Surabaya, Hulu Kali Mas, dan Hulu Kali Wonokromo. Lokasi pengambilan cuplikan air muara adalah Muara Kali Wonokromo, Muara Kali Sari, Muara Kali Kedinding, dan Muara Kali Anak. Sedangkan untuk Lokasi pengambilan cuplikan air Pesisir adalah Pesisir Pantai Wonokromo, Pesisir Pantai Kenjeran, Pesisir Kedung Cowek, dan Pesisir Pantai Morokrembangan.



Gambar 4.1 Kurva Efisiensi *Low Background Counter* (LBC)

Trend distribusi pencemaran radioaktivitas *gross* β dari lokasi Tengah Kali Surabaya, Hilir Kali Surabaya, Hulu Kali Wonokromo adalah meningkat. Distribusi pencemaran radioaktivitas *gross* β di pengaruhi oleh arah aliran sungai, yang membawa bahan-bahan pencemar radioaktivitas *gross* β dari lokasi Tengah Kali Surabaya hingga Pesisir Kali Wonokromo. Selain arah aliran sungai distribusi pencemaran radioaktivitas *gross* β juga dipengaruhi oleh lebarnya sungai, semakin lebar sungai semakin banyak kadar radioaktivitas *gross* β, karena semakin lebar sungai tersebut semakin banyak bahan pencemar radioaktivitas *gross* β yang masuk ke dalam sungai tersebut.

Selain dari buangan industri di sekitarnya radioaktivitas *gross* β pada cuplikan air sungai juga dapat berasal dari alam, terkandung dalam atmosfir kemudian bahan-bahan pencemar yang mengandung partikel β jatuh dari atmosfir bersama hujan masuk ke dalam sungai dan terlarut di dalamnya. Aliran/arus sungai juga dapat mempengaruhi radioaktivitas *gross* β di suatu perairan sungai.

Hasil tersebut dibawah baku mutu air sungai yang telah ditetapkan oleh pemerintah daerah Kota Surabaya dalam Peraturan Pemerintah Daerah No.02 Tahun 2004, yaitu sebesar 1,0 Bq/l. Sehingga air sungai di perairan Surabaya dapat dikatakan belum tercemar dari parameter radioaktivitas *gross* β.

4.2.1.3 Distribusi radioaktivitas gross β pada cuplikan air Pesisir di perairan Surabaya

Daerah pesisir merupakan tempat terakumulasinya bahan-bahan pencemar termasuk bahan-bahan pencemar yang mengandung partikel β dari seluruh sungai dan muara yang berakhir di pesisir tersebut. Radioaktivitas *gross* β di Pesisir dipengaruhi oleh arah aliran air laut, kadar radioaktivitas *gross* β muara masing-masing Pesisir.

Aktivitas *Gross-β* pada air pesisir terbesar pada Pesisir Pantai Morokrembangan (Gambar 4.2). Salah satu muara yang mempengaruhi tingginya aktivitas rerata *gross* β di Pesisir Pantai Morokrembangan adalah Muara Kali Anak yang diperkirakan mendapat limpasan air buangan dari kawasan industri Margomulyo (Lampiran C-4), selain itu di sekitar lokasi tersebut terdapat sebuah bozem yang ketinggian airnya juga dipengaruhi oleh pasang surut air laut.

Pesisir Pantai Wonokromo merupakan lokasi yang mempunyai aktivitas rerata β yang tinggi. Seperti halnya Pesisir Pantai Morokrembangan, Pesisir Pantai Wonokromo adalah pertemuan antara beberapa muara, yaitu Muara Kali Wonokromo yang diperkirakan mendapat limpasan buangan limbah industri dari industri yang berada di Kelurahan Kali Rungkut (Lampiran C-4). Serta Muara dari Kali Tambakoso yang diperkirakan mendapat limpasan buangan limbah industri dari kawasan industri Rungkut (SIER) dan kawasan industri Brebek, namun untuk kadar radioaktivtas *gross* β pada Kali Tambakoso tidak dilakukan penelitiannya (Lampiran C-4).



semakin banyak bahan pencemar radioaktivitas *gross* β yang masuk ke dalam perairan tersebut.

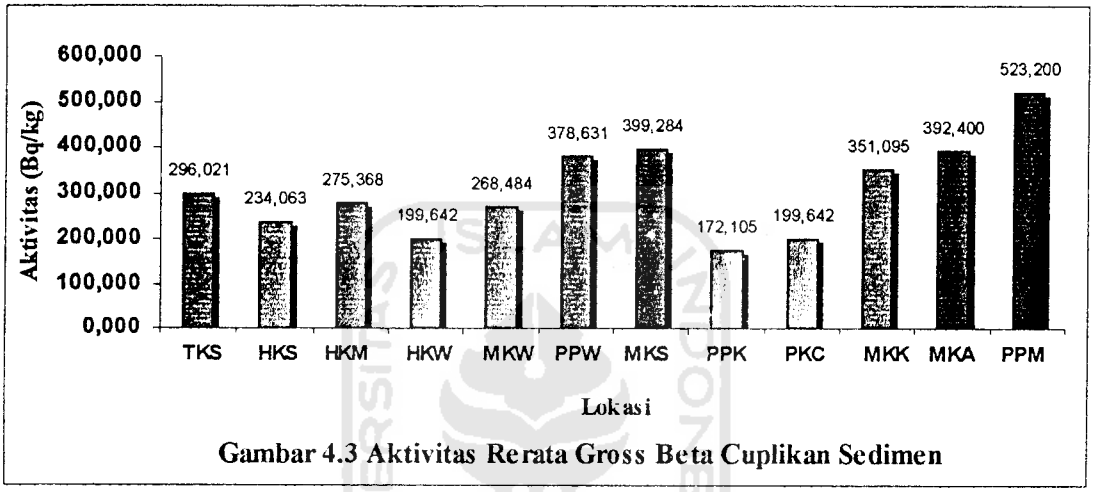
Sedangkan Trend distribusi radioaktivitas *gross* β untuk air pesisir adalah radioaktivitas *gross* β untuk lokasi Pesisir Pantai Wonokromo, Pesisir Pantai Kenjeran dan Pesisir Kedung Cowek adalah menurun, dan kemudian meningkat pada lokasi Pesisir Pantai Morokrembangan. Radioaktivitas *gross* β lokasi Pesisir Pantai Wonokromo besar karena pada lokasi ini terakumulasi bahan-bahan radioaktivitas *gross* β dari Muara Kali Wonokromo dan Muara Kali Tambakoso yang diperkirakan mendapatkan limpasan buangan limbah dari industri yang berada di sekitar daerah aliran Kali Wonokromo dan Kali Tambakoso. Sedangkan untuk lokasi Pesisir Pantai Kenjeran dan Pesisir Kedung Cowek diperkirakan radioaktivitas *gross* β yang terdeteksi hanya berasal dari alam dan tidak dipengaruhi oleh industri yang berada di sekitar lokasi-lokasi tersebut.

Radioaktivitas *gross* β lokasi Pesisir Pantai Morokrembangan lebih besar bila dibandingkan dengan pesisir lainnya karena pada lokasi ini merupakan tempat terakumulasinya terakumulasi bahan-bahan radioaktivitas *gross* β dari Muara Kali Anak yang mempunyai radioaktivitas *gross* β besar bila dibandingkan lokasi muara lainnya. Selain itu lokasi ini juga merupakan tempat terakumulasinya bahan-bahan radioaktivitas *gross* β dari pesisir lainnya di perairan Surabaya.

4.2.2 Distribusi radioaktivitas *gross* β pada cuplikan sedimen di perairan Surabaya.

4.2.2.1 Distribusi radioaktivitas *gross* β pada cuplikan sedimen sungai di perairan Surabaya

Hasil pencacahan dan perhitungan gross β untuk cuplikan sedimen dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini :



Gambar 4.3 Aktivitas Rerata Gross Beta Cuplikan Sedimen

Keterangan :

1. TKS : Tengah Kali Surabaya
2. HKS : Hilir Kali Surabaya
3. HKM : Hulu Kali Mas
4. HKW : Hulu Kali Wonokromo
5. MKW : Muara Kali Wonokromo
6. PPW : Pesisir Pantai Wonokromo
7. MKS : Muara Kali Sari
8. PPK : Pesisir Pantai Kenjeran
9. PKC : Pesisir Kedung Cowek
10. MKK : Muara Kali Kedinding
11. MKA : Muara Kali Anak
12. PPM : Pesisir Pantai Morokrembangan

Dari Gambar 4.3 aktivitas terbesar terdapat pada sedimen sungai di lokasi Tengah Kali Surabaya. Hal ini terjadi karena pada lokasi ini terdapat kawasan industri Karang Pilang (Lampiran C-4) yang diperkirakan membuang limbahnya ke dalam lokasi ini. Limbah yang dibuang ke dalam lokasi ini diperkirakan mengandung lumpur yang kemudian tercampur dengan endapan yang berada di lokasi tersebut

sehingga membentuk sedimen yang kemudian mengendap di dasar lokasi Tengah Kali Surabaya.

4.2.2.2 Distribusi radioaktivitas *gross* β pada cuplikan sedimen muara di perairan Surabaya

Aktivitas rerata *gross* β dalam cuplikan sedimen muara terbesar adalah sedimen pada lokasi Muara Kali Sari (Tabel 4.3). Aktivitas rerata *gross* β dalam cuplikan sedimen muara di lokasi ini berasal dari arus sungai yang mengalir menuju lokasi ini, serta aktivitas reratanya juga dipengaruhi oleh radioaktivitas β dari alam yang masuk ke dalam air dan bercampur dengan lumpur dan endapan yang berada di lokasi ini dan membentuk sedimen.

Namun aktivitas rerata *gross* β dalam cuplikan sedimen muara pada lokasi Muara Kali Sari tidak dipengaruhi oleh erosi tanah berasal dari daratan karena pada lokasi ini tumbuh tanaman Bakau yang bertindak sebagai buffer dan menangkap lumpur alluvial yang selanjutnya menjaga permukaan tanah dari kehilangan sedimen.

Industri-industri yang berada di kawasan industri Margomulyo selain membuang limbah cairnya ke dalam aliran sungai yang bermuara di Muara Kali Anak, diperkirakan industri-indutri tersebut juga membuang limbah lumpur yang mengandung bahan-bahan radioaktivitas β. Hal ini dikatakan demikian karena aktivitas rerata *gross* β pada lokasi ini besar bila dibandingkan dengan lokasi Muara Kali Wonokromo dan Muara Kali Kedinding (Gambar 4.3). Selain itu radioaktivitas alam juga mempengaruhi aktivitas rerata *gross* β pada lokasi ini.

Aktivitas rerata *gross* β dalam cuplikan sedimen muara lebih besar bila dibandingkan dengan aktivitas rerata *gross β* didalam cuplikan sedimen sungai. Aktivitas rerata *gross* β di muara dipengaruhi oleh sedimen sungai yang mengandung bahan-bahan radioaktivitas β baik dari alam maupun yang berasal dari hasil aktivitas manusia di darat dan terbawa oleh arus hingga pada akhirnya bermuara di daerah tersebut.

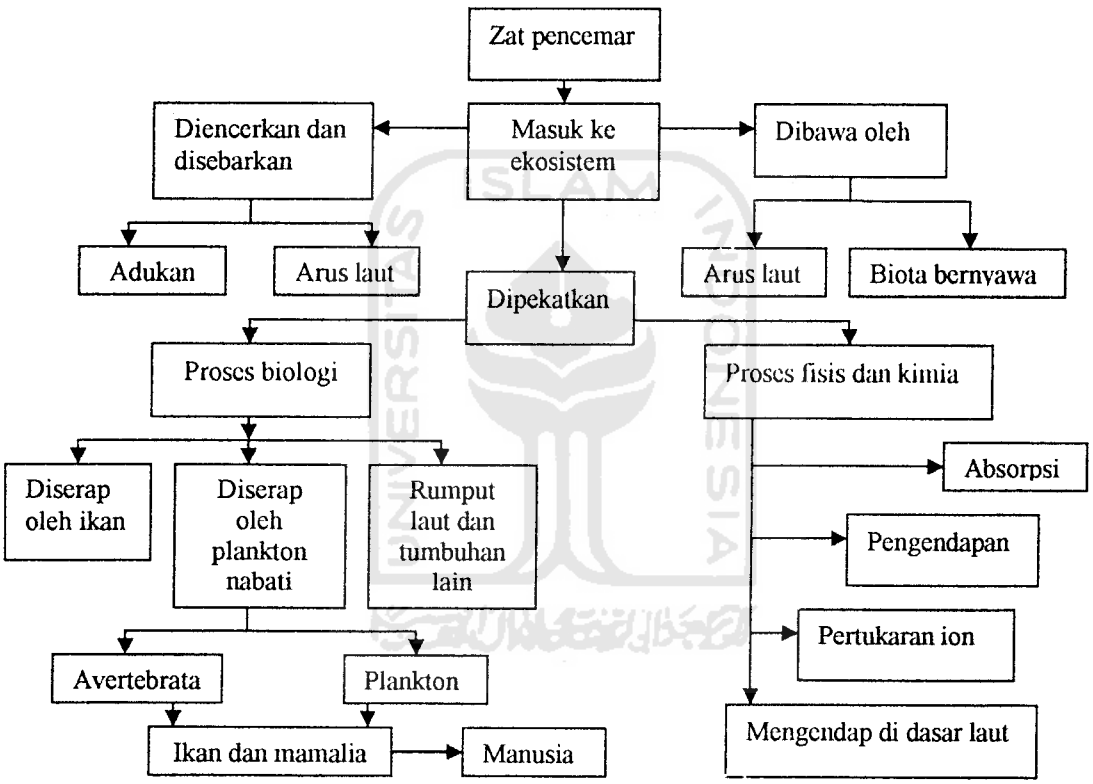
4.2.2.3 Distribusi radioaktivitas *gross* β pada cuplikan sedimen pesisir di perairan Surabaya

Aktivitas rerata *gross* β terbesar terdapat pada lokasi Pesisir Pantai Morokrembangan (Gambar 4.3), hal ini dikarenakan lokasi ini merupakan daerah pesisir yang merupakan tempat bermuaranya sedimen yang mengandung bahan-bahan pencemar air yang terbawa oleh aliran sungai-sungai di sekitarnya, ataupun terbawa arus laut dan pada akhirnya terakumulasi pada lokasi tersebut.

Selain Pesisir Pantai Morokrembangan, lokasi lain yang aktivitas rerata *gross* β pada cuplikan sedimen pesisir besar adalah lokasi Muara Kali Wonokromo. Aktivitas rerata *gross* β pada cuplikan sedimen di lokasi ini dipengaruhi oleh sedimen-sedimen yang berasal dari Muara Kali Wonokromo dan Muara Kali Tambakoso yang terbawa aliran air.

Aktivitas rerata *gross* β pada cuplikan sedimen pesisir pantai di perairan Surabaya juga dipengaruhi oleh radioaktivitas β alam yang masuk ke dalam air, sebagian ada yang terlarut dan sebagian lagi ada mengendap di dasar pesisir pantai Perairan Surabaya (Gambar 4.4).

Dari uraian di atas dapat diketahui bahwa aktivitas rerata *gross* β dalam cuplikan sedimen pada muara dan pesisir dipengaruhi oleh sedimen sungai yang mengandung bahan-bahan radioaktivitas β baik dari alam maupun yang berasal dari hasil aktivitas manusia di darat dan terbawa oleh arus hingga pada akhirnya bermuara di daerah tersebut.



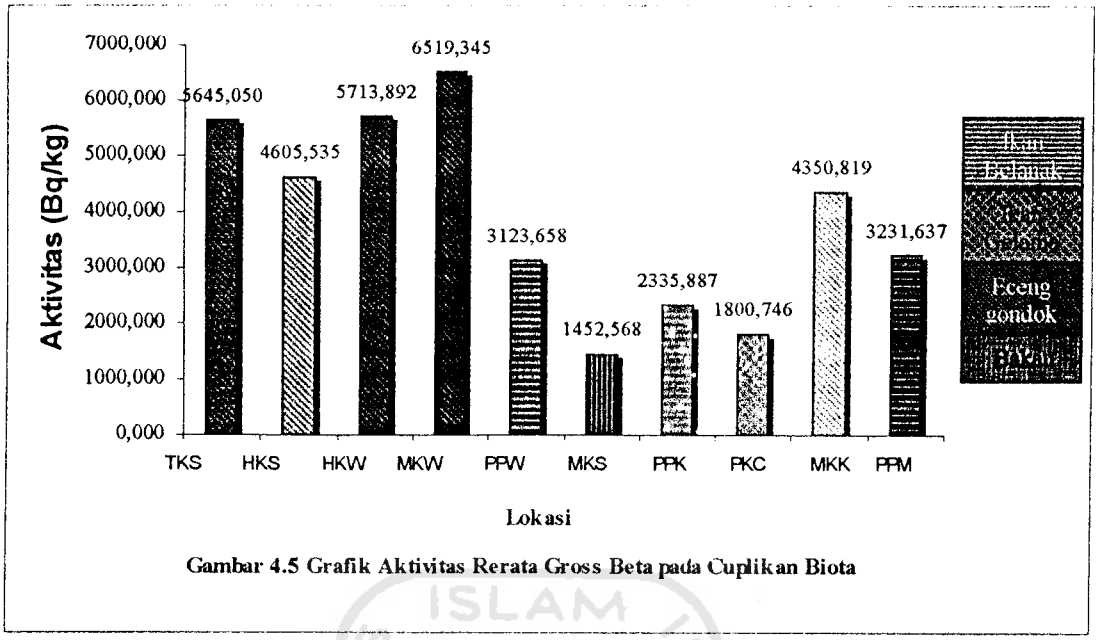
Gambar 4.4 Zat Pencemar dalam Ekosistem Laut (Uktolseya,1991 dalam Prasetyo, 2002)

Aktivitas rerata *gross* β pada sedimen lebih tinggi bila dibandingkan dengan aktivitas rerata *gross* β pada air. Hal ini menunjukkan bahwa bahan pencemar radioaktivitas β lebih mudah mengendap dalam bentuk sedimen daripada terlarut dalam air.

4.2.3 Distribusi radioaktivitas *gross* β pada cuplikan biota di perairan Surabaya

Biota yang digunakan pada penelitian ini adalah tumbuhan dan ikan yang ditemukan di lokasi pada saat pengambilan cuplikan. Untuk lokasi Tengah Kali Surabaya, Hilir Kali Surabaya, Hulu Kali Wonokromo, Muara Kali Wonokromo, dan Muara Kali Kedinding biota yang digunakan pada peneiitian ini adalah Eceng gondok *(Eichhornia crassipes (Mart) Solms)*. Lokasi Muara Kali Sari biotanya adalah tanaman Bakau *(Rhizophora stylosa)*. Lokasi Pesisir Pantai Wonokromo, Pesisir Pantai Kenjeran, dan Pesisir Pantai Morokrembangan digunakan ikan Belanak (*Moolgarda delicatus*). Sedangkan ikan Gelama ((*Johnius* (*Johnieops*) *borneensis)(Sharpnose hammer croaker)* adalah biota yang berasal dari lokasi Pesisir Kedung Cowek.

Hasil pencacahan gross β untuk cuplikan biota dapat dilihat pada Gambar 4.5 di bawah ini :



Gambar 4.5 Grafik Aktivitas Rerata Gross Beta pada Cuplikan Biota

Keterangan :

1. TKS : Tengah Kali Surabaya
2. HKS : Hilir Kali Surabaya
3. HKW : Hulu Kali Wonokromo
4. MKW : Muara Kali Wonokromo
5. PPW : Pesisir Pantai Wonokromo
6. MKS : Muara Kali Sari
7. PPK : Pesisir Pantai Kenjeran
8. PKC : Pesisir Kedung Cowek
9. MKK : Muara Kali Kedinding
10. PPM : Pesisir Pantai Morokrembangan

4.3.3.1 Distribusi radioaktivitas *gross* β pada cuplikan Eceng gondok *(Eichhornia crassipes (Mart) Solms)* di perairan Surabaya

Dari Gambar 4.5 di atas aktivitas rerata *gross* β dalam cuplikan Eceng gondok *(Eichhornia crassipes (Mart) Solms)* terbesar terdapat pada cuplikan Eceng gondok pada Muara Kali Wonokromo, karena pada lokasi tersebut terdapat industri di daerah Kelurahan Kali Rungkut yang diperkirakan membuang limbahnya ke lokasi ini.

Selain itu aktivitas rerata di lokasi ini juga dipengaruhi oleh aktivitas rerata *gross* β pada lokasi Tengah Kali Surabaya, Hilir Kali Surabaya, dan Hulu Kali

Wonokromo, serta radioaktivitas β yang terkandung dalam cuplikan Eceng gondok ini dapat berasal dari radioaktivitas β di atmosfir.

Bahan-bahan pencemar radioaktivitas β baik yang berasal dari buangan industri maupun yang berasal dari radioaktivitas alam di atmosfir masuk ke dalam air, terlarut dalam air yang kemudian diserap oleh Eceng gondok bersama dengan bahan-bahan yang diperlukan oleh Eceng gondok untuk pertumbuhannya.

4.2.3.2 Distribusi radioaktivitas *gross* β pada cuplikan tanaman Bakau *(Rhizophora stylosa)* di perairan Surabaya

Untuk lokasi Muara Kali Sari digunakan tanaman Bakau sebagai bio-indikator karena tidak diketemukannya Eceng gondok ataupun biota lainnya pada saat pengambilan cuplikan *(sampling)* hanya tanaman Bakau yang banyak tumbuh di lokasi ini.

Apabila dibandingkan dengan Eceng Gondok penyerapan bahan-bahan radioaktivitas β tanaman Bakau lebih rendah. Hal ini terbukti dari hasil penelitian yang menunjukkan aktivitas rerata *gross* β pada cuplikan Eceng gondok lebih besar dari aktivitas rerata *gross* β pada cuplikan tanaman Bakau (Gambar 4.5). Hal ini sesuai dengan sifat Eceng gondok yang daya serap yang besar untuk menyerap berbagai unsur dalam air, baik unsur yang merupakan bahan makanan untuk pertumbuhannya maupun bahan-bahan pencemar air termasuk bahan-bahan radioaktivitas β (Taftazani dkk, 2000).

4.2.3.3 Distribusi radioaktivitas *gross* β pada cuplikan ikan di perairan Surabaya

Aktivitas rerata *gross* β terbesar terdapat pada ikan Belanak yang berasal dari Pesisir Pantai Wonokromo dan Pesisir Pantai Morokrembangan, hal ini dikarenakan pada lokasi tersebut merupakan daerah pesisir yang merupakan tempat bermuaranya bahan-bahan pencemar air yang terbawa oleh aliran sungai-sungai di sekitarnya, ataupun terbawa arus laut.

Pesisir Pantai Wonokromo merupakan muara dari aliran lokasi Tengah Kali Surabaya, Hilir Kali Surabaya, Hulu Kali Wonokromo, dan Muara Kali Wonokromo. Sedangkan untuk lokasi Pesisir Pantai Morokrembangan selain merupakan daerah pesisir di sekitar lokasi tersebut terdapat sebuah bozem yang ketinggian airnya juga dipengaruhi oleh pasang surut air laut.

Rantai makanan radioaktivitas β di udara maupun dari limbah industri masuk ke dalam air, bahan-bahan radioaktivitas β tersebut sebagian terlarut dalam air dan bagian lainnya mengendap di dasar air dalam bentuk sedimen. Kemudian bahan-bahan radioaktivitas β tersebut diserap oleh tumbuhan air yang tumbuh di dasar perairan, plankton yang ada dalam air mengkonsumsi tanaman tersebut. Ikan kecil mengkonsumsi plankton dan di konsumsi oleh ikan yang lebih besar termasuk ikan Belanak, dan pada akhirnya ikan Belanak ditangkap dan dikonsumsi oleh manusia. Meskipun proses akumulasi bahan-bahan yang mengandung radioaktivitas beta di dalam ikan cukup lambat, namun apabila berlangsung terus menerus dan dalam

jangka waktu yang lama, maka akan dihasilkan konsentrasi *gross* β yang tinggi, dan membahayakan bagi kesehatan manusia yang mengkonsumsinya.

Apabila radioaktivitas *gross* β di perairan Surabaya khususnya di perairan sungai dan air sungai tersebut digunakan oleh masyarakat Surabaya untuk air minum melebihi baku mutu yang telah ditetapkan maka akan menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan masyarakat. Dampak negatif yang dapat ditimbulkan mulai dari kerusakan organ seperti kerusakan sistem saraf pusat, kerusakan sistem pencernaan, kerusakan ginjal, kerusakan paru-paru dan yang lainnya, sampai ke dampak negatif yang genetik atau turun-temurun yang terjadi karena mutasi gen pada sel reproduksi. Sedangkan kerusakan-kerusakan organ disebabkan karena sel-sel pembentuk jaringan tidak dapat membelah, pembelahannya tertunda, atau pembelahannya tidak normal sehingga jaringan yang terkena radiasi tersebut mati.

Dari uraian di atas dapat diketahui bahwa daya serap Eceng gondok terhadap bahan pencemar yang mengandung radioaktivitas β lebih besar bila dibandingkan dengan biota lainnya yang digunakan pada penelitian ini. Hal ini berkaitan dengan sifat eceng gondok yang daya serap yang tinggi terhadap berbagai unsur dalam air, baik unsur yang merupakan bahan makanan untuk pertumbuhan (unsur hara) maupun unsur lain yang merupakan bahan pencemar air termasuk bahan yang mengandung radioaktivitas β.

Aktivitas rerata *gross* β pada cuplikan air lebih kecil bila dibandingkan dengan aktivitas rerata *gross* β pada sedimen dan biota, hal ini menunjukkan bahwa pencemar radioaktivitas β lebih mudah mengendap dalam bentuk sedimen, dan

terakumulasi pada biota di perairan Surabaya baik itu biota eceng gondok, ikan Belanak dan Gelama, maupun tanaman Bakau.

4.3 Faktor Distribusi (F_D) dan Faktor Bioakumulasi (F_B) Bahan Pencemar Radioaktivitas β

Tabel 4.2 Faktor Distribusi (F_D) dan Faktor Bioakumulasi (F_B) *Gross* β

Lokasi	Aktivitas Rerata Cuplikan Sedimen (Bq/kg)	Aktivitas Rerata Cuplikan Biota (Bq/kg)	Aktivitas Rerata Cuplikan Air (Bq/Liter)	FD (l/kg)	FB (l/kg)
1	296,021	5645,050	0,159	1861,767	35503,459
2	234,063	4605,535	0,160	1462,894	28784,594
3	275,368	-	0,208	1323,885	tbd
4	199,642	5713,892	0,258	773,806	22146,868
5	268,484	6519,345	0,290	925,807	22480,500
6	378,631	3208,818	7,965	47,537	402,865
7	399,284	1452,568	0,231	1728,502	6288,173
8	172,105	2336,836	6,507	26,449	359,126
9	199,642	1802,308	5,917	33,740	304,598
10	351,095	4350,819	0,165	2127,848	26368,600
11	392,400	-	7,052	55,644	tbd
12	523,200	3234,443	9,279	56,385	348,577

Sumber : Data Primer, 2004

Keterangan :

a. Lokasi

1. TKS : Tengah Kali Surabaya
2. HKS : Hilir Kali Surabaya
3. HKM : Hulu Kali Mas
4. HKW : Hulu Kali Wonokromo
5. MKW : Muara Kali Wonokromo
6. PPW : Pesisir Pantai Wonokromo
7. MKS : Muara Kali Sari
8. PPK : Pesisir Pantai Kenjeran
9. PKC : Pesisir Kedung Cowek
10. MKK : Muara Kali Kedinding
11. MKA : Muara Kali Anak
12. PPM : Pesisir Pantai Morokrembangan

b. - = tidak ada cuplikan
tbd = tidak bisa dihitung

Dari Tabel 4.2 terlihat bahwa faktor bioakumulasi lebih besar dari faktor distribusi hal ini menunjukkan bahwa alur perpindahan pencemar radioaktivitas β

adalah **air-sedimen-biota**. Bahan pencemar radioaktivitas β baik yang berasal dari atmosfir maupun yang dihasilkan oleh aktivitas manusia di darat masuk ke dalam air (sungai dan laut), sebagian bahan pencemar tersebut ada yang terlarut dalam air dan bagian yang lainnya mengendap di dasar perairan dan bercampur dengan lumpur menjadi sedimen. Bahan pencemar dalam bentuk sedimen tersebut di serap oloeh planton, kemudian plankton tersebut di konsumsi oleh ikan-ikan kecil dan ikan kecil tersebut di konsumsi oleh ikan yang ebih besar dan pada akhirnya ikan-ikan tersebut di konsumsi oleh manusia.

Faktor bioakumulasi yang terbesar adalah pada cuplikan eceng gondok, hal ini berkaitan dengan sifat eceng gondok yang menyerap berbagai unsur dalam air, baik unsur yang merupakan bahan makanan untuk pertumbuhan (unsur hara) maupun unsur lain yang merupakan bahan pencemar air termasuk bahan yang mengandung radioaktivitas β. Eceng gondok dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan pencemaran radioaktivitas.

4.4 Identifikasi radionuklida Pemancar β

4.4.1 Kalibrasi Tenaga Spektrometer γ

Sebelum dilakukan identifikasi radionuklida dengan menggunakan spektrometer γ MCA Ortec 7010 dengan detektor Ge (Li) agar mengetahui apakah alat tersebut dalam keadaan baik dan layak digunakan untuk identifikasi radionuklida. Kalibrasi peralatan yang dilakukan untuk identifikasi radionuklida dengan menggunakan cara kalibrasi tenaga.

Kalibrasi tenaga untuk spektrometer γ dengan menggunakan metode regresi linier dengan persamaan y = 0,503x - 3,308 dan nilai koefisien korelasi (r) = 0,9999 nilai tersebut mendekati 1 yang berarti cukup baik.

4.5.2 Identifikasi Radionuklida

Identifikasi radionuklida pemancar β dilakukan untuk mengetahui radionuklida pemancar β apa saja yang terkandung di dalam setiap cuplikan, hal ini bertujuan agar dapat mengetahui sumber radionuklida pemancar β tersebut, dan mempermudah dalam menangani permasalahan pencemaran yang akan timbul dengan adanya radionuklida pemancar β di perairan Surabaya.

Dari hasil pencacahan dengan menggunakan spektrometer *gamma* dapat teridentifikasi radionuklida yang terkandung dalam cuplikan, baik biota, sedimen maupun air. Berikut ini adalah radionuklida yang teridentifikasi dalam masing-masing cuplikan.

Tabel 4.3 Radionuklida Pemancar β yang Teridentifikasi

No	Tenaga* (keV)	Radionuklida*	Waktu Paruh# (Tahun)	Sumber Deret Alam#
1	47,390	Pb-210	22,3000	Pb-210
2	238,895	Pb-212	0,0012	Th-232
3	351,988	Pb-214	5,0989E-05	U-238
4	583,704	Tl-208	5,8086E-06	Th-232
5	609,841	Bi-214	3,7861E-05	U-238
6	910,921	Ac-228	0,0007	Th-232
7	1.460,304	K-40	$1,265\times10^{+9}$	K-40

Sumber : * Data Primer, 2004; # Anonim, 1999

Kalium adalah salah satu unsur/mineral yang dibutuhkan dalam pertumbuhan serta membantu dalam berfungsinya syaraf manusia, namun ternyata kalium dapat menimbulkan dampak negatif baik utuk kesehatan manusia ataupun bagi lingkungan alam. Apabila debu kalium terhirup maka akan mengganggu penglihatan, hidung, kerongkongan dan yang paling parah adalah dapat menyebabkan kematian karena kalium akan menimbulkan adanya cairan di dalam paru-paru. Akibat yang ditimbulkan apabila kalium terkena kulit dan mata akan menimbulkan kerusakan yang permanen. Sedangkan dampak negatif bagi lingkungan adalah apabila jumlah kalium yang terlarut dalam air tinggi maka akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan bibit tanaman karena kalium dapat menghambat penyerapan mineral lain yang dibutuhkan untuk pertumbuhan, sehingga dapat mengurangi mutu panen.

Kalium yang teridentifikasi dalam penelitian ini selain berasal dari limbah industri-industri yang berada di Surabaya, diperkirakan berasal dari penggunaan bahan *potassium* sebagai racun untuk penangkap ikan.

Timbal (Pb) yang teridentifikasi dalam penelitian ini diperkirakan berasal dari industri-industri di sekitar perairan Surabaya yang menghasilkan timbal dalam produksinya, seperti industri logam, pipa, kabel, cat. Selain itu timbal juga dapat berasal dari pengunaan pestisida, dan dari asap kendaraan bermotor di Kota Surabaya.

Timbal dapat masuk ke dalam tubuh manusia dan menimbulkan dampak negatf bagi tubuh manusia. Timbal masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan 65%, air 20%, dan udara 15 % (Anonim, 2005). Timbal dapat menyebabkan gangguan

biosynthesis haemoglobin dan kekurangan darah merah, gangguan ginjal, kerusakan otak, menurunnya kemampuan belajar bagi anak-anak, dan gangguan lainnya.

Unsur timbal yang besar ukurannya masuk ke dalam air permukaan dan tanah, sedangkan untuk yang lebih kecil ukurannya seperti debu akan disebarkan melalui udara dan bercampur dengan unsur timbal yang terdapat di atmosfir dan akan kembali ke muka bumi bersama dengan hujan. Daur timbal (Lead-cycle) hasil buatan manusia lebih besar daripada daur timbal secara alami, sehingga timbullah apa yang dinamakan pencemaran oleh timbal dan menjadi isu dunia (Anonim, 2005). Timbal tidak hanya dapat terakumulasi pada makhluk hidup, tetapi timbal juga berada di seluruh rantai makanan.

Actinium bersifat sangat radioaktif. Radioaktifitas dapat menimbulkan kerusakan gen, menyebabkan kanker, kerusakan sistem kekebalan tubuh, leukimia, serta permasalahan kesuburan. Kerusakan gen akibat radiasi adalah hal yang bersifat permanen dan turun-temurun.

Bismuth dapat masuk ke dalam tubuh manusia karena terhisap, melalui kulit dan makanan. Bismuth dapat mengotori saluran pernafasan, radang gusi apabila unsur ini terhisap. Sedangkan dampak negatif bismuth apabila masuk ke dalam pencernaan manusia adalah mual, kehilangan nafsu makan, berat badan menurun, albuminuria, diarrhea dan lain sebagainya. Bismuth bukanlah logam yang beracun, dan dampak bagi lingkungan masih minim, campuran bismuth mempunyai daya larut yang rendah, tetapi tetap harus mendapat perhatian apabila ditemukannya unsur ini di

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Besarnya aktivitas rerata *gross* β dalam cuplikan air pada lokasi Tengah Kali Surabaya 0,159 Bq/l, Hilir Kali Surabaya 0,160 Bq/l, Hulu Kali Mas 0,208 Bq/l, Hulu Kali Wonokromo 0,258 Bq/l, Muara Kali Wonokromo 0,290 Bq/l, Pesisir Pantai Wonokromo 7,965 Bq/l, Muara Kali Sari 0,231 Bq/l, Pesisir Pantai Kenjeran 6,507 Bq/l, Pesisir Kedung Cowek 5,917 Bq/l, Muara Kali Kedinding 0,165 Bq/l, Muara Kali Anak 7,052 Bq/l, Pesisir Pantai Morokrembangan 9,279 Bq/l. Besarnya aktivitas rerata *gross* β dalam cuplikan sedimen pada lokasi Tengah Kali Surabaya 296,021 Bq/kg, Hilir Kali Surabaya 234,063 Bq/kg, Hulu Kali Mas 275,368 Bq/kg, Hulu Kali Wonokromo 199,642 Bq/kg, Muara Kali Wonokromo 268,484 Bq/kg, Pesisir Pantai Wonokromo 378,631 Bq/kg, Muara Kali Sari 399,284 Bq/Kg, Pesisir Pantai Kenjeran 172,105 Bq/kg, Pesisir Kedung Cowek 199,642 Bq/kg, Muara Kali Kedinding 351,095 Bq/kg, Muara Kali Anak 392,400 Bq/kg, Pesisir Pantai Morokrembangan 523,200 Bq/kg. Besarnya aktivitas rerata *gross* β dalam cuplikan biota Eceng gondok pada lokasi Tengah Kali Surabaya 1,367 Bq/kg, Hilir Kali Surabaya 1,115 Bq/kg, Hulu Kali

Wonokromo 1,384 Bq/kg, Muara Kali Wonokromo 1,579 Bq/kg, Muara Kali Kedinding 0,083 Bq/kg; Pada tanaman Bakau lokasi Muara Kali Sari 0,352 Bq/kg; Pada ikan Belanak Pesisir Pantai Wonokromo 0,777 Bq/kg, Pesisir Pantai Kenjeran 0,566 Bq/kg, Pesisir Pantai Morokrembangan 0,783 Bq/kg; ikan Gelama Pesisir Kedung Cowek 0,436 Bq/kg.

2. Radionuklida pemancar β yang teridentifikasi dalam cuplikan air, sedimen dan biota pada semua lokasi pengambilan cuplikan adalah ^{210}Pb, ^{212}Pb, ^{214}Pb, ^{208}Tl, ^{214}Bi, ^{228}Ac, dan ^{40}K.
3. Untuk air sungai dari hasil penelitian ini yang memiliki aktivitas terbesar yaitu Hulu Kali Wonokromo (0,258 Bq/l) belum melebihi nilai ambang batas di dalam peraturan daerah Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004, menunjukkan bahwa kualitas air sungai di perairan Surabaya dikategorikan baik bila ditinjau dari aspek radioaktivitas *gross* β.
4. Eceng gondok mempunyai daya serap yang tinggi terhadap bahan-bahan pencemar radioaktivitas *gross* β. Hal ini dibuktikan dari hasil penelitian bahwa aktivitas rerata *gross* β pada Eceng gondok lebih besar bila dibandingkan dengan aktivitas rerata *gross* β pada cuplikan yang lainnya.
5. Distribusi bahan pencemar radioaktivitas *gross* β adalah melalui rantai makanan dan dari perhitungan faktor distribusi (FD) dan faktor bioakumulasi (FB) diperoleh bahwa faktor distribusi (FD) < Faktor Bioakumulasi (FB), sehingga

dapat diketahui jalur perpindahan bahan pencemar radioaktivitas *gross* β di perairan Surabaya adalah air ⟶ sedimen ⟶ biota.

5.2 Saran

1. Untuk Penelitian selanjutnya, pada waktu pengambilan cuplikan eceng gondok sebaiknya dipilih eceng gondok yang muda, karena eceng gondok muda lebih efektif dalam hal penyerapan zat-zat pencemar.
2. Kegiatan preparasi cuplikan dalam setiap penelitian yang melibatkan mahasiswa sebaiknya dibimbing dan diawasi oleh orang yang benar-benar menguasaimateri dan prosedur kerja, agar hasil penelitian yang dicapai pada akhirnya akan baik.
3. Dengan semakin beragamnya sumber radiasi, alam maupun hasil kegiatan manusia serta mengingat potensi bahaya dari unsur-unsur radioaktif, maka sangat diperlukan adanya sandarisasi atau baku mutu radioaktivitas *gross* β pada bahan makanan seperti ikan. Hal ini perlu mendapat perhatian dari kita semua khususnya pemerintah agar menetapkan baku mutu untuk bahan makanan seperti ikan. Sebab bahan makanan erat sekali hubungannya dengan manusia yang merupakan konsumen yang paling besar dalam rantai makanan.
4. Kegiatan pemantauan lingkungan perairan perlu dilakukan secara berkesinambungan agar dapat melakukan kegiatan *preventif* terhadap bahaya yang

dapat ditimbulkan oleh bahan-bahan pencemar khususnya yang mengandung radioaktivitas *gross* β yang masuk ke dalam perairan.

5. Agar dilakukan revisi terhadap Peraturan Pemerintah Daerah Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004 dengan menambahkan baku mutu radioaktivitas *gross* β dalam beberapa cuplikan seperti sedimen, ikan dan tumbuhan air. Serta baku mutu tentang radionuklida.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 1994, *Laporan akhir: Studi Tata guna Tanah Sepanjang Kiri Kanan Kali Surabaya*, K. *Wonokromo dan K. Kedurus*, Surabaya.

Anonim, 1996, *Environmental Radiation Monitoring in Hong kong,* www.hko.gov

Anonim, 1998, *Environmental Monitoring Information*, www.hanford.gov

Anonim, 1999, Environmental And Effluent Monitoring At ANSTO Sites, www.arpansa.gov.au

Anonim, 2002, *Pemetaan Industri yang Berpotensi Cemar Se Jatim,* Surabaya.

Anonim, 2004, *Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004,* www.Surabaya.go.id.

Anonim, 2004, *Arah Angin Kota Surabaya*, www.Surabaya.go.id

Anonim, 2005, *Lead in Paint, Dust and Soil*, www.epa.go.id

Anonim, 2005, *Actinium,* www.Education.jlab.org

Anonim, 2005, *Potassium,* www.Education.jlab.org

Anonim, 2005, *Bismuth,* www.Education.jlab.org

Anonim, 2005, *Lead,* www.Education.jlab.org

Anonim, 2005, *Thallium,* www.Education.jlab.org

Anonim, 2005, *Gross Beta Radiation,* www.epa.go.id

Anonim, 2005, *Actinium*, www.cefas.co.uk

Anonim, 2005, *Thallium*, www.cefas.co.uk

Anonim, 2005, *Bismuth*, www.cefas.co.uk

Anonim, 2005, *Lead*, www.cefas.co.uk

Sasongko, D.P., *1997, Kajian Radioaktivitas Alam Pesisir Semarang,* Tesis S-2, Program Pasca Sarjana, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Taftazani dan Sumining, 2000, *Pola Penyebaran Radioaktivitas α, β dan Kandingan Radionuklida Dalam Cuplikan Kerang Hijau (Mytilus Viridisn L), Sedimen dan Air Laut Di Pantai Cirebon dan Pantai Losari Jawa Barat*, Prociding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir P3TM-BATAN Yogyakarta.

Taftazani. A, dkk, 2004, *Modul Pelatihan Instrumentasi*, P3TM-BATAN, Yogyakarta.

Taimenas Alex, 2001, *Pola Sebaran Radioaktivitas Alam dalam Cuplikan sediment Laut, Ikan Kerapu, Kerang HIjau dan Air Laut yang Berasal dari Laut Kenjeran Di Surabaya*, Skripsi Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan Yogyakarta, Yogyakarta.

Wardhana, 1993, *Radioekologi*, Andi Offset, Yogyakarta.

Wardhana, 1994, *Teknik Analisis Radioaktivitas Lingkungan*, Andi Offset, Yogyakarta.

Lampiran A-1 DATA PENGAMBILAN CUPLIKAN DI PERAIRAN SURABAYA TANGGAL 22 S/D 24 JUNI 2004

Tabel A-1.1 Data Pengambilan Cuplikan

No	LOKASI SAMPLING	GPS			SUHU (°C)		pH	JENIS SAMPEL	KET WAKTU
		S	E	POSISI	AIR	UDARA			
1	Tengah Kali Surabaya	07°20'40,4''	112°41'30,9''	Karangpilang	26°	29°	8,4	- Air sungai 2x5 l - Sedimen 2x2 kg - E. Gondok 2x ¼ kg	Kamis, 24 Juni 2004 Pukul : 10.30-11.15 Cuaca : Cerah
2	Hilir Kali Surabaya	07°18'27''	112°43'12,2''	Gunung Sari	28°	30°	8,1	- Air sungai 2x5 l - Sedimen 2x2 kg - E. Gondok 2x ¼ kg	Selasa, 22 Juni 2004 Pukul : 14.45-15.05 Cuaca : Cerah
3	Hulu Kali Mas	07°17'23,0''	112°44'27,8''	Darmokali	27°	30°	8,0	- Air sungai 2x5 l - Sedimen 2x2 kg	Selasa, 22 Juni 2004 Pukul : 16.00-16.25 Cuaca : Cerah
4	Hulu Kali Wonokromo	07°18'01,5''	112°47'38,1'	Jagir Wonokromo	27°	31°	8,1	- Air sungai 2x5 l - Sedimen 2x2 kg - E. Gondok 2x ¼ kg	Selasa, 22 Juni 2004 Pukul : 13.45-14.07 Cuaca : Cerah
5	Muara Kali Wonokromo	07°16'18,6''	112,50'37,2''	Wonorejo	29°	33°	8,0	- Air sungai 2x5 l - Sedimen 2x2 kg - E. Gondok 2x ¼ kg	Selasa, 22 Juni 2004 Pukul : 12.00-12.30 Cuaca : Cerah
6	Pesisir Pantai Wonokromo	07°16'18,6''	112°47'57,1''	Pesisir Pantai Wonokromo	27°	28°	8,9	- Air sungai 2x5 l - Sedimen 2x2 kg - Ikan Belanak 3 kg	Rabu, 23 Juni 2004 Pukul : 11.50-12.10 Cuaca : Cerah Pengambilan ikan Pukul : 12.10-12.15 di Desa Dadapan

Sumber : Data Primer, 2004

Tabel A-1.1 Data Pengambilan Cuplikan

No	LOKASI SAMPLING	GPS			SUHU (°C)		pH	JENIS SAMPEL	KET WAKTU
		S	E	POSISI	AIR	UDARA			
7	Muara Kali Sari	07°15'31,6''	112°47'57,1''	Kali Sari	25°	33,5°	8,1	- Air sungai 2x5 l - Sedimen 2x2 kg	Selasa, 22 Juni 2004 Pukul : 10.25-10.45 Cuaca : Cerah
8	Pesisir Pantai Kenjeran (Sukolilo)	07°14'15,3''	112°47'54,4''	Sukolilo	28°	37°	8,7	- Air laut 2x5 l - Sedimen 2x2 kg - Ikan Belanak 2 kg	Rabu, 23 Juni 2004 Pukul : 10.50-12.30 Cuaca : Cerah Pengambilan ikan Pikul 13.05-13.15 di Sukolilo
9	Pesisir Kedung Cowek	07°12'19,5''	112°47'03,0'	Kedung Cowek	28°	28°	8,6	- Air laut 2x5 l - Sedimen 2x2 kg - Ikan Glama 3 kg	Rabu, 23 Juni 2004 Pukul : 10.10-10.25 Cuaca : Cerah Pengambilan ikan Pikul 14.40-14.45 di Sukolilo
10	Muara Kali Kedinding	07°12'59,1''	112°46'39,9'	Kali Kedinding	26°	29°	8	- Air sungai 2x5 l - Sedimen 2x2 kg - E. Gondok 2x ¼ kg	Selasa, 22 Juni 2004 Pukul : 08.20-08.40 Cuaca : Cerah
11	Muara Kali Anak	07°13'40,8''	112°42'26,1''	Morokrembangan	26°	28°	8,1	- Air sungai 2x5 l - Sedimen 2x2 kg	Selasa, 22 Juni 2004 Pukul 18.45-19.15 Cuaca : Cerah
12	Pesisir Pantai Morokrembangan	07°13'10,1''	112°42'20.9''	Pesisir Pantai Morokrembangan	26°	26°	8,8	- Air laut 2x5 l - Sedimen 2x2 kg - Ikan Belanak 2 kg	Rabu, 23 Juni 2004 Pukul : 08.45-09.00 Cuaca : Cerah Pengambilan ikan Pukul : 14.55-15.00

Sumber : Data Primer, 2004

Lampiran A-2 Hasil Preparasi Cuplikan

Data hasil preparasi setiap cuplikan dapat dilihat pada Tabel Lampiran A-2.1 sampai Tabel Lampiran A-2.5.

Tabel Lampiran A-2.1 Hasil Preparasi Cuplikan Air Pencacahan *Gross* β

No	Kode Cuplikan	Kuantitas Cuplikan yang diambil (Liter)	Kuantitas Cuplikan Sebelum Pemanasan (Liter)	Kuantitas Cuplikan Sesudah Pemanasan (Liter)	Kuantitas Garam Yang Terbentuk (gram)	Kuantitas Cuplikan Untuk Gross Beta (gram)
1	A-TKS a	10,000	1,000	0,010	-	0,393
	b		1,000	0,010	-	0,472
	c		1,000	0,010	-	0,413
2	A-HKS a	10,000	1,000	0,010	-	0,333
	b		1,000	0,010	-	1,005
	c		1,000	0,010	-	0,995
3	A-HKM a	10,000	1,000	0,010	-	0,708
	b		1,000	0,010	-	0,548
	c		1,000	0,010	-	0,711
4	A-HKW a	10,000	1,000	0,010	-	0,426
	b		1,000	0,010	-	0,500
	c		1,000	0,010	-	1,103
5	A-MKW a	10,000	1,000	0,010	-	0,608
	b		1,000	0,010	-	0,668
	c		1,000	0,010	-	0,623
6	A-PPW a	10,000	1,000	0,010	24,439	1,000
	b		1,000	0,010	24,834	1,000
	c		1,000	0,010	24,505	1,000
7	A-MKS a	10,000	1,000	0,010	-	1,134
	b		1,000	0,010	-	0,582
	c		1,000	0,010	-	1,261
8	A-PPK a	10,000	1,000	0,010	23,095	1,000
	b		1,000	0,010	23,105	1,000
	c		1,000	0,010	22,956	1,000
9	A-PKC a	10,000	1,000	0,010	20,857	1,000
	b		1,000	0,010	20,206	1,000
	c		1,000	0,010	20,350	1,000
10	A-MKK a	10,000	1,000	0,010	-	1,167
	b		1,000	0,010	-	0,788
	c		1,000	0,010	-	0,620
11	A-MKA a	10,000	1,000	0,010	24,385	1,000
	b		1,000	0,010	24,343	1,000
	c		1,000	0,010	24,422	1,000
12	A-PPM a	10,000	1,000	0,010	26,336	1,000
	b		1,000	0,010	26,471	1,000
	c		1,000	0,010	26,460	1,000

Sumber : Data primer, 2004

Keterangan Kode Cuplikan :

Tabel Lampiran A-2.2 Hasil Preparasi Cuplikan Air Pencacahan *Gross* β

No	Kode Cuplikan	Kuantitas Cuplikan Yang diambil (Liter)	Kuantitas Cuplikan Sebelum Pemanasan (Liter)	Kuantitas Cuplikan Untuk radionuklida (liter)
1	A-TKS a	10,000	1,000	1,000
	b		1,000	1,000
	c		1,000	1,000
2	A-HKS a	10,000	1,000	1,000
	b		1,000	1,000
	c		1,000	1,000
3	A-HKM a	10,000	1,000	1,000
	b		1,000	1,000
	c		1,000	1,000
4	A-HKW a	10,000	1,000	1,000
	b		1,000	1,000
	c		1,000	1,000
5	A-MKW a	10,000	1,000	1,000
	b		1,000	1,000
	c		1,000	1,000
6	A-PPW a	10,000	1,000	1,000
	b		1,000	1,000
	c		1,000	1,000
7	A-MKS a	10,000	1,000	1,000
	b		1,000	1,000
	c		1,000	1,000
8	A-PPK a	10,000	1,000	1,000
	b		1,000	1,000
	c		1,000	1,000
9	A-PKL a	10,000	1,000	1,000
	b		1,000	1,000
	c		1,000	1,000
10	A-MKK a	10,000	1,000	1,000
	b		1,000	1,000
	c		1,000	1,000
11	A-MKA a	10,000	1,000	1,000
	b		1,000	1,000
	c		1,000	1,000
12	A-PPM a	10,000	1,000	1,000
	b		1,000	1,000
	c		1,000	1,000

Sumber : Data primer, 2004

Keterangan Kode Cuplikan :

1. A-TKS : Air Tengah Kali Surabaya
2. A-HKS : Air Hilir Kali Surabaya
3. A-HKM : Air Hulu Kali Mas
4. A-HKW : Air Hulu Kali Wonokromo
5. A-MKW: Air Muara Kali Wonokromo
6. A-PPW : Air Pesisir Pantai Wonokromo
7. A-MKS : Air Muara Kali Sari
8. A-PPK : Air Pesisir Pantai Kenjeran
9. A-PKC : Air Pesisir Kedung Cowek
10. A-MKK: Air Muara Kali Kedinding
11. A-MKA: Air Muara Kali Anak
12. A-PPM : Air Pesisir Pantai Morokrembangan

Tabel lampiran B-2.3 Hasil Preparasi Cuplikan Sedimen

No	Kode Cuplikan	Kuantitas Cuplikan yang diambil (kg)	Kuantitas Cuplikan Sebelum Pemanasan (gram)	Kuantitas Cuplikan Untuk Gross Beta (gram)	Kuantitas Cuplikan Untuk Radionuklida (gram)
1	S-TKS a	4,000	200,000	1,000	
	b			1,000	70,025
	c			1,000	
2	S-HKS a	4,000	200,000	1,000	
	b			1,000	70,025
	c			1,000	
3	S-HKM a	4,000	200,000	1,000	
	b			1,000	70,025
	c			1,000	
4	S-HKW a	4,000	200,000	1,000	
	b			1,000	70,025
	c			1,000	
5	S-MKW a	4,000	200,000	1,000	
	b			1,000	70,025
	c			1,000	
6	S-PPW a	4,000	200,000	1,000	
	b			1,000	70,025
	c			1,000	
7	S-MKS a	4,000	200,000	1,000	
	b			1,000	70,025
	c			1,000	
8	S-PPK a	4,000	200,000	1,000	
	b			1,000	70,025
	c			1,000	
9	S-PKL a	4,000	200,000	1,000	
	b			1,000	70,025
	c			1,000	
10	S-MKK a	4,000	200,000	1,000	
	b			1,000	70,025
	c			1,000	
11	S-MKA a	4,000	200,000	1,000	
	b			1,000	70,025
	c			1,000	
12	S-PPM a	4,000	200,000	1,000	
	b			1,000	70,025
	c			1,000	

Sumber : Data primer, 2004

Keterangan Kode Cuplikan :

1. S-TKS : Sedimen Tengah Kali Surabaya
2. S-HKS : Sedimen Hilir Kali Surabaya
3. S-HKM : Sedimen Hulu Kali Mas
4. S-HKW : Sedimen Hulu Kali Wonokromo
5. S-MKW: Sedimen Muara Kali Wonokromo
6. S-PPW : Sedimen Pesisir Pantai Wonokromo
7. S-MKS : Sedimen Muara Kali Sari
8. S-PPK : Sedimen Pesisir Pantai Kenjeran
9. S-PKC : Sedimen Pesisir Kedung Cowek
10. S-MKK: Sedimen Muara Kali Kedinding
11. S-MKA: Sedimen Muara Kali Anak
12. S-PPM : Sedimen Pesisir Pantai Morokrembangan

Tabel Lampiran A-2.4 Hasil Preparasi Cuplikan Biota Untuk Identifikasi Radionuklida

No	Kode Cuplikan	Kuantitas Cuplikan yang diambil (kg)	Kuantitas Cuplikan Sebelum pemanasan (gram)	Kuantitas Cuplikan Untuk radionuklida (gram)
1	E-TKS	4,000	200,000	35,000
2	E-HKS	4,000	200,000	35,000
3	E-HKW	4,000	200,000	35,000
4	E-MKW	4,000	200,000	35,000
5	IB-PPW	4,000	200,000	35,000
6	B-MKS	4,000	200,000	35,000
7	IB-PPK	4,000	200,000	35,000
8	IG-PKC	4,000	200,000	35,000
9	E-MKK	4,000	200,000	35,000
10	IB-PPM	4,000	200,000	35,000

Sumber : Data primer, 2004

Tabel Lampiran A-2.5 Hasil Preparasi Biota untuk pencacahan *Gross* β

Kode Cuplikan	Kuantitas Cuplikan yang diambil (kg)	Kuantitas Cuplikan Sebelum pembakaran (gram)	Kuantitas Cuplikan Sesudah Pembakaran (gram)	Kuantitas Cuplikan Untuk *gross* β (gram)
E-TKS a	4,000	11,058	3,218	1,000
b				1,000
c				1,000
E-HKS a	4,000	11,783	3,056	1,000
b				1,000
c				1,000
E-HKW a	4,000	12,737	6,205	1,000
b				1,000
c				1,000
E-MKW a	4,000	12,872	3,424	1,000
b				1,000
c				1,000
IB-PPW a	4,000	25,823	2,584	1,000
b				1,000
c				0,567
B-MKS a	4,000	22,647	6,754	1,000
b				1,000
c				1,000
IB-PPK a	4,000	49,204	2,900	1,000
b				1,000
c				0,987
IG-PKC a	4,000	16,814	2,918	1,000
b				1,000
c				0,915
E-MKK a	4,000	11,943	3,098	1,000
b				1,000
c				1,000
IB-PPM a	4,000	21,789	2,933	1,000
b				1,000
c				0,910

Sumber : Data Primer, 2004

Keterangan Kode Cuplikan :

1.E-TKS : Eceng gondok Tengah Kali Surabaya
2.E-HKS : Eceng gondok Hilir Kali Surabaya
3.E-HKW: Eceng Gondok Hulu Kali Wonokromo
4.E-MKW: Eceng Gondok Muara Kali Wonokromo
5.IB-PPW: Ikan Belanak Pesisir Pantai Wonokromo Morokrembangan
6. B-MKS : Bakau Muara Kali Sari
7. IB-PPK : Ikan Belanak Pesisir Pantai Kenjeran
8. IG-PKC: Ikan Gelama Pesisir Kedung Cowek
9. E-MKK : Eceng Gondok Muara Kali Kedinding
10.IB-PPM: Ikan Belanak Pesisir Pantai

Lampiran A-3 Radionuklida Pemancar β Yang Teridentifikasi

Tabel Lampiran A-3.1 Radionuklida yang teridentifikasi dalam Cuplikan Air

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
A-TKS	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1,265\times10^{+9}$ tahun	K-40
Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
A-HKS	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1,265\times10^{+9}$ tahun	K-40
Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paro#	Sumber Deret Alam#
A-HKW	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1,265\times10^{+9}$ tahun	K-40
Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
A-MKW	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1,265\times10^{+9}$ tahun	K-40

Sumber : *Data Primer, 2004; # *education.jblab.org*

Tabel Lampiran A-3.1 Radionuklida yang teridentifikasi dalam Cuplikan Air (Lanjutan)

Kode Cuplikan	No	Tenaga* (keV)	Radionuklida*	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
A-MKA	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1{,}265\times10^{+9}$ tahun	K-40
Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
A-PPM	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1{,}265\times10^{+9}$ tahun	K-40

Sumber : *Data Primer, 2004; # ***education.jblab.org***

Keterangan :

a. Kode Cuplikan

1. A-TKS : Air Tengah Kali Surabaya
2. A-HKS : Air Hilir Kali Surabaya
3. A-HKM : Air Hulu Kali Mas
4. A-HKW : Air Hulu Kali Wonokromo
5. A-MKW: Air Muara Kali Wonokromo
6. A-PPW : Air Pesisir Pantai Wonokromo
7. A-MKS : Air Muara Kali Sari
8. A-PPK : Air Pesisir Pantai Kenjeran
9. A-PKC : Air Pesisir Kedung Cowek
10. A-MKK: Air Muara Kali Kedinding
11. A-MKA: Air Muara Kali Anak
12. A-PPM : Air Pesisir Pantai Morokrembangan

b.Tenaga dan hasil radionuklida yang teridentifikasi diperoleh dari pengidentifikasian radionuklida dengan menggunakan spektrometer γ. Sedangkan untuk kolom sumber deret alam dan waktu paruh diperoleh dari hasil studi literatur.

Tabel Lampiran A-3.2 Radionuklida yang teridentifikasi dalam Cuplikan Sedimen (Lanjutan)

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
S-MKW	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1{,}265\times10^{+9}$ tahun	K-40
Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
S-PPW	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1{,}265\times10^{+9}$ tahun	K-40
Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
S-MKS	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1{,}265\times10^{+9}$ tahun	K-40
Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
S-PPK	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1{,}265\times10^{+9}$ tahun	K-40

Sumber : *Data Primer, 2004; # *education.jblab.org*

Tabel Lampiran A-3.2 Radionuklida yang teridentifikasi dalam Cuplikan Sedimen (Lanjutan)

Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
S-PKC	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1,265\times10^{+9}$ tahun	K-40
Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
S-MKA	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1,265\times10^{+9}$ tahun	K-40
Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
S-PPM	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1,265\times10^{+9}$ tahun	K-40

Sumber : ^Data Primer, 2004; #*education.jblab.org*

Keterangan :

a. Kode Cuplikan

1. S-TKS : Sedimen Tengah Kali Surabaya
2. S-HKS : Sedimen Hilir Kali Surabaya
3. S-HKM : Sedimen Hulu Kali Mas
4. S-HKW : Sedimen Hulu Kali Wonokromo
5. S-MKW: Sedimen Muara Kali Wonokromo
6. S-PPW : Sedimen Pesisir Pantai Wonokromo Morokrembangan
7. S-MKS : Sedimen Muara Kali Sari
8. S-PPK : Sedimen Pesisir Pantai Kenjeran
9. S-PKC : Sedimen Pesisir Kedung Cowek
10. S-MKK: Sedimen Muara Kali Kedinding
11. S-MKA: Sedimen Muara Kali Anak
12. S-PPM : Sedimen Pesisir Pantai

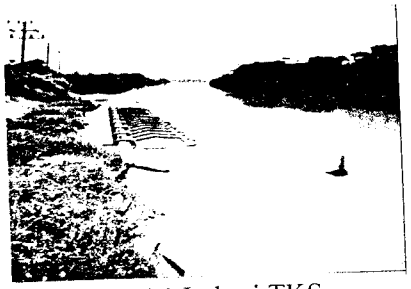
b.Tenaga dan hasil radionuklida yang teridentifikasi diperoleh dari pengidentifikasian radionuklida dengan menggunakan spektrometer γ. Sedangkan untuk kolom sumber deret alam dan waktu paro diperoleh dari hasil studi literatur.

Tabel Lampiran A-3.3 Radionuklida Pemancar β yang teridentifikasi dalam Cuplikan Biota

Kode Cuplikan	No	Tenaga* (keV)	Radionuklida*	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
E-TKS	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1{,}265\times10^{+9}$ tahun	K-40
Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
E-HKS	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1{,}265\times10^{+9}$ tahun	K-40
Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
E-HKW	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1{,}265\times10^{+9}$ tahun	K-40
Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
E-MKW	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1{,}265\times10^{+9}$ tahun	K-40
Kode Cuplikan	No	Tenaga (keV)	Radionuklida	Waktu Paruh#	Sumber Deret Alam#
IB-PPW	1	47,390	Pb-210	22,3 Tahun	Pb-210
	2	238,895	Pb-212	10,64 jam	Th-232
	3	351,988	Pb-214	26,8 menit	U-238
	4	583,704	Tl-208	3,053 menit	Th-232
	5	609,841	Bi-214	19,9 menit	U-238
	6	910,921	Ac-228	6,15 jam	Th-232
	7	1.460,304	K-40	$1{,}265\times10^{+9}$ tahun	K-40

Sumber : *Data Primer, 2004 ; # *education.jblab.org*

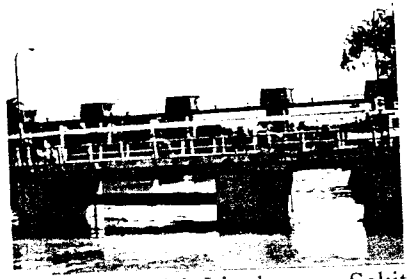
Lampiran A-4 Gambar Lokasi Pengambilan Cuplikan



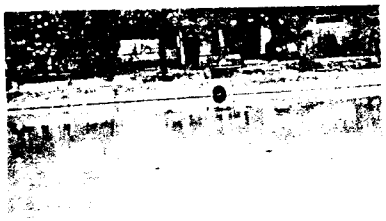
Gambar A-4.1 Lokasi TKS



Gambar A-4.2 a Lokasi HKS



Gambar A-4.2 b Lingkungan Sekitar HKS



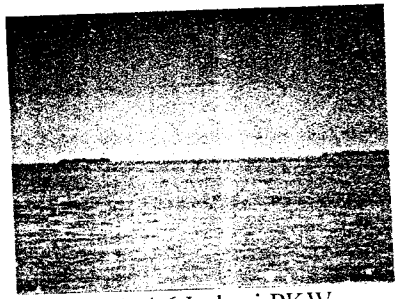
Gambar A-4.3 Lokasi HKM



Gambar A-4.4 Lokasi HKW



Gambar 4.5 Lokasi MKW



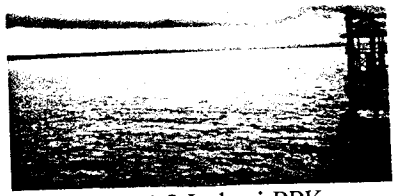
Gambar A-4.6 Lokasi PKW



Gambar A-4.7 Lokasi MKS



Gambar A-4.7a Lingkungan sekitar Lokasi MKS



Gambar A-4.8 Lokasi PPK



Gambar A-4.9 Lokasi PKC

LAMPIRAN B

Perhitungan Efisiensi Pencacahan β.....Lampiran B-1
Perhitungan Aktivitas Rerata *Gross*-β.....Lampiran B-2
Perhitungan Efisiensi Spektrometer-γ.....Lampiran B-3
Perhitungan Faktor Distribusi dan Faktor Bioakumulasi.....Lampiran B-4

Lampiran B-1 Efisiensi dan Kestabilan Alat Pencacahan β

Tabel Lampiran B-1.1 Uji *Chi Square (17-09-004)*

No	xi	X^2	Chi Square
1	10025	100500625	**5,536**
2	9864	97298496	
3	9852	97061904	
4	10019	100380361	
5	10003	100060009	
6	10051	101022601	
7	10050	101002500	
8	10061	101223721	
9	10071	101425041	
10	9989	99780121	
Jumlah	**99985**	**999755379**	
Rerata	**9998,5**		

Sumber : Data primer, 2004

Keterangan :

1. xi : Hasil yang tercatat dari pencacahan standar Sr-90
2. X^2 : Hasil Kuadrat dari xi
3. Chi Square : hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan :

$$X^2=(\Sigma xi^2-((\Sigma xi)^2/n)) / \overline{X}$$

Dengan Σxi^2 = Jumlah dari hasil kuadrat xi
$(\Sigma xi)^2$ =Jumlah xi dikuadratkan
n = Jumlah pengulangan pengukuran
$\overline{X}$ = Rata-rata xi

Contoh perhitungan :

$$\overline{X} = \Sigma xi/n = 99985/10 = 9998,5$$

$$X^2=(\Sigma xi^2 - ((\Sigma xi)^2/n)) / \overline{X}$$

$$= (999755379 - ((99985)^2/10)) / 9998,5$$

$$= \mathbf{5,536}$$

Tabel Lampiran B-1.2 Efisiensi Pencacahan Beta

No	Besaran/ Spesifikasi	Kuantitas	Satuan
1	Tegangan Operasi	1150,000	Volt
2	Isotop Standar Sr-90		
	a. Umur Paro	28,500	Tahun
	b. Aktivitas Awal (04-11-1983)	814,000	Dps
	c. Aktivitas Kini (17-09-2004)	490,196	Dps

Sumber : Data primer, 2004

1. Cara perhitungan aktivitas kini dari Sr-90

$A_t = A_0 \times e^{-0,693 \times (t/T\ 1/2)}$

A_t = Aktivitas kini (Dps) t = waktu tunda (tahun)

A_0 = Aktivitas awal (Dps) T ½ = waktu paro (tahun)

t_{tunda} = 17-09-2004

04-11-1983 -

13-10-0020

Jadi waktu tundanya adalah 20 tahun 10 bulan 13 hari = 20,857 tahun

$A_t = 814 \times e^{-0,693 \times (20,857/28,5)}$

A_t = 490,196 dps

2. Efisiensi detektor

Diperoleh dari kurva efisiensi *Low Background Counter* (LBC) yang menerangkan hubungan antara berat cuplikan terhadap efisiensi detektor.

Lampiran B-3 Contoh Perhitungan Aktivitas gross-β

B-3.1 Perhitungan Gross-β Cuplikan Air

➢ Diambil contoh perhitungan gross-β cuplikan air sungai, kode sampel A-TKS a

Cacah Cuplikan : 36 Cacah/10 menit

Cacah Latar : 19 Cacah/10 menit

Waktu cacah : 10 menit = 600 detik

$$\text{Cps cuplikan} = \frac{cacahcuplikan}{waktucacah} \pm \text{ralat, dimana ralat} = \frac{\sqrt{cacahcuplikan}}{waktucacah}$$

$$= \frac{36}{600} \pm \frac{\sqrt{36}}{600} = 0{,}060 \pm 0{,}010 \text{ cps}$$

$$\text{cps latar} = \frac{cacahlatar}{waktucacah} \pm \text{ralat, dimana ralat} = \frac{\sqrt{cacahlatar}}{waktucacah}$$

$$= \frac{19}{600} \pm \frac{\sqrt{19}}{600} = 0{,}032 \pm 0{,}007 \text{ cps}$$

$$\text{laju cacah} = \frac{cacahcuplikan - cacahlatar}{waktucacah} \pm \frac{\sqrt{cacahcuplikan - cacahlatar}}{waktucacah}$$

$$= \frac{36-19}{600} \pm \frac{\sqrt{36-19}}{600}$$

$$= (0{,}028 \pm 0{,}007) cps$$

Berat cuplikan = 0,393 gram maka efesiensi detektor = 8,735%. Peluruhan per detik (Dps) adalah :

$$Dps = \frac{Lajucacah(cps)}{efisiensi} \pm ralat, ralat = \frac{ralatlajucacah}{efisiensi}$$

$$Dps = \frac{0{,}028}{0{,}08735} \pm \frac{0{,}007}{0{,}08735} = 0{,}324 \pm 0{,}079 \text{ dps}$$

Berat cuplikan = 1,000 gram maka efesiensi detektor = 8,070%. Peluruhan per detik (Dps) adalah :

$$Dps = \frac{Lajucacah(cps)}{efisiensi} \pm ralat, ralat = \frac{ralatlajucacah}{efisiensi}$$

$$Dps = \frac{0{,}025}{0{,}08070} \pm \frac{0{,}006}{0{,}08070} = 0{,}290 \pm 0{,}076 \text{ dps}$$

Maka aktivitas gross-β (menggunakan rumus no 5) adalah :

$$A = \frac{((Ccuplikan - Clatar)/waktucacah)}{(EfisiensixL)} \pm ralat \text{ ,dimana}$$

$$ralat = \frac{(\sqrt{cacahcuplikan - cacahlatar}/waktucacah)}{(efisiensixL)}$$

$$A = \frac{((34-19)/600)}{(0{,}08070x1g)} \pm \frac{(\sqrt{34-19}/600)}{(0{,}08070x1g)}$$

$$= 0{,}290 \pm 0{,}076 \text{ (Bq/g)}$$

Dengan faktor pemekatan = 5, maka terbentuklah garam dengan berat = 24,439 gram/l, maka aktivitas *gross*-β adalah

$$A = (0{,}290 \pm 0{,}076) Bq/g \times 24{,}439 g/l$$

$$A = 7{,}571 \pm 1{,}955 \text{ Bq/l}$$

Untuk perhitungan aktivitas gross-β dalam cuplikan air lokasi selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Volume cuplikan = 1,000 liter Maka aktivitas gross-β (menggunakan rumus no 5) adalah :

$$A = \frac{((Ccuplikan - Clatar)/waktucacah)}{(EfisiensixV)} \pm ralat \text{ ,dimana}$$

$$ralat = \frac{(\sqrt{cacahcuplikan - cacahlatar}/waktucacah)}{(efisiensixV)}$$

$$A = \frac{((36-19)/600)}{(0{,}08735x1l)} \pm \frac{(\sqrt{36-19}/600)}{(0{,}08735x1l)}$$

$$= 0{,}324 \pm 0{,}200 \text{ (Bq/l)}$$

➢ Diambil contoh perhitungan gross-β cuplikan air pesisir, kode sampel A-PPW a

Cacah Cuplikan : 34 Cacah/10 menit

Cacah Latar : 19 Cacah/10 menit

Waktu cacah : 10 menit = 600 detik

Berat cuplikan (L) : 1,0 gram

Efisiensi detektor : 8,070 %

$$\text{Cps cuplikan} = \frac{cacahcuplikan}{waktucacah} \pm \text{ralat, dimana ralat} = \frac{\sqrt{cacahcuplikan}}{waktucacah}$$

$$= \frac{34}{600} \pm \frac{\sqrt{34}}{600} = 0{,}057 \pm 0{,}010 \text{ cps}$$

$$\text{cps latar} = \frac{cacahlatar}{waktucacah} \pm \text{ralat, dimana ralat} = \frac{\sqrt{cacahlatar}}{waktucacah}$$

$$= \frac{19}{600} \pm \frac{\sqrt{19}}{600} = 0{,}032 \pm 0{,}007 \text{ cps}$$

$$\text{laju cacah} = \frac{cacahcuplikan - cacahlatar}{waktucacah} \pm \frac{\sqrt{cacahcuplikan - cacahlatar}}{waktucacah}$$

$$= \frac{34-19}{600} \pm \frac{\sqrt{34-19}}{600}$$

$$= (0{,}025 \pm 0{,}006) cps$$

Tabel B-3.1 Hasil Pengukuran *Gross* β Cuplikan Air

Kode	Volume Cuplikan (L)	Berat Kering (gr)	Berat Cuplikan (gr)	Waktu (detik)	Cacah Cuplikan (/10 mnt)	Cacah Latar (/10 mnt)	Cps Cuplikan	Cps Latar	Laju Cacah (cps)	Efisiensi (%)	Aktivitas (Bq/g)	Aktivitas Konversi (Bq/l)
A-TKS a.	1,000	0,393	0,393	600,000	36,000	19,000	0,060± 0,010	0,032± 0,007	0,028± 0,007	8,735	0,324± 0,079	0,324± 0,079
b.	1,000	0,472	0,472	600,000	22,000	19,000	0,037± 0,008	0,032± 0,007	0,005± 0,003	8,590	0,058± 0,034	0,058± 0,034
c.	1,000	0,413	0,413	600,000	24,000	19,000	0,040± 0,008	0,032± 0,007	0,008± 0,004	8,710	0,096± 0,043	0,096± 0,043
Rerata	**1,000**	**0,426**	**0,426**	**600,000**	**27,333**	**19,000**	**0,046± 0,009**	**0,032± 0,007**	**0,014± 0,004**	**8,678**	**0,159± 0,052**	**0,159± 0,052**
A-HKS a.	1,000	0,333	0,333	600,000	27,000	19,000	0,045± 0,009	0,032± 0,007	0,013± 0,005	8,835	0,151± 0,053	0,151± 0,053
b.	1,000	1,005	1,005	600,000	29,000	19,000	0,048± 0,009	0,032± 0,007	0,017± 0,005	8,070	0,207± 0,065	0,207± 0,065
c.	1,000	0,995	0,995	600,000	25,000	19,000	0,042± 0,008	0,032± 0,007	0,010± 0,004	8,070	0,124± 0,051	0,124± 0,051
Rerata	**1,000**	**0,778**	**0,778**	**600,000**	**27,000**	**19,000**	**0,045± 0,009**	**0,032± 0,007**	**0,013± 0,005**	**8,325**	**0,160± 0,056**	**0,160± 0,056**
A-HKM a.	1,000	0,708	0,708	600,000	34,000	19,000	0,057± 0,010	0,032± 0,007	0,025± 0,006	8,310	0,301± 0,078	0,301± 0,078
b.	1,000	0,548	0,548	600,000	26,000	19,000	0,043± 0,008	0,032± 0,007	0,012± 0,004	8,235	0,142± 0,054	0,142± 0,054
c.	1,000	0,711	0,711	600,000	28,000	19,000	0,047± 0,009	0,032± 0,007	0,015± 0,005	8,310	0,181± 0,060	0,181± 0,060
Rerata	**1,000**	**0,656**	**0,656**	**600,000**	**29,333**	**19,000**	**0,049± 0,009**	**0,032± 0,007**	**0,017± 0,005**	**8,285**	**0,208± 0,064**	**0,208± 0,064**
A-HKW a.	1,000	0,426	0,426	600,000	21,000	19,000	0,035± 0,008	0,032± 0,007	0,003± 0,002	8,660	0,038± 0,027	0,038± 0,027
b.	1,000	0,500	0,500	600,000	36,000	19,000	0,060± 0,010	0,032± 0,007	0,028± 0,007	8,590	0,330± 0,080	0,330± 0,080
c.	1,000	1,103	1,103	600,000	38,000	19,000	0,063± 0,010	0,032± 0,007	0,032± 0,007	7,810	0,405± 0,093	0,405± 0,093
Rerata	**1,000**	**0,676**	**0,676**	**600,000**	**31,667**	**19,000**	**0,053± 0,009**	**0,032± 0,007**	**0,021± 0,005**	**8,353**	**0,258± 0,067**	**0,258± 0,067**
A-MKW a.	1,000	0,608	0,608	600,000	35,000	19,000	0,058± 0,010	0,032± 0,007	0,027± 0,007	8,485	0,314± 0,079	0,314± 0,079
b.	1,000	0,668	0,668	600,000	34,000	19,000	0,057± 0,010	0,032± 0,007	0,025± 0,006	8,360	0,299± 0,077	0,299± 0,077
c.	1,000	0,623	0,623	600,000	32,000	19,000	0,053± 0,009	0,032± 0,007	0,022± 0,006	8,410	0,258± 0,071	0,258± 0,071
Rerata	**1,000**	**0,633**	**0,633**	**600,000**	**33,667**	**19,000**	**0,056± 0,010**	**0,032± 0,007**	**0,024± 0,006**	**8,418**	**0,290± 0,076**	**0,290± 0,076**
A-PPW a.	1,000	24,439	1,000	600,000	34,000	19,000	0,057± 0,010	0,032± 0,007	0,025± 0,006	8,070	0,310± 0,080	7,571± 1,955
b.	1,000	24,834	1,000	600,000	38,000	19,000	0,063± 0,010	0,032± 0,007	0,032± 0,007	8,070	0,392± 0,090	9,745± 2,236
c.	1,000	24,505	1,000	600,000	32,000	19,000	0,053± 0,009	0,032± 0,007	0,022± 0,006	8,070	0,268± 0,074	6,579± 1,825
Rerata	**1,000**	**24,593**	**1,000**	**600,000**	**34,667**	**19,000**	**0,058± 0,010**	**0,032± 0,007**	**0,026± 0,007**	**8,070**	**0,324± 0,081**	**7,965± 2,005**

Sumber : Data Primer, 2004

Tabel B-3.1 Hasil Pengukuran *Gross* β pada Cuplikan Air (Lanjutan)

Kode	Volume Cuplikan (L)	Berat Kering (gr)	Berat Cuplikan (gr)	Waktu (detik)	Cacah Cuplikan (/10 mnt)	Cacah Latar (/10mnt)	Cpm Cuplikan	Cpm Latar	Laju Cacah	Efisiensi (%)	Aktivitas (Bq/g)	Aktivitas Konversi (Bq/l)
A-MKS a.	1,000	1,134	1,134	600,000	28,000	19,000	0,047± 0,009	0,032± 0,007	0,015± 0,005	7,810	0,192± 0,064	0,192± 0,064
b.	1,000	0,582	0,582	600,000	28,000	19,000	0,047± 0,009	0,032± 0,007	0,015± 0,005	8,510	0,176± 0,059	0,176± 0,059
c.	1,000	1,261	1,261	600,000	34,000	19,000	0,057± 0,010	0,032± 0,007	0,025± 0,006	7,710	0,324± 0,084	0,324± 0,084
Rerata	**1,000**	**0,992**	**0,992**	**600,000**	**30,000**	**19,000**	**0,050± 0,009**	**0,032± 0,007**	**0,018± 0,005**	**8,010**	**0,231± 0,069**	**0,231± 0,069**
A-PPK a.	1,000	23.095	1,000	600,000	29,000	19,000	0,048± 0,009	0,032± 0,007	0,017± 0,005	8,070	0,207± 0,065	4,770± 1,508
b.	1,000	23.105	1,000	600,000	37,000	19,000	0,062± 0,010	0,032± 0,007	0,030± 0,007	8,070	0,372± 0,088	8,589± 2,024
c.	1,000	22.956	1,000	600,000	32,000	19,000	0,053± 0,009	0,032± 0,007	0,022± 0,006	8,070	0,268± 0,074	6,163± 1,709
Rerata	**1,000**	**23.052**	**1,000**	**600,000**	**32,667**	**19,000**	**0,054± 0,010**	**0,032± 0,007**	**0,023± 0,006**	**8,070**	**0,282± 0,076**	**6,507± 1,747**
A-PKC a.	1,000	20.857	1,000	600,000	32,000	19,000	0,053± 0,009	0,032± 0,007	0,022± 0,006	8,070	0,268± 0,074	5,600± 1,553
b.	1,000	20.206	1,000	600,000	31,000	19,000	0,052± 0,009	0,032± 0,007	0,020± 0,006	8,070	0,248± 0,072	5,008± 1,446
c.	1,000	20.350	1,000	600,000	36,000	19,000	0,060± 0,010	0,032± 0,007	0,028± 0,007	8,070	0,351± 0,085	7,145± 1,733
Rerata	**1,000**	**20.471**	**1,000**	**600,000**	**33,000**	**19,000**	**0,055± 0,010**	**0,032± 0,007**	**0,023± 0,006**	**8,070**	**0,289± 0,077**	**5,917± 1,577**
A-MKK a.	1,000	1,167	1,167	600,000	27,000	19,000	0,045± 0,009	0,032± 0,007	0,013± 0,005	7,735	0,172± 0,061	0,172± 0,061
b.	1,000	0,788	0,788	600,000	31,000	19,000	0,052± 0,009	0,032± 0,007	0,020± 0,006	8,210	0,244± 0,070	0,244± 0,070
c.	1,000	0,620	0,620	600,000	23,000	19,000	0,038± 0,008	0,032± 0,007	0,007± 0,003	8,410	0,079± 0,040	0,079± 0,040
Rerata	**1,000**	**0,858**	**0,858**	**600,000**	**27,000**	**19,000**	**0,045± 0,009**	**0,032± 0,007**	**0,013± 0,005**	**8,118**	**0,165± 0,057**	**0,165± 0,057**
A-MKA a.	1,000	24.385	1,000	600,000	29,000	19,000	0,048± 0,009	0,032± 0,007	0,017± 0,005	8,070	0,207± 0,065	5,036± 1,593
b.	1,000	24.343	1,000	600.000	32,000	19,000	0,053± 0,009	0,032± 0,007	0,022± 0,006	8,070	0,268± 0,074	6,536± 1,813
c.	1,000	24.422	1,000	600,000	38,000	19,000	0,063± 0,010	0,032± 0,007	0,032± 0,007	8,070	0,392± 0,090	9,583± 2,199
Rerata	**1,000**	**24.383**	**1,000**	**600,000**	**33,000**	**19,000**	**0,055± 0,010**	**0,032± 0,007**	**0,023± 0,006**	**8,070**	**0,289± 0,077**	**7,052± 1,868**
A-PPM a.	1,000	26.336	1,000	600,000	34,000	19,000	0,057± 0,010	0,032± 0,007	0,025± 0,006	8,070	0,310± 0,080	8,159± 2,107
b.	1,000	26.471	1,000	600,000	38,000	19,000	0,063± 0,010	0,032± 0,007	0,032± 0,007	8,070	0,392± 0,090	10,387±2,383
c.	1,000	26.460	1,000	600,000	36,000	19,000	0,060± 0,010	0,032± 0,007	0,028± 0,007	8,070	0,351± 0,085	9,290± 2,253
Rerata	**1,000**	**26.422**	**1,000**	**600,000**	**36,000**	**19,000**	**0,060± 0,010**	**0,032± 0,007**	**0,028± 0,007**	**8,070**	**0,351± 0,085**	**9,279± 2,248**

Sumber : Data Primer, 2004

Keterangan Kode Cuplikan :

1. A-TKS : Air Tengah Kali Surabaya
2. A-HKS : Air Hilir Kali Surabaya
3. A-HKM : Air Hulu Kali Mas
4. A-HKW : Air Hulu Kali Wonokromo
5. A-MKW: Air Muara Kali Wonokromo
6. A-PPW : Air Pesisir Pantai Wonokromo
7. A-MKS : Air Muara Kali Sari
8. A-PPK : Air Pesisir Pantai Kenjeran
9. A-PKC : Air Pesisir Kedung Cowek
10. A-MKK: Air Muara Kali Kedinding
11. A-MKA: Air Muara Kali Anak
12. A-PPM : Air Pesisir Pantai Morokrembangan

B-3.2 Perhitungan gross-β cuplikan sedimen

Diambil contoh perhitungan gross-β cuplikan sedimen, kode sampel S-TKS a

Cacah Cuplikan : 32 Cacah/10 menit

Cacah Latar : 19 Cacah/10 menit

Waktu cacah : 10 menit = 600 detik

$$\text{Cps cuplikan} = \frac{cacahcuplikan}{waktucacah} \pm \text{ralat, dimana ralat} = \frac{\sqrt{cacahcuplikan}}{waktucacah}$$

$$= \frac{32}{600} \pm \frac{\sqrt{32}}{600} = 0{,}053 \pm 0{,}0094 \text{ cps}$$

$$\text{cps latar} = \frac{cacahlatar}{waktucacah} \pm \text{ralat, dimana ralat} = \frac{\sqrt{cacahlatar}}{waktucacah}$$

$$= \frac{19}{600} \pm \frac{\sqrt{19}}{600} = 0{,}032 \pm 0{,}007 \text{ cps}$$

$$\text{laju cacah} = \frac{cacahcuplikan - cacahlatar}{waktucacah} \pm \frac{\sqrt{cacahcuplikan - cacahlatar}}{waktucacah}$$

$$= \frac{32-19}{600} \pm \frac{\sqrt{32-19}}{600}$$

$$= (0{,}022 \pm 0{,}006) cps$$

Berat cuplikan = 1,000 gram maka efesiensi detektor = 8,070%. Peluruhan per detik (Dps) adalah :

$$Dps = \frac{Lajucacah(cps)}{efisiensi} \pm ralat, ralat = \frac{ralatlajucacah}{efisiensi}$$

$$Dps = \frac{0{,}022}{0{,}0807} \pm \frac{0{,}006}{0{,}0807} = 0{,}268 \pm 0{,}074 \text{ dps}$$

Maka aktivitas gross-β (menggunakan rumus no 5) adalah :

$$A = \frac{((Ccuplikan - Clatar)/waktucacah)}{(EfisiensixL)} \pm ralat \text{ ,dimana}$$

$$ralat = \frac{(\sqrt{cacahcuplikan - cacahlatar}/waktucacah)}{(efisiensixL)}$$

$$A = \frac{((32-19)/600)}{(0{,}0807x1g)} \pm \frac{(\sqrt{32-19}/600)}{(0{,}0807x1g)}$$

$$= 0{,}268 \pm 0{,}074 \quad \text{(Bq/g)}$$

$$= 268{,}484 \pm 74{,}464 \text{ (Bq/kg)}$$

Untuk perhitungan aktivitas gross-β dalam cuplikan sedimen lokasi selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel B-3.2 Hasil pengukuran *Gross β* Cuplikan Sedimen

Kode	Berat Cuplikan (gr)	Waktu (detik)	Cacah Cuplikan (/10 mnt)	Cacah Latar (/10mnt)	cps Cuplikan	cps Latar	Laju Cacah (cps)	Efisiensi (%)	Aktivitas (Bq/g)	Aktivitas Konversi (Bq/kg)
S-TKS a.	1,000	600,000	32,000	19,000	0,053±0,009	0,032 ±0,007	0,022 ±0,006	8,070	0,268 ±0,074	268,484± 74,464
b.	1,000	600,000	31,000	19,000	0,052± 0,009	0,032 ±0,007	0,020 ±0,006	8,070	0,248 ±0,072	247,831± 71,543
c.	1,000	600,000	37,000	19,000	0,062± 0,010	0,032 ±0,007	0,030 ±0,007	8,070	0,372 ±0,088	371,747± 87,622
Rerata	**1,000**	**600,000**	**33,333**	**19,000**	**0,056± 0,010**	**0,032 ±0,007**	**0,024 ±0,006**	**8,070**	**0,296 ±0,078**	**296,021± 77,876**
S-HKS a.	1,000	600,000	37,000	19,000	0,062± 0,010	0,032 ±0,007	0,030 ±0,007	8,070	0,372 ±0,088	371,747± 87,622
b.	1,000	600,000	26,000	19,000	0,043± 0,008	0,032 ±0,007	0,012 ±0,004	8,070	0,145 ±0,055	144,568± 54,642
c.	1,000	600,000	28,000	19,000	0,047± 0,009	0,032 ±0,007	0,015 ±0,005	8,070	0,186 ±0,062	185,874± 61,958
Rerata	**1,000**	**600,000**	**30,333**	**19,000**	**0,051± 0,009**	**0,032 ±0,007**	**0,019 ±0,005**	**8,070**	**0,234 ±0,068**	**234,063± 68,074**
S-HKM a.	1,000	600,000	34,000	19,000	0,057± 0,010	0,032 ±0,007	0,025 ±0,006	8,070	0,310 ±0,080	309,789± 79,987
b.	1,000	600,000	31,000	19,000	0,052± 0,009	0,032 ±0,007	0,020 ±0,006	8,070	0,248 ±0,072	247,831± 71,543
c.	1,000	600,000	32,000	19,000	0,053± 0,009	0,032 ±0,007	0,022 ±0,006	8,070	0,268 ±0,074	268,484± 74,464
Rerata	**1,000**	**600,000**	**32,333**	**19,000**	**0,054± 0,009**	**0,032 ±0,007**	**0,022 ±0,006**	**8,070**	**0,275 ±0,075**	**275,368± 75,331**
S-HKW a.	1,000	600,000	31,000	19,000	0,052± 0,009	0,032 ±0,007	0,020 ±0,006	8,070	0,248 ±0,072	247,831± 71,543
b.	1,000	600,000	28,000	19,000	0,047± 0,009	0,032 ±0,007	0,015 ±0,005	8,070	0,186 ±0,062	185,874± 61,958
c.	1,000	600,000	27,000	19,000	0,045± 0,009	0,032 ±0,007	0,013 ±0,005	8,070	0,165 ±0,058	165,221± 58,414
Rerata	**1,000**	**600,000**	**28,667**	**19,000**	**0,048± 0,009**	**0,032 ±0,007**	**0,016 ±0,005**	**8,070**	**0,200 ±0,064**	**199,642± 63,972**
S-MKW a.	1,000	600,000	31,000	19,000	0,052± 0,009	0,032 ±0,007	0,020 ±0,006	8,070	0,248 ±0,072	247,831± 71,543
b.	1,000	600,000	33,000	19,000	0,055± 0,010	0,032 ±0,007	0,023 ±0,006	8,070	0,289 ±0,077	289,137± 77,275
c.	1,000	600,000	32,000	19,000	0,053± 0,009	0,032 ±0,007	0,022 ±0,006	8,070	0,268 ±0,074	268,484± 74,464
Rerata	**1,000**	**600,000**	**32,000**	**19,000**	**0,053± 0,009**	**0,032 ±0,007**	**0,022 ±0,006**	**8,070**	**0,268 ±0,074**	**268,484± 74,427**
S-PKW a.	1,000	600,000	41,000	19,000	0,068± 0,011	0,032 ±0,007	0,037 ±0,008	8,070	0,454 ±0,097	454,358± 96,869
b.	1,000	600,000	36,000	19,000	0,060± 0,010	0,032 ±0,007	0,028 ±0,007	8,070	0,351 ±0,085	351,095± 85,153
c.	1,000	600,000	35,000	19,000	0,058± 0,010	0,032 ±0,007	0,027 ±0,007	8,070	0,330 ±0,083	330,442± 82,610
Rerata	**1,000**	**600,000**	**37,333**	**19,000**	**0,062± 0,010**	**0,032 ±0,007**	**0,031 ±0,007**	**8,070**	**0,379 ±0,088**	**378,631± 88,211**

Sumber : Data Primer, 2004

Tabel B-3.2 Hasil Pengukuran *Gross* β Cuplikan Sedimen (Lanjutan)

Kode	Berat Cuplikan (gr)	Waktu (detik)	Cacah Cuplikan (/10 mnt)	Cacah Latar (/10 mnt)	cps Cuplikan	cps Latar	Laju Cacah (cps)	Efisiensi (%)	Aktivitas (Bq/g)	Aktivitas Konversi (Bq/kg)
S-MKS a.	1,000	600,000	37,000	19,000	0,062 ±0,010	0,032 ±0,007	0,030 ±0,007	8,070	0,372 ±0,088	371,747± 0,088
b.	1,000	600,000	38,000	19,000	0,063 ±0,010	0,032 ±0,007	0,032 ±0,007	8,070	0,392 ±0,090	392,400± 0,090
c.	1,000	600,000	40,000	19,000	0,067 ±0,011	0,032 ±0,007	0,035 ±0,008	8,070	0,434 ±0,095	433,705± 0,095
Rerata	**1,000**	**600,000**	**38,333**	**19,000**	**0,064 ±0,010**	**0,032 ±0,007**	**0,032 ±0,007**	**8,070**	**0,399 ±0,091**	**399,284± 0,091**
S-PPK a.	1,000	600,000	26,000	19,000	0,043 ±0,008	0,032 ±0,007	0,012 ±0,004	8,070	0,145 ±0,055	144,568± 0,055
b.	1,000	600,000	27,000	19,000	0,045 ±0,009	0,032 ±0,007	0,013 ±0,005	8,070	0,165 ±0,058	165,221± 0,058
c.	1,000	600,000	29,000	19,000	0,048 ±0,009	0,032 ±0,007	0,017 ±0,005	8,070	0,207 ±0,065	206,526± 0,065
Rerata	**1,000**	**600,000**	**27,333**	**19,000**	**0,046 ±0,009**	**0,032 ±0,007**	**0,014 ±0,005**	**8,070**	**0,172 ±0,059**	**172,105± 0,059**
S-PKC a.	1,000	600,000	25,000	19,000	0,042 ±0,008	0,032 ±0,007	0,010 ±0,004	8,070	0,124 ±0,051	123,916± 0,051
b.	1,000	600,000	30,000	19,000	0,050 ±0,009	0,032 ±0,007	0,018 ±0,006	8,070	0,227 ±0,068	227,179± 0,068
c.	1,000	600,000	31,000	19,000	0,052 ±0,009	0,032 ±0,007	0,020 ±0,006	8,070	0,248 ±0,072	247,831± 0,072
Rerata	**1,000**	**600,000**	**28,667**	**19,000**	**0,048 ±0,009**	**0,032 ±0,007**	**0,016 ±0,005**	**8,070**	**0,200 ±0,064**	**199,642± 0,064**
S-MKK a.	1,000	600,000	35,000	19,000	0,058 ±0,010	0,032 ±0,007	0,027 ±0,007	8,070	0,330 ±0,083	330,442± 0,083
b.	1,000	600,000	36,000	19,000	0,060 ±0,010	0,032 ±0,007	0,028 ±0,007	8,070	0,351 ±0,085	351,095± 0,085
c.	1,000	600,000	37,000	19,000	0,062 ±0,010	0,032 ±0,007	0,030 ±0,007	8,070	0,372 ±0,088	371,747± 0,088
Rerata	**1,000**	**600,000**	**36,000**	**19,000**	**0,060 ±0,010**	**0,032 ±0,007**	**0,028 ±0,007**	**8,070**	**0,351 ±0,085**	**351,095± 0,085**
S-MKA a.	1,000	600,000	37,000	19,000	0,062 ±0,010	0,032 ±0,007	0,030 ±0,007	8,070	0,372 ±0,088	371,747± 0,088
b.	1,000	600,000	31,000	19,000	0,052 ±0,009	0,032 ±0,007	0,020 ±0,006	8,070	0,248 ±0,072	247,831± 0,072
c.	1,000	600,000	46,000	19,000	0,077 ±0,011	0,032 ±0,007	0,045 ±0,009	8,070	0,558 ±0,107	557,621± 0,107
Rerata	**1,000**	**600,000**	**38,000**	**19,000**	**0,063 ±0,010**	**0,032 ±0,007**	**0,032 ±0,007**	**8,070**	**0,392 ±0,089**	**392,400± 0,089**
S-PPM a.	1,000	600,000	46,000	19,000	0,077 ±0,011	0,032 ±0,007	0,045 ±0,009	8,070	0,558 ±0,107	557,621± 0,107
b.	1,000	600,000	44,000	19,000	0,073 ±0,011	0,032 ±0,007	0,042 ±0,008	8,070	0,516 ±0,103	516,316± 0,103
c.	1,000	600,000	43,000	19,000	0,072 ±0,011	0,032 ±0,007	0,040 ±0,008	8,070	0,496 ±0,101	495,663± 0,101
Rerata	**1,000**	**600,000**	**44,333**	**19,000**	**0,074 ±0,011**	**0,032 ±0,007**	**0,042 ±0,008**	**8,070**	**0,523 ±0,104**	**523,200± 0,104**

Sumber : Data primer, 2004

Keterangan Kode Cuplikan :

1. S-TKS : Sedimen Tengah Kali Surabaya
2. S-HKS : Sedimen Hilir Kali Surabaya
3. S-HKM : Sedimen Hulu Kali Mas
4. S-HKW : Sedimen Hulu Kali Wonokromo
5. S-MKW: Sedimen Muara Kali Wonokromo
6. S-PPW : Sedimen Pesisir Pantai Wonokromo
7. S-MKS : Sedimen Muara Kali Sari
8. S-PPK : Sedimen Pesisir Pantai Kenjeran
9. S-PKC : Sedimen Pesisir Kedung Cowek
10. S-MKK: Sedimen Muara Kali Kedinding
11. S-MKA: Sedimen Muara Kali Anak
12. S-PPM : Sedimen Pesisir Pantai Morokrembangan

B-3.3 Perhitungan Gross-β Cuplikan Biota

Diambil contoh perhitungan gross-β cuplikan biota, kode sampel E-TKS a

Cacah Cuplikan : 368 Cacah/10 menit

Cacah Latar : 19 Cacah/10 menit

Berat cuplikan (L) : 1,0 gram

Efisiensi detektor : 8,070 %

$$\text{Cps cuplikan} = \frac{cacahcuplikan}{waktucacah} \pm \text{ralat, dimana ralat} = \frac{\sqrt{cacahcuplikan}}{waktucacah}$$

$$= \frac{368}{600} \pm \frac{\sqrt{368}}{600} = 0{,}613 \pm 0{,}032\,\text{cps}$$

$$\text{cps latar} = \frac{cacahcuplikan}{waktucacah} \pm \text{ralat, dimana ralat} = \frac{\sqrt{cacahcuplikan}}{waktucacah}$$

$$= \frac{19}{600} \pm \frac{\sqrt{19}}{600} = 0{,}032 \pm 0{,}007\ \text{cps}$$

$$\text{laju cacah} = \frac{cacahcuplikan - cacahlatar}{waktucacah} \pm \frac{\sqrt{cacahcuplikan - cacahlatar}}{waktucacah}$$

$$= \frac{368 - 19}{600} \pm \frac{\sqrt{368 - 19}}{600}$$

$$= 0{,}582 \pm 0{,}031 cps$$

Berat cuplikan = 1,000 gram maka efesiensi detektor = 8,070%. Peluruhan per detik (Dps) adalah :

$$Dps = \frac{Lajucacah(cps)}{efisiensi} \pm ralat, ralat = \frac{ralatlajucacah}{efisiensi}$$

$$Dps = \frac{0{,}582}{0{,}0807} \pm \frac{0{,}031}{0{,}0807} = 7{,}208 \pm 0{,}386\,\text{dps}$$

Maka aktivitas gross-β (menggunakan rumus no 5) adalah :

$$A = \frac{((Ccuplikan - Clatar)/waktucacah)}{(EfisiensixL)} \pm ralat \text{ , dimana}$$

$$ralat = \frac{(\sqrt{cacahcuplikan - cacahlatar}/waktucacah)}{(EfisiensixL)}$$

$$A = \frac{((32-19)/600)}{(0{,}0807xlg)} \pm \frac{(\sqrt{32-19}/600)}{(0{,}0807xlg)}$$

$$= 7{,}208 \pm 0{,}386 \text{ (Bq/g)}$$

$$= 7207{,}765 \pm 385{,}823 \text{ (Bq/kg)}$$

Untuk perhitungan aktivitas gross-β dalam cuplikan biota lokasi selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel B-3.3 Hasil pengukuran *Gross β* Cuplikan Biota

Kode	Berat Cuplikan (gr)	Waktu (detik)	Cacah Cuplikan (/10 mnt)	Cacah Latar (/10mnt)	Cps Cuplikan	Cps Latar	Laju Cacah (cps)	Efisiensi (%)	Aktivitas (Bq/g)	Aktivitas Konversi (Bq/kg)
E-TKS a.	1,000	600,000	368,000	19,000	0,613 ±0,032	0,032 ± 0,007	0,582 ± 0,031	8,070	7,208 ±0,386	7207,765± 385,823
b.	1,000	600,000	343,000	19,000	0,572 ±0,031	0,032 ± 0,007	0,540 ± 0,030	8,070	6,691 ±0,372	6691,450± 371,747
c.	1,000	600,000	166,000	19,000	0,277 ±0,021	0,032 ± 0,007	0,245 ± 0,020	8,070	3,036 ±0,250	3035,936± 250,400
Rerata	**1,000**	**600,000**	**292,333**	**19,000**	**0,487 ±0,028**	**0,032 ± 0,007**	**0,456 ± 0,027**	**8,070**	**5,645 ±0,336**	**5645,050± 335,990**
E-HKS a.	1,000	600,000	257,000	19,000	0,428 ±0,027	0,032 ± 0,007	0,397 ± 0,026	8,070	4,915 ±0,319	4915,324± 318,613
b.	1,000	600,000	248,000	19,000	0,413 ±0,026	0,032 ± 0,007	0,382 ± 0,025	8,070	4,729 ±0,313	4729,451± 312,531
c.	1,000	600,000	221,000	19,000	0,368 ±0,025	0,032 ± 0,007	0,337 ± 0,024	8,070	4,172 ±0,294	4171,830± 293,529
Rerata	**1,000**	**600,000**	**242,000**	**19,000**	**0,403 ±0,026**	**0,032 ± 0,007**	**0,372 ± 0,025**	**8,070**	**4,606 ±0,308**	**4605,535± 308,224**
E-HKW a.	1,000	600,000	249,000	19,000	0,415 ±0,026	0,032 ± 0,007	0,383 ± 0,025	8,070	4,750 ±0,313	4750,103± 313,213
b.	1,000	600,000	216,000	19,000	0,360 ±0,024	0,032 ± 0,007	0,328 ± 0,023	8,070	4,069 ±0,290	4068,567± 289,873
c.	1,000	600,000	422,000	19,000	0,703 ±0,034	0,032 ± 0,007	0,672 ± 0,033	8,070	8,323 ±0,415	8323,007± 414,599
Rerata	**1,000**	**600,000**	**295,667**	**19,000**	**0,493 ±0,028**	**0,032 ± 0,007**	**0,461 ± 0,027**	**8,070**	**5,714 ±0,339**	**5713,892± 339,228**
E-MKW a.	1,000	600,000	333,000	19,000	0,555 ±0,030	0,032 ± 0,007	0,523 ± 0,030	8,070	6,485 ±0,366	6484,924± 365,965
b.	1,000	600,000	309,000	19,000	0,515 ±0,029	0,032 ± 0,007	0,483 ± 0,028	8,070	5,989 ±0,352	5989,261± 351,701
c.	1,000	600,000	362,000	19,000	0,603 ±0,032	0,032 ± 0,007	0,572 ± 0,031	8,070	7,084 ±0,382	7083,850± 382,492
Rerata	**1,000**	**600,000**	**334,667**	**19,000**	**0,558 ±0,030**	**0,032 ± 0,007**	**0,526 ± 0,030**	**8,070**	**6,519 ±0,367**	**6519,345± 366,720**
IB-PKW a.	1,000	600,000	158,000	19,000	0,263 ±0,021	0,032 ± 0,007	0,232 ± 0,020	8,070	2,871 ±0,243	2870,715± 243,491
b.	1,000	600,000	138,000	19,000	0,230 ±0,020	0,032 ± 0,007	0,198 ± 0,018	8,070	2,458 ±0,225	2457,662± 225,294
c.	0,567	600,000	137,000	19,000	0,228 ±0,020	0,032 ± 0,007	0,197 ± 0,018	8,580	2,292 ±0,211	4298,077± 372,151
Rerata	**0,856**	**600,000**	**144,333**	**19,000**	**0,241 ±0,020**	**0,032 ± 0,007**	**0,209 ± 0,019**	**8,070**	**2,540 ±0,227**	**3208,818± 280,312**
B-MKS a.	1,000	600,000	94,000	19,000	0,157 ±0,016	0,032 ± 0,007	0,125 ± 0,014	8,070	1,549 ±0,179	1548,947± 178,857
b.	1,000	600,000	94,000	19,000	0,157 ±0,016	0,032 ± 0,007	0,125 ± 0,014	8,070	1,549 ±0,179	1548,947± 178,857
c.	1,000	600,000	80,000	19,000	0,133 ±0,015	0,032 ± 0,007	0,102 ± 0,013	8,070	1,260 ±0,161	1259,810± 161,302
Rerata	**1,000**	**600,000**	**89,333**	**19,000**	**0,149 ±0,016**	**0,032 ± 0,007**	**0,117 ± 0,014**	**8,070**	**1,453 ±0,173**	**1452,568± 173,005**

Sumber : Data Primer, 2004

Tabel B-3.3 Hasil pengukuran *Gross β* Cuplikan Biota (Lanjutan)

Kode	Berat Cuplikan (gr)	Waktu (detik)	Cacah Cuplikan (/10 mnt)	Cacah Latar (/10mnt)	Cps Cuplikan	Cps Latar	Laju Cacah	Efisiensi (%)	Aktivitas (Bq/g)	Aktivitas Konversi (Bq/g)
IB-PPK a.	1,000	600,000	131,000	19,000	0,218± 0,019	0,032± 0,007	0,187 ± 0,018	8,070	2,313± 0,219	2313,094± 218,567
b.	1,000	600,000	135,000	19,000	0,225± 0,019	0,032± 0,007	0,193 ± 0,018	8,070	2,396± 0,222	2395,704± 222,436
c.	0,987	600,000	129,000	19,000	0,215± 0,019	0,032± 0,007	0,183 ± 0,017	8,080	2,269± 0,216	2301,711± 219,188
Rerata	**0,996**	**600,000**	**131,667**	**19,000**	**0,219± 0,019**	**0,032± 0,007**	**0,188 ± 0,018**	**8,073**	**2,326± 0,219**	**2336,836± 220,063**
IG-MKC a.	1,000	600,000	110,000	19,000	0,183± 0,017	0,032± 0,007	0,152 ± 0,016	8,070	1,879± 0,197	1879,389± 197,013
b.	1,000	600,000	98,000	19,000	0,163± 0,016	0,032± 0,007	0,132 ± 0,015	8,070	1,632± 0,184	1631,557± 183,565
c.	0,915	600,000	103,000	19,000	0,172± 0,017	0,032± 0,007	0,140 ± 0,015	8,090	1,731± 0,189	1895,978± 206,357
Rerata	**0,972**	**600,000**	**103,667**	**19,000**	**0,173± 0,017**	**0,032± 0,007**	**0,141 ± 0,015**	**8,077**	**1,747± 0,190**	**1802,308± 195,645**
E-MKK a.	1,000	600,000	221,000	19,000	0,368± 0,025	0,032± 0,007	0,337 ± 0,024	8,070	4,172± 0,294	4171,830± 293,529
b.	1,000	600,000	251,000	19,000	0,418± 0,026	0,032± 0,007	0,387 ± 0,025	8,070	4,791± 0,315	4791,409± 314,571
c.	1,000	600,000	217,000	19,000	0,362± 0,025	0,032± 0,007	0,330 ± 0,023	8,070	4,089± 0,291	4089,219± 290,608
Rerata	**1,000**	**600,000**	**229,667**	**19,000**	**0,383± 0,025**	**0,032± 0,007**	**0,351 ± 0,024**	**8,070**	**4,351± 0,300**	**4350,819± 299,569**
IB-PPM a.	1,000	600,000	173,000	19,000	0,288± 0,022	0,032± 0,007	0,257 ± 0,021	8,070	3,181± 0,256	3180,504± 256,292
b.	1,000	600,000	170,000	19,000	0,283± 0,022	0,032± 0,007	0,252 ± 0,020	8,070	3,119± 0,254	3118,546± 253,784
c.	0,910	600,000	169,000	19,000	0,282± 0,022	0,032± 0,007	0,250 ± 0,020	8,090	3,090± 0,252	3404,278± 277,271
Rerata	**0,970**	**600,000**	**170,667**	**19,000**	**0,284± 0,022**	**0,032± 0,007**	**0,253 ± 0,021**	**8,077**	**3,130± 0,254**	**3234,443± 262,449**

Sumber : Data Primer, 2004

Keterangan :

1. E-TKS : Eceng gondok Tengah Kali Surabaya
2. E-HKS : Eceng gondok Hilir Kali Surabaya
3. E-HKW : Eceng gondok Hulu Kali Wonokromo
4. E-MKW : Eceng gondok Muara Kali Wonokromo
5. IB-PPW : Ikan Belanak Pesisir Pantai Wonokromo
6. B-MKS : Bakau Muara Kali Sari
7. IB-PPK : Ikan Belanak Pesisir Pantai Kenjeran
8. IG-PKC : Ikan Gelama Pesisir Kedung Cowek
9. E-MKK : Eceng gondok Muara Kali Kedinding
10. IB-PPM : Ikan Belanak Pesisir Pantai Morokrembangan

Lampiran B-4

Contoh Perhitungan Faktor Distribusi dan Faktor Bioakumulasi *Gross* β

Untuk menghitung faktor distribusi bahan pencemar radioaktivitas β pada sedimen dan faktor bioakumulasi bahan pencemar radioaktivitas β pada biota, diperlukan data aktivitas rerata yang terkandung dalam cuplikan air, sedimen dan biota. Rumus yang digunakan dalam perhitungan ini adalah rumus nomer 7 dan 8 pada bab III.

Contoh yang digunakan dalam perhitungan ini adalah cuplikan pada lokasi Tengah Kali Surabaya (TKS).

Aktivitas rerata *gross* β pada cuplikan sedimen = 0,296 Bq/g = 296,021 Bq/kg

Aktivitas rerata *gross* β pada cuplikan biota = 5,645 Bq/g = 5645,050 Bq/kg

Aktivitas rerata *gross* β pada cuplikan air = 0,159 Bq/l

Contoh perhitungan Faktor Distribusi (F_D)

$$F_D = \frac{Aktivitasreratasedimen}{Aktivitasrerataair}$$

$$F_D = \frac{296{,}021 Bq/kg}{0{,}159 Bq/l}$$

$$F_D = 1861{,}767 \text{ (l/kg)}$$

Contoh perhitungan Faktor Bioakumulasi (F_B)

$$F_B = \frac{Aktivitasreratabiota}{Aktivitasrerataair}$$

$$F_B = \frac{5645{,}050 Bq/kg}{0{,}159 Bq/l}$$

$$F_B = 35503{,}459 \text{ l/Bq}$$

Tabel B-4.1 Perhitungan Faktor Distribusi (FD) dan Faktor Bioakumulasi (FB) Gross Beta

Lokasi	Aktivitas Rerata Cuplikan Sedimen	Aktivitas Rerata Cuplikan Sedimen	Aktivitas Rerata Cuplikan Biota	Aktivitas Rerata Cuplikan Biota	Aktivitas Rerata Cuplikan Air	FD	FB
	(Bq/g)	(Bq/kg)	(Bq/g)	(Bq/kg)	(Bq/Liter)	(l/kg)	(l/kg)
TKS	0,296	296,021	5,645	5645,050	0,159	1861,767	35503,459
HKS	0,234	234,063	4,606	4605,535	0,160	1462,894	28784,594
HKM	0,275	275,368	-	-	0,208	1323,885	tbd
HKW	0,200	199,642	5,714	5713,892	0,258	773,806	22146,868
MKW	0,268	268,484	6,519	6519,345	0,290	925,807	22480,500
PPW	0,379	378,631	3,209	3208,818	7,965	47,537	402,865
MKS	0,399	399,284	1,453	1452,568	0,231	1728,502	6288,173
PPK	0,172	172,105	2,337	2336,836	6,507	26,449	359,126
PKC	0,200	199,642	1,802	1802,308	5,917	33,740	304,598
MKK	0,351	351,095	4,351	4350,819	0,165	2127,848	26368,600
MKA	0,392	392,400	-	-	7,052	55,644	tbd
PPW	0,523	523,200	3,234	3234,443	9,279	56,385	348,577

Keterangan :

a. Lokasi

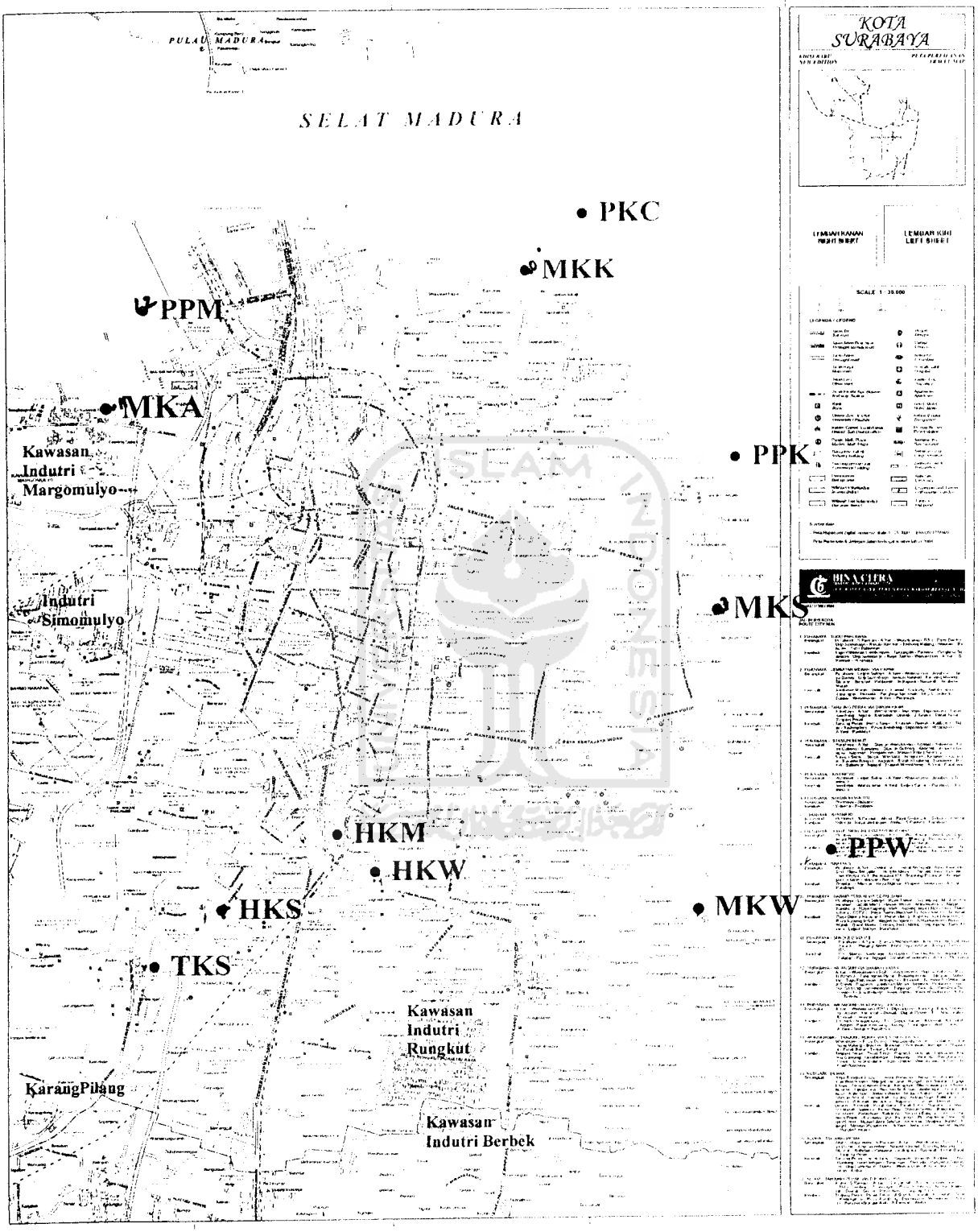
1. TKS : Tengah Kali Surabaya
2. HKS : Hilir Kali Surabaya
3. HKM : Hulu Kali Mas
4. HKW : Hulu Kali Wonokromo
5. MKW : Muara Kali Wonokromo
6. PPW : Pesisir Pantai Wonokromo
7. MKS : Muara Kali Sari
8. PPK : Pesisir Pantai Kenjeran
9. PKC : Pesisir Kedung Cowek
10. MKK : Muara Kali Kedinding
11. MKA : Muara Kali Anak
12. PPM : Pesisir Pantai Morokrembangan

b. - = tidak ada cuplikan
tbd = tidak bisa dihitung

LAMPIRAN C

Peta Distribusi *Gross* β Pada Cuplikan Di di Perairan Surabaya.....Lampiran C-1
Peta Distribusi *Gross* β Pada Cuplikan Biota Di Perairan Surabaya.....Lampiran C-2
Peta Distribusi *Gross* β Pada Cuplikan Sedimen Di Perairan Surabaya.....Lampiran C-3
Peta Industri Di Perairan Surabaya.....Lampiran C-4
Peraturan Daerah Kota Surabaya No.02 TAHUN 2004
Penetapan Kelas Air Sungai/Saluran/Waduk .....Lampiran C-5

Lampiran C-4 Peta Letak Kawasan Industri di Kota Surabaya



Gambar C-4 Peta Letak Kawasan Industri di Kota Surabaya

Lampiran C-5 Peraturan Daerah Kota Surabaya No.02 Tahun 2004

LAMPIRAN I PERATURAN DAERAH KOTA SURABAYA
NOMOR : 02 TAHUN 2004
TANGGAL : 19 Januari 2004

KRITERIA MUTU AIR BERDASARKAN KELAS AIR

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
1	2	3	4	5	6	7
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi temperatur dalam keadaaan alamiahnya
Residu terlarut	mg/liter	1000	1000	1000	2000	
Residu tersuspensi	mg/liter	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional residu tersuspensi ≤ 5000 mg/liter
KIMIA ANORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah diluar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiahnya
BOD	mg/liter	2	3	6	12	
COD	mg/liter	10	25	50	100	
DO	mg/liter	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total fosfat sbg. P	mg/liter	0.2	0.2	1	5	
NO_3 sbg. N	mg/liter	10	10	20	20	
NH_3 – N	mg/liter	0.5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka < 0,002 mg/liter sebagai NH3
Arsen	mg/liter	0.05	1	1	1	
Kobalt	mg/liter	0.2	0.2	0.2	0.2	
Barium	mg/liter	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/liter	1	1	1	1	
Selenium	mg/liter	0.01	0.05	0.05	0.05	

Kadmium	mg/liter	0.01	0.01	0.01	0.01	
Khrom (VI)	mg/liter	0.05	0.05	0.05	1	
Tembaga	mg/liter	0.02	0.02	0.02	0.2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional Cu < 1 mg/liter
Besi	mg/liter	0.3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional Fe< 5 mg/liter
Timbal	mg/liter	0.03	0.03	0.03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional Pb < 0,1 mg/liter
Mangan	mg/liter	0.1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/liter	0.001	0.002	0.002	0.005	
Seng	mg/liter	0.05	0.05	0.05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn < 5 mg/liter
Khlorida	mg/liter	600	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/liter	0.02	0.02	0.02	(-)	
Fluorida	mg/liter	0.5	1.5	1.5	(-)	
Nitrit sbg. N	mg/liter	0.05	0.05	0.05	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO2 -N < 1 mg/liter
Sulfat	mg/liter	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/liter	0.03	0.03	0.03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sbg. H_2S	mg/liter	0.002	0.002	0.002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai H2S < 0.1 mg/liter
MIKROBIOLOGI						
- Faecal Coliform	Jml/100 ml.	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform < 2000 jml/100 ml dan Total coliform < 10000 jml/100 ml
- Total Coliform	Jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
RADIOAKTIFITAS						
- Gross-A	Bq/liter	0.1	0.1	0.1	0.1	
- Gross-B	Bq/liter	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						

(Perda.Pencemaran Kwalitas Air.Ida)

Minyak dan lemak	µg/liter	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sebagai MBAS	µg /liter	200	200	200	(-)	
Senyawa Fenol sbg. Fenol	µg /liter	1	1	1	(-)	
BHC	µg /liter	210	210	210	(-)	
Adrin dan Dieldrin	µg /liter	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	µg /liter	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	µg /liter	2	2	2	2	
Heptachlor dan Heptachlor epoxide	µg /liter	18	(-)	(-)	(-)	
Lindane	µg/liter	56	(-)	(-)	(-)	
Methoxychlor	µg /liter	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	µg /liter	1	4	4	(-)	
Toxaphan	µg /liter	5	(-)	(-)	(-)	

Keterangan :

mg : Miligram
µg : Mikrigram
ml : Mililiter
Bq : Bequerel
MBAS : Methylene Blue Active Substance
Logam berat merupakan logam terlarut
Nilai di atas merupakan nilai maksimum, kecuali untuk pH dan DO
Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai tercantum
Nilai DO merupakan batas minimum
Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termaksud, parameter tersebut tidak dipersyaratkan

WALIKOTA SURABAYA

ttd

BAMBANG DWI HARTONO

Salinan.....